Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

GROUPE
Caisse des Dépôts

CITEPA

Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto

CCNUCC

Mars 2019

Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

GROUPE
Caisse des Dépôts

CITEPA

Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto

Mars 2019

Rédaction	
	Noms
Rédacteur principal	Romain BORT, Nathan VANDROMME
Contributeur(s)	Jean-Marc ANDRE, Stéphanie BARRAULT, Benjamin CUNIASSE, Ariane DRUART, Anaïs DURAND, Etienne FEUTREN, Antoine GAVEL, Lisa GRELLIER, Céline GUEGUEN, Coralie JEANNOT, Gwenaelle LE BORGNE, Etienne MATHIAS, Laetitia NICCO, Colas ROBERT, David RODRIGUEZ, Nadia TAIEB, Irving TAPIA-VILLAREAL, Thamara VIEIRA DA ROCHA, Joséphine BRUNIN

Vérification		
	Nom, Fonction au sein du CITEPA	*Date*
Vérification	Jean-Pierre CHANG, Julien VINCENT (responsables des départements)	13/03/2019
Approbation finale	Jérôme BOUTANG, directeur général Nadine ALLEMAND, directrice adjointe	13/03/2019

Pour citer ce document :

CITEPA, 2019. Rapport CCNUCC

© CITEPA 2019

Ce Rapport a été réalisé avec la participation financière du Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES).

Ce document constitue le rapport national d'inventaire au titre de la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques, édition mars 2019.

La PARTIE 1 constitue le rapport relatif à l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre pour la France, préparé par le CITEPA.

La PARTIE 2 contient les informations supplémentaires requises dans le cadre de l'article 7.1 du Protocole de Kyoto, préparées par la Caisse des Dépôts, le MTES, le MINEFI, le MAA et le CITEPA.

Cette édition annule et remplace toutes les éditions antérieures relatives au même format d'inventaire.

Rapport n°1632CRF/ 2019 | CCNUCC_France_2019.doc

Ce rapport national d'inventaire au titre de la convention cadre sur les changements climatiques est disponible sur le site Internet du CITEPA, à la page suivante :

https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ccnucc

Pour obtenir une version papier ou des éléments contenus dans ce rapport :

Centre Interprofessionnel Technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique (CITEPA)
42, rue de Paradis – 75010 PARIS – Tel. 01 44 83 68 83 – Fax 01 40 22 04 83
www.citepa.org | contact@citepa.org

SOMMAIRE

SOMMAIRE 6
Table des figures 16
Table des tableaux 20
Préambule 27
Résumé 29
1 INTRODUCTION 37
1.1 Généralités sur les inventaires de gaz à effet de serre et les changements climatiques 37
1.2 Système national d'inventaire 40
1.2.1 Dispositions institutionnelles, législatives et procédurales 40
1.2.2 Planification, préparation et management 44
1.2.3 Assurance qualité, contrôle qualité et vérification 46
1.2.4 Modification depuis la dernière soumission 56
1.3 Préparation des inventaires, collecte des données, traitement et archivage 57
1.4 Généralités sur les méthodes et les sources de données utilisées 65
1.4.1 Principes méthodologiques 67
1.4.2 Méthodes de calculs et facteurs d'émission utilisés 70
1.4.3 Cohérence entre l'inventaire CCNUCC et les déclarations au titre du SEQE 73
1.5 Catégories clés 74
1.5.1 Analyse Tier 1 75
1.5.2 Analyse Tier 2 76
1.5.3 Vue d'ensemble des sources clés 78
1.6 Évaluation des incertitudes 80
1.7 Exhaustivité des inventaires 83
2 EVOLUTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE 90
2.1 Évolution globale des émissions de gaz à effet de serre 90
2.1.1 Évolution en France – périmètre Kyoto 90
2.1.2 Particularités des émissions de la Métropole et des territoires Outre-mer inclus dans l'UE. 92
2.1.3 Évolutions des émissions au titre de la Convention 93
2.1.4 Évolution des émissions par gaz à effet de serre direct 94
2.1.5 Évolution des émissions des gaz à effet de serre indirect 99
2.2 Évolution des émissions par sources émettrices 99

3 ENERGIE (CRF 1) 114
3.1 Présentation générale du secteur 114
3.2 Consommation de combustibles (CRF 1A) 119
3.2.1 Comparaison de l'approche sectorielle avec l'approche de référence 119
3.2.2 Soutes internationales 121
3.2.3 Usages non énergétiques des combustibles 123
3.2.4 Caractéristiques communes pour la combustion (1A) 124
3.2.5 Industrie de l'énergie (1A1) 132
3.2.6 Industrie manufacturière (1A2) 147
3.2.7 Transports (1A3) 182
3.2.8 Autres secteurs (1A4) 225
3.3 Émissions fugitives des combustibles (CRF 1B) 233
3.3.1 Combustibles solides (1B1) 233
3.3.2 Combustibles liquides et gaz naturel (1B2) 236
3.4 Transport et stockage de CO_2 (CRF 1C) 251
3.4.1 Injection et stockage (CRF 1C2) 251
4 PROCEDES INDUSTRIELS (CRF 2) 252
4.1 Présentation générale du secteur 252
4.2 Produits minéraux (CRF 2A) 253
4.2.1 Caractéristiques de la catégorie 253
4.2.2 Méthode d'estimation des émissions 258
4.2.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 270
4.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 271
4.2.5 Recalculs 272
4.2.6 Améliorations envisagées 273
4.3 Chimie (CRF 2B) 273
4.3.1 Caractéristiques de la catégorie 273
4.3.2 Méthode d'estimation des émissions 279
4.3.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 288
4.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 288
4.3.5 Recalculs 289
4.3.6 Améliorations envisagées 290
4.4 Métallurgie (CRF 2C) 290
4.4.1 Caractéristiques de la catégorie 290
4.4.2 Méthode d'estimation des émissions 295

4.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 304
4.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 304
4.4.5 Recalculs 306
4.4.6 Améliorations envisagées 307
4.5 Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants (CRF 2D) 307
4.5.1 Caractéristiques de la catégorie 307
4.5.2 Méthode d'estimation des émissions 309
4.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 314
4.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 315
4.5.5 Recalculs 315
4.6 Industrie électronique (CRF 2E) 316
4.6.1 Caractéristiques de la catégorie 316
4.6.2 Méthode d'estimation des émissions 317
4.6.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 317
4.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 318
4.6.5 Recalculs 318
4.6.6 Améliorations envisagées 318
4.7 Consommations d'halocarbures et SF6 (CRF 2F) 319
4.7.1 Caractéristiques de la catégorie 319
4.7.2 Méthode d'estimation des émissions 324
4.7.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 330
4.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 330
4.7.5 Recalculs 331
4.7.6 Améliorations envisagées 333
4.8 Autres usages et fabrication de produits (CRF 2G) 333
4.8.1 Caractéristiques de la catégorie 333
4.8.2 Méthode d'estimation des émissions 336
4.8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 339
4.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 339
4.8.5 Recalculs 340
4.8.6 Améliorations envisagées 341
4.9 Autres procédés (CRF 2H) 341
4.9.1 Caractéristiques de la catégorie 341
4.9.2 Méthode d'estimation des émissions 342
4.9.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 342

4.9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 342
4.9.5 Recalculs 343
4.9.6 Améliorations envisagées 343
5 AGRICULTURE (CRF 3) 344
5.1 Présentation générale du secteur 344
5.2 Fermentation entérique (3A) 365
5.2.1 Caractéristiques de la catégorie 365
5.2.2 Méthode d'estimation des émissions 365
5.2.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 373
5.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 374
5.2.5 Recalculs 377
5.2.6 Améliorations envisagées 378
5.3 Gestion des déjections (3B) 378
5.3.1 Caractéristiques de la catégorie 378
5.3.2 Méthode d'estimation des émissions 379
5.3.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 408
5.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 409
5.3.5 Recalculs 412
5.3.6 Améliorations envisagées 412
5.4 Culture du riz (3C) 413
5.4.1 Caractéristiques de la catégorie 413
5.4.2 Méthode d'estimation des émissions 413
5.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 414
5.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 415
5.4.5 Recalculs 415
5.4.6 Améliorations envisagées 415
5.5 Sols agricoles (3D) 416
5.5.1 Caractéristiques de la catégorie 416
5.5.2 Méthode d'estimation des émissions 419
5.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 427
5.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 428
5.5.5 Recalculs 428
5.5.6 Améliorations envisagées 429
5.6 Brûlage de résidus agricoles (3F) 429
5.6.1 Caractéristiques de la catégorie 429

5.6.2 Méthode d'estimation des émissions 429
5.6.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 430
5.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 430
5.6.5 Recalculs 430
5.6.6 Améliorations envisagées 431
5.7 Chaulage des terres (3G) 431
5.7.1 Caractéristiques de la catégorie 431
5.7.2 Méthode d'estimation des émissions 431
5.7.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 432
5.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 433
5.7.5 Recalculs 433
5.7.6 Améliorations envisagées 433
5.8 Epandage d'urée minérale (3H) 433
5.8.1 Caractéristiques de la catégorie 433
5.8.2 Méthode d'estimation des émissions 433
5.8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 434
5.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 434
5.8.5 Recalculs 434
5.8.6 Améliorations envisagées 434
6 UTCATF (CRF 4) 435
6.1 Présentation générale du secteur 435
6.2 Définitions des types de terres 437
6.2.1 Forêts 437
6.2.2 Cultures 438
6.2.3 Prairies 438
6.2.4 Zones humides 438
6.2.5 Zones urbaines 439
6.2.6 Autres terres 439
6.2.7 Produits bois 439
6.2.8 Autres 439
6.3 Description des méthodes et données utilisées 440
6.3.1 Méthodes génériques 440
6.3.2 Améliorations envisagées 461
6.3.3 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 463

6.4 Forêts (CRF 4A) 464
6.4.1 Caractéristiques de la catégorie 464
6.4.2 Méthode d'estimation des émissions 492
6.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 493
6.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 494
6.4.5 Améliorations envisagées 500
6.4.6 Recalculs 502
6.5 Cultures (CRF 4B) 503
6.5.1 Caractéristiques de la catégorie 503
6.5.2 Méthode d'estimation des émissions 503
6.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 511
6.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 511
6.5.5 Recalculs 511
6.5.6 Améliorations envisagées 512
6.6 Prairies (CRF 4C) 513
6.6.1 Caractéristiques de la catégorie 513
6.6.2 Méthode d'estimation des émissions 514
6.6.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 519
6.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 520
6.6.5 Recalculs 520
6.6.6 Améliorations envisagées 520
6.7 Zones humides (CRF 4D) 521
6.7.1 Caractéristiques de la catégorie 521
6.7.2 Méthode d'estimation des émissions 521
6.7.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 523
6.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 524
6.7.5 Recalculs 524
6.7.6 Améliorations envisagées 524
6.8 Zones urbanisées (CRF 4E) 524
6.8.1 Caractéristiques de la catégorie 524
6.8.2 Méthode d'estimation des émissions 525
6.8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 526
6.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 527
6.8.5 Recalculs 527
6.8.6 Améliorations envisagées 527

6.9 Autres terres (CRF 4F) 527
6.9.1 Caractéristiques de la catégorie 527
6.9.2 Méthode d'estimation des émissions 528
6.9.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 530
6.9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 530
6.9.5 Recalculs 530
6.9.6 Améliorations envisagées 530
6.10 Produits bois (CRF 4G) 531
6.10.1 Caractéristiques de la catégorie 531
6.10.2 Méthode d'estimation des émissions 531
6.10.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 536
6.10.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 537
6.10.5 Recalculs 537
6.10.6 Améliorations envisagées 537
6.11 Autres (CRF 4H) 537
6.11.1 Caractéristiques de la catégorie 537
6.11.2 Méthode d'estimation des émissions 537
6.11.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 538
6.11.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 539
6.11.5 Recalculs 539
6.11.6 Améliorations envisagées 539
7 DECHETS (CRF 5) 540
7.1 Présentation générale du secteur 540
7.2 Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) (5A) 545
7.2.1 Caractéristiques de la catégorie 545
7.2.2 Méthode d'estimation des émissions 548
7.2.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 553
7.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 554
7.2.5 Recalculs 554
7.2.6 Améliorations envisagées 555
7.3 Traitement biologique (5B) 555
7.3.1 Caractéristiques de la catégorie 555
7.3.2 Méthode d'estimation des émissions 556
7.3.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 557
7.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 557

7.3.5 Recalculs 557
7.3.6 Améliorations envisagées 558
7.4 Incinération des déchets (5C) 558
7.4.1 Caractéristiques de la catégorie 559
7.4.2 Méthode d'estimation des émissions 562
7.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 566
7.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 567
7.4.5 Recalculs 567
7.4.6 Améliorations envisagées 568
7.5 Traitement des eaux (5D) 568
7.5.1 Caractéristiques de la catégorie 568
7.5.2 Méthode d'estimation des émissions 570
7.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 576
7.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 576
7.5.5 Recalculs 577
7.5.6 Améliorations envisagées 577
8 AUTRES 578
8.1 Caractéristiques de la catégorie 578
8.2 Méthode d'estimation des émissions 578
8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 578
8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 578
8.5 Recalculs 578
8.6 Améliorations envisagées 578
9 EMISSIONS INDIRECTES DE CO_2 ET N_2O 579
9.1 Caractéristiques de la catégorie 579
9.2 Méthode d'estimation des émissions 579
9.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries 579
9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 579
9.5 Recalculs 579
9.6 Améliorations envisagées 579
10 RECALCULS ET AMELIORATIONS 580
10.1 Explications et justifications concernant les nouveaux calculs 581
10.2 Incidences sur les niveaux d'émissions 582
10.3 Incidences sur l'évolution d'émissions 584
10.4 Améliorations transversales envisagées 584

11 UTCATF dans le cadre du Protocole de Kyoto (« KP-LULUCF ») 588
11.1 Informations générales 588
11.1.1 Activités retenues dans le cadre de l'article 3.4 du Protocole de Kyoto 589
11.1.2 Description de la manière dont les définitions de chaque activité retenue au titre de l'article 3.3 et de l'article 3.4 ont été mises en œuvre et appliquées de manière cohérente au fil du temps 589
11.1.3 Description des conditions de priorité et / ou de hiérarchie entre les activités de l'Article 3.4, et cohérence dans la classification des terres 590
11.2 Information sur les terres 590
11.2.1 Unités spatiales utilisées pour le rapportage des surfaces relatives à l'article 3.3 590
11.2.2 Méthodologie utilisée pour la construction des matrices de transitions 590
11.2.3 Cartes et/ou base de données pour identifier les emplacements géographiques 591
11.3 Informations spécifiques aux activités 592
11.3.1 Méthodes de variation du stock de carbone et d'estimation des émissions et absorptions de GES 592
11.4 Article 3.3 596
11.4.1 Éléments démontrant que les activités relevant de l'article 3.3 ont débuté le ou après le 1 Janvier 1990 et avant le 31 Décembre 2012 et sont directement induites par l'homme 596
11.4.2 Information sur la distinction entre récolte, dégradation et déforestation . 596
11.4.3 Information sur la taille et l'emplacement géographique des terres forestières ayant perdu leur couverture arborée, mais qui ne sont pas encore classées comme défrichées 597
11.4.4 Information sur les provisions pour les perturbations naturelles 597
11.4.5 Information sur les Produits Ligneux Récoltés (PLR) 597
11.5 Article 3.4 598
11.5.1 Éléments démontrant que les activités relevant de l'article 3.4 ont eu lieu depuis le 1 Janvier 1990 et sont d'origine humaine 598
11.5.2 Informations relatives à la gestion forestière 598
11.5.3 Informations pour l'année de base relative à la gestion des cultures, des prairies, à la restauration du couvert végétal et le drainage des zones humides et la réhumidication (si ces options ont été choisies) 601
11.6 Autres informations 601
11.6.1 Analyse en catégories clés des activités de l'article 3.3 et de toute activité choisie pour l'article 3.4 601
11.7 Information relative à l'article 6 602

12 Information sur la comptabilisation des unités Kyoto 602
12.1 Informations de base 602
12.2 Résumé des informations contenues dans les tables SEF 603
12.3 Notifications et erreurs 604
12.4 Informations accessibles au public 604
12.5 Calcul de la réserve de la partie pour la période d'engagement (CPR) 604
12.6 Comptabilisation du secteur UTCATF 604
13 Information sur les changements concernant le système national d'inventaire 606
13.1 Nom et coordonnées du responsable du système national d'inventaire désigné par la Partie. 606
13.2 Répartition des rôles et des responsabilités au sein du système national d'inventaire 606
14 Information sur les changements concernant le registre national 608
15 Information sur la minimisation des effets adverses sur les pays en développement des politiques et mesures mises en œuvre par la France (article 3.14) 610
15.1 Description des externalités potentielles des politiques et mesures de la France 610
15.2 Ressources financières 614
15.3 Transfert de technologie 619
16 Déclarations relatives à d'autres informations pertinentes pour le changement climatique 622
Annexe 1 629
Annexe 2 641
Annexe 3 643
Annexe 4 670
Annexe 5 672
Annexe 6 678
Annexe 7 683
Annexe 8 687
Annexe 9 691
Annexe 10 706
Références 708

Table des figures

Figure 1 : Schéma organisationnel simplifié 45
Figure 2 : Dispositions mises en œuvre pour l'assurance qualité 50
Figure 3 : Schéma du contrôle et de l'assurance qualité de l'inventaire français 52
Figure 4 : Schéma opérationnel simplifié du système d'inventaire 60
Figure 5 : Choix des méthodologies 62
Figure 6 : Typologie des sources au regard de l'utilisation de l'énergie 70
Figure 7 : Carte de la France (Métropole et Outre-mer) 85
Figure 8 : Variations des émissions totales hors UTCATF au cours de la période 1990-2017 en France (Périmètre Kyoto) 90
Figure 9 : Contribution des différents gaz à effet de serre aux émissions totales hors UTCATF en 1990 et 2017 pour la France (périmètre Kyoto) 91
Figure 10 : Évolution des émissions hors UTCATF par habitant entre 1990 et 2017 (périmètre Kyoto) 92
Figure 11 : coefficient de rigueur (Métropole) 95
Figure 12 : Variations des émissions de gaz à effet de serre direct hors UTCATF au cours de la période 98
Figure 13 : Consommation d'énergie primaire en France métropolitaine (non corrigée du climat) 116
Figure 14 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer (non corrigée du climat) 117
Figure 15 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer au périmètre Kyoto 118
Figure 16 : Répartition du trafic domestique et international pour la Métropole 122
Figure 17 : Consommations de combustibles de la catégorie 1A1a (périmètre Kyoto) 133
Figure 18 : Distribution des combustibles pour la production d'électricité thermique (périmètre Kyoto) 134
Figure 19 : Évolution du « panier » de combustibles des installations de chauffage urbain (périmètre Kyoto) 136
Figure 20 : Brut traité dans les raffineries en France métropolitaine et Martinique (Périmètre Kyoto) 137
Figure 21 : Combustibles consommés pour le raffinage du pétrole (périmètre Kyoto) 137
Figure 22 : Production de coke en France (périmètre Kyoto) 138
Figure 23 : Composition des déchets incinérés en UIDND (yc déchets industriels, hors boues) en Métropole 141
Figure 24 : Évolution de la consommation d'énergie par sous-catégorie de l'industrie manufacturière (périmètre Kyoto) 148
Figure 25 : Evolution de la consommation d'énergie par combustible dans l'industrie manufacturière en France – (périmètre Kyoto) (non corrigée du climat) 149
Figure 26 : Détail des combustibles « solides » et « liquides » consommés dans l'industrie manufacturière en France – Périmètre Kyoto 150
Figure 27 : Production de produits en fonte (périmètre Kyoto) 152
Figure 28 : Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs de l'inventaire 152
Figure 29 : Les procédés de fabrication de l'acier 153
Figure 30 : Logigramme du processus d'estimation des consommations d'énergie en France métropolitaine 166
Figure 31 : Schéma de répartition des flux de combustibles et matières des installations sidérurgiques et des émissions de CO_2 associées 170
Figure 32 : Consommation des différents modes de transports sur la période 1990 – 2017 et répartition en 2017 (y compris agro-carburants) (Périmètre Kyoto) 182

Figure 33 : Emissions de gaz à effet de serre de l'aviation civile domestique (périmètre Kyoto) ...185
Figure 34 : Emissions de gaz à effet de serre de l'aviation civile internationale (périmètre Kyoto) 186
Figure 35 : Consommations de carburants de l'aviation civile touchant la Métropole et l'Outre-mer 186
Figure 36 : Trafic domestique en milliers de passagers 187
Figure 37 : Trafic international en milliers de passagers....187
Figure 38 : Prix des carburants à la pompe (Métropole)....188
Figure 39 : Emissions de gaz à effet de serre du transport routier en France métropolitaine et en Outre-mer (périmètre Kyoto)....189
Figure 40 : Consommations des différents carburants du transport routier sur la période 1990 – 2017 et répartition en 1990 et 2017 (y compris agro-carburants) (Périmètre Kyoto)....189
Figure 41 : Taux de diésélisation du parc des véhicules particuliers en France....190
Figure 42 : Taux d'incorporation d'agro-carburants en France métropolitaine 190
Figure 43 : Consommations des différents combustibles en France métropolitaine et en Outre-mer. Répartition des consommations pour l'Outre-mer entre les DOM (périmètre Kyoto) et les autres territoires (COM)....191
Figure 44 : Consommations d'énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine....192
Figure 45 : Emissions de gaz à effet de serre du transport ferroviaire en France métropolitaine ...192
Figure 46 : Trafics ferroviaires de passagers (en Milliard de voyageursxkilomètres) et de marchandises (en Milliard de tonnesxkilomètres) 193
Figure 47 : Emissions de gaz à effet de serre du transport maritime domestique (périmètre Kyoto). 197
Figure 48 : Emissions de gaz à effet de serre du transport maritime international (hors total). 197
Figure 49 : Consommations d'énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine et en Outre-mer du transport maritime domestique et international....198
Figure 50 : Consommations des différentes énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine et en Outre-mer du transport maritime domestique (1A3d). 198
Figure 51 : Répartition des tonnesxkilomètres du transport fluvial de marchandises entre la partie domestique et internationale. 198
Figure 52 : Consommations d'énergies (gaz naturel) en France métropolitaine et en Outre-mer ...199
Figure 53 : Emissions de gaz à effet de serre émises par les stations de compression (périmètre Kyoto). 199
Figure 54 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du secteur aérien. 200
Figure 55 : Evolutions des facteurs d'émissions de gaz à effet de serre du transport aérien domestique (périmètre Kyoto) 201
Figure 56 : Evolutions des facteurs d'émissions de gaz à effet de serre du transport aérien international (hors total)....201
Figure 57 : Parc statique (Nombre) des véhicules routiers en Métropole 206
Figure 58 : Kilométrage moyen des véhicules routiers en Métropole 209
Figure 59 : Parc roulant (Md vehiculesxkilomètre) des véhicules routiers en Métropole 209
Figure 60 : Parc roulant (Md vehiculesxkilomètre) des véhicules routiers en Outre-mer (y compris PTOM)....210
Figure 61 : Différence relative du calcul par le modèle COPERT vis-à-vis de la statistique des consommations d'essence, de gazole, de GPLc et de GNV pour le transport routier de 1990 à 2017. 211
Figure 62 : Evolution des teneurs en soufre des carburants 213
Figure 63 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) du transport routier....213
Figure 64 : Logigramme du processus d'estimation des émissions....215
Figure 65 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) du transport ferroviaire ..215
Figure 66 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport maritime 216
Figure 67 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport par voie navigable.218

Figure 68 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) du transport maritime domestique 219
Figure 69 : Evolution des facteurs d'émission de GES du transport maritime international 219
Figure 70 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.....220
Figure 71 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) des stations de compression 220
Figure 72 : Comparaison entre les consommations théoriques du modèle et les ventes totales françaises de carburants 221
Figure 73 : Comparaison entre les consommations de carburants du routier sur le territoire et les ventes/livraisons à usage routier (en métropole).....222
Figure 74 : Consommation d'énergie finale dans les différents sous-secteurs (Périmètre Kyoto) ...225
Figure 75 : Répartition des combustibles dans les sous-secteurs en 2017 (Périmètre Kyoto).....226
Figure 76 : Extraction de pétrole (périmètre Kyoto).....237
Figure 77 : Extraction de gaz naturel (périmètre Kyoto).....238
Figure 78 : Longueur de réseau du gaz naturel en France (périmètre Kyoto) 239
Figure 79 : Productions des principaux produits minéraux en France (périmètre Kyoto) depuis 1990 253
Figure 80 : Principales productions de l'industrie chimique.....273
Figure 81 : Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs CRF de l'inventaire 290
Figure 82 : Production de fonte brute en France (périmètre Kyoto).....292
Figure 83 : Production d'acier en France – périmètre Kyoto 292
Figure 84 : Production de ferroalliages en France (périmètre Kyoto).....293
Figure 85 : Production d'aluminium par électrolyse en France (périmètre Kyoto) 294
Figure 86 : Schéma de répartition des flux de combustibles et matières des installations sidérurgiques et des émissions de CO_2 associées 296
Figure 87 : Répartition des émissions CO_2 équivalentes de gaz fluorés par secteur en 2017 (France métropolitaine) 319
Figure 88 : Répartition des émissions CO_2 équivalentes de gaz fluorés par secteurs en 2017 (hors secteur climatisation/réfrigération) (France métropolitaine).....319
Figure 89 : Evolution des émissions de gaz fluorés de 1990 à 2017 (France métropolitaine) 320
Figure 90 : Distribution des émissions de HFC en CO_2e du CRF 2F1 en 2017 (périmètre Kyoto).....320
Figure 91 : Contribution des secteurs aux émissions de HFC en CO_2e de la catégorie CRF 2F1 en 2017 (périmètre Kyoto) 321
Figure 92 : Évolution de la demande en gaz pour la production des équipements neufs (périmètre Kyoto).....321
Figure 93 : Évolution des quantités de gaz contenus dans les équipements en fonctionnement (périmètre Kyoto) 322
Figure 94 : Postes d'émission et polluants associés en agriculture 344
Figure 95 : Récapitulatif des méthodes d'ajustement de la statistique agricole annuelle (SAA) 347
Figure 96 : Évolution des cheptels agricoles en France (Métropole uniquement).....351
Figure 97 : Répartition entre types d'effluents pour les bovins (Métropole*).....353
Figure 98 : Répartition entre types d'effluents pour les autres animaux (Métropole*) 354
Figure 99 : Évolution des surfaces de culture en France *(Métropole uniquement)*.....364
Figure 100 : Évolution des productions en France *(Métropole uniquement)*.....364
Figure 101 : Schéma comparatif de la méthode de la méthode MONDFERENT I (vert) avec la méthode GIEC 2006 (rouge).....368
Figure 102 : Schéma récapitulatif de l'évaluation du CH4 entérique par la méthode MONDFERENT II 370
Figure 103 : Températures moyennes annuelles régionales 384

Figure 104 : Illustration fictive du retraitement des données de traitement de l'air en bâtiments porcins effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage 391
Figure 105 : Suivi de l'azote en gestion lisier 399
Figure 106 : Suivi de l'azote en gestion solide 400
Figure 107 : Quantités d'azote lissées issues des engrais minéraux épandues en Métropole 417
Figure 108 : Schéma de la méthodologie d'estimation des émissions pour le N_2O des sols 424
Figure 109 : Bilan net total de l'UTCATF en métropole, ktCO2e 436
Figure 110 : Représentation schématique de l'échantillonnage TERUTI.....441
Figure 111 : Représentation des 3 strates d'échantillonnage pour le suivi des terres en Guyane français 446
Figure 112 : Cartographie des zones pédologiques (basée sur la texture des sols) [719].....457
Figure 113 : Cartographie des zones climatiques [722].....458
Figure 114 : Cartographie des zones pédoclimatiques 459
Figure 115 : Evolution des surfaces forestières (en Millions d'ha) 465
Figure 116 : Evolution du puits forestier en Métropole en $MtCO_2$ (hors feux de forêt; brûlage de résidus; N_2O des sols).....466
Figure 117 : Evolution du bilan biomasse en Métropole en MtCO2.....466
Figure 118 : Schéma récapitulatif des flux et stocks de carbone pour la forêt 468
Figure 119 : Carte des interrégions IGN 470
Figure 120 : Représentation schématique de la méthode (dite « modèle ») d'estimation des émissions liées aux récoltes de bois) 481
Figure 121 : Conversion de volumes de bois commercialisés en carbone 482
Figure 122 : Représentation de l'ajustement sur la base des données de prélèvement direct issues de l'IFN 483
Figure 123 : Représentation de l'évolution des stocks de carbone suite à une tempête 485
Figure 124 : Flux considérés dans la formulation concernant le compartiment "sciages" 532
Figure 125 : Vision d'ensemble des flux utilisés dans la méthode 536
Figure 126 : Emissions de CH_4 et de CO_2 dues au barrage de Petit-Saut en Guyane.....538
Figure 127 : Bilan des tonnages entrant dans les ITOM en 2014 (source : ITOM 2014, ADEME [979])542
Figure 128 : Evolution des quantités de DMA traitées par filière de traitement – périmètre Kyoto .544
Figure 129 : Evolution des quantités de déchets non dangereux stockés en ISDND en kt en France (périmètre Kyoto) 546
Figure 130 : Evolution des quantités de déchets incinérés et brûlés selon leur type (en kt) – (Périmètre Kyoto).....559
Figure 131 : Composition des déchets incinérés en UIDND (yc déchets industriels, hors boues) en Métropole 562
Figure 132 : Pollution traitée par système en Métropole.....569
Figure 133 : Résolution géographique pour l'estimation des résultats pour le Protocole de Kyoto .591
Figure 134 : Représentation de l'évolution du stock de carbone des sols forestiers 593
Figure 135: flux considérés dans la formulation concernant le compartiment "sciages". 600
Figure 136: vision d'ensemble des flux utilisés dans la méthode.....600
Figure 137 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les bovins.....654
Figure 138 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les porcins 655
Figure 139 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les ovins 655
Figure 140 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les caprins 656
Figure 141 : Illustration fictive du retraitement des données effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage.....657

Table des tableaux

Tableau 1 : Résumé des émissions de gaz à effet de serre en France (périmètre Kyoto) 31
Tableau 2 : Relation entre les bonnes pratiques du GIEC et les éléments du SMQ 54
Tableau 3 : Principaux formats de rapportage produits par le SNIEBA..... 59
Tableau 4 : Présentation des différents référentiels utilisés 61
Tableau 5 : Données collectées et leurs sources..... 63
Tableau 6 : Résumé des méthodologies de calculs et des facteurs d'émission employés par secteur71
Tableau 7 : Résumé des méthodologies de calculs et des facteurs d'émission employés par secteur (suite)..... 72
Tableau 8 : Résumé des sources clés en 1990 avec et hors UTCATF 78
Tableau 9 : Résumé des sources clés en 2017 avec et hors UTCATF 79
Tableau 10 : Couverture géographique de la France au regard des divers inventaires d'émissions .. 83
Tableau 11 : Paramètres socio-économiques de la France..... 84
Tableau 12 : Liste des sources couvertes par la notation « NE » 87
Tableau 13 : Liste des sources couvertes par la notation « IE » 88
Tableau 14 : Émissions de gaz à effet de serre en France (Périmètre Kyoto) 91
Tableau 15 : Émissions des gaz à effet de serre en France (France entière) 93
Tableau 16 : Coefficient de rigueur 95
Tableau 17 : Émissions détaillées des HFC et PFC en France (Périmètre Kyoto)..... 99
Tableau 18 : Contribution des catégories GIEC aux émissions de gaz à effet de serre en France en 2017 (Périmètre Kyoto) 100
Tableau 19 : Émissions de CO_2 en France par catégorie CRF (Périmètre Kyoto) 101
Tableau 20 : Émissions de CH_4 en France par catégorie CRF 102
Tableau 21 : Émissions de N_2O en France par catégorie CRF 103
Tableau 22 : Émissions de HFC en France par catégorie CRF 104
Tableau 23 : Émissions de PFC en France par catégorie CRF 104
Tableau 24 : Émissions de SF_6 en France par catégorie CRF 105
Tableau 25 : Émissions de NF_3 en France par catégorie CRF.....105
Tableau 26 : Émissions de SO_2 en France par catégorie CRF.....106
Tableau 27 : Émissions de NOx en France par catégorie CRF.....107
Tableau 28 : Émissions de COVNM en France par catégorie CRF 108
Tableau 29 : Émissions de CO en France par catégorie CRF 109
Tableau 30 : Contribution du trafic intra et hors Union européenne aux émissions de CO_2 du trafic international aérien relatif à la France.....113
Tableau 31 : Correspondance des secteurs bilan de l'énergie français / CRF 115
Tableau 32 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer (non corrigée du climat) 117
Tableau 33 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer au périmètre Kyoto (non corrigée du climat).....118
Tableau 34 : Émissions de gaz à effet de serre de l'ENERGIE 119
Tableau 35 : Comparaison de l'approche de référence et de l'approche sectorielle – périmètre Kyoto 120
Tableau 36 : Equivalence des unités d'énergie courantes 125
Tableau 37 : Détail des PCI utilisés dans les inventaires nationaux 125
Tableau 38 : facteurs d'émission utilisés dans les inventaires d'émission nationaux 129
Tableau 39 : Production brute d'électricité en Métropole (y compris autoproduction) 134
Tableau 40 : Production du chauffage urbain en Métropole 135
Tableau 41 : Consommation d'énergie finale dans les sous-secteurs de l'industrie manufacturière par type de combustible en 1990 et 2017 – périmètre Kyoto.....148
Tableau 42 : Sous-secteurs du système d'inventaire.....165

Tableau 43 : Comparaison des consommations de l'année 2017 pour le transport routier issues des statistiques et du modèle COPERT....211
Tableau 44 : Émissions de gaz à effet de serre des PROCEDES INDUSTRIELS (périmètre Kyoto) 252
Tableau 45 : production de clinker aluminate (uniquement en France métropolitaine) en kt 261
Tableau 46 : Production des autres types de clinker (uniquement en France métropolitaine) (kt) .261
Tableau 47 : Méthodes mises en œuvre pour le calcul des émissions de CO_2 du secteur de la production de ciment 262
Tableau 48 : Part des différentes sources d'émission dans le facteur d'émission induit du CO_2 pour la décarbonatation dans le secteur du ciment 263
Tableau 49 : Facteur d'émission de CO_2 pour la production de chaux hydraulique (en kg/t chaux hydraulique) 264
Tableau 50 : Facteur d'émission de CO_2 pour la production de chaux aérienne et magnésienne (en kg/t chaux) 267
Tableau 51 : Nombre d'installations produisant de la chaux (hydraulique et autre) et nature des données utilisées 267
Tableau 52 : Composition et PRG (4ème AR) des fluides frigorigènes commerciaux....321
Tableau 53 : Sources des facteurs d'émission par sous-application des mousses....327
Tableau 54 : Sources et données d'activités par sous-application des mousses 328
Tableau 55 : Émissions de gaz à effet de serre de l'AGRICULTURE....345
Tableau 56 : Correspondances entre anciennes et nouvelles régions 346
Tableau 57 : Correspondances entre les catégories SAA et les catégories de l'inventaire pour les porcins 348
Tableau 58 : Evolution du cheptel porcin détaillée par catégories fines (Métropole uniquement)..349
Tableau 59 : Catégories et sous-catégories de l'inventaire 350
Tableau 60 : Cheptels en France au périmètre Métropole 351
Tableau 61 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins en France 353
Tableau 62 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des autres animaux en France ...354
Tableau 63 : Attribution des valeurs d'excrétion azotée par catégorie animale IFCE....360
Tableau 64 : Récapitulatif des sources utilisées pour le calcul des facteurs d'excrétion azotée 361
Tableau 65: Evolution des F_{ex} par catégorie animale sur la période 1990-2017....362
Tableau 66 : Récapitulatif des méthodes d'estimation du CH_4 entérique 366
Tableau 67 : Poids vif moyen par catégorie bovine fine....367
Tableau 68 : Evolution du rendement laitier *(Métropole uniquement)*....369
Tableau 69 : Récapitulatif des facteurs d'émission CH_4 entérique et paramètres associés....373
Tableau 70 : Paramètres et sources associées pour le calcul du CH_4 entérique des bovins....374
Tableau 71 : Paramètres et sources associées pour le calcul du CH_4 entérique des ovins et caprins 375
Tableau 72 : Comparaison des FE CH_4 entérique – MONDFERENT I et II / GIEC 2006 375
Tableau 73 : Comparaison des EB - MONDFERENT I et II / GIEC 2006 376
Tableau 74 : Comparaison des Ym - MONDFERENT I et II / GIEC 2006 376
Tableau 75 : Comparaison des FE nationaux aux FE Tiers 1 du GIEC 2006 377
Tableau 76 : Attributions et retraitements des valeurs SV pour les sous-catégories volailles....382
Tableau 77 : Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV 383
Tableau 78 : Paramètres Bo utilisés dans l'inventaire 384
Tableau 79 : Correspondances MCF et systèmes de gestion 384
Tableau 80 : Correspondances facteurs d'émission et systèmes de gestion....387
Tableau 81 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion 388
Tableau 82 : Pourcentages recalculés des effectifs porcins élevés en bâtiment avec traitement de l'air par grande région productrice et solde national....391
Tableau 83 : Attribution des taux d'application de traitement de l'air sur la période 392
Tableau 84 : Résumé des modes d'estimation du nombre de stations de traitement par nitrification-dénitrification sur la période 393

Tableau 85 : Résumé des modes d'estimation de l'azote résorbé par nitrification-dénitrification sur la période 394
Tableau 86 : Pourcentages recalculés des lisiers stockés en fosse couverte pour les porcins, caprins et ovins, par grande région productrice et solde national.....396
Tableau 87 : Attribution des taux d'application de la couverture de fosse sur la période 396
Tableau 88 : Combinaisons des pratiques tirées de l'enquête Pratiques Culturales 2011 397
Tableau 89 : Attribution des taux d'application des différents modes d'épandage sur la période ..398
Tableau 90 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion 399
Tableau 91 : Tableau récapitulatif des proportions de TAN utilisées par catégorie animale 401
Tableau 92 : Facteurs d'émission de N-NH3 au bâtiment.....402
Tableau 93 : Facteurs d'émission de N-NH_3 au stockage.....404
Tableau 94 : Facteurs d'ajustement liés aux pratiques d'épandage 406
Tableau 95 : Facteurs d'émission de N-NH3 à l'épandage 407
Tableau 96 : Facteurs d'émission de N-NH_3 à la pâture.....408
Tableau 97 : Comparaison des VS – MONDFERENT I et II / GIEC 2006 410
Tableau 98 : Comparaison des Fex – MONDFERENT I et II / GIEC 2006.....411
Tableau 99 : Principales fractions utilisées dans le calcul des émissions de N_2O des sols.....421
Tableau 100 : Azote apportés aux sols cultivés par source en Métropole (tonnes d'azote).....423
Tableau 101 : Facteurs d'émission de NH_3 pour les engrais minéraux 426
Tableau 102 : Répartition des amendements carbonés.....432
Tableau 103 : Catégories du secteur UTCATF estimées (O = Oui / N = Non) dans l'inventaire français 436
Tableau 104 : Sources d'information utilisée pour le suivi des terres en fonction de la région.....440
Tableau 105 : Source ou méthode utilisée pour le suivi des terres en Métropole en fonction de la période 442
Tableau 106 : Extrait de la correspondance entre les codes TERUTI et les sous-catégories du CITEPA 443
Tableau 107 : Les 16 sous-catégories d'utilisation des terres 443
Tableau 108 : Illustration du protocole d'estimation des surfaces à partir des surfaces de l'année 2007 445
Tableau 109 : Représentativité d'un point d'enquête dans chaque strate [673] 446
Tableau 110 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha) 448
Tableau 111 : Matrice 2008-2012 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha) 448
Tableau 112 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guadeloupe (ha) 448
Tableau 113 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Martinique (ha) 449
Tableau 114 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation pour La Réunion (ha).....449
Tableau 115 : Matrice 1989-2009 produite en combinant plusieurs sources d'information pour Mayotte (ha).....449
Tableau 116 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne des terres forestières453
Tableau 117 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne hors forêt (Métropole) 454
Tableau 118 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne hors forêt (Outre-Mer) 454
Tableau 119 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante racinaire des terres forestières455
Tableau 120 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante racinaire des terres non forestières 455
Tableau 121 : Stocks de carbone (tC/ha) dans le bois mort des terres forestières.....456

Tableau 122 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la litière des terres forestières 456
Tableau 123 : Stocks de carbone de référence pour les sols (sols forestiers) 459
Tableau 124 : Stocks de carbone moyens selon les caractéristiques des zones pédoclimatiques (tC/ha) 460
Tableau 125 : Paramètres de calcul pour les sols organiques (histosols) drainés 461
Tableau 126 : Moyenne des F_{UT} régionaux utilisés (Minimum et Maximum entre parenthèses) 461
Tableau 127 : Surfaces en Forêt (en Millions d'ha) 464
Tableau 128 : Bilan en CO_2e de la forêt (MtCO_2e), (hors feux de forêt; brûlage de résidus de récolte; N_2O des sols) 465
Tableau 129 : Production brute annuelle de biomasse totale aérienne et racinaire (ktC/an) détaillée par interrégion telle qu'elle est fournie par l'IGN (exemple pour l'année 2007) 471
Tableau 130 : Mortalité annuelle de biomasse totale aérienne et racinaire (ktC/an) détaillée par interrégion telle qu'elle est fournie par l'IGN (exemple pour l'année 2007) 472
Tableau 131 : Paramètres et bilan pour la biomasse forestière totale en métropole (ktC/an) 473
Tableau 132 : Récoltes de bois matériau et de bois énergie en Métropole depuis 1990. 480
Tableau 133 : Facteurs d'expansion utilisés pour les prélèvements de bois matériau 481
Tableau 134 : Infradensité utilisées pour les principales essences [598] 482
Tableau 135 : Données forestières pour les départements d'Outre-mer 483
Tableau 136 : Surfaces incendiées en France depuis 1990 486
Tableau 137 : Paramètres utilisés 487
Tableau 138 : Surface de forêt par DOM (ha) 495
Tableau 139 : Paramètres d'accroissement de la biomasse forestière. 496
Tableau 140 : Résultats intermédiaires pour l'accroissement en Outre-Mer 496
Tableau 141 : Densité des espèces majoritairement exploitée en Martinique et à la Réunion 498
Tableau 142 : Résultats intermédiaires pour les prélèvements en Outre-Mer 498
Tableau 143 : Bilan d'émission des forêts des DOM (tCO2) 499
Tableau 144 : Flux de CO2 liés aux changements entre catégories de cultures (cultures annuelles et pérennes), biomasse aérienne et racinaire, en métropole 506
Tableau 145 : Flux de CO2 liés pour les cultures (cultures annuelles et pérennes), biomasse aérienne et racinaire, en métropole et en outre-mer 506
Tableau 146 : Répartition des surfaces de culture selon le travail du sol 508
Tableau 147 : Valeurs par défaut du GIEC associées au travail du sol 508
Tableau 148 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC 509
Tableau 149 : Répartition des surfaces de culture selon le niveau d'apport 509
Tableau 150 : Valeurs par défaut du GIEC associées aux apports 510
Tableau 151 : Flux de CO2 liés aux changements entre catégories de prairies, biomasse aérienne et racinaire, en métropole 516
Tableau 152 : Flux de CO2 liés pour les prairies, biomasse aérienne et racinaire, métropole et Outre-mer 516
Tableau 153 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC 518
Tableau 154 : Répartition des surfaces de prairie par catégorie GIEC 518
Tableau 155 : Valeurs par défaut du GIEC associées aux types de prairie 518
Tableau 156 : Durées de demi-vie des produits bois 534
Tableau 157 : Production de produits bois issus des prélèvements intérieurs 535
Tableau 158 : Production de déchets en France en 2014 (source : SDES) [979] 540
Tableau 159 : Traitement de déchets en France en 2014 (source : SDES) [979] 540
Tableau 160 : Production de déchets en France (périmètre Kyoto) en 2015(Source : ADEME [978]) 541
Tableau 161 : Émissions de gaz à effet de serre des DECHETS (CRF 5) 545
Tableau 162 : Composition des ordures ménagères entre 1993 et 2007 550
Tableau 163 : Composition des déchets stockés en installation de stockage recevant des déchets ménagers (yc déchets industriels, hors boues) en Métropole 551
Tableau 164 : Historique du facteur d'oxydation des sites contrôlés non compactés 553

Tableau 165 : Répartition de la population pat type de traitement/rejet des eaux usées domestiques en Métropole 568
Tableau 166 : Répartition du type de traitement des eaux usées domestiques en Métropole 569
Tableau 167 : Evolution de la consommation journalière de protéines d'un habitant français 570
Tableau 168 : Résumé des modifications des descriptions méthodologiques et des recalculs 580
Tableau 169 : Écart en émissions entre la version de mars 2018 et celle de mars 2019 (pour les années 1990 et 2016) – périmètre Kyoto 583
Tableau 170 : Écart en évolution entre la version de mars 2018 et celle de mars 2018 - périmètre Kyoto 584
Tableau 171 : Suivi des améliorations méthodologiques envisagées sur les inventaires 585
Tableau 172 : Emissions et absorptions dans le cadre des articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto 588
Tableau 173 : Sélection des paramètres pour la définition de « Forêt » pour le Protocole de Kyoto 589
Tableau 174 : surfaces rapportées au titre du protocole de Kyoto depuis 1990 595
Tableau 175 : Correspondance entre catégories Convention et activités au titre du Protocole de Kyoto 601
Tableau 176 : Synthèse tables SEF 2018, unités de période 2 603
Tableau 177 : Niveau de référence pour les produits ligneux 605
Tableau 178 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions hors UTCATF – Tier 1 630
Tableau 179 : Évaluation des catégories clés 1990 – analyse des niveaux d'émissions hors UTCATF – Tier 1 631
Tableau 180 : Évaluation des catégories clés entre 1990 et 2017 – analyse des évolutions des émissions hors UTCATF – Tier 1 632
Tableau 181 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 1 633
Tableau 182 : Évaluation des catégories clés 1990 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 1 634
Tableau 183 : Évaluation des catégories clés entre 1990 et 2017 – analyse des évolutions des émissions avec UTCATF – Tier1 635
Tableau 184 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF-KP – Tier1 636
Tableau 185 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 2 637
Tableau 186 : Évaluation des catégories clés 1990 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 2 638
Tableau 187 : Évaluation des catégories clés entre 1990 et 2017 – analyse des évolutions des émissions avec UTCATF – Tier 2 639
Tableau 188 : Correspondances entre "capacité" des enquêtes bâtiment et catégorie animale de la SAA 645
Tableau 189 : Paramètres utilisés pour la pondération des capacités truies 645
Tableau 190 : Correspondances entre les capacités des enquêtes bâtiment et les libellés des pratiques d'élevage 646
Tableau 191 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches laitières 647
Tableau 192 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches allaitantes et autres bovins 648
Tableau 193 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut du Porc 649
Tableau 194 : Premiers retraitements des données pratiques d'élevage 2015 par le CITEPA pour les bovins 651

Tableau 195 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements CITEPA sur les pratiques d'élevage 2015 - Bovins 652
Tableau 196 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements CITEPA sur les pratiques d'élevage 2015 - Porcins 653
Tableau 197 : Traitement des données sur les systèmes de gestion des déjections sur la période..658
Tableau 198 : Traitement des données sur les temps d'hébergement sur la période.....659
Tableau 199 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Bovins 660
Tableau 200 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Porcins 662
Tableau 201 : Besoins en paille par catégorie animale - Ovins.....663
Tableau 202 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Ovins 663
Tableau 203 : Besoins en paille par catégorie animale - Caprins 663
Tableau 204 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Caprins.....664
Tableau 205 : Evolutions de productions en kt - Métropole.....667
Tableau 206 : Synthèse des paramètres retenus pour les résidus de culture.....669
Tableau 207 : Modifications intervenues dans le secteur de l'énergie (CRF 1) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto) 673
Tableau 208 : Modifications intervenues dans le secteur des procédés industriels (CRF 2) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto) 674
Tableau 209 : Modifications intervenues dans le secteur de l'agriculture (CRF 3) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto) 675
Tableau 210 : Modifications intervenues dans le secteur de l'UTCATF (CRF 4) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto) 676
Tableau 211 : Modifications intervenues dans le secteur des déchets (CRF 5) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto) 677
Tableau 212 : Calcul d'incertitude sur les émissions des GES en France en 2017 679
Tableau 213 : Calcul d'incertitude sur les émissions des GES en France en 1990 681

Préambule

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) comporte les dispositions relatives à la communication des informations portant sur les émissions dans l'air ; à savoir, les émissions de gaz à effet de serre direct (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6 et NF_3) et à effet indirect (NOx, CO, COVNM, SO_2). Le Protocole de Kyoto, adopté le 10 décembre 1997 et entré en vigueur le 16 février 2005, précise les engagements assignés à chaque État signataire. La France et l'Union européenne l'ont approuvé le 31 mai 2002. La loi n° 2014-1753 du 30 décembre 2014 autorise la ratification par la France de l'amendement de Doha qui établit la 2ème période d'engagement au titre du Protocole de Kyoto (2013-2020). Cet amendement a été adopté par la décision 1/CMP.8 à la 8ème réunion des Parties au Protocole de Doha (8 décembre 2012). **L'Accord de Paris**, adopté le 12 décembre 2015, constitue le premier instrument juridique international liant pays industrialisés et pays en développement et visant la réduction progressive des émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble des pays de la planète. La France a ratifié cet accord le 5 octobre 2016.

Les données présentées s'appliquent aux champs géographiques, temporels et sectoriels définis spécifiquement dans ce cadre et peuvent donc différer de celles correspondant à d'autres définitions établies dans le cadre d'autres conventions comme par exemple celle relative à la pollution transfrontalière à longue distance.

Les efforts permanents visant à augmenter la fiabilité des inventaires conduisent à mener régulièrement diverses investigations pour améliorer les méthodes d'estimation et les données utilisées, intégrer les révisions statistiques et, d'une manière générale, prendre en compte l'amélioration des connaissances. Le présent rapport intègre les changements et progrès effectifs à ce jour. Certaines estimations peuvent donc différer sensiblement de celles produites précédemment.

L'inventaire national est constitué des éléments suivants :

- **le rapport d'inventaire** (présent document) fournissant les résultats, les commentaires associés et les sources d'émissions en 1ère partie ainsi que les éléments supplémentaires du Protocole de Kyoto en 2ème partie,
- **la base de données OMINEA** dans laquelle sont rapportés les activités et facteurs d'émission de l'inventaire,
- **les tables de données au format CRF**,
- **la soumission électronique au format** XML du CRF Reporter (incluant toutes les données rapportées de 1990 à 2017).

La structure du rapport est conforme aux exigences de la CCNUCC (cf. section 1.1).

Ce rapport est basé sur les inventaires d'émission soumis au GCIIE et validés par le MTES.

Ce rapport annule et remplace toutes les publications antérieures établies pour la même application, en particulier celles relatives à la mise à jour de l'inventaire de mars 2018.

L'attention du lecteur est attirée sur la nécessité de s'assurer auprès du CITEPA de l'existence éventuelle d'une mise à jour plus récente, cette dernière étant en principe effectuée annuellement.

Résumé

Généralités sur les inventaires

Le présent rapport national d'inventaire fournit pour la France, sur la période 1990-2017, les données d'émissions des différentes substances impliquées dans l'accroissement de l'effet de serre retenues au titre :

- de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC),
- du Protocole de Kyoto en général,
- de l'amendement de Doha établissant la 2ème période d'engagement au Protocole de Kyoto (2013-2020).

Les substances inventoriées sont les sept gaz à effet de serre direct qui constituent le « panier de Kyoto » : dioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4), protoxyde d'azote (N_2O), les deux familles de substances halogénées – hydrofluorocarbures (HFC) et perfluorocarbures (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF_6) et le trifluorure d'azote (NF_3). A ces substances s'ajoutent les quatre gaz à effet de serre indirect : SO_2, NOx, COVNM et CO pour lesquels les Etats sont invités à rapporter les émissions dans le cadre de la Convention.

Pour l'ensemble de la période 1990-2016, les estimations produites dans les inventaires précédents ont été revues et corrigées pour tenir compte des mises à jour statistiques, de l'amélioration des connaissances, de modifications méthodologiques et des spécifications contenues dans le document FCCC/CP/2013/10 de la décision 24/CP.19 de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Certaines modifications ont été introduites par suite des recommandations formulées lors des processus de revue des inventaires.

Bien que des progrès significatifs soient introduits en continu quant à la couverture des sources et la qualité des estimations, les émissions s'accompagnent d'incertitudes non négligeables dont il convient de tenir compte dans l'utilisation de ces informations. Un tableau sur les estimations des incertitudes est présenté dans ce rapport. Elles ont été estimées sur la base des connaissances actuelles.

Des révisions ultérieures de ces données sont toujours possibles sinon probables pour tenir compte des modifications méthodologiques et des travaux en cours au plan international en vue d'améliorer la connaissance et les règles

Summary

Background information

This national inventory report supplies emission data for France within the 1990-2017 period, concerning all the substances that contribute to enhancing the greenhouse effect, required under:

- the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC),
- the Kyoto Protocol,
- the 2nd commitment period to the Kyoto Protocol (2013-2020).

The substances covered are the direct greenhouse gases comprising the "Kyoto Protocol basket": carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O), the two species of halogenous substances, hydrofluorocarbons (HFCs) and perfluorocarbons (PFCs), sulphur hexafluoride (SF_6) and nitrogen trifluoride (NF_3). Emissions of sulphur dioxide (SO_2), nitrogen oxides (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOCs), and carbon monoxide (CO), have also to be reported by the Parties under the Convention.

For the period 1990-2016 as a whole, estimates provided in the previous inventories have been reviewed and corrected to take into account updated statistics, improved knowledge, possible changes in methodology and specifications contained in the guidelines (FCCC/CP/2013/10), as defined by the UNFCCC. Several changes have been added to take into account the remarks of the reviews of UNFCCC.

Although significant continuous progress has been achieved in terms of the sources covered and the quality of estimates, considerable uncertainties remain concerning emissions. These should be borne in mind when using the data in this report. A table indicating uncertainties based on current knowledge has been included in the report.

Future reviews of these data are always possible, if not probable, to take into account both changes in methodology and work underway at international level with a view to improving

d'établissement et de présentation des émissions.

Pour répondre spécifiquement aux obligations du Protocole de Kyoto, ce rapport inclut également les informations supplémentaires requises dans le cadre de :

- l'article 7.1 du Protocole de Kyoto, en particulier les informations concernant la prise en compte de l'UTCATF dans le Protocole de Kyoto (articles 3.3 et 3.4), la comptabilité des unités Kyoto, les changements dans le système national et dans le registre national,
- l'article 3.14 du Protocole de Kyoto concernant les questions de minimisation des effets adverses sur les pays en développement.

Périmètre Kyoto (périmètre géographique France des territoires appartenant à l'UE : Métropole + Territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE)

Tendances relatives aux émissions (Cf. Tableau 1)

Les **émissions des gaz à effet de serre direct** exprimées en CO_2 équivalent hors UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) se situent pour **l'année 2017 à 15,2% au-dessous de celles de 1990**. Cette évolution globale se traduit dans le détail des sept gaz impliqués par des **situations beaucoup plus contrastées**. **Hors UTCATF,** le **niveau d'émission de dioxyde de carbone est en 2017 inférieur de 14% à celui de 1990**, les rejets de méthane sont **en recul de 19%**, les émissions **de protoxyde d'azote en baisse de 37%**.

L'inventaire met aussi en évidence une **évolution très importante** des émissions **des hydrofluorocarbures en masse (+ 1109%)** qui, compte tenu des **différences structurelles** liées aux molécules mises en jeu, se traduit **"seulement" par un accroissement de 325% en termes de pouvoir de réchauffement global (pour les HFC).** Exprimés en CO_2 équivalent, les **perfluorocarbures sont en régression de 86%, l'hexafluorure de soufre de 79%** et **le trifluorure d'azote de 54%** sur la période 1990-2017.

La contribution des différents gaz à effet de serre est la suivante pour 2017 (en % des émissions en CO_2e hors UTCATF) : CO_2 74,6% ; CH_4 12,1% ; N_2O

knowledge and rules on compiling and presenting emissions.

To answer specifically to the Kyoto Protocol's requirements, this report also includes the supplementary information required under:

- Article 7, paragraph 1, of the Kyoto Protocol, especially information on LULUCF activities under Kyoto Protocol (articles 3.3 and 3.4), accounting of Kyoto units, changes in national system and in national registry,
- Article 3, paragraph 14, of the Kyoto protocol, concerning issues relating to minimization of adverse impacts on developing country Parties.

Kyoto scope (geographical perimeter of France relating to French UE territories: France Main Land + French Overseas territories belonging to UE)

National emissions and removal trends (Cf. Table 1)

Emissions of the gases that directly contribute to the greenhouse effect are expressed in terms of CO_2 equivalent, which **decreased by 15.2% in 2017 compared to 1990**. However, this overall trend **masks contrasting situations** depending on the gases considered. **Without LULUCF (land use, land use change and forestry), the level of CO_2 emissions is 14% lower in 2017 than in 1990**, **CH_4 and N_2O emissions fell by 19% and 37% respectively.**

The inventory also shows a strong increase in **mass hydrofluorocarbons emissions (+ 1109%).** Taking into account **structural differences** in the molecules, the result is "only" a **325% increase in terms of Global Warming Potential (GWP). Expressed in CO_2 equivalent,** in the period 1990-2017, **PFC, SF_6 and NF_3 emissions fell by 86%, 79% and 54% respectively**.

Out of the greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol, CO_2 accounted for the largest share in total CO_2e emissions (without LULUCF) in 2017 (74,6%), followed by CH_4 (12,1%), N_2O (9.0%), HFCs

9,0% ; HFC 4,0% ; PFC 0,15% ; SF_6 0,10% ; NF_3 (4.0%), PFCs (0.15%), SF_6 (0.10%) and NF_3 (<0,01%). <0,01%.

Tableau 1 : Résumé des émissions de gaz à effet de serre en France (périmètre Kyoto)

EMISSIONS DES GAZ A EFFET DE SERRE EN FRANCE (périmètre Kyoto(***))

Ces valeurs sont régulièrement révisées et complétées afin de tenir compte de l'amélioration permanente des connaissances et des méthodes d'estimation. Les utilisateurs sont invités à s'assurer de l'existence de mises à jour plus récentes.

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2019 — serre/résumé.xlsx

Substance	Unité	1990		2017		Ecart 2017/90 (%)	
		hors UTCATF (c)	net (a)	hors UTCATF (c)	net (a)	hors UTCATF (c)	net (a)
Gaz à effet de serre direct							
CO_2 (direct et indirect)	Mt	401	374	346	310	-14%	-17%
	Mt éq. C(**)	109	102	94	85	-14%	-17%
CH_4	kt	2 771	2 811	2 250	2 298	-19%	-18%
	Mt CO2e	69	70	56	57	-19%	-18%
	Mt éq. C(**)	19	19	15	16	-19%	-18%
N_2O	kt	222	233	141	151	-37%	-35%
	Mt CO2e	66	69	42	45	-37%	-35%
	Mt éq. C(**)	18	19	11	12	-37%	-35%
HFC	t	734	734	8 872	8 872	1109%	1109%
	Mt CO2e	4,4	4,4	19	19	325%	325%
	Mt éq. C(**)	1,2	1,2	5,1	5,1	325%	325%
PFC	t	586	586	77	77	-87%	-87%
	Mt CO2e	5,2	5,2	0,7	0,7	-86%	-86%
	Mt éq. C(**)	1,4	1,4	0,2	0,2	-86%	-86%
SF_6	t	97	97	20	20	-79%	-79%
	Mt CO2e	2,2	2,2	0,5	0,5	-79%	-79%
	Mt éq. C(**)	0,6	0,6	0,1	0,1	-79%	-79%
NF_3	t	1,0	1,0	0,4	0,4	-54%	-54%
	Mt CO2e	0,02	0,02	0,01	0,01	-54%	-54%
	Mt éq. C(**)	0,004	0,004	0,002	0,002	-54%	-54%
PRG (b)	Mt CO2e	548	526	465	433	-15,2%	-18%
	Mt éq. C(**)	149	143	127	118	-15,2%	-18%
	kg CO_2/hab.	9 409	9 029	6 924	6 448	-26%	-29%
	kg C/hab.(**)	2 566	2 462	1 888	1 759	-26%	-29%
	g CO_2/€ PIB	520	499	203	189	-61%	-62%
	g C/€ PIB(**)	142	136	55	52	-61%	-62%
Gaz à effet de serre indirect							
SO_2	kt	1 303	1 303	162	162	-88%	-88%
NOx	kt	2 091	2 112	905	923	-57%	-56%
COVNM	kt	2 856	3 958	971	2 241	-66%	-43%
CO	kt	10 378	11 134	2 706	3 337	-74%	-70%

(a) puits, changement d'utilisation des sols et sylviculture inclus

(b) pouvoir de réchauffement global intégré sur une période de 100 ans et calculé sur la base des coefficients suivants :

CO_2 = 1 ; CH_4 = 25 ; N_2O = 298 ; SF_6 = 22800 ; NF3 = 17200 ; HFC et PFC = valeurs variables dépendantes de la part relative des différentes molécules

(c) utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (LULUCF en anglais)

(*) Les émissions du trafic maritime international et du trafic aérien international sont exclues.

(**) Mt équivalent Carbone = (12/44) Mt équivalent CO_2

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

	1990	2017	Ecart (%) 2017/90
Population (1000 hab.)(d)	58 248	67 099	15%
PIB (10^9 € courants)(d)	1 054	2 288	117%

(d) source INSEE

Tendances relatives aux émissions par catégorie de sources

L'énergie, avec 70,4% des émissions totales en CO_2e hors UTCATF en 2017, occupe le premier rang des catégories de sources émettrices en France au sens de la classification de la CCNUCC devant l'agriculture, 16,7%. Viennent ensuite les procédés industriels, 9,5% et les déchets 3,7%. Par rapport à 1990, les contributions relatives de l'énergie, des déchets et de l'agriculture sont plus importantes, alors que celle des procédés industriels a diminué.

Parmi les faits marquants, il faut souligner depuis 1990 :

- une augmentation des émissions de CO_2 du transport (+10%) avec toutefois une baisse à partir de 2005 suivie d'une stabilisation depuis 2008,

- une baisse considérable des émissions de N_2O de la chimie (-94%) et, à un degré moindre, des sols agricoles (-6%),

- une baisse des émissions fugitives de CH_4 consécutivement à l'arrêt de l'exploitation des mines de charbon,

- le déclin de l'utilisation des PFC (-86% en CO_2e) au bénéfice des HFC et l'augmentation très importante des émissions de ces derniers composés (+325% en CO_2e).

Le bilan de l'UTCATF représente un puits de CO_2 compensant, en 2017, 7% des émissions totales hors UTCATF de GES exprimées en CO_2e (soit 32 Mt CO_2e).

Emissions de gaz à effet de serre indirect (UTCATF inclus)

Entre 1990 et 2017, les émissions des gaz à effet de serre indirect sont orientées à la baisse pour les quatre gaz visés. Cette **baisse** exprimée en masse est **de 88% pour le dioxyde de soufre, de 70% pour le monoxyde de carbone, de 56% pour les oxydes d'azote et de 43% pour les composés organiques volatils non méthaniques.**

Comptabilité Kyoto

Pour la deuxième période Kyoto, les Etats Membres de l'Union européenne ont pris un engagement conjoint de réduction de leurs émissions de 20% en 2020 par rapport à 1990. Au sein de l'Union européenne, cet objectif se décompose en deux objectifs : l'un pour les émissions soumis au système d'échange de

Source and sink category emission estimates and trends

Energy sector is the most important emitting source in 2017 in France in regard to the UNFCCC source categories with 70,4% of the CO_2e emissions without LULUCF. Agriculture represents 16.7%, industrial processes, 9.5% and waste, 3.7%. Since 1990, energy, waste and agriculture relatives contributions have increased whereas contribution of industrial processes has decreased.

Key trends since 1990 include:

- an overall increase in emissions in the transport sector since 1990 (+10%), however with a decrease since 2005, followed by stabilization since 2008,

- a considerable reduction in N_2O emissions in the chemical industry (-94%), and to a lesser extend from agricultural soils (-6%),

- a fall in CH_4 fugitive emissions as a result of the closure of coal mines,

- the decline in the use of PFCs (-86% in CO_2e) in favour of HFC and the major increase in emissions of these compounds (+325% in CO_2e).

In 2017, the CO_2 balance for LULUCF is a net removal which represents 7% of the total emissions without LULUCF of GHG expressed as CO_2 equivalent (32 Mt CO_2e).

Indirect greenhouse gas emissions (LULUCF included)

Between 1990 and 2017, there was a downward trend in mass emissions of the four gases that indirectly contribute to the greenhouse effect: **-88% for sulphur dioxide, -70% for carbon monoxide, -56% for nitrogen oxides and -43% for non-methane volatile organic compounds.**

Kyoto Accounting

Concerning the second Kyoto period, member states have made a commitment to reduce its GHG emissions by 2020 by 20% compared to 1990. For EU, this target reduction has two aims: one for ETS emissions and another for non-ETS emissions. It has been decided to share the efforts to achieve this target attributing objectives for each member

quotas (ETS) et un deuxième pour les émissions qui ne sont pas prises en compte dans ce système (hors ETS). La décision du partage de l'effort a réparti l'objectif de 20% en objectifs pour chaque Etat Membre soit -14% de réduction des émissions hors ETS pour la France en 2020 par rapport au niveau 2005.

state (-14% of non-ETS emissions reduction for France to 2020 compared to 1990).

Concernant l'UTCATF, sa prise en compte dans le cadre du Protocole de Kyoto est assurée par les articles 3.3 et 3.4 du Protocole et le rapportage spécifique CRF KP UTCATF.

Concerning LULUCF under the Kyoto Protocol, related activities are managed with the articles 3.3 and 3.4 of the Protocol and the dedicated reporting within the CRF KP LULUCF tables.

1ère PARTIE

Inventaire annuel des émissions de gaz à effet de serre

Jean-Pierre CHANG[1], Julien VINCENT[2], Romain BORT[3], Nathan VANDROMME[3], Jean-Marc ANDRE[4], Stéphanie BARRAULT[4], Benjamin CUNIASSE[4], Ariane DRUART[4], Anaïs DURAND[4], Etienne FEUTREN[4], Lisa GRELLIER[4], Céline GUEGUEN[4], Coralie JEANNOT[4], Gwenaelle LE BORGNE[4], Etienne MATHIAS[4], Laetitia NICCO[4], Colas ROBERT[4], David RODRIGUEZ[4], Nadia TAIEB[4], Irving TAPIA-VILLAREAL[4], Thamara VIEIRA DA ROCHA[4], Joséphine BRUNIN[4]

[1]CITEPA, Supervision des travaux

[2]CITEPA, Approbateur

[3]CITEPA, Rédacteur principal

[4]CITEPA, Contributeur

1 INTRODUCTION

1.1 Généralités sur les inventaires de gaz à effet de serre et les changements climatiques

Cadre général

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC ou Convention de Rio), adoptée en 1992, a pour objectif de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Cette convention couvre l'ensemble des gaz à effet de serre non couverts par le protocole de Montréal à savoir les gaz à effet de serre direct (GES) : dioxyde de carbone (CO_2), protoxyde d'azote (N_2O), méthane (CH_4), hydrofluorocarbures (HFC), perfluorocarbures (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF_6) et le trifluorure d'azote (NF_3), ainsi que les gaz à effet de serre indirect, SO_2, NO_x, CO et COVNM.

La Convention a été renforcée par l'adoption du Protocole de Kyoto le 11 décembre 1997. Ce protocole fixe un objectif de réduction pour les émissions agrégées de gaz à effet de serre direct (GES) et ce, pour 38 pays industrialisés. Ces derniers se sont engagés à réduire globalement leurs émissions de GES de 5,2% sur la période 2008-2012, par rapport au niveau de 1990. Pour sa part, l'Union européenne (UE) s'est engagée à réduire ses émissions de 8%.

Au niveau communautaire, les 15 Etats membres sont parvenus, le 16 juin 1998, à un accord définissant la répartition des efforts de réduction des émissions au sein de l'UE (burden-sharing agreement) afin de respecter cet objectif global de 8%. **Pour la France, cet accord fixe un objectif de stabilisation des émissions sur la période 2008-2012 au niveau de 1990 (année de référence). Cet objectif a été fixé en valeur absolue sous le terme de quantité attribuée.**

La France et l'Union Européenne ont ratifié le Protocole de Kyoto le 31 mai 2002. Le protocole est entré en vigueur le 16 février 2005 suite à la ratification du traité par la Russie fin 2004.

Il faut ajouter que la Communauté européenne a mis en place pour répondre à ses engagements en tant que Partie à la Convention un mécanisme de surveillance et de rapportage des émissions de CO_2 et autres gaz à effet de serre (décisions 280/2004/CE et 2005/166/CE actualisées par le règlement UE « MMR » n° 525/2013) destiné à :

- surveiller, dans l'UE / États membres, toutes les émissions anthropiques de gaz à effet de serre non réglementés par le protocole de Montréal et,
- évaluer les progrès réalisés en vue de respecter les engagements en ce qui concerne ces émissions.

Un amendement au protocole de Kyoto a été adopté lors de la 18ème Conférence des Parties (COP-18) réunie à Doha le 8 décembre 2012. Cet amendement de Doha permet ainsi la poursuite du protocole de Kyoto avec une seconde période d'engagement entre 2013 et 2020. La France a ratifié cet amendement le 30 décembre 2014. L'Union-Européenne et les Etats membres se sont engagés, sur la période 2013-2020, à réduire de 20% leurs émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990. Un nouveau gaz à effet de serre, le trifluorure d'azote (NF_3), a été ajouté aux six gaz à effet de serre direct initialement pris en compte.

Dans le cadre de l'Accord de Paris, l'UE s'est engagée à réduire ses émissions de GES d'ici à 2030 de 40%. De la même façon que pour 2020, cet effort de réduction a fait l'objet d'une répartition entre les secteurs de l'ETS et hors ETS partagé entre chaque Etat membre. Pour le secteur ETS, l'objectif

est de réduire les émissions de 43% par rapport à 2005. L'objectif de réduction pour la France pour les secteurs hors ETS est de -37% par rapport à 2005.

Par ailleurs la France s'est fixée au niveau national un objectif de réduction de l'ensemble de ses émissions de 40% en 2030 par rapport à 1990.

Inventaires nationaux de gaz à effet de serre

Dans ce cadre et conformément aux prescriptions définies par la CCNUCC, à savoir :

- les lignes directrices relatives à l'établissement des communications nationales des Parties visées par l'annexe I de la Convention (cf. document FCCC/CP/2013/10),
- les lignes directrices du GIEC de 2006.

La France remet chaque année un inventaire national des émissions de gaz à effet de serre couvrant :

- présentement la période 1990-2017,
- sept gaz à effet de serre direct (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3),
- quatre gaz à effet de serre indirect (SO_2, CO, COVNM et NOx).

Afin de respecter les exigences de la CCNUCC, le rapport d'inventaire national pour la France est organisé selon la structure suivante :

- le rapport global (présent document) présentant et commentant les résultats ainsi que les sources d'émissions,
- la base de données contenant les activités et facteurs d'émission par secteurs fournit en support informatique,
- les tables de données au format CRF (l'année de référence et les deux dernières années, les autres années sont en support informatique).

Pouvoir de réchauffement global et définitions

Afin de déterminer l'impact relatif de chacun des polluants sur le changement climatique, un indicateur, le pouvoir de réchauffement global (PRG), a été défini. Il s'agit de l'effet radiatif d'un polluant intégré sur une période de 100 ans, comparativement au CO_2 pour lequel le PRG est fixé à 1. Le pouvoir de réchauffement global, provenant des sept substances retenues dans l'amendement du Protocole de Kyoto est calculé au moyen des PRG respectifs de chacune des substances exprimées en équivalent CO_2 (CO_2e). Les valeurs des PRG utilisées et retenues pour les inventaires d'émissions correspondent aux valeurs définies par la CCNUCC, c'est à dire celles indiquées dans le 4ème rapport du GIEC (AR4) :

PRG_{CO2} = 1 par définition

PRG_{CH4} = 25

PRG_{N2O} = 298

PRG_{SF6} = 22 800

PRG_{NF3} = 17 200

PRG_{HFC} = valeurs variables selon les molécules considérées et leurs contributions qui sont variables au cours des années de la période étudiée. Les calculs sont effectués sur les bases suivantes :

Polluant	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-365mfc	HFC-23	HFC-4310mee	HFC-32	HFC-245fa
Base de calcul	3 500	1 430	4 470	124	3 220	794	14 800	1 640	675	1 030

PRG_{PFC} = valeurs variables selon les molécules considérées et leurs contributions qui sont variables au cours des années de la période étudiée. Les calculs sont effectués sur les bases suivantes :

Polluant	PFC-14	PFC-116	C_3F_8	c-C_4F_8	C_4F_{10}	C_5F_{12}	C_6F_{14}	$C_{10}F_{18*}$
Base de calcul	7 390	12 200	8 830	10 300	8 860	9 160	9 300	7 500

** le PRG utilisé pour le $C_{10}F_{18}$ est de 7 500 (indiqué « > 7 500 » dans l'AR4)*

Les émissions des différentes substances rapportées sous-entendent les définitions suivantes :

- CO_2 dioxyde de carbone exprimé en CO_2, soit hors UTCATF[1], soit UTCATF inclus,
- CH_4 méthane exprimé en CH_4,
- N_2O protoxyde d'azote ou oxyde nitreux exprimé en N_2O,
- HFC hydrofluorocarbures exprimés en somme de HFC en masse (aucune équivalence n'est prise en compte sauf pour le calcul du PRG),
- PFC perfluorocarbures exprimés en somme de PFC en masse (aucune équivalence n'est prise en compte sauf pour le calcul du PRG),
- SF_6 hexafluorure de soufre exprimé en SF_6,
- NF_3 trifluorure d'azote exprimé en NF_3.

Les quatre gaz mentionnés ci-après ont une action indirecte sur l'effet de serre en tant que polluants primaires intervenant dans la formation de polluants secondaires comme l'ozone ou les aérosols. Ils n'entrent pas dans le "panier" de Kyoto. Ils sont inclus dans l'inventaire avec les conventions suivantes :

- CO, monoxyde de carbone exprimé en CO,

Dans l'atmosphère, le CO s'oxyde en CO_2.

- COVNM, composés organiques volatils non méthaniques exprimés en somme de COV en masse (aucune équivalence n'est prise en compte),
- NOx ($NO + NO_2$), exprimés en équivalent NO_2,

Ces deux familles de composés interagissent selon des réactions complexes dans l'atmosphère pour former de l'ozone qui participe à l'effet de serre.

- SOx ($SO_2 + SO_3$), exprimés en équivalent SO_2,

Les oxydes de soufre ont indirectement une action de refroidissement climatique car ils servent de noyaux de nucléation à des aérosols dont l'albédo est assez élevé.

[1] UTCATF: Utilisation des Terres, de Changement d'affectation des Terres et de Foresterie

1.2 Système national d'inventaire

Cette section décrit les principales composantes et caractéristiques organisationnelles du système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère conformément aux dispositions mises en place par le **Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES)**, en particulier, l'arrêté du 24 août 2011 relatif au système national d'inventaires d'émissions et de bilans dans l'atmosphère (SNIEBA).

1.2.1 Dispositions institutionnelles, législatives et procédurales

Les pouvoirs publics s'attachent à disposer de données relatives aux émissions de polluants dans l'atmosphère qui correspondent quantitativement et qualitativement aux différents besoins nationaux et internationaux du fait de l'importance de ces données pour identifier les sources concernées, définir les programmes appropriés d'actions de prévention et de réduction des émissions, informer les nombreux acteurs intervenant à divers titres et sur divers thèmes en rapport avec la pollution atmosphérique.

La responsabilité de la définition et de la maîtrise d'ouvrage du **système national d'inventaires des émissions de polluants et de gaz à effet de serre dans l'atmosphère** appartient au **Ministère en charge de l'Ecologie** (MTES).

Le MTES prend en coordination avec les autres ministères concernés les décisions utiles à la mise en place et au fonctionnement du SNIEBA, en particulier les dispositions institutionnelles, juridiques ou de procédure. A ce titre, il définit et répartit les responsabilités attribuées aux différents organismes impliqués. Il met en œuvre les dispositions qui assurent la mise en place des processus relatifs à la détermination des méthodes d'estimation, à la collecte des données, au traitement des données, à l'archivage, au contrôle et à l'assurance de la qualité, la diffusion des inventaires tant au plan national qu'international ainsi que les dispositions relatives au suivi de la bonne exécution.

La multiplicité des besoins conduisant à l'élaboration d'inventaires d'émission de polluants et de gaz à effet de serre dans l'atmosphère portant souvent sur des substances et des sources similaires justifie dans un souci de cohérence, de qualité et d'efficacité de retenir le **principe d'unicité du système d'inventaire.** Cette stratégie correspond aux recommandations des instances internationales telles que la Commission européenne et les Nations unies.

Les inventaires d'émission doivent garantir diverses qualités de cohérence, comparabilité, transparence, exactitude, ponctualité, exhaustivité qui conditionnent l'organisation du système tant au plan administratif que technique.

L'organisation du système actuel a fait l'objet de **l'arrêté interministériel (SNIEBA) du 24 août 2011 qui annule et remplace l'arrêté du 29 décembre 2006** relatif au **système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère** (SNIEPA).

Cette organisation est compatible avec le cadre directeur des systèmes nationaux prévu au paragraphe 1 de l'article 5 du protocole de Kyoto (décision CMP.1 annexée à la décision 20/CP.7 de la CCNUCC) et conforme aux exigences du règlement européen No 525/2013 (MMR) relatif à un mécanisme pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre.

Répartition des responsabilités

Les responsabilités sont réparties comme suit :

- La **maîtrise d'ouvrage de la réalisation des inventaires et la coordination d'ensemble du système** sont assurées par le **MTES**.
- **D'autres ministères et organismes publics** contribuent aux inventaires d'émissions par la mise à disposition de **données et statistiques** utilisées pour l'élaboration des inventaires.
- L'**élaboration des inventaires d'émission** en ce qui concerne les **méthodes** et la préparation de leurs **évolutions,** la **collecte et** le **traitement des données,** l'**archivage,** la **réalisation des rapports et divers supports,** la gestion du **contrôle** et de la **qualité**, est confiée au **CITEPA** (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) par le MTES. Le CITEPA assiste le MTES dans la coordination d'ensemble du système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère. A ce titre, il convient de mentionner tout particulièrement la coordination qui doit être assurée entre les inventaires d'émissions et les registres d'émetteurs tels que l'E-PRTR et le registre des quotas d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission (SEQE), sans oublier d'autres aspects (guides publiés par le MTES, système de déclaration annuelle des rejets de polluants, etc.) pour lesquels il est important de veiller à la cohérence des informations.
- Le MTES met à disposition du CITEPA toutes les informations dont il dispose dans le cadre de la réglementation existante, comme les déclarations annuelles de rejets de polluants des Installations Classées, ainsi que les résultats des différentes études permettant un enrichissement des connaissances sur les émissions qu'il a initiées tant au sein de ses services que d'autres organismes publics comme l'INERIS. Par ailleurs, le MTES établit dans l'arrêté SNIEBA du 24 août 2011 une liste des statistiques et données émanant d'organismes publics ou ayant une mission de service public, utilisées pour les inventaires d'émission (cf. tableau suivant relatif à l'annexe II de l'arrêté SNIEBA).

13 septembre 2011 JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Texte 3 sur 85

ANNEXE II

LISTE INDICATIVE DES STATISTIQUES ET DONNÉES ÉMANANT D'ORGANISMES PUBLICS OU AYANT UNE MISSION DE SERVICE PUBLIC UTILISÉES POUR LES INVENTAIRES D'ÉMISSION

SECTEUR	TYPE DE DONNÉES	ORGANISME ÉMETTEUR des données
Energie	Bilan de l'énergie. Consommation d'énergie en France. Consommation et ventilation des produits pétroliers à usage non énergétique. Consommations d'énergie dans l'industrie. Consommations d'énergie dans le résidentiel et le tertiaire. Consommations d'énergies renouvelables dans l'industrie et le résidentiel/tertiaire. Bilan de la pétrochimie.	Ministère chargé de l'industrie
	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'écologie
	Consommations d'énergie dans les industries agricoles et alimentaires (IAA).	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche
	Comptes des transports de la nation. Statistiques du transport maritime. Statistiques du transport aérien.	Ministère chargé des transports
Procédés industriels	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'écologie
	Production des IAA. Enquêtes de branches.	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche
	Statistiques industrielles.	INSEE
	Inventaires de fluides frigorigènes.	ADEME
Utilisation de solvants et autres produits	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'écologie
	Production, imports et exports, consommation de peinture/encre/colle.	IINSEE et ministère chargé du commerce extérieur
Agriculture	Statistiques agricoles. Caractérisation des modes d'élevage (mode de gestion des déjections, bâtiments). Caractérisation des pratiques culturales. Facteurs d'émission.	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche INRA
UTCF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)	Statistiques forestières. Utilisation du territoire. Récolte de bois et production de sciages.	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche
	Accroissement et stocks forestiers en métropole.	IFN
	Température/rayonnement solaire global.	Réseau RenEcofor/ONF
Déchets	Inventaire des installations de traitement des déchets ménagers et assimilés. Statistiques déchets de soins à risques. Statistiques déchets industriels.	ADEME et ministère en charge de l'écologie
	Déclarations de rejets polluants. Surveillance dioxines/métaux lourds des usines d'incinération.	Ministère chargé de l'écologie
Tous secteurs	Tout ou partie des éléments ci-dessus selon les secteurs, pour les inventaires territoriaux.	Voir ci-dessus, et AASQA, CITEPA, services des collectivités

- Le MTES pilote le **Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission** (GCIIE) qui a notamment pour mission de :
  - **donner un avis sur les résultats** des estimations produites dans les **inventaires**,
  - **donner un avis sur les changements** apportés dans les **méthodologies** d'estimation,
  - **donner un avis sur le plan d'action d'amélioration** des inventaires pour les échéances futures,
  - **émettre des recommandations** relativement à tout sujet en rapport direct ou indirect avec les inventaires d'émission afin d'assurer la cohérence et le bon déroulement des actions, favoriser leurs synergies, etc.,
  - **recommander des actions d'amélioration** des estimations des émissions vers les **programmes de recherche**,

  Le GCIIE est composé à ce jour de représentants :

  - du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) notamment de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), de la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN), de la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM), de la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) et des services statistiques du MTES notamment le SDES,
  - du **Ministère de l'agriculture et de l'alimentation** (MAA), notamment le Service de la statistique et de la prospective (SSP) et et la Direction générale de la performance économique (DGPE),
  - du Ministère de l'économie et des finances, notamment de la Direction générale de l'INSEE et de la Direction générale du Trésor,
  - de l'**Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME**),
  - de l'**Institut National de l'EnviRonnement industriel et des rISques (INERIS)**.

- La **diffusion des inventaires d'émission** est partagée entre plusieurs services du MTES qui reçoivent les inventaires approuvés transmis par la DGEC :
  - La **DGEC** assure la diffusion des **inventaires d'émissions** qui doivent être **transmis à la Commission européenne** en application des directives, notamment **l'inventaire des Grandes Installations de Combustion** dans le cadre de la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, ainsi que les inventaires au titre de la directive (EU) 2016/2284 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques. Elle assure également la diffusion des **inventaires** relatifs à la **Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies relative à la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance** (CEE-NU – CPATLD).
  - La DGEC assure également la diffusion de **l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre** établi au titre du règlement européen No 525/2013 (MMR) relatif à un mécanisme pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que la diffusion de cet inventaire au titre de la **Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques** (CCNUCC) et en particulier relativement au Protocole de Kyoto auprès du **Secrétariat de la Convention**.
  - A la demande du MTES, le **CITEPA** assure la diffusion de tous les inventaires qu'il réalise par, notamment, la **mise en accès public libre des rapports** correspondants à l'adresse Internet https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions. Certains de ces rapports sont parfois également présents sur d'autres sites ou diffusés sous différentes formes par d'autres organismes. Le CITEPA est également chargé de diffuser des informations techniques relatives aux méthodes d'estimation et est notamment désigné comme **correspondant technique des institutions internationales** citées ci-dessus. A ce titre, le CITEPA est le **Point Focal National** désigné par le MTES dans le cadre de **l'évaluation de la modélisation intégrée** pour ce qui concerne les **émissions**. Le CITEPA assure conjointement avec le MTES la diffusion de l'inventaire d'émission dit « SECTEN » qui présente d'une manière générale des séries longues et autres données spécifiques relatives aux sources émettrices en France.

1.2.2 Planification, préparation et management

Les différentes étapes du processus sont explicitées ci-après et représentées par le schéma ci-après.

A partir de l'expression des différents besoins et des exigences qui s'y attachent, les termes de référence sont établis.

Les méthodologies à appliquer sont choisies et mises au point en tenant compte des connaissances et des données disponibles, notamment les éléments contenus dans certaines lignes directrices définies par les Nations unies ou la Commission européenne.

Les données nécessaires et les sources susceptibles de les produire sont identifiées.

Les données sont collectées, validées, traitées selon les processus établis, y compris en tenant compte des critères liés à la confidentialité.

Les données obtenues sont stockées dans des bases de données pour exploitation ultérieure.

Les principaux éléments utiles à l'approbation des inventaires (résultats d'ensemble, principales analyses, changements majeurs notamment liés à des évolutions méthodologiques) sont produits pour transmission au Groupe de coordination.

Le **Groupe de coordination et d'information sur les inventaires d'émission fait part de son avis** sur les inventaires et les **ajustements nécessaires**. Il **émet des recommandations et propose un plan d'actions** visant à améliorer les inventaires tant en ce qui concerne l'exactitude ou l'exhaustivité des estimations que les aspects de forme, d'analyse, de présentation des résultats ou de tout autre point en rapport avec les inventaires.

Le Ministre en charge de l'environnement prend les décisions finales concernant les inventaires.

Les ajustements éventuels sont apportés à l'édition de l'inventaire en cours ou dans le cadre de l'application du plan d'amélioration des inventaires qui comporte des actions à plus long terme.

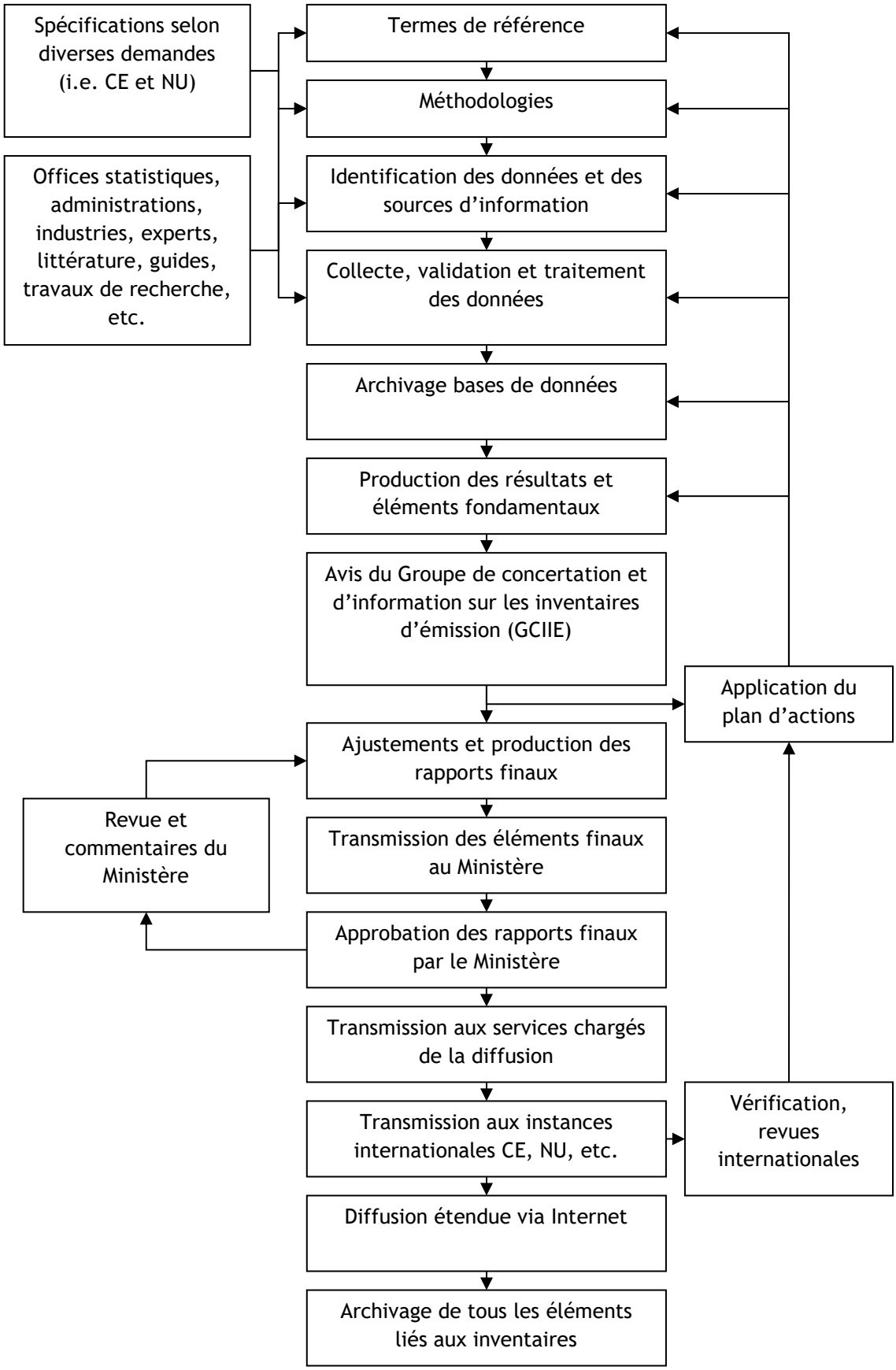
Les éléments finalisés sont remis au MTES qui, après examen et approbation, les communique aux instances internationales après les avoir éventuellement intégrées dans les rapports nationaux (communication nationale, rapportage au titre de la décision 2005/166/CE, décision 15/CMP1 de la CCNUCC, etc.).

Une diffusion étendue des inventaires est réalisée au travers de la mise en ligne sur le site Internet du CITEPA des différents rapports. D'autres vecteurs de diffusion sont également utilisés par les différents organismes utilisateurs des rapports par l'intermédiaire de publications, communications et envois des rapports à certains organismes.

L'ensemble des éléments utilisés pour construire les inventaires est archivé pour en assurer la traçabilité.

Des vérifications sont effectuées notamment par des instances internationales. Certaines, comme les revues au moyen d'équipes d'experts dépêchées par les Nations unies dans les pays concernés, vont très en profondeur dans le détail des méthodologies et procédures de rapportage des inventaires. A cela s'ajoutent toutes les remarques effectuées par divers lecteurs et les anomalies éventuellement détectées ainsi que le résultat des actions menées au titre de l'assurance qualité (cf. section « Programme d'assurance et de contrôle de la qualité »). Tous ces éléments nourrissent le plan d'actions et sont utilisés pour améliorer les éditions suivantes des inventaires.

Figure 1 : Schéma organisationnel simplifié



1.2.3 Assurance qualité, contrôle qualité et vérification

L'élaboration d'un inventaire d'émission est une tâche complexe au regard :

- Du nombre important de données à manipuler,
- De la grande diversité quantitative et qualitative des sources d'information,
- Des méthodologies à mettre en œuvre pour quantifier au mieux chaque activité émettrice,
- De la nécessité de fournir des informations aussi pertinentes et exactes que possible tout en respectant les contraintes de ressources et de respect des échéances,
- De la garantie du respect de qualités fondamentales attachées aux inventaires (cohérence, exhaustivité, traçabilité, etc.).

Un dispositif de contrôle et d'assurance de la qualité est indispensable pour accomplir de manière satisfaisante cette tâche.

Management de la qualité

Le système national d'inventaire d'émission est établi en intégrant les critères usuels applicables aux **Systèmes de Management de la Qualité** (SMQ). Le CITEPA, qui a la charge de réaliser au plan technique les inventaires d'émission nationaux, a mis en place un tel système basé sur le référentiel **ISO 9001**. Cette disposition est confirmée par l'attribution d'un certificat délivré par l'AFAQ en 2004 et renouvelé en 2007, 2010, 2013, 2016 et 2018, ainsi que par les audits annuels de suivi. La réalisation des inventaires d'émission nationaux est couverte par le SMQ au travers de plusieurs processus spécifiques (voir Manuel Qualité – document interne non public).

Dans ce cadre, plusieurs processus relatifs au contrôle et à l'assurance de la qualité des inventaires sont intégrés dans les différents processus et procédures mis en œuvre, correspondant aux différentes phases et actions relatives aux points suivants :

- Fonctions générales de revue, de management des ressources, de planification, de veille et de participations à des travaux externes en rapport avec les inventaires d'émission.
- Choix, mise en œuvre et développement des méthodologies ainsi que la sélection des sources d'information et la collecte des données. Les processus de choix des méthodes sont clairement établis notamment vis-à-vis des cadres référentiels et des caractéristiques de pertinence et de pérennité attendues des sources de données. Ces choix sont généralement effectués en concertation avec les acteurs et experts des domaines concernés. Les modifications méthodologiques sont soumises à l'appréciation du Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission (GCIIE).
- Développement des procédures de calcul notamment des modèles de calcul des émissions, des bases de données, du reporting.
- Recherche d'un niveau élevé de traçabilité et de transparence.
- Mise en œuvre et enregistrement de contrôles relatifs aux étapes importantes et à risques de la réalisation de l'inventaire, à travers de multiples contrôles internes, tant sur les données d'entrée que sur les calculs, les bases de données, les rapports, l'archivage des données, le suivi des modifications (corrections d'erreurs ou améliorations) et les non conformités. Plusieurs outils destinés à accompagner ces contrôles ont été développés.
- Validation et approbation des résultats des inventaires, suite à l'avis formulé par le Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission GCIIE).
- Validation et approbation des rapports et autres supports d'information par le ministère en charge de l'environnement.
- Archivage systématique des éléments nécessaires pour assurer la traçabilité requise.
- Diffusion des informations et produits correspondants.
- Compatibilité avec les exigences communautaires en matière de communication des données et des caractéristiques des inventaires d'émission nécessaires à la Commission Européenne. En particulier, afin de lui permettre de préparer les inventaires de l'Union Européenne sur la base

des inventaires des Etats membres et contribuer notamment à l'atteinte des exigences relatives à la qualité que la Commission met en œuvre à son niveau (ie. en ce qui concerne les gaz à effet de serre dont la surveillance est soumise à des dispositions réglementaires particulières).

- Amélioration permanente de la qualité des estimations en développant les procédures pour éviter d'éventuelles erreurs systématiques, réduire les incertitudes associées, couvrir plus complètement les substances et les sources émettrices, etc. visant à satisfaire les objectifs relatifs à la qualité. Un plan d'action est défini et mis régulièrement à jour. Il intègre les améliorations requises et possibles en tenant compte des recommandations du GCIIE.
- Evaluation de la mise en œuvre des dispositions relatives au contrôle et à l'assurance de la qualité, en particulier les objectifs et le plan qualité.

Objectifs qualité

L'objectif global du programme d'assurance et de contrôle de la qualité porte sur la réalisation des inventaires nationaux d'émissions et de puits, conformément aux exigences formulées dans les différents cadres nationaux et internationaux couverts par le SNIEBA. Ces exigences portent sur la définition, la mise en œuvre et l'application de procédures et de méthodes visant à satisfaire les critères de traçabilité, d'exhaustivité, de cohérence, de comparabilité et de ponctualité requis notamment par les instances internationales et européennes en application des engagements souscrits par la France.

En particulier, cet objectif global se décline en sous éléments :

- Préparation des rapports (notamment rapports nationaux d'inventaires pour certains protocoles et directives européennes) conformément aux critères de contenu et de forme éventuellement exigés (en particulier analyses de tendance, incertitudes, contrôle et assurance de la qualité, système national d'inventaire, méthodes utilisées, etc.),
- Fourniture des données sectorielles de base requises dans les formats de rapports définis (CRF, NFR, GIC, etc.) et en particulier : explications additionnelles, utilisation des codes de notes définis, modifications introduites dans le dernier exercice, ajustements rétrospectifs, données spécifiques (en particulier pour l'UTCATF en application des articles 3.3 et 3.4 du protocole de Kyoto), etc.
- Développement des procédures appropriées pour le choix des méthodes et des référentiels, la collecte, le traitement, la validation des données ainsi que leur archivage et leur sauvegarde,
- Détermination des incertitudes quantitatives attachées aux estimations,
- Recherche et élimination des incohérences,
- Développement des procédures d'assurance qualité,
- Contribution à l'amélioration continue des inventaires par :
  - La recherche et la mise en œuvre de méthodes et/ou données plus pertinentes et précises,
  - La formulation de recommandations auprès des divers organismes impliqués dans le système national d'inventaires d'émission, voire d'autres organismes y compris internationaux,
  - La participation aux travaux internationaux sur les thèmes en rapport avec les inventaires d'émissions et les puits,
  - La coopération avec d'autres pays sur ces mêmes aspects,
  - Le respect des échéances communautaires et internationales de communication des inventaires d'émission,
  - La recherche d'une efficience dans les travaux réalisés (pertinence, précision, mise en œuvre des méthodes vs. moyens, etc.) visant à satisfaire les besoins de détermination des émissions et des puits.

Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité est intégré dans les différentes phases des processus et procédures développées par les organismes impliqués dans le système national pour ce qui concerne les éléments dont ils ont la charge afin d'atteindre les objectifs définis.

Le CITEPA, organisme responsable de la coordination technique et de la compilation des inventaires est chargé du suivi du contrôle qualité et formule des recommandations visant à améliorer, compléter, développer les processus et procédures nécessaires.

Ces procédures peuvent être automatiques ou manuelles, revêtir la forme de check-list, de tests de plausibilité, de cohérence et d'exhaustivité, d'analyses de tendances, de simulations, etc. Elles interviennent à plusieurs étapes de la réalisation de l'inventaire. Plus particulièrement certaines sont précisées ci-après :

- Données entrantes
  - Veille relative à la collecte des données (démarches nécessaires, publication effective, relance, etc.),
  - Réception effective (délivrance, captation sur Internet, données effectivement présentes au CITEPA),
  - Conformité du contenu au plan quantitatif (flux complet) et qualitatif (éventuelles observations quant à l'échantillonnage, au changement de périmètre, de méthodologie pouvant entraîner une rupture statistique, etc.).
  - Enregistrement et archivage des données brutes avant traitement.
- Traitement des données :

  Il est principalement réalisé au travers de fiches de calcul dédiées chacune à une catégorie de sources émettrices (le SNIEBA en compte plus d'une centaine).

  Ainsi chaque fiche de calcul sectorielle contient ses propres contrôles internes. Il s'agit notamment de tests internes visant à s'assurer des calculs (par exemple vérification de sous-totaux, affichage des tendances au niveau le plus fin des activités) et de la cohérence entre les valeurs calculées et les valeurs exportées vers le système de bases de données nationales. De même la documentation des sources et des hypothèses fait l'objet d'un soin particulier pour assurer la traçabilité.
- Contrôle et validation interne des résultats :

  Avant d'être exportée vers ces bases de données, plusieurs étapes de contrôles complémentaires sont réalisées. Chaque fiche de calcul sectorielle est soumise par son auteur à un contrôle au moyen d'un outil spécialement développé à cette fin par le CITEPA, appelé VESUVE[2]. Cet outil permet de vérifier non seulement la cohérence entre les facteurs d'émission, les activités et les émissions, mais assure l'affichage graphique des tendances des activités, des facteurs d'émissions et des émissions de tous les polluants pour l'édition précédente et celle en cours de l'inventaire. Les évolutions observées entre les deux éditions sont systématiquement analysées et commentées par l'auteur de la fiche de calcul.

  Chaque fiche de calcul sectorielle est ensuite soumise, au minimum, à la vérification par une tierce personne et par une seconde hiérarchiquement plus haut placée dans le cas de modifications méthodologiques. Le contrôle effectué porte entre autres points sur la cohérence et la transparence de la méthode, le référencement des données utilisées, le traitement des éventuelles non-conformités ou améliorations programmées (cf. application RISQ au paragraphe 4 ci-après) et l'enregistrement des vérifications effectuées avec VESUVE.

  La représentativité des informations (définition, domaine, pertinence, exactitude, etc.), la pertinence et la conformité des méthodes, l'adéquation des outils de traitement et des formats de communication sont notamment concernés.

  Une étape supplémentaire de contrôle vient s'ajouter lors de la compilation des éléments descriptifs méthodologiques au cours de laquelle un nouveau passage en revue des évolutions des

[2] VESUVE : VErification et SUivi des fiches de l'inVEntaire

méthodes et des facteurs d'émission est opéré (justification des évolutions, explicitation des méthodes, référencement des sources, etc.). Par ailleurs, la compilation finale du rapport d'inventaire permet un contrôle d'ensemble sur les résultats.

Etant donné la quantité considérable de données collectées et traitées dans les différents domaines concernés, il convient d'examiner la documentation correspondante de chacun des organismes impliqués. En particulier, il y a lieu de noter les procédures relatives aux processus de gestion de la qualité mises en place par le CITEPA à cet effet (le CITEPA a reçu la certification ISO 9001) pour la réalisation des inventaires d'émission.

En ce qui concerne la compilation des inventaires, la quasi totalité des dispositions générales (de rang 1) décrites dans les Bonnes Pratiques du GIEC sont appliquées. Les dispositions spécifiques à certaines catégories de sources (de rang 2) sont mises en œuvre au cas par cas principalement dans les secteurs « industrie », « transports » et agriculture et, dans une moindre mesure, dans les autres secteurs. En particulier, l'accès et l'utilisation de données relatives à des sources individuelles ou des sous-ensembles très fins de sources débouchent sur l'application de procédures spécifiques. Le SMQ s'attache particulièrement :

- A assurer la disponibilité de la documentation utilisée pour les inventaires d'émission,
- Au classement et à l'archivage de toutes les données et informations considérées pour chaque inventaire,
- A préserver l'éventuelle confidentialité de certaines données.

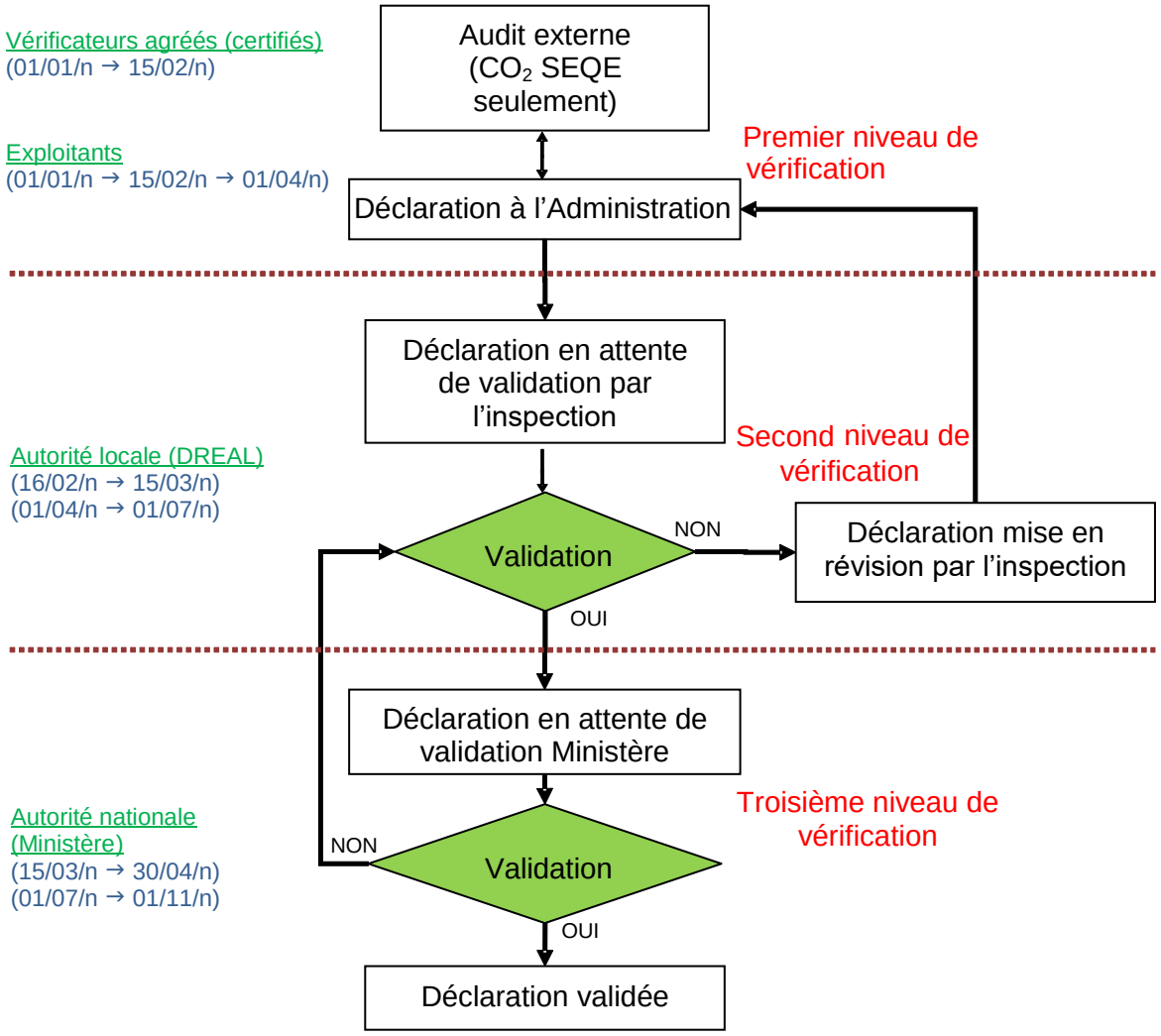
Le tableau présenté au paragraphe ci-après fournit la liste des vérifications effectuées en référence aux Bonnes Pratiques du GIEC. Bien d'autres dispositions s'y ajoutent.

Assurance de la qualité

Elle est assurée au travers de plusieurs dispositions visant à soumettre les inventaires à des revues et recueillir les commentaires et évaluations de publics disposant généralement d'une expertise appropriée. Plus particulièrement, les actions suivantes dont certaines sont intégrées dans le système d'inventaire et par suite dans le SMQ, sont effectives (voir également la figure ci-après) :

- Les commentaires des membres du Groupe de coordination et d'information sur les inventaires d'émission (GCIIE) qui disposent en outre de leurs propres données de recoupement des éléments méthodologiques.
- Les évaluations des autorités locales (DREAL) pour ce qui concerne les données individuelles d'activité et/ou d'émission de polluants déclarées annuellement qui concernent plus de 10 000 installations dont la totalité des installations soumises au SEQE. A noter que, dans ce dernier cadre, le second niveau de vérification ne peut être franchi si le premier niveau de vérification n'est pas concluant.

Figure 2 : Dispositions mises en œuvre pour l'assurance qualité



- L'assurance qualité mise en œuvre par les entités statistiques chargées d'élaborer certaines données dans le cadre des agréments reçus par l'Administration (bilan énergie, productions, etc.). Cette assurance qualité est donc intégrée en amont de l'inventaire proprement dit.
- Les revues diligentées par le Secrétariat des Nations Unies de la Convention Cadre sur les Changements Climatiques, tant en ce qui concerne les examens sur documents remis que les revues en profondeur effectuées dans les pays comme par exemple celles de janvier 2002, de mai 2007 et de septembre 2010 et 2016 dans le cas de la France. Ces revues donnent lieu à des rapports qui permettent d'introduire des améliorations. Bien que ces revues ne correspondent pas aux actions d'assurance qualité organisées par le pays, la nature et les résultats de ces revues sont totalement similaires à ce que produiraient des revues tierces organisées dans le cadre de l'assurance qualité du pays. De nombreuses améliorations introduites dans les inventaires de gaz à effet de serre proviennent de ces revues internationales.
- Les revues effectuées dans les différents cadres (CCNUCC, CEE-NU / LRTAP, CE / Mécanisme communautaire de surveillance des émissions de gaz à effet de serre, etc.) sont autant d'analyses d'experts qui participent chacune, vis-à-vis des autres cadres, à l'assurance qualité des inventaires d'émissions. A minima, ces analyses portent sur des éléments communs tels que les activités de certaines sources (e g. l'énergie), mais aussi de divers autres aspects (organisation, incertitudes, etc.) du fait des éléments communs de rapportage et des fortes similarités entre ces exercices.

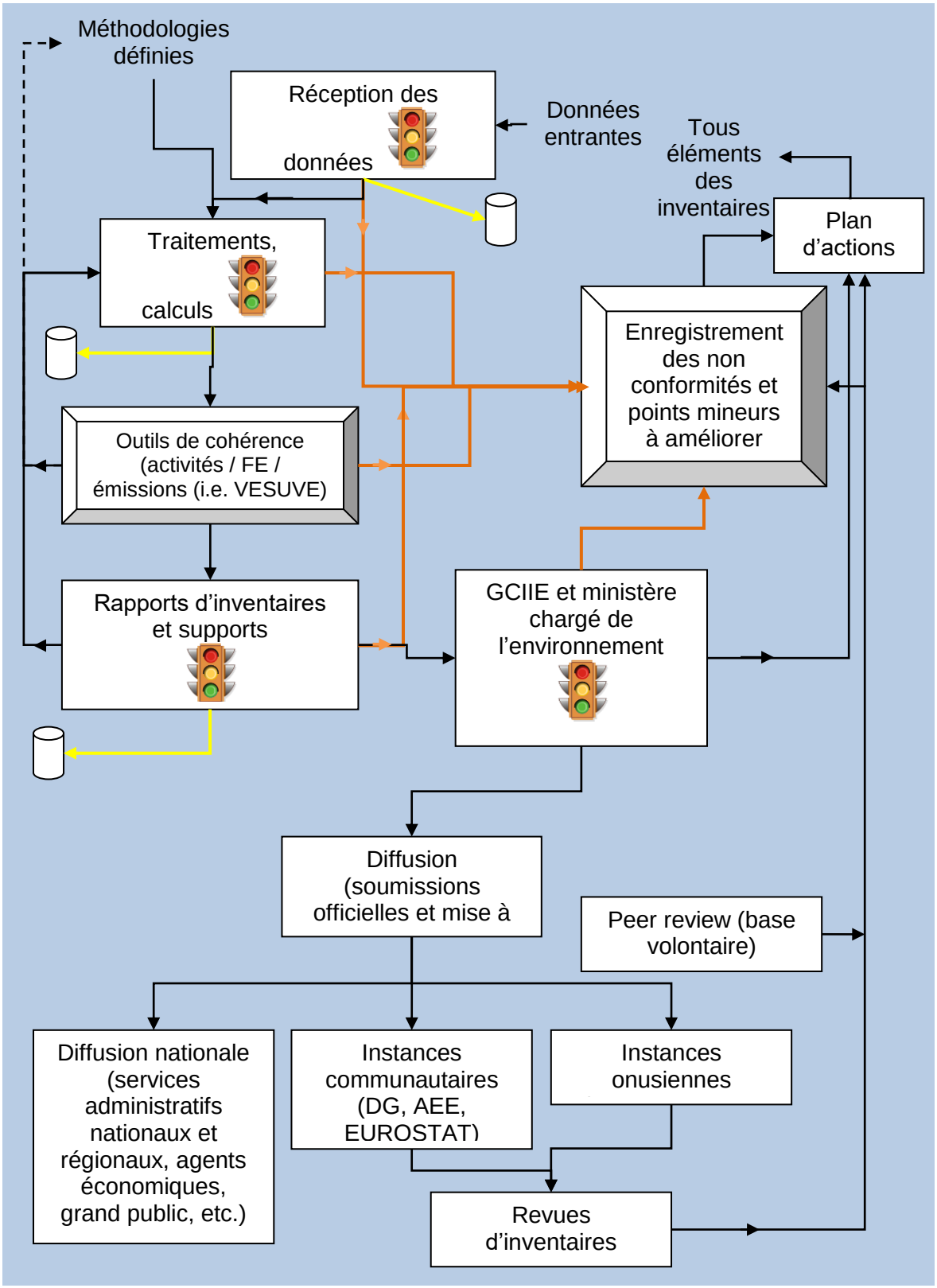
- Les examens ponctuels réalisés par diverses personnes ayant accès aux rapports d'inventaires disponibles au public ou faisant suite à des commentaires formulés par des tiers.
- Les échanges et actions bi et multi latérales conduites avec les organismes et experts étrangers chargés de réaliser des inventaires nationaux. La réalisation de revues complètes et approfondies par des tierces personnes se heurte à la double difficulté de la disponibilité des compétences et des ressources requises. Dans ce registre, des opérations bilatérales entre experts de deux pays limitées à certains secteurs et / ou polluants sont des formules qui associent intérêt et plus grande facilité de mise en œuvre. Une telle opération a été menée en juillet 2008 entre experts français et britanniques pour le secteur de l'agriculture et fin 2013/début 2014 entre experts français et allemands pour les émissions de gaz fluorés.

Les informations recueillies alimentent un outil dédié à l'enregistrement et au suivi de correction des non-conformités identifiées et des améliorations prévues, appelé RISQ[3]. Cet outil est systématiquement consulté par tous les auteurs de fiches de calcul et de rapports lors de leur mise à jour et la réalisation des actions prévues est consignée et contrôlée par leur vérificateur.

Ces informations contribuent à améliorer les éditions suivantes des inventaires selon l'impact de la modification vis-à-vis, d'une part, de l'écart engendré dans les estimations et, d'autre part, des ressources et du temps nécessaire pour disposer des données et/ou mettre en œuvre des méthodes alternatives.

[3] RISQ : Réseau Intégré du Système Qualité

Figure 3 : Schéma du contrôle et de l'assurance qualité de l'inventaire français



Exemples de dispositions pratiques

Quelques exemples (non exhaustifs) d'opérations réalisées sont fournis :

- Méthodologie et traitement des données :
  - Tout développement de traitement des données inclut des tests de vérification de l'exactitude des calculs,
  - Un calcul distinct de l'ordre de grandeur du résultat est effectué,
  - Des indicateurs de bouclage sont introduits dans la mesure du possible,
  - Enregistrement de toutes les méthodes utilisées, des hypothèses associées, des modifications survenues,
  - Analyse de l'impact des méthodes nouvelles ou modifiées.
- Données d'activité et d'émissions :
  - Veille sur la méthode d'élaboration des statistiques utilisées afin de déceler les éventuels biais susceptibles d'affecter l'information utilisée (périmètre, structure, continuité de série, etc.),
  - Prise en compte de données spécifiques à certaines sources, notamment les données qui proviennent de la mise en œuvre des dispositions relatives au système d'échange de quotas de gaz à effet de serre (cf. section « methodology introduction_COM ») afin d'assurer une cohérence quasi totale,
  - Analyses de tendances, justification des écarts importants,
  - Test de présence, de plausibilité, de cohérence, etc.
- Non conformités :
  - Les non conformités décelées en interne ou signalées par des correspondants externes sont examinées (cause et effet), les procédures existantes sont corrigées, les actions correctrices (erratum) mises en place si nécessaire.
  - Les non conformités sont enregistrées pour permettre la mise en place d'actions correctives.

Correspondance entre les procédures générales de niveau 1 du GIEC et celles du SMQ

Le tableau ci-après présente les relations entre les activités de contrôle qualité identifiées dans les bonnes pratiques du GIEC et les divers éléments du SMQ (processus, procédures, etc.).

Tableau 2 : Relation entre les bonnes pratiques du GIEC et les éléments du SMQ

Activités de contrôle qualité		Procédures		Procédures (codes)	Processus impliqués (codes)	Modes opératoires (codes)	Enregistrements (codes)	Commentaires
1	Vérifier que les hypothèses et critères pour la sélection des données sur les activités et les facteurs d'émission sont documentés.	1a	Comparer les descriptions des données sur les activités et les facteurs d'émission à l'information sur les catégories de source et s'assurer qu'elles sont consignées et archivées correctement.	INV-Pd-1.01 INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	
2	Vérifier l'absence d'erreur de transcription dans les entrées de données et les références.	2a	Confirmer que les références bibliographiques sont citées correctement dans la documentation interne.	INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	
		2b	Vérifier par recoupement un échantillon de données d'entrée pour chaque catégorie de source (mesures ou paramètres utilisés pour le calculs) afin de rechercher des erreurs de transcription.	INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	bouclages, examen des tendances des séries historiques par applicatif interne
3	Vérifier que les émissions sont calculées correctement.	3a	Reproduire un échantillon représentatif des calculs d'émissions.	INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	contrôle des modules de calculs par un vérificateur interne désigné
		3b	Simuler sélectivement des calculs d'un modèle complexe à l'aide de calculs abrégés pour évaluer l'exactitude relative.	INV-Pd-1.05 INV-Pd-1.02	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02 INV-En-1.2.0-01	validation du choix des méthodes par comparaison à des modèles simplifiés
4	Vérifier que les paramètres et les unités d'émission sont consignées correctement et que les facteurs de conversion appropriés sont utilisés.	4a	Vérifier que les unités sont étiquettées correctement dans les feuilles de calculs.	INV-Pd-1.05 INV-Pd-1.01	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	cf. tables de références des unités + contrôle automatique des feuillets d'exportation des fiches méthodologiques par applicatif interne
		4b	Vérifier que les unités sont utilisées correctement du début à la fin des calculs.	INV-Pd-1.05 INV-Pd-1.01	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	applicatif interne
		4c	Vérifier que les facteurs de conversion sont corrects.	INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	contrôle automatique des feuillets d'exportation des fiches méthodologiques par applicatif interne
		4d	Vérifier que les facteurs d'ajustement temporel et spatial sont utilisés correctement.	INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	
5	Vérifier l'intégrité des fichiers de la base de données.	5a	Confirmer que les phases de traitement des données appropriées sont représentées correctement dans la base de données.	INV-Pd-1.06 INV-Pd-1.04	CIT-Pr-01	INV-Mo-1.6.1 INV-Mo-1.6.2		
		5b	Confirmer que les relations entre les données sont représentées correctement dans la base de données.	INV-Pd-1.06 INV-Pd-1.04				
		5c	Vérifier que les champs de données sont étiquettés correctement et indiquent les spécifications de conception correctes.	INV-Pd-1.06				
		5d	Vérifier que la documentation appropriée de la base de données et la structure et le fonctionnement du modèle sont archivés.	INV-Pd-1.04				

Activités de contrôle qualité			Procédures	Procédures (codes)	Processus impliqués (codes)	Modes opératoires (codes)	Enregistrements (codes)	Commentaires
6	Vérifier la cohérence des données entre les catégories de source.	6a	Identifier les paramètres (données sur les activités, constantes, etc.) communs à plusieurs catégories de sources et confirmer la cohérence des valeurs utilisées pour ces paramètres dans les calculs d'émissions.	INV-Pd-1.05 INV-Pd-1.01	INV-Pr-01		Fi-SNAP, références des fiches méthodologiques cf. FM (INV-En-1.5.0-01/INV-En-1.5.0-02) et cartographie des liens entre les données communes des fiches méthodologiques	commentaires dans le logigramme du processus
7	Vérifier que le mouvement des données d'inventaires entre les phases de traitement est correct.	7a	Vérifier que les données sur les émissions sont agrégées correctement, des niveaux de présentations inférieurs vers des niveaux supérieurs, lors de la préparation des récapitulatifs.	INV-Pd-1.06	INV-Pr-01			applicatifs externes et internes
		7b	Vérifier que les données sur les émissions sont transcrites correctement entre divers produits intermédiaires.	INV-Pd-1.04	INV-Pr-01		CIT-En-0.2.0-02 CIT-En-0.2.0-03	
				INV-Pd-1.04 INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		CIT-En-0.2.0-05 CIT-En-0.2.0-06 INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	cohérence des données sources et des versions des rapports
8	Vérifier que les incertitudes des émissions et absorptions sont estimées ou calculées correctement.	8a	Vérifier que les qualifications des personnes apportant une opinion d'experts sur l'estimation de l'incertitude sont appropriées.	CIT-Pd-7.01	CIT-Pr-07		*CIT-En-7.1.0-05* *CIT-En-7.1.0-03*	
		8b	Vérifier que les qualifications, hypothèses et opinions d'experts sont consignées. Vérifier que les incertitudes calculées sont complètes et calculées correctement.	CIT-Pd-0.02			*CIT-En-0.2.0-02*	
		8c	Au besoin, dupliquer les calculs d'erreurs ou un petit échantillon des distributions de probabilité utilisés par l'analyse Monte Carlo.	Approche "Monte-Carlo" à développer et appliquer sur quelques secteurs				
9	Effectuer un examen de la documentation interne.	9a	Vérifier qu'il existe une documentation interne détaillée à la base des estimations et permettant la duplication des estimations d'émissions et d'incertitudes.	INV-Pd-1.06	INV-Pr-01			+ OMINEA
		9b	Vérifier que les données d'inventaire, données justificatives et dossiers sont archivés et stockés pour faciliter un examen détaillé.	INV-Pd-1.06 + CIT-Pd-0.03	INV-Pr-01	INV-Mo-1.6.01 INV-Mo-1.6.02		
		9c	Vérifier l'intégrité de tout système d'archivage de données par des organisations externes participant à la préparation de l'inventaire.	CIT-Pd-0.03				

Activités de contrôle qualité		Procédures		Procédures (codes)	Processus impliqués (codes)	Modes opératoires (codes)	Enregistrements (codes)	Commentaires
10	Vérifier les changements méthodologiques et les changements relatifs aux données à l'origine de recalculs.	10a	Vérifier la cohérence temporelle des données d'entrée des séries temporelles pour chaque catégorie de source.	INV-Pd-1.05	INV-Pr-01			contrôle base de données et enregistrement du suivi par applicatif interne
		10b	Vérifier la cohérence des algorithmes/méthodes utilisés pour le calcul pour la totalité des séries temporelles.	INV-Pd-1.02	INV-Pr-01		INV-En-1.2.0-01	
11	Effectuer des vérifications de l'exhaustivité.	11a	Confirmer que les estimations sont présentées pour toutes les catégories de source et pour toutes les années, depuis l'année de référence appropriée jusqu'à la période de l'inventaire courant.	INV-Pd-1.01 INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02	contrôle base de données par applicatif interne
		11b	Vérifier que les lacunes connues en matière de données, à l'origine d'estimations incomplètes pour des catégories de sources, sont documentées.	INV-Pd-1.05	INV-Pr-01		Fi-SNAP + fiches méthodologiques (INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02)	
12	Comparer les estimations à des estimations antérieures.	12a	Pour chaque catégorie de source, comparer les estimations de l'inventaire courant à celles des inventaires antérieurs. En cas de variations importantes ou de variations par rapport à des tendances prévues, vérifier de nouveau les estimations et expliquer toute différence.	INV-Pd-1.05 INV-Pd-1.02	INV-Pr-01		(modification des fiches méthodologiques) INV-En-1.5.0-01 INV-En-1.5.0-02 INV-En-1.2.0-01	+INV-Pd-1.02 pour les changements de méthode utilisation d'un applicatif interne

Les définitions des composantes mentionnées dans le tableau précédent telles que procédures, processus, modes opératoires, etc. sont explicitées dans le tableau suivant.

Processus		Procédures/ modes opératoires		Documents/ enregistrements	
Code	Intitulé	Code	Intitulé	Code	Intitulé
INV-Pr-01	Réalisation des inventaires	INV-Pd-1.01	Référentiels		
		INV-Pd-1.02	PAM Méthodes	INV-En-1.2.0-01	Améliorations GCIIE
		INV-Pd-1.03	Collecte des données		
		INV-Pd-1.04	Traitement des données		
		INV-Pd-1.05	Fiches méthodologiques		
		INV-Pd-1.06	Bases de données	INV-Mo-1.6.1	NAD
				INV-Mo-1.6.2	GIC (Grandes Installations de Combustion)
		INV-Pd-1.07	Rapports		
X	Ensemble des processus	CIT-Pd-0.0.3	Sauvegarde informatique		

1.2.4 Modification depuis la dernière soumission

Les dispositions institutionnelles du système national d'inventaire décrites dans le précédent rapport d'inventaire NIR (édition de mars 2017) restent valables.

1.3 Préparation des inventaires, collecte des données, traitement et archivage

Cette section décrit les principales composantes et caractéristiques techniques du système national d'inventaires des émissions de polluants et de bilans dans l'atmosphère (SNIEBA).

Principe et champ général

Le système national d'inventaire des émissions de polluants et de gaz à effet de serre dans l'atmosphère est conçu sur le principe de l'unicité du système répondant à la multiplicité des demandes. Toutefois, le SNIEBA ne prétend pas répondre à l'avance à tous les besoins qui pourraient être formulés dans le domaine très étendu des inventaires d'émissions. Il vise à pouvoir s'adapter pour répondre à ceux qui ont reçu l'agrément des pouvoirs publics et qui justifient de par leurs caractéristiques et leur intérêt d'être couverts par le système national.

De fait, le SNIEBA est conçu pour répondre à des demandes récurrentes et dont le contenu est bien spécifié afin de justifier le développement des processus et des outils mis en œuvre. Des besoins ponctuels peuvent éventuellement être satisfaits par le système au moyen de procédures connexes développées à cet effet. Une condition technique impérieuse porte sur la compatibilité de la demande en termes de concept, de couverture et de résolution des substances, des catégories de sources, des caractéristiques spatio-temporelles, etc. avec les caractéristiques actuelles du SNIEBA.

Le SNIEBA fait l'objet d'une actualisation régulière pour assurer dans toute la mesure du possible le respect des spécifications définies au plan international par la Commission européenne et les Nations unies.

Le SNIEBA offre également un intérêt important au plan national en produisant de nombreuses données et analyses mais aussi comme base de cadrage pour des études à l'échelle régionale ou locale en particulier en ce qui concerne les aspects méthodologiques, les référentiels, etc. De nombreuses données élaborées au cours du processus et disponibles dans le SNIEBA sont également géoréférencées et utilisables pour des applications à l'échelle régionale ou locale. Ces données sont également utilisables par des applications connexes utilisées pour la détermination des rejets dans des cadres déclaratifs (tels que E-PRTR, SEQE, etc.).

Caractéristiques requises pour les inventaires d'émissions

Les inventaires d'émissions doivent généralement présenter les caractéristiques décrites ci-après afin d'être effectivement utilisables. Ces caractéristiques sont des exigences formelles dans le cas des inventaires réalisés dans le cadre des Conventions internationales (CCNUCC, CEE-NU / CLRTAP) et des directives de l'Union européenne. La conception et le développement du SNIEBA sont effectués afin d'être compatibles avec ces caractéristiques qui sont :

- **exhaustivité** : toutes les sources entrant dans le périmètre défini par le ou les inventaires doivent être traitées.
- **cohérence** : les séries doivent être homogènes au fil des années.
- **exactitude / incertitude** : les estimations doivent être aussi exactes que possible compte tenu des connaissances du moment. Ces estimations ne pouvant souvent être très précises compte tenu de la complexité des phénomènes mis en jeu et des difficultés à les mesurer ou les modéliser, elles doivent être accompagnées des incertitudes associées.
- **transparence** : les méthodes et les données utilisées doivent être clairement explicitées pour pouvoir être évaluées dans le cadre de la validation et de la vérification. En conséquence, la traçabilité des données est indispensable. Les données doivent être enregistrées et accessibles. Cette caractéristique est également très utile pour la mise à jour ou la comparaison des inventaires. Cependant, elle peut être limitée dans quelques cas par le respect de la confidentialité.

- **comparabilité** : les inventaires doivent autant que possible pouvoir être comparés. Cette comparaison peut porter sur les aspects géographiques et temporels aussi bien que sur les sources prises en compte (mêmes sources, mêmes méthodologies dans le même espace-temps). Cette qualité requiert généralement une adéquation avec les autres qualités citées ci-dessus et l'utilisation de référentiels identiques ou au moins compatibles.
- **confidentialité** : le respect de certaines règles légales ou contractuelles limite l'accès à certaines informations. Les données communiquées dans les inventaires doivent respecter les règles de confidentialité qui sont éventuellement définies.
- **ponctualité** : le dispositif d'élaboration des inventaires doit permettre de produire ceux-ci dans les délais requis.

Dispositions opérationnelles relatives à l'élaboration et au rapport des émissions

Les inventaires d'émission comportent deux phases types (voir schéma page suivante) :

- une **phase d'élaboration des émissions** des différentes sources émettrices prises en compte en fonction des spécifications de chaque inventaire. Le système d'inventaire doit, au titre de cette phase, considérer des entités suffisamment fines quant au type de source émettrice pour que l'estimation des rejets soit tout à la fois aussi exacte que possible, et qu'elle se conforme autant que possible aux critères définissant l'appartenance aux différentes catégories visées dans la phase de rapport des émissions. L'application de cette clause à l'ensemble des demandes que le système doit satisfaire, conduit à décomposer les types de source en éléments assez fins en fonction :
  - du secteur, de la branche ou de l'activité économique,
  - du type de procédé,
  - de la nature des équipements utilisés,
  - de la présence et du type d'équipements de prévention ou de réduction des émissions,
  - de la capacité de production ou de fonctionnement de l'installation,
  - de l'âge de l'installation ou de l'ancienneté de certains équipements,
  - de divers paramètres liés aux conditions opératoires, etc.

  Cette phase d'élaboration se décompose en deux étapes :

  - une étape préalable de mise en place des termes de référence, du choix des méthodologies, d'identification des données (source, disponibilité, confidentialité, etc.), des procédures de calcul, etc. Ces éléments sont ajustés suite aux retours des exercices précédents, des revues nationales et internationales, etc.
  - une étape d'application des dispositions définies précédemment relative à la collecte et au traitement des données qui englobe validation, archivage, calculs, mise en œuvre de modèles, consolidation, etc.
- une **phase de rapport des émissions** des différentes sources émettrices prises en compte en fonction des catégories définies dans les formats spécifiques de rapportage. Ces derniers font partie des spécifications requises de la part des instances internationales comme les Nations unies et la Commission européenne.

Le tableau ci-dessous dresse la liste des principaux formats produits par le SNIEBA.

Tableau 3 : Principaux formats de rapportage produits par le SNIEBA

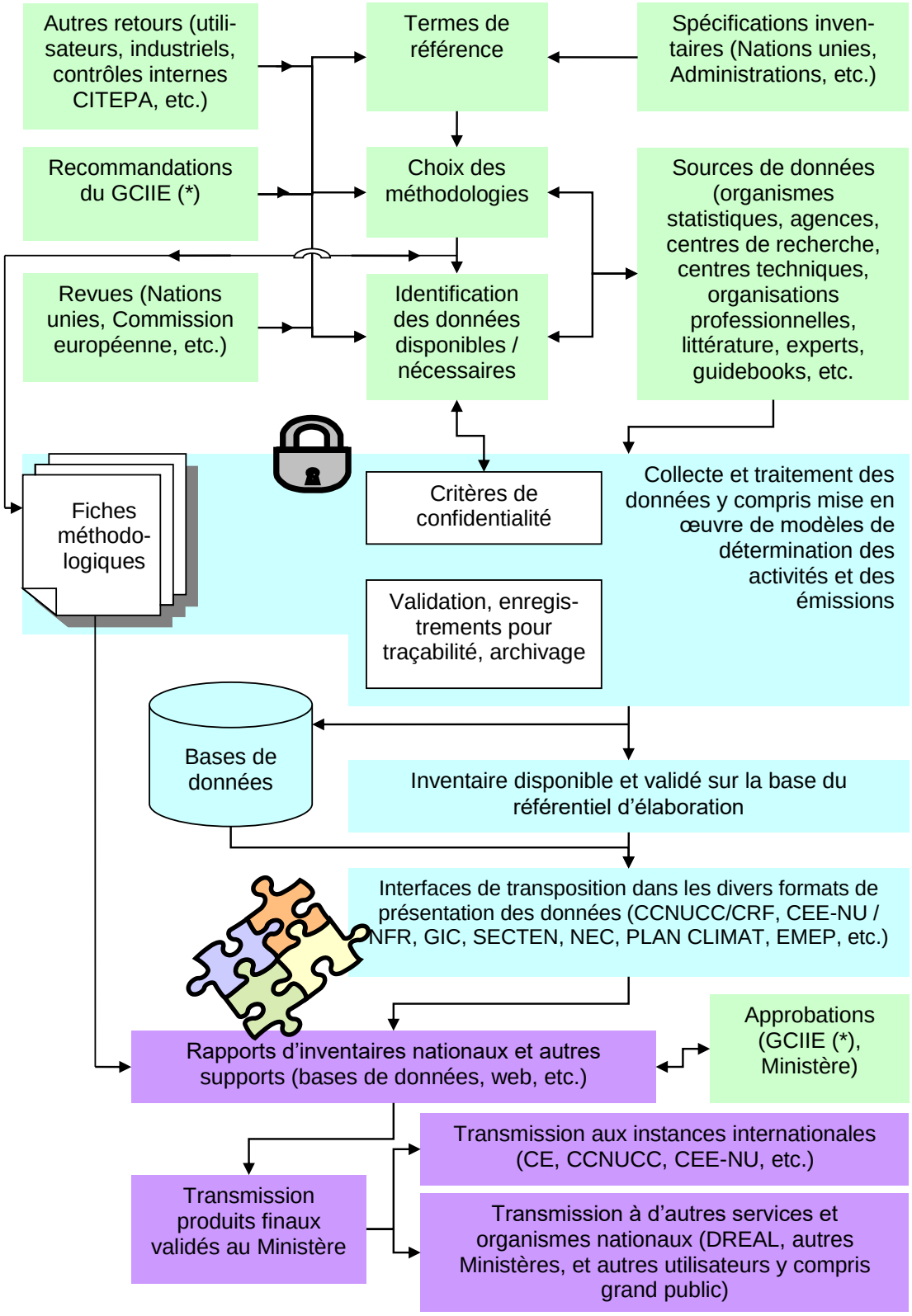
Inventaire	Nom du format opérationnel
CCNUCC et CCNUCC-KP	Common Reporting Format (CRF)
CEE-NU et NEC	Nomenclature For Reporting (NFR)
CEE-NU (EMEP)	EMEP (NFR limité en résolution mais grille 50 x 50 km)
GIC	GIC (partie sur une base individuelle et partie agrégée)
SECTEN	SECTEN niveaux 1 et 2
NAMEA	NAMEA
PLAN CLIMAT	PLAN CLIMAT (CRF avec arrangements de certains items visant à reconstituer pour partie des secteurs économiques traditionnels)

Le format pour le protocole de Kyoto comporte des éléments additionnels spécifiques relatifs à l'UTCATF et en particulier à l'application des articles 3.3 et 3.4 du protocole.

A noter également que la transmission des inventaires CEE-NU et CCNUCC / CCNUCC-KP à la Commission européenne comporte des états complémentaires spécifiques à leur intégration dans l'inventaire d'ensemble de l'Union européenne.

Schéma opérationnel simplifié du système d'inventaire

Figure 4 : Schéma opérationnel simplifié du système d'inventaire



(*) Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission

Référentiels

Les différents éléments constitutifs des inventaires d'émission doivent être définis avec soin et de façon transparente. Les référentiels utilisés doivent également assurer la compatibilité avec les exigences internationales et les différentes applications supportées par le SNIEBA. Les éléments faisant appel à des référentiels sont :

- les substances et les formes physico-chimiques à considérer (par exemple les oxydes d'azote en équivalent NO_2, le dioxyde de carbone sous forme de CO_2 et non de C, etc.),
- les types de sources émettrices pour l'élaboration,
- les combustibles,
- les catégories de sources pour le rapport des émissions,
- la relation entre sources émettrices et catégories de sources pour le rapport des émissions,
- la nature des sources (grandes sources ponctuelles, grandes sources linéaires, grandes installations de combustion, sources mobiles, sources fixes, etc.),
- la couverture et le découpage du territoire (inclusion ou non des territoires situés outre-mer, découpage administratif ou maillé, etc.),
- les méthodes d'estimation,
- les divers paramètres utiles dans le système.

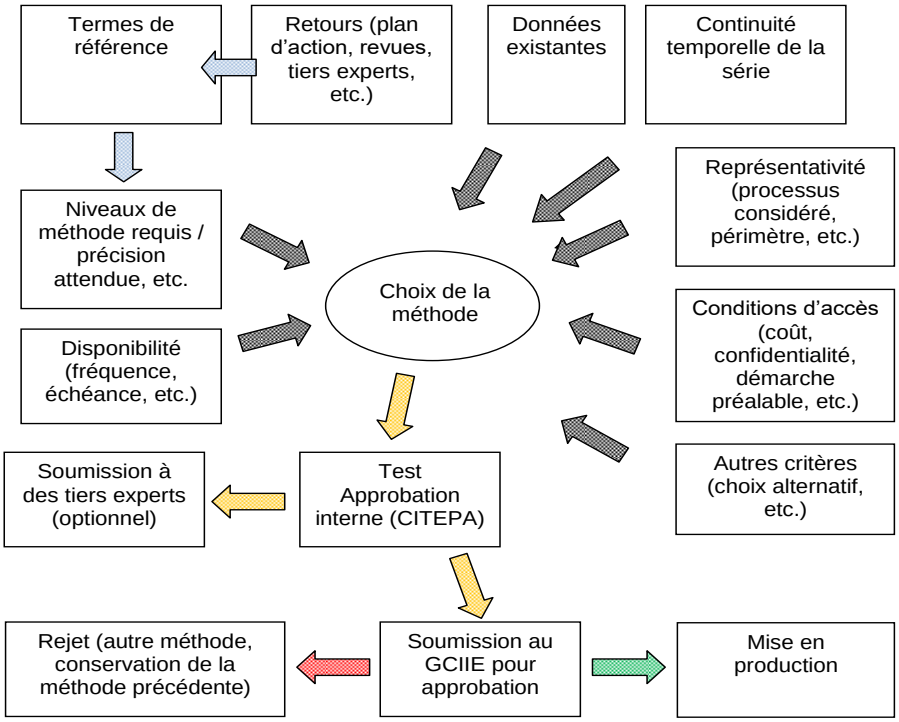
Tableau 4 : Présentation des différents référentiels utilisés

Elément	Nom du référentiel	Source
Activité émettrice (niveau élaboration)	Selected Nomenclature for Air Pollution (SNAP)	EMEP / CORINAIR (SNAP 97) adaptée par le CITEPA (SNAP 97c)
Combustible (niveau élaboration)	Nomenclature for Air Pollution of FUEls (NAPFUE)	EMEP / CORINAIR (NAPFUE 94) complétée par le CITEPA (NAPFUE 94c)
Catégories de sources pour CCNUCC	Common Reporting Format (CRF)	CCNUCC / GIEC
Catégories de sources pour CEE-NU / LRTAP	Nomenclature For Reporting (NFR)	CEE-NU
Catégories de rapport Plan Climat	Catégories Plan Climat	Ministère / DGEC
Entités géographiques	Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques (NUTS), Administratives	EUROSTAT et INSEE

Choix des méthodologies

S'agissant de la conception des éléments de l'inventaire, le choix des méthodes d'estimation prend en compte divers aspects et passe par une étape de test et d'approbation du GCIIE comme illustré dans la figure ci-après. L'approche rationnelle de ces choix est développée dans la section « rationale_COM » du présent rapport.

Figure 5 : Choix des méthodologies



Nature des données collectées

Les données sont de natures très diverses et en quantités assez considérables. Les informations utilisées sont décrites précisément dans chaque section du présent rapport relativement aux différents types de sources et de polluants.

La liste ci-dessous relative à la nature des données ne saurait prétendre à l'exhaustivité mais regroupe l'essentiel des cas rencontrés :

- statistiques publiques ou non produites par les organismes spécialisés de l'Administration ou dûment mandatés par elle. A ce titre s'attachent la plupart des principaux flux de données utilisés dans l'inventaire concernant la détermination du paramètre « activité » (consommations d'énergie, productions industrielles, recensement agricole, inventaire forestier, données socio-économiques, etc.). Le tableau suivant issu de l'arrêté du 24 août 2011 comporte nombre de postes appartenant au présent item. Au premier rang figure le bilan énergétique national désormais sous la responsabilité du ministère chargé de l'environnement. S'y ajoutent les statistiques produites par l'INSEE, des données de trafic aérien de la DGAC, etc.

Tableau 5 : Données collectées et leurs sources

Secteur	Type de données	Organisme actuel émetteur des données
Energie	Bilan de l'énergie Consommations d'énergie en France Consommation et ventilation des produits pétroliers à usage non énergétique Consommations d'énergie dans l'industrie. Consommations d'énergie dans le résidentiel et le tertiaire Consommation d'énergies renouvelables dans l'industrie et le résidentiel/tertiaire Bilan de la pétrochimie	Ministère chargé de l'environnement (CGDD) et Ministère chargé de l'industrie (INSEE)
	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées	Ministère chargé de l'environnement (DGPR)
	Consommations d'énergie dans les industries agricoles et alimentaires (IAA)	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche (SSP)
	Comptes des transports de la nation Statistiques du transport maritime Statistiques du transport aérien	Ministère chargé des transports (CGDD, DGITM, DGAC)
Procédés industriels	Déclarations des rejets polluants de certaines installations classées	Ministère chargé de l'environnement (DGPR)
	Production des IAA. – Enquêtes de branches	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche (SSP)
	Statistiques industrielles	Ministère chargé de l'industrie (INSEE)
	Données des flux de fluides frigorigènes en France	ADEME (OFF)
Utilisation de solvants et autres produits	Déclarations des rejets polluants de certaines installations classées	Ministère chargé de l'environnement (DGPR)
	Production, imports et exports, consommation de peinture/encre/colle	Ministère chargé de l'industrie (INSEE)

Agriculture	Statistiques agricoles Caractérisation des modes d'élevage (mode de gestion des déjections, bâtiments), caractérisation des pratiques culturales Facteurs d'émission	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche (SSP), INRA
UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)	Statistiques forestières Utilisation du territoire Récolte de bois et production de sciages	Ministère chargé de l'agriculture (SSP)
	Accroissement et stocks forestiers en métropole	IFN
	Température/rayonnement solaire global	Réseau RenEcofor/ONF
Déchets	Inventaire des installations de traitement des déchets ménagers et assimilés Statistiques déchets de soins à risques Statistiques déchets industriels	ADEME et Ministère chargé de l'environnement (DGPR)
	Déclarations des rejets polluants Surveillance dioxines/métaux lourds des usines d'incinération	Ministère chargé de l'environnement (DGPR)

- statistiques professionnelles provenant d'organismes représentatifs d'un secteur d'activité (syndicats, fédérations, etc.). Ces organismes sont dans nombre de cas producteurs de statistiques officielles et mandatées par des organismes statistiques publics. Ils disposent aussi de données accessibles mais généralement diffusées dans des cercles plus restreints. C'est le cas pour de nombreux secteurs industriels (chimie, sidérurgie, chauffage urbain, etc.). Il convient de citer particulièrement les publications du CPDP et notamment la parution annuelle de « Pétrole » qui produit un grand nombre de données utilisées dans les inventaires.

- données administratives qui résultent :
  - d'une part, de la mise en œuvre de dispositions réglementaires. Le flux le plus notable s'inscrivant dans cet item est la déclaration annuelle des rejets des installations classées soumises à autorisation qui conduit plus de 10 000 exploitants de l'industrie et de l'agriculture principalement à remplir des déclarations par voie électronique chaque année concernant leurs rejets dans l'air, dans l'eau, dans les déchets et les transferts. Ce dispositif est conçu pour répondre à plusieurs usages dont l'alimentation des inventaires d'émission dans l'air, le rapportage à l'E-PRTR, le rapportage au SEQE, ce qui permet d'obtenir par construction, des données homogènes et spécifiques des différents procédés et de leurs conditions de fonctionnement au sein d'une même activité. De nombreuses informations sont collectées concernant la définition des installations et sous-installations, leurs activités, les caractéristiques des produits et des combustibles, des méthodes d'estimation des émissions, etc. Ces données ne sont pas publiques (à l'exception des émissions proprement dites), mais le Ministère chargé de l'Ecologie les met à disposition du CITEPA, organisme chargé de réaliser les inventaires d'émission.
  - d'autre part, d'enquêtes réalisées pour le compte et/ou par les Administrations ou les Agences publiques (i.e. ADEME) ainsi que de Commissions. Dans ce cadre, figurent, par

exemple, l'enquête ITOM relative aux installations de traitement des déchets, le rapport de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN), etc.

- avis d'experts qui regroupent des personnes du secteur public ou du secteur privé. Ces avis portent aussi bien sur des points de détail précis que sur des éléments plus globaux. Certains de ces avis peuvent être recueillis à titre confidentiel. Lorsqu'il est recouru à de tels avis, ce fait est mentionné (cf. sections spécifiques aux différentes catégories de sources). Prennent également place dans cette catégorie les échanges avec des pairs (consultations bilatérales).
- littérature qui englobe :
  - études et articles publiés,
  - études non publiques,
  - guides parmi lesquels il est possible de distinguer ceux émanant :
    - d'institutions internationales comme le GIEC, EMEP/EEA,
    - de pays (EPA, OFEFP/OFEV, etc.),
    - de guides sectoriels.
  - rapports d'inventaire d'autres pays.

Procédures opérationnelles

Au niveau opérationnel, une fois les termes de référence établis et les méthodologies définies, la phase de production des inventaires s'appuie sur des procédures qui portent sur :

- la réception des données (matière première des inventaires),
- le traitement des informations,
- le stockage des données brutes et des données traitées à différentes étapes,
- le calcul des émissions,
- l'élaboration des différents supports (rapports, tables, autres supports numériques),
- la validation aux différentes étapes du processus et, in fine, la validation des résultats des inventaires par le Ministère chargé de l'environnement après avis du GCIIE,
- la diffusion des éléments prévus.

Ces différentes étapes font l'objet de procédures qui sont décrites, évaluées et améliorées progressivement avec la mise en œuvre du système de management de la qualité qui est décrit dans la section relative à l'assurance et contrôle qualité.

1.4 Généralités sur les méthodes et les sources de données utilisées

L'approche générale rationnelle suivie pour la sélection et la mise en œuvre des méthodes d'estimation, le choix des données et l'atteinte d'un niveau qualitatif optimal est basée sur la recherche et la mise en œuvre en priorité de méthodes permettant d'atteindre le niveau de précision et de spécificité le plus élevé possible dans le cadre du SNIEBA.

En pratique, des optimisations sont recherchées pour tenir compte :

- Des **exigences requises notamment par les guidelines CCNUCC et GIEC** quant aux niveaux de méthodes applicables aux catégories de sources clés. Cette exigence conduit à modifier au fil du temps certains postes de l'inventaire suite aux travaux de mise au point visant à obtenir les informations nécessaires plus appropriées par exemple.

- De la **disponibilité des données**, condition indispensable à la réelle mise en œuvre d'une méthode. Le besoin de données plus précises et spécifiques est communiqué au Ministère chargé de l'écologie et/ou aux organismes concernés en vue d'actions visant à générer les dispositions techniques, statistiques ou réglementaires requises (exemple : déclaration annuelle des rejets, données internes du Service producteur des bilans énergétiques, etc.).

Toutefois, la modification des systèmes de collecte de données statistiques s'accompagne généralement d'une très forte inertie liée au cadre dans lequel le système statistique national et international est défini.

- Du **coût d'acquisition des données** qui peut s'avérer prohibitif au regard de l'accroissement de la précision attendu. Un exemple caractéristique est le coût des données relatives au trafic maritime de la Lloyds.

Cet aspect conduit à rechercher des données alternatives parfois moins précises et/ou plus dispersées mais susceptibles de satisfaire le besoin formulé par l'inventaire.

- De la **pérennité des données** qui permet de faciliter la production de séries cohérentes et d'assurer la qualité requise par les termes de référence. En cas de besoin, des actions sont entreprises pour compenser à défaut de pouvoir éviter les ruptures statistiques (suppression ou modifications de champs d'enquêtes) et, dans le cas ou elles surviennent néanmoins, d'étudier très attentivement le raccordement des séries.

- De la **confidentialité des informations** et notamment du respect des obligations légales. Sur ce point, la hiérarchie des obligations « international / national » reste à clarifier. Si le SNIEBA s'appuie sur de nombreuses informations définies comme confidentielles (au sens légal, contractuel ou déontologique), au niveau du rapportage, seuls quelques cas de données confidentielles restent à gérer.

En pratique, la relative richesse du système statistique français, la forte centralisation de l'Administration, le statut et la notoriété du CITEPA auprès de diverses branches industrielles et de l'Administrations, conduisent à disposer d'un ensemble de données assez détaillées en comparaison à nombre de pays. Cette situation, associée à la volonté partagée de l'Administration et de nombreux acteurs, conduit à privilégier autant que possible le recours à des méthodes spécifiques nationales.

La **spécificité nationale** se traduit le plus souvent par le détail des informations et leur représentativité du cas français plutôt qu'à l'approche méthodologique proprement dite (en règle générale, les approches méthodologiques suivies sont très proches de celles présentées par le GIEC dans la définition des niveaux méthodologiques).

Les **approches « bottom-up » intégrales** sont limitées aux secteurs de l'industrie tels que production d'électricité, raffinage, cokeries, mines de charbon et depuis une époque relativement récente cimenterie, verrerie, sidérurgie, etc. Cette approche est rendue possible du fait du nombre relativement restreint d'émetteurs et de l'existence d'un suivi régulier et assez précis des données nécessaires à l'estimation des émissions[4] (production, caractéristiques et consommations de combustibles, information sur les équipements de procédés et de réduction ou de limitation des rejets, mesure ou détermination des émissions, etc.).

Des **approches mixtes « bottom-up » et « top-down »** sont mises en œuvre dans les secteurs pour lesquels les caractéristiques des installations couvrent des domaines étendus. Dans ce cas, les plus grosses installations sont étudiées individuellement et le solde, différence entre la somme des éléments connus sur une base individuelle et le total statistique, est évalué selon une approche moins

[4] Le système de déclaration annuelle des rejets, applicable aux installations classées soumises à autorisation, permet de recenser les émissions de près de 10 000 établissements dont plus de 80% sont industriels.

spécifique. Cette dernière peut, selon les cas, s'appuyer sur les éléments individuels connus du secteur étudié, des éléments moyennés au niveau national ou encore une valeur par défaut recommandée à partir de l'analyse de données exogènes plus ou moins spécifiques provenant d'un Guidebook (GIEC, EMEP/EEA, etc.), de la littérature ou encore d'autres sources (dire d'expert par exemple).

Ce cas s'applique par exemple à la combustion dans l'industrie manufacturière, le chauffage urbain, etc., où environ un millier d'installations couvertes par le SEQE (installations >20 MW) parmi les plus consommatrices d'énergie sont recensées individuellement[5].

Pour les catégories de sources très dispersées comme les transports, le résidentiel, l'agriculture, etc., des **approches « top-down »** sont employées. Cependant, dans nombre de cas, les valeurs de nombreux paramètres proviennent d'enquêtes ou d'études spécifiques comme pour le transport routier (parc, trafic), le transport aérien (mouvements par liaison), le résidentiel (consommations de solvants, modes de chauffage), la sylviculture (inventaire forestier), le traitement des déchets ménagers (enquête individuelle des centres de traitement). Du fait du mode de compilation de certaines de ces données, il s'agit pour partie en fait de processus « bottom-up » masqués.

Ainsi, quelle que soit l'approche, de nombreuses données spécifiques à la France et au sous ensembles étudiés sont recherchées, fréquemment disponibles et utilisées. Les estimations des émissions sont donc beaucoup plus représentatives et par suite intrinsèquement plus exactes.

Un effort d'amélioration continue pour aller dans le sens d'une plus grande spécificité est maintenu en fonction des opportunités et en priorité pour les catégories de sources clé pour lesquelles des progrès sont possibles et souhaitables (variable selon les substances).

Des informations complémentaires sont présentées dans les différentes sections sectorielles apportant le cas échéant des précisions et des justifications sur les méthodes mises en œuvre.

1.4.1 Principes méthodologiques

Les émissions sont estimées pour chacune des activités émettrices élémentaires retenues pour l'inventaire en considérant séparément s'il y a lieu les différentes catégories de sources (surfaciques, grandes sources ponctuelles et grandes sources linéaires).

Les émissions d'une activité donnée sont exprimées par la formule générale et schématique suivante :

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} \times F_{s,a} \qquad (1)$$

avec E : émission relative à la substance "s" et à l'activité "a" pendant le temps "t"
A : quantité d'activité relative à l'activité "a" pendant le temps "t"
F : facteur d'émission relatif à la substance "s" et à l'activité "a".

Pour l'ensemble des activités, les émissions totales sont exprimées par la formule suivante :

$$E_{s,t} = \sum_{a=1}^{a=n} E_{s,a,t}$$

[5] Pour plus de précision sur la cohérence des émissions entre le SNIEBA et le SEQE, se reporter à la section « 1_energy introduction_COM ».

avec n : nombre d'activités émettrices prises en compte.

Il est évident que si la valeur de n diffère d'un inventaire à un autre (ce qui est souvent le cas puisque les substances et les périmètres varient d'un inventaire à l'autre), les émissions totales peuvent ne plus être comparables (inventaires à champs différents) et les contributions relatives des sources varier.

Les termes $A_{a,t}$ et $F_{s,a}$ dans la formule (1) sont en fait déterminés pour des combinaisons plus fines de l'activité associant de manière générale une opération, une technologie et un produit.

Exemples :

- fabriquer de la chaleur au moyen d'une chaudière de 50 MW équipée d'un brûleur bas NOx fonctionnant au fioul lourd,
- se déplacer en voiture particulière équipée d'un moteur à essence de 2 l de cylindrée.

Cette description est illustrée plus finement par la formule ci-après pour une substance, un intervalle de temps et une entité géographique donnés.

$$E_{s,t,z} = \sum_{a,i,f} \left[A_{a,i,f,t,z} \times \sum_{p} \left[F_{s,a,i,f,p} \times P_{a,i,f,p} \right] \right] \qquad (2)$$

avec E : émission,

A : quantité d'activité,
F : facteur d'émission,
P : fraction de secteur, d'activité, de combustible et de procédé,
a : indice relatif au type de source,
f : indice relatif au type de combustible,
i : indice relatif au secteur économique,
p : indice relatif au procédé,
s : indice relatif à la substance,
t : indice relatif à l'intervalle de temps,
z : indice relatif à l'entité géographique.

Dans certains cas, les émissions présentent des relations complexes avec de nombreux paramètres caractéristiques et il est alors nécessaire de recourir à des modèles spécifiques pour obtenir une bonne représentation des phénomènes. C'est le cas du trafic routier, des émissions biotiques, etc.

In fine, il sera toujours possible de se ramener à une expression de la forme de l'équation (1) en rapportant les émissions à un seul paramètre relatif à l'activité. Cette représentation d'une simplicité extrême, qui masque la structure réelle et éventuellement complexe des émissions de l'activité, peut conduire à des interprétations erronées.

Les Grandes Sources (Ponctuelles et Linéaires) sont étudiées individuellement ; des émissions de certaines substances qui sont mesurées en permanence ou à intervalles réguliers sur certaines installations sont disponibles. D'autres méthodes telles que des corrélations entre les paramètres caractéristiques d'un procédé et les émissions, ainsi que des bilans, permettent d'estimer les rejets spécifiques de la source considérée pour certaines substances. Les formules (1) et (2) ne sont alors utilisées qu'en partie.

Pour certaines substances (SO_2, NOx, CO, CO_2, etc.), une part importante des émissions est liée à l'utilisation de l'énergie.

Pour l'application de la formule (2), les rejets peuvent être explicités en exprimant les émissions totales d'une source comme étant égales à la somme de deux émissions distinctes (en pratique, réelles ou virtuelles selon les cas).

$$E = E_1 + E_2$$

avec E_1: émission liée à la combustion d'énergie fossile et de biomasse.

E_2: émission liée à d'autres phénomènes se rapportant à l'emploi de matières premières, à des réactions, à des opérations diverses (évaporation, broyage, réaction chimique, etc.).

Selon les valeurs prises respectivement par E_1 et E_2, six cas sont à considérer :

$E_1 = 0 \; et \; E_2 \langle 0$ procédé constituant un puits (émission négative, comme la photosynthèse pour le CO_2).

$E_1 \rangle 0 \; et \; E_2 \langle 0$ procédé avec combustion et rétention. L'ensemble peut être positif ou négatif selon les cas.

$E_1 = E_2 = 0$ procédé ne contribuant pas à la pollution atmosphérique ou dont la contribution est négligeable.

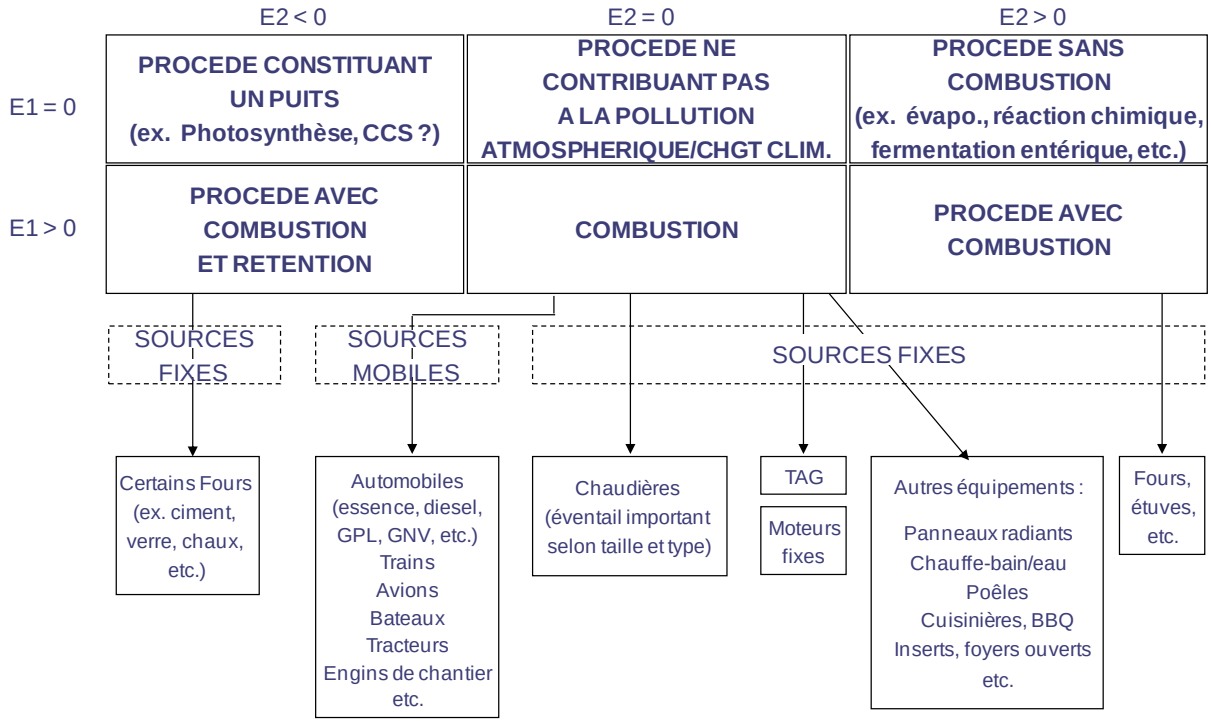
$E_1 = 0 \; et \; E_2 \rangle 0$ procédé sans rapport avec l'utilisation de l'énergie ; les émissions proviennent de réactions chimiques, d'actions mécaniques comme le broyage, d'évaporations de produits, etc.

$E_1 \rangle 0 \; et \; E_2 = 0$ combustion dans des procédés où il n'y a pas contact entre la flamme ou les produits de combustion et un produit tiers (e.g. combustion sous chaudière, moteurs, etc.).

$E_1 \; et \; E_2 \rangle 0$ procédé impliquant une combustion associée à d'autres phénomènes, notamment ceux où il y a contact entre une matière première ou un produit et une flamme ou les produits de la combustion (par exemple dans les fours).

Des différenciations plus fines conduisent à une caractérisation de certaines sources (cf. figure ci-dessous).

Figure 6 : Typologie des sources au regard de l'utilisation de l'énergie



1.4.2 Méthodes de calculs et facteurs d'émission utilisés

L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre et des puits de carbone en France utilise divers niveau de méthodologie de calculs et diverses sources de facteurs d'émission. Les tableaux ci-dessous résument les méthodes de calculs employées ainsi que les facteurs d'émission utilisés par secteurs.

Tableau 6 : Résumé des méthodologies de calculs et des facteurs d'émission employés par secteur

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2		CH_4		N_2O		HFCs		PFCs		SF_6		Unspecified mix of HFCs and PFCs		NF_3	
	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor
1. Energy	T1,T2,T3	S,D,M,OTH,PS	T1,T2,T3	S,D,M,OTH,PS	T1,T2,T3	S,D,M,OTH,PS										
A. Fuel combustion	T1,T2,T3	S,D,M,OTH,PS	T1,T2,T3	S,D,M,OTH,PS	T1,T2,T3	S,D,M,OTH,PS										
1. Energy industries	T2,T3	CS,PS	T2	D,OTH	T2,T3	D,PS										
2. Manufacturing industries and construction	T2,T3	CS,PS	T1,T2,T3	CS,D,PS	T1,T2,T3	CS,D,PS										
3. Transport	T1,T2,T3	CS,M,OTH	T1,T2,T3	CR,CS,D,M	T1,T2,T3	CS,D,M,OTH										
4. Other sectors	T1,T2	CS,D	T1,T2	CS,D	T1	D										
5. Other																
B. Fugitive emissions from fuels	T1,T2,T3	CS,D,PS	T1,T2,T3	CS,D,OTH,PS	T1,T2,T3	CS,D,PS										
1. Solid fuels			T2,T3	CS,PS												
2. Oil and natural gas	T1,T2,T3	CS,D,PS	T1,T2,T3	CS,D,OTH,PS	T1,T2,T3	CS,D,PS										
C. CO_2 transport and storage																
2. Industrial processes	T1,T2,T3	CS,D,PS	T2,T3	CR,CS,D,PS	T2,T3	CS,D,PS	T1,T2,T3	CS,D,OTH,PS	T2,T3	CS,D,PS	T1,T2	CS,D			T2	CS
A. Mineral industry	T1,T2,T3	CS,D,PS														
B. Chemical industry	T1,T2,T3	CS,D,PS	T2,T3	CS,D,PS	T2,T3	CS,D,PS	T3	PS	T3	PS						
C. Metal industry	T1,T2,T3	CS,D,PS	T2,T3	CR,CS,PS					T2,T3	CS,PS						
D. Non-energy products from fuels and solvent use	T1,T2	CS,D,PS														
E. Electronic industry							T2	CS	T2	CS	T2	CS			T2	CS
F. Product uses as ODS substitutes							T1,T2	CS,D,PS								
G. Other product manufacture and use							T2	OTH	T2	CS,D	T1,T2	CS,D				
H. Other	T2	CS														

Use the following notation keys to specify the method applied:

D (IPCC default) **T1a, T1b, T1c** (IPCC Tier 1a, Tier 1b and Tier 1c, respectively) **CR** (CORINAIR) **M** (model)
RA (Reference Approach) **T2** (IPCC Tier 2) **CS** (Country Specific)
T1 (IPCC Tier 1) **T3** (IPCC Tier 3) **OTH** (Other)

If using more than one method within one source category, list all the relevant methods. Explanations regarding country-specific methods, other methods or any modifications to the default IPCC methods, as well as information regarding the use of different methods per source category where more than one method is indicated, should be provided in the documentation box. Also use the documentation box to explain the use of notation OTH.

Use the following notation keys to specify the emission factor used:

D (IPCC default) **CS** (Country Specific) **OTH** (Other)
CR (CORINAIR) **PS** (Plant Specific) **M** (model)

Where a mix of emission factors has been used, list all the methods in the relevant cells and give further explanations in the documentation box. Also use the documentation box to explain the use of notation OTH.

Tableau 7 : Résumé des méthodologies de calculs et des facteurs d'émission employés par secteur (suite)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2		CH_4		N_2O		HFCs		PFCs		SF_6		Unspecified mix of HFCs and PFCs		NF_3	
	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor
3. Agriculture	T1	D	T1,T2,T3	CS,D	T1,T2	CS,D										
A. Enteric fermentation			T1,T2,T3	CS,D												
B. Manure management			T2	CS	T2	CS,D										
C. Rice cultivation			T1	D												
D. Agricultural soils[3]					T1,T2	CS,D										
E. Prescribed burning of savannas																
F. Field burning of agricultural residues			T2	D	T2	D										
G. Liming	T1	D														
H. Urea application	T1	D														
I. Other carbon-containing fertilizers																
J. Other																
4. Land use, land-use change and forestry	T1,T2,T3	CS,D	T1,T2	CR,D	T1,T2	CR,D										
A. Forest land	T1,T2	CS,D	T1,T2	CR,D	T1,T2	CR,D										
B. Cropland	T1,T2	CS,D	T1,T2	D	T1,T2	D										
C. Grassland	T1,T2	CS,D	T1,T2	D	T1,T2	D										
D. Wetlands	T1,T2	CS,D	T1,T2	D	T1,T2	D										
E. Settlements	T1,T2	CS,D	T1,T2	D	T1,T2	D										
F. Other land	T1,T2	CS,D														
G. Harvested wood products	T3	CS														
H. Other																
5. Waste	T1,T2	CS,D	T1,T2	CR,CS,D	T1,T2	CS,D										
A. Solid waste disposal			T2	CS,D												
B. Biological treatment of solid waste			T2	CS	T2	CS										
C. Incineration and open burning of waste	T1,T2	CS,D	T1,T2	CR,D	T1,T2	CS,D										
D. Waste water treatment and discharge			T1	D	T1	D										
E. Other																
6. Other ***(as specified in summary 1.A)***																

Use the following notation keys to specify the method applied:

D (IPCC default) **T1a, T1b, T1c** (IPCC Tier 1a, Tier 1b and Tier 1c, respectively) **CR** (CORINAIR) **M** (model)
RA (Reference Approach) **T2** (IPCC Tier 2) **CS** (Country Specific)
T1 (IPCC Tier 1) **T3** (IPCC Tier 3) **OTH** (Other)

If using more than one method within one source category, list all the relevant methods. Explanations regarding country-specific methods, other methods or any modifications to the default IPCC methods, as well as information regarding the use of different methods per source category where more than one method is indicated, should be provided in the documentation box. Also use the documentation box to explain the use of notation OTH.

Use the following notation keys to specify the emission factor used:

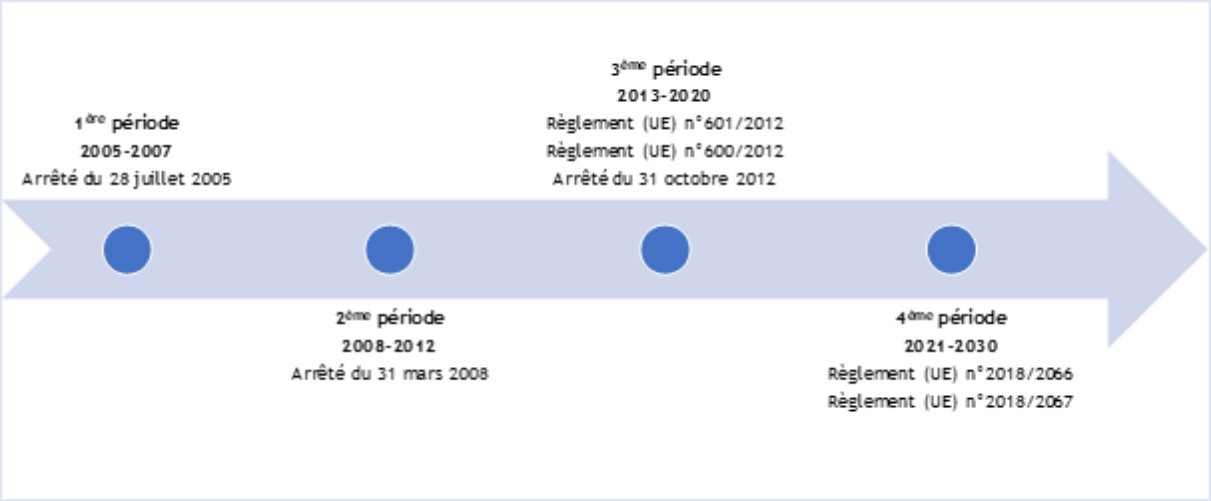
D (IPCC default) **CS** (Country Specific) **OTH** (Other)
CR (CORINAIR) **PS** (Plant Specific) **M** (model)

Where a mix of emission factors has been used, list all the methods in the relevant cells and give further explanations in the documentation box. Also use the documentation box to explain the use of notation OTH.

1.4.3 Cohérence entre l'inventaire CCNUCC et les déclarations au titre du SEQE

Le système d'échange de quotas d'émission (SEQE) de gaz à effet de serre (GES) de l'union européenne est régi par la directive européenne 2003/87/CE modifiée. A l'échelle nationale, les dispositions sont indiquées aux articles L229-5 à 19 et R229-5 à 37 du code de l'environnement.

A l'échelle nationale, les quatre périodes d'échanges sont régis par les textes suivants, relatifs à la surveillance, à la quantification et la vérification des émissions au titre du SEQE :



Le champ du SEQE a été élargi à de nouveaux secteurs industriels et à de nouveaux gaz à effet de serre entre la seconde et la troisième période. Le périmètre des activités couvertes par le SEQE reste identique entre les 3ème et 4ème période. La France compte à ce jour environ 1 100 installations soumises au SEQE. Les données relatives aux installations SEQE sont utilisées pour la préparation de l'inventaire et pour des contrôles de cohérence.

Utilisation des données SEQE au sein de l'inventaire national

- Pour l'ajout de consommations de combustibles particuliers déclarées par les sites soumis au SEQE et ne figurant pas dans le bilan de l'énergie.

  → *Amélioration de la complétude de l'inventaire*

- Pour l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques sectoriels, et/ou évoluant dans le temps (lorsque ces FE proviennent d'analyses en laboratoire des caractéristiques des combustibles notamment). La pertinence de l'application du facteur d'émission déduit des sites soumis au SEQE est évaluée et il peut être appliqué au solde de l'activité du secteur (lorsqu'une partie seulement du secteur est couvert par le SEQE), afin de rester cohérent avec le SEQE dans le temps.

  → *Amélioration de la précision de l'inventaire*

Contrôles de cohérence

Des contrôles accrus sont menés sur les données SEQE lors de la prise en compte dans l'inventaire afin de :

- Repérer et prendre en compte d'éventuels nouveaux sites non identifiés dans un secteur de l'inventaire (éviter des omissions) ;

- Eviter des double-comptages au sein de l'inventaire ;
- Contrôler la cohérence entre les émissions sectorielles SEQE et les émissions par secteur au titre de l'inventaire CCNUCC (identification des différences de méthode de rapportage des émissions entre le SEQE et les lignes directrices au titre de l'inventaire CCNUCC). Dans le cas où toutes les installations d'un secteur d'activité donné sont soumises au SEQE, la cohérence entre l'inventaire CCNUCC et le SEQE est assurée grâce à la prise en compte directe des déclarations individuelles, vérifiées par un organisme agréé et validée par l'administration française, pour la préparation de l'inventaire.

  Si une partie seulement des installations couvertes par un secteur de l'inventaire au titre de la CCNUCC entre dans le champ du SEQE, les déclarations correspondantes sont prises en compte et les émissions des autres installations sont calculées grâce à des données individuelles ou des statistiques sectorielles.

  Notamment, il est vérifié que les émissions totales d'un secteur SEQE ne dépassent pas les émissions du secteur correspondant (CRF) de l'inventaire. Cela peut néanmoins arriver mais est justifié (par exemple : la comptabilisation des émissions liées à la production de l'urée sont comptabilisées chez le producteur au titre du SEQE, mais chez le consommateur au titre de l'inventaire national). Cette répartition des émissions et la vérification de la cohérence entre l'inventaire des émissions et les données SEQE est également exigée dans le cadre du rapportage au titre du règlement MMR (*Monitoring Mechanism Regulation*).

La prise en compte des déclarations est détaillée plus spécifiquement dans les sections relatives à chaque secteur.

1.5 Catégories clés

Selon les recommandations du GIEC, une analyse des catégories clés est effectuée dans cette section. Elle est réalisée globalement sur la base des contributions en CO_2 équivalent des différentes sources à un niveau sectoriel plus fin que celui par défaut et pour les sept gaz à effet de serre direct. Suivant les recommandations du GIEC, cette analyse est effectuée par type de combustible pour les installations de combustion.

Deux analyses différentes sont proposées de type Tier 1 :

- la première **hors UTCATF**[6] permettant d'évaluer les contributions des différentes sources vis-à-vis d'engagement tels que ceux du Protocole de Kyoto,
- la seconde **avec UTCATF** pour répondre aux recommandations de la CCNUCC.

De plus, une analyse de Tier 2 avec UTCATF est conduite en complément de l'analyse Tier 1 (cf. §1.5.2 ci-dessous).

[6] UTCATF : Utilisation des Terres, Changement d'Affectation et Foresterie

1.5.1 Analyse Tier 1

1.5.1.1 Catégories clés hors UTCATF

Le premier tableau de l'annexe 1 dresse la liste des catégories clés **dont les émissions cumulées atteignent 95% des émissions totales hors UTCATF en 2017**. Il convient de noter que, malgré une analyse sectorielle relativement fine, les 18 premières sources représentent plus de 80% du total, que les 31 premières sources représentent 90% du total, et que 45 sources forment l'ensemble des catégories clés relatives à 95% des émissions totales hors UTCATF.

Il ressort que le CO_2 du transport routier participe à lui seul pour plus d'un quart (27,1%) du total des émissions hors UTCATF en 2017. Le CH_4 de la fermentation entérique de l'élevage contribue à hauteur de 7,5% des émissions totales en équivalent CO_2 ; vient ensuite le CO_2 de la combustion du gaz naturel dans le secteur résidentiel contribuant à hauteur de 6,4%. En y ajoutant le N_2O provenant des émissions directes des sols agricoles (5,8%) ainsi que le CO_2 de la combustion du gaz naturel dans le secteur institutionel et commercial (3,7%), ces cinq entités représentent plus de la moitié des émissions de gaz à effet de serre en France en 2017 hors UTCATF. Parmi les catégories clés (à 95%), sur les 7 gaz à effet de serre direct, le CO_2 représente 75,5% des émissions totales hors UTCATF avec 35 catégories sur 45.

Le deuxième tableau de l'annexe 1 dresse la liste des catégories clés **dont les émissions cumulées atteignent 95% des émissions totales hors UTCATF en 1990**.

Il ressort que le CO_2 du transport routier était déjà à l'époque la première source d'émission de gaz à effet de serre en France mais avec une contribution (20,8%) au total des émissions nationales hors UTCATF légèrement inférieure à celle de 2017. Le CH_4 de la fermentation entérique de l'élevage contribuait en 1990 à hauteur de 7,0% alors que le CO_2 de la combustion du charbon dans la production d'électricité et de chaleur avait un impact plus important sur l'inventaire puisqu'il occupait le troisième rang et contribuait en 1990 à 6,9% des émissions totales en équivalent CO_2 (8ème rang en 2017, contribution de 3,3% du total national). En 1990, 53 sources forment l'ensemble des catégories clés relatives à 95% des émissions totales hors UTCATF.

Le troisième tableau présenté en annexe 1, concerne l'analyse des catégories clés **au regard des évolutions dans le temps entre 1990 et 2017 hors UTCATF**. Ce tableau montre que la plupart des catégories clés en niveau d'émissions appartiennent aussi aux catégories clés en termes d'évolution. Cependant, la présence d'autres sources est relevée telles que :

- la baisse très importante des émissions de PFC de la production d'aluminium et de produits fluorés,
- la baisse des émissions de HFC lors de leur production,
- la baisse des émissions de N_2O dans l'industrie chimique,
- la baisse dans plusieurs secteurs de la consommation de charbon.

Ainsi, alors que 45 sources suffisent pour atteindre le seuil de 95% en niveaux d'émissions, il faut 54 sources pour atteindre ce même seuil pour l'analyse des évolutions des émissions.

Les cinq premières catégories clés en termes d'évolution sont :

- le CO_2 du transport routier (déjà au 1er rang des contributeurs en émissions), pour son poids important et son évolution à la hausse,

- le CO_2 issu de la combustion du charbon pour la production d'électricité et le chauffage urbain, pour son poids relatif et son évolution à la baisse,
- les HFC de la réfrigération et de la climatisation, pour leurs fortes évolutions à la hausse suite à la substitution des CFC et HCFC depuis les années 1990,
- le CO_2 issu de la combustion du gaz naturel pour la production d'électricité et le chauffage urbain, pour son poids relatif et son évolution en forte hausse,
- le CO_2 de la combustion du gaz naturel dans le résidentiel (au 3ème rang des contributions absolues en émissions 2017), pour son poids relatif et son évolution à la hausse.

1.5.1.2 Catégories clés avec UTCATF

Il s'agit de la même analyse que précédemment mais en y incluant l'UTCATF en valeur absolue (la catégorie UTCATF est au bilan global un poste contribuant de manière significative au niveau des émissions et à leur évolution). L'analyse porte en conséquence sur le total hors UTCATF auquel s'ajoute la valeur absolue des postes (émissions ou absorptions) de l'UTCATF en CO_2 équivalent.

Compte tenu de l'importance des émissions de l'UTCATF, 8 sous-catégories viennent s'intercaler par rapport à l'analyse des catégories clés en niveaux d'émission hors UTCATF en 2017 (7 en 1990). La catégorie 4A1 relative aux « forêts restant forêts », traduisant en particulier l'accroissement et la récolte forestière, se place en deuxième position des catégories clés en niveau d'émission avec 8,4% en 2017. Cette catégorie contribuait légèrement moins en 1990 avec 5,3% en niveau d'émission et se classait au 4ème rang. Le transport routier conserve la première place mais sa contribution baisse à 22,3% en 2017 contre 27,2% hors UTCATF. Les sept autres catégories qui apparaissent sont des puits et/ou des sources de CO_2 ou des sources de N_2O selon les cas et représentent 8,7% des émissions françaises avec UTCATF en 2017 (8,4% en 1990).

D'autre part, 8 sous-catégories de l'UTCATF sont catégories clés en termes d'évolution de la tendance. La catégorie 4C2 des « terres devenant prairies » se place en 9ème position des catégories clés en termes d'évolution, suivie en 10ème position par les « forêts restant forêts ». Les autres catégories de l'UTCATF étant catégories clés, en termes d'évolution de la tendance, sont situées en 18ème, 22ème, 38ème, 46ème et 48ème position.

☞ *Les résultats détaillés sont disponibles en annexe 1.*

1.5.2 Analyse Tier 2

Cette analyse pondère les niveaux d'émissions et les évolutions avec les niveaux d'incertitude associés à chaque secteur considéré. Ceci permet d'obtenir une classification des catégories clés qui diffère sensiblement de celle réalisée avec le Tier 1, et qui met en exergue de façon complémentaire les secteurs ne ressortant pas forcément en première analyse, mais potentiellement significatifs du fait de l'incertitude élevée qui leur est associée.

Seule l'analyse Tier 2 avec UTCATF a été réalisée.

Les tableaux présentant les résultats, ainsi que les différences observées avec la classification obtenue au Tier 1, sont disponibles en annexe 1. Le premier tableau dresse la liste des catégories clés en niveau classées selon leurs émissions pondérées avec l'incertitude associée en 2017. Alors que l'analyse Tier 1 a fait apparaître 52 sources formant l'ensemble des catégories clés relatives à 95% des émissions totales avec UTCATF en 2017, la liste se réduit à 26 sources pour l'analyse Tier 2 portant sur les incertitudes associées aux différentes sources clés relatives à 90%.

Compte tenu de la prise en compte de l'incertitude associée aux catégories dans l'analyse Tier 2, l'ordre des catégories clés est différent de celui apparaissant dans l'analyse Tier 1. Ainsi, la première catégorie clé au titre de l'analyse de Tier 2 en niveau en 2017 est le N_2O provenant des émissions directes des sols agricoles (3Da), qui participe à près de 26% des contributions de la pondération Tier 2. Viennent ensuite le CH_4 des installations de stockage de déchets non dangereux (environ 14%), le N_2O provenant des émissions indirectes des sols agricoles (3Db) et puis le CO_2 capté par les forêts de l'UTCATF (4A1). Les 3 premières catégories représentent à elles seules plus de la moitié du total des contributions Tier 2 en 2017. Ceci reflète l'impact potentiellement très important des sources couplant à la fois des niveaux d'émission significatifs et une grande incertitude associée.

Il convient de noter également que de nouvelles catégories clés apparaissent en 2017 avec l'analyse Tier 2, alors qu'elles ne ressortaient pas dans les catégories clés Tier 1. Il s'agit par exemple du CH_4 émis par la biomasse consommée dans le résidentiel (1A4b) et du N_2O émis par les combustibles liquides consommés dans l'agriculture/foresterie (1A4c) respectivement au 18ème et 23ème rang Tier 2, et des émissions fugitives de CH_4 qui se classe en 20ème position Tier 2. A noter également que, du fait des faibles incertitudes sur les émissions de CO_2, le secteur du transport routier passe du 1er rang avec l'analyse Tier 1 au 8ème rang avec l'analyse Tier 2.

Le deuxième tableau dresse la liste des catégories clés en niveau classées selon leurs émissions pondérées avec l'incertitude associée en **1990**. Alors que l'analyse Tier 1 a fait apparaître 60 sources formant l'ensemble des catégories clés relatives à 95% des émissions totales avec UTCATF en 1990, la liste se réduit à 31 sources pour l'analyse Tier 2 portant sur les incertitudes associées aux différentes sources clés relatives à 90%. De nouvelles catégories clés apparaissent en 1990 avec l'analyse Tier 2, alors qu'elles ne ressortaient pas dans les catégories clés Tier 1. Il s'agit par exemple du traitement des eaux usées (5D) classé au 25ème rang Tier 2. La première catégorie clé au titre de l'analyse de Tier 2 en niveau en 1990 est, comme en 2017, le N_2O provenant des émissions directes des sols agricoles (3Da), qui participe à près de 26% des contributions de la pondération Tier 2. Viennent ensuite le CH_4 des installations de stockage de déchets non dangereux (environ 13%) puis le N_2O provenant des émissions indirectes des sols agricoles (3Db).

Concernant l'analyse des catégories clés Tier 2 au regard des **évolutions** pondérées par les incertitudes entre 1990 et 2017, celle-ci est présentée dans le dernier tableau de l'annexe 1. Alors que l'analyse Tier 1 a fait apparaître 60 sources formant l'ensemble des catégories clés relatives à 95% de l'évolution avec UTCATF, la liste se réduit à 45 sources pour l'analyse Tier 2 portant sur les incertitudes associées aux différentes sources clés relatives à 90%. Les sources prépondérantes sont :

- le N_2O provenant des émissions directes des sols agricoles (3Da), à la première place avec une contribution de plus de 10%,
- le puits de CO_2 des produits ligneux récoltés (4G), à la deuxième place avec une contribution de plus de 10% également,
- l'augmentation des émissions de HFC provenant de la climatisation et de la réfrigération (2F1), à la troisième place avec une contribution de plus de 9%.

1.5.3 Vue d'ensemble des sources clés

Des tableaux résumant les différentes catégories clés par niveau d'émissions et par évolutions (avec et hors UTCATF) sont présentés ci-après pour les années 1990 et 2017 :

Tableau 8 : Résumé des sources clés en 1990 avec et hors UTCATF

KEY CATEGORIES OF EMISSIONS AND REMOVALS	Gas	Criteria used for key source identification (excluding LULUCF)	Criteria used for key source identification (including LULUCF)	Criteria used for key source identification (including LULUCF)	Key category excluding LULUCF	Key category including LULUCF
		L,T1	L,T1	L,T2		
1A1a Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	X	X		X	X
1A1a Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	X	X		X	X
1A1a Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	X	X		X	X
1A1a Public electricity and heat production / solid	CO2			X		X
1A1b Petroleum Refining / oil	CO2	X	X		X	X
1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries / coal	CO2	X	X		X	X
1A2a Iron and Steel / coal	CO2	X	X		X	X
1A2a Iron and Steel / gas	CO2	X	X		X	X
1A2a Iron and steel / solid	CO2			X		X
1A2c Chemicals / coal	CO2	X	X		X	X
1A2c Chemicals / gas	CO2	X	X		X	X
1A2c Chemicals / oil	CO2	X	X		X	X
1A2d Pulp, Paper and Print / gas	CO2	X	X		X	X
1A2d Pulp, Paper and Print / oil	CO2	X	X		X	X
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco / coal	CO2	X	X		X	X
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	X	X		X	X
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco / oil	CO2	X	X		X	X
1A2f Non-metallic minerals / coal	CO2	X	X		X	X
1A2f Non-metallic minerals / gas	CO2	X	X		X	X
1A2f Non-metallic minerals / oil	CO2	X	X		X	X
1A2g Manufacturing Industries / Other	CO2	X	X		X	X
1A2g Other (please specify)	CO2			X		X
1A3a Domestic Aviation	CO2	X	X		X	X
1A3b Road Transportation	CO2	X	X	X	X	X
1A3c Railways	CO2	X	X		X	X
1A4a Commercial/Institutional / gas	CO2	X	X		X	X
1A4a Commercial/institutional / liquid	CO2			X		X
1A4a Commercial/Institutional / oil	CO2	X	X		X	X
1A4b Residential / biomass	CH4	X	X	X	X	X
1A4b Residential / coal	CO2	X	X		X	X
1A4b Residential / gas	CO2	X	X	X	X	X
1A4b Residential / liquid	CO2			X		X
1A4b Residential / oil	CO2	X	X		X	X
1A4c Agriculture/forestry/fishing / liquid	N2O			X		X
1A4c Agriculture/Forestry/Fishing / oil	CO2	X	X		X	X
1B1a Coal Mining and handling	CH4	X	X		X	X
1B2a Fugitive Emissions from Fuels / Oil	CO2	X	X		X	X
1B2b Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CH4	X	X	X	X	X
2A1 Cement Production	CO2	X	X	X	X	X
2A2 Lime Production	CO2	X	X		X	X
2B1 Ammonia Production	CO2	X	X		X	X
2B10 Chemical Industry / Other	CO2	X	X		X	X
2B2 Nitric Acid Production	N2O	X	X		X	X
2B3 Adipic Acid Production	N2O	X	X	X	X	X
2B4 Caprolactam, glyoxal and glyoxylic acid production	N2O	X	X		X	X
2B9 Fluorochemical production	HFC	X	X		X	X
2B9 Fluorochemical production	PFC	X	X		X	X
2C1 Iron and Steel Production	CO2	X	X	X	X	X
2C2 Ferroalloys Production	CO2	X	X		X	X
2C3 Aluminium Production	PFC	X	X		X	X
2D3 Non-energy products from fuels and solvent use / Other	CO2	X	X	X	X	X
3A Enteric Fermentation	CH4	X	X	X	X	X
3B Manure Management	CH4	X	X	X	X	X
3B Manure Management	N2O	X	X	X	X	X
3Da Direct N2O emissions from managed soils	N2O	X	X	X	X	X
3Db Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	X	X	X	X	X
4A1 Forest Land remaining Forest Land	CH4			X		X
4A1 Forest Land remaining Forest Land	CO2		X	X		X
4A2 Land converted to Forest Land	CO2		X	X		X
4B2 Land converted to Cropland	CO2		X	X		X
4B2 Land converted to Cropland	N2O		X	X		X
4C2 Land converted to Grassland	CO2		X	X		X
4E Settlements	CO2		X	X		X
4G Harvested wood products	CO2		X	X		X
5A Solid Waste Disposal	CH4	X	X	X	X	X
5C Incineration and open burning of waste	CO2	X	X		X	X
5D Wastewater treatment and discharge	CH4	X	X	X	X	X
5D Wastewater treatment and discharge	N2O			X		X

Tableau 9 : Résumé des sources clés en 2017 avec et hors UTCATF

KEY CATEGORIES OF EMISSIONS AND REMOVALS	Gas	Criteria used for key source identification (excluding LULUCF)		Criteria used for key source identification (including LULUCF)		Criteria used for key source identification (including LULUCF)		Key category excluding LULUCF	Key category including LULUCF
		L,T1	T,T1	L,T1	T,T1	L,T2	T,T2		
1A1a Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	X	X	X	X			X	X
1A1a Public Electricity and Heat Production / gas	CO2	X	X	X	X		X	X	X
1A1a Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	X	X	X	X			X	X
1A1a Public electricity and heat production / other fossil	CO2						X		X
1A1a Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	X	X	X	X			X	X
1A1a Public electricity and heat production / solid	CO2						X		X
1A1b Petroleum Refining / gas	CO2	X	X	X	X			X	X
1A1b Petroleum Refining / oil	CO2	X	X	X	X			X	X
1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries / coal	CO2	X		X				X	X
1A2a Iron and Steel / coal	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2a Iron and Steel / gas	CO2	X		X				X	X
1A2a Iron and Steel / oil	CO2		X		X			X	X
1A2b Non-Ferrous Metals / coal	CO2		X		X			X	X
1A2b Non-Ferrous Metals / oil	CO2		X		X			X	X
1A2c Chemicals / coal	CO2	X		X				X	X
1A2c Chemicals / gas	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2c Chemicals / oil	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2c Chemicals / other fossil fuels	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2d Pulp, Paper and Print / gas	CO2	X		X				X	X
1A2d Pulp, Paper and Print / oil	CO2		X		X			X	X
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco / coal	CO2		X		X			X	X
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco / oil	CO2		X		X			X	X
1A2f Non-metallic minerals / coal	CO2		X		X			X	X
1A2f Non-metallic minerals / gas	CO2	X		X				X	X
1A2f Non-metallic minerals / oil	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2f Non-metallic minerals / other fossil fuels	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2g Manufacturing Industries / Other	CO2	X	X	X	X			X	X
1A2g Other (please specify)	N2O						X		X
1A3a Domestic Aviation	CO2	X	X	X	X			X	X
1A3b Road Transportation	CH4		X		X		X	X	X
1A3b Road Transportation	CO2	X	X	X	X	X	X	X	X
1A3b Road Transportation	N2O	X	X	X	X	X	X	X	X
1A3c Railways	CO2		X					X	
1A3d Domestic navigation	CO2	X		X				X	X
1A4a Commercial/Institutional / gas	CO2	X	X	X	X	X	X	X	X
1A4a Commercial/Institutional / liquid	CO2						X		X
1A4a Commercial/Institutional / oil	CO2	X	X	X	X			X	X
1A4b Residential / biomass	CH4		X		X	X	X	X	X
1A4b Residential / coal	CO2		X		X			X	X
1A4b Residential / gas	CO2	X	X	X	X	X	X	X	X
1A4b Residential / liquid	CO2					X	X		X
1A4b Residential / oil	CO2	X	X	X	X			X	X
1A4b Residential / solid	CH4						X		X
1A4c Agriculture/forestry/fishing / liquid	N2O					X			X
1A4c Agriculture/Forestry/Fishing / oil	CO2	X		X				X	X
1B1a Coal Mining and handling	CH4		X		X		X	X	X
1B2a Fugitive Emissions from Fuels / Oil	CO2	X		X				X	X
1B2b Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CH4					X	X		X
1B2b Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CO2		X		X			X	X
2A1 Cement Production	CO2	X	X	X	X		X	X	X
2A2 Lime Production	CO2	X		X				X	X
2B1 Ammonia Production	CO2	X	X					X	
2B10 Chemical Industry / Other	CO2	X	X	X	X			X	X
2B2 Nitric Acid Production	N2O		X		X		X	X	X
2B3 Adipic Acid Production	N2O		X		X		X	X	X
2B4 Caprolactam, glyoxal and glyoxylic acid production	N2O		X		X			X	X
2B9 Fluorochemical production	HFC		X		X		X	X	X
2B9 Fluorochemical production	PFC		X		X			X	X
2C1 Iron and Steel Production	CO2	X	X	X	X			X	X
2C3 Aluminium Production	PFC		X		X		X	X	X
2C7 Metal Production / Other	SF6		X		X		X	X	X
2D3 Non-energy products from fuels and solvent use / Other	CO2						X		X
2F1 Refrigeration and Air Conditioning	HFC	X	X	X	X	X	X	X	X
2F4 Aerosols	HFC	X	X	X	X		X	X	X
2G1 Electrical Equipment	SF6						X		X
3A Enteric Fermentation	CH4	X	X	X	X	X	X	X	X
3B Manure Management	CH4	X	X	X	X	X	X	X	X
3B Manure Management	N2O	X		X		X		X	X
3Da Direct N2O emissions from managed soils	N2O	X	X	X	X	X	X	X	X
3Db Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	X	X	X	X	X	X	X	X
3H Urea application	CO2	X	X	X	X			X	X
4A1 Forest Land remaining Forest Land	CO2			X	X	X	X		X
4A2 Land converted to Forest Land	CO2			X	X	X	X		X
4B1 Cropland remaining Cropland	CO2			X	X	X	X		X
4B2 Land converted to Cropland	CO2			X	X	X	X		X
4B2 Land converted to Cropland	N2O			X		X	X		X
4C1 Grassland remaining Grassland	CO2				X		X		X
4C2 Land converted to Grassland	CO2			X	X	X	X		X
4E Settlements	CO2			X	X	X	X		X
4E Settlements	N2O					X			X
4G Harvested wood products	CO2			X	X	X	X		X
4H Other	CH4						X		X
5A Solid Waste Disposal	CH4	X	X	X	X	X	X	X	X
5B Biological treatment of solid waste	CH4						X		X
5B Biological treatment of solid waste	N2O						X		X
5C Incineration and open burning of waste	CO2	X		X				X	X
5D Wastewater treatment and discharge	CH4	X	X	X	X	X	X	X	X
5D Wastewater treatment and discharge	N2O						X		X

1.6 Évaluation des incertitudes

L'évaluation des incertitudes associées à la détermination des émissions est nécessaire pour permettre une utilisation pertinente des informations correspondantes dans les différents cadres pour lesquels des inventaires d'émission sont réalisés.

En tout état de cause, il convient de garder à l'esprit que la connaissance des flux de polluants dans l'atmosphère reste liée à la connaissance et aux tentatives de représentation très imparfaites des phénomènes physiques, chimiques, biologiques, etc., intervenant dans la formation des polluants. Cette incertitude varie dans un domaine très large selon la source et la substance considérées.

Cette tâche d'évaluation des incertitudes est particulièrement complexe car, dans un grand nombre de cas, les données d'incertitudes de base, lorsqu'elles existent, sont constituées par des informations plus ou moins subjectives telles qu'un avis d'expert, des données non structurées pour les applications pressenties, introduisant de facto des biais, etc.

Force est de constater également que les données statistiques telles que celles fournies dans les bilans énergétiques ou les productions publiées par les organismes statistiques officiels ne comportent généralement aucune information sur l'incertitude liée à ces données.

Les exigences en matière d'évaluation d'incertitudes des émissions sont de plus en plus fortes au fur et à mesure que les engagements de réduction ou de limitation des émissions sont pris par les Etats dans le cadre de Conventions internationales. La problématique de la pollution de l'air et l'utilisation de données dans des modèles visant à déterminer l'impact des émissions dans l'environnement requiert également de disposer de données dont la précision peut être approchée.

Le GIEC a développé dans son guide des bonnes pratiques deux niveaux de méthodes pour évaluer les incertitudes sur les émissions totales des inventaires d'émissions :

- La méthode de rang 1, qui consiste à déterminer des intervalles de confiance sur chacun des paramètres (activité et facteur d'émission) à partir des données disponibles. Dans l'état actuel des connaissances, ces intervalles de confiance sont le plus souvent des avis d'experts. Un des points importants de cette méthode est l'identification d'éventuels biais (conscients ou inconscients) dans les avis d'experts. A cette fin, le guide du GIEC explicite différents types de biais connus. Les incertitudes sur les activités et/ou les facteurs d'émission peuvent également provenir de la littérature.
- La méthode de rang 2, qui vise à utiliser systématiquement des fonctions de densité de probabilité par la méthode de simulation stochastique comme la méthode de Monte Carlo. La mise en œuvre d'une telle méthode demande un investissement important et s'appuie également en pratique sur des avis d'experts.

L'évaluation des incertitudes totales sur les inventaires d'émission nationaux portent sur la méthode de rang 1. Les incertitudes sont déterminées pour chaque type de source en considérant les deux paramètres « activité » et « facteur d'émission ». La méthode de rang 2 avait fait l'objet d'investigations dans une étude confiée à la société SCM (Société de Calcul Mathématiques) financée par l'ADEME sur le modèle COPERT utilisé pour les émissions du trafic routier.

Cependant, comme dans la plupart des pays développés, les données d'entrée nécessaire à la mise en œuvre de la méthode de rang 2 du GIEC systématiquement à tous les secteurs et à toutes les années ne sont pas disponibles en général. L'expérience existante dans différents pays met en évidence que le gain de précision de la méthode de rang 2 est limité au regard de son rapport coût efficacité en particulier du fait que le recours à l'avis d'expert reste à ce jour la méthode la plus largement répandue, y compris lors de l'application de la méthode de rang 2. Toutefois, en vue de progresser dans l'estimation des incertitudes au moyen de méthodes de rang 2, des travaux de mise

en œuvre spécifique sur certains secteurs ont été réalisés. En particulier les deux secteurs qui font l'objet d'une investigation de type Monte-Carlo pour l'inventaire de gaz à effet de serre sont l'agriculture pour le N_2O des sols agricoles et l'UTCATF pour le CO_2. Les résultats de ces évaluations Monte-Carlo sont ensuite injectés dans la détermination des incertitudes tous secteurs, réalisée selon la méthode de rang 1 du GIEC. Le rapport national d'inventaire fait état des résultats tant en ce qui concerne les incertitudes en niveau qu'en tendance.

Certaines activités sont concernées vis-à-vis de plusieurs gaz à effet de serre. Par ailleurs, compte tenu des consolidations effectuées par bouclage sur des bilans énergétiques par exemple, l'incertitude relative à une source ou une catégorie de source peut être intrinsèquement plus grande que l'incertitude globale. La méthode de calcul des incertitudes globales utilisée pour les émissions de gaz à effet de serre est celle préconisée par le GIEC.

Les travaux effectués pour les gaz à effet de serre sont en partie utilisables pour les autres substances inventoriées pour ce qui concerne le paramètre « activité » souvent commun à diverses substances émises par un même type de source.

Tous les développements réalisés dans le cadre du système national d'inventaire s'efforcent d'intégrer systématiquement la quantification des incertitudes.

Actuellement, les estimations des incertitudes réalisées pour les inventaires couverts par le SNIEBA reposent essentiellement sur des appréciations d'experts et de bibliographie, en particulier la documentation du GIEC.

L'incertitude est ainsi relativement faible, c'est à dire inférieure ou de l'ordre de 5%, pour les gaz/sources pour lesquels il est possible de recouper les calculs par des bilans matières. Pour le CO_2, l'incertitude est notablement plus élevée en ce qui concerne par exemple les puits de carbone. A noter que les données résultant des dispositions relatives à la mise en place du système d'échanges des quotas de gaz à effet de serre contribuent à une réduction des incertitudes par suite des niveaux d'exigence élevés instaurés dans ce cadre.

Pour les polluants dont les émissions sont largement dépendantes des conditions opératoires (e.g. NOx, CO, COVNM, etc.), les incertitudes sont généralement élevées. Les niveaux d'incertitude sont très variables d'une source à l'autre pour une même substance. Il est évident qu'une source dont les rejets sont mesurés de façon permanente ou à intervalles réguliers permettra une évaluation plus précise. Il en est de même lorsque des bilans matières peuvent être mis en œuvre.

Ainsi, pour la plupart des substances relatives à la pollution transfrontalière (NOx, COVNM, NH_3, etc.), la quantification de l'incertitude est plus difficile que dans le cas des émissions de CO_2, comme expliqué plus haut. Toutefois, une quantification systématique des incertitudes sur les émissions de ces substances est également effectuée avec la méthode de rang 1 du GIEC (cf. rapport d'inventaire CEE-NU).

Concernant les gaz à effet de serre (GES), une quantification est fournie dans les inventaires d'émissions pour la CCNUCC. Si l'incertitude totale en niveau d'émission est relativement importante, l'incertitude sur l'évolution des émissions dans le temps est plus faible. Cela est dû aux relations qui existent entre les inventaires des différentes années : même méthodologie pour les différentes années, mêmes erreurs systématiques possibles ou approximations entre les années, etc.

Ainsi, le premier tableau de l'annexe 6 présente l'application de la méthode "Tier 1" du calcul d'incertitude pour l'inventaire d'émissions des sept gaz à effet de serre direct en 2017 et son évolution par rapport à 1990. Il ressort que **l'estimation de l'incertitude sur les émissions** totales exprimées en CO_2 équivalent **hors UTCATF pour l'année 2017 est de +/- 10,9% en niveau d'émission** (i.e. les émissions totales des sept gaz à effet de serre direct en 2017 sont de 465 +/- 51 Mt CO_2e).

Pour les émissions totales UTCATF inclus, l'incertitude sur l'année 2017 est de +/- 12,2% en niveau d'émission pour une émission totale de 432 Mt CO_2e.

Les poids notables des émissions de N_2O de l'agriculture (près de 8% en 2017) dans les émissions totales de la France (hors UTCATF), liés à la situation singulière française vis-à-vis de son approvisionnement électrique, dominée par son parc électronucléaire non émetteur en CO_2, **expliquent en grande partie l'incertitude globale relativement élevée de l'inventaire national de GES.** En effet, comme le montre le tableau de l'annexe 6, **le N_2O des sols de l'agriculture (3Da) affiche une incertitude représentant 8,6%** des émissions totales. Les autres secteurs dont l'incertitude sur les émissions représente un poids important par rapport aux émissions totales sont : le CH_4 des décharges (5A, 4,7% des émissions totales), le N_2O indirect des sols de l'agriculture (3Db, 4,1% des émissions totales), le CH_4 de la fermentation entérique (3A, 1,2% des émissions totales) et la consommation de HFC (1,1% des émissions totales). C'est notamment sur ces secteurs qu'il convient de faire porter des efforts en termes d'amélioration des connaissances.

Le deuxième tableau de l'annexe 6 présente l'application de la méthode "Tier 1" du calcul d'incertitude pour l'inventaire d'émissions des sept gaz à effet de serre direct pour l'année de référence de l'inventaire. Ainsi, en 1990, **l'estimation de l'incertitude sur les émissions** totales exprimées en CO_2 équivalent **hors UTCATF est de +/- 9,7% en niveau d'émission** (i.e. les émissions totales des sept gaz à effet de serre direct en 1990 sont de 546 +/- 53 Mt CO_2e). Pour les émissions totales UTCATF inclus, l'incertitude sur l'année 1990 est de +/- 10,5% en niveau d'émission pour des émissions totales de 525 Mt CO_2e. Comme pour 2017, **le N_2O des sols de l'agriculture (3Da) affiche l'incertitude la plus importante, représentant 7,8%** des émissions totales en 1990 (hors UTCATF). Les autres secteurs dont l'incertitude sur les émissions représente un poids important par rapport aux émissions totales sont, comme en 2017, le CH_4 des décharges (5A, 4,0% des émissions totales), le N_2O indirect des sols de l'agriculture (3Db, 3,5% des émissions totales) et le CH_4 de la fermentation entérique (3A, 1,1% des émissions totales). La consommation des HFC n'apparait pas contrairement à 2017 car ils n'étaient pas encore utilisés en 1990 et ne sont apparues que quelques années plus tard en remplacement des CFC et HCFC.

La méthode "Tier 1" permet également d'estimer l'incertitude sur l'évolution des émissions entre deux années. Fort logiquement, cette incertitude sur l'évolution est plus faible que celle portant sur le niveau d'émissions d'une année donnée. Cela s'explique par les fortes corrélations entre deux années dans l'élaboration des inventaires : mêmes méthodes d'estimations d'une année sur l'autre, mêmes erreurs systématiques ou approximations au cours de la période, etc. Ainsi, l'application de la méthode "Tier 1" donne **une incertitude sur l'évolution des émissions hors UTCATF entre l'année de référence 1990 et 2017 de +/- 2,1%** des émissions totales 1990 hors UTCATF, pour une évolution des émissions de -15,2%. Pour les émissions avec UTCATF, l'évolution des émissions totales exprimées en CO_2 équivalent en 2017 est de -17,7% des émissions de 1990 et l'incertitude sur la différence entre 2017 et 1990 est de +/- 2,3% des émissions de 1990.

1.7 Exhaustivité des inventaires

Couverture temporelle :

Les inventaires rapportés dans le cadre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto dans le présent rapport couvrent la période 1990-2017 avec un pas annuel. L'année de référence est 1990 pour toutes les substances.

Couverture géographique (cf. figure 7)

Le champ géographique couvert par la CCNUCC est l'ensemble constitué par les 13 régions de la Métropole et tous les territoires français situés Outre-mer. Ces derniers se classent en :

- Territoires d'Outre-mer non-inclus dans l'Union Européenne (Polynésie Française, Wallis-et-Futuna, Mayotte jusqu'en 2014, Nouvelle-Calédonie, Saint-Pierre-et-Miquelon, Saint-Barthélemy, et les Terres Australes et Antarctiques Françaises),
- Territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE comprenant la Guadeloupe, la Martinique, la Guyane, La Réunion, Mayotte depuis 2014 et Saint-Martin.

Périmètre du Protocole de Kyoto : par rapport à la Convention, le périmètre pris en compte n'est constitué que du territoire couvert par l'UE, c'est-à-dire qu'il exclut les territoires d'Outre-mer non inclus dans l'UE. Les tableaux ci-dessous illustrent le statut et les caractéristiques socio-économiques des différentes entités composant la France.

Tableau 10 : Couverture géographique de la France au regard des divers inventaires d'émissions

Statuts.xlsx

Source CITEPA/format CCNUCC - mars 2019	Catégorie		Inventaires					
	Statut "français"	Périmètre inclus / non inclus dans l'UE	CEE-NU	NEC	CCNUCC	CCNUCC Kyoto	GIC	SEQE
96 départements sur le continent européen	Départements métropolitains	inclus						
Guadeloupe Guyane Martinique Réunion	Départements d'Outre-mer	inclus						
Mayotte[(a)]	Département d'Outre-mer (depuis 2011)	inclus depuis janvier 2014						
Saint Martin	Collectivités d'Outre-mer (depuis mi-2007)	inclus						
Saint Barthélémy		non inclus (PTOM)[(c)] depuis janvier 2012						
Saint-Pierre et Miquelon Wallis et Futuna Polynésie française	Collectivités d'Outre-mer	non inclus (PTOM)[(c)]						
Nouvelle Calédonie	Collectivité *sui generis*	non inclus (PTOM)[(c)]						
Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) et Ile de Clipperton[(b)]	TAAF et Ile de Clipperton	non inclus (PTOM)[(c)]						

(a) Le territoire de Mayotte est devenu un département d'Outre-mer le 31 mars 2011, toutefois il n'est pas inclus automatiquement dans l'UE par son changement de statut (il reste un PTOM[(c)] avant janvier 2014, date à laquelle il est intégré à l'UE)

(b) Clipperton n'est pas cité dans l'annexe du Traité, ce n'est donc pas un PTOM officiellement et n'appartient pas à l'UE (cas similaire à celui des îles anglo-normandes pour le Royaume-Uni)

(c) La France comme d'autres Etats-membres comporte des territoires situés Outre-mer qui n'appartiennent pas à l'Union européenne ; ils ont généralement des liens d'association particuliers avec l'UE. Ces territoires sont désignés par le terme « Pays et Territoires d'Outre-mer » (PTOM) et figurent nommément dans l'annexe II de la Partie IV du Traité établissant une constitution pour l'Europe.

N.B. : afin de suivre les lignes directrices et bonnes pratiques du GIEC en matière de cohérence des séries temporelles, le même périmètre géographique « Kyoto » (le dernier en date) est appliqué depuis 1990 (avec Mayotte sur toute la série temporelle).

Tableau 11 : Paramètres socio-économiques de la France

CITEPA/format CCNUCC - mars 2019 — UNFCCC-Para-socio.xlsx

		Superficie	Population (milliers)			PIB (millions € courants)		
		(km²)	1990	2017	Evolution (%) 2017/1990	1990	2017	Evolution (%) 2017/1990
METROPOLE		549 188	56 709	64 910	14%	1 043 844	2 245 381	115%
Territoires Outre-mer inclus dans l'UE	Guadeloupe	1 628	352	394	12%	1 834	8 353	355%
	Saint-Martin	56	29	37	29%	356	642	80%
	Martinique	1 090	358	375	4,6%	2 945	8 678	195%
	Guyane	83 729	113	274	142%	995	4 217	324%
	Réunion	2 512	598	861	44%	4 326	18 182	320%
	Mayotte	375	89	249	181%	64	2 139	3261%
	TOTAL OM UE	89 390	1 539	2 189	42%	10 520	42 211	301%
PERIMETRE KYOTO		638 578	58 248	67 099	15%	1 054 364	2 287 592	117%
Territoires Outre-mer non inclus dans l'UE	Nouvelle Calédonie	18 576	169	279	65%	2 099	8 309	296%
	Polynésie Française	3 520	194	276	42%	2 639	4 967	88%
	Wallis et Futuna	142	14	12	-9%	68	209	208%
	St-Pierre et Miquelon	242	6,3	6,3	-0,1%	135	265	97%
	Saint-Barthélémy	21	5,0	9,4	87%	127	405	218%
	TOTAL OM hors UE	22 501	388	583	50%	5 068	14 154	179%
TOTAL FRANCE		661 079	58 635	67 681	15%	1 059 432	2 301 747	117%

Il en ressort que la Métropole représente 83,1% de la superficie totale de la France, avec 95,9% de la population et 97,6% du PIB en 2017. Cependant l'évolution relative à la hausse à la fois de la population et du PIB est plus forte en Outre-mer qu'en Métropole de 1990 à 2017.

Substances inventoriées :

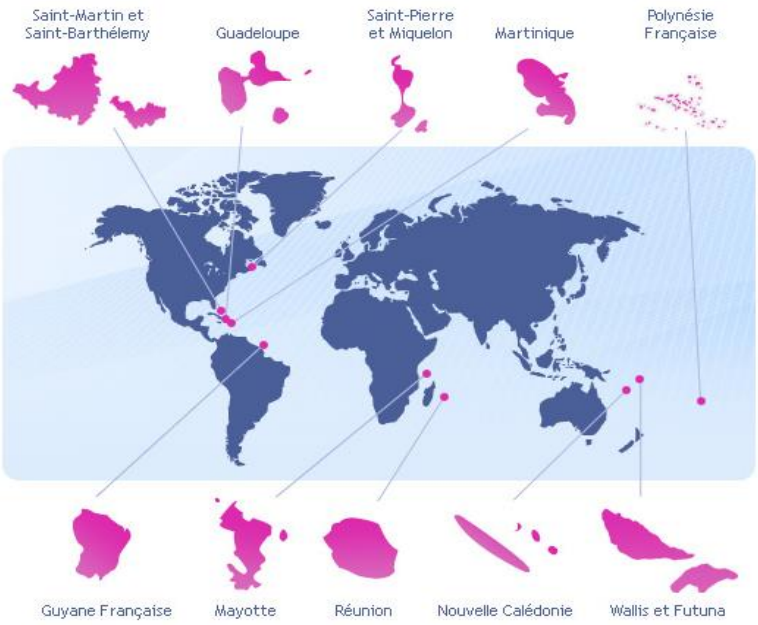
Toutes les substances exigées par la CCNUCC sont estimées, à savoir :

- CO_2,
- CH_4,
- N_2O,
- HFC (HFC-23, HFC-32, HFC-4310mee, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a, HFC-227ea, HFC-365mfc, HFC-245fa),
- PFC (PFC-14, PFC-116, C_3F_8, C_4F_8, C_4F_{10}, C_5F_{12}, C_6F_{14}, $C_{10}F_{18}$),
- SF_6,
- NF_3,
- Les gaz à effet de serre indirect (SO_2, CO, NO_X et COVNM).

Figure 7 : Carte de la France (Métropole et Outre-mer)

France métropolitaine

Territoires d'Outre-mer



Couverture des sources émettrices :

Tous les puits et sources d'émission appartenant à la nomenclature du GIEC sont inventoriés. Toutefois, il est utile de rappeler que les conventions suivantes ont été retenues :

- l'autoproduction d'électricité est comptabilisée dans le secteur producteur comme par exemple l'industrie, le chauffage urbain, etc. (spécification GIEC),
- les émissions de COVNM par évaporation dans le cas des véhicules routiers figurent dans la rubrique "transports routiers" de la catégorie "combustion" (spécification CCNUCC),
- la définition du trafic maritime international prise en compte est identique à celle retenue par la Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-NU). De ce fait, la majeure partie des soutes relatives aux ventes françaises n'est pas comptabilisée dans le

champ couvert par les émissions nationales. Cette partie correspond à environ 5,6 Mt CO_2e en 2017 et 8 Mt CO_2e en 1990 pour la France au périmètre Kyoto. La partie non comptabilisée dans le total national est rapportée hors total (spécification CCNUCC),

- le trafic aérien domestique, y compris les vols Métropole – Territoires d'Outre-mer, est inclus dans le total national, tandis que la part relative au trafic aérien international est rapportée séparément selon les spécifications CCNUCC (les quantités correspondantes passent de près de 8,5 Mt CO_2e en 1990 à 17,4 Mt CO_2e en 2017 pour la France au périmètre Kyoto),
- les forêts qui ne sont pas dans un état d'équilibre naturel ont été intégrées dans les émissions anthropiques,
- pour les incinérateurs avec récupération d'énergie, les émissions sont affectées à la production d'électricité et de chaleur.

Périmètre du Protocole de Kyoto : en application de l'article 3 paragraphe 7, seules les sources occasionnant des émissions nettes de gaz à effet de serre en 1990 sont comptabilisées. Ainsi l'UTCATF représentant un bilan puits de CO_2, ces émissions ne sont pas prises en compte dans les totaux relatifs au Protocole. Cependant, en vertu des articles 3.3. et 3.4, une comptabilité à part est mise en œuvre pour les activités.

Particularités

Selon les règles en vigueur, les émissions de CO_2 issues de la biomasse sont comptabilisées de la façon suivante :

- *pour la biomasse dite à rotation annuelle* : il s'agit de la matière organique produite et détruite dans la même année (ex : carottes, etc.). Les émissions de CO_2 liées à la destruction thermique ou par dégradation aérobie de cette biomasse sont exclues ;
- *pour la biomasse ligneuse (bois et dérivés)* : les émissions de CO_2 issues de cette biomasse sont comptabilisées dans la catégorie 4 du CRF relative à l'UTCATF, partie récolte forestière. L'utilisation en tant que combustible est rappelée pour mémoire dans la catégorie 1 du CRF relative à l'énergie mais exclue des totaux du secteur de l'énergie ;
- *pour les déchets* : les émissions de CO_2 d'origine organique lors du traitement des déchets ne sont pas retenues : seule la part inorganique est conservée, et le CO_2 provenant de l'incinération des boues issues du traitement des eaux, de l'épandage des boues, des décharges, de la fabrication de compost et de la production de biogaz est exclu.

Sources manquantes (non estimées)

Conformément aux recommandations des Nations unies, à partir du moment où une source est définie dans les Lignes directrices du GIEC 2006 et qu'une méthodologie de calcul est fournie, alors la source d'émission doit être estimée. Dans le cas où une telle source ne peut être estimée, la notation « NE » est ajoutée et des investigations sont planifiées, dans la mesure du possible, dans le cadre de l'amélioration continue déployée au sein du SNIEBA. Quelques sources d'émissions sont clairement non estimées, elles apparaissent donc en « NE » dans les tables CRF. Il est à noter que les secteurs CRF dont les émissions ne sont pas estimées, car aucun facteur d'émission n'est proposé dans les Lignes directrices du GIEC 2006, sont également rapportés en « NE » (par exemple les émissions de CH_4 et de N_2O issues de la crémation).

Tableau 12 : Liste des sources couvertes par la notation « NE »

Sources and sinks not estimated ("NE")[1]			
GHG	**Sector[2]**	**Source/sink category[2]**	**Explanation**
CH4	Agriculture	3.1 Livestock/3.A Enteric Fermentation/3.A.4 Other livestock/Other (please specify)/Rabbit	Emissions due to enteric fermentation from rabbits are very low. IPCC guidelines do not provide any emission factor for this category of livestock.
CH4	Agriculture	3.1 Livestock/3.A Enteric Fermentation/3.A.4 Other livestock/Poultry	very low. IPCC guidelines do not provide any emission factor for this category of livestock.
CH4	Energy	1.D Memo Items/1.D.2 Multilateral Operations	sent from French Guiana. Only CO2 emissions are estimated for this activity.
CH4	Industrial Processes and Product Use	2.D Non-energy Products from Fuels and Solvent Use/2.D.3 Other (please specify)/Asphalt roofing	Only COVNM, CO and particulate matter are estimated for asphalt roofing
CH4	Waste	5.B Biological Treatment of Solid Waste/5.B.2 Anaerobic Digestion at Biogas Facilities/5.B.2.a Municipal Solid Waste	Amount of CH4 flared and Amount of CH4 for energy recovery are not necessary for the calculation
CH4	Waste	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Other (please specify)/Cremation	This emission is not estimated due to the lack of emission factor in the IPCC.
CO2	Energy	1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/1.A.1 Energy Industries/1.A.1.c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	The only CCS experiment in France consisted of injecting a few kt of CO2 during 3 years (2010 to 2013). A monitoring phase is now under way. CO2 storage is not reported in the French inventory.
CO2	Energy	1.B Fugitive Emissions from Fuels/1.B.2 Oil and Natural Gas and Other Emissions from Energy Production/1.B.2.a Oil/1.B.2.a.1 Exploration	Preliminary Tier 1 calculations have demonstrated that for the entire inventory period such emissions are far below 500 kt CO2e and represent less than 0.05 percents of the total greenhouse gas emissions of France.
CO2	Industrial Processes and Product Use	2.D Non-energy Products from Fuels and Solvent Use/2.D.3 Other (please specify)/Asphalt roofing	Only COVNM, CO and particulate matter are estimated for asphalt roofing
CO2	Waste	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Other (please specify)/Cremation	Biogenic CO2 emissions are not estimated for waste incineration
CO2	Waste	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Sewage Sludge	Sewage Sludge are considered as 100% biomass : No CO2 EF available
N2O	Energy	1.D Memo Items/1.D.2 Multilateral Operations	sent from French Guiana. Only CO2 emissions are estimated for this activity.
N2O	Industrial Processes and Product Use	2.D Non-energy Products from Fuels and Solvent Use/2.D.3 Other (please specify)/Asphalt roofing	Only COVNM, CO and particulate matter are estimated for asphalt roofing
N2O	LULUCF	4.A Forest Land 4.A Forest Land/4.A.1 Forest Land Remaining Forest Land/4(III) Direct N2O Emissions from N Mineralization/Immobilization	N2O emissions linked with mineralisation are currently only estimated for land conversions
N2O	LULUCF	4.C Grassland 4.C Grassland/4.C.1 Grassland Remaining Grassland/4(III) Direct N2O Emissions from N Mineralization/Immobilization	N2O emissions linked with mineralisation are currently only estimated for land conversions
N2O	LULUCF	4.D Wetlands/4.D.1 Wetlands Remaining Wetlands/4(III) Direct N2O Emissions from N Mineralization/Immobilization 4.D Wetlands	N2O emissions linked with mineralisation are currently only estimated for land conversions
N2O	LULUCF	4.D Wetlands/4.D.2 Land Converted to Wetlands/4(III) Direct N2O Emissions from N Mineralization/Immobilization 4.D Wetlands	N2O emissions linked with mineralisation are currently only estimated for land conversions
N2O	LULUCF	4.E Settlements 4.E Settlements/4.E.1 Settlements Remaining Settlements/4(III) Direct N2O Emissions from N Mineralization/Immobilization	N2O emissions linked with mineralisation are currently only estimated for land conversions
N2O	LULUCF	4.F Other Land/4(III) Direct N2O Emissions from N Mineralization/Immobilization 4.F Other Land	N2O emissions linked with mineralisation are currently only estimated for land conversions
N2O	Waste	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Other (please specify)/Cremation	This emission is not estimated due to the lack of emission factor in the IPCC.

Sources comptabilisées ailleurs

Des secteurs peuvent être comptabilisés avec d'autres secteurs pour diverses raisons tel que le respect de la confidentialité d'une donnée par exemple. Le tableau suivant liste les différents secteurs alloués dans un autre secteur de l'inventaire.

Tableau 13 : Liste des sources couvertes par la notation « IE »

Sources and sinks reported elsewhere ("IE")[3]				
GHG	**Source/sink category**	**Allocation as per IPCC Guidelines**	**Allocation used by the Party**	**Explanation**
C10F18	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/C10F18	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
C2F6	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/C2F6	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
C3F8	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/C3F8	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
C4F10	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/C4F10 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
C5F12	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/C5F12	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
C6F14	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/C6F14	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
CF4	2.E Electronics Industry/2.E.3 Photovoltaics 2.E Electronics Industry/2.E.3 Photovoltaics/CF4	2.E.3	2.E.1	Emissions are aggregated to respect confidentiality
CF4	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/CF4	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
CH4	1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/1.A.3 Transport/1.A.3.c Railways 1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/1.A.3 Transport/1.A.3.c Railways/Solid Fuels		1.A.4.A	Emissions from Railways are included in 1.A.4.A
CH4	1.B Fugitive Emissions from Fuels/1.B.2 Oil and Natural Gas and Other Emissions from Energy Production/1.B.2.b Natural Gas/1.B.2.b.2 Production	1.B.2.b.2 production	1.B.2.b.2 processing	Production and processing cannot be split and are entirely reported under processing
CH4	1.B Fugitive Emissions from Fuels/1.B.2 Oil and Natural Gas and Other Emissions from Energy Production/1.B.2.c Venting and Flaring/1.B.2.c.1 Venting/1.B.2.c.1.ii Gas	1.B.2.c.1.ii	1.B.2.c.2.ii	Venting emissions are not separately reported by the plant, included within Flaring emission reporting.
CH4	2.B Chemical Industry/2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.b Ethylene	2.B.8.b	2.B.10	Emissions from ethylene, ethylene dichloride and propylene are estimated together and cannot be reported separately.
CH4	2.B Chemical Industry/2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.c Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer	2.B.8.c	2.B.10	Emissions from ethylene, ethylene dichloride and propylene are estimated together and cannot be reported separately.
CH4	2.C Metal Industry/2.C.1 Iron and Steel Production/2.C.1.d Sinter	2.C.1.d	1.A.2.a	Emissions from process and energy consumption are merged in 1.A.2.a
CH4	4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Flooded Lands/Total Mineral Soils/Rewetted Mineral Soils	4(II)	4.H	Emissions from the reservoir of Petit-Saut are included in 4.H
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Clinical Waste	5.C.1.1.b.3	5.C.1.1.b.5	Clinical Waste are considered as 100% fossile
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Hazardous Waste	5.C.1.1.b.2	5.C.1.1.b.5	Hazardous Waste are considered as 100% fossile
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Industrial Solid Wastes	5.C.1.1.b.1	5.C.1.1.a	Non dangerous industrial solid waste are reported with municipal solid waste
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.b Other (please specify)/Fossil liquid waste	5.C.1.2.b.4	5.C.1.2.b.2	Fossil liquid waste are reported with hazardous wastes
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.b Other (please specify)/Industrial Solid Wastes	5.C.1.2.b.1	5.C.1.2.a	Non dangerous industrial solid waste are reported with municipal solid waste

Sources and sinks reported elsewhere ("IE")(3)				
GHG	**Source/sink category**	**Allocation as per IPCC Guidelines**	**Allocation used by the Party**	**Explanation**
CO2	1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/1.A.3 Transport/1.A.3.c Railways 1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/1.A.3 Transport/1.A.3.c Railways/Solid Fuels		1.A.4.A	Emissions from Railways are included in 1.A.4.A
CO2	1.B Fugitive Emissions from Fuels/1.B.2 Oil and Natural Gas and Other Emissions from Energy Production/1.B.2.b Natural Gas/1.B.2.b.2 Production	1.B.2.b.2 production	1.B.2.b.2 processing	Production and processing cannot be split and are entirely reported under processing
CO2	1.B Fugitive Emissions from Fuels/1.B.2 Oil and Natural Gas and Other Emissions from Energy Production/1.B.2.c Venting and Flaring/1.B.2.c.1 Venting/1.B.2.c.1.ii Gas	1.B.2.c.1.ii	1.B.2.c.2.ii	Venting emissions are not separately reported by the plant, included within Flaring emission reporting.
CO2	1.C CO2 Transport and Storage/Injection and Storage/Injection	1.C.2.a	1. B. 2. b. Natural gas	The only CCS experiments in France consisted of injecting a few kt of CO2 during 3 years (2010 to 2013). Possible fugitive emissions due to injections are included in the global fugitive emissions reported under 1. B. 2. b. Natural gas
CO2	1.C CO2 Transport and Storage/Injection and Storage/Storage	1.C.2.b	1. B. 2. b. Natural gas	The only CCS experiments in France consisted of injecting a few kt of CO2 during 3 years (2010 to 2013) in the site of Lacq. Possible fugitive emissions due to injections are included in the global fugitive emissions reported under 1. B. 2. b. Natural gas
CO2	2.B Chemical Industry/2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.b Ethylene	2.B.8.b	2.B.10	Emissions from ethylene, ethylene dichloride and propylene are estimated together and cannot be reported separately.
CO2	2.B Chemical Industry/2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.c Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer	2.B.8.c	2.B.10	Emissions from ethylene, ethylene dichloride and propylene are estimated together and cannot be reported separately.
CO2	2.C Metal Industry/2.C.1 Iron and Steel Production/2.C.1.d Sinter	2.C.1.d	1.A.2.a	Emissions from process and energy consumption are merged in 1.A.2.a
CO2		Table 6	Tables 4	Indirect CO2 from LULUCF is included with direct CO2 in LULUCF tables
CO2	4.A Forest Land/4.A.1 Forest Land Remaining Forest Land/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).A.1	4.A.1	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.A Forest Land/4.A.2 Land Converted to Forest Land/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).A.2	4.A.2	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.B Cropland/4.B.1 Cropland Remaining Cropland/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).B.1	4.B.1	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.B Cropland/4.B.2 Land Converted to Cropland/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).B.2	4.B.2	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.C Grassland/4.C.1 Grassland Remaining Grassland/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).C.1	4.C.1	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.C Grassland/4.C.2 Land Converted to Grassland/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).C.2	4.C.2	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Flooded Lands/Total Mineral Soils/Rewetted Mineral Soils	4(II)	4.H	Emissions from the reservoir of Petit-Saut are included in 4.H
CO2	4.D Wetlands/4.D.1 Wetlands Remaining Wetlands/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).D.1	4.D.1	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.D Wetlands/4.D.2 Land Converted to Wetlands/4(V) Biomass Burning/Controlled Burning	4(V).D.2	4.D.2	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	4.E Settlements/4(V) Biomass Burning 4.E Settlements	4(V).E.2	4.E.2	CO2 emissions from controlled burning are included in the carbon stock change
CO2	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Clinical Waste	5.C.1.1.b.3	5.C.1.1.b.5	Clinical Waste are considered as 100% fossile
CO2	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Hazardous Waste	5.C.1.1.b.2	5.C.1.1.b.5	Hazardous Waste are considered as 100% fossile
CO2	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Industrial Solid Wastes	5.C.1.1.b.1	5.C.1.1.b.5	Reported with municipal solid waste
CO2	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.b Other (please specify)/Fossil liquid waste	5.C.1.2.b.4	5.C.1.2.b.2	Fossil liquid waste and industrial solid waste are reported with hazardous wastes
CO2	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.b Other (please specify)/Industrial Solid Wastes	5.C.1.2.b.1	5.C.1.2.b.2	Fossil liquid waste and industrial solid waste are reported with hazardous wastes
HFC-134a	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.6 Other Applications/2.F.6.a Emissive/HFC-134a	2.F.6 Emissive (from manufacture)	2.F.Solvents (from stocks)	Emissions are aggregated to respect confidentiality (1 site)
N2O	1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/1.A.3 Transport/1.A.3.c Railways 1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/1.A.3 Transport/1.A.3.c Railways/Solid Fuels		1.A.4.A	Emissions from Railways are included in 1.A.4.A
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Clinical Waste	5.C.1.1.b.3	5.C.1.1.b.5	Clinical, hazardous and industrial solid waste are reported together under the category other
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Hazardous Waste	5.C.1.1.b.2	5.C.1.1.b.5	Clinical, hazardous and industrial solid waste are reported together under the category other
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Industrial Solid Wastes	5.C.1.1.b.1	5.C.1.1.b.5	Clinical, hazardous and industrial solid waste are reported together under the category other
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.b Other (please specify)/Fossil liquid waste	5.C.1.2.b.4	5.C.1.2.b.2	Fossil liquid waste and industrial solid waste are reported with hazardous wastes
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.b Other (please specify)/Industrial Solid Wastes	5.C.1.2.b.1	5.C.1.2.b.2	Non dangerous industrial waste are reported with MSW
Unspecified mix of PFCs	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/Unspecified mix of PFCs	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
c-C3F6	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/c-C3F6	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)
c-C4F8	2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid 2.E Electronics Industry/2.E.4 Heat Transfer Fluid/c-C4F8	2.E.4	2.G.2.Solvents medicals and other use of PFC	PFC emissions cannot be split between different uses (heat transfer use, etc.)

2 EVOLUTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

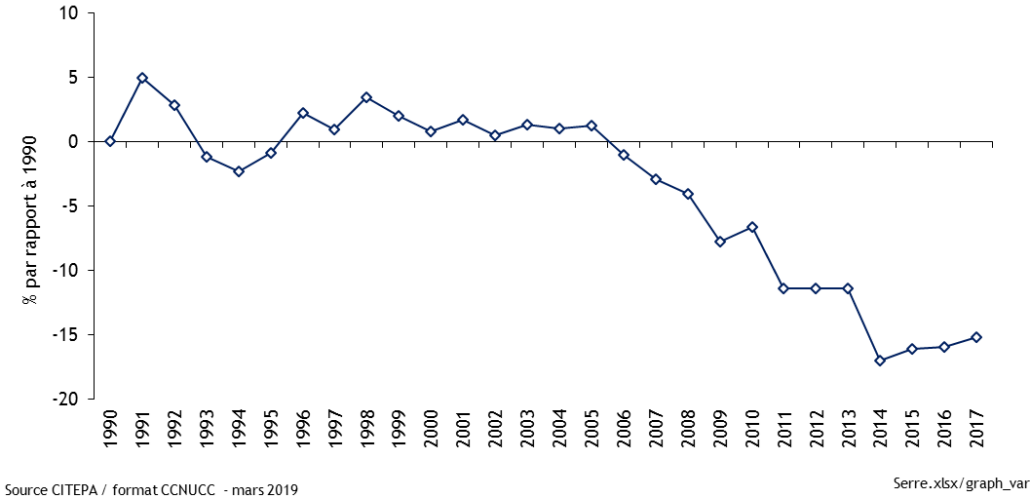
2.1 Évolution globale des émissions de gaz à effet de serre

☞ cf. annexe 7 : CRF 1990, 2015 et 2017 pour des résultats résumés, les autres années sont disponibles sur les fichiers informatiques

2.1.1 Évolution en France – périmètre Kyoto

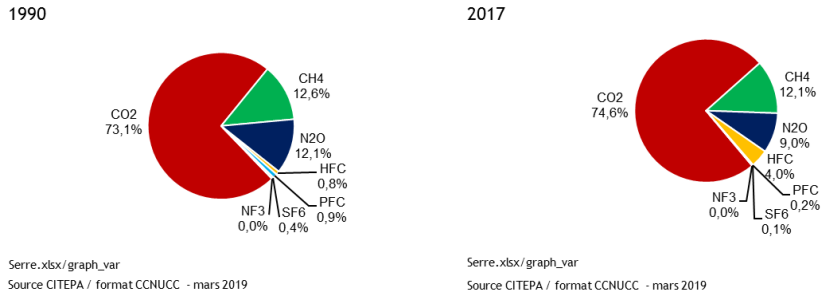
Les variations des rejets des sept gaz à effet de serre se traduisent globalement par une baisse de 15,2% des émissions (hors UTCATF) en 2017 comparé au niveau de 1990. Les émissions totales exprimées en CO_2 équivalent, UTCATF inclus, sont en baisse de 18% de 1990 à 2017. Une réduction encore plus notable est observée lorsque les émissions totales, UTCATF inclus, sont rapportées à la population (-29%) ou au Produit Intérieur Brut (-62%). Cette baisse des émissions totales résulte des évolutions respectives des différents gaz dont les émissions sont toutes en baisse par rapport à 1990, excepté pour les HFC. Les fluctuations des émissions totales sont également liées à la rigueur du climat selon les années, et aux conditions économiques.

Figure 8 : Variations des émissions totales hors UTCATF au cours de la période 1990-2017 en France (Périmètre Kyoto)



Les évolutions respectives des différents gaz à effet de serre conduisent aux contributions suivantes (hors UTCATF) en France pour les années 1990 et 2017 :

Figure 9 : Contribution des différents gaz à effet de serre aux émissions totales hors UTCATF en 1990 et 2017 pour la France (périmètre Kyoto)



La contribution du CO_2 aux émissions totales hors UTCATF augmente de 1990 à 2017 tout comme celle des HFC alors que, pour tous les autres gaz à effet de serre, celle-ci diminue. En 2017, le CO_2 participe à hauteur de 74,6% aux émissions totales hors UTCATF devant le CH_4 avec 12,1%, puis le N_2O avec 9,0%. Les HFC, PFC, SF_6, et NF_3 occupent respectivement les dernières positions avec une contribution totale d'environ 4,3%.

Le tableau suivant synthétise les évolutions des émissions de l'ensemble des gaz couverts par le Protocole de Kyoto.

Tableau 14 : Émissions de gaz à effet de serre en France (Périmètre Kyoto)

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2019 — serre/recap_Kyoto.xlsx

Substance	Unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Ecart (%) 2017/90
Gaz à effet de serre direct																		
CO_2 (direct et indirect)	Mt	401	397	416	427	416	405	399	382	390	365	366	367	335	341	343	346	-14%
Hors UTCATF	Mt éq. C(**)	109	108	113	116	113	111	109	104	106	100	100	100	91	93	94	94	-14%
CO_2 (direct et indirect)	Mt	374	369	394	378	364	353	346	333	346	326	325	322	298	301	305	310	-17%
net[b]	Mt éq. C(**)	102	101	108	103	99	96	94	91	94	89	89	88	81	82	83	85	-17%
CH_4	kt	2 771	2 834	2 775	2 552	2 522	2 505	2 506	2 461	2 451	2 398	2 344	2 322	2 314	2 283	2 267	2 250	-19%
Hors UTCATF	Mt CO2e	69	71	69	64	63	63	63	62	61	60	59	58	58	57	57	56	-19%
	Mt éq. C(**)	19	19	19	17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	15	15	-19%
CH_4	kt	2 811	2 984	2 845	2 602	2 570	2 553	2 553	2 509	2 499	2 445	2 390	2 366	2 360	2 329	2 314	2 298	-18%
net (b)	Mt éq. CO2	70	75	71	65	64	64	64	63	62	61	60	59	59	58	58	57	-18%
	Mt éq. C (**)	19	20	19	18	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	-18%
N_2O	kt	222	226	185	160	156	156	154	148	141	136	137	136	140	140	136	141	-37%
Hors UTCATF	Mt CO2e	66	67	55	48	46	47	46	44	42	41	41	41	42	42	41	42	-37%
	Mt éq. C(**)	18	18	15	13	13	13	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	-37%
N_2O	kt	233	236	196	170	166	166	164	159	151	146	147	146	150	150	147	151	-35%
net (b)	Mt éq. CO2	69	70	58	51	49	50	49	47	45	44	44	44	45	45	44	45	-35%
	Mt éq. C (**)	19	19	16	14	13	14	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	-35%
HFC	t	659	900	3 332	6 633	7 000	7 525	7 941	7 833	8 254	8 770	8 894	8 806	8 861	9 001	9 134	8 890	1250%
	Mt CO2e	4,4	1,9	6,6	13,4	14,4	15,2	16,1	16,2	17,3	18,4	18,8	18,8	18,9	19,1	19,3	18,7	325%
	Mt éq. C(**)	1,2	0,5	1,8	3,6	3,9	4,1	4,4	4,4	4,7	5,0	5,1	5,1	5,1	5,2	5,3	5,1	325%
PFC	t	588	357	346	204	167	135	87	61	68	86	87	74	68	59	74	77	-87%
	Mt CO2e	5,2	3,1	3,0	1,8	1,5	1,2	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	-86%
	Mt éq. C(**)	1,4	0,8	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	-86%
SF_6	t	97	114	104	59	55	50	50	42	38	29	29	26	21	22	22	20	-79%
	Mt CO2e	2,2	2,6	2,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	-79%
	Mt éq. C(**)	0,6	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	-79%
NF_3	t	1,0	0,4	1,2	1,8	1,7	2,4	2,7	1,5	1,9	1,8	1,2	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	-54%
	Mt CO2e	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-54%
	Mt éq. C(**)	0,004	0,002	0,005	0,009	0,008	0,011	0,013	0,007	0,009	0,009	0,006	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	-54%
PRG[c]	Mt CO2e	548	543	552	555	542	532	526	506	512	486	485	485	455	460	461	465	-15%
Hors UTCATF	Mt éq. C(**)	149	148	151	151	148	145	143	138	140	132	132	132	124	125	126	127	-15%
PRG net [b]	Mt éq. CO2	526	521	536	510	495	484	477	461	472	451	449	445	422	424	427	433	-18%
	Mt éq. C (**)	143	142	146	139	135	132	130	126	129	123	122	121	115	116	116	118	-18%
	kg CO_2/hab.	9 029	8 758	8 798	8 078	7 786	7 568	7 408	7 122	7 265	6 904	6 832	6 740	6 366	6 366	6 388	6 448	-29%
	kg C/hab.(**)	2 462	2 388	2 399	2 203	2 123	2 064	2 020	1 942	1 981	1 883	1 863	1 838	1 736	1 736	1 742	1 759	-29%
	g CO_2/€ PIB	499	426	361	288	267	249	239	238	236	219	215	210	196	193	192	189	-62%
	g C /€ PIB(**)	136	116	98	78	73	68	65	65	64	60	59	57	54	53	52	52	-62%
Gaz à effet de serre indirect																		
SO_2 net[a]	kt	1 303	988	653	486	458	440	379	315	295	273	258	232	192	181	163	162	-88%
NOx net[a]	kt	2 112	1 938	1 768	1 570	1 481	1 418	1 321	1 238	1 222	1 163	1 127	1 116	1 028	996	954	923	-56%
hors UTCATF[c]	kt	2 091	1 918	1 748	1 553	1 465	1 402	1 305	1 222	1 205	1 146	1 110	1 101	1 011	979	937	905	-57%
COVNM net[a]	kt	3 958	3 613	3 148	2 757	2 765	2 372	2 296	2 351	2 268	2 283	2 191	2 192	2 190	2 248	2 187	2 241	-43%
hors UTCATF[c]	kt	2 856	2 465	2 022	1 540	1 436	1 313	1 237	1 155	1 166	1 092	1 047	1 034	1 016	992	977	971	-66%
CO net[a]	kt	11 134	9 754	7 248	5 861	5 242	5 072	4 834	4 392	4 804	4 135	3 786	3 815	3 315	3 288	3 359	3 337	-70%
hors UTCATF[c]	kt	10 378	9 050	6 553	5 255	4 672	4 508	4 289	3 824	4 211	3 543	3 201	3 262	2 730	2 692	2 747	2 706	-74%

(a) hors utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)

(b) UTCATF inclus

(c) pouvoir de réchauffement global intégré sur une période de 100 ans et calculé sur la base des coefficients suivants :

CO_2 = 1 ; CH_4 = 25 ; N_2O = 298 ; SF_6 = 22800 ; NF_3 = 17200 ; HFC et PFC = valeurs variables dépendantes de la part relative des différentes molécules.

(*) Les émissions du trafic maritime international et du trafic aérien international sont exclues.

(**) kt équivalent Carbone = (12/44) kt équivalent CO_2

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Ecart (%) 2017/90
Population (10^3 hab.)[e]	58 248	59 519	60 890	63 159	63 600	63 993	64 355	64 688	65 004	65 327	65 651	65 985	66 301	66 611	66 853	67 099	15%
PIB (10^9 € courants)[e]	1 054	1 224	1 486	1 772	1 854	1 946	1 996	1 940	1 999	2 060	2 087	2 116	2 148	2 195	2 223	2 288	117%

(e) source INSEE

2.1.2 Particularités des émissions de la Métropole et des territoires Outre-mer inclus dans l'UE

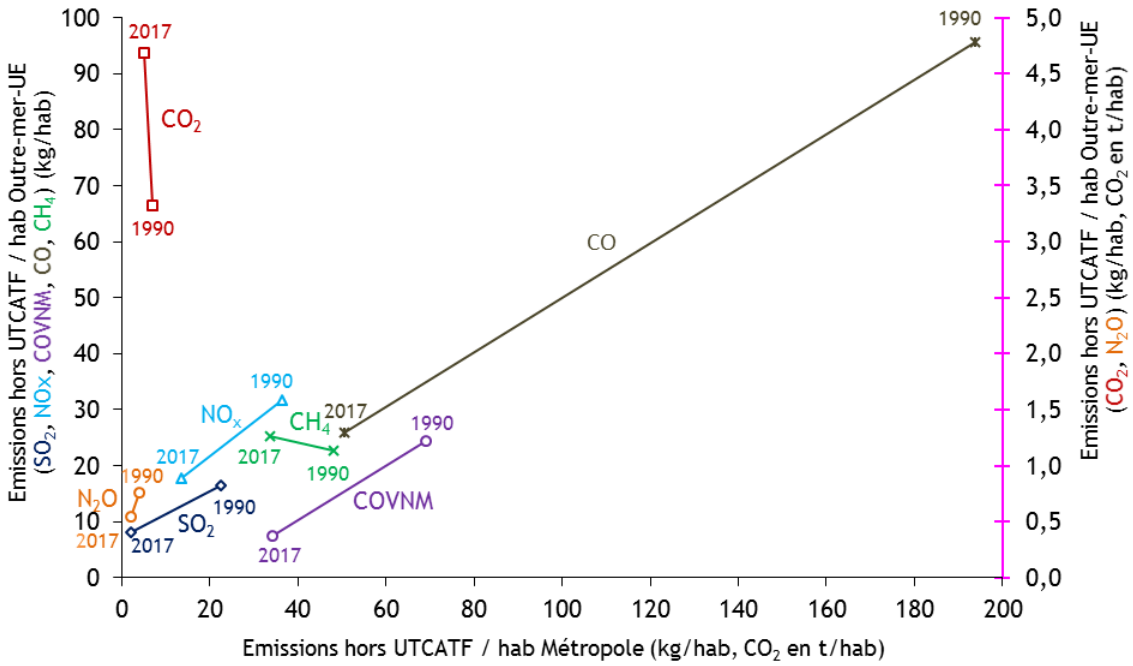
La France, au sens du Protocole Kyoto, est constituée de deux entités : la Métropole et les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE – *cf. §1.7*. Les spécificités de l'Outre-mer engendrent des profils d'émissions qui diffèrent pour chaque entité.

En termes d'émissions totales exprimées en CO_2 équivalent (hors UTCATF), les observations suivantes sont faites pour les années 2017 et 1990 :

- En 2017, les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE émettent 16,5 Mt CO_2e soit un peu moins de 4% du total des émissions du périmètre KP, pour respectivement 9,3 Mt CO_2e et peu moins de 2% en 1990.

Une nette augmentation des émissions de CO_2 dans les territoires Outre-mer UE est observée au cours de la période 1990-2017 (+72% d'émission de CO_2, soit une hausse de 5,75 Mt). Les émissions totales en CO_2e sur cette même période sont donc en hausse de 77% pour l'Outre-mer UE alors qu'en Métropole, les émissions sont en baisse d'un peu moins de 20%.

Figure 10 : Évolution des émissions hors UTCATF par habitant entre 1990 et 2017 (périmètre Kyoto)



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

Serre.xlsx/graph_var

Cet accroissement important des émissions des territoires Outre-mer UE comparé à l'évolution de la Métropole est lié à une augmentation soutenue de la consommation d'énergie fossile. Les émissions de CO_2 sont faibles en valeurs mais fortes en évolution relative depuis 1990. Cette évolution s'explique, d'une part, par les caractéristiques socio-économiques (*cf. section 1.7)* et, d'autre part, par les spécificités technologiques de ces territoires.

2.1.3 Évolutions des émissions au titre de la Convention

Les évolutions des émissions au périmètre Convention sont similaires à celles du périmètre Kyoto (cf. chapitre 2.1.1 et 2.2).

Les variations des rejets des sept gaz à effet de serre se traduisent globalement par une baisse de 14,5% des émissions totales exprimées en CO_2 équivalent (hors UTCATF) en 2017 comparé au niveau de 1990. Les émissions totales, UTCATF inclus, sont en baisse de 17% de 1990 à 2017.

Tableau 15 : Émissions des gaz à effet de serre en France (France entière)

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2019 — serre/recap_France.xlsx

Substance	Unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Ecart (%) 2017/90
Gaz à effet de serre direct																		
CO_2 (direct et indirect)	Mt	403	401	419	431	420	410	403	386	394	370	371	372	341	347	349	352	-13%
Hors UTCATF	Mt éq. C(**)	110	109	114	118	115	112	110	105	108	101	101	101	93	95	95	96	-13%
CO_2 (direct et indirect)	Mt	377	372	398	382	369	358	350	337	351	332	330	327	305	307	312	316	-16%
net[b]	Mt éq. C(**)	103	101	109	104	101	98	96	92	96	90	90	89	83	84	85	86	-16%
CH_4	kt	2 786	2 849	2 791	2 567	2 536	2 520	2 521	2 477	2 466	2 414	2 359	2 338	2 330	2 299	2 284	2 266	-19%
Hors UTCATF	Mt CO2e	70	71	70	64	63	63	63	62	62	60	59	58	58	57	57	57	-19%
	Mt éq. C(**)	19	19	19	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	15	-19%
CH_4	kt	2 826	3 000	2 861	2 619	2 586	2 569	2 569	2 525	2 515	2 461	2 406	2 383	2 377	2 346	2 331	2 315	-18%
net (b)	Mt éq. CO2	71	75	72	65	65	64	64	63	63	62	60	60	59	59	58	58	-18%
	Mt éq. C (**)	19	20	20	18	18	18	18	17	17	17	16	16	16	16	16	16	-18%
N_2O	kt	223	226	186	160	156	157	154	149	141	136	137	136	141	140	137	141	-37%
Hors UTCATF	Mt CO2e	66	67	55	48	47	47	46	44	42	41	41	41	42	42	41	42	-37%
	Mt éq. C(**)	18	18	15	13	13	13	13	12	11	11	11	11	11	11	11	11	-37%
N_2O	kt	233	237	196	171	166	167	164	159	152	147	148	147	151	150	147	152	-35%
net (b)	Mt éq. CO2	70	71	58	51	50	50	49	47	45	44	44	44	45	45	44	45	-35%
	Mt éq. C (**)	19	19	16	14	14	14	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	-35%
HFC	t	659	905	3 344	6 661	7 029	7 559	7 976	7 865	8 288	8 805	8 927	8 840	8 896	9 038	9 172	8 930	1256%
	Mt CO2e	4,4	1,9	6,6	13,4	14,4	15,3	16,1	16,3	17,4	18,5	18,8	18,9	18,9	19,2	19,3	18,8	327%
	Mt éq. C(**)	1,2	0,5	1,8	3,7	3,9	4,2	4,4	4,4	4,7	5,0	5,1	5,2	5,2	5,2	5,3	5,1	327%
PFC	t	588	357	346	204	167	135	87	61	68	86	87	74	68	59	74	77	-87%
	Mt CO2e	5,2	3,1	3,0	1,8	1,5	1,2	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	-86%
	Mt éq. C(**)	1,4	0,8	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	-86%
SF_6	t	97	114	104	60	55	50	50	42	38	29	29	26	21	22	22	20	-79%
	Mt CO2e	2,2	2,6	2,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	-79%
	Mt éq. C(**)	0,6	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	-79%
NF_3	t	1,0	0,4	1,2	1,8	1,7	2,4	2,7	1,5	1,9	1,8	1,2	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	-54%
	Mt CO2e	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-54%
	Mt éq. C(**)	0,004	0,002	0,005	0,009	0,008	0,011	0,013	0,007	0,009	0,009	0,006	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	-54%
PRG[c]	Mt CO2e	551	547	556	559	547	537	530	510	517	491	491	491	461	466	468	471	-15%
Hors UTCATF	Mt éq. C(**)	150	149	152	153	149	146	145	139	141	134	134	134	126	127	128	128	-15%
PRG net [b]	Mt éq. CO2	529	525	540	515	500	489	482	466	478	457	454	451	429	431	434	439	-17%
	Mt éq. C (**)	144	143	147	140	136	133	131	127	130	125	124	123	117	118	118	120	-17%
	kg CO_2/hab.	9 086	8 824	8 867	8 156	7 863	7 647	7 485	7 201	7 351	6 993	6 921	6 831	6 470	6 469	6 497	6 549	-28%
	kg C/hab.(**)	2 478	2 407	2 418	2 224	2 145	2 085	2 041	1 964	2 005	1 907	1 887	1 863	1 765	1 764	1 772	1 786	-28%
	g CO_2/€ PIB	500	427	361	289	268	250	240	239	238	220	216	212	198	195	194	191	-62%
	g C /€ PIB(**)	136	116	99	79	73	68	65	65	65	60	59	58	54	53	53	52	-62%
Gaz à effet de serre indirect																		
SO_2 net[a]	kt	1 321	1 010	671	505	476	457	392	330	312	291	276	250	213	203	188	184	-86%
NOx net[a]	kt	2 132	1 960	1 793	1 600	1 510	1 447	1 349	1 267	1 250	1 190	1 155	1 143	1 056	1 024	984	951	-55%
hors UTCATF[c]	kt	2 110	1 939	1 773	1 582	1 493	1 431	1 333	1 250	1 232	1 173	1 138	1 127	1 039	1 007	966	933	-56%
COVNM net[a]	kt	3 968	3 622	3 156	2 763	2 771	2 377	2 302	2 356	2 273	2 288	2 196	2 197	2 195	2 253	2 192	2 246	-43%
hors UTCATF[c]	kt	2 865	2 473	2 028	1 544	1 441	1 318	1 241	1 159	1 170	1 096	1 050	1 038	1 020	995	980	975	-66%
CO net[a]	kt	11 177	9 792	7 279	5 886	5 266	5 096	4 858	4 415	4 826	4 157	3 808	3 836	3 336	3 309	3 380	3 358	-70%
hors UTCATF[c]	kt	10 404	9 073	6 568	5 264	4 681	4 516	4 297	3 831	4 217	3 549	3 207	3 268	2 736	2 698	2 753	2 711	-74%

(a) hors utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)

(b) UTCATF inclus

(c) pouvoir de réchauffement global intégré sur une période de 100 ans et calculé sur la base des coefficients suivants :

CO_2 = 1 ; CH_4 = 25 ; N_2O = 298 ; SF_6 = 22800 ; NF3 = 17200 ; HFC et PFC = valeurs variables dépendantes de la part relative des différentes molécules.

(*) Les émissions du trafic maritime international et du trafic aérien international sont exclues.

(**) kt équivalent Carbone = (12/44) kt équivalent CO_2

(***) Outre-mer périmètre France entière (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte, St-Barthélémy, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie, Saint-Pierre-et-Miquelon, Wallis-et-Futuna)

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Ecart (%) 2017/90
Population (10^3 hab.)[e]	58 248	59 519	60 890	63 159	63 600	63 993	64 355	64 688	65 004	65 327	65 651	65 985	66 301	66 611	66 853	67 099	15%
PIB (10^9 € courants)[e]	1 059	1 230	1 494	1 783	1 865	1 958	2 008	1 951	2 011	2 072	2 100	2 129	2 162	2 208	2 237	2 302	117%

(e) source INSEE

2.1.4 Évolution des émissions par gaz à effet de serre direct

Le Tableau 14 présente les émissions des sept gaz à effet de serre direct ainsi que les émissions totales exprimées en CO_2 équivalent pour la France (périmètre Kyoto) au cours de la période 1990-2017. Lors de l'analyse des résultats, les émissions sont présentées, d'une part, hors UTCATF et, d'autre part, UTCATF inclus.

L'analyse des émissions par gaz est effectuée ci-après en se basant sur les émissions du **périmètre Kyoto**.

Des points spécifiques d'analyse au périmètre de la Convention sont aussi ajoutés en encadré. Les résultats pour ce périmètre sont présentés dans le Tableau 15.

CO_2

Les émissions de CO_2 (hors UTCATF) sont en diminution de 14% sur la période 1990-2017 : compte tenu de l'évolution de l'UTCATF, l'écart entre les émissions de CO_2 UTCATF inclus en 2017 par rapport à 1990 est de -17%. Les rejets de CO_2 sont très fortement corrélés à la consommation d'énergie fossile (CRF 1A) puisqu'en 2017, près de 92% des émissions de CO_2 hors UTCATF lui sont imputables. Le transport contribue à plus de 38% aux émissions de CO_2 (hors UTCATF) devant le secteur résidentiel/tertiaire/agriculture (un peu moins de 25%), la combustion dans l'industrie manufacturière (environ 15%) et l'industrie de l'énergie avec environ 14%. L'unique secteur en hausse sur la période 1990 - 2017 est celui du transport (+10%) alors qu'une baisse des émissions est observée pour les autres secteurs (-25% pour l'industrie de l'énergie, -35% pour l'industrie manufacturière, -12% pour le résidentiel/tertiaire/agriculture).

Au périmètre Convention, les émissions de CO_2 sont en baisse de 13% sur la période hors UTCATF et de -16% avec UTCATF. Les secteurs les plus contributeurs à ces émissions suivent la même hiérarchie dans les mêmes proportions que pour le périmètre Kyoto.

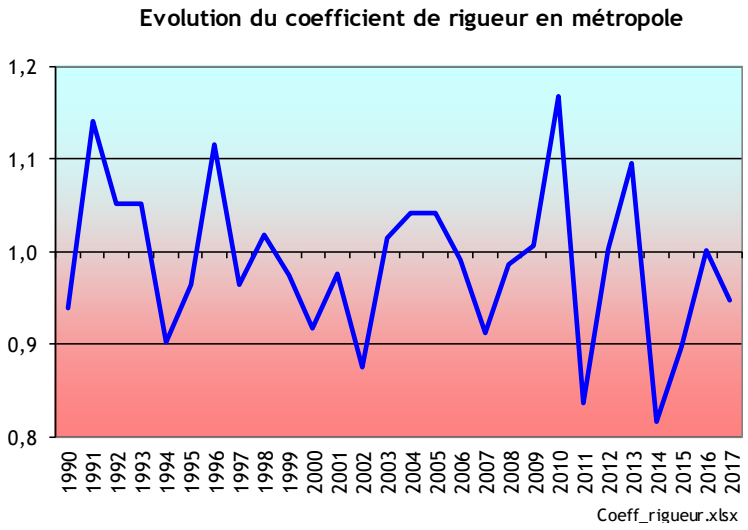
Pour le secteur "résidentiel/tertiaire et agriculture" particulièrement, et pour l'industrie de l'énergie dans une moindre mesure compte tenu du parc électronucléaire, il faut noter que les émissions sont estimées sur la base de données **non corrigées des variations climatiques**. La comparaison entre deux années doit donc être appréciée en tenant compte de ce paramètre.

Le coefficient de rigueur de l'année 2017 atteint 0,95, ce qui est légèrement inférieur à la moyenne de la période 1990-2017 (année ni chaude, ni froide). Ceci influence directement les niveaux de consommations d'énergie et donc les émissions de CO_2 du secteur "résidentiel/tertiaire". En 2017, une légère baisse des émissions est observée pour ce secteur, en partie du fait d'un hiver un peu plus doux qu'en 2016. Sur des périodes plus longues, les comparaisons sont plus difficiles, car l'influence des comportements, du prix des énergies et des performances des bâtiments est également à considérer. En ce qui concerne l'industrie de l'énergie, et la production d'électricité en particulier, la rigueur climatique influe secondairement sur les émissions car l'approvisionnement électrique français est composé entre 88% et 94% par des filières dites "non carbonées" majoritairement nucléaire (74% à 81%) et renouvelable (hydraulique, éolien, solaire, etc.). La disponibilité de ces filières est variable selon les années. En 2017 par exemple, la disponibilité de la filière des centrales nucléaires a été à son plus bas niveau depuis la fin des années 1990 et la filière hydraulique a été en baisse en 2017 par rapport à 2016. Ceci explique en partie la hausse des émissions de la filière de la production électrique qui a eu davantage recours à l'énergie fossile.

Les émissions peuvent également être influencées par le bilan import-export d'électricité évolutif au fil des années.

Tableau 16 et Figure 11 : coefficient de rigueur (Métropole)

Période 1990 - 2017 (moyenne trentenaire 1986 - 2015)	
1990	0,94
1991	1,14
1992	1,05
1993	1,05
1994	0,90
1995	0,96
1996	1,12
1997	0,96
1998	1,02
1999	0,97
2000	0,92
2001	0,98
2002	0,88
2003	1,01
2004	1,04
2005	1,04
2006	0,99
2007	0,91
2008	0,99
2009	1,01
2010	1,17
2011	0,84
2012	1,00
2013	1,10
2014	0,82
2015	0,90
2016	1,00
2017	0,95



sources : SDES, CPDP

N.B. La période de référence pour le calcul du coefficient de rigueur est 1986 – 2015. La température seuil est de 17°C.

Des épisodes singuliers, comme la canicule de l'été 2003, ont également un effet sur l'augmentation de la consommation d'énergie, du fait d'un surcroît d'utilisation de la climatisation dans le secteur "résidentiel/tertiaire". Le coefficient de rigueur climatique annuel ne reflète pas ces épisodes extrêmes de chaleur estivale.

Concernant les émissions de CO_2 ne provenant pas de la consommation d'énergie fossile, les procédés industriels en constituent le principal secteur émetteur avec 6,4% des émissions de CO_2 hors UTCATF en 2017.

Le secteur UTCATF présente de fortes incertitudes et l'interprétation de son évolution interannuelle doit se faire avec prudence. En France, le bilan net du secteur UTCATF est un puits net : les absorptions (croissance de la biomasse en forêt, boisement…) compensent les émissions (mortalité et prélèvement de la biomasse en forêt, déboisement, artificialisation…). Ce puits net ces dernières années est plus important qu'en 1990, principalement en raison de la hausse du puits forestier. La croissance des arbres et un taux de récolte peu intensif explique une capitalisation des arbres sur pied. A cette croissance en volume s'ajoute une croissance en surface de la forêt française. Néanmoins, cette hausse générale du puits est à nuancer par deux éléments :

- les tempêtes de 1999 et de 2009, qui expliquent des baisses ponctuelles du puits (forte mortalité en forêt) ;
- une stagnation voire une diminution du puits dans les années récentes, due à une hausse du prélèvement de bois (principalement de bois énergie) alors que la croissance nette en forêt (croissance et mortalité) stagne.

Le bilan de l'UTCATF en CO_2 est passé de -26 Mt en 1990 à -36 Mt en 2017. La baisse du puits en 2000 est liée aux tempêtes de 1999. En 2010, le puits régresse également du fait de la tempête Klaus début 2009.

Pour les deux derniers paragraphes, l'analyse au périmètre de la Convention est identique. Les émissions des territoires non pris en compte dans Kyoto influent peu sur les résultats globaux.

CH_4

Les émissions de CH_4 (hors UTCATF) diminuent sur la période 1990-2017 (-19%), mais avec des évolutions très disparates selon les secteurs.

L'agriculture est, tout au long de la période, la source d'émission dominante de CH_4 avec 68,5% des émissions hors UTCATF en 2017 et enregistre une baisse depuis 1990 de 9%, principalement du fait de l'érosion des cheptels.

La baisse de ce polluant sur la période résulte également des évolutions enregistrées dans le secteur de l'énergie.

Le secteur de l'énergie (5% du total des émissions de CH_4 hors UTCATF en 2017) enregistre une baisse de 78% de ses émissions de CH_4, du fait de l'arrêt de l'activité minière et de la baisse des consommations de bois de chauffage dans le résidentiel couplée à l'introduction d'équipements plus performants.

Le secteur des déchets, autre contributeur significatif aux émissions de CH_4 (environ 26% du total hors UTCATF en 2017), enregistre quant à lui une hausse de 4,9% de ses émissions en 2017 par rapport à 1990, principalement due à la cinétique de dégradation dans les installations de stockage des déchets non dangereux.

Pour le CH_4, l'analyse au périmètre de la Convention est identique. Les émissions des territoires non pris en compte dans Kyoto influent peu sur les résultats globaux.

N_2O

Jusqu'en 1997, les émissions de N_2O hors UTCATF fluctuaient avec une amplitude de quelques pour cent. Depuis cette date, une nette diminution est observée en raison principalement des actions menées dans le secteur des industries chimiques. L'écart est de -37% hors UTCATF en 2017 par rapport à 1990.

L'agriculture reste le secteur prédominant avec 85% des émissions de N_2O en 2017. Les émissions de ce secteur ont toutefois diminué de 7% entre 1990 et 2017.

La baisse importante des émissions des procédés de l'industrie (près de 36% des émissions totales de N_2O hors UTCATF en 1990 contre 4% en 2017) renforce la contribution du secteur de l'énergie qui passe de 5% en 1990 à plus de 9% en 2017.

Pour le N_2O, l'analyse au périmètre de la Convention est identique. Les émissions des territoires non pris en compte dans Kyoto influent peu sur les résultats globaux.

HFC

Les rejets de HFC sont caractérisés par un accroissement très fort de la quantité émise en masse entre 1990 et 2017 suite à l'utilisation de ces produits en substitution aux CFC et HCFC (plus de 1100% en masse). Toutefois, l'effet de structure des différentes molécules émises conduit à un accroissement plus limité du PRG moyen (+325%). Depuis 1995, les émissions de HFC (en CO_2e) avaient chaque année été en augmentation jusqu'en 2016, mais une légère baisse est à noter en 2017 (-3% par rapport à 2016) du fait de la baisse des émissions dans le secteur de la climatisation et réfrigération et en particulier du remplacement du HFC-134a dans les climatisations automobiles par du HFO-1234yf dont l'effet est moins impactant sur le climat.

Pour les HFC, l'analyse au périmètre de la Convention est identique. Les émissions des territoires non pris en compte dans Kyoto influent peu sur les résultats globaux.

De 1990 à 1993, la synthèse de HFC et ses sous-produits sont la principale source d'émission. Le HFC-23, sous-produit de la fabrication du HCFC-22, et le HFC-143a, produit par l'industrie chimique, étaient les principaux composés émis à l'atmosphère avec des coefficients respectifs de 14 800 et 4 470 en équivalent CO_2 (PRG à 100 ans). Les réductions opérées dès 1992 par la mise en place de traitements ont permis une première baisse des émissions jusqu'en 1995 (meilleure maîtrise des émissions fugitives).

A partir de 1993, la consommation de HFC, en substitution des CFC interdits par le Protocole de Montréal, augmente largement notamment avec le développement de l'utilisation de ces produits comme fluides frigorigènes (climatisation automobile et froid commercial) et dans les aérosols. Le HFC-134a (coefficient de 1 430 en équivalent CO_2), est donc de plus en plus utilisé et son accroissement se poursuit à un rythme soutenu depuis.

A partir de 2000, l'utilisation des HFC comme agent propulseur de certaines mousses, en substitution des HCFC, entraine des émissions supplémentaires lors de la fabrication, pendant leur durée de vie et en fin de vie des équipements.

PFC

Les PFC voient leurs émissions en masse et en CO_2e réduites respectivement de 87% et 86% au cours de la période 1990 – 2017.

Les émissions en masse de PFC sont en régression jusqu'en 1996 (meilleur contrôle des émissions du PFC-14 et du PFC-116 lors de la production d'aluminium par électrolyse) puis repartent à la hausse du fait d'une utilisation accrue de ces produits dans l'industrie électronique et d'une recrudescence des émissions de l'électrolyse de l'aluminium. De nouveau, depuis 2000, un meilleur contrôle des conditions opératoires des procédés de l'aluminium a permis une diminution des émissions, même si les émissions spécifiques ont connu des pics en 2002 et 2003. L'arrêt d'un site de production d'aluminium en 2003 a permis une nouvelle baisse des émissions en 2004 de près de 30% en un an. Une autre fermeture de site début 2008 a conduit à une autre baisse significative. Les émissions de PFC de l'industrie des semi-conducteurs sont également en baisse ces dernières années. Depuis 2008, les émissions de PFC, en masse comme en CO_2e, sont relativement stables et proviennent en majorité du C_6F_{14} employé comme solvant et comme fluide de transfert de chaleur.

Les effets de structure sont moins importants pour les PFC que dans le cas des HFC car les PRG des différentes molécules sont plus proches (entre 7 390 et 12 200 équivalent CO_2). De plus, les variations des émissions en masse de chaque PFC ne sont pas aussi importantes que dans le cas des HFC. Par suite, les quantités de PFC exprimées en équivalent CO_2, diminuent entre 1990 et 2017 dans une proportion similaire à celle des émissions en masse.

Pour les PFC, l'analyse au périmètre de la Convention est identique. Les émissions des territoires non pris en compte dans Kyoto n'influent pas sur les résultats globaux.

SF_6

Les émissions de SF_6 étaient en hausse lente mais régulière jusqu'en 1998. Le niveau des années suivantes enregistre une baisse du fait d'une consommation de SF_6 plus faible dans l'industrie du magnésium, de la suppression de l'utilisation de ce composé dans la fabrication de certaines chaussures de sport, d'une meilleure maîtrise des fuites dans la fabrication des équipements électriques et de la réduction des émissions diffuses dans les opérations de maintenance de ces équipements. La situation observée en 2017 fait apparaître une baisse de -79% par rapport à 1990.

Pour le SF_6, l'analyse au périmètre de la Convention est identique. Les émissions des territoires non pris en compte dans Kyoto influent peu sur les résultats globaux.

NF_3

Le NF_3 est uniquement utilisé en France dans l'industrie de la fabrication de semi-conducteurs. Les émissions de NF_3 augmentent jusqu'en 1994 du fait d'une augmentation accrue des consommations de ce gaz dans ce secteur puis diminue en 1995 suite à la mise en place de procédés de traitement des gaz. A partir de 1996, une nouvelle augmentation des émissions est observée due à la consommation plus importante de ce gaz. A partir de 2005, les émissions fluctuent et évoluent annuellement en fonction des consommations et de l'efficacité des systèmes de traitement. La situation observée en 2017 fait apparaître une baisse de 54% par rapport à 1990.

Pour le NF_3, l'analyse au périmètre de la Convention est identique puisqu'il n'y a aucune usine de production de semi-conducteurs dans les territoires Outre-mer non inclus dans l'UE.

Figure 12 : Variations des émissions de gaz à effet de serre direct hors UTCATF au cours de la période 1990-2017 en France (périmètre Kyoto)

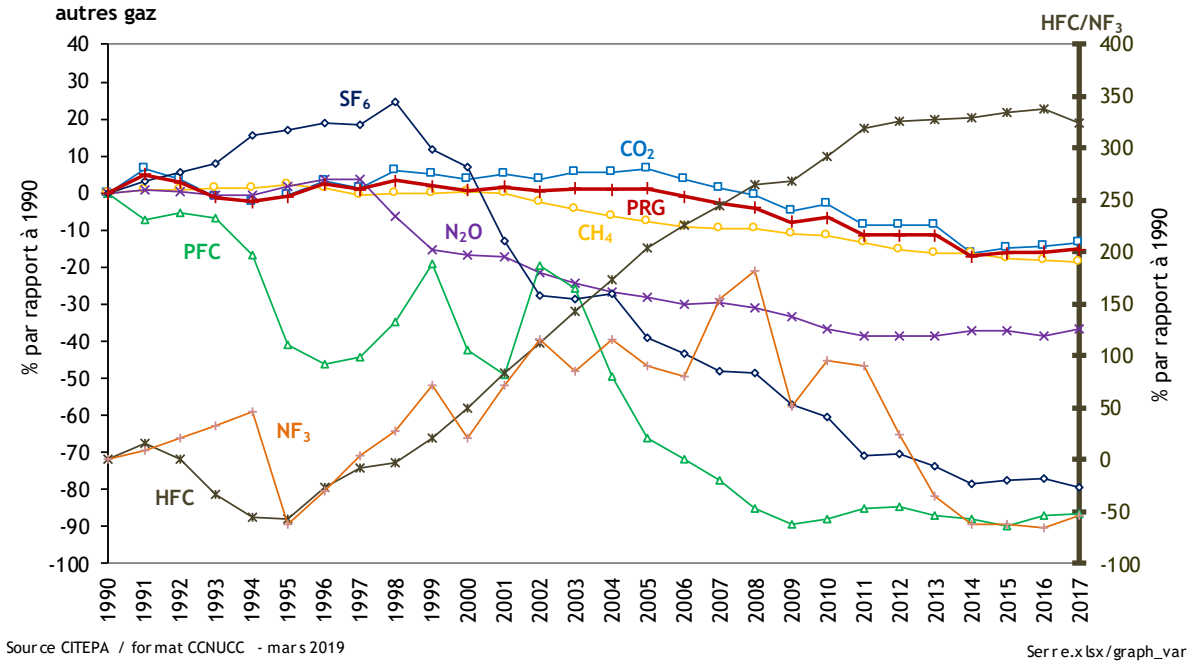


Tableau 17 : Émissions détaillées des HFC et PFC en France (Périmètre Kyoto)

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2019 — serre/HFC_PFC.xlsx

	émissions brutes (t)																Ecart (%)
Substances	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2017/90**
HFC																	
HFC-23	142,0	19,5	31,8	35,4	42,3	26,8	29,0	15,2	11,6	7,5	8,0	9,1	9,0	9,1	13,6	13,6	-90%
HFC-32	NO,NA	3	19	125	169	209	245	281	317	359	392	426	468	519	566	566	-
HFC-4310mee	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	-
HFC-125	9	70	235	762	868	965	1 030	1 155	1 311	1 446	1 511	1 563	1 584	1 631	1 663	1 663	19300%
HFC-134a	NO,IE,NA	718	2 690	4 470	4 627	4 871	5 029	4 736	4 874	5 014	4 955	4 891	4 966	5 066	5 234	5 234	-
HFC-152a	NO,NA	2	10	325	303	332	377	359	365	383	383	299	271	235	203	203	-
HFC-143a	508	65	305	749	802	858	927	1 003	1 084	1 158	1 182	1 175	1 150	1 133	1 083	1 083	113%
HFC-227ea	NO,NA	1	17	41	52	56	60	62	65	74	77	78	78	81	79	79	-
HFC-365mfc	NO,NA	NO,NA	NO,NA	19	35	40	59	68	85	103	109	111	138	150	148	148	-
HFC-245fa	NO,NA	NO,NA	1	10	17	18	24	24	27	33	39	40	44	61	86	86	-
HFC-mix(*) (kt CO_2e)	NO,NA	36	40	140	123	214	236	191	159	263	329	293	207	151	65	65	-
total HFC hors HFC-mix	**659**	**878**	**3 308**	**6 537**	**6 914**	**7 375**	**7 780**	**7 702**	**8 139**	**8 578**	**8 655**	**8 591**	**8 707**	**8 886**	**9 076**	**9 076**	**1278%**
PFC																	
PFC-14	391	242	238	131	101	77	38	18	20	26	22	16	15	11	18	18	-95%
PFC-116	162	68	77	38	34	25	13	7	7	9	8	5	4	4	6	6	-96%
PFC-218	0,003	0,003	0,092	0,093	0,007	NO,IE,NA	NO,IE,NA	NO,IE,NA	NO,IE,NA	NO,IE,NA	0,013	NO,IE,NA	NO,IE,NA	NO,IE,NA	NO,IE,NA	NO,IE,NA	-
PFC-318	8,4	10,2	14,0	0,7	0,5	0,5	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-98%
PFC-mix(**) (kt CO_2e)	241,3	335,3	151,3	318,2	287,3	295,4	329,1	338,4	380,9	477,1	529,7	490,9	446,9	401,9	456,9	456,9	-
total PFC hors PFC-mix	**562**	**321**	**329**	**170**	**136**	**103**	**52**	**25**	**27**	**35**	**30**	**21**	**20**	**16**	**24**	**24**	**-96%**
Total																	
																	Ecart (%)
Substances	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2017/90**
total HFC (kt CO_2e)	4 402	1 890	6 612	13 354	14 351	15 198	16 081	16 224	17 297	18 429	18 790	18 849	18 878	19 127	19 281	18 711	325%
total PFC (kt CO_2e)	5 202	3 065	2 997	1 760	1 462	1 179	778	559	617	774	790	670	616	537	666	708	-86%

(*) Comprend les HFC utilisés dans les secteurs solvant et production de caoutchouc synthétique

(**) Comprend les PFC utilisés dans des applications spécifiques (solvant, médicales et cosmétiques, etc.)

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

2.1.5 Évolution des émissions des gaz à effet de serre indirect

Les quatre gaz à effet de serre indirect étudiés voient leurs émissions, UTCATF inclus, orientées à la baisse au cours de la période 1990 - 2017 (-88% pour le SO_2, -70% pour le CO, -43% pour les COVNM et -56% pour les NO_x).

Le rejet de 162 kt de SO_2 en 2017 constitue le plus bas niveau atteint depuis près d'un demi-siècle et confirme la forte tendance à la baisse entamée au milieu des années 70 et qui avait été interrompue en 1991 et 1998 en raison de circonstances particulières. Cette tendance est à mettre principalement à l'actif de la réduction de la teneur en soufre des combustibles pétroliers et à la part de plus en plus prépondérante des combustibles peu soufrés.

Les émissions de NO_x continuent à décroître principalement en raison de l'équipement accru des véhicules routiers en pots catalytiques et de la mise aux normes des installations de combustion.

La même cause contribue à la baisse des rejets de COVNM, mais celle-ci est également due à des progrès significatifs dans le domaine de la distribution des carburants et dans l'utilisation des solvants. Il est à noter que les très importantes émissions biotiques de COVNM des forêts sont comptabilisées dans l'UTCATF dans le total national de l'inventaire CCNUCC alors qu'elles sont comptabilisées hors total national dans les inventaires des polluants atmosphériques pour la convention sur la pollution transfrontalière à longue distance et la Directive NEC.

La forte baisse du CO provient aussi de l'équipement des véhicules en pots catalytiques, mais également de progrès dans le domaine de l'industrie, notamment la sidérurgie.

2.2 Évolution des émissions par sources émettrices

Le premier tableau ci-après présente les contributions les plus importantes aux émissions de chacun des gaz étudiés pour les catégories sources définies par la CCNUCC, pour l'année 2017.

Les tableaux suivants récapitulent l'ensemble des émissions au format CRF pour les polluants CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3, SO_2, NO_x, CO et COVNM au cours de la période 1990-2017.

Tableau 18 : Contribution des catégories GIEC aux émissions de gaz à effet de serre en France en 2017 (Périmètre Kyoto)

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 — s_cle_hors_UTCATF.xlsx/secteurs

	CO_2 hors UTCATF (Mt)	346
	Catégories GIEC	**%**
1A3	Transports (*)	38
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture (a)	24
1A2	Combustion industrie manufacturière et construction	15
1A1	Combustion transformation d'énergie	14
2A	Procédés industriels - produits minéraux	2,7
2B	Procédés industrie chimique	2,0
	Autres sources	3,6

	CH_4 hors UTCATF (kt)	2 250
	Catégories GIEC	**%**
3A	Fermentation entérique	62
5A	Stockage de déchets non dangereux	22
3B	Gestion des déjections animales	6,6
5D	Traitement des eaux usées	4,0
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	2,4
	Autres sources	3,4

	N_2O hors UTCATF (kt)	141
	Catégories GIEC	**%**
3Da	Emissions directes des sols agricoles	64
3Db	Emissions indirectes des sols agricoles	15
3B	Gestion des déjections animales	6,0
1A3	Transports (*)	3,8
2B	Procédés industrie chimique	3,6
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	3,2
	Autres sources	4,4

	PFC net (kt équivalent CO_2)	
	Catégories GIEC	**%**
2G	Autre utilisation de PFC dans l'industrie manufacturière	78
2E	Procédés industrie électronique	16
2C	Procédés industrie métallurgique	5,8
	Autres sources	0,4

	SF_6 net (kt)	0,02
	Catégories GIEC	**%**
2G	Autre utilisation de SF6 dans l'industrie manufacturière	87
2C	Procédés industrie métallurgique	12
2E	Procédés industrie électronique	0,8

	HFC net (kt équivalent CO_2)	
	Catégories GIEC	**%**
2F	Utilisation des HFC	98
	Autres sources	1,6

	NF_3 net (kt)	0,0004
	Catégories GIEC	**%**
2E	Procédés industrie électronique	100

	POUVOIR RECHAUFFEMENT GLOBAL hors UTCATF sur 7 gaz : CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3 (Mt équiv. CO_2)	465
	Catégories GIEC	**%**
1A3	Transports (*)	29
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture (a)	19
1A2	Combustion industrie manufacturière et construction	11
1A1	Combustion transformation d'énergie	11
3A	Fermentation entérique	7,5
3Da	Emissions directes des sols agricoles	7,1

	Catégories GIEC	%
2F	Utilisation d'halocarbures	4,0
5A	Stockage de déchets non dangereux	2,7
2A	Procédés industriels - produits minéraux	2,0
2B	Procédés industrie chimique	1,9
3B	Gestion des déjections animales	1,3
	Autres sources	4,0

	NOx net (kt)	923
	Catégories GIEC	**%**
1A3	Transports (*)	54
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	18
1A2	Combustion industrie manufacturière et construction	11
1A1	Combustion transformation d'énergie	6,8
3Da	Emissions directes des sols agricoles	6,8
	Autres sources	3,6

	CO net (kt)	3 337
	Catégories GIEC	**%**
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	39
4	Forêts	19
1A3	Transports (*)	13
2C	Procédés industrie métallurgique	13
1A2	Combustion industrie manufacturière et construction	12
	Autres sources	3,9

	COVNM net (kt)	2 241
	Catégories GIEC	**%**
4	Forêts	57
3B	Gestion des déjections animales	8,6
2G	Autre utilisation de solvants dans l'industrie manufacturière	8,3
3Da	Emissions directes des sols agricoles	6,8
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	6,7
2D	Utilisation non-énergétique de produits	5,2
1A3	Transports (*)	3,1
	Autres sources	4,6

	SO_2 net (kt)	162
	Catégories GIEC	**%**
1A2	Combustion industrie manufacturière et construction	38
1A1	Combustion transformation d'énergie	23
1A4	Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	20
1B2	Extraction et distribution du pétrole et gaz naturel	10
2C	Procédés industrie métallurgique	3,9
1A3	Transports (*)	2,2
	Autres sources	3,0

(*) les émissions répertoriées sous total national concernent les émissions entre 2 ports ou aéroports du territoire national

(a) hors CO_2 biomasse

Tableau 19 : Émissions de CO_2 en France par catégorie CRF (Périmètre Kyoto)

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) **1990 - 2017** **CO_2 (kt)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/CO2.xlsx

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**374 401**	**368 647**	**394 275**	**377 922**	**364 429**	**353 287**	**346 034**	**332 963**	**345 843**	**326 344**	**324 686**	**321 881**	**298 277**	**300 982**	**305 048**	**310 248**	**-17**
1 Energie	**365 300**	**363 100**	**382 600**	**393 803**	**383 759**	**372 975**	**368 320**	**355 051**	**360 541**	**336 406**	**338 941**	**339 679**	**308 639**	**315 242**	**317 483**	**320 619**	**-12**
A Conso. de combustible (approche sectorielle)	**360 939**	**358 679**	**378 304**	**389 794**	**379 442**	**368 350**	**363 409**	**350 421**	**356 319**	**332 415**	**335 538**	**336 542**	**305 590**	**312 296**	**314 525**	**317 718**	**-12**
1 Industries de l'énergie	65 989	55 632	62 258	66 509	62 480	62 083	60 881	58 969	59 488	51 158	52 434	52 060	39 447	41 531	44 835	49 240	-25
2 Industries manufacturières et construction	77 735	79 397	77 417	72 439	72 007	69 489	67 043	53 390	58 321	56 648	55 189	55 259	53 810	52 377	50 613	50 716	-35
3 Transport	120 812	130 447	138 917	140 333	139 699	138 364	131 885	130 481	133 405	133 438	131 858	131 256	131 031	132 109	132 617	133 017	10
4 Autres secteurs	96 403	93 203	99 712	110 513	105 256	98 415	103 600	107 582	105 105	91 171	96 057	97 968	81 302	86 279	86 460	84 745	-12
B Emissions fugitives des combustibles	**4 362**	**4 421**	**4 296**	**4 009**	**4 317**	**4 625**	**4 911**	**4 630**	**4 221**	**3 991**	**3 402**	**3 137**	**3 049**	**2 946**	**2 958**	**2 901**	**-33**
2 Combustibles liquides et gazeux	4 362	4 421	4 296	4 009	4 317	4 625	4 911	4 630	4 221	3 991	3 402	3 137	3 049	2 946	2 958	2 901	-33
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**31 492**	**30 277**	**29 826**	**29 780**	**28 873**	**29 254**	**27 546**	**23 630**	**25 790**	**25 234**	**23 303**	**23 667**	**22 952**	**22 236**	**21 871**	**22 327**	**-29**
A Produits minéraux	14 973	12 463	12 372	12 654	12 874	13 018	12 401	10 588	11 059	11 379	10 635	10 663	10 008	9 727	9 397	9 328	-38
B Chimie	7 478	7 810	8 472	8 130	7 537	7 842	7 371	6 499	6 450	6 424	6 334	6 252	6 682	6 615	6 444	6 794	-9
C Métallurgie	6 241	7 339	6 246	6 469	6 143	5 986	5 595	4 595	6 216	5 444	4 477	4 887	4 322	4 189	4 348	4 549	-27
D Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants	2 142	2 014	2 061	1 986	1 769	1 848	1 642	1 444	1 506	1 486	1 368	1 378	1 435	1 261	1 237	1 183	-45
G Autres fabrication et utilisations de produits	659	651	675	541	550	560	536	504	558	501	489	486	504	444	445	472	-28
H Autre	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	63
3 Agriculture	**1 765**	**1 852**	**1 826**	**1 800**	**1 732**	**1 757**	**1 773**	**1 876**	**1 813**	**1 867**	**1 981**	**1 884**	**1 958**	**2 003**	**2 014**	**1 943**	**10**
G Chaulage	915	1 049	955	914	860	844	833	920	802	886	971	903	904	863	789	645	-30
H Application d'urée	850	803	871	886	872	913	940	956	1 011	981	1 010	980	1 054	1 140	1 225	1 298	53
4 Utilisation des sols, Changement d'affectation des sols et sylviculture	**-26 366**	**-28 819**	**-21 696**	**-49 025**	**-51 561**	**-52 201**	**-53 162**	**-49 125**	**-43 915**	**-38 817**	**-41 082**	**-44 893**	**-37 065**	**-40 048**	**-37 833**	**-36 213**	**37**
A Forêts	-38 522	-42 593	-31 803	-63 675	-67 972	-70 450	-73 792	-70 344	-61 070	-54 245	-57 535	-61 554	-53 958	-57 874	-56 052	-54 151	41
B Terres cultivées	21 622	21 172	19 683	17 150	17 419	18 017	19 319	18 646	18 359	17 419	16 969	16 377	16 189	16 292	16 155	16 053	-26
C Prairies	-13 889	-15 066	-14 387	-9 818	-9 045	-8 315	-8 769	-9 374	-10 080	-10 840	-10 393	-9 998	-9 509	-9 141	-8 797	-8 537	-39
D Terres humides	386	232	252	535	714	873	339	482	356	520	520	520	519	519	519	519	34
E Terrains bâtis	9 135	9 257	9 098	10 597	11 326	11 925	12 959	12 619	11 797	11 633	11 540	11 424	11 245	11 167	11 102	11 038	21
F Autres terres	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0
G Récolte du bois	-5 098	-3 039	-5 154	-4 124	-4 273	-4 485	-3 423	-1 333	-3 435	-3 441	-2 302	-1 765	-1 642	-1 091	-829	-1 195	-77
H Autre	NO,NA	1 217	614	310	270	236	206	179	156	136	119	104	90	79	69	60	
5 Déchets	**2 209**	**2 238**	**1 719**	**1 565**	**1 627**	**1 503**	**1 557**	**1 531**	**1 614**	**1 654**	**1 543**	**1 545**	**1 794**	**1 550**	**1 514**	**1 572**	**-29**
C Incinération et brûlage de déchets	2 209	2 238	1 719	1 565	1 627	1 503	1 557	1 531	1 614	1 654	1 543	1 545	1 794	1 550	1 514	1 572	-29
Memo																	
Soutes internationales	**16 417**	**17 721**	**23 820**	**24 519**	**25 705**	**26 626**	**25 520**	**24 057**	**23 904**	**25 093**	**24 299**	**23 515**	**22 580**	**22 835**	**22 271**	**22 827**	**39**
Aviation	8 463	10 601	14 362	15 742	16 577	17 257	17 362	15 905	15 987	16 611	16 285	16 202	16 344	17 272	17 003	17 247	104
Marine	7 954	7 120	9 458	8 777	9 128	9 369	8 158	8 153	7 917	8 482	8 014	7 312	6 235	5 563	5 267	5 580	-30
Opérations multilatérales	**1,3**	**2,2**	**2,6**	**1,1**	**1,1**	**1,3**	**1,3**	**1,6**	**1,4**	**1,1**	**1,4**	**0,9**	**0,9**	**1,4**	**1,4**	**1,4**	**4,2**
Emissions de CO_2 de la biomasse	**43 859**	**45 069**	**42 634**	**48 082**	**44 441**	**47 504**	**52 158**	**53 983**	**59 605**	**52 882**	**58 594**	**62 731**	**57 977**	**60 947**	**65 118**	**64 439**	**47**

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 20 : Émissions de CH_4 en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) **1990 - 2017** **CH_4 (kt CO_2e)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/CH4.xlsx

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**70 263**	**74 602**	**71 126**	**65 061**	**64 260**	**63 826**	**63 820**	**62 718**	**62 466**	**61 127**	**59 750**	**59 156**	**59 005**	**58 230**	**57 858**	**57 454**	**-18**
1 Energie	**12 718**	**12 208**	**7 773**	**5 020**	**4 392**	**3 994**	**3 869**	**3 695**	**3 854**	**3 376**	**3 386**	**3 374**	**2 858**	**2 885**	**2 980**	**2 813**	**-78**
A Conso. de combustible (approche sectorielle)	**6 114**	**5 667**	**4 247**	**3 219**	**2 694**	**2 527**	**2 405**	**2 237**	**2 328**	**1 925**	**1 969**	**2 008**	**1 628**	**1 676**	**1 748**	**1 678**	-73
1 Industries de l'énergie	66	46	32	34	34	35	30	33	34	32	28	27	23	28	36	40	-39
2 Industries manufacturières et construction	231	218	208	204	152	217	182	132	176	170	156	148	140	137	151	144	-37
3 Transport	1 038	824	613	414	363	327	279	249	228	200	182	172	157	149	146	143	-86
4 Autres secteurs	4 780	4 579	3 393	2 566	2 144	1 948	1 913	1 823	1 890	1 523	1 603	1 661	1 309	1 362	1 416	1 350	-72
B Emissions fugitives des combustibles	**6 603**	**6 540**	**3 527**	**1 801**	**1 698**	**1 467**	**1 464**	**1 458**	**1 526**	**1 451**	**1 417**	**1 366**	**1 230**	**1 209**	**1 232**	**1 134**	-83
1 Combustibles solides	4 810	4 927	2 026	389	255	54	51	52	52	32	16	20	14	15	16	17	-100
2 Combustibles liquides et gazeux	1 793	1 613	1 500	1 412	1 443	1 413	1 414	1 405	1 474	1 419	1 401	1 346	1 216	1 194	1 216	1 118	-38
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**92**	**108**	**115**	**108**	**103**	**96**	**85**	**74**	**89**	**64**	**54**	**54**	**62**	**58**	**55**	**52**	**-43**
B Chimie	81	97	105	97	91	86	75	67	79	54	45	45	53	49	45	44	-46
C Métallurgie	7,8	8,0	9,0	9,4	11	9,3	9,4	6,6	8,9	9,7	9,1	8,7	8,8	9,0	9,8	8,7	11
D Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants	3,2	2,5	1,7	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	-94
3 Agriculture	**42 303**	**41 230**	**42 258**	**39 427**	**39 551**	**39 738**	**40 155**	**39 825**	**39 377**	**39 070**	**38 377**	**38 337**	**39 135**	**39 166**	**38 927**	**38 544**	**-8,9**
A Fermentation entérique	38 630	37 463	38 104	35 426	35 470	35 687	36 095	35 749	35 593	34 924	34 559	34 641	35 127	35 276	35 137	34 728	-10
B Gestion des déjections animales	3 463	3 532	3 944	3 831	3 928	3 904	3 916	3 913	3 623	3 987	3 663	3 552	3 880	3 764	3 667	3 686	6,4
C Rizières	140	167	137	124	107	102	95	113	112	110	105	97	80	77	79	81	-42
F Incinération des résidus de culture	69	68	74	46	46	45	49	50	49	49	50	47	48	49	43	49	-30
4 Utilisation des sols, Changement d'affectation des sols et sylviculture	**1 000**	**3 759**	**1 755**	**1 273**	**1 218**	**1 204**	**1 161**	**1 182**	**1 197**	**1 176**	**1 154**	**1 101**	**1 151**	**1 159**	**1 175**	**1 198**	**20**
A Forêts	623	699	739	578	530	521	497	547	588	594	573	530	580	592	603	622	-0,2
B Terres cultivées	126	122	108	116	119	120	126	121	124	115	116	113	113	112	115	117	-7,4
C Prairies	193	187	171	199	207	212	200	191	182	167	168	164	165	163	167	169	-12
D Terres humides	7,3	5,3	5,6	9,3	11,7	13,8	6,7	9,0	7,3	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,4	30
E Terrains bâtis	50	47	44	64	70	73	82	74	62	61	61	61	61	61	61	61	22
5 Déchets	**14 150**	**17 297**	**19 224**	**19 234**	**18 995**	**18 794**	**18 549**	**17 943**	**17 949**	**17 441**	**16 778**	**16 290**	**15 800**	**14 962**	**14 721**	**14 847**	**4,9**
A Installations de stockage de déchets non dangereux	12 594	15 343	16 971	16 994	16 735	16 516	16 255	15 633	15 612	15 085	14 400	13 893	13 367	12 483	12 229	12 333	-2,1
B Traitement biologiques des déchets solides (compostage, méthanisation…)	46	62	94	112	115	117	120	126	133	142	151	168	185	203	222	238	418
C Incinération et brûlage de déchets	20	21	22	24	25	25	25	24	23	22	22	23	24	24	24	24	19
D Traitement des eaux et rejets	1 490	1 871	2 137	2 103	2 121	2 136	2 149	2 160	2 181	2 192	2 204	2 205	2 225	2 252	2 246	2 252	51
Memo																	
Soutes internationales	**25**	**20**	**25**	**23**	**24**	**25**	**22**	**22**	**21**	**22**	**21**	**20**	**17**	**15**	**15**	**15**	-38
Aviation	5,6	3,4	2,7	2,2	2,2	2,3	2,2	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	-65
Marine	19	17	23	21	22	23	20	20	19	20	19	18	15	13	13	13	-30

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 21 : Émissions de N_2O en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) **1990 - 2017** **N_2O (kt CO_2e)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/N2O.xlsx

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**69 410**	**70 445**	**58 283**	**50 693**	**49 403**	**49 590**	**48 832**	**47 295**	**45 118**	**43 636**	**43 840**	**43 566**	**44 814**	**44 674**	**43 697**	**45 073**	**-35**
1 Energie	**3 276**	**3 732**	**3 677**	**3 967**	**3 870**	**3 798**	**3 773**	**3 527**	**3 612**	**3 650**	**3 746**	**3 886**	**3 780**	**3 858**	**3 969**	**3 820**	**17**
A Conso. de combustible (approche sectorielle)	**3 249**	**3 706**	**3 647**	**3 926**	**3 828**	**3 744**	**3 728**	**3 479**	**3 574**	**3 631**	**3 731**	**3 872**	**3 766**	**3 844**	**3 955**	**3 807**	**17**
1 Industries de l'énergie	318	258	331	344	346	330	322	321	330	297	313	297	239	259	284	305	-4,2
2 Industries manufacturières et construction	477	443	478	631	593	541	496	417	416	540	544	556	546	546	560	573	20
3 Transport	970	1 521	1 384	1 441	1 439	1 450	1 419	1 257	1 323	1 372	1 437	1 471	1 500	1 534	1 581	1 576	62
4 Autres secteurs	1 484	1 485	1 454	1 510	1 450	1 423	1 491	1 484	1 506	1 421	1 437	1 548	1 480	1 506	1 530	1 353	-8,8
B Emissions fugitives des combustibles	**26**	**26**	**30**	**41**	**42**	**54**	**45**	**48**	**38**	**19**	**16**	**14**	**14**	**14**	**14**	**13**	**-51**
2 Combustibles liquides et gazeux	26	26	30	41	42	54	45	48	38	19	16	14	14	14	14	13	-51
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**23 780**	**25 933**	**11 925**	**6 761**	**6 052**	**5 632**	**4 640**	**3 926**	**2 287**	**1 386**	**1 021**	**1 001**	**1 184**	**1 291**	**1 028**	**1 659**	**-93**
B Chimie	23 656	25 807	11 797	6 630	5 921	5 501	4 508	3 794	2 155	1 254	888	867	1 049	1 156	892	1 523	-94
D Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants	2,887	3,413	2,817	2,707	2,685	2,620	2,491	2,101	2,154	2,222	2,310	2,430	2,477	2,549	2,675	2,621	-9,2
G Autres fabrication et utilisations de produits	121	123	125	128	129	129	129	130	130	131	131	132	132	132	133	133	10
3 Agriculture	**38 243**	**36 655**	**38 602**	**36 081**	**35 602**	**36 316**	**36 566**	**35 960**	**35 272**	**34 721**	**35 205**	**34 856**	**36 032**	**35 670**	**34 846**	**35 721**	**-6,6**
B Gestion des déjections animales	2 871	2 778	2 795	2 598	2 598	2 621	2 657	2 618	2 606	2 567	2 546	2 546	2 574	2 582	2 559	2 512	-12
D Sols agricoles	35 351	33 855	35 785	33 468	32 990	33 682	33 894	33 326	32 650	32 139	32 644	32 295	33 444	33 073	32 273	33 194	-6,1
F Incinération des résidus de culture	21	21	23	14	14	14	15	16	15	15	15	14	15	15	13	15	-30
4 Utilisation des sols, Changement d'affectation des sols et sylviculture	**3 207**	**3 181**	**3 159**	**3 055**	**3 039**	**3 057**	**3 073**	**3 104**	**3 126**	**3 117**	**3 096**	**3 055**	**3 071**	**3 075**	**3 078**	**3 084**	**-3,8**
A Forêts	424	385	396	320	290	286	275	297	318	326	317	295	320	330	336	348	-18
B Terres cultivées	1 558	1 562	1 555	1 552	1 552	1 554	1 557	1 558	1 561	1 559	1 560	1 557	1 558	1 558	1 560	1 561	0,2
C Prairies	139	142	128	123	121	119	114	111	110	106	105	101	100	98	100	101	-28
D Terres humides	0,6	0,4	0,5	0,8	1,0	1,1	0,5	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	30,3
E Terrains bâtis	593,2	591,6	593,0	599,0	605,8	615,6	626,3	631,8	633,0	631,1	629,7	628,9	627,8	627,4	627,1	624,7	5,3
5 Déchets	**904**	**944**	**920**	**830**	**839**	**787**	**779**	**778**	**820**	**762**	**771**	**767**	**747**	**780**	**776**	**790**	**-13**
B Traitement biologiques des déchets solides (compostage, méthanisation...)	88	115	153	194	207	210	213	222	239	248	260	278	295	313	331	343	290
C Incinération et brûlage de déchets	92	94	90	89	90	77	68	62	74	68	69	45	53	62	49	48	-48
D Traitement des eaux et rejets	724	735	677	548	542	500	498	494	507	445	443	444	398	405	397	398	-45
Memo																	
Soutes internationales	**131**	**143**	**192**	**198**	**208**	**215**	**207**	**195**	**194**	**203**	**197**	**191**	**184**	**186**	**182**	**186**	**42**
Aviation	70	88	120	131	138	144	145	132	133	138	136	135	136	144	142	144	104
Marine	61	54	72	67	70	72	62	62	60	65	61	56	48	42	40	43	-30

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 22 : Émissions de HFC en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) 1990 - 2017 **HFCs (kt CO_2e)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/HFCs.xlsx

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**4 402**	**1 890**	**6 612**	**13 354**	**14 351**	**15 198**	**16 081**	**16 224**	**17 297**	**18 429**	**18 790**	**18 849**	**18 878**	**19 127**	**19 281**	**18 711**	**325**
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**4 402**	**1 890**	**6 612**	**13 354**	**14 351**	**15 198**	**16 081**	**16 224**	**17 297**	**18 429**	**18 790**	**18 849**	**18 878**	**19 127**	**19 281**	**18 711**	**325**
B Chimie	4 374	666	680	823	883	584	555	304	205	122	140	129	150	209	288	300	-93
E Industrie électronique	29	17	26	18	21	21	22	10	12	18	11	6,4	3,6	3,2	2,8	7,6	-73
F Consommation d'halocarbures	NO,IE	1 207	5 906	12 513	13 447	14 594	15 505	15 910	17 080	18 290	18 639	18 713	18 724	18 914	18 990	18 403	
G Autres fabrication et utilisations de produits	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,1	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 23 : Émissions de PFC en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) 1990 - 2017 **PFCs (kt CO_2e)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/PFCs.xls

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**5 202**	**3 065**	**2 997**	**1 760**	**1 462**	**1 179**	**778**	**559**	**617**	**774**	**790**	**670**	**616**	**537**	**666**	**708**	**-86**
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**5 202**	**3 065**	**2 997**	**1 760**	**1 462**	**1 179**	**778**	**559**	**617**	**774**	**790**	**670**	**616**	**537**	**666**	**708**	**-86**
B Chimie	1 191	318	340	255	117	109	98	28	13	3,9	3,3	3,3	2,7	2,4	2,2	3,1	-100
C Métallurgie	3 567	2 103	1 922	830	696	508	105	34	53	98	134	98	81	62	109	41	-99
E Industrie électronique	203	308	584	357	363	267	246	158	171	195	124	79	85	70	98	112	-45
G Autres fabrication et utilisations de produits	241	335	151	318	287	295	329	338	381	477	530	491	447	402	457	552	129

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 24 : Émissions de SF_6 en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) 1990 - 2017 **SF_6 (kt CO_2e)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/SF6.xlsx

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**2 215**	**2 592**	**2 374**	**1 355**	**1 252**	**1 149**	**1 136**	**951**	**875**	**651**	**655**	**584**	**474**	**498**	**507**	**460**	**-79**
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**2 215**	**2 592**	**2 374**	**1 355**	**1 252**	**1 149**	**1 136**	**951**	**875**	**651**	**655**	**584**	**474**	**498**	**507**	**460**	**-79**
C Métallurgie	781	928	933	344	287	326	263	201	191	80	98	87	52	38	60	54	-93
E Industrie électronique	56	55	65	35	13	9,1	5,1	4,8	4,9	5,4	4,6	4,5	1,9	2,4	2,1	3,9	-93
G Autres fabrication et utilisations de produits	1 249	1 479	1 240	864	833	814	868	745	679	565	552	492	421	458	444	403	-68

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 25 : Émissions de NF_3 en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) 1990 - 2017 **NF_3 (kt CO_2e)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/NF3.xlsx

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**16**	**6,3**	**20**	**31**	**30**	**42**	**46**	**25**	**32**	**31**	**20**	**11**	**6,4**	**6,2**	**5,8**	**7,6**	**-54**
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**16**	**6,3**	**20**	**31**	**30**	**42**	**46**	**25**	**32**	**31**	**20**	**11**	**6,4**	**6,2**	**5,8**	**7,6**	**-54**
E Industrie électronique	16	6,3	20	31	30	42	46	25	32	31	20	11	6,4	6,2	5,8	7,6	-54

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 26 : Émissions de SO_2 en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) **1990 - 2017** **SO_2 (kt)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 serre/SO2.xlsx

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**1 303**	**988**	**653**	**486**	**458**	**440**	**379**	**315**	**295**	**273**	**258**	**232**	**192**	**181**	**163**	**162**	**-88**
1 Energie	**1 269**	**962**	**627**	**468**	**441**	**425**	**365**	**304**	**284**	**263**	**247**	**222**	**180**	**170**	**150**	**150**	-88
A Conso. de combustible (approche sectorielle)	**1 173**	**891**	**551**	**406**	**383**	**368**	**310**	**263**	**247**	**226**	**222**	**198**	**161**	**149**	**132**	**135**	**-89**
1 Industries de l'énergie	503	381	260	204	183	175	155	130	111	84	99	88	58	48	38	37	**-93**
2 Industries manufacturières et construction	352	282	171	115	121	116	106	89	92	96	82	69	70	66	60	62	**-82**
3 Transport	153	125	29	8,1	7,2	6,8	6,7	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9	3,7	3,7	3,4	3,5	**-98**
4 Autres secteurs	165	103	91	79	72	71	43	40	41	43	37	37	29	31	31	32	**-80**
B Emissions fugitives des combustibles	**96**	**70**	**76**	**62**	**58**	**57**	**55**	**41**	**37**	**37**	**26**	**24**	**19**	**20**	**18**	**16**	**-84**
2 Combustibles liquides et gazeux	96	70	76	62	58	57	55	41	37	37	26	24	19	20	18	16	**-84**
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**30,0**	**22,7**	**25,1**	**17,6**	**16,8**	**14,8**	**13,6**	**10,5**	**10,0**	**10,2**	**9,8**	**9,6**	**11,0**	**10,9**	**11,6**	**10,7**	**-64**
B Chimie	22	14	14	7,5	7,0	6,1	5,9	4,5	4,2	4,4	3,7	3,7	3,9	3,2	4,4	3,5	**-84**
C Métallurgie	5,1	5,7	8,1	7,5	7,3	6,5	5,6	4,5	4,3	4,4	4,8	4,6	5,9	6,6	6,3	6,4	**23**
D Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants	0,423	0,324	0,052	0,008	0,008	0,008	0,007	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	**-100**
H Autre	2,6	3,0	3,1	2,6	2,4	2,2	2,1	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8	-68
4 Utilisation des sols, Changement d'affectation des sols et sylviculture	**0,8**	**0,3**	**0,2**	**0,2**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**0,1**	**0,0**	**0,1**	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**-72**
H Autre	0,8	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	-72
5 Déchets	**3,5**	**2,9**	**1,0**	**0,5**	**0,4**	**0,4**	**0,4**	**0,4**	**0,4**	**0,4**	**0,4**	**0,3**	**0,4**	**0,4**	**0,3**	**0,3**	**-91**
C Incinération et brûlage de déchets	3,5	2,9	1,0	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	**-91**
Memo																	
Soutes internationales	**147**	**119**	**151**	**153**	**136**	**137**	**93**	**99**	**92**	**100**	**134**	**124**	**105**	**92**	**84**	**92**	**-37**
Aviation	2,7	3,4	4,6	5,0	5,3	5,5	5,5	5,0	5,1	5,3	5,2	5,1	5,2	5,5	5,4	5,5	**104**
Marine	144	116	147	148	131	131	88	94	87	95	129	119	100	86	78	87	**-40**

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 27 : Émissions de NOx en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) **1990 - 2017** **NOx (kt)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**2 112**	**1 938**	**1 768**	**1 570**	**1 481**	**1 418**	**1 321**	**1 238**	**1 222**	**1 163**	**1 127**	**1 116**	**1 028**	**996**	**954**	**923**	**-56**
1 Energie	**1 979**	**1 822**	**1 653**	**1 468**	**1 383**	**1 320**	**1 225**	**1 146**	**1 130**	**1 072**	**1 036**	**1 027**	**936**	**904**	**862**	**830**	**-58**
A Conso. de combustible (approche sectorielle)	**1 974**	**1 817**	**1 647**	**1 463**	**1 378**	**1 315**	**1 220**	**1 140**	**1 125**	**1 068**	**1 032**	**1 025**	**933**	**901**	**859**	**828**	**-58**
1 Industries de l'énergie	176	156	180	195	172	163	142	138	133	112	114	114	71	62	57	63	**-64**
2 Industries manufacturières et construction	207	193	184	180	170	159	146	117	123	127	119	118	111	106	101	99	**-52**
3 Transport	1 302	1 180	990	800	766	737	677	634	630	610	584	578	561	547	524	501	**-61**
4 Autres secteurs	290	287	293	288	269	255	255	251	240	219	216	215	190	186	176	164	**-43**
B Emissions fugitives des combustibles	**5,0**	**5,1**	**5,4**	**5,2**	**5,7**	**5,3**	**5,5**	**5,8**	**4,8**	**4,7**	**3,9**	**2,7**	**2,8**	**2,8**	**2,7**	**2,4**	**-51**
2 Combustibles liquides et gazeux	5,0	5,1	5,4	5,2	5,7	5,3	5,5	5,8	4,8	4,7	3,9	2,7	2,8	2,8	2,7	2,4	**-51**
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**27**	**17**	**16**	**13**	**12**	**12**	**10**	**7,9**	**7,4**	**6,8**	**6,9**	**7,4**	**7,2**	**7,2**	**7,0**	**6,9**	**-75**
B Chimie	21	12	11	9	8	9	7	5,7	5,2	5,1	5,1	5,1	5,3	5,4	5,1	5,2	**-76**
C Métallurgie	1,5	1,7	2,2	1,9	2,0	1,9	1,9	1,2	1,2	0,8	0,8	1,3	0,9	0,9	1,0	0,8	**-51**
D Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants	4,1	3,6	2,5	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	**-78**
H Autre	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	**-46**
3 Agriculture	**78**	**72**	**74**	**69**	**67**	**68**	**67**	**66**	**65**	**64**	**65**	**64**	**65**	**66**	**66**	**66**	**-15**
D Sols agricoles	73	67	70	65	63	64	63	62	61	61	61	60	62	62	63	63	**-14**
F Incinération des résidus de culture	4,7	4,6	4,7	3,8	3,8	3,7	3,8	3,8	3,7	3,6	3,7	3,6	3,6	3,6	3,4	3,6	**-23**
4 Utilisation des sols, Changement d'affectation des sols et sylviculture	**22**	**20**	**20**	**17**	**16**	**16**	**15**	**16**	**17**	**17**	**17**	**16**	**17**	**17**	**17**	**18**	**-18**
A Forêts	16	14	15	12	10	10	10	11	11	12	11	11	12	12	12	13	**-22**
B Terres cultivées	2,4	2,4	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	**-10**
C Prairies	2,8	2,8	2,5	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,3	2,4	**-15**
D Terres humides	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	**30**
E Terrains bâtis	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	**22**
5 Déchets	**6,7**	**6,7**	**4,7**	**3,7**	**3,1**	**2,8**	**2,9**	**2,4**	**2,7**	**2,5**	**2,6**	**2,1**	**2,4**	**2,3**	**2,1**	**2,1**	**-69**
C Incinération et brûlage de déchets	6,7	6,7	4,7	3,7	3,1	2,8	2,9	2,4	2,7	2,5	2,6	2,1	2,4	2,3	2,1	2,1	**-69**
Memo																	
Soutes internationales	**220**	**205**	**273**	**259**	**270**	**278**	**247**	**244**	**238**	**254**	**241**	**223**	**196**	**181**	**173**	**181**	**-18**
Aviation	20	25	34	38	40	41	42	38	38	40	39	38	39	41	40	41	**107**
Marine	201	179	238	221	230	237	206	206	200	214	202	185	157	140	133	141	**-30**

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 28 : Émissions de COVNM en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) **1990 - 2017** **COVNM (kt)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**3 958**	**3 613**	**3 148**	**2 757**	**2 765**	**2 372**	**2 296**	**2 351**	**2 268**	**2 283**	**2 191**	**2 192**	**2 190**	**2 248**	**2 187**	**2 241**	**-43**
1 Energie	**1 737**	**1 418**	**983**	**639**	**548**	**490**	**445**	**406**	**392**	**330**	**325**	**320**	**274**	**270**	**269**	**256**	**-85**
A Conso. de combustible (approche sectorielle)	**1 548**	**1 303**	**906**	**593**	**503**	**445**	**407**	**371**	**359**	**299**	**297**	**294**	**249**	**245**	**244**	**232**	**-85**
1 Industries de l'énergie	7,1	5,5	3,6	3,5	3,0	3,1	2,9	3,0	2,8	2,6	2,6	2,5	2,4	2,6	2,6	2,7	-62
2 Industries manufacturières et construction	19	18	18	17	17	15	13	10	10	12	10	9,4	9,4	8,6	8,0	8,0	-59
3 Transport	948	727	467	260	221	191	160	139	123	108	98	90	82	77	72	70	-93
4 Autres secteurs	573	552	418	312	262	236	231	219	224	176	186	192	155	157	162	151	-74
B Emissions fugitives des combustibles	**189**	**115**	**77**	**46**	**45**	**45**	**38**	**35**	**33**	**31**	**28**	**27**	**25**	**25**	**25**	**24**	**-87**
1 Combustibles solides	33,5	22,5	9,0	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	-100
2 Combustibles liquides et gazeux	156	93	68	46	45	44	38	35	32	31	28	26	25	25	25	24	-85
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**749**	**669**	**669**	**540**	**519**	**478**	**447**	**396**	**426**	**408**	**376**	**367**	**390**	**365**	**354**	**359**	**-52**
B Chimie	42	42	44	37	31	25	25	21	21	18	18	16	17	20	16	16	-61
C Métallurgie	1,6	1,6	2,0	1,7	1,6	1,7	1,6	1,2	1,5	1,4	1,3	1,4	1,5	1,3	1,2	1,3	-16
D Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants	413	341	323	265	244	201	183	147	149	155	135	130	131	128	118	116	-72
G Autres fabrication et utilisations de produits	260	252	270	203	208	216	203	193	220	197	185	183	205	178	180	186	-28
H Autre	33	31	31	33	34	35	34	34	35	37	36	36	36	37	39	40	19
3 Agriculture	**358**	**366**	**356**	**348**	**355**	**332**	**330**	**340**	**335**	**343**	**335**	**337**	**343**	**347**	**344**	**347**	**-3,3**
B Gestion des déjections animales	208	206	208	195	194	197	200	197	197	196	194	194	198	199	196	193	-7,4
D Sols agricoles	148	158	146	151	159	133	128	141	136	145	139	141	143	147	147	152	2,9
F Incinération des résidus de culture	2,5	2,4	2,6	2,2	2,1	1,9	2,1	2,1	1,8	1,9	1,9	1,6	1,7	1,7	1,6	1,8	-28
4 Utilisation des sols, Changement d'affectation des sols et sylviculture	**1 102**	**1 148**	**1 126**	**1 217**	**1 329**	**1 058**	**1 060**	**1 196**	**1 102**	**1 190**	**1 144**	**1 157**	**1 174**	**1 256**	**1 210**	**1 270**	**15**
A Forêts	9,1	3,1	2,9	2,7	1,0	1,1	1,0	2,5	1,9	2,0	1,6	0,6	1,3	2,6	2,1	2,6	-72
H Autre	1 093	1 145	1 123	1 214	1 328	1 057	1 059	1 193	1 100	1 188	1 142	1 157	1 173	1 253	1 208	1 267	16
5 Déchets	**11**	**12**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**12**	**12**	**11**	**11**	**10**	**10**	**10**	**10**	**-13**
A Installations de stockage de déchets non dangereux	5,0	6,1	6,8	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8	5,6	5,3	5,0	4,9	4,9	-2,1
C Incinération et brûlage de déchets	2,8	2,9	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	2,9	2,7	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,8	2,8	-0,8
D Traitement des eaux et rejets	3,4	3,4	3,5	3,4	3,5	3,9	3,9	3,7	3,3	3,3	2,6	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	-40
Memo																	
Soutes internationales	**9,9**	**8,5**	**10,8**	**10,2**	**10,6**	**10,9**	**9,9**	**9,6**	**9,5**	**10,1**	**9,7**	**9,0**	**8,1**	**7,6**	**7,4**	**7,7**	**-23**
Aviation	2,9	2,2	2,4	2,4	2,6	2,7	2,7	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	-5,0
Marine	7,0	6,3	8,4	7,8	8,1	8,3	7,2	7,2	7,0	7,5	7,1	6,5	5,5	4,9	4,7	4,9	-30

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Tableau 29 : Émissions de CO en France par catégorie CRF

FRANCE (Périmètre Kyoto(***)) **1990 - 2017** **CO (kt)**

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

secteurs CCNUCC	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	écart (%) 2017/1990
Total national (émissions nettes)	**11 134**	**9 754**	**7 248**	**5 861**	**5 242**	**5 072**	**4 834**	**4 392**	**4 804**	**4 135**	**3 786**	**3 815**	**3 315**	**3 288**	**3 359**	**3 337**	**-70**
1 Energie	**9 504**	**7 810**	**5 646**	**4 209**	**3 806**	**3 591**	**3 411**	**3 029**	**3 110**	**2 666**	**2 591**	**2 610**	**2 250**	**2 224**	**2 287**	**2 202**	**-77**
A Conso. de combustible (approche sectorielle)	**9 448**	**7 762**	**5 599**	**4 167**	**3 762**	**3 547**	**3 363**	**2 985**	**3 075**	**2 625**	**2 553**	**2 594**	**2 229**	**2 205**	**2 266**	**2 183**	**-77**
1 Industries de l'énergie	40	33	27	25	23	23	24	24	25	24	23	24	21	25	30	32	**-20**
2 Industries manufacturières et construction	847	779	805	741	758	738	711	489	547	502	399	415	409	390	417	415	**-51**
3 Transport	5 817	4 321	2 687	1 622	1 400	1 288	1 109	970	882	744	672	613	537	482	456	442	**-92**
4 Autres secteurs	2 745	2 629	2 079	1 780	1 582	1 498	1 520	1 501	1 621	1 354	1 459	1 542	1 261	1 308	1 363	1 294	**-53**
B Emissions fugitives des combustibles	**56**	**47**	**48**	**42**	**43**	**44**	**48**	**44**	**36**	**41**	**38**	**17**	**20**	**20**	**21**	**19**	**-66**
1 Combustibles solides	38	31	28	24	24	25	25	18	18	17	16	15	18	18	19	18	**-54**
2 Combustibles liquides et gazeux	17	16	20	18	19	19	23	26	18	24	22	1,9	2,0	1,7	1,5	1,3	**-92**
2 Procédés industriels, utilisation de solvants et autres produits	**772**	**1 141**	**803**	**969**	**791**	**843**	**800**	**716**	**1 024**	**802**	**533**	**578**	**405**	**391**	**390**	**428**	**-45**
B Chimie	13	13	15	7,7	8,9	9,0	6,4	5,2	6,5	5,2	6,7	6,6	1,7	1,6	1,6	1,9	**-85**
C Métallurgie	741	1 115	781	957	779	831	791	709	1 016	796	526	570	403	389	388	425	**-43**
D Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants	18	14	7,7	3,7	3,0	2,6	2,1	1,7	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	**-97**
H Autre	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	**67**
3 Agriculture	**86**	**84**	**89**	**63**	**62**	**60**	**64**	**65**	**63**	**63**	**64**	**61**	**62**	**63**	**58**	**63**	**-27**
F Incinération des résidus de culture	86	84	89	63	62	60	64	65	63	63	64	61	62	63	58	63	**-27**
4 Utilisation des sols, Changement d'affectation des sols et sylviculture	**757**	**704**	**695**	**606**	**569**	**564**	**545**	**568**	**594**	**592**	**585**	**552**	**585**	**596**	**611**	**631**	**-17**
A Forêts	552	500	515	409	368	362	347	376	403	411	401	376	407	420	429	445	**-19**
B Terres cultivées	84	85	74	75	75	74	75	74	77	74	75	72	72	71	74	76	**-10**
C Prairies	101	101	89	96	97	97	92	89	89	83	84	80	81	80	83	85	**-15**
D Terres humides	2,5	1,9	2,0	3,3	4,1	4,8	2,3	3,1	2,5	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	**30**
E Terrains bâtis	18	17	16	22	24	26	29	26	22	21	21	21	21	21	21	21	**22**
5 Déchets	**15**	**15**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**13**	**12**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**-14**
C Incinération et brûlage de déchets	15	15	14	14	14	14	14	14	13	12	13	13	13	13	13	13	**-14**
Memo																	
Soutes internationales	**27**	**24**	**31**	**30**	**31**	**32**	**29**	**28**	**28**	**30**	**28**	**27**	**24**	**23**	**23**	**23**	**-13**
Aviation	7,5	6,9	8,2	8,3	8,7	9,1	9,2	8,6	8,6	9,2	9,1	9,1	9,1	9,6	9,7	9,8	**30**
Marine	19	17	23	21	22	23	20	20	19	20	19	18	15	13	13	14	**-30**

(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

Énergie (CRF 1)

L'utilisation de l'énergie hors biomasse représente, en 2017, plus de 70% des émissions de gaz à effet de serre en CO_2e hors UTCATF pour la France (périmètre Kyoto) alors qu'en ne considérant que les émissions de CO_2, l'utilisation de l'énergie hors biomasse représente à elle seule près de 93% des émissions de CO_2 hors UTCATF. Ce niveau se situe dans le bas de la fourchette en comparaison à la plupart des pays développés du fait de la part importante d'électricité produite à partir d'énergie nucléaire.

Cette catégorie est également largement prépondérante vis à vis des émissions de gaz à effet de serre indirect (UTCATF inclus) comme le SO_2 (93%), les NOx (90%) et le CO (66%). Elle contribue à un degré beaucoup moindre aux émissions de COVNM (11%) en 2017.

En revanche, cette catégorie contribue seulement à hauteur d'environ 9% aux émissions de N_2O et de 5% aux émissions de CH_4 hors UTCATF en 2017. Il n'y a pas d'émissions de HFC, PFC, NF_3 et SF_6 associées à cette catégorie dans le rapportage CCNUCC.

En 2017, le secteur des transports, et principalement le transport routier, ressort nettement quant aux émissions nationales de **CO_2** avec environ 38% des émissions hors UTCATF (périmètre Kyoto) devant le secteur "résidentiel / tertiaire / agriculture" (environ 25%), l'industrie manufacturière (15%), les industries de l'énergie (14%) et les émissions fugitives des combustibles (moins de 1%).

Les émissions de **CH_4, N_2O et COVNM** du secteur énergie représentent des contributions aux totaux nationaux bien moins importantes que celles du CO_2. A noter tout de même l'émission de ces substances dans la combustion du résidentiel / tertiaire / agriculture, ainsi que dans le transport routier. Enfin, l'extraction et la distribution du pétrole et du gaz naturel sont sources d'émissions diffuses de COVNM.

Pour les émissions de **NOx** (UTCATF inclus), le transport domine avec plus de 54% des émissions, suivi par le "résidentiel / tertiaire / agriculture" (18%), puis l'industrie manufacturière (11%) et l'industrie de l'énergie (7%).

Concernant les émissions de **CO** (UTCATF inclus), elles sont issues à 39% du secteur "résidentiel / tertiaire / agriculture", à 13% du transport et à 12% de l'industrie manufacturière (partie énergétique). Le CO dans l'industrie de l'énergie et les émissions fugitives des combustibles est très marginal (moins de 1%). A noter la pénétration accrue des pots catalytiques qui a permis de réduire considérablement les émissions de NOx et de CO du transport routier.

Au sujet des rejets de **SO_2** (UTCATF inclus), en 2017, le secteur de l'énergie est prépondérant. En effet, la combustion regroupe 83% des émissions (industrie manufacturière 38% ; production d'énergie 23% ; "résidentiel / tertiaire / agriculture" 20% ; transport 2%).

Les émissions des industries de l'énergie, en particulier les centrales électriques, connaissent des fluctuations significatives au cours de la période 1990-2017 consécutives aux conditions particulières rencontrées chaque année (conditions climatiques, disponibilité des centrales nucléaires et hydroélectriques, imports/exports d'électricité).

Les émissions de CO_2 du **transport** sont en nette augmentation depuis 1990 (+10% entre 1990 et 2017). Cependant, une stabilisation de ces émissions est observée sur la période 2001-2004, suivie d'une baisse jusqu'en 2008, puis d'une stabilisation les années suivantes. Ainsi, entre 2004 et 2009, les émissions ont baissé de plus de 8%. Ces évolutions s'expliquent principalement par le ralentissement de la hausse du parc roulant pour le transport routier, puis sa relative stabilité depuis 2005 et, dans le même temps, par l'augmentation des taux d'agrocarburants incorporés dans l'essence et le gazole (émissions CO_2 biomasse hors total). Pour les autres polluants, entre 1990 et 2017, les émissions du transport sont en baisse :

- -98% pour les émissions de SO_2, soit un recul d'environ 150 kt lié à l'évolution de la teneur en soufre des carburants,

- -92% pour les émissions de CO,
- -93% pour les émissions de COVNM soit une baisse de près de 900 kt,
- -61% pour les émissions de NOx soit une baisse de 800 kt,
- -86% pour les émissions de CH_4,
- sauf pour les émissions de N_2O (+62%).

Pour toutes ces substances (sauf le CO_2 et le SO_2) la raison de ces évolutions est essentiellement la mise en place des pots catalytiques et les dernières normes Euro sur les véhicules pour le transport routier.

Procédés industriels (CRF 2)

En dehors des émissions de HFC (en forte hausse), les émissions de toutes les substances sont orientées à la baisse pour cette catégorie.

Pour les gaz à effet de serre direct, la baisse la plus importante est celle du N_2O (-93% de 1990 à 2017). Ce secteur ne représente plus que 4% des émissions de N_2O de la France (hors UTCATF) en 2017 contre 36% en 1990. Cette importante réduction fait suite à la mise en place, à partir de 1998, de systèmes de traitement sur les installations de production chimique, seules contributrices du secteur industriel (acide adipique, glyoxylique et nitrique). Ainsi, de 2003 à 2004, une baisse de 30% des émissions a été observée pour cette catégorie. Depuis, les émissions continuent de baisser, suite à la diminution de la production d'acide nitrique.

Bien qu'elles ne soient pas significatives, étant donné leur très faible niveau, les émissions de CH_4, occasionnées par la production de noir de carbone et la métallurgie sont en baisse de 43% de 1990 à 2017.

Les émissions de CO_2 baissent de 29% de 1990 à 2017, pour atteindre un peu plus de 6 % des émissions de la France (hors UTCATF). La baisse est observée à la fois dans la production de produits minéraux (-38%) et dans la chimie (-9%) suite à des diminutions de production principalement. Les émissions de la métallurgie sont assez fluctuantes sur la période mais en 2017 se situent 45% en dessous de celles de 1990.

Les procédés industriels regroupent également les sources de HFC, de PFC, de NF_3 et de SF_6 qui sont commentées dans le paragraphe 2.1.4 « Évolution des émissions par gaz à effet de serre direct » du présent rapport.

En ce qui concerne les gaz à effet de serre indirect, il est à noter que la part relative la plus importante dans les émissions France (périmètre Kyoto), UTCATF inclus, en 2017 concerne le CO (13%) et les COVNM (16%), les parts des autres polluants dans les procédés industriels étant très faibles. Ces émissions sont orientées à la baisse entre 1990 et 2017 (NOx -75%, COVNM -52%, SO_2 -64%, CO -45%).

Concernant les COVNM, les émissions proviennent en grande majorité de l'utilisation de solvants et d'autres produits (84% des émissions du CRF 2 et 31% des émissions totales de COVNM en France en 2017 hors UTCATF). Les émissions de ces secteurs sont en baisse de plus de 55% en 2017 par rapport à 1990, soit une réduction d'environ 370 kt.

En termes d'émissions totales exprimées en CO_2 équivalent, ce secteur représente, en 2017, un peu moins de 10% des émissions France (périmètre Kyoto) hors UTCATF.

Agriculture (CRF 3)

L'agriculture est le secteur prépondérant quant aux émissions de **CH_4** et de **N_2O** avec respectivement 69% et 85% des émissions de la France (périmètre Kyoto) hors UTCATF en 2017. Les émissions de CH_4

du secteur sont en diminution de 9% entre 1990 et 2017, tout comme les émissions de N_2O qui baissent d'environ 7% durant la même période.

La fermentation entérique (62% en 2017 du total CH_4 en France au périmètre Kyoto hors UTCATF) et les déjections animales (7% en 2017) constituent l'essentiel des sources émettrices de CH_4 de cette catégorie. Les émissions de la fermentation entérique sont en baisse entre 1990 et 2005 et relativement stables depuis du fait de l'intensification de la production laitière et de l'évolution du cheptel. Celles de la gestion des déjections animales sont en hausse en 2017 par rapport à 1990 (+6%).

La baisse des émissions de N_2O provient principalement du secteur des sols agricoles et en particulier de l'épandage des engrais minéraux. En effet, la quantité d'engrais épandus entre 1990 et 2017 est en diminution.

En ce qui concerne le CO_2, les émissions des sols agricoles sont traitées dans le secteur 4 du CRF (voir ci-après).

Enfin, les sols agricoles sont émetteurs de COVNM pour environ 150 kt en 2017 (environ 7% des COVNM totaux avec UTCATF).

L'agriculture participe pour une part non négligeable aux émissions de gaz à effet de serre en CO_2e de 2017 avec environ 16% du total national hors UTCATF.

Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt (UTCATF) (CRF 4)

L'accroissement de la biomasse (en forêts et hors forêts) et la récolte forestière sont les postes prépondérants dans le calcul des puits et des émissions de CO_2 liés aux changements dans l'utilisation des sols et de la sylviculture.

Les forêts sont le principal contributeur à cette catégorie. L'accroissement de la matière ligneuse forestière entraîne un stockage de CO_2 passant de 38,5 Mt CO_2e en 1990 à 54 Mt CO_2e en 2017 traduisant le fort potentiel de la forêt française.

Les changements d'utilisation des sols impliquent à la fois un déstockage de CO_2 (conversion des forêts et des prairies en terres agricoles) et un stockage de CO_2 (conversion des prairies et terres agricoles en forêts ainsi que des prairies en terres agricoles non cultivées).

Au bilan, les changements d'affectation des sols et la sylviculture conduisent à un puits de CO_2 qui augmente entre 1990 et 2017, passant de 26 Mt CO_2e à 36 Mt CO_2e.

L'UTCATF est à l'origine d'émissions de CH_4 du fait de l'exploitation forestière (feux de résidus sur place mais aussi par le barrage de Petit Saut à partir de 1994). Les émissions sont en augmentation de 20% entre 1990 et 2017.

Déchets (CRF 5)

Le traitement des déchets représente moins de 1% des émissions totales de SO_2, de CO, de NOx, de COVNM avec UTCATF. Le CO_2 du secteur représente 0,5% des émissions nationales hors UTCATF et le N_2O moins de 2% hors UTCATF. Il faut noter que l'incinération avec récupération d'énergie est comptabilisée dans la catégorie CRF 1 Énergie.

Le stockage de déchets en installations de stockage de déchets non dangereux est la principale source de cette catégorie. Elle représente 22% des émissions de CH_4 de la France (périmètre Kyoto) hors UTCATF en 2017 et plus de 83% des émissions de CH_4 des déchets. Ces émissions de CH_4 sont en diminution de 2% en 2017 par rapport à 1990 après un pic d'émission atteint en 2003 du fait de l'augmentation des volumes de déchets et de la cinétique de dégradation des déchets stockés. Ainsi, depuis 2003 les émissions sont en constante diminution pour, en 2015, être inférieures au niveau d'émissions de 1990. Le traitement des eaux usées, et particulièrement les traitements autonomes à base de fosses septiques, comptent pour près de 15% des émissions de CH_4 de cette catégorie en 2017.

Il faut noter le développement de la filière du compostage des déchets dont les émissions de CH_4 et de N_2O, bien que faibles (moins de 2% de la catégorie CRF 5 déchets pour le CH_4, mais environ 43% de la catégorie pour le N_2O), augmentent fortement entre 1990 et 2017 (respectivement de 418% et 290%).

Autres sources (CRF 6)

Aucune source n'est rapportée dans cette catégorie, toutes les sources ayant été assignées aussi spécifiquement que possible.

Emissions hors total national (memo items)

Cette catégorie regroupe les émissions des sources définies hors du champ « national » dans le cadre du protocole de Kyoto et, pour mémoire, le CO_2 issu de la combustion dans le secteur « Energie » de la biomasse qui est comptabilisé implicitement dans le secteur 4.

Soutes internationales

Les trafics internationaux aériens et maritimes relatifs aux quantités de combustibles vendus en France représentent des émissions " internationales " non négligeables en ce qui concerne plusieurs des substances inventoriées.

Comparées aux émissions totales de la France au périmètre Kyoto hors UTCATF, les soutes internationales correspondent, en 2017, à environ 6,6% du CO_2, 20% des NOx, et 57% du SO_2 (moins de 1% pour le CO, le CH_4, les COVNM et le N_2O).

En ce qui concerne le trafic aérien international, les contributions françaises à ces émissions de CO_2 ont été estimées séparément pour les trafics intra Union européenne et hors Union européenne pour la Métropole, l'Outre-mer, ainsi que pour la France entière. Au niveau de la France entière, la contribution aux émissions de CO_2 des trafics intra Union européenne est d'environ 21 à 23% du trafic international.

Tableau 30 : Contribution du trafic intra et hors Union européenne aux émissions de CO_2 du trafic international aérien relatif à la France

source CITEPA / format UNFCCC — Aérien.xlsx/diffusion_rapport

Edition mars 2019	Trafic aérien international - Contributions au CO_2 des vols intra et hors UE (%)													
Trafic international	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Métropole - UE	24,2	23,3	23,1	22,0	22,6	22,6	21,8	22,4	22,6	21,8	22,1	22,5	23,7	23,6
Métropole - hors UE	75,8	76,7	76,9	78,0	77,4	77,4	78,2	77,6	77,4	78,2	77,9	77,5	76,3	76,4
DOM - UE	1,1	14,2	15,1	5,4	9,7	7,6	7,5	8,0	12,5	9,1	15,3	15,9	14,7	12,6
DOM - hors UE	98,9	85,8	84,9	94,6	90,3	92,4	92,5	92,0	87,5	90,9	84,7	84,1	85,3	87,4
COM - UE	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,0
COM - hors UE	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
FRANCE - UE	**22,8**	**22,4**	**22,3**	**21,3**	**22,1**	**22,0**	**21,3**	**21,9**	**22,1**	**21,4**	**21,7**	**22,1**	**23,2**	**23,2**
FRANCE - hors UE	**77,2**	**77,6**	**77,7**	**78,7**	**77,9**	**78,0**	**78,7**	**78,1**	**77,9**	**78,6**	**78,3**	**77,9**	**76,8**	**76,8**

Opérations multilatérales

Cet item comptabilise les émissions de CO_2 des tirs de fusée Ariane (utilisation de propergol) sur le site ARIANESPACE à Kourou (Guyane). Les consommations de propergol sont confidentielles (un seul site de tir).

3 ENERGIE (CRF 1)

3.1 Présentation générale du secteur

La consommation d'énergie regroupe les industries de l'énergie (producteurs d'énergie : les centrales électriques, les raffineries de pétrole et la production de combustibles solides et gazeux notamment), les industries manufacturières, les transports mais également la consommation d'énergie du secteur résidentiel/tertiaire et de l'agriculture. Il faut ajouter les émissions dites fugitives en provenance, d'une part, de l'élaboration des produits pétroliers et, d'autre part, de l'extraction et de la distribution des combustibles (mines, réseaux de transport de gaz naturel, stations-services, etc.).

L'une des principales bases d'information pour le secteur CRF1 est le bilan énergétique national réalisé chaque année par le Service de la Donnée et des Etudes Statistiques (SDES). Ce bilan fourni au CITEPA est non corrigé du climat et concerne la Métropole voire les DOM pour certains combustibles. Les usages à des fins énergétiques du charbon, du pétrole, des gaz et des énergies renouvelables sont comptabilisés pour les différents secteurs présentés dans le tableau ci-dessous. Un autre poste du bilan est consacré aux usages non énergétiques de ces énergies. Néanmoins, ces consommations font l'objet d'un traitement particulier par le CITEPA (cf. chapitre 3.2.3). Ces bilans annuels sont construits à partir des retours d'enquêtes annuelles, voire mensuelles auprès des producteurs et des utilisateurs d'énergie.

En ce qui concerne le bilan énergétique des territoires d'Outre-mer, le CITEPA élabore les bilans énergétiques de chaque territoire à partir de différentes sources dont le Comité Professionnel du Pétrole – CPDP (consommations par territoire et type de combustible depuis 1990, sans distinction par secteur), les déclarations annuelles des émissions de certains exploitants (notamment pour la production centralisée d'électricité et les GIC) ainsi que les bilans élaborés par les Observatoires de l'énergie existants en Guadeloupe, Guyane, Martinique, Nouvelle-Calédonie et à la Réunion. D'autres données sectorielles sont disponibles pour quelques années pour Mayotte et la Polynésie française notamment.

Le **CITEPA et les équipes du SDES** en charge de l'élaboration du bilan de l'énergie, travaillent ensemble afin d'affiner la prise en compte des statistiques énergétiques nationales dans l'estimation des émissions en France.

En 2017, le SDES a réalisé une refonte de son bilan de l'énergie. Cette refonte a notamment été l'occasion d'opérer plusieurs changements méthodologiques dans la comptabilisation de certains flux, afin de rapprocher les concepts utilisés dans le bilan national de ceux retenus par l'Agence internationale de l'énergie.

Dans le cadre de l'utilisation de ces données dans l'inventaire, cette refonte présente des résultats plus détaillés que ceux utilisés auparavant avec des découpages par secteur plus proche de ceux imposés par les tables CRF.

Tableau 31 : Correspondance des secteurs bilan de l'énergie français / CRF

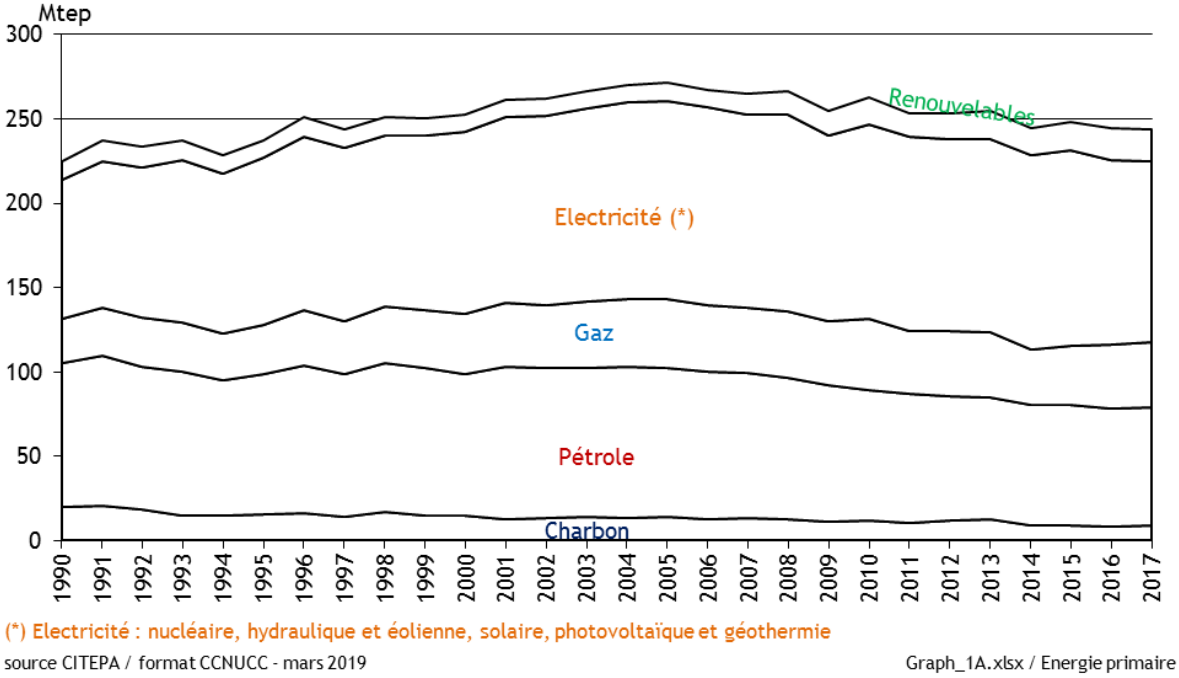
Secteur bilan énergie SDES	Secteur CRF
Consommation de la branche transformation	
Centrales d'électricité / de cogénération / calogènes (activité principale et autoproduction)	1A1a (production centralisée d'électricité, production de chaleur du chauffage urbain, autoproduction d'électricité du chauffage urbain et UIDND avec récupération d'énergie), 1A2 (autoproduction d'électricité)
Hauts-fourneaux	1A2a, 1B1b, 2C (distinction entre les usages énergétiques et non énergétiques de CMS par bilan matière)
Autres transformations	1A1c
Consommation finale d'énergie	
Sidérurgie	1A2a, 1B1b, 2C (distinction entre les usages énergétiques et non énergétiques de CMS par bilan matière)
Industrie (chimique, métaux non ferreux, produits minéraux, agroalimentaire, papier, construction, etc.)	1A2 hors 1A2a
Transports (hors soutes maritimes internationales)	1A3, 1A4b (pour les EMNR essence et diesel routier uniquement)
Commerce et services publics Résidentiel	1A4a, 1A4b
Agriculture/Sylviculture Pêche	1A4c

Pour plus de détail sur les traitements par secteur, se reporter aux chapitres correspondants.

Les données du SDES sont généralement complétées par d'autres sources de données plus sectorielles afin d'affiner les données relatives aux différents postes à prendre en compte dans l'élaboration de l'inventaire. Ces autres sources d'informations sont cohérentes avec le bilan établi par le SDES. Il s'agit notamment des données du Comité Professionnel du Pétrole (CPDP) qui détaille les consommations par type de combustibles pour le pétrole raffiné, des statistiques de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN), des données de consommations des sites traités individuellement (déclaration annuelle des rejets), etc.

La figure ci-dessous illustre l'évolution de la consommation d'énergie primaire en Métropole (électricité comprise).

Figure 13 : Consommation d'énergie primaire en France métropolitaine (non corrigée du climat)



Alors que la tendance de consommations de la décennie 1990 était à la hausse de + 1,2% par an en moyenne, la consommation d'énergie primaire a cessé de croître depuis 2005 avant de baisser nettement en 2009 suite à la crise économique. Depuis 2010, dans un contexte de stagnation de l'économie française, les variations des consommations sont notamment influencées par les effets climatiques, dont les impacts sont particulièrement visibles en 2014.

La structure du mix énergétique primaire de la France reste assez stable : 44% d'électricité primaire, 29% de pétrole, 16% de gaz, 8% de renouvelables thermiques (y compris déchets) et 4% de charbon en 2017.

L'augmentation de la consommation globale d'énergie depuis 1990 a été absorbée en premier lieu par l'électricité d'origine nucléaire et hydraulique dite « non carbonée » dont la croissance est de 25 Mtep, soit +30%. Les consommations des énergies renouvelables (+80% soit 8,4 Mtep entre 1990 et 2017) et du gaz (+48% soit 12,5 Mtep entre 1990 et 2017) sont à la hausse. La tendance au recul du pétrole se confirme au fil des ans (-18%) tandis que celle du charbon est significative (-53%).

Le bilan énergétique français est singulier étant donné l'importance du parc électronucléaire dont l'impact en termes de gaz à effet de serre est limité compte tenu de son origine.

En ce qui concerne l'Outre-mer, la situation observée est très différente. Un bilan annuel est réalisé sur la base des statistiques disponibles localement pour estimer les consommations de combustibles fossiles qui sont présentées dans la figure ci-dessous. Le niveau de consommation, bien que très inférieur à celui de la Métropole (l'ensemble Outre-mer ne représente que 2% environ), est en augmentation soutenue depuis 1990 malgré une baisse en 2017. La consommation totale d'énergie en outre-mer est relativement stable depuis 2010 même si les consommations de charbon continuent d'augmenter (x 11 depuis 1990, x 2,3 depuis 2000 et x 1,6 depuis 2009).

Figure 14 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer (non corrigée du climat)

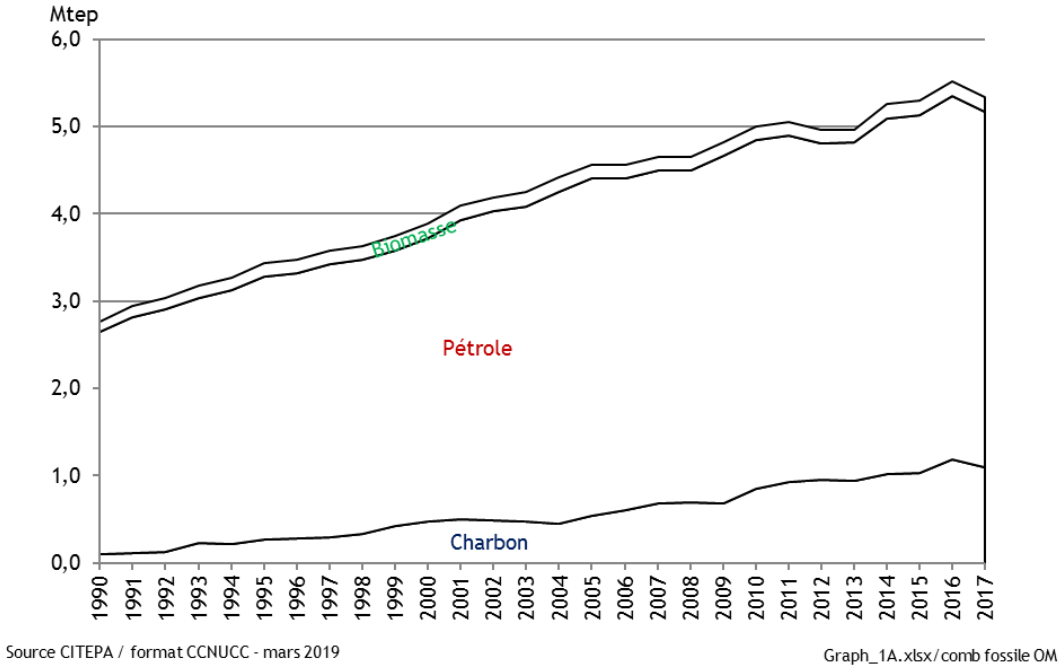


Tableau 32 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer (non corrigée du climat)

	Consommation en TJ			
	Charbon	Pétrole	Biomasse	**Total**
1990	4 274	102 797	4 854	**111 925**
1991	4 597	108 985	5 430	**119 012**
1992	5 491	111 961	4 984	**122 436**
1993	9 464	112 997	6 265	**128 726**
1994	9 119	117 032	6 268	**132 419**
1995	11 083	121 614	6 303	**139 000**
1996	11 724	122 673	6 559	**140 956**
1997	12 471	125 882	6 764	**145 117**
1998	14 102	126 443	6 316	**146 861**
1999	17 662	127 071	7 110	**151 843**
2000	19 790	130 819	6 903	**157 512**
2001	20 814	138 286	6 873	**165 973**
2002	20 751	142 533	6 596	**169 880**
2003	19 922	145 234	6 663	**171 819**
2004	18 836	152 624	6 910	**178 370**
2005	22 883	154 655	6 654	**184 192**
2006	25 264	152 631	6 528	**184 422**
2007	28 789	152 844	6 288	**187 921**
2008	29 373	152 397	6 427	**188 198**
2009	28 633	159 717	6 680	**195 030**
2010	35 491	160 210	6 882	**202 584**
2011	39 208	158 935	6 744	**204 888**
2012	40 261	154 119	6 739	**201 120**
2013	39 312	155 442	6 427	**201 181**
2014	42 630	163 458	6 837	**212 925**
2015	43 167	164 100	7 234	**214 501**
2016	49 864	166 717	6 928	**223 510**
2017	46 097	163 286	7 119	**216 502**

Les consommations d'énergie en Outre-mer pour les territoires du périmètre Kyoto suivent sensiblement la même évolution que pour l'ensemble des territoires d'Outre-mer sauf depuis 2011 où il est constaté une baisse des consommations, notamment de charbon.

Figure 15 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer au périmètre Kyoto (non corrigée du climat)

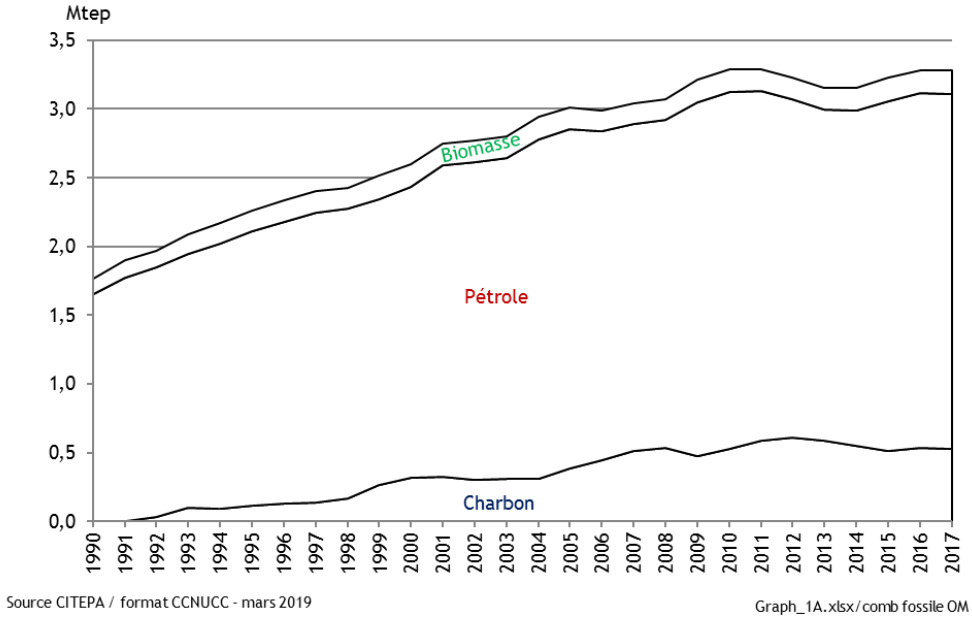


Tableau 33 : Consommation de combustibles fossiles dans les territoires d'Outre-mer au périmètre Kyoto (non corrigée du climat)

	Consommation en TJ			
	Charbon	Pétrole	Biomasse	**Total**
1990	-	69 452	4 854	**74 307**
1991	-	74 496	5 430	**79 927**
1992	1 216	76 406	4 984	**82 606**
1993	4 279	77 284	6 265	**87 828**
1994	3 981	80 815	6 268	**91 064**
1995	4 854	83 668	6 303	**94 825**
1996	5 315	86 104	6 559	**97 977**
1997	5 862	88 400	6 764	**101 025**
1998	7 050	88 459	6 316	**101 824**
1999	11 157	87 287	7 110	**105 554**
2000	13 287	88 888	6 903	**109 077**
2001	13 720	94 955	6 873	**115 549**
2002	12 796	96 924	6 596	**116 315**
2003	12 872	98 039	6 663	**117 575**
2004	12 923	103 647	6 910	**123 479**
2005	16 260	103 464	6 654	**126 377**
2006	18 581	100 460	6 528	**125 568**
2007	21 652	99 794	6 288	**127 734**
2008	22 339	100 253	6 427	**129 019**
2009	19 980	108 095	6 680	**134 755**
2010	22 149	109 018	6 882	**138 050**
2011	24 774	106 627	6 744	**138 146**
2012	25 742	103 024	6 739	**135 505**
2013	24 741	101 066	6 427	**132 234**
2014	22 961	102 495	6 837	**132 293**
2015	21 650	106 608	7 234	**135 492**
2016	22 569	108 372	6 928	**137 869**
2017	22 049	108 436	7 119	**137 604**

Tableau 34 : Émissions de gaz à effet de serre de l'ENERGIE

ENERGIE (périmètre Kyoto)				Secteurs-d.xlsx
	1990		2017	
Polluants	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF
CO_2	365 300	91,2%	320 944	92,5%
CH_4	12 718	18,4%	2 813	5,0%
N_2O	3 276	4,9%	3 820	9,1%
HFC	0	0,0%	0	0,0%
PFC	0	0,0%	0	0,0%
SF_6	0	0,0%	0	0,0%
NF_3	0	0,0%	0	0,0%
PRG	381 294	69,6%	327 576	70,5%

Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

La consommation de combustibles fossiles est la première source d'émissions de CO_2, produit fatal de la combustion. Ainsi en 2017, environ 92,5% des émissions de CO_2 en France au périmètre Kyoto proviennent de l'utilisation de l'énergie. Les parts des émissions de CH_4 et N_2O sont bien moindres avec respectivement 5% et 9,1% des émissions en 2017 (hors UTCATF). Cette catégorie représente plus de 70,5% des émissions totales en CO_2e de la France au périmètre Kyoto (hors UTCATF) en 2017.

3.2 Consommation de combustibles (CRF 1A)

3.2.1 Comparaison de l'approche sectorielle avec l'approche de référence

Des tentatives de recoupements peuvent être effectuées quand cela est possible en particulier en ce qui concerne l'énergie en comparant les méthodes "sectorielle" et de "référence" (pour l'énergie). **Cette dernière méthode alternative est globale et a ses propres limites. Elle ne saurait constituer un référentiel absolu malgré son appellation.**

L'approche de référence est recommandée par le GIEC. Celle-ci figure dans les tables CRF (voir tableau ci-après et annexe 7). L'approche dite de "référence" est appliquée sur les deux périmètres géographiques considérés (Kyoto et France entière). Ici, c'est le périmètre Kyoto qui est présenté. Pour l'énergie (CRF 1A), elle fournit des résultats plus ou moins proches de l'approche "sectorielle".

Tableau 35 : Comparaison de l'approche de référence et de l'approche sectorielle - périmètre Kyoto

	Comparaison entre les approches de référence et sectorielle pour l'énergie - périmètre Kyoto		
	Approche de référence en kt CO_2 A	Approche sectorielle en kt CO_2 B	Ecart % A/B
1990	370 892	360 939	2,8
1991	387 953	386 710	0,3
1992	364 153	378 214	-3,7
1993	358 795	359 274	-0,1
1994	337 500	352 015	-4,1
1995	351 780	358 679	-1,9
1996	377 444	375 324	0,6
1997	355 323	367 941	-3,4
1998	383 367	386 848	-0,9
1999	373 867	384 220	-2,7
2000	367 344	378 304	-2,9
2001	385 433	383 791	0,4
2002	384 223	379 406	1,3
2003	388 137	386 255	0,5
2004	389 946	386 247	1,0
2005	390 836	389 794	0,3
2006	379 895	379 442	0,1
2007	371 211	368 350	0,8
2008	369 455	363 409	1,7
2009	357 814	350 421	2,1
2010	360 051	356 319	1,0
2011	341 844	332 415	2,8
2012	345 128	335 538	2,9
2013	343 431	336 542	2,0
2014	312 881	305 590	2,4
2015	319 815	312 296	2,4
2016	320 814	314 525	2,0
2017	331 264	318 043	4,2
Moyenne	***361 450***	***360 245***	**0,3**

Les données détaillées, transmises par le SDES à l'AIE, sont utilisées sur toute la série.

Au **niveau global** (tous combustibles confondus), sur la période 1990-2017, les écarts sont en moyenne de 0,3% entre les deux approches (périmètre géographique Kyoto). Entre 2001 et 2017, l'écart moyen entre les deux approches est de +1,6%. Ces écarts observés sont raisonnables par rapport aux recommandations du GIEC (5%). Cependant, par rapport aux recommandations du MMR européen (2%), certaines années sont à approfondir pour comprendre les raisons des écarts.

Au **niveau de chaque catégorie de combustibles** :

- Liquid fuels : trois années présentent des écarts importants supérieurs à +/- 5% (1992, 1994 et 2017). L'analyse des données est en cours pour comprendre les raisons de ces écarts.
- Solid fuels : des écarts de -11 à -45% sont observés sur les consommations sectorielles par rapport aux consommations de l'approche de référence. Sur les émissions, les écarts observés sont en moyenne de -1,9% avec des pics observés depuis 2011. Bien que la méthode de prise en compte du charbon de la sidérurgie ait été affinée pour cette édition, les écarts observés sur les consommations ne sont pas résorbés. **Cette question a été mise à l'ordre du jour du programme d'amélioration du groupe de travail sur la cohérence des bilans énergétiques au niveau français.**
- Gaseous fuels : les écarts sont assez faibles (en moyenne -1,3% pour la consommation et 0 -0,8% pour les émissions) sauf pour l'année 1990 qui présente des écarts supérieurs à 5%. **Cette question a été mise à l'ordre du jour du programme d'amélioration du groupe de travail sur la cohérence des bilans énergétiques.**

- Other fossil fuels : les écarts sur les émissions sont très faibles (0,2% en moyenne) et sont aussi raisonnables pour les consommations (-2,6% en moyenne). Cependant, pour les consommations, quelques années ressortent : 1990, 2004, 2005, 2007. Les raisons de ces écarts seront approfondies pour la prochaine soumission (notamment, tous les 'other fossil fuels' de l'approche sectorielle sont-ils bien considérés dans l'approche de référence ?).

Du fait des multiples périmètres de rapportage pour la France, un aperçu des périmètres retenus pour différentes soumissions officielles est présenté ci-dessous :

AIE : Métropole uniquement,

EUROSTAT : Métropole uniquement,

UNECE : Métropole uniquement.

Ces périmètres sont à considérer lors de la comparaison de données car ils peuvent expliquer une partie des différences observées.

Notamment, lors des comparaisons avec les données de l'AIE, des différences s'observent sur les produits pétroliers du fait de la prise en compte particulière des consommations de l'Outre-mer dans l'Approche de référence :

- Pour le 'crude oil', une raffinerie de pétrole est présente en Outre-mer (Martinique) expliquant la légère différence observée sur ce poste dans les imports avec les données de l'AIE pour la Métropole.
- Le détail des produits pétroliers importés en Outre-mer (périmètre Kyoto ou périmètre CCNUCC) n'étant pas connu, l'ensemble des produits est considéré dans la catégorie 'other oil' expliquant la différence importante observée sur ce poste avec les données de l'AIE pour la Métropole.

3.2.2 Soutes internationales

Dans l'inventaire de GES, les émissions rapportées sur les postes soutes internationales (hors total national) concernent les émissions relatives à l'aviation civile internationale et au trafic maritime international basées sur les ventes de combustibles en France.

Soutes internationales relatives à l'aviation

Les soutes internationales relatives à l'aviation concernent les consommations de carburant des vols internationaux sur avitaillements en France.

Les émissions des vols internationaux relatives à la France sont déterminées sur la base d'une méthode détaillée exploitant les bases de données trafics de la DGAC :

- pour les émissions produites au-dessous de 1000 m sur le territoire français (cycle LTO), de plus, la méthode prend en compte les données caractéristiques moteurs de l'OACI,
- pour les émissions internationales au-dessus de 1000 m (croisières internationales / contribution française), les émissions sont calées sur un solde de consommation de combustibles : vente totale de carburant en France diminuée de la consommation des vols domestiques puis des consommations des LTO des vols internationaux sur le sol français. Les statistiques de vente de carburants pour l'aviation ne distinguent pas les soutes internationales des ventes pour le trafic domestique.

POINT D'ATTENTION : des différences sont observées entre les données des soutes de l'aviation données par l'AIE et les données de l'inventaire (Table CRF 1.D) du fait de plusieurs raisons :

- Les PCI utilisés par l'AIE et ceux utilisés dans l'inventaire peuvent être légèrement différents,
- Les périmètres géographiques considérés sont différents : l'AIE considère uniquement la Métropole alors que les tables CRF concernent le périmètre Kyoto (Métropole + DOM) ou le périmètre CCNUCC (Métropole + DOM + COM). Ainsi, les consommations des soutes

internationales pour l'aviation sont toujours plus importantes au format AIE qu'au format de l'inventaire national. En effet, dans ce dernier, une partie des consommations considérées comme internationales par l'AIE (prise carburant pour l'Outre-mer) est considérée comme trafic national dans l'inventaire car ayant lieu entre deux points du territoire français.

Soutes internationales relatives au transport maritime

Concernant le transport maritime international (entre un port français et un port étranger), les consommations sont estimées à partir de statistiques de ventes en France métropolitaine pour les soutes maritimes. Ces statistiques distinguent les soutes françaises et internationales en fonction du pavillon du navire, sachant que les navires étrangers autorisés à transporter pour le compte d'affréteurs français sont pris en compte avec les soutes françaises.

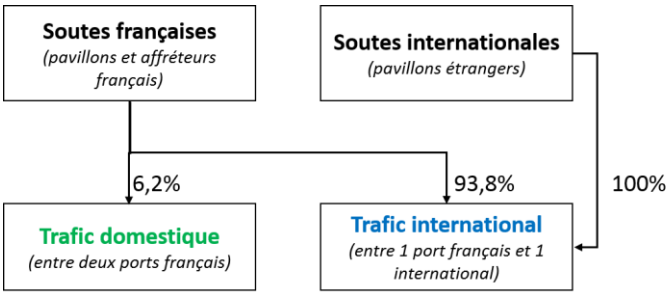
La distinction des trafics domestiques et internationaux réalisé par chaque type de soute est complexe à établir, car les données existantes ne permettent pas d'en faire durablement la séparation. L'absence de ces données est palliée par l'hypothèse d'une répartition inchangée, établie à partir des travaux réalisés par le CITEPA en 2010, s'appuyant sur les données de trafic portuaires de l'année 2005.

En principe deux composantes contribuent au trafic maritime domestique :

- La part des « soutes maritimes françaises » (c'est-à-dire des pavillons français) dont les consommations de carburant correspondent à des liaisons entre deux ports français (cabotage ou escale technique) ;
- La part des « soutes maritimes internationales » (c'est-à-dire des pavillons étrangers) dont les consommations de carburant correspondent à des liaisons entre deux ports français (cabotage ou escale technique).

Ainsi, pour la France métropolitaine, les consommations relatives au trafic maritime international sont estimées correspondre à 93,8% des « soutes françaises » ajoutées au total des « soutes internationales ».

Figure 16 : Répartition du trafic domestique et international pour la Métropole



Pour les Départements-Régions d'Outre-mer (DROM), les parts relatives de consommations de combustibles du trafic domestique vis-à-vis des consommations globales sont établies selon le bilan d'énergie réalisé au CITEPA et après consultations des observatoires d'énergie locaux. Ces valeurs sont les suivantes :

Guadeloupe	100%	**Martinique**	100%	**La Réunion**	50%
Guyane	50%	**Mayotte**	31%	**Saint-Martin**	100%

De même pour les Collectivités d'Outre-Mer (COM), les valeurs sont les suivantes :

Nouvelle-Calédonie	100%	**Saint-Barthélemy**	100%	**Wallis-et-Futuna**	50%
Polynésie française	50%	**Saint-Pierre-et-Miquelon**	50%		

Dans l'approche de référence, les consommations maritimes internationales s'appuient sur les données de consommation Outre-mer (ci-dessus) et le bilan fourni à l'AIE. Ce bilan est au format géographique Métropole. Ainsi les consommations attribuées à l'Outre-mer sont considérées comme internationales alors qu'elles ne le sont pas en totalité si le périmètre Kyoto ou CCNUCC est considéré.

Toutefois, ces observations n'expliquent pas la totalité de l'écart constaté. Cette question a été discutée dans le groupe de travail sur la cohérence des bilans énergétiques et il est apparu que les pourcentages de répartition de l'avitaillement en Métropole (cf. Figure 16) ne sont pas appliqués de la même manière entre le SDES et le CITEPA. Cette différence reste à être approfondie afin d'harmoniser les méthodes de traitement des consommations maritimes internationales.

3.2.3 Usages non énergétiques des combustibles

Les combustibles fossiles peuvent être consommés pour différents usages tels que la combustion pour des besoins énergétiques ou en tant que matière première, intermédiaire ou agent réducteur (usages non énergétiques).

Comme défini dans l'encadré 1.1 du Volume d'introduction pour les procédés industriels des lignes directrices du GIEC 2006, la combustion de combustible est définie comme l'oxydation intentionnelle de matière dans un appareil conçu pour fournir de la chaleur ou un travail mécanique à un procédé, ou destinée à un usage en dehors de l'appareil.

Lors des activités, les émissions peuvent se produire à la fois au stade de la combustion de combustible et du procédé industriel. Cependant, il n'est pas toujours possible, en partie pour des raisons pratiques, de rapporter séparément ces deux types d'émissions.

Dans les **lignes directrices du GIEC 2006**, la règle suivante est formulée :

> Les émissions de combustion, provenant des combustibles, obtenus directement ou indirectement des matières intermédiaires pour un procédé relevant des procédés industriels et de l'utilisation des produits seront normalement attribuées à la partie de la catégorie source dans laquelle le procédé a lieu. Ces catégories sources sont normalement 2B et 2C. Cependant, si les combustibles dérivés sont transférés pour combustion à une autre catégorie source, les émissions doivent être rapportées dans la partie correspondante des catégories sources du secteur Energie (normalement 1A1 ou 1A2).

Dans l'inventaire français, cette règle des lignes directrices est notamment suivie pour le vapocraquage du naphta (émissions comptabilisées dans le 2B) mais pas pour les émissions de la sidérurgie où la distinction entre les usages énergétiques (rapportés en CRF 1A) et non énergétiques (en CRF 2) est réalisée pour des questions historiques. Ce dernier point est en cours d'investigation pour se mettre en cohérence avec la règle des lignes directrices. Cependant, afin de s'assurer de la complétude de l'inventaire, un rebouclage sur le total des consommations finales (énergétiques + non énergétiques) du bilan énergétique est assuré afin d'éviter toute omission ou double-compte des consommations et donc des émissions.

Au niveau de chaque combustible, les distinctions sont les suivantes (cf. tables CRF « Table 1.A(d) *Sectoral background data for energy – Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels* pour plus de détails) :

Combustibles solides :

En ce qui concerne les consommations de combustibles solides (charbon et coke de charbon), elles sont toutes rapportées en tant que consommations énergétiques dans le bilan de l'énergie du SDES. Dans l'inventaire, les usages énergétiques et non énergétiques sont distingués.

Les consommations de combustibles solides en tant que réducteurs ou intermédiaires sont considérées dans le code CRF 2C, pour les sites sidérurgiques et de production de ferro-alliages ainsi que pour la production de carbonates de sodium. Pour plus de détail sur les méthodologies mises en œuvre afin de distinguer les consommations et les émissions entre ces deux types d'usage, se reporter à la section « 2C Métallurgie » et « 2B7 production de carbonate de sodium ».

Les consommations de gaz sidérurgiques pour la production centralisée d'électricité ou dans le raffinage sont considérées dans les codes CRF relatifs (1A1a et 1A1b).

Combustibles liquides :

Les *produits pétroliers* à usage non énergétique sont essentiellement consommés sur les sites pétrochimiques. Ils font l'objet d'une enquête exhaustive de la part du SDES. Environ 14% de la consommation française de produits pétroliers sont utilisés comme matière première pour la chimie organique. Cette enquête définit les quantités des différentes bases pétrolières consommées ainsi que les productions des vapocraqueurs, dont une part des produits est autoconsommée (fioul et gaz industriel issu des matières premières) à des fins énergétiques.

Dans le bilan de l'énergie français du SDES, ces autoconsommations énergétiques sont comptabilisées dans les consommations non énergétiques de produits pétroliers. L'inventaire français prend en compte ces consommations (déterminées directement à partir des déclarations annuelles des industriels) ainsi que les émissions associées dans le CRF 2B. C'est notamment le cas des émissions liées au vapocraquage du naphta dans la production pétrochimique.

Des consommations non énergétiques de coke de pétrole sont aussi considérées pour la production d'aluminium primaire (2C3) et de dioxyde de titane (2B6).

Les émissions liées à la combustion des huiles des moteurs pour les 2-temps sont prises en compte dans la catégorie CRF 1A3. Les émissions de l'utilisation d'huiles moteur dans les moteurs 4 temps sont, elles, rapportées dans la catégorie CRF 2D1. Les émissions des huiles récupérées et brûlées dans les procédés (i.e. cimenterie) sont prises en compte en CRF 1A2 et celles traitées en incinérateurs de déchets spéciaux, en CRF 5.

Combustible gazeux :

Les usages non énergétiques du *gaz naturel* pris en compte dans l'inventaire national sont la production d'ammoniac, d'hydrogène, de chlorométhane, d'acide cyanhydrique, d'alcools oxo et de sulfure de carbone. Les émissions de CO_2 associées sont comptabilisées dans la catégorie CRF 2B. Les consommations énergétiques de gaz naturel de ces mêmes sites sont prises en compte dans la catégorie CRF 1A2. La méthodologie appliquée est explicitée dans les sections relatives à ces secteurs.

3.2.4 Caractéristiques communes pour la combustion (1A)

3.2.4.1 Caractéristiques des combustibles (section générale)

A – Introduction

L'estimation des émissions de toutes les sources consommant des combustibles fossiles, de la biomasse et divers produits valorisés thermiquement, nécessite fréquemment sinon systématiquement de connaître leurs caractéristiques (composition, pouvoir calorifique, etc.).

Le terme "combustible" est utilisé par la suite pour désigner tout produit utilisé dans une installation de combustion (combustibles fossiles, biomasse, autres produits) afin de produire de la chaleur.

Les caractéristiques des combustibles varient de l'un à l'autre et également au sein d'un même combustible en fonction de son origine. Par suite, certaines de ces caractéristiques évoluent dans le temps, notamment lorsque les spécifications réglementaires sont modifiées.

L'application de la règle, qui veut que l'utilisation de la meilleure donnée disponible soit privilégiée, conduit à s'intéresser au cas par cas aux caractéristiques des combustibles utilisés dans les installations considérées individuellement. Ces informations sont généralement disponibles au travers des systèmes de collecte des données (cf. déclarations annuelles des rejets de polluants). A défaut, des valeurs moyennes types peuvent pallier cet inconvénient.

Dans le cas des secteurs regroupant un grand nombre de sources, l'approche individualisée n'est plus employée et l'utilisation de caractéristiques moyennes par défaut est à la fois la plus simple, la seule faisable et n'engendre pas des écarts très importants car il s'agit le plus souvent de petites installations

utilisant majoritairement des combustibles commerciaux (fioul domestique, gaz naturel, etc.) dont les caractéristiques sont assez constantes et contenues dans des limites définies réglementairement.

B - Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique est utilisé pour traduire les quantités de combustibles en unité énergétique à partir des quantités exprimées en masse ou en volume[(a)] lorsque ces quantités ne sont pas déjà exprimées dans une unité d'énergie. Parmi les unités les plus rencontrées dans les données disponibles se trouvent :

Tableau 36 : Equivalence des unités d'énergie courantes

Unité	Symbole	Equivalence Joules	Multiples les plus usités
tonne équivalent pétrole	tep	41,868 GJ	ktep, Mtep
Watt heure PCI	Wh	3600 J	kWh, MWh, GWh
Joule	J	1 J	MJ, GJ, TJ
Thermie	th	4,18 MJ	kth
Calorie	cal	4,18 J	kcal

k (kilo) = 10^3 M (Mega) = 10^6 G (Giga) = 10^9 T (Tera) = 10^{12}

Si disponible, le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) spécifique à l'installation concernée est utilisé.

A défaut et pour les ensembles statistiques considérés globalement, des valeurs moyennes de PCI sont utilisées. Ces valeurs ont été retenues en tenant compte des informations disponibles au niveau international [137]. Elles s'appliquent donc aussi bien pour la Métropole que pour l'Outre-mer.

Le tableau suivant présente les pouvoirs calorifiques inférieurs (PCI) nationaux qui sont mis en œuvre dans les inventaires d'émission nationaux lorsque l'information n'est pas disponible par ailleurs (au niveau des sites notamment).

Tableau 37 : Détail des PCI utilisés dans les inventaires nationaux

Code combustible (NAPFUEc)	Désignation	MJ / kg	Source
101	Charbon à coke	26	[1]
102	Charbon vapeur	26	[1]
103	Charbon sous-bitumineux	20	[moyenne des PCI déclarés par les installations GIC en 2002]
104	Aggloméré de houille	32	[1]
105	Lignite	17	[1]
106	Briquette de lignite	17	[1]
107	Coke de houille	28	[1]
108	Coke de lignite	17	[1]
110	Coke de pétrole	32	[3]
111	Bois et assimilé	18,0	[634]
116	Déchets de bois	18,0	Analogie avec 111
117	Déchets agricoles	18	[8]
118	Boues d'épuration	5	[19]
203	Fioul lourd (tous types)	40	[1]
204	Fioul domestique	42	[1]
205	Gazole et Gazole Non Routier	42	[1]
206	Kérosène	44	[1]

[(a)] Le SNIEBA utilise le système d'unité international en vigueur. Relativement à l'énergie, le "joule" (J) et ses multiples (kJ, MJ, GJ, etc.) sont utilisés.

Code combustible (NAPFUEc)	Désignation	MJ / kg	Source
208	Essence automobile (avec et sans plomb)	44	[1]
209	Essence aviation	44	[1]
210	Naphta	45	[9]
212	Huile de moteur à essence	40,2	Analogie avec 219
219	Autres lubrifiants	40,2	[635]
222	Bitumes	40,2	[9]
224	Autres produits pétroliers (graisses, …)	40,2	[9]
301	Gaz naturel	49,6	[2, 3]
302	Gaz naturel liquéfié / Gaz naturel véhicule (GNV)	49,6	Analogie avec 301 de type H
303	Gaz de pétrole liquéfié (GPL) / Gaz de pétrole liquéfié carburant (GPLc)	46	[1]
304	Gaz de cokerie	31,5	[3, 6]
305	Gaz de haut fourneau	2,3	[3, 6]
312	Gaz d'aciérie	6,9	[6]
313	Hydrogène	120	[3 – tableau VIII]

C - Teneur en carbone

La teneur en carbone varie d'un type de combustible à l'autre et également de façon parfois significative au sein d'un même type.

L'émission de CO_2, produit fatal de la combustion avec la vapeur d'eau est en très grande partie liée à la teneur en carbone du combustible.

Le pouvoir calorifique est lui-même dépendant de la teneur en carbone ainsi que de la teneur en hydrogène. Il en résulte que la dispersion des facteurs d'émission de CO_2 rapportés à la quantité d'énergie consommée est bien moindre que lorsqu'ils sont rapportés à la masse ou au volume consommé, ce qui réduit l'incertitude associée à l'estimation des émissions. Cette dispersion réduite justifie généralement, pour les combustibles classiques dont les caractéristiques sont relativement constantes, de ne pas rechercher systématiquement la teneur en carbone des produits par une analyse comme cela s'avère parfois judicieux pour le soufre vis-à-vis de certains combustibles. Sauf produits particuliers comme certains déchets, les valeurs évoluent peu d'une année sur l'autre et peuvent généralement être transposées sans précaution particulière. Les facteurs d'émission nationaux de CO_2 sont présentés dans la section générale énergie.

Il en résulte que les facteurs d'émission de CO_2 sont généralement utilisés pour les installations de combustion quels que soient : l'année, le secteur et le type d'équipement.

Dans le cas des installations soumises au système d'échange de quotas d'émissions de gaz à effet de serre (SEQE ou EU-ETS), selon leurs niveaux d'émission, des mesures précises de la teneur en carbone du combustible utilisé sont exigées. Ces facteurs d'émission spécifiques sont utilisés dans l'inventaire.

Parmi les cas particuliers, il convient de noter que la teneur en carbone dans les déchets ménagers varie au cours des années. La part du carbone d'origine fossile est elle-même variable et ne représente qu'une fraction de la teneur en carbone des déchets. Se reporter aux sections spécifiques relatives à l'incinération.

Attention, il y a lieu d'estimer séparément le CO_2 issu de certains phénomènes concomitants tels que la décarbonatation et d'autres qui se rencontrent avec certains procédés industriels (cf. sections relatives aux sous-catégories du CRF 2).

3.2.4.2 Facteurs d'émission par combustible (section générale)

Les émissions des sources liées à l'utilisation de l'énergie sont déterminées :

- soit à partir d'une approche individuelle des sources appliquée aux grandes sources ponctuelles pour lesquelles on dispose de données par le biais de diverses enquêtes : déclarations annuelles des émissions de polluants dans l'atmosphère, inventaire des Grandes Installations de Combustion (GIC), etc. La mesure directe des émissions ou les estimations spécifiques établies par bilan, corrélation, voire facteurs d'émission sont prises en compte dans la mesure où tout ou partie des éléments de l'estimation traduisent une spécificité de l'installation considérée. Ces données sont en partie validées par les vérificateurs agréés dans le cas des émissions de CO_2 entrant dans le champ du système d'échange des quotas (SEQE) et en tout état de cause dans tous les cas par les autorités locales (DRIRE/DREAL) et nationales (Ministère en charge de l'Environnement) ainsi que par le CITEPA au travers des procédures de vérification liées à l'établissement des inventaires d'émissions (cf. section relative aux incertitudes).

  En règle générale, l'information et par suite l'estimation découlant de la mesure des émissions sont retenues en priorité. Corrélations et bilans viennent ensuite. Ces derniers sont généralement à l'origine d'estimations assez précises pour certaines substances (SO_2, CO_2, HCl) dès lors que leur rétention éventuelle dans les équipements thermiques y compris les dispositifs d'épuration (dépoussiérage, désulfuration, déchloruration) n'altère pas la pertinence de cette approche.

- soit à partir de données statistiques globales et de facteurs d'émission choisis par des experts des secteurs concernés en tenant compte de l'état courant des connaissances. Des hypothèses relatives à la structure énergétique, du parc d'équipement voire aux conditions d'exploitation sous-jacentes. Ces éléments peuvent évoluer au cours du temps.

Les émissions sont donc déterminées au moyen de l'une des trois formules suivantes :

<u>Mesure</u> :

$$E_s = \int_{t1}^{tn} C_s \times Q_v \times dt \quad (1)$$

avec :

E_s : émission de la substance s (en unité massique)

C_s : concentration de la substance s dans les effluents rejetés à l'atmosphère (en unité massique/Nm^3)

Q_v : débit volumique d'effluents rejetés à l'atmosphère (en Nm^3/h)

t, t_1…t_n : intervalles de temps relatifs à C_s et Q_v.(en h)

<u>Bilan</u> :

$$E_s = \sum_{f=1}^{f=n} Q_f \times T_{c,f} \times F_{c,f} \times (1 - R_{c,f}) \times \frac{M_s}{M_c} \quad (2)$$

avec :

E_s : émission de la substance s (en unité massique)

Q_f : quantité de combustible f consommé (en masse)

$T_{c,f}$: teneur massique du composé c dans le combustible f (valeur comprise entre 0 et 1)

$F_{c,f}$: facteur d'oxydation du composé c pour le combustible f

$R_{c,f}$: rétention du composé c pour le combustible f dans l'installation (valeur comprise entre 0 et 1)

M_s : masse molaire de la substance s

M_c : masse molaire du composé c conduisant à la substance s (exemple S → SO_2, C → CO_2).

Facteur d'émission :

$$E_s = \sum_{f=1}^{f=n} Q_f \times PCI_f \times FE_{s,f} \quad (3)$$

avec :

E_s : émission de la substance s (en unité massique)

Q_f : quantité de combustible f consommé (en masse)

PCI_f : pouvoir calorifique inférieur du combustible f (en unité énergétique/unité massique)

$FE_{s,f}$: facteur d'émission de la substance s pour le combustible f (en unité massique de polluant/unité énergétique)

Dans le cas du CO_2, le facteur d'émission peut englober le facteur d'oxydation (cas des facteurs d'émission nationaux). Dans le cas d'utilisation de facteurs d'émission spécifiques, un facteur d'oxydation est pris en compte le cas échéant. Les facteurs d'oxydation appliqués sont ceux préconisés par le GIEC et les Nations unies.

Emissions de CO_2

A. Cas général (hors agro-carburants)

Généralement, la méthode du bilan matière est utilisée car d'une très bonne précision relative (formule 2 de la section précédente).

Conventionnellement, il est d'usage de déterminer le CO_2 dit "ultime", c'est-à-dire le CO_2 correspondant à toutes les formes d'oxydation (CO notamment) qui s'observent généralement à des concentrations très inférieures à celles du CO_2 dans les gaz de combustion (sauf exception comme les sources mobiles à essence non catalysées ou certains foyers ouverts où la combustion est beaucoup moins bien maîtrisée).

L'interdépendance de la teneur en carbone et du PCI conduit à une faible dispersion des facteurs d'émission de CO_2 y compris en tenant compte du facteur d'oxydation.

En l'absence actuellement de dispositif de récupération du CO_2 sur les installations de combustion, l'estimation des émissions de CO_2 au moyen de la formule du bilan (2) est équivalente à la formule du facteur d'émission (3) tout en restant aussi pertinente (cf. section précédente pour les formules).

Sauf dans le cas d'utilisation de facteurs d'émission spécifiques et dûment justifiés (exemple de certaines déclarations annuelles dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission), les facteurs d'émission de CO_2 nationaux sont appliqués de façon identique à toutes les installations consommatrices de combustibles.

Ces facteurs d'émission présentés dans le tableau ci-après résultent d'une compilation de données plus ou moins nombreuses selon les types de combustibles. Les valeurs recommandées par le GIEC sont parfois légèrement différentes, mais il convient de rappeler que les valeurs du GIEC sont des moyennes internationales qui ne sont pas nécessairement représentatives de la spécificité d'un pays donné, donc du cas français et que l'utilisation de données spécifiques nationales voire spécifiques de chaque installation est encouragée sous réserve de justification.

A la date de la mise à jour du rapport, les valeurs présentées ci-dessous sont la plupart du temps identiques aux facteurs d'émission par défaut officiellement retenus par les autorités françaises dans le cadre du système d'échanges de quotas d'émissions de gaz à effet de serre (cf. arrêté du 31 octobre 2012 [525]). Pour les sites réalisant des mesures du contenu en carbone de leurs combustibles dans le cadre du système de quotas, les valeurs spécifiques sont prises en compte dans l'inventaire.

Les facteurs d'émission nationaux sont applicables aussi bien en Métropole qu'en Outre-mer.

Tableau 38 : facteurs d'émission utilisés dans les inventaires d'émission nationaux

Code NAPFUEc	Désignation	Intervalle sectoriel observé dans l'inventaire depuis 1990	Valeur nationale	Source
		kg CO_2 / GJ y compris facteur d'oxydation		
101	Charbon à coke	84,7 - 100,0	94,6	[638]
102	Charbon vapeur	87,7 - 99,8	94,6	[638]
103	Charbon sous-bitumineux	87,0 - 96,1	96,1	[638]
105	Lignite	97,5 - 101	101	[638]
107	Coke de houille	107 - 107,4	107	[638]
110	Coke de pétrole	87,8 - 97,5	variable selon les années	-
111	Bois et assimilé	86,7 - 103	96,8 (0 pour certaines applications)	[766]
116	Déchets de bois	96,8	96,8 (0 pour certaines applications)	Idem bois (111)
117	Déchets agricoles	70,1 - 115	99	[765]
118	Boues d'épuration		110 (0 pour certaines applications)	[50]
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	70,1 - 82,4	78	Moyenne calculée selon %s et FE de [3]
204	Fioul domestique	66,8 - 83,8	75,0	Idem Gazole (205)
205	Gazole / Gazole non routier	75,0	75,0	[905] [716]
214	Solvants usagés		82,3	Moyenne des FE déclarés 2014-2016 [19]
215	Liqueur noire		95,3 (0 pour certaines applications)	[638]
222	Bitumes	83,9 - 89,4	80,7	[638]
224	Autres produits pétroliers (graisses, etc.)	67,3 - 86,8	73,3	[638]
301	Gaz naturel type H (Lacq) / B (Groningue)	53,3 - 58,8	Variable selon les années	-
303	Gaz de pétrole liquéfié	51,0 - 71,1	63,1	[638]
304	Gaz de cokerie	39,1 - 45,7	45,6	[50]
305	Gaz de haut fourneau	195 - 317	274,1	[50]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	50,8 - 64,2	57,6	[638]
309	Biogaz		110 (0 pour certaines applications)	Calcul théorique selon %c moyen
312	Gaz d'aciérie	188,7 - 190,4	188,7	[50]

Cas particulier des facteurs d'émission de CO_2 liés à la combustion du gazole et de l'essence

Le contenu en Hydrogène (H), Carbone (C) et Oxygène (O) du gazole et de l'essence vendus à la pompe a été mesuré en 2017 sur :

- 25 échantillons de gazole en été
- 25 échantillons de gazole en hiver
- 25 échantillons d'essences E5 en hiver (à répartir SP95 / SP98)
- 25 échantillons d'essences E5 en été (à répartir SP95 / SP98)
- 25 échantillons d'essences E10 en hiver
- 25 échantillons d'essences E10 en été

Les mesures ont donné les résultats suivants :

	Hiver		Eté	
	$R_{H:C}$	$R_{O:C}$	$R_{H:C}$	$R_{O:C}$
E10	1,929	0,032	1,932	0,031
E5 (SP95)	1,918	0,023	1,878	0,022
E5 (SP98)	1,898	0,023	1,923	0,022
Gazole	1,906	0,007	1,937	0,007

A partir des mesures, les facteurs d'émission de CO_2 du mélange (produits pétroliers + biocarburants) *FE_melange_mesure* sont connus en appliquant la formule suivante :

$$FE_{melange_mesure} = \frac{44{,}011}{\left(12{,}011 + 1{,}008 \cdot R_{H:C_mesure} + 16 \cdot R_{O:C_mesure}\right)}$$

Les facteurs d'émission de CO_2 des produits pétroliers *FE_pp* sont recalculés en supposant que les facteurs d'émission de CO_2 *FE_bio* et les pourcentages d'incorporation *%bio* des biocarburants sont connus :

$$Vente_{pp+bio} \cdot FE_{melange_mesure} = Vente_{pp+bio} \cdot \left(FE_{pp} \cdot \%_{pp} + FE_{bio} \cdot \%_{bio}\right)$$

$$avec\ \%_{pp} = 1 - \%_{bio}$$

$$FE_{pp} = \frac{\left(FE_{melange_mesure} - FE_{bio} \cdot \%_{bio}\right)}{1 - \%_{bio}}$$

Les *FE_pp* ont été calculés pour les carburants hiver et les carburants été. Des FE_pp moyens (au prorata des ventes mensuelles de 2017) ont été estimés et sont les suivants :

	Essence ss pb	Gazole
FE_pp (g CO_2/g carburant)	3,189	3,126
FE_pp (g CO_2/GJ)	72,48	75,59

Pour obtenir le facteur d'émission de l'essence plombée, une évolution du ratio $R_{H:C}$ entre l'essence plombée et l'essence non plombée proportionnelle à l'évolution de ce ratio dans COPERT a été utilisé.

	g CO_2/g carburant	g CO_2/GJ
Essence pb	3,243	73,71

B. Cas des agro-carburants

L'estimation des émissions de CO_2 issues de la combustion des agro-carburants est réalisée en intégrant dans le calcul des émissions des différents secteurs consommant de l'essence ou du gazole (mélanges de produits pétroliers et d'agro-carburants), les pourcentages massiques, volumiques ou énergétiques (en fonction de l'activité) d'agro-carburants ainsi que leurs facteurs d'émissions. Pour rappel, les émissions de CO_2 issues des agro-carburants sont exclues du total des émissions des gaz à effet de serre dans le cadre de la convention sur les changements climatiques.

Les taux d'incorporation donnés dans la base de données OMINEA, correspondent à la partie biogénique des agro-carburants (bio-essence et bio-gazole).

Le bio-essence est composé d'éthanol pur et d'ETBE dont les taux d'incorporation respectifs diffèrent suivant les années. L'ETBE est obtenu à partir d'éthanol et d'isobutène (produit non biogénique), il est donc considéré que la partie biogénique de l'ETBE est équivalente à 47% volumique d'éthanol.

Le bio-gazole est composé de différents produits (EMAG[7] et biodiesel de synthèse) dont les taux d'incorporation respectifs diffèrent suivant les années. Il est considéré que les EMAG ne sont pas entièrement composés de produits biotiques. En effet, la trans-estérification d'huile avec du méthanol conduit à ce qu'environ 5% du bio-gazole soit non biogénique.

Les livraisons de carburants étant fournies comme étant les livraisons de mélanges (essence+bio-essence et gazole+bio-gazole), le calcul des pourcentages massiques et/ou volumiques d'incorporation est nécessaire afin d'extraire la partie biotique. Pour cela, les données volumiques d'agro-carburants fournies par les douanes [552] sont utilisées. Ces valeurs permettent de calculer des taux d'incorporation (volumique, massique et énergétique) qui seront légèrement différents de ceux diffusés par la DGEC. En effet, ces derniers sont, d'une part, calculés à partir de PCI différents de ceux utilisés dans les inventaires d'émission et, d'autre part, depuis 2010, certains agro-carburants peuvent faire l'objet d'un double comptage dans le calcul du taux d'incorporation énergétique rapporté dans le cadre de la circulaire du 9 mars 2012 relative à la TGAP[8].

Les données pour calculer les facteurs d'émission de CO_2 de chaque agro-carburant sont issues de l'ADEME [361].

L'ensemble des données relatives aux agro-carburants sont disponibles dans la base de données OMINEA.

Emissions de CH_4

Les émissions dépendent des conditions d'exploitation, du type d'équipement thermique, du combustible et des dispositifs d'épuration.

Compte tenu du faible niveau des émissions, elles sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par défaut provenant du GIEC 2006 [638].

Dans le cas des installations de chauffage urbain, du secteur résidentiel et du secteur tertiaire, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés (se reporter aux sections correspondantes).

Les facteurs d'émission présentés dans la base de données OMINEA sont utilisés pour la Métropole et l'Outre-mer.

[7] EMAG = Esther méthyl d'acide gras (esther méthyl d'huile végétal et esther methyl d'huile usagée)

[8] Circulaire du 9 mars 2012 relative à la taxe générale sur les activités polluantes/prélèvement sur les carburants

Emissions de N_2O

Les rejets de N_2O sont généralement faibles exceptés pour certains équipements tels que les lits fluidisés (par exemple dans la production centralisée d'électricité, se reporter à la section correspondante).

Les émissions de N_2O sont déterminées la plupart du temps au moyen de facteurs d'émission par défaut provenant du GIEC 2006 [638].

Les facteurs d'émission présentés dans la base de données OMINEA sont utilisés pour la Métropole et l'Outre-mer.

Emissions de Gaz fluorés

La combustion n'engendre pas d'émission de gaz fluorés à effet de serre.

Toutefois, certaines sources associées à l'utilisation et à la distribution de l'énergie (climatisation, disjoncteurs, etc.) qui utilisent certains de ces composés constituent des émetteurs qui sont traités séparément dans les sections relatives aux codes CRF 2F.

3.2.5 Industrie de l'énergie (1A1)

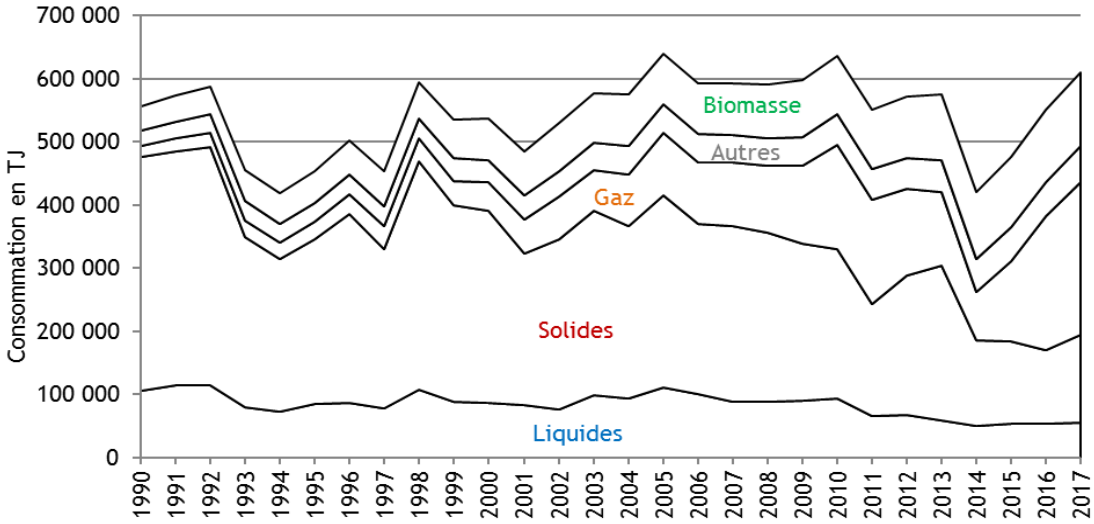
3.2.5.1 Caractéristiques de la catégorie

3.2.5.1.1 Production centralisée d'électricité, chauffage urbain et UIDND avec récupération d'énergie (1A1a)

Les niveaux d'émissions de CO_2 (hors UTCATF) de la catégorie 1A1a comptent parmi les catégories clés pour tous les combustibles. La consommation de charbon est la catégorie clé la plus importante en termes d'émissions. Elle occupe le 8ème rang en 2017 (3,3%) et le 2ème rang pour sa contribution à l'évolution des émissions (7,5%). Par le CO_2 émis (tous combustibles confondus), ce secteur contribue à 8,5% en niveau d'émission et à 16,4% en évolution.

Le graphique ci-dessous présente les consommations pour la production centralisée d'électricité, le chauffage urbain ainsi que l'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie.

Figure 17 : Consommations de combustibles de la catégorie 1A1a (périmètre Kyoto)



source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 Graph_1A1a_Electricite.xlsx/consos

Jusqu'en 2011, une tendance à la baisse des consommations de combustibles « solides » (charbon) est constatée parallèlement à une augmentation des consommations de gaz naturel, de biomasse et des « autres » (déchets). En 2012 et 2013, une hausse de la consommation des combustibles solides est observée due essentiellement à l'augmentation de la consommation de charbon dans les centrales thermiques de production d'électricité. L'exploitation massive du gaz de schiste aux Etats-Unis (exportation de charbon à bas prix) ainsi qu'un prix du quota européen au plus bas expliquent ce regain de consommation. Plusieurs éléments conjoncturels expliquent la chute globale de l'activité 1A1a en 2014 : la douceur historique de cette année, combinée à une production plus importante d'électricité du parc électronucléaire notamment. La chute particulière de la consommation de charbon est également due à la fermeture de plusieurs centrales électriques charbon afin d'anticiper le renforcement des normes en termes d'émissions de polluants. A partir de 2015, les consommations repartent à la hausse, et notamment pour le gaz naturel.

De manière générale, la très forte fluctuation des consommations est directement liée à la structure de la production d'électricité en France (i.e. nucléaire, thermique, ENR) qui varie d'une année sur l'autre ainsi qu'aux conditions climatiques, les combustibles fossiles étant essentiellement consommés pendant les périodes de pointe. L'impact climatique est particulièrement visible sur les années 2011 ou 2014.

Les centrales thermiques électriques

L'importance du parc électronucléaire de production d'électricité en France métropolitaine, complété par les productions d'origines hydroélectrique, éolienne, etc. ne laisse qu'une relative faible part à la filière thermique à flamme qui ne contribue à hauteur que de quelques pourcents de l'électricité produite sur le territoire national.

Selon les recommandations du GIEC, l'autoproduction d'électricité des secteurs industriels et du chauffage urbain est comptabilisée dans le secteur producteur, à savoir respectivement les rubriques CRF 1A2 et 1A1a.

Le tableau suivant illustre les contributions des différentes filières à la production nationale d'électricité y compris l'autoproduction.

Tableau 39 : Production brute d'électricité en Métropole (y compris autoproduction)

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 — Graph_1A1a.xls / Electricité

Production brute et consommation d'électricité en TWh - Métropole

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Production nationale	421	494	540	576	575	570	574	536	569	566	565	574	565	571	556	554
Hydraulique, éolien et photovoltaïque	57	76	71	56	62	63	68	62	68	50	63	75	68	59	64	54
Thermique nucléaire	314	377	415	452	450	440	439	410	429	442	425	424	436	437	403	398
Thermique classique	49	40	53	67	60	62	60	55	62	59	56	53	35	45	58	67
Solde des échanges	*-45*	*-70*	*-66*	*-60*	*-63*	*-57*	*-48*	*-26*	*-31*	*-56*	*-45*	*-48*	*-67*	*-64*	*-42*	*-40*
Importations	*7*	*3*	*7*	*8*	*9*	*11*	*11*	*19*	*19*	*10*	*12*	*12*	*8*	*10*	*20*	*21*
Exportations	*-52*	*-73*	*-73*	*-68*	*-72*	*-68*	*-59*	*-44*	*-50*	*-66*	*-57*	*-60*	*-75*	*-74*	*-61*	*-61*
Pompages et Consommation des auxiliaires	*-26*	*-29*	*-36*	*-35*	*-27*	*-30*	*-35*	*-37*	*-34*	*-20*	*-16*	*-14*	*-15*	*-13*	*-14*	*-14*
Consommation (1)	349	395	438	481	485	483	491	474	504	489	505	519	489	500	508	507

(1) Consommation intérieure ou énergie appelée, non corrigée du climat — *Source : SDES*

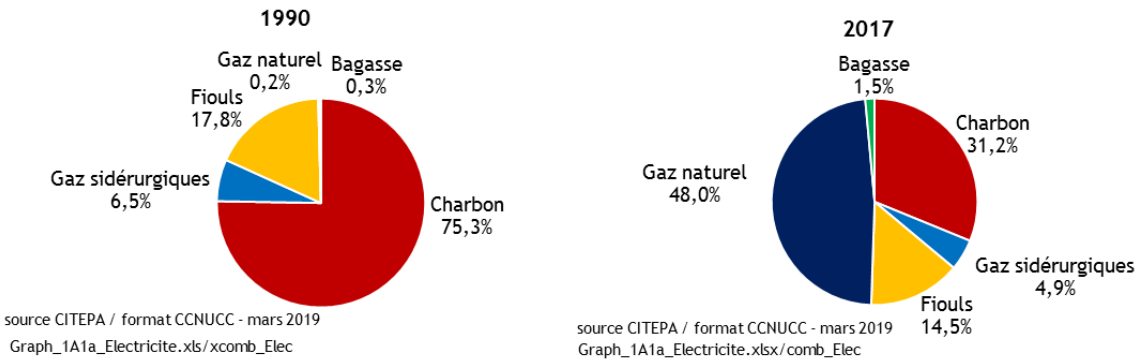
En Métropole, le nombre de sites tend à rester à peu près stable depuis 1990 autour d'une trentaine. Les sites de la Métropole sont majoritairement équipés de chaudières charbon et fioul lourd. Mais depuis 2005, cette situation tend à s'inverser progressivement avec la mise en service d'une dizaine de nouvelles centrales au gaz et la fermeture progressive des centrales charbon et fioul lourd. Les équipements constitués principalement de chaudières qui consommaient 99% de l'énergie entrante en 1990 voient leur part passer à environ 40% ces dernières années avec la mise en service des nouvelles centrales au gaz depuis 2005 [19, 20, 21].

En Outre-mer, le nombre total de sites est aussi d'environ une trentaine mais les équipements présents sont très différents de la Métropole. En effet, ces sites sont équipés majoritairement de moteurs et/ou de turbines [35, 36, 37, 38].

Le parc thermique français est donc constitué au total par plus d'une vingtaine de chaudières, une douzaine de turbines et une trentaine de moteurs.

Les centrales thermiques électriques ont consommé environ 8,8 Mtep d'énergie en 2017, dont 0,13 Mtep de bagasse (combustible biomasse provenant de résidus de canne à sucre). Les figures suivantes présentent la répartition des consommations de ces installations en 1990 et 2017.

Figure 18 : Distribution des combustibles pour la production d'électricité thermique (périmètre Kyoto)



Depuis 1990, la part des CMS (dont gaz sidérurgique) a chuté de 80% à 35% au profit du fioul dans un premier temps puis du gaz naturel depuis 2005 (62,5% de la consommation à eux deux en 2017). La bagasse est uniquement consommée dans les territoires d'Outre-mer.

Quelques faits sont à signaler pour expliquer les tendances :

- d'une part, en 2004, l'arrêt d'une tranche consommant des gaz sidérurgiques (gaz de hauts-fourneaux en particulier). Cet arrêt explique la baisse des consommations de ces gaz,
- d'autre part, la mise en service et la montée en puissance, depuis 2005 sur le sol métropolitain, de plusieurs turbines à combustion ou de cycles combinés gaz (CCG) expliquent l'augmentation de la consommation de gaz naturel,

- de plus, deux installations de production centralisée d'électricité fonctionnent avec un lit fluidisé (l'une depuis 1990 et l'autre depuis 1995) dont les émissions spécifiques de N_2O sont importantes.
- enfin l'arrêt progressif d'une partie des centrales thermiques à charbon en France métropolitaine depuis 2013.

Les installations de chauffage urbain

Il y a en France métropolitaine plus de 650 installations de chauffage urbain alimentant plus de 500 réseaux de distribution (production centralisée de chaleur en vue de sa distribution à des tiers au moyen de réseaux de distribution).

Les installations ont consommé au total 1,8 Mtep en 1990 et 2,3 Mtep en 2017. Cette consommation est variable selon les années et dépend notamment de la rigueur climatique. Cependant, on peut noter le développement de la cogénération depuis le début des années 2000 qui induit un niveau de consommations plus élevé qu'en 1990 (où seule la production de chaleur existait).

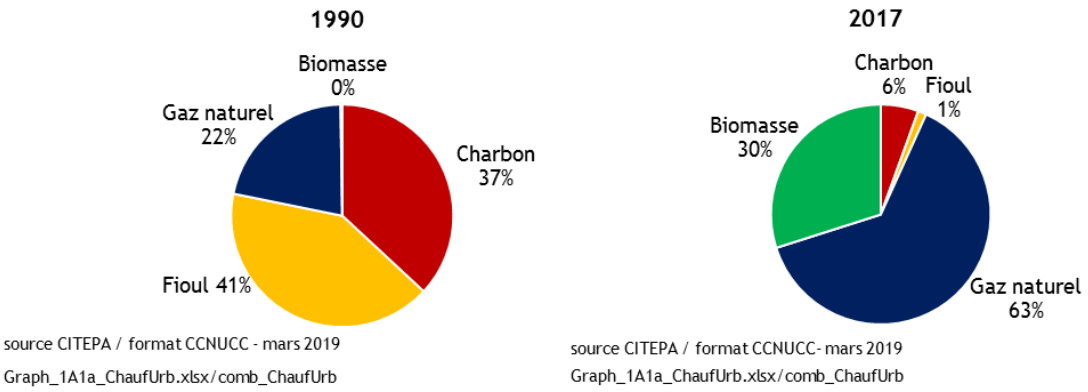
Tableau 40 : Production du chauffage urbain en Métropole

Source : SNCU Graph_1A1a_ChaufUrb.xlsx /ChaufU

	Nombre de réseaux	Chaleur vendue (GWh)	Electricité vendue (GWh)
1990	366	22 594	-
1992	372	25 114	-
1993	373	24 840	-
1994	377	24 157	-
1995	379	23 695	584
1997	375	24 300	957
1999	392	23 846	1 562
2002	394	23 212	4 279
2005	391	24 470	5 307
2006	391	24 340	5 800
2007	425	23 133	5 471
2008	427	25 256	5 791
2009	432	24 949	5 064
2010	436	26 505	4 833
2011	473	21 807	4 530
2012	384	23 356	4 740
2013	411	24 920	3 921
2014	536	20 485	2 736
2015	607	22 769	3 403
2016	669	24 643	3 671
2017	761	25 078	4 263

Depuis 1990, une baisse importante des consommations de charbon et de fioul est constatée au profit du gaz naturel, dont la contribution est passée de 22% à 63% de la consommation énergétique totale du secteur entre 1990 et 2017. Le recours à la biomasse se développe également de façon notable : sa contribution est passée de 0,2% à 30% des consommations totales entre 1990 et 2017.

Figure 19 : Évolution du « panier » de combustibles des installations de chauffage urbain (périmètre Kyoto)



Les UIDND (usines d'incinération de déchets non dangereux) avec récupération d'énergie

Environ 125 sites d'incinération de déchets non dangereux recevant des déchets ménagers étaient recensés en Métropole dont 2 sites en Outre-mer (Martinique et St Barthélemy). Parmi ces sites, un peu plus d'une dizaine sont sans récupération d'énergie, et traitent moins d'un demi-million de [32], soit moins de 2,5% des quantités totales de déchets non dangereux incinérés. L'incinération de déchets sans récupération d'énergie continue à disparaitre peu à peu au profit notamment de l'incinération avec récupération d'énergie et ne devrait plus exister à partir de 2025 [608].

3.2.5.1.2 Raffinage du pétrole (1A1b)

Il y a actuellement 09 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire hors PTOM) etune actuellement en reconversion (site de La Mède).

Les sites de raffinage ont connu des modifications de capacité au cours des années écoulées.

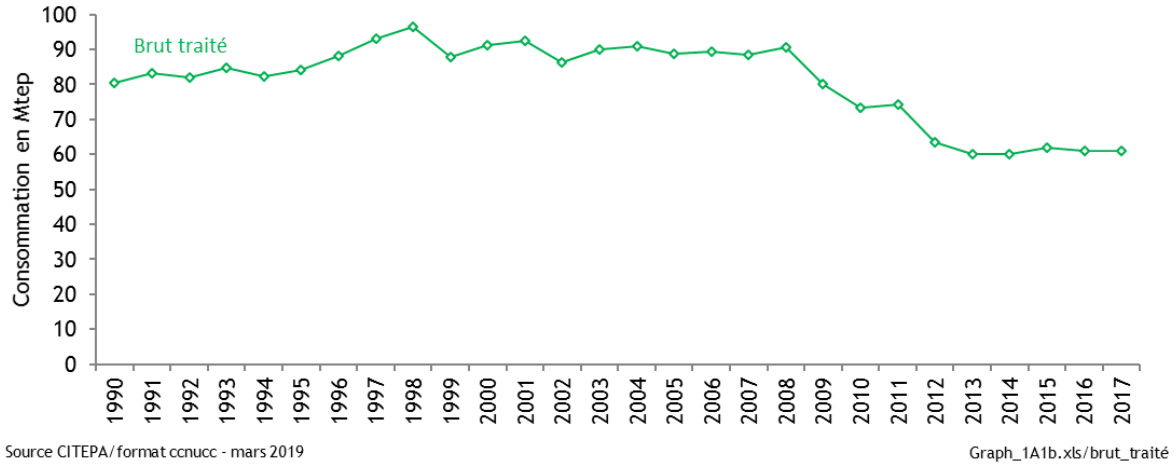
Le site de La Mède est en cours de transformation pour créer la première bio-raffinerie française afin de répondre à la demande croissante en biocarburants, tout en arrêtant, fin 2016, le traitement de pétrole brut.

On notera également que :

- 9 raffineries ont fermé dans la période 1980 – 1985,
- En 2003, un site a abandonné son activité de raffinage, ne conservant que ses activités pétrochimiques,
- En 2010, la raffinerie des Flandres (Nord) a été arrêtée et reconvertie en dépôt pétrolier. Le démontage des unités a été réalisé jusqu'en 2013 expliquant les faibles consommations énergétiques dédiées aux utilités et déclarées de 2010 à 2013,
- En 2011, la raffinerie de Reichstett (Bas-Rhin) a arrêté son activité,
- En 2012, la raffinerie de Berre (Bouches du Rhône) a été mise en arrêt temporaire pour 2 années dans l'attente d'une reprise de site. Faute de repreneurs, l'exploitant a confirmé la fermeture de la raffinerie mais s'engage à continuer de développer les activités pétrochimiques sur le site,
- Enfin, en 2013, la raffinerie de Petit-Couronne (Seine-Maritime) a fermé ses portes. Ce site est en cours de reconversion en dépôt pétrolier,
- En janvier 2017, la raffinerie de Dunkerque (Nord) déclare l'arrêt définitif de ses activités.

Ces fermetures consécutives expliquent ainsi la baisse de la production de brut traité et raffiné en Métropole.

Figure 20 : Brut traité dans les raffineries en France métropolitaine et Martinique (Périmètre Kyoto)

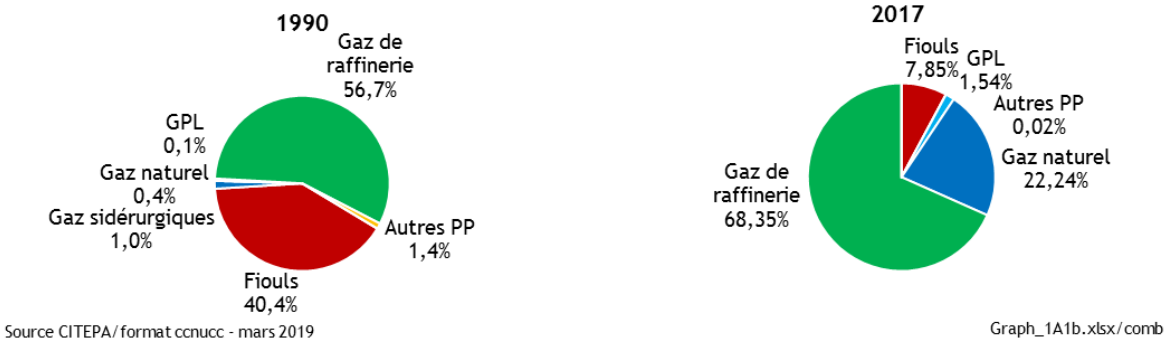


En 2017, la quantité de brut traité dans les raffineries françaises est de 61 Mtep contre 76 Mtep en 1990. Il est à noter que la production en Outre-mer (Martinique) est très marginale (0,7 à 1,3% de la quantité totale de brut traité).

La quantité de brut traité a fortement chuté entre 2008 et 2010 (-20%). Cette baisse brutale s'explique notamment par la crise économique mondiale installée courant 2008 qui a entrainé la fermeture de plusieurs sites dans les années suivant cette crise. Entre 2010 et 2012, la production a encore chuté (-15%) suite à la fermeture d'autres sites. La production s'est stabilisée depuis autour de 60 Mtep.

Le creux de 1999 s'explique par une situation économique affaiblie en France (diminution de la consommation intérieure et augmentation des importations). La baisse observée en 2002 est liée aux « grands arrêts quinquennaux » pour maintenance dans 6 raffineries, entrainant une baisse d'activité.

Figure 21 : Combustibles consommés pour le raffinage du pétrole (périmètre Kyoto)



Parmi les spécificités des installations françaises, il faut noter :

- qu'un site utilise des gaz de haut-fourneau du site sidérurgique voisin, ce qui explique les émissions spécifiques importantes pour la catégorie des combustibles solides pour ce secteur,
- qu'un site a démarré une turbine à combustion en 2004 au gaz naturel, dont la pleine capacité est atteinte à partir de 2005. Cet équipement consomme plus de 80% des quantités totales de gaz naturel allouées à ce secteur,
- parmi les combustibles dits « liquides » au sens de la CCNUCC, il faut noter la part très importante des gaz de raffinerie (plus de 50% des consommations totales d'énergie).

3.2.5.1.3 Transformation des combustibles minéraux solides et Raffinage du gaz (1A1c)

En 2017, cette catégorie occupe le 26ème rang des catégories clés pour sa contribution au niveau des émissions hors UTCATF (0,7%) du fait du CO_2 émis par la consommation de charbon.

Transformation des combustibles minéraux solides

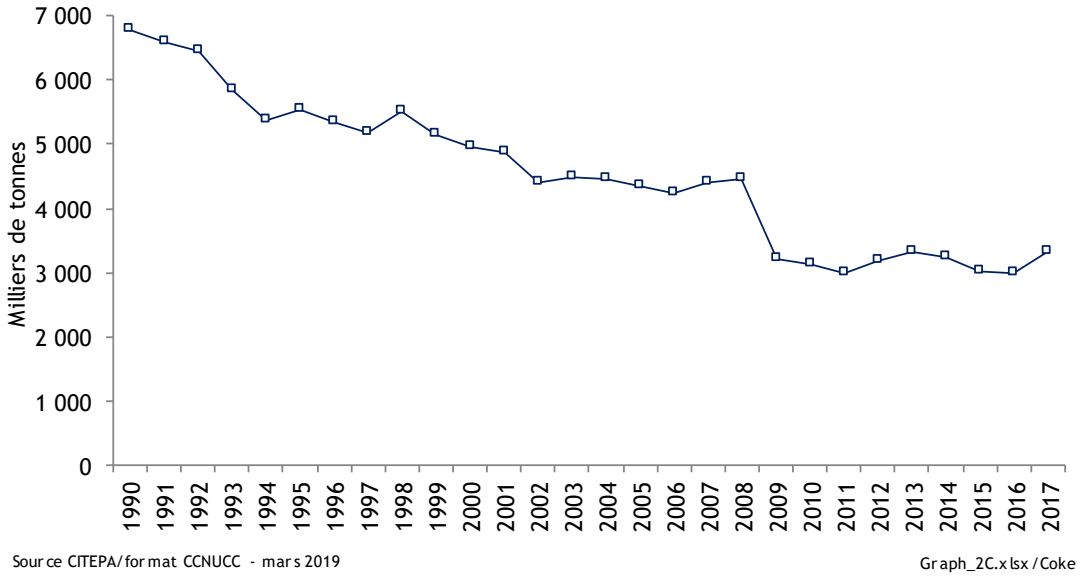
En France, la transformation de combustibles solides est pratiquement circonscrite à la production de coke dans les cokeries minières et les cokeries sidérurgiques. La liquéfaction, la gazéification et la production de combustibles défumés sont inexistantes ou marginales.

L'activité minière hors cokerie est également rapportée dans cette catégorie. Le dernier bassin a cessé toute exploitation en 2004.

Il n'existe plus de cokerie minière en France depuis fin 2009. Trois cokeries sidérurgiques (i.e. au sein des sites intégrés de fabrication d'acier) existent à ce jour en France.

La fabrication de charbon de bois figure également parmi les activités couvertes par cette catégorie.

Figure 22 : Production de coke en France (périmètre Kyoto)



Raffinage du gaz

Il n'y avait qu'une seule installation de raffinage de gaz qui traitait le gaz issu du gisement de Lacq en France métropolitaine. L'activité et la consommation d'énergie de ce site ont commencé à décroitre progressivement à partir de 1996 avec l'épuisement du gisement et le site a fermé définitivement en 2014.

3.2.5.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

3.2.5.2.1 Production centralisée d'électricité, chauffage urbain et UIDND avec récupération d'énergie (1A1a)

Les émissions de CO_2 induites par les systèmes de désulfuration et de dé-NOx sont prises en compte respectivement dans les catégories CRF 2A4 et 2D3.

Les centrales thermiques électriques

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 voire 3 pour le CO_2 du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations et de rang GIEC 3 pour le CH_4 et le N_2O (facteurs d'émission et consommations par types d'équipements tels que les moteurs, chaudières, TAG).

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, etc.) permettent une estimation assez fine des émissions [19, 39]. Ces éléments tiennent également compte des méthodes développées dans le cadre de l'E-PRTR [380].

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. La mise en place du système d'échange de quotas SEQE depuis 2005 permet de disposer par l'intermédiaire des déclarations annuelles [19] de données spécifiques pour chaque installation. Les facteurs d'émission moyens déterminés à partir des données de 2005 à 2012 sont appliqués sur l'ensemble de la période 1990-2004. Pour les combustibles utilisés uniquement avant 2005, les facteurs d'émission nationaux sont utilisés (cf. section générale sur l'énergie).

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 sont déterminées au moyen des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638].

Emissions de N_2O

Les facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638] sont utilisés, excepté pour les installations munies de dispositifs à lit fluidisé pour lesquelles des données spécifiques sont disponibles [19].

Les installations de chauffage urbain

La méthode appliquée est de rang GIEC 2/3 pour le CO_2 du fait de la prise en compte de données spécifiques (consommations et émissions) à une partie des installations et de rang GIEC 1 pour le CH_4 et le N_2O.

Cette section concerne la production centralisée de chaleur en vue de sa distribution à des tiers au moyen de réseaux de distribution. Ne sont pas reprises dans cette section les installations de chauffage collectif et les installations d'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie.

Les données de production et de consommations d'énergie sont recensées annuellement par l'enquête « Réseaux de chaleur et de froid » diligentée par le SNCU (Syndicat National du Chauffage Urbain) [41]. Cette enquête nationale s'adresse à toutes les entreprises gestionnaires d'un ou plusieurs réseaux de chaleur et de froid.

Les installations de chauffage urbain sont distinguées en trois catégories :

- Installations de puissance supérieure à 50 MW : ces installations sont recensées individuellement chaque année dans le cadre de l'inventaire GIC (Grandes Installations de Combustion) [39] et leurs consommations sont donc connues de façon exhaustive. Il s'agit principalement de chaudières ;
- Les turbines à gaz supérieures à 20 MW : ces équipements sont recensés à partir des déclarations individuelles pour les quotas de GES depuis 2005 ;
- Installations de puissance inférieure à 50 MW : les consommations de ces installations sont tirées de l'enquête annuelle du SNCU. Il peut s'agir de chaudières, de TAG ou de moteurs.

Une distinction supplémentaire est effectuée pour distinguer les équipements 20-50 MW et ceux < 20 MW à partir des déclarations individuelles pour les quotas de GES.

L'enquête sectorielle annuelle donne un cadrage de la consommation d'énergie par combustible. L'enquête n'est pas disponible pour les années 1996, 1998, 2000, 2001, 2003 et 2004. De plus, elle est souvent publiée avec deux années de décalage.

Pour les années manquantes ou pas encore disponibles de l'enquête sectorielle, des extrapolations sont effectuées sur la base des données individuelles disponibles et par rapport aux années les plus proches. En tout état de cause, cette approximation n'introduit pas de biais vis-à-vis de l'estimation des consommations d'énergie car le chauffage urbain est un sous-ensemble du secteur résidentiel/tertiaire du bilan énergétique national [1] et un équilibrage est effectué à ce niveau supérieur. De plus, la consommation d'énergie de ce secteur est relativement modeste (de l'ordre de 2 Mtep, soit un peu plus de 1% du bilan énergétique national).

Il est à noter que les consommations de combustibles dédiés à l'autoproduction d'électricité des installations de chauffage urbain sont comptabilisées dans ce secteur. Par ailleurs, les consommations d'énergie de ce secteur sont directement liées à la rigueur climatique.

Emissions de CO_2

Pour la houille, le fioul lourd et les combustibles gazeux, les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission, calculés à partir des émissions spécifiques déclarées par les installations soumises aux quotas [19] et des facteurs d'émission issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638] pour les installations non soumises aux quotas.

Pour les autres combustibles, les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

Les UIDND (usines d'incinération de déchets non dangereux) avec récupération d'énergie

Données d'activité

L'ADEME réalise périodiquement, depuis plusieurs décennies, les enquêtes ITOM [32]. Ces enquêtes contiennent des données relatives à tous les sites recevant au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets, implantés en Métropole et dans les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE. Les données collectées sont nombreuses : il s'agit, pour chaque installation, des quantités traitées par type de déchets selon la nomenclature ITOM, de l'énergie produite et son usage (vendue ou autoconsommée), des refus etc. Les données nécessaires à l'inventaire national (essentiellement les quantités traitées par type de déchets pour chaque installation) sont obtenues sous forme d'une base de données auprès de l'ADEME.

Les résultats de l'enquête ITOM font en outre l'objet d'un rapport public tous les 2 ans.

Règle de rapportage

La distinction entre « avec » ou « sans » récupération d'énergie se fait selon la classification effectuée par l'ADEME dans le cadre des enquêtes ITOM [32], c'est-à-dire sans prendre en compte le rendement énergétique de l'incinérateur.

Les émissions de CO_2 issues de la part organique des déchets est comptabilisée hors total.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées selon la méthodologie recommandée dans les lignes Directrices 2006 du GIEC [743] au moyen de facteurs d'émission calculés sur la base du contenu en carbone des déchets (FC), de la composition des déchets traités en UIDND (WF), du facteur d'oxydation de l'incinération (OF) et du ratio de carbone d'origine biomasse (CFC)

La composition des déchets incinérés selon les catégories nécessaires à l'application de la méthodologie du GIEC (déchets alimentaires, déchets verts, papier/carton, bois, textiles, textiles sanitaires et incombustibles) est estimée sur la base, d'une part, d'enquêtes de caractérisation des déchets ménagers (dites MODECOM [368]), d'enquêtes de caractérisation des déchets industriels selon l'activité, la nature des déchets et le type de traitement [733] et, d'autre part, d'enquêtes bisannuelles caractérisant les déchets incinérés réalisées par l'ADEME [32].

Figure 23 : Composition des déchets incinérés en UIDND (yc déchets industriels, hors boues) en Métropole

Année	Déchets alimentaires (%)	Déchets verts (%)	Papier / carton (%)	Bois (%)	Textile (%)	Textile sanitaire (%)	Cuir et caoutchouc (%)	Plastiques et autres inertes combustibles (%)		Boues (%)	Construction et démolition (%)	Déchets Dangereux (%)
								total	*dont combustibles*			
1990	24%	4,4%	24%	7%	2,7%	4%	0,0%	*32,1%*	*14%*	0,6%	0,1%	1,1%
1995	24%	4,4%	24%	7%	2,7%	4%	0,0%	*32,1%*	*14%*	0,6%	0,1%	1,1%
2000	27%	4,8%	21%	9%	2,4%	6%	0,0%	*28,3%*	*13%*	0,9%	0,0%	1,2%
2005	28%	6,3%	17%	10%	2,1%	8%	0,1%	*26,2%*	*13%*	1,2%	0,0%	1,2%
2010	31%	5,6%	14%	11%	1,9%	11%	0,1%	*23,7%*	*13%*	0,9%	0,1%	1,3%
2011	30%	5,5%	13%	13%	1,8%	11%	0,2%	*23,1%*	*13%*	1,1%	0,0%	1,4%
2012	30%	5,4%	12%	14%	1,7%	11%	0,2%	*22,5%*	*13%*	1,2%	0,0%	1,5%
2013	31%	5,8%	12%	13%	1,7%	12%	0,2%	*22,4%*	*13%*	1,0%	0,0%	1,8%
2014	31%	6,1%	11%	12%	1,7%	12%	0,3%	*22,3%*	*14%*	0,8%	0,0%	2,0%
2015	32%	6,0%	11%	12%	1,6%	13%	0,2%	*22,3%*	*14%*	0,8%	0,0%	2,0%
2016	33%	5,9%	10%	11%	1,6%	13%	0,2%	22,3%	*14%*	0,8%	0,0%	2,1%
2017	33%	5,9%	10%	11%	1,6%	13%	0,2%	22,3%	*14%*	0,8%	0,0%	2,1%

Graph_5.xlsx/Composition_uidnd

Les valeurs par défaut de contenu en carbone des déchets (FC) proposées par le GIEC sont appliquées [617][618].

La valeur par défaut du facteur d'oxydation de l'incinération proposée par le GIEC est appliquée [618].

Les valeurs par défaut du ratio de carbone d'origine biomasse (FCF) proposées par le GIEC sont appliquées [617][618].

Emissions de CH_4

Le facteur d'émission de CH_4 dépend du type de technologie d'incinération (four à grille ou à lits fluidisés).

Pour une technologie à grille, le facteur d'émission est de 0,2 kg CH_4 / kt de déchets [619].

Pour une technologie à lits fluidisés, le facteur d'émission du CH_4 est nul [619].

La répartition des usines par type de four en France, en proportion de la capacité installée, est connue pour 2005 au travers de l'enquête de l'ADEME [335]. Elle est composée de 97,2% de fours à grille (grilles fixes, grilles mobiles et fours rotatifs) et de 2,8% de lits fluidisés.

Le facteur d'émission moyen déduit est de 0,19 g / t de déchets.

Emissions de N_2O

Le facteur d'émission de 31 g / t déchets ménagers issu d'une campagne de mesure de la FNADE [310] est appliqué sur toute la série temporelle.

3.2.5.2.2 Raffinage du pétrole (1A1b)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 ou 3 selon les années et les substances.

Cette section concerne uniquement les installations de combustion dans le raffinage du pétrole brut ou de produits partiellement élaborés provenant d'autres raffineries.

Les émissions issues des procédés du raffinage, notamment le brulage de coke lors de la régénération du craqueur catalytique, sont comptabilisées dans la section « 1B2a_petrol refining » et celles relatives aux torchères « 1B2c_petrol refining ».

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [13, 14, 19, 39, 47] permettent une estimation assez fine des émissions de la combustion pour la plupart des substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique.

Parmi les spécificités des installations françaises, il faut noter :

- qu'un site utilise des gaz de haut fourneau du site sidérurgique voisin, ce qui explique les émissions spécifiques importantes pour la catégorie des combustibles solides pour ce secteur,
- qu'un site a démarré une turbine à combustion en 2004 au gaz naturel, dont la pleine capacité est atteinte à partir de 2005. Cet équipement consomme plus de 80% des quantités totales de gaz naturel allouées à ce secteur.

Les estimations sont effectuées pour chaque sous-ensemble de la raffinerie (fours, moteurs fixes, turbines à gaz, chaudières).

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible.

Les facteurs spécifiques déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19], notamment afin d'assurer la cohérence des données retenues pour l'inventaire avec celles déclarées au titre du Système d'Echange de Quotas d'Emissions (SEQE), basées sur des mesures spécifiques.

Lorsque l'exploitant ne déclare pas de facteurs spécifiques, pour une année donnée, les facteurs d'émission moyens par combustible et par site sont appliqués (notamment avant 2005) ou, en dernier recours, les valeurs nationales (par combustible) sont utilisées (cf. section générale énergie).

Emissions de CH_4

Les émissions sont calculées à partir des facteurs d'émission qui dépendent du combustible et de l'installation. Si l'exploitant propose des facteurs d'émission ou des mesures fiables, ceux-ci sont pris en compte en priorité. Les facteurs d'émission par défaut sont tirés du Concawe [396] et du GIEC [397] pour les fours et les chaudières. Pour les turbines à combustion et les moteurs, les facteurs d'émission proviennent du Concawe [396] et d'un guide méthodologique E-PRTR [676].

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont déterminées au moyen des facteurs d'émission par défaut (cf. section générale énergie).

3.2.5.2.3 Transformation des combustibles minéraux solides et Raffinage du gaz (1A1c)

Transformation des combustibles minéraux solides

Les consommations de combustibles dédiées au secteur de la transformation du charbon sont issues du bilan national de l'énergie [1]. Il n'y a plus d'activité à partir de 2005.

Les émissions des cokeries minières et sidérurgiques sont déterminées à partir des données spécifiques disponibles (consommations et caractéristiques des combustibles, productions, mesures, etc.) [19, 27, 53]. A partir de 2014, les données de consommations fournies par la fédération professionnelle [27] ne sont plus disponibles. Afin d'estimer les consommations de combustibles pour la production de coke sidérurgique, une estimation de la consommation totale est réalisée à partir de la production

et d'un ratio moyen entre la consommation totale et la production de coke, basé sur les années connues. Une répartition moyenne des consommations par type de combustible, basée sur les années connues, est appliquée à la consommation totale afin d'obtenir les consommations par combustible.

Lorsque les cokeries minières fonctionnaient encore, du gaz de mine et du gaz de cokerie étaient produits. L'une des cokeries réutilisait le gaz de mine et le gaz de cokerie au sein de la cokerie comme intrants énergétiques, et l'autre n'utilisait que du gaz de cokerie. Au sein des cokeries sidérurgiques, le gaz de four à coke produit est réutilisé en tant que source d'énergie dans les différents ateliers du site intégré de fabrication d'acier (au sein de l'atelier de production de coke, de l'agglomération, des hauts-fourneaux, des fours à oxygène ou encore des ateliers connexes). Une partie de ce gaz de cokerie est également vendu, notamment à des producteurs d'électricité.

Les émissions liées à la fabrication du charbon de bois sont calculées à partir de la production [517, 518], et des facteurs d'émission spécifiques au secteur [78].

Emissions de CO_2

Pour la transformation du charbon, les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Pour la fabrication de coke au sein des cokeries sidérurgiques, les consommations de combustibles sont fournies par la fédération professionnelle [27]. Le facteur d'émission est tiré des teneurs en carbone moyennes (sur 2008-2011) de chaque combustible [27]. Du gaz de cokerie est produit au sein des cokeries sidérurgiques et est réutilisé en tant que combustible dans les différents ateliers des sites sidérurgiques intégrés (au sein de la cokerie, mais aussi l'agglomération, les hauts-fourneaux et d'autres ateliers connexes). Il peut également être vendu et utilisé comme source d'énergie par d'autres secteurs (comme la production d'électricité par exemple). Les émissions associées à la combustion de ce gaz acheté sont alors comptabilisées dans le secteur utilisateur.

Dans le cas des cokeries minières (arrêt de l'activité fin 2009), les productions sont issues des déclarations annuelles des exploitants [19]. Les facteurs d'émission pour le CO_2 liés aux consommations de gaz de cokerie, de gaz de mine et de charbon à coke sont tirés des informations individuelles des deux sites : une seule année (2001) pour l'un des sites, six années (2004 à 2009) pour le second site [19] (Rang 3 pour ces années connues). Le même facteur d'émission est appliqué pour les années pour lesquelles l'information n'est pas disponible (Rang 2).

Concernant la fabrication du charbon de bois, le facteur d'émission provenant de l'USEPA est pris par défaut [66]. Ces émissions sont assimilées à du CO_2 biomasse et ne sont donc pas comptabilisées dans le total national.

Emissions de CH_4

Pour la transformation du charbon, les émissions de CH_4 sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible issus du GIEC 2006 [638].

Pour la fabrication de coke au sein des cokeries sidérurgiques, les consommations de combustibles sont fournies par la fédération professionnelle [27]. Les facteurs d'émission sont tirés du GIEC 2006 [638].

Dans le cas des cokeries minières (arrêt de l'activité fin 2009), les productions sont issues des déclarations annuelles des exploitants [19]. Les facteurs d'émission sont tirés du GIEC 2006 [638].

Concernant la fabrication du charbon de bois, deux facteurs d'émission sont considérés selon le type de procédé de production (artisanal ou industriel) ; ils proviennent d'une étude du CITEPA [78]. Le facteur d'émission global varie au cours du temps en fonction de la répartition entre les productions de type artisanale et industrielle.

Emissions de N_2O

Pour la transformation du charbon, les émissions de N_2O sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible issu du GIEC 2006 [638].

Dans le cas des cokeries sidérurgiques et minières, les facteurs d'émission sont tirés du GIEC 2006 [638].

Pour la fabrication de charbon de bois, les émissions de N_2O sont estimées à partir de facteurs d'émission issus du GIEC 2006 [638].

Raffinage du gaz

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [19, 39, 50] permettent une estimation assez fine des émissions des différents équipements pour la plupart des substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs aux combustibles consommés. Les facteurs spécifiques déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19, 50], notamment afin d'assurer la cohérence des données retenues pour l'inventaire avec celles déclarées au titre du Système d'Echange de Quotas d'Emissions (SEQE), basées sur des mesures spécifiques. Lorsque, pour une année donnée, l'exploitant ne fournit pas de facteur spécifique pour un ou plusieurs combustibles, la moyenne des facteurs d'émission sur les années renseignées ou la valeur par défaut est appliquée (notamment avant 2005). Les facteurs d'émission spécifiques à cette activité sont confidentiels (un seul site concerné).

Emissions de CH_4

Pour les chaudières et les fours, les facteurs d'émission proviennent du Guidebook EMEP / CORINAIR [17] pour le fioul lourd et de facteurs spécifiques déclarés par l'exploitant pour le gaz naturel [50].

Pour les moteurs fixes, des valeurs spécifiques sont utilisées [50].

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par défaut.

3.2.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes associées au secteur de l'industrie de l'énergie est effectuée au 3ème niveau de la catégorie (i.e. 1A1) en fonction du type de combustible.

Les incertitudes des données d'activité sont basées sur les lignes directrices de l'IPCC [IPCC – Guidelines 2006 – Volume 2 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.15] tenant compte l'avis des experts sectoriels. Ainsi, ces incertitudes reflètent le fait que les données d'activité sont connues, mesurées et bien suivies, sa valeur est de 1% par catégorie de combustible.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission de CO_2 sont basées sur des estimations d'experts, tenant compte à la fois des différences observées et des erreurs dans les données. Pour les combustibles solides, liquides et le gaz naturel, cette incertitude est de 2% ; et de 6% pour les autres combustibles. Ces valeurs reflètent également le fait que les facteurs d'émission de CO_2 sont connus, mesurés et bien suivis.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O sont de 100% par type de combustible. Pour le CH_4, ceci est basé sur les lignes directrices du GIEC [IPCC – Guidelines 2006 – Volume 2 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.12] tenant compte l'avis des experts sectoriels. Pour le N_2O, les lignes directives du GIEC n'informent pas les incertitudes des facteurs d'émission. Ainsi, l'avis des experts sectoriels a été pris en compte considérant que les incertitudes pour le CH_4 et le N_2O sont plus élevées, car elles reflètent l'utilisation de facteurs par défaut (provenant des lignes directrices du GIEC).

La cohérence temporelle est respectée sur l'ensemble de la période pour les centrales thermiques électriques (consommations et émissions suivies chaque année) et pour les UIDND avec récupération d'énergie.

Pour les installations de chauffage urbain, il existe certaines années avant 2005 où l'enquête sur les consommations d'énergie n'est pas disponible ou est peu fiable. Dans ces cas particuliers la cohérence temporelle est rétablie en recalculant les consommations à partir des GIC (Grandes Installations de Combustion) qui sont suivies annuellement. Un contrôle de cohérence avec indice de rigueur climatique pour l'année en question est aussi effectué.

La cohérence temporelle est respectée sur l'ensemble de la période pour le secteur du raffinage puisque les données d'activité sont connues au niveau de chaque site depuis 1990.

La cohérence temporelle est respectée sur l'ensemble de la période pour les cokeries, l'activité minière et le raffinage de gaz puisque les données d'activité proviennent soit du site lui-même, soit des mêmes sources statistiques depuis 1990.

3.2.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Des dispositions spécifiques sont mises en œuvre pour ces sous-secteurs de l'énergie :

- les déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) puis validées par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES),
- une validation indirecte des émissions de CO_2 est effectuée par des organismes certifiés (désignés par le Ministère chargé de l'Environnement) dans le cadre du SEQE,
- les données SEQE permettent par ailleurs d'effectuer un contrôle de cohérence et vérifier que les émissions totales d'un secteur SEQE ne dépassent pas les émissions du secteur correspondant dans l'inventaire,
- les émissions recalculées sont vérifiées,
- la cohérence globale avec le bilan de l'énergie national est vérifiée,
- une validation spécifique est mise en place pour l'inventaire des grandes installations de combustion (GIC).

Par ailleurs, pour les installations de chauffage urbain et les UIDND, les entités statistiques fournissant les enquêtes mettent en œuvre leur propre assurance qualité.

3.2.5.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 1A1

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	66 392	55 956	62 641	66 909	62 882	62 468	61 353	59 342	59 872	51 503	52 792	52 402	39 721	41 799	45 204	
Nouveau	kt CO2e	66 373	55 936	62 621	66 887	62 860	62 448	61 234	59 323	59 852	51 487	52 774	52 385	39 709	41 818	45 155	49 585
Différence	kt CO2e	-19	-20	-21	-21	-22	-20	-119	-19	-21	-16	-18	-17	-13	+19	-49	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	+0%	-0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

3.2.5.5.1 Production d'électricité (1A1a)

Description des recalculs

Les consommations et émissions de deux sites GIC portant sur les années 2015 et 2016 ont été identifiées et placées en industrie agroalimentaire.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude des données.

3.2.5.5.2 Chauffage urbain (1A1a)

Description des recalculs

Le facteur de conversion énergétique entre les ktep et les GJ a été affiné sur toute la période (passage de 42 à 41,868 GJ/ktep.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude des données.

3.2.5.5.3 UIDND avec récupération d'énergie (1A1a)

Description des recalculs

Suite à la mise à disposition de la BDD ITOM 2016 par l'ADEME :

- Mise à jour des données de quantités de déchets incinérés en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016)

- Mise à jour de la composition de déchets incinérés en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016) qui impacte sur le FE CO_2 de 2016 et 2015

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude des données.

3.2.5.5.4 Raffinage du pétrole (1A1b)

Description des recalculs

Pas de recalcul.

Raison et justification

Pas de recalcul.

3.2.5.5.5 Transformation des combustibles minéraux solides (1A1c)

Description des recalculs

Pas de recalcul.

Raison et justification du recalcul

Pas de recalcul.

3.2.5.6 Améliorations envisagées

3.2.5.6.1 Transformation des combustibles minéraux solides (1A1c)

Pour la production de coke au sein des sites sidérurgiques intégrés, il est envisagé d'étudier l'évolution de la méthode mise en œuvre dans le secteur sidérurgique (compatibilité avec le SEQE et les lignes directrices 2006 du GIEC pour le rapportage), ainsi que l'utilisation des données statistiques du bilan de l'énergie, partie sidérurgique, au lieu de données estimées (pour pallier au manque de données issues de la fédération professionnelle à partir de 2014).

3.2.6 Industrie manufacturière (1A2)

3.2.6.1 Caractéristiques de la catégorie

En 2017, pour la France au périmètre Kyoto, l'industrie manufacturière (CRF 1A2), du fait des émissions de CO_2, apparaît 12 fois parmi les 44 catégories clés recensées en termes de niveau d'émissions hors UTCATF. La contribution la plus importante est celle de la combustion du charbon dans le secteur de l'acier située au 12ème rang (2,4%). De même, pour la contribution à l'évolution des émissions (hors UTCATF), l'industrie manufacturière apparaît 15 fois pour les émissions de CO_2 sur les 55 catégories clés recensées, la contribution la plus importante étant à nouveau celle de la combustion du charbon dans le secteur de l'acier, située au 12ème rang (2,0%).

En considérant les différentes sources clés cumulées, la combustion dans l'industrie manufacturière contribue, par le CO_2 émis, à 10,1% en niveau d'émissions (hors UTCATF) et à 12,1% en termes d'évolution (hors UTCATF).

La catégorie 1A2 regroupe les activités de consommation d'énergie de l'industrie manufacturière.

Plusieurs secteurs de l'industrie sont identifiés et notamment l'industrie des métaux ferreux, l'industrie des métaux non ferreux, la chimie, l'industrie papetière, l'industrie agroalimentaire, l'industrie des produits minéraux non-métalliques et l'ensemble des autres branches d'activité (dont BTP, enrobés routiers, etc.) rassemblées dans une catégorie « autres ». Les équipements consommateurs d'énergie dans l'industrie peuvent être répartis en trois familles :

- procédés énergétiques communs à la plupart des secteurs : ils regroupent les activités de combustion sans contact dans les chaudières, turbines et moteurs destinés à produire de la vapeur et/ou de l'électricité,
- procédés énergétiques spécifiques à certains secteurs : ils regroupent les fours sans contact (comme les régénérateurs de hauts-fourneaux, les fours à plâtre, etc.) et les fours avec contact dans les secteurs de la sidérurgie, de la métallurgie, des industries cimentières et verrières, etc.,
- sources mobiles hors transports : elles regroupent les engins et machines à moteurs thermiques utilisés dans l'industrie et le BTP (chariots élévateurs, etc.).

L'autoproduction industrielle d'électricité est comptabilisée dans chaque secteur producteur de cette section.

Les consommations finales d'énergie de l'industrie manufacturière sont rappelées dans le tableau suivant.

Tableau 41 : Consommation d'énergie finale dans les sous-secteurs de l'industrie manufacturière par type de combustible en 1990 et 2017 - périmètre Kyoto

Consommation d'énergie finale par secteur industriel (périmètre Kyoto)

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 — energie.xlsx/Energie finale

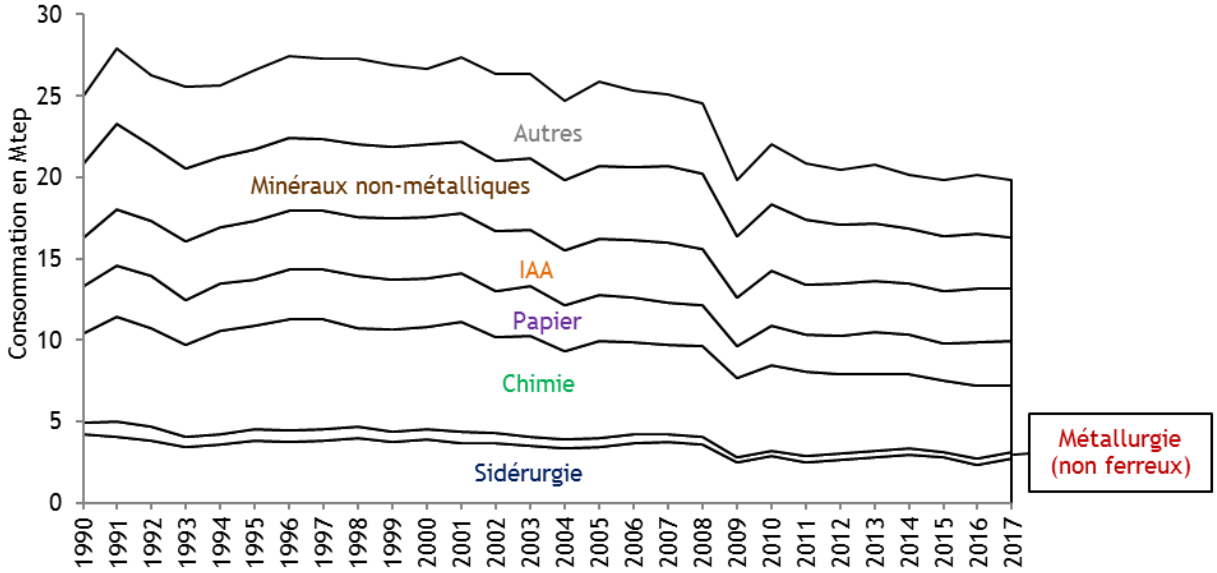
INDUSTRIE[1] en Mtep	1990					2017				
	Liquides	Solides	Gaz naturel	Biomasse	Autres	Liquides	Solides	Gaz naturel	Biomasse	Autres
Sidérurgie (1A2a)	0,3	3,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,9	0,7	0,0	0,0
Métallurgie (non ferreux) (1A2b)	0,2	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Chimie (1A2c)	2,0	0,5	2,7	0,0	0,2	0,8	0,4	2,0	0,1	0,8
Papier (1A2d)	0,4	0,2	1,0	1,3	0,0	0,0	0,2	1,0	1,6	0,0
IAA (1A2e)	0,9	0,5	1,5	0,1	0,0	0,1	0,3	2,6	0,3	0,0
Minéraux non-métalliques (1A2f)	1,8	1,0	1,7	0,1	0,1	0,7	0,2	1,4	0,4	0,4
Autres (1A2g) - tous combustibles			4,1					3,5		

1 catégories de combustibles définis par le GIEC

2 Les informations n'étant pas disponibles pour l'Outre-mer, l'électricité n'est pas incluse

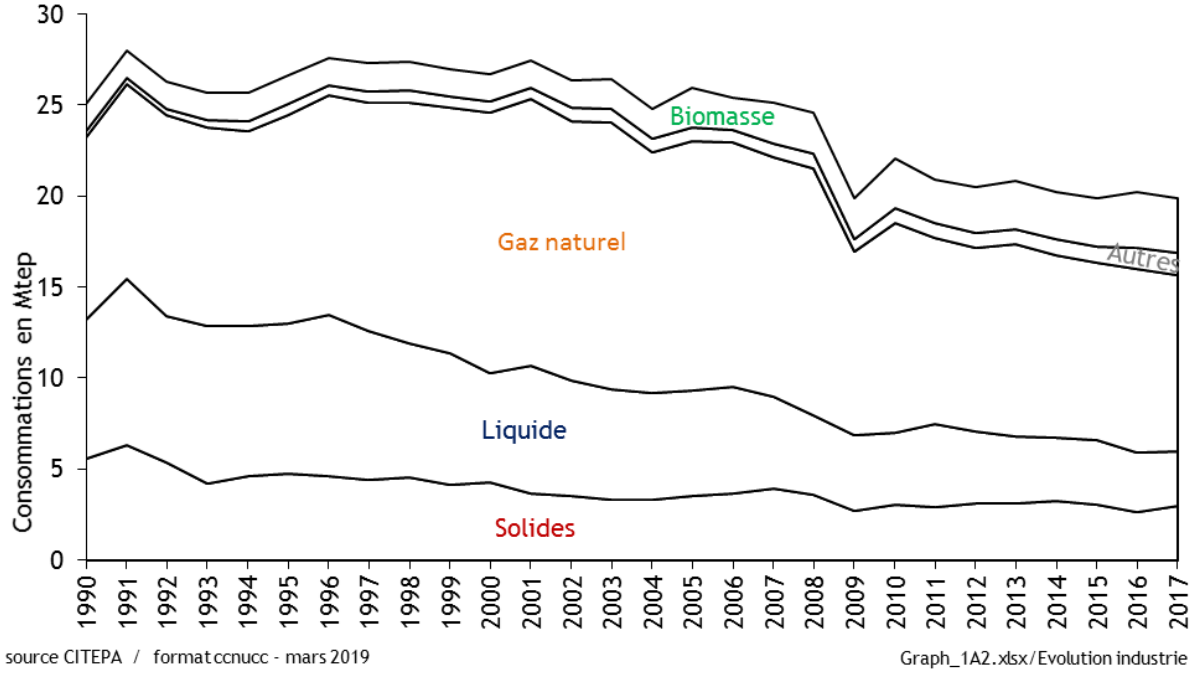
Les figures suivantes montrent d'une part l'évolution sur la période 1990-2017 des consommations totales (tous combustibles confondus) des différentes sous-catégories de l'industrie manufacturière pour la France au périmètre Kyoto, et d'autre part les consommations totales des différents types de combustibles (toutes sous-catégories de l'industrie manufacturière confondues) pour la France au périmètre Kyoto.

Figure 24 : Évolution de la consommation d'énergie par sous-catégorie de l'industrie manufacturière (périmètre Kyoto)



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 — energie.xlsx/Secteurs

Figure 25 : Evolution de la consommation d'énergie par combustible dans l'industrie manufacturière en France – (périmètre Kyoto) **(non corrigée du climat)**



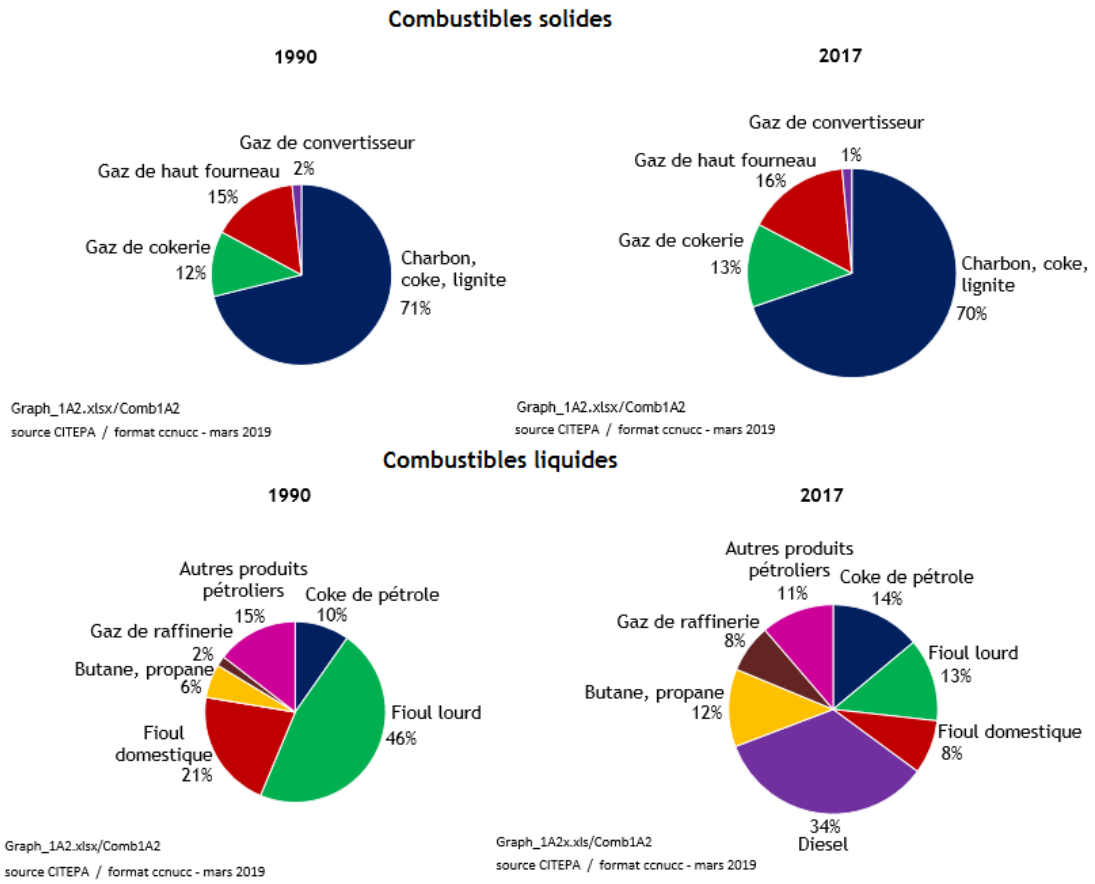
Au total, hors électricité, la consommation d'énergie finale dans le secteur de l'industrie manufacturière au périmètre Kyoto est en baisse entre 1990 et 2017 (-21%), particulièrement ces dernières années depuis la crise économique de 2008-2009 (année 2009 fortement marquée). La structure énergétique, quant à elle, montre une tendance à un recours plus important au gaz naturel et à la biomasse au détriment des combustibles liquides et solides. Ce changement de structure a permis notamment de diminuer les émissions de CO_2 du secteur sur la période.

Une légère chute de la production des installations sidérurgiques en 1993 explique la baisse des consommations de combustibles solides cette année-là.

Parmi les spécificités de cette catégorie, sont à noter pour le périmètre Kyoto :

- la part importante des consommations de gaz sidérurgiques (gaz de hauts-fourneaux, de convertisseurs d'aciérie, et de cokerie) comptabilisés parmi les combustibles « solides » (29% de cette catégorie de combustibles en 1990 et 30% en 2017). Ces gaz sont produits et autoconsommés en grande partie par l'industrie sidérurgique dans les hauts-fourneaux et les fours de réchauffage pour l'acier,
- l'augmentation de la part du coke de pétrole dans les combustibles « liquides » passant de 10% en 1990 à 14% en 2017. Cette évolution est imputable à l'industrie des produits minéraux (industrie cimentière en particulier),
- suite à la réglementation applicable aux engins mobiles, depuis 2011, le fioul domestique a été remplacé par le gazole non routier (pris en compte dans la catégorie diesel).

Figure 26 : Détail des combustibles « solides » et « liquides » consommés dans l'industrie manufacturière en France - Périmètre Kyoto



Sources fixes

L'industrie manufacturière est un ensemble hétérogène dans le sens où l'on constate :

- que des émissions de polluants sont liées à l'utilisation de l'énergie tandis que d'autres sont liées à d'autres phénomènes (mécanique, chimique, etc.),
- la grande diversité des procédés spécifiques aux différents secteurs de la branche et aux divers produits,
- la variabilité des caractéristiques des installations même au sein d'un secteur (type d'équipement, taille, etc.).

Il en résulte que les méthodes d'estimation des émissions font appel :

- d'une part, à des données spécifiques de chaque secteur d'activité (cf. sections suivantes) et,
- d'autre part, à des données communes à tous les secteurs lorsque l'estimation porte sur la combustion de produits fossiles, de biomasse et de déchets valorisés pour leur contenu énergétique dans des équipements (chaudières, engins, etc.) appartenant aux entreprises et activités classées dans l'industrie manufacturière quel que soit le secteur considéré. Ces éléments communs sont présentés dans la section ci-dessous.

Cependant, les phénomènes éventuellement concomitants responsables d'émissions des mêmes substances ou d'autres substances sont traités dans d'autres sections (par exemple le CO_2 issu de la

décarbonatation, cf. sections relatives aux codes CRF 2A1 à 2A4&6) en fonction de la classification internationale des sources CRF.

La question de la consommation d'énergie de l'industrie manufacturière et de sa répartition dans les différents sous-secteurs est traitée dans la présente section car de nombreuses interrelations existent entre les sous-secteurs. Par ailleurs, cette disposition permet de répondre aux attentes des instances internationales notamment vis-à-vis de la classification internationale des sources retenues pour la présentation des inventaires d'émission.

Sources mobiles

Les émissions liées à la combustion provenant de sources mobiles du secteur de l'industrie et du BTP (engins mobiles non routiers) sont comptabilisées sous ce terme. Les engins concernés sont essentiellement les équipements de machinerie tels que les chariots élévateurs, etc. Les engins de transport sont inclus dans les modes de transport correspondants.

Les équipements mobiles consommateurs d'énergie fossile dans le secteur de l'industrie et du BTP sont nombreux et divers. Leur identification et leur dénombrement sont délicats car il n'existe pas de statistiques spécifiques et très fiables concernant les parcs et les consommations d'énergie.

3.2.6.1.1 Métallurgie des métaux ferreux (1A2a)

En 2017, ces procédés constituent la 11ème catégorie clé (2,4%) en termes de niveau d'émission hors UTCATF (CO_2) pour la consommation de charbon et des gaz sidérurgiques, et la 37ème catégorie clé (0,36%) pour la consommation de gaz. Ce secteur constitue également à la 12ème catégorie clé (2,0%) en termes d'évolution des émissions pour le charbon et les gaz sidérurgiques, et la 41ème (0,35%) pour le fioul.

Production de fonte grise

La production de fonte regroupe deux grands types de fonte :

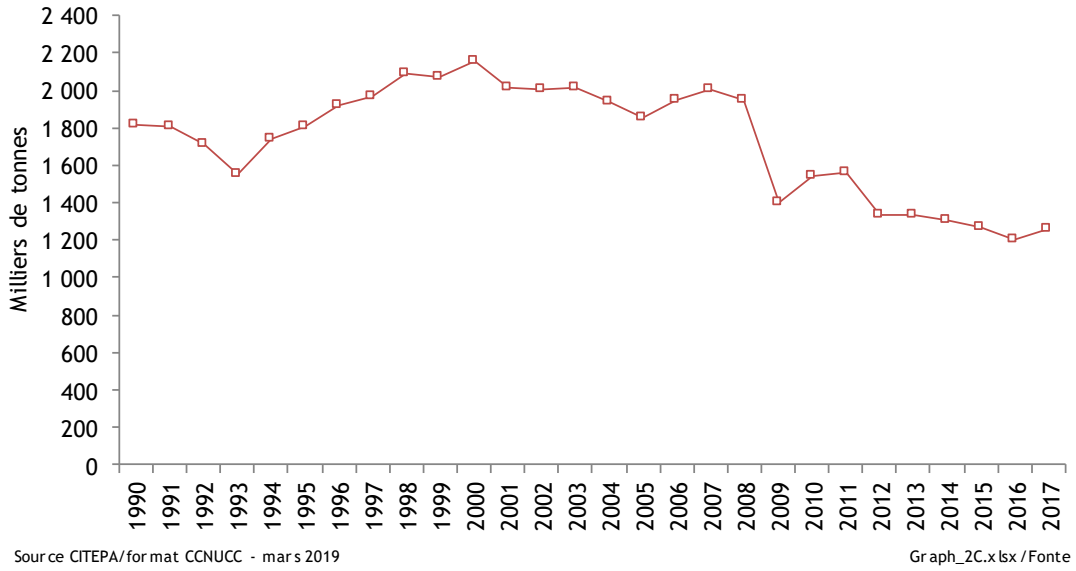
- la fonte graphite lamellaire (dite fonte grise),
- la fonte graphite sphéroïdale (dite fonte ductile).

Ces deux types de fonte servent à la fabrication de fonte hydraulique et de bâtiment, fonte sur modèle ou fonte sur album (selon le cahier des charges attendu par le client). La fonte est un alliage de fer et de carbone, contenant entre 2% et 5% de carbone, d'autres éléments tels que du silicium et du manganèse, ainsi que des impuretés, telles que du phosphore ou du soufre.

Les produits en fonte sont obtenus par le moulage de fonte liquide produite, soit immédiatement avant la coulée dans des fours à cubilot, soit par le réchauffage de lingots de fonte dans des fours à induction, à arc électrique ou rotatifs [253].

Les fours à cubilots, majoritairement utilisés en France, sont des fours remplis alternativement de couches de coke de houille et de minerais de fer où l'on souffle de l'air à la partie inférieure après avoir procédé à l'allumage du coke. A mesure de la combustion du coke, les charges de métal s'échauffent et descendent dans le cubilot et la fonte finit par arriver dans la zone de fusion où elle passe à l'état liquide.

Figure 27 : Production de produits en fonte (périmètre Kyoto)



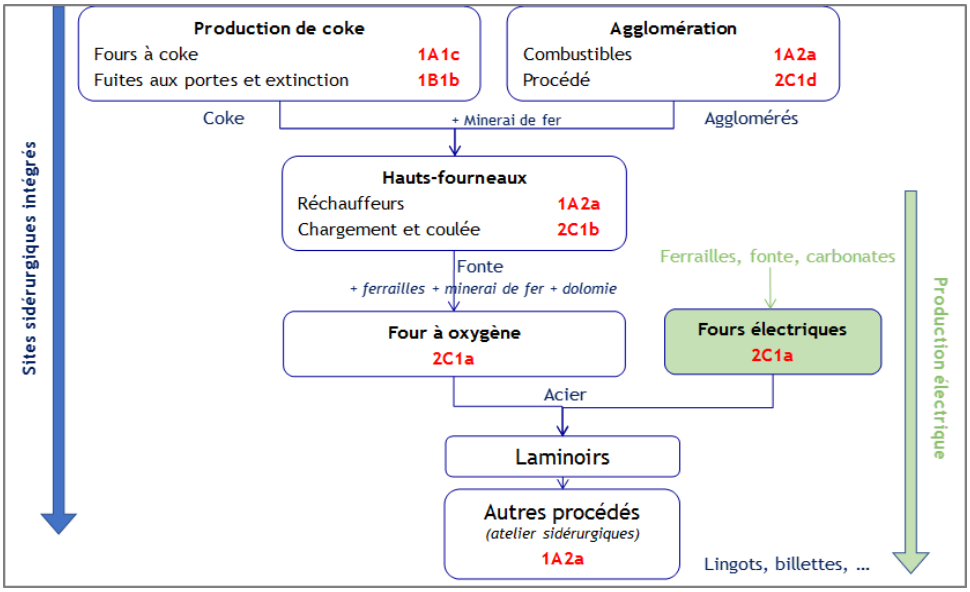
Production d'acier

Les activités traitées dans cette section concernent la consommation de combustibles des ateliers sidérurgiques (émissions liées à la combustion).

- L'agglomération de minerai ;
- Les réchauffeurs de hauts-fourneaux ;
- Les fours de réchauffage pour les ateliers sidérurgiques autres que ceux précités.

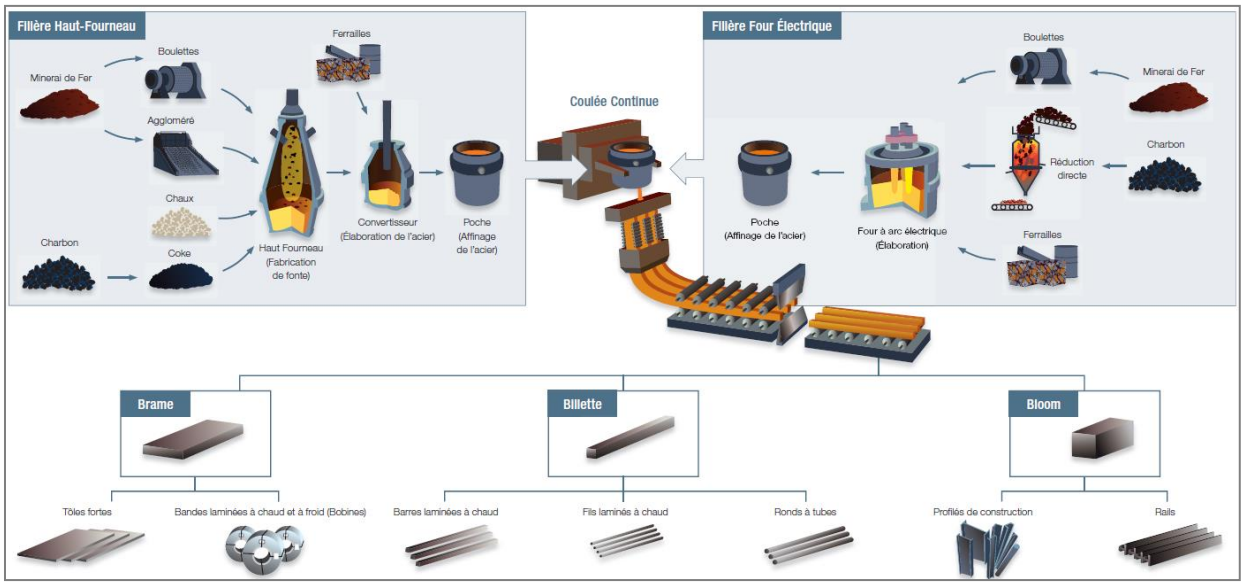
Les émissions liées au procédé, concernant les autres activités (chargement des hauts-fourneaux, coulée des hauts-fourneaux, aciéries à l'oxygène, aciéries électriques et laminoirs) sont traitées dans la section « 2C1 - iron steel » (émissions non liées à la combustion). Les installations de combustion connexes nécessaires à l'activité sidérurgique sont traitées dans les sections générales énergie.

Figure 28 : Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs de l'inventaire



Le procédé et les différents ateliers de fabrication sont rappelés ci-dessous.

Figure 29 : Les procédés de fabrication de l'acier



Source : acier.org

- *Agglomération de minerai*

La **chaîne d'agglomération** est une installation dans laquelle du minerai de fer fin, homogénéisé, est mélangé à de la castine et à du poussier de coke, puis cuit ("fritté") par combustion de coke. L'aggloméré constitue l'essentiel de la charge minérale du haut fourneau. L'aggloméré obtenu est concassé puis chargé dans le haut fourneau avec du coke. Le coke est un résidu solide de la distillation de la houille. On distingue les émissions liées à la combustion lors du processus d'agglomération qui s'effectue à chaud avec utilisation d'énergie fossile (code SNAP 030301, traité dans la présente section) et les autres émissions liées à l'utilisation de castine et de minerai de fer (code SNAP 040209, traité dans la section « 2C1 - iron steel » (2C1d)).

- *Hauts-fourneaux*

Les **hauts-fourneaux** produisent de la **fonte** à partir du fer extrait du minerai (l'aggloméré) et du coke. Ces deux produits sont introduits par le haut du haut-fourneau. L'air chaud (1 200°C) insufflé à la base du haut-fourneau provoque la combustion du coke. L'oxyde de carbone formé réduit les oxydes de fer pour isoler le fer. La chaleur dégagée fait fondre le fer. Le mélange obtenu est la fonte. Les résidus formés (laitier) sont exploités par d'autres industries : construction de routes, cimenterie, etc. L'opération qui se déroule dans les hauts-fourneaux est consommatrice d'énergie fossile. Le processus de fabrication comprend, d'une part, la combustion d'énergie fossile (essentiellement du gaz de haut fourneau) dans les régénérateurs ou « cowpers » (code SNAP 030203), également appelés « réchauffeurs », qui s'apparente à une combustion sans contact et, d'autre part, des procédés non énergétiques tels que le chargement (code SNAP 040202) et la coulée au niveau du haut-fourneau (code SNAP 040203). La présente section traite de la partie énergétique, tandis que les procédés non énergétiques sont traités dans la section « 2C1 - iron and steel » (2C1b).

L'élaboration des aciers conduit à des traitements particuliers effectués soit dans les usines sidérurgiques intégrées, soit dans des usines distinctes, à partir de fonte, d'ajouts de diverses substances et dans des conditions de fonctionnement particulières (température, atmosphère, etc.). Différents procédés sont utilisés pour **fabriquer l'acier** : les **fours à oxygène** dans lesquels de l'oxygène est injecté (code SNAP 040206) et les **fours électriques** (code SNAP 040207). Ces émissions de procédés sont traitées dans la section « 2C1 - iron and steel » (2C1a).

- Autres ateliers

Les **autres ateliers sidérurgiques** (code SNAP 030302) et les **laminoirs** (code SNAP 040208) permettent de mettre en forme le métal (bandes, lingots, billettes, fils, poutres, etc.). Ces opérations sont consommatrices d'énergie et sources d'émissions diffuses, notamment de COVNM. Les émissions sont traitées dans la présente section.

Actuellement, deux sites intégrés de production d'acier sont encore en activité (présence du haut-fourneau, du convertisseur à oxygène, et de laminoirs), un site ayant fermé ses hauts-fourneaux et le four à oxygène en octobre 2011. Certains sites disposent d'une ou plusieurs activités spécifiques (hauts-fourneaux par exemple) sans posséder toute la chaîne de production d'acier.
Quatre chaînes d'agglomération existent en France actuellement. Trois hauts-fourneaux dont deux au sein des sites intégrés sont encore en fonctionnement. Ces deux sites comptent les deux convertisseurs à oxygène encore présents sur le territoire français. Une vingtaine d'aciéries électriques existe en France. Les laminoirs étaient au nombre de 70 en 2000 selon l'enquête EACEI (d'après les codes NAF 272 et 273 (sauf 273J)).

3.2.6.1.2 Métallurgie des métaux non ferreux (1A2b)

Cette catégorie est la 42ème catégorie clé pour la contribution à l'évolution des émissions hors UTCATF (0,35%), pour les émissions de CO_2 engendrées par la combustion du charbon. C'est également une catégorie clé pour la consommation de fioul (52ème catégorie clé hors UTCATF avec une contribution de 0,24%).

Production de cuivre

Cette section concerne la production de cuivre de première et seconde fusion.

Jusqu'en 2000, la production de cuivre de première fusion avait lieu sur un seul site en France. A partir de 1999, il n'y a plus de raffinage de cuivre de 1ère fusion, seulement transformation de cathodes achetées (déjà raffinées) en billettes. La production de cuivre de seconde fusion avait lieu sur deux sites et s'est achevée en 1998.

Il n'y a plus de production de cuivre de première ou de seconde fusion en France depuis 2000.

<u>a/ Production de cuivre de première fusion :</u>

80 producteurs dans le monde utilisent des techniques liées à la pyrométallurgie pour produire plus de 90% de la production totale de cuivre de première fusion.

Les différentes étapes du processus sont :

- Les mines produisent du minerai contenant 1% de cuivre. La concentration en cuivre s'effectue par concassage, passage sur tamis et flottation pour obtenir un minerai titrant 15 à 35% de cuivre.
- La production de cuivre de première fusion est ensuite réalisée par pyrométallurgie qui comprend 4 étapes principales :
    - la cuisson pour réduire les impuretés (soufre, antimoine, arsenic, plomb),
    - le produit obtenu est ensuite fondu et concentré pour aboutir à une mixture de sulfide de cuivre (Cu_2S),
    - la conversion du produit conduit au "blister" de cuivre titrant 98,5 à 99,5% de cuivre,
    - le produit subit enfin un raffinage thermique (moulage en anodes) puis est envoyé au raffinage électrolytique afin d'éliminer des dernières impuretés : le cuivre se dépose à la cathode et les dernières impuretés restent dans l'électrolyte.

Les cathodes de cuivre sont ensuite refondues dans un four de type ASARCO puis transformées en produits marchands (billettes et plateaux) dans un four de coulée continue.

b/ Production de cuivre de seconde fusion :

Le cuivre de seconde fusion est obtenu par fusion des déchets de récupération (fils électriques, laiton, bronze, etc.) contenant des proportions diverses en cuivre, puis converti en cuivre blister dans un convertisseur de type Pierce-Smith par exemple.

Les facteurs d'émission dépendent de la technologie de fusion adoptée et des matériaux utilisés. La seconde fusion du cuivre se déroule comme suit :

- Le prétraitement des déchets inclut le nettoyage et la préparation des déchets pour la fonderie.
- Le passage en fonderie consiste à chauffer les déchets pour séparer et purifier les métaux spécifiques.
- L'ajout facultatif d'un ou plusieurs métaux au cuivre obtenu permet d'obtenir la qualité désirée et les caractéristiques des différents alliages recherchés le cas échéant (principalement laiton et bronze).

Production de magnésium

Entre 1964 et 2001, la production de magnésium a eu lieu sur un seul site en France. Le site a fermé au cours de l'année 2001. Il n'y a plus de production depuis 2002. A partir de 2003, ce site de première fusion du magnésium devient une fonderie de seconde fusion classée parmi l'élaboration et l'affinage des alliages non ferreux [222].

Les émissions de CO_2 liées au phénomène de décarbonatation de la dolomie sont traitées en section 2A relative aux produits minéraux et à la décarbonatation. Les émissions de gaz fluorés liées à la production de magnésium sont traitées en section 2C relative à la métallurgie.

a/ Première fusion

En raison de la grande stabilité des composés et du caractère électrochimique du magnésium, son extraction des minerais exige une grande dépense d'énergie sous forme de courant électrique. La métallurgie est basée soit sur l'électrolyse du chlorure fondu, soit sur la réduction de l'oxyde, par l'intermédiaire de ferro-silicium (ou de charbon ou de carbure de calcium), favorisée par la volatilité du métal.

Le processus métallurgique se déroule en deux phases : la première est la préparation de chlorure ou de l'oxyde purs et la suivante l'extraction du magnésium à partir de ses composés.

- Préparation d'oxydes purs

La production en France était basée entièrement sur l'électrolyse du chlorure fondu, obtenu à partir de la dolomie. La dolomie ($MgCO_3$) est transformée en oxydes (MgO) par calcination qui sont soumis à un processus de réduction pour obtenir le métal.

- Production de métal

Le procédé électrolytique fut le premier à être mis au point. L'électrolyte est un mélange fondu de chlorures alcalins et de chlorure de magnésium (extraits de l'eau de mer).

Les procédés industriels de réduction thermique du magnésium sont bien plus récents (entre 1930 et 1940). Dans le principe, on chauffe un mélange de magnésie (MgO) obtenu à partir de la calcination de la dolomie - $MgCO_3$), d'un réducteur et de produits de scarification. Le magnésium métal est libéré à l'état gazeux : MgO + R -> RO + Mg.

Le SF_6 était utilisé comme gaz inertant pour la production de magnésium notamment, en raison de la complexité du procédé. Il y avait donc des émissions de SF_6 dues à des fuites lors de la production [222]. Ces émissions sont traitées dans la section 2C relative aux procédés de la métallurgie. Les autres polluants étaient émis lors de la consommation de combustibles nécessaires au procédé [26].

b/ Seconde fusion

Outre le site précédemment évoqué après transformation, il existe également d'autres sites de production de magnésium de seconde fusion dont les émissions proviennent des mêmes sources. Ces sites utilisent aussi le SF_6 et des HFC comme gaz inertant. Les émissions de ces gaz fluorés sont traitées dans la section 2C relative aux procédés de la métallurgie.

Productions de plomb et de zinc de première fusion

Le plomb et le zinc de première fusion sont traités dans le même chapitre car historiquement un site commun produisait les deux métaux en France. Depuis 2003, il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France et il n'existe plus qu'un site de production de zinc de première fusion. Ce site est séparé en 2 entités depuis 2008 pour distinguer l'activité de production brute des activités d'affinage et de laminage. Par cohérence historique et pour conserver l'exhaustivité sur la période, les émissions des 2 établissements sont considérées pour la production de zinc de première fusion.

Productions de plomb et de zinc de seconde fusion

Il n'y a plus véritablement de production de zinc de seconde fusion en France depuis 2002. Cependant, dans cette activité est comptabilisé un site qui valorise des poussières d'aciérie et des résidus zincifères pour produire des oxydes de Waelz fortement chargés en zinc.

Depuis 2012, il reste trois sites de production de plomb de seconde fusion en France. Deux sites ont fermé entre 2000 et 2002, et en 2012 un troisième site a recentré son activité uniquement sur le broyage des batteries (cf. section 2C relative aux procédés de la métallurgie). Le plomb et le zinc de première fusion sont traités dans la section « Production de plomb et zinc de première fusion » (1A2b).

a/ Plomb de seconde fusion

Le plomb de seconde fusion représente les quantités de plomb qui ont déjà fait l'objet d'une première fusion et/ou de plomb contenu dans des produits recyclés. Après un prétraitement, destiné par exemple à éliminer les matériaux indésirables des batteries ou à effectuer une première fusion sélective (ressuage) des vieux métaux, les matériaux sont placés dans des fours tournants, des fours réverbères ou des hauts-fourneaux, en condition réductrice (obtention de plomb antimonieux - mélange Pb-Sb) ou oxydante (obtention de plomb doux). Les procédés d'affinage ne diffèrent pas notablement de ceux utilisés en première fusion.

b/ Zinc de seconde fusion

La récupération du zinc, dans les déchets métalliques ou vieux zinc, était nettement moins importante que pour les autres métaux (autour de 10% de la production de zinc raffiné). Elle était, de plus, difficile à cerner autant du point de vue quantitatif, à cause de la réutilisation directe du zinc usagé dans la fabrication du laiton par exemple, que du point de vue qualitatif puisque les unités et les procédés utilisés n'avaient pu être répertoriés.

Production d'aluminium secondaire

L'activité concernée dans cette section est la production d'aluminium de seconde fusion. La production d'aluminium de première fusion (par électrolyse) est traitée dans la section 2C relative aux procédés de la métallurgie.

Outre la 1ère fusion, l'aluminium est également produit à partir d'une grande diversité de déchets (canettes de boisson usagées, feuilles minces, déchets commerciaux, métaux laminés ou coulés, résidus d'écrémage, laitiers salés, etc.), par l'industrie de 2nde fusion. Les produits à recycler passent dans un four de fusion afin de redevenir une matière première destinée à créer de nouveaux produits. Il existe actuellement une dizaine de sites en France (affineurs), de capacité variable, implantés sur tout le territoire.

3.2.6.1.3 Industrie agro-alimentaire (1A2e)

Production de produits de fourrage vert déshydratés

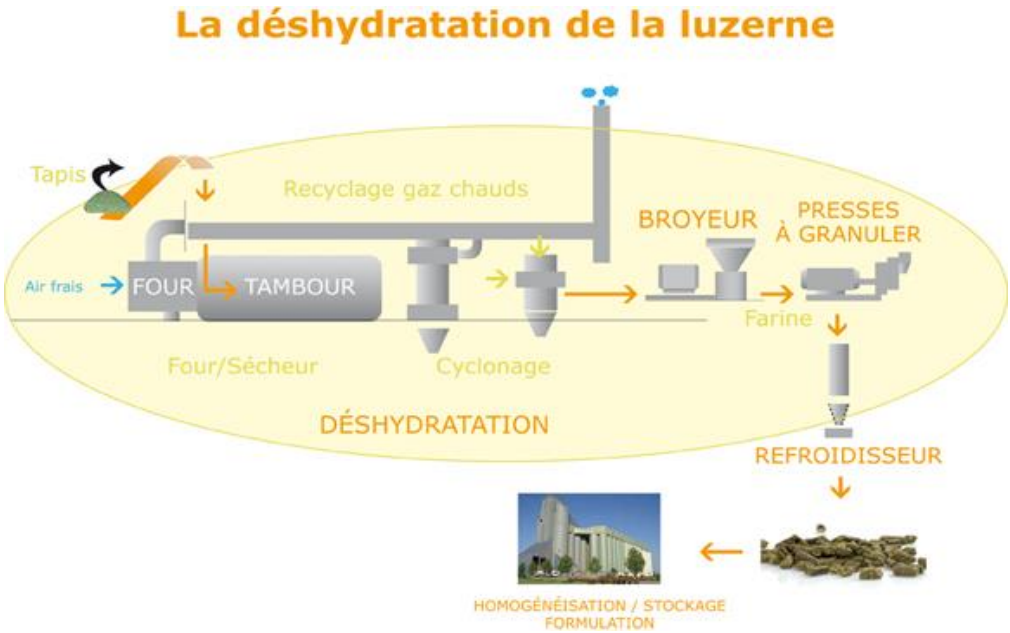
La déshydratation de fourrage vert permet de produire des aliments pour animaux (ruminants mais aussi chevaux, lapins, volailles,…).

Le fourrage vert utilisé est essentiellement la luzerne puis la pulpe de betteraves et dans une moindres mesures d'autres produits. Les fourrages déshydratés se présentent sous forme de granulés ou de balles de fibres longues.

Les sécheurs fonctionnent actuellement au charbon, au lignite, à la biomasse ou au gaz naturel. La chaleur produite entre en contact avec le produit à sécher dans le sécheur (tambour rotatif).

Un important programme de substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables est mis en place dans la filière depuis ces dernières années, en parallèle de la quête perpétuelle de la réduction de la consommation énergétique.

Le schéma suivant présente le fonctionnement d'une usine de déshydratation de fourrage vert.



Source : www.luzernes.org

Les sites de production de fourrage vert n'existent qu'en France métropolitaine. Ils sont au nombre de 20.

3.2.6.1.4 Minéraux non métalliques (1A2f)

Production de ciment

Les principales étapes lors de la fabrication de ciment sont les suivantes :

- les matières premières sont extraites des carrières. Les émissions induites par les carrières ne sont pas comptabilisées dans cette section (cf. section relative aux carrières).
- des broyeurs sont utilisés pour réduire ces matières premières en poudre. La poudre obtenue est appelée "farine crue".
- cette farine est transformée en granules par addition d'eau. Les granules sont introduits dans un échangeur à grille pour séchage puis dans des fours dont la plupart sont des fours

rotatifs. La température de la flamme est de 2000 °C et la température des matières de 1450 °C. Le produit obtenu est du **clinker**.

- le produit final, le ciment, est obtenu par ajout de produits tels que du gypse, des cendres volantes, etc.

Plusieurs procédés ont été ou sont utilisés en France :

- le procédé par voie sèche,
- le procédé par voie semi-sèche,
- le procédé par voie humide.

Le procédé par voie sèche est le procédé le plus utilisé en France.

En 2017, il existait en France 28 usines de production de ciment dont 3 produisent du ciment aluminate (environ 4,7% de la production nationale) et 6 centres de broyage répartis sur l'ensemble du territoire français.

Production d'émail

Cette section concerne uniquement les émissions provenant de la combustion dans les sites de production d'émail.

Les émissions de CO_2 liées au phénomène de décarbonatation dans les installations de production d'émail sont présentées dans la section relative aux procédés industriels.

En France, quatre sites de production d'émail sont identifiés. Seuls deux de ces sites sont soumis à la déclaration annuelle des rejets de polluants atmosphériques du fait de leur taille. Faute d'informations, seuls ces deux sites sont retenus dans le calcul de l'inventaire national. Toutefois, les deux autres petits sites sont pris en compte dans le solde du bilan de l'énergie.

De plus, depuis avril 2010, un des deux sites retenus dans l'inventaire national a fermé.

Le principe de fabrication d'émail est le suivant :

L'émail est un mélange de silice, minium, potasse et soude. Par la fusion à haute température de ces différents éléments, il est obtenu après broyage une poudre incolore appelée « fondant », qui par sa nature s'apparente davantage au cristal qu'au verre.

L'émail peut être soit transparent, soit opaque. La coloration du fondant s'obtient par addition d'oxydes métalliques réduits en poudre.

L'émaillage consiste à fixer la poudre d'émail sur son support métallique par des cuissons successives et rapides de l'ordre de 800°C. L'or, l'argent, le cuivre, l'acier peuvent constituer le support de toute pièce émaillée.

L'émail est utilisé essentiellement en verrerie et en céramique.

Production de céramique

Le terme "céramique" regroupe quatre grandes familles :

- la poterie,
- la faïence,
- le grès,
- la porcelaine.

La fabrication de céramiques fines se décompose en quatre étapes principales :

- la fabrication de la terre : les matières premières constituées de terres argileuses sont broyées avec de l'eau. Le grain obtenu est filtré puis pressé dans des filtres à presse. La terre subit ensuite une dernière opération : le désaérage (étape permettant de supprimer les bulles d'air).
- le façonnage ou modelage : étape de mise en forme du produit.
- la cuisson : avant d'être décoré, l'objet subit une première cuisson à 900°C dont le but est de sécher l'objet déjà façonné avant d'être émaillé. La porcelaine dure doit atteindre 1400°C.

la décoration : les couleurs sont obtenues grâce à des oxydes métalliques après cuisson – le bleu par le cobalt, le vert/turquoise par le cuivre, le jaune/rouge par le fer, le brun par le manganèse, le rose/pourpre par le chlorure d'or.

En 2017, il existait en France environ 80 usines de production de céramiques contre une vingtaine de plus au début des années 2000.

Production de verre

La production de verre se répartit en plusieurs secteurs :

- la production de verre plat (SNAP 030314) qui correspond aux glaces et verres à vitres, 6 sites de production en activité.
- la production de verre creux (SNAP 030315) qui comporte les bouteilles et bombonnes, les flacons et les pots industriels, la gobeleterie et les bocaux. Le verre creux, avec 31 sites en activité, est le poste le plus important dans la fabrication de verre puisqu'il représente plus de 60% de la production totale de verre en poids.
- la production de fibres de verre (en particulier laine de verre et fils de verre) (SNAP 030316) compte 9 sites en activité.
- la production de verre technique (SNAP 030317) qui regroupe en particulier, la lunetterie et l'optique, les ampoules, le verre pour télévision et radio, le verre de laboratoire, les isolateurs, compte 5 sites en activité.
- la production de fibre minérale (laine de roche) (SNAP 030318), uniquement 3 sites en activité.

Tous les sites de production de verre sont localisés en France métropolitaine.

Les sources de données relatives à la production qui ont été utilisées sont les suivantes :

- **Verre plat (030314)** : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- **Verre creux (030315)** : de 1990 à 2013, les données proviennent de la Fédération des Industriels du Verre [457]. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.
- **Fibre de verre (030316)** : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- **Verre technique (030317)** : de 1990 à 2004, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Depuis 2005, le SESSI ne fournit plus de donnée sur cette activité. Comme

des écarts importants sont observés entre les statistiques de la Fédération des Industriels du Verre [457] et les statistiques du SESSI, la production retenue correspond à l'évolution entre deux années des statistiques de la Fédération des Industriels du Verre appliquée à la dernière année disponible du SESSI. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.

- **Fibre minérale (030318) :** depuis 2001, les données de production proviennent des déclarations individuelles des industriels [19]. Avant cette date, faute de données précises, il est fait l'hypothèse du maintien de la production de 2001 depuis la date de création de chaque site industriel.

Les différentes étapes intervenant dans la fabrication du verre sont les suivantes :

- Le calcin, nécessaire à la fusion, est une matière première qui est, soit produite par l'installation (réutilisation du surplus de production, récupération des pièces rejetées par le contrôle qualité, etc.), soit récupérée à l'extérieur (recyclage du verre).
- Les matières premières utilisées lors de la fabrication de verre sont : la silice sous forme de sable, l'oxyde de sodium sous forme de carbonate, les éléments alcalino-terreux sous forme de chaux ou de dolomie.
- La fusion de ces matières premières ainsi que du calcin s'effectue, soit dans un four de combustion, soit dans un four électrique à une température de 1550 °C.
- Le verre incandescent en fusion quitte le four pour passer dans l'avant bassin où il est amené à sa température de travail (500 °C).
- Il s'écoule ensuite par des goulottes jusqu'aux machines.

En 2017, il existait en France 54 usines de production de verre qui se répartissaient en 31 sites de production de verre creux, 5 sites de production de verre technique, 6 sites de production de verre plat, 9 sites de production de fibre de verre et 3 sites de production de laine de roche. Cette répartition a peu évolué au cours des dix dernières années.

Production de chaux

Cette section concerne uniquement les installations de combustion des installations de production de chaux. Il s'agit donc des émissions liées à la combustion des combustibles dans les fours.

La partie relative à la décarbonatation provenant des installations de production de chaux est traitée dans la section relative au code CRF 2A2.

Les auto-producteurs de chaux des secteurs de la papeterie et de la sucrerie sont pris en compte dans les secteurs correspondants.

La fabrication de la chaux se déroule en plusieurs étapes dont les principales sont les suivantes :

- Le calcaire est extrait des carrières. Il est l'élément de base de la fabrication de la chaux. Les émissions provenant des carrières ne sont pas comptabilisées dans cette partie.
- Le calcaire est concassé puis introduit dans des fours verticaux ou des fours rotatifs. Les combustibles utilisés diffèrent selon les fours. Le produit obtenu est de la chaux vive.
- Le passage de la chaux vive à la chaux éteinte se fait par réaction chimique exothermique, dite hydratation. Cette réaction a lieu dans un appareil appelé hydrateur où chaux et eau sont mises en contact.

Deux types de production de chaux sont à distinguer :

- d'une part, la **chaux aérienne** [190], également appelée chaux grasse ou chaux calcique et, d'autre part, la **chaux magnésienne**. La chaux aérienne est principalement constituée d'oxyde

ou d'hydroxyde de calcium qui durcit lentement à l'air sous l'effet du CO_2 présent dans l'air. La chaux magnésienne est constituée intégralement d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium et de magnésium. Elle résulte de la calcination de la dolomie.

- d'autre part, la production de **chaux hydraulique** [19, 196] produite par la calcination d'un calcaire plus ou moins argileux et siliceux avec réduction en poudre par extinction avec ou sans broyage. Elle est constituée d'hydroxyde de calcium, de silicates et d'aluminates de calcium.

Selon les substances et le type de chaux, les approches méthodologiques passent :

- soit sur l'utilisation de données spécifiques aux installations sur une base individuelle qui servent, par extrapolation à déterminer les émissions de l'ensemble des installations,
- soit sur l'utilisation de données nationales de production et de facteurs d'émission associés (exemple : cas des particules),
- soit sur l'utilisation de données nationales de consommation d'énergie et de facteurs d'émission (nationaux ou spécifiques à une année donnée).

En 2017, il existait en France 16 usines de production de chaux aériennes et magnésiennes (contre 18 au début des années 2000) et 5 sites de production de chaux hydraulique dont 2 ayant une capacité inférieure à 3000t/an.

La répartition de la production nationale par type de chaux pour l'année 2017 est la suivante :

- chaux aérienne, environ 91%,
- chaux magnésienne, environ 3%,
- chaux hydraulique, environ 6%.

Production de plâtre

Le plâtre est produit à partir de gypse. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté, de formule $Ca(SO_4)_2H_2O$. C'est le sulfate naturel le plus distribué dans la nature. Le plâtre est préparé à partir du gypse naturel par chauffage à une température pas trop élevée.

La cuisson des gypses peut avoir lieu dans différents types de four : à chambre, à cuve ou tubulaire rotatif.

Différents types de plâtre sont obtenus suivant la température de cuisson :

- plâtres à prise rapide, préparés à basse température (107°C), qui prennent en 1 ou 2 minutes,
- plâtres à staff et à stuc, préparés à une température inférieure à 180°C, qui prennent en 3 à 4 minutes,
- plâtres d'ouvrages, préparés à une température de 200 à 230°C, qui prennent en plusieurs minutes.

Lorsqu'on atteint une température de 600°C, le gypse n'a pratiquement plus de prise et est appelé « plâtre mort ». Par contre, si on atteint 900 à 1200°C, le composé perd une partie du sulfate et devient de la chaux (CaO) qui présente une bonne résistance mécanique et que l'on emploie comme hourdis pour carrelages, dallages, etc. (plâtre à carrelage).

Production de tuiles et briques

La fabrication de tuiles et briques se décompose en plusieurs étapes :

- La matière première est extraite des carrières.
- Un mélange constitué de 20% d'argile jaune et 80% d'argile noire est passé au broyeur puis stocké pendant trois semaines afin de lui assurer une parfaite malléabilité.
- De l'eau et des produits complémentaires tels que du calcaire sont ajoutés à l'argile.

- Une mouleuse constitue ensuite des galettes qui sont emmenées vers des moules types.
- Les tuiles formées sont ensuite séchées dans un sécheur tunnel pendant 12 heures à une température de 85°C.
- De couleur rouge grâce à l'oxyde de fer très présent dans l'argile, les tuiles peuvent être colorées avec des pigments d'origine naturelle par exemple.
- Les tuiles sont ensuite cuites pendant 21 heures dans des fours tunnel. La température peut atteindre environ 1100°C.

En 2017, il existait en France environ 130 usines de production de tuiles et briques, dont une en Martinique, réparties entre la production de tuiles, de briques de façade, de briques de structure et d'autres produits dont une quarantaine est soumise au SEQE-UE. Elles se répartissent entre 85 sociétés différentes. Ce nombre d'entreprises est relativement stable sur la dernière décennie.

3.2.6.1.5 Autres secteurs (1A2g)

Cette catégorie se situe, du fait des émissions de CO_2 (hors UTCATF) au 14ème rang (1,7%) des catégories clés en termes de niveau d'émissions et au 31ème rang (0,8 %) en termes de contribution à l'évolution des émissions.

Production d'enrobés routiers

Cette section concerne les émissions provenant de la combustion dans les stations de production d'enrobés routiers.

La fabrication d'enrobés routiers se décompose en plusieurs étapes :

- la sélection et le transport de la matière première. Au cours de cette étape, les agrégats sont concassés au niveau de la carrière afin d'obtenir des éléments de taille standard. La matière première est généralement constituée de pierres et de cailloux mais on utilise parfois également du verre pilé.
- l'asphalte est produit, soit par un procédé continu, soit par un procédé discontinu. Simultanément, la matière première (pierres et cailloux concassés) est transportée dans un sécheur puis passe à travers un jeu de tamis.
- l'opération finale consiste à mélanger la matière première et l'asphalte dans une cuve spéciale.

Les centrales d'enrobage mobiles se partagent par moitié entre les procédés continus et discontinus.

La consommation de bitume représente entre 7% et 8% de la production d'enrobés.

Les émissions déterminées dans cette section sont celles provenant de l'utilisation de combustibles pour alimenter les fours (sécheurs).

3.2.6.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Sources fixes

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 ou 3 selon les substances (c'est-à-dire la spécificité des facteurs d'émission de chaque installation et leur poids dans l'ensemble du secteur).

L'activité des secteurs de cette catégorie CRF 1A2 est caractérisée par la consommation d'énergie.

L'industrie manufacturière fait l'objet d'une classification en sous-secteurs définis dans les formats de restitution des inventaires d'émission (voir plus loin).

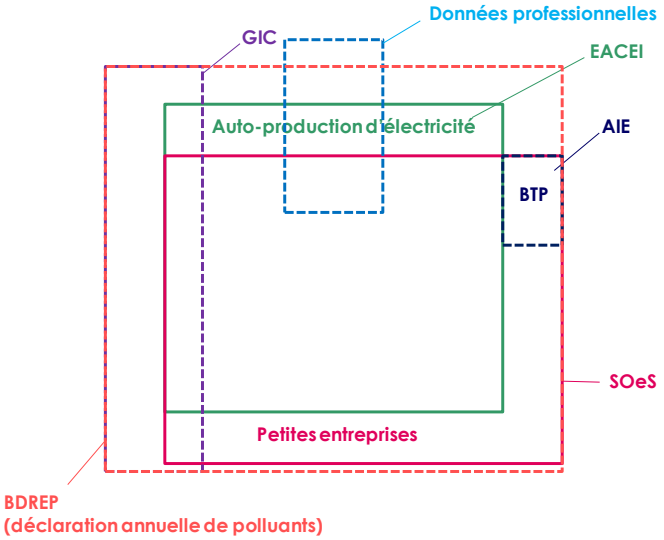
Par ailleurs, la nécessité de prendre en compte la nature des équipements de combustion (chaudières, turbines à gaz, moteurs, fours avec et sans contact entre la flamme ou les produits de combustion et la matière première), engins mobiles à moteur thermique, etc. mais également les équipements de dépollution, la taille des installations, etc., tous paramètres influents sur les émissions de certaines substances, est également à considérer.

Ces critères rendent complexes la détermination des consommations d'énergie car il n'existe pas de statistiques appropriées prêtes à cet emploi environnemental. Les consommations énergétiques sont donc reconstituées pour les divers sous-ensembles considérés à partir des statistiques et données disponibles. A cet effet plusieurs sources sont utilisées :

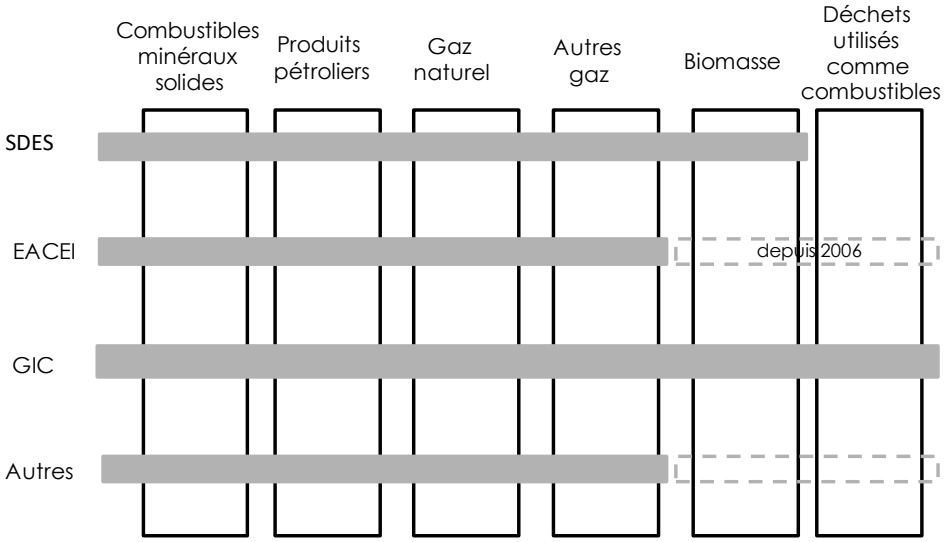
- Le bilan de l'énergie du SDES [1] qui couvre l'ensemble de l'industrie y compris l'industrie du bâtiment et des travaux publics (BTP) et la production du tabac, quelle que soit la taille de l'entreprise. Cette statistique propose une répartition des consommations selon les différents sous-secteurs mais la série temporelle n'est pas toujours cohérente. L'autoproduction d'énergie n'est pas incluse dans la catégorie « industrie » par le SDES.
- L'enquête annuelle des consommations d'énergie dans l'industrie [26] qui couvre l'autoproduction d'énergie et la consommation de combustibles tels que biomasse et déchets depuis 2006. Le BTP et l'industrie du tabac ne sont pas inclus dans le champ qui se limite en outre aux entreprises de plus de 20 salariés (10 salariés pour les industries agro-alimentaires). En règle générale, plus de 15 000 établissements sont enquêtés chaque année dont tous les gros consommateurs d'énergie.
- L'inventaire des Grandes Installations de Combustion (GIC) [39] dans lequel les données sont disponibles par combustible pour les installations de plus de 50 MW.
- Les données relatives aux déclarations annuelles des rejets de polluants [19] qui comportent des informations relatives aux différents combustibles consommés et à leurs caractéristiques pour chaque installation.
- Les données statistiques publiques ou internes produites par certains secteurs tels que la sidérurgie [27], la production de ciment [28] et la production d'enrobage routier [64].
- Les données relatives à l'Outre-mer fournies par le CPDP [14] et les observatoires régionaux (cf. section générale énergie).
- Les données relatives aux installations soumises au système d'échange de quotas d'émissions (SEQE) : les déclarations annuelles de rejets [19] fournissent les consommations de combustibles particuliers non prises en compte dans les statistiques nationales, et qui sont donc à ajouter au bilan national. Les données SEQE permettent par ailleurs d'effectuer un contrôle de cohérence et vérifier que les émissions totales d'un secteur SEQE ne dépassent pas les émissions du secteur correspondant dans l'inventaire.

Les différences entre les champs des diverses sources sont illustrées par les figures ci-après respectivement en ce qui concerne la couverture sectorielle et la couverture des combustibles.

Périmètres des sources relatives aux bilans énergétiques



Périmètres relatifs aux combustibles dans les bilans énergétiques



Les caractéristiques des combustibles prises en compte sont celles disponibles pour les installations considérées individuellement [19, 39] (les plus gros consommateurs généralement). A défaut, les caractéristiques moyennes par défaut sont utilisées (cf. section générale énergie). A noter que les produits dérivés ou déchets utilisés comme combustibles le sont généralement dans des installations de taille importante et sont appréciés sur une base individuelle. L'incertitude sur les niveaux d'activité s'en trouve réduite.

Les sous-secteurs identifiés sont ceux définis par les Nations unies dans le CRF et le NFR.

Le système d'inventaire retient 8 sous-secteurs dont 2 constituent après agrégation le sous-secteur « autres industries » du CRF / NFR.

Les définitions de ces sous-secteurs figurent dans le tableau ci-après :

Tableau 42 : Sous-secteurs du système d'inventaire

SELON LE REFERENTIEL NAF rév.2 (version 2008)

Référentiel CCNUCC / CRF et CEE-NU / NFR				Référentiel SNIEBA	
Secteur	ISIC rev 4	NACE rev 2	NAF rev 2	Secteur	Retenu
Iron and steel	241, 2431 et 25	24 (en partie)	24.1 et 24.5 (en partie)	Sidérurgie et métaux ferreux	NCE E16 +NAF 2433Z (en partie) et 2451Z (en partie) et 2452Z (en partie)
Non ferrous metals	242 et 2432	24 (en partie)	24.4, 2453Z et 2454Z	Métaux non ferreux	NCE E18 + NAF 2453Z et 2454Z
Chemicals	20, 21 et 22	20, 21 et 22	20, 21 et 22	Chimie	NCE E23 à E26, E28 et NAF 20.60
Pulp, paper and print	17 et 18	17 et 18	17 et 18	Pâte à papier et carton[9]	NCE E35 + NAF 58.1, 59.2, 18.11 et 18.12
Food processing, beverages and tobacco	10, 11 et 12	10, 11 et 12	10, 11 et 12	Industries agro-alimentaires	NCE E12, E13 et E14 (en partie)
Non metallic minerals	23	23	23	Minéraux non métalliques	NCE E19 à 22
Other	13 à 16, 26 à 32	13 à 16, 26 à 32	13 à 16, 26 à 32	Equipements et matériels de transports	NCE E30 à 33
				Divers industrie	NCE 34, 36, 37 et 39+ NAF 25 sauf 25.3 + NAF 16 et 31

Pour des raisons de confidentialité statistique, l'EACEI ne couvre pas l'industrie du tabac qui se retrouve de facto répartie sur l'ensemble des secteurs et pas nécessairement dans le secteur de l'industrie agro-alimentaire.

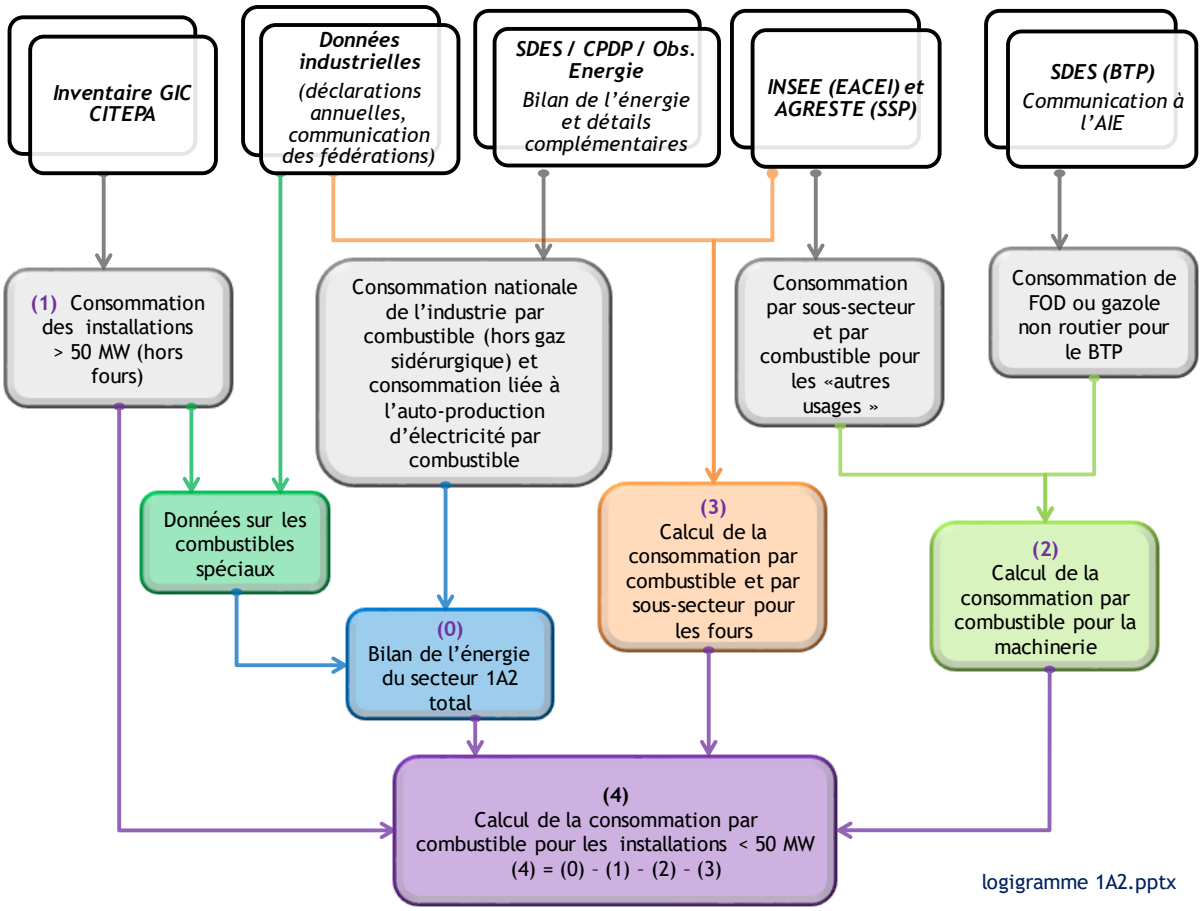
Le logigramme ci-après décrit les différentes phases de traitement de l'information qui aboutissent :

D'une part, à déterminer les consommations de combustibles fossiles, de biomasse et de déchets valorisés dans des installations de combustion hors incinération pour les différents secteurs de l'industrie,

D'autre part, à déterminer les consommations des mêmes combustibles pour les catégories SNAP relatives à la combustion sous chaudières (SNAP 0301XX), dans des fours sans contact (SNAP 0302xx) et avec contact[10] (SNAP 0303xx) qui servent de données d'activité.

[9] y compris Imprimerie.
[10] se dit des installations où les produits de la combustion entrent en contact avec d'autres produits tels que des matières premières dans certains fours.

Figure 30 : Logigramme du processus d'estimation des consommations d'énergie en France métropolitaine



Des ajustements sont introduits pour boucler, in fine, avec le bilan énergétique national. Ces ajustements qui sont généralement limités et quantitativement faibles s'expliquent par les différences structurelles des diverses sources d'information, la prise en compte de données spécifiques à certaines installations, etc.

Les émissions sont calculées à partir des consommations d'énergie et des facteurs d'émission éventuellement spécifiques à certaines catégories d'installation, voire par installation lorsque les données sont disponibles (notamment les GIC).

Les consommations d'énergie relatives à tous ses sous-ensembles représentent une grande quantité de données gérée par des bases de données qui ne peut être fournie ici. Un récapitulatif plus détaillé par type de combustible est présenté en annexe 13 pour quelques années à partir de 1990.

Les équipements tels que turbine à gaz, moteurs fixes et autres équipements thermiques, fours exceptés, sont assimilés aux chaudières car les parcs de ces équipements ne sont pas connus avec assez de précision. Les engins mobiles font l'objet d'une estimation distincte associée à des facteurs d'émission spécifiques.

La détermination des émissions des installations visées est effectuée au moyen de plusieurs approches potentielles :

- La mesure directe des émissions en continu au moyen de chaînes de mesurage automatiques. Ces dispositifs sont imposés par la réglementation pour certaines substances aux installations dont les rejets dépassent certains seuils, ou présentent un caractère de dangerosité ou de toxicité. En deçà de ces seuils, la mesure peut être périodique.
- L'estimation des rejets est également effectuée au moyen de bilans matières pour certaines installations et certaines substances (CO_2, SO_2, métaux lourds, etc.) sous certaines conditions de représentativité.

- La modélisation des émissions est également envisageable mais relativement peu pratiquée car complexe et onéreuse à mettre en œuvre.
- Le recours à des facteurs d'émission est très fréquent notamment pour les substances non visées par les approches précédentes, mais aussi comme indicateur représentant in fine la quantité rejetée au cours d'une période donnée par rapport à une unité d'activité.

Les données disponibles que constituent les déclarations des exploitants aux DREAL [19] comportent de nombreuses indications qui sont basées sur les approches citées ci-dessus. Ces informations sont exploitées au niveau de chaque installation pour les plus importantes, notamment pour réaliser certains inventaires (cf. inventaire GIC). Ce processus permet une prise en compte des spécificités de chaque installation le cas échéant (par exemple, tenir compte de la teneur en soufre du combustible spécifiquement consommé par l'installation). A défaut d'être disponible, l'information recherchée est remplacée, soit par un bilan matière, soit par l'utilisation d'un facteur d'émission moyen qui peut toutefois rester spécifique d'un type d'équipement, d'une taille d'installation, etc.

Ces facteurs d'émission sont développés dans les sous-sections suivantes propres aux différentes catégories de polluants.

Les secteurs présentant des spécificités sont développés dans des sections particulières (sidérurgie, métaux non ferreux, etc. – catégories CRF 1A2a, 1A2b et 1A2g) tandis que pour les autres secteurs ne comportant que des installations de combustion relativement classiques et homogènes (catégories CRF 1A2c, 1A2d, 1A2e et 1A2f), les éléments généraux développés dans la présente section et ses sous-sections sont directement applicables.

Concernant la sidérurgie, les flux énergétiques présentent une complexité dans la répartition des usages énergétiques et non énergétiques correspondant aux catégories CRF 1A2a, 1B1b et 2C1.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les facteurs par défaut, nationaux ou par sites sont appliqués selon les secteurs (cf. section générale énergie).

Emissions de CH_4 et N_2O

Les émissions de CH_4 et N_2O sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les valeurs par défaut par combustible proviennent du GIEC 2006 [624].

Sources mobiles

La méthode appliquée est de rang GIEC 1 ou 2 du fait de l'utilisation de FE provenant de la littérature et de FE nationaux.

Il est fait l'hypothèse que les engins spéciaux dans l'industrie ne consomment que du fioul domestique (FOD) et du gaz de pétrole liquéfié (GPL). A partir de 2011, il ne s'agit plus de FOD mais de gazole non routier (GNR). Cependant, les consommations énergétiques n'étant pas connues spécifiquement dans les statistiques, des hypothèses sont formulées, à savoir qu'une part des "autres usages" des consommations d'énergie dans l'industrie [26] est affectée à ce type d'engins.

Par ailleurs, l'enquête EACEI [26] ne prend pas en compte le secteur du BTP (Bâtiments et Travaux Publics). Il est fait l'hypothèse que les engins de ce secteur ne consomment que du FOD jusqu'en mai 2011 et uniquement du GNR par la suite. Les données de consommations proviennent du bilan de l'énergie produit par le SDES [1].

Les caractéristiques des combustibles prises en compte sont les caractéristiques moyennes par défaut (cf. section générale énergie). Les consommations d'énergie pour l'ensemble du secteur de l'industrie manufacturière sont indiquées en annexe 13.

Les émissions sont calculées à partir des consommations d'énergie estimées et des facteurs d'émission retenus pour chaque sous-ensemble « équipement x combustible » qui tiennent compte des avancées technologiques au travers des réglementations en vigueur. Une activité globale pour chaque combustible et des facteurs d'émission pondérés sont recalculés.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les valeurs nationales (par combustible) sont appliquées uniformément à tous les équipements (cf. section générale énergie).

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission dont les valeurs différentes selon les combustibles sont issues de plusieurs références [624, 71].

Emissions de N_2O

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation. Les facteurs d'émission proviennent du GIEC 2006 [624].

3.2.6.2.1 Métallurgie des métaux ferreux (1A2a)

Production de fonte grise

Dans les fours à cubilot, le coke de houille contenant du soufre, sa combustion entraîne des émissions de SO_2. Les polluants associés à la combustion sont également émis : NOx, COVNM, CH_4, CO, CO_2, etc.

Les autres types de fours (fours à arc électriques, à induction ou rotatifs) ne présentent pas d'émission relative à la plupart des substances considérées dans l'inventaire contrairement aux fours à cubilot cités précédemment.

Les particules sont considérées émises plutôt lors du moulage que lors de la combustion.

Les émissions sont calculées à partir de la production nationale de fonte ([622] de 1960 à 1980, [957] à partir de 1981) et de facteurs d'émission. Pour les gaz à effet de serre, la consommation de combustibles pour la production de fonte et des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles sont utilisés. Les consommations nationales de combustibles sont issues de statistiques nationales sectorielles [26] jusqu'en 2010. A partir de 2011, par manque de données, une consommation totale de combustibles est estimée à partir du ratio d'énergie consommée par tonne de fonte produite pour l'année 2010 et de la production nationale de fonte [957]. Les consommations par type de combustible sont estimées à partir de la consommation totale et de la répartition moyenne (moyenne réalisée sur les années 2006 à 2010) des consommations par type de combustible, appliquée à la consommation totale annuelle.

La méthode d'estimation des émissions est de rang GIEC 2.

Emissions de CO_2

D'après CORINAIR [583], les émissions de CO_2 induites par la production de fonte grise sont uniquement dues à la consommation de combustibles. Les émissions de CO_2 sont calculées en multipliant les consommations de combustibles [26] par les facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie). Le facteur d'émission du CO_2 est ensuite rapporté à la production annuelle [622][957]. Il varie donc en fonction des années.

Emissions de CH_4, et N_2O

Comme pour le CO_2, les émissions de CH_4 et de N_2O sont obtenues en appliquant les facteurs d'émission par défaut par combustible [638] aux consommations [26]. Le facteur d'émission global est ensuite déterminé en rapportant les émissions totales à la production annuelle [622].

Production d'acier

- *Agglomération de minerai*

Les émissions liées à l'agglomération de minerai (partie énergétique) sont calculées sur la base des déclarations annuelles des émissions des sites à partir de 2004 [19], d'une part, et de la production nationale d'agglomérés [27] et de facteurs d'émission moyens appliqués sur les années antérieures, d'autre part. Les consommations de combustibles [27], les contenus en carbone [27] et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie) sont également utilisés pour estimer les émissions de certaines substances.

- *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

En ce qui concerne les réchauffeurs de haut-fourneau, les émissions sont calculées à partir du bilan énergétique fourni par la fédération professionnelle [27] et de facteurs d'émission moyens calculés à partir de données disponibles dans les déclarations annuelles des émissions [19]. Les consommations de combustibles [27], les contenus en carbone [27] et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie) sont également utilisés pour estimer les émissions de certaines substances.

- *Autres ateliers*

Pour les autres ateliers, les émissions sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces combustibles (cf. section générale énergie).

Il convient de noter que la distinction entre les émissions liées à la combustion (1A2a) et les émissions liées au procédé (2C1) est réalisée en fonction de l'atelier sidérurgique.

La fédération professionnelle fournit un bilan des consommations et productions « Energies et matières » par atelier [27] jusqu'en 2013.

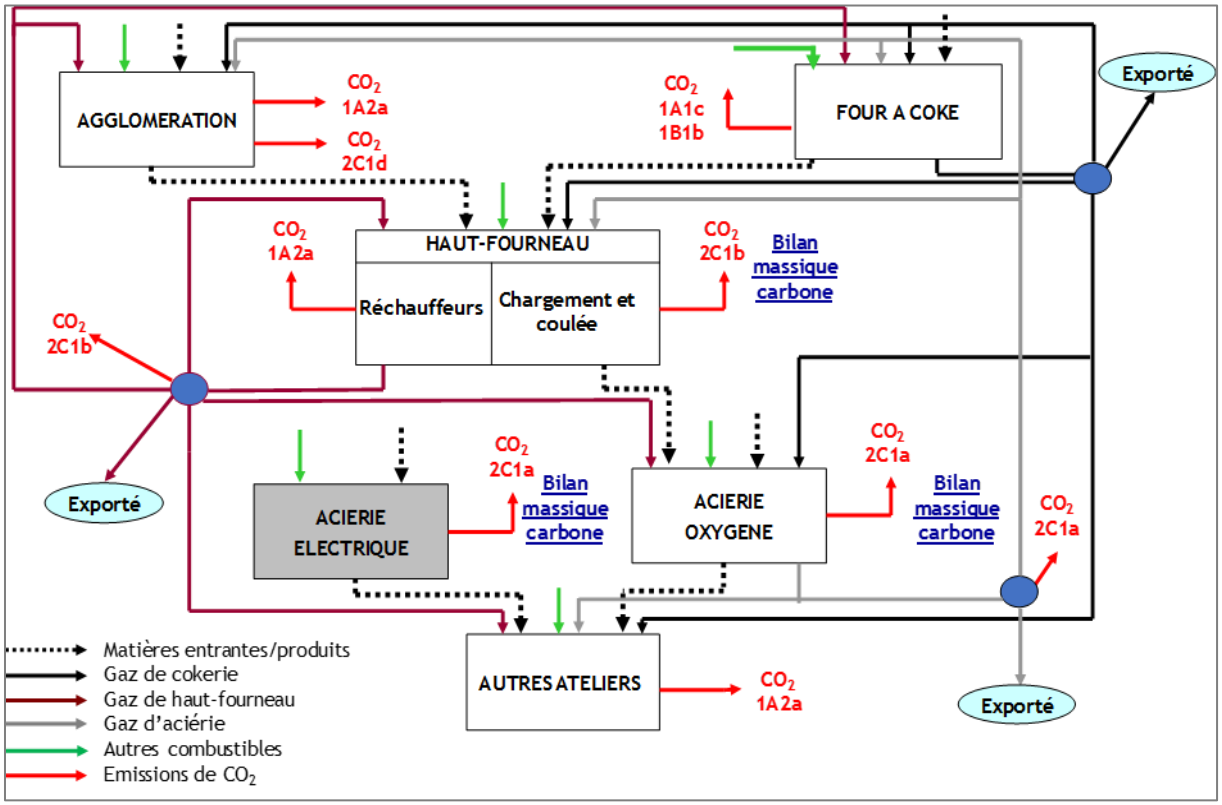
Par exemple, l'atelier de production de fonte (au sein du haut-fourneau) utilise du coke et des charbons comme réducteurs (matières premières) et des combustibles liquides et gazeux pour réchauffer l'air injecté à la base du haut-fourneau qui provoque la combustion des matières premières. Des gaz de haut-fourneau issus de la transformation des matières premières sont produits et sont en partie réutilisés comme combustibles au sein du site intégré. Les émissions associées sont donc comptabilisées en combustion. Les émissions des gaz de haut-fourneau non valorisés et issues de la transformation des matières premières sont comptabilisées en procédé. La distinction est réalisée de différentes façons selon les substances considérées (cf. sections dédiées aux émissions par polluant). A partir de 2014, les données fournies par la fédération professionnelle [27] ne sont plus disponibles. Afin d'estimer les consommations de combustible pour chaque type de production (pour les ateliers : agglomération, hauts-fourneaux, autres ateliers), une estimation de la consommation totale de combustibles par atelier est réalisée à partir de la production (par type d'atelier) et d'un ratio moyen entre la consommation totale et la production, basé sur les années connues. Une répartition moyenne des consommations par type de combustible, basée sur les années connues, est appliquée à la consommation totale afin d'obtenir les consommations par combustible.

Emissions de CO_2

Concernant les émissions de CO_2, la distinction entre les émissions liées à la combustion (section présente – 1A2a) et les émissions liées au procédé (2C1) est réalisée grâce à un bilan matière au sein de l'atelier concerné. La fédération professionnelle du secteur fournit la quantité de carbone entrant dans le haut-fourneau [27], en ne tenant compte que des matières premières utilisées comme réducteurs (charbon et coke), ainsi que la quantité de carbone sortant, qui est contenu dans le produit (fonte) et dans les gaz d'échappement (gaz de haut-fourneau). Ces gaz sont soit captés et valorisés (réutilisés comme combustibles pour réchauffer l'air du haut-fourneau), soit captés mais non valorisés

(torches), soit non captés. Les émissions liées au procédé sont basées sur la quantité de carbone présente dans les gaz torchés et dans les gaz non captés (et sont attribuées au chargement et à la coulée du haut fourneau, c'est-à-dire en procédé (2C1)). Les quantités de gaz de haut-fourneau valorisés, ainsi que les consommations de combustibles liquides et gazeux utilisés comme combustibles (ex. : gaz de four à coke, gaz d'aciérie, gaz naturel) sont multipliées par des facteurs nationaux (cf. section générale énergie) pour déterminer les émissions liées à la combustion.

Figure 31 : Schéma de répartition des flux de combustibles et matières des installations sidérurgiques et des émissions de CO_2 associées



Par ailleurs, la majorité des installations du secteur est soumise au système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre de l'Union européenne (SEQE-UE). Les données sont utilisées à des fins de contrôles de cohérence.

➢ *Agglomération de minerai*

Les émissions de CO_2 liées à la combustion sont calculées par type de combustible sur la base des consommations annuelles des différents combustibles et matières employés [27] et des teneurs en carbone moyennes (sur 2001-2008) spécifiques à ces combustibles [27]. Les émissions sont ensuite ramenées à la production annuelle d'agglomérés [27] pour obtenir le facteur d'émission par tonne d'agglomérés produits. Les émissions relatives à l'utilisation de castine (décarbonatation) et à l'apport de minerai de fer sont traitées en section « 2C1 – iron steel ».

➢ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Les émissions de CO_2 sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des teneurs en carbone moyennes (sur 2001-2008) spécifiques à ces combustibles [27]. Les émissions sont ensuite ramenées à la production annuelle de fonte brute [27] pour obtenir le facteur d'émission par tonne de fonte produite.

- *Autres ateliers*

Les émissions de CO_2 sont calculées par type de combustible sur la base des consommations annuelles des différents combustibles et matières employés [27] et des teneurs en carbone moyennes (sur 2001-2008) spécifiques à ces combustibles [27].

Emissions de CH_4

- *Agglomération de minerai*

Les émissions de CH_4 sont connues annuellement, site par site depuis 2003 [19]. A l'aide de la production nationale d'agglomérés, un facteur d'émission moyen est recalculé. Avant 2003, un facteur d'émission moyen basé sur les données de 2003 et 2004 est appliqué.

- *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Les émissions de CH_4 sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638]. Les émissions sont ensuite ramenées à la production annuelle de fonte brute [27] pour obtenir le facteur d'émission par tonne de fonte produite.

- *Autres ateliers*

Les émissions de CH_4 pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638].

Emissions de N_2O

- *Agglomération de minerai*

Les émissions de N_2O sont connues annuellement, site par site depuis 2003 [19]. A l'aide de la production nationale d'agglomérés, le facteur d'émission moyen est recalculé. Avant 2003, un facteur d'émission moyen basé sur les données de 2003 et 2004 est appliqué.

- *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Les émissions de N_2O sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638]. Les émissions sont ensuite ramenées à la production annuelle de fonte brute [27] pour obtenir le facteur d'émission par tonne de fonte produite.

- *Autres ateliers*

Les émissions de N_2O pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638].

3.2.6.2.2 Métallurgie des métaux non ferreux (1A2b)

Production de cuivre

Les niveaux d'activité correspondent aux productions de cuivre de 1ère et de 2nde fusion en France ainsi qu'aux consommations de combustibles des sites qui produisent ce cuivre : ces données proviennent des communications avec les industriels [50] ainsi que des statistiques françaises [272] et mondiales de production [223].

Emissions de CO_2

Les facteurs d'émission sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site [26] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de CH_4 et N_2O

Les facteurs d'émission sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site [26] et de facteurs d'émission par combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

Production de magnésium

La production était connue via l'annuaire statistique mondial des minerais et métaux [223].

Emissions de CO_2

Pour la première fusion, les facteurs d'émission du CO_2 sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie). Ils varient donc en fonction des années.

Emissions de CH_4 et N_2O

Pour la première fusion, les facteurs d'émission du CH_4 et du N_2O sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site et des facteurs d'émission des guidelines du GIEC 2006 [623]. Ils varient donc en fonction des années.

Emissions de Gaz fluorés

Les gaz fluorés émis par la production de magnésium sont traités dans la section en section 2C relative à la métallurgie.

Productions de plomb et de zinc de première fusion

Une partie des émissions provient de la combustion liée aux procédés et une autre partie provient plus spécifiquement du procédé (dégagement de métaux lourds par exemple).

Les données d'activité sont fournies par l'inspection des installations classées [19] :

- dans des publications annuelles entre 1990 et 2002
- par communication directe entre 2003 et 2007
- dans les déclarations annuelles depuis 2008

La détermination des rejets nécessite également de connaître des ratios des consommations énergétiques par rapport aux productions au moyen des enquêtes disponibles [26] et des données précédentes.

Les émissions sont calculées à partir de facteurs d'émission. Il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France depuis 2003.

Emissions de CO_2

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles du secteur d'activité et des facteurs d'émission correspondant aux différents combustibles (cf. section générale énergie).

Depuis 2003, les facteurs d'émission rapportés à la production de zinc (confidentiels) ont fortement diminué suite à la cessation d'activité d'un site très émetteur, du fait des combustibles utilisés, qui produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion.

Emissions de CH_4 et N_2O

Les émissions sont déterminées sur la base des consommations du secteur et des facteurs d'émission par combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

Depuis 2003, les facteurs d'émission rapportés à la production de zinc (confidentiels) ont fortement diminué suite à la cessation d'activité d'un site mettant en œuvre des procédés très émetteurs qui produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion.

Productions de plomb et de zinc de seconde fusion

Jusqu'en 2010, les consommations nationales de combustibles pour la production de plomb et zinc de seconde fusion étaient déterminées à partir des consommations d'énergie du secteur du plomb et du

zinc [26], desquelles étaient déduites les consommations pour la production de plomb et zinc de première fusion (section 1A2b « production de plomb et zinc de première fusion »).

Depuis 2010, les consommations d'énergie du secteur du plomb et du zinc ne sont plus disponibles dans les statistiques. Les consommations des années suivantes sont recalculées à partir de la production nationale annuelle de plomb et zinc de seconde fusion, et du ratio énergétique de consommation de combustibles par rapport à la production pour l'année 2010, dernière année connue.

La production de plomb de seconde fusion est connue jusqu'en 2007 à partir des statistiques mondiales de minerais et minéraux [223]. Entre 2007 et 2013, la production de plomb est issue des déclarations annuelles [19]. Depuis 2014, pour cause de confidentialité, seule une valeur nationale est fournie par la fédération du secteur [712].

La production de zinc de seconde fusion est connue jusqu'en 2002, date de cessation de production hors déchets spéciaux, grâce aux bulletins mensuels de statistiques industrielles [53]. Un site de production à partir de rejets spéciaux a ouvert en 1993 et est toujours en activité : les données de productions sont communiquées par l'exploitant [714].

Emissions de CO_2

- *Plomb de seconde fusion*

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustibles (cf. section générale énergie).

- *Zinc de seconde fusion*

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustibles (cf. section générale énergie).

Emissions de CH_4 et N_2O

- *Plomb de seconde fusion*

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustibles provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

Le facteur d'émission ramené à la production varie selon le mix énergétique au cours de la période. Celui-ci est considéré identique à partir de 2010, dû au recalcul des consommations de combustibles.

- *Zinc de seconde fusion*

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustibles provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

Le facteur d'émission ramené à la production varie selon le mix énergétique au cours de la période. Il est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites.

Production d'aluminium secondaire

Les données de consommation de combustibles proviennent des enquêtes EACEI [26] de 1999 à 2010. Pour les années antérieures, de 1990 à 1998, les étapes et hypothèses suivantes sont suivies :

1. Estimation d'un ratio énergie/production (GJ combustible / t Al produit) sur la base des données de consommation d'énergie et de production des sites pour lesquels ces deux types de données sont disponibles (de 2003 à 2010) ;
2. Application du ratio calculé pour 2003 aux productions d'aluminium secondaire (t) pour les années 1990 à 1998, afin d'obtenir la consommation énergétique totale (en GJ) ;
3. Application de la répartition de la consommation totale entre les consommations des différents combustibles consommés en 1999 aux consommations totales de 1990 à 1998, afin d'obtenir les consommations par type de combustible.

A partir de 2011, les données de consommations ne sont plus disponibles. Par conséquent, la consommation globale annuelle est estimée en suivant les étapes 1 à 3 ci-dessus, à la différence près que le ratio utilisé à partir de 2011 est le ratio moyen des années 2003 à 2010. De plus, la répartition des consommations de combustibles de 2010 est appliquée pour les années à partir de 2011.

Les rejets atmosphériques proviennent essentiellement de la combustion de combustibles dans les fours de fusion. Les émissions sont déterminées à partir des données disponibles dans les déclarations annuelles des rejets des exploitants depuis 2003 [19]. Des facteurs d'émission issus des lignes directrices du GIEC 2006 [623] et de la littérature sont utilisés pour les années antérieures ou pour pallier l'absence d'information pour certains sites [42, 68]. Les données sur la série temporelle sont cohérentes.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont calculées à partir des consommations de combustibles utilisées pour la production d'aluminium de seconde fusion [26] et des facteurs d'émission nationaux par combustible (cf section générale énergie).

Emissions de CH_4 et N_2O

Les émissions de CH_4 sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

3.2.6.2.3 Industrie agro-alimentaire (1A2e)

Données relatives à la production

De 1990 à maintenant, les données de production de fourrage vert sont des données communiquées par la fédération (COOP de France déshydratation) [776].

Données relatives aux consommations de combustible

Les données de consommation d'énergie sont connues pour les trois catégories de produits déshydratés : pulpes de betterave, luzerne et autres produits.

De 1990 à 2012, les données de consommation d'énergie par combustible et par type de produits sont communiquées par COOP de France déshydratation via une enquête annuelle qu'elle réalise [776].

A partir de 2013, même si ces données sont disponibles auprès de ces données COOP de France déshydratation, afin d'assurer la totale cohérence avec le système quotas gaz à effet de serre, les consommations d'énergie proviennent des déclarations annuelles des industriels (la plupart des sites industriels sont soumis au système quotas mais tous les sites déclarent dans le cadre du système déclaratif E-PRTR) [19].

Emissions de CO_2

A partir de 2013, les données spécifiques d'émission de CO_2 disponibles par l'intermédiaire des déclarations des émissions sont utilisées que ce soit dans le cadre du système d'échanges des quotas d'émissions (SEQE) ou non (le même dispositif de déclaration servant au SEQE et à l'E-PRTR) [19].

Jusqu'en 2012 inclus, les émissions de CO_2 sont déterminées en multipliant la consommation par combustible par le facteur d'émission moyen relatif à chaque combustible déterminé sur la base des données disponibles depuis 2013 (cf. section générale énergie et la base de données OMINEA).

La cohérence temporelle entre ces deux périodes est vérifiée et assurée par le CITEPA.

Emissions de CH_4

Pour toutes les années, les émissions de CH_4 sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie et la base de données OMINEA).

Emissions de N_2O

Pour toutes les années, les émissions de N_2O sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie et la base de données OMINEA).

3.2.6.2.4 Minéraux non métalliques (1A2f)

Production de ciment

Pour les gaz à effet de serre (CO_2, N_2O et CH_4), les émissions sont calculées sur la base de la consommation d'énergie annuelle par combustible.

De 1990 à 2004, la consommation par combustible pour l'ensemble du secteur provient de la profession (ATILH) [28].

A partir de 2005, afin d'assurer la cohérence avec le système d'échange de quotas d'émission, les consommations par combustible pour l'ensemble de la profession proviennent des déclarations annuelles des industriels [19].

Emissions de CO_2

A partir de 2005, les données spécifiques d'émission de CO_2 disponibles par l'intermédiaire des déclarations des émissions sont utilisées que ce soit dans le cadre du système d'échanges des quotas d'émissions (SEQE) ou non (le même dispositif de déclaration servant au SEQE et à l'E-PRTR) [19].

Jusqu'en 2004 inclus, les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible qui correspondent à la moyenne des facteurs d'émission par combustible déterminés, sur la période 2005-2012 (1ère période du SEQE), à partir des déclarations des émissions par combustible [19].

Pour toutes les années, les émissions de CH_4 sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de N_2O

Pour toutes les années, les émissions de N_2O sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Production d'émail

Pour information, compte tenu du nombre restreint d'installations concernées, les facteurs d'émission ne sont pas communiqués dans la base de données OMINEA.

Emissions de CO_2

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions des installations de production d'émail [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

Emissions de CH_4

Les émissions nationales sont estimées à partir des consommations de combustibles déclarées par les sites [19] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de N_2O

Les émissions nationales sont estimées à partir des consommations de combustibles déclarées par les sites [19] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Production de céramique

Les émissions déterminées dans cette section sont celles provenant de l'utilisation de combustibles pour alimenter les fours.

Avant 2011, la consommation nationale de combustibles provenait de la publication de l'EACEI [26]. Depuis 2011, cette consommation nationale n'est plus disponible. Un ratio énergétique de la consommation de combustibles par tonne de produit est déterminé chaque année à partir des sites déclarants. Ce ratio est ensuite appliqué à la production nationale [251]. La répartition des consommations par combustible est ensuite effectuée, proportionnellement à celle de l'année précédente.

Emissions de CO_2

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CO_2 sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Ces émissions peuvent être ramenées, au niveau national, soit à la consommation d'énergie, soit à la production nationale.

Emissions de CH_4

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH_4 sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut tirés du GIEC 2006 [623], relatifs à chaque combustible.

Emissions de N_2O

Sur l'ensemble de la période, les émissions de N_2O sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut tirés du GIEC 2006 [623], relatifs à chaque combustible.

Production de verre

Pour quantifier les gaz à effet de serre (CO_2, N_2O et CH_4), les consommations énergétiques par combustible sont utilisées.

Pour les différentes catégories, les sources de données utilisées pour déterminer les consommations par combustible sont les suivantes :

- après 2005, les consommations proviennent des données individuelles des sites à partir des déclarations (approche site par site) [19].
- de 1990 à 2004, les consommations totales de l'ensemble des activités verrières hors laine de roche (code NCE E22 fourni par le SESSI [26]) sont connues. Afin de répartir les consommations par catégorie, les ratios déterminés en 2005 par catégorie sur la base des données individuelles sont appliqués à la consommation totale annuelle de 1990 à 2004.

Emissions de CO_2

La méthodologie mise en œuvre est appliquée à l'ensemble de la production de verre. Elle est présentée sur le schéma ci-après.

A partir de 2005, les émissions par combustible et par installation sont directement connues via les déclarations annuelles [19]. A partir des consommations par combustible, un facteur d'émission par combustible est déterminé par année.

Pour les années antérieures à 2005, un facteur d'émission moyen est déterminé sur la période 2005-2012 par combustible et par type de verre. Il est ensuite appliqué aux consommations par combustible et par type de verre pour calculer les émissions de CO_2.

Les émissions ainsi obtenues par année et par combustible sont sommées pour estimer les émissions de CO_2 totales annuelles.

Emissions de CH_4

Pour toutes les années et quel que soit le type de verre produit, les émissions de CH_4 sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, appliqués uniformément à toutes les installations et présentés en section générale énergie.

Emissions de N_2O

Pour toutes les années et quel que soit le type de verre produit, les émissions de N_2O sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, appliqués uniformément à toutes les installations et présentés en section générale énergie.

Production de chaux

Pour quantifier les gaz à effet de serre (CO_2, N_2O et CH_4), les consommations énergétiques par combustible sont utilisées.

Détermination des consommations énergétiques

A partir de 2005, les consommations énergétiques par combustible sont disponibles dans les déclarations annuelles [19]. Toutefois, quelques petits sites de production de chaux ne sont pas soumis au système déclaratif de leurs émissions. Une estimation de leurs consommations énergétiques est réalisée à partir, d'une part, du ratio énergétique des sites faisant l'objet de déclarations annuelles exprimée en GJ/t chaux produite, d'autre part, de la répartition par année de la consommation énergétique des sites déclaratifs et enfin de la production de chaux associée à ces petits sites.

Entre 1993 et 2004, les consommations énergétiques proviennent des statistiques nationales de consommations énergétiques [26] qui prennent en compte tous les sites de production de chaux.

Pour les années 1990 à 1992, les consommations énergétiques par combustible sont estimées à partir des consommations disponibles en 1993 et en appliquant le ratio d'évolution de la production entre les années.

Emissions de CO_2

La méthodologie mise en œuvre pour calculer les émissions de CO_2 du secteur de la production de chaux aérienne, magnésienne et de chaux hydraulique s'applique pour l'ensemble de la production de chaux mais dépend de l'année considérée.

Méthode mise en œuvre depuis 2005

Pour les plus gros sites de production de chaux, les émissions de CO_2 (par combustible) proviennent des déclarations individuelles [19]. Les autres données disponibles dans ces déclarations sont les données de consommation par combustible par site. Ainsi, un facteur d'émission moyen par année et par combustible est déterminé sur la base des données déclarées.

Pour les plus petits sites pour lesquels aucune déclaration individuelle n'est disponible, les émissions de CO_2 sont calculées sur la base des consommations associées à ces petits sites (méthode décrite précédemment) et des facteurs d'émission moyens annuels déterminés par combustible sur la base des données déclarées par les sites plus importants.

Méthode mise en œuvre avant 2005

Pour l'ensemble des sites de production de chaux (aucune donnée individuelle disponible), les émissions de CO_2 sont calculées sur la base des consommations par combustible et des facteurs d'émission moyens de la période 2005-2012 par combustible.

Emissions de CH_4

Pour toutes les années, les émissions de CH_4 sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les différentes sources utilisées pour déterminer les consommations de combustibles sont présentées dans la section précédente. Les facteurs d'émission nationaux par combustible sont appliqués uniformément à toutes les installations (cf. section générale énergie).

Emissions de N_2O

Pour toutes les années, les émissions de N_2O sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les différentes sources utilisées pour déterminer les consommations de combustibles sont présentées dans la section précédente. Les facteurs d'émission nationaux par combustible sont appliqués uniformément à toutes les installations (cf. section générale énergie).

Production de plâtre

Les émissions de gaz à effet de serre sont calculées à partir de la consommation énergétique.

Consommation énergétique

La méthode d'estimation des consommations du secteur du plâtre est présentée ci-après :

Méthode après 2003

A partir de 2003, les consommations par combustible proviennent, d'une part, des déclarations individuelles des industriels [19] et, d'autre part, pour les sites non soumis au système déclaratif (consommation surfacique), un calcul est réalisé par année :

Consommation surfacique par combustible = (consommation connue par combustible / production connue) x (production nationale – production connue)

Entre 1990 et 2002

Le secteur du plâtre est inclus dans le code NCE E20. Ainsi, en 2003, il est possible de déterminer la part que représente le secteur du plâtre dans le total du code NCE E20 par combustible [452].

Ce ratio par combustible déterminé en 2003 est supposé constant sur la période 1990-2002.

Les consommations par combustible sur la période 1990-2002 correspondent donc au produit entre les consommations par combustible du code NCE E20 et le ratio déterminé pour l'année 2003.

Emissions de CO_2

La méthodologie mise en œuvre est la suivante. Elle permet d'assurer une cohérence temporelle.

A partir de 2005, les émissions de CO_2 par combustible proviennent, d'une part, des déclarations annuelles [19] et, d'autre part, elles sont calculées par produit entre la consommation surfacique telle que décrite précédemment et le facteur d'émission de CO_2 par combustible déterminé par année sur la base des déclarations individuelles.

Pour les années antérieures à 2005, les émissions de CO_2 sont estimées sur la base des données de consommation par combustible (méthode décrite précédemment) et des facteurs d'émission moyens de la période 2005-2012 par combustible (cas particulier : pour le gaz naturel, le facteur d'émission national est retenu car il est évolutif en fonction des années).

Emissions de CH_4

Pour toutes les années, les émissions de CH_4 sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible appliqué uniformément à toutes les installations (cf. section générale énergie).

Emissions de N_2O

La méthode appliquée est similaire à celle du CH_4.

Production de tuiles et briques

Les émissions déterminées dans cette section sont celles provenant de l'utilisation de combustibles pour alimenter les fours.

Consommation d'énergie

Avant 2005, la consommation nationale de combustibles provient de l'EACEI [26]. Depuis 2005, cette consommation nationale n'est plus disponible. Elle est recalculée à partir de deux sources complémentaires : des consommations par site, disponibles dans les déclarations annuelles des émissions [19], et pour la consommation surfacique (solde de la production), du ratio énergétique de la consommation de combustibles par tonne de produit pour l'année 2004, appliqué au solde de la production [241].

Production de tuiles et briques

Les données de production proviennent de la Fédération Française des Tuiles et Briques [241].

Emissions de CO_2

A partir de 2005, les émissions de CO_2 par combustible proviennent, d'une part, des déclarations annuelles [19] et, d'autre part, elles sont calculées sur la base des consommations surfaciques (solde des consommations) et des facteurs d'émission nationaux de CO_2 par combustible (mix Tier 2/3).

Pour les années antérieures à 2005, les émissions de CO_2 sont estimées sur la base des données de consommation par combustible (méthode décrite précédemment) et des facteurs d'émission nationaux (Tier 2).

La cohérence temporelle est vérifiée en comparant les facteurs d'émission de CO_2 recalculés depuis 2005 à partir des données des exploitants avec les facteurs d'émission CO_2 nationaux.

Pour information, pour les sites soumis au SEQE, un contrôle de cohérence est effectué entre les émissions déclarées dans ce cadre, et les données disponibles dans les déclarations annuelles des émissions [19].

Emissions de CH_4

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH_4 sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de N_2O

Sur l'ensemble de la période, les émissions de N_2O sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

3.2.6.2.5 Autres secteurs (1A2g)

Production d'enrobés routiers

Les émissions sont calculées, selon les polluants :

- soit à partir de la consommation nationale de bitume des centrales d'enrobage, obtenue auprès de l'USIRF par communication avant 2005 [184] et dans une publication annuelle à partir de 2005 [715] ;

- soit à partir de la répartition par type de combustibles, obtenue auprès de la profession pour certaines années et de la consommation spécifique d'énergie rapportée au bitume consommé [185].

Emissions de CO_2

Les émissions sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles consommés [185] et du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de CH_4 et N_2O

Les émissions sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles consommés [185] et du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission nationaux du secteur par combustible provenant d'une étude nationale [717] pour le fioul lourd et le gaz naturel et des lignes directrices du GIEC 2006 [623] pour les autres combustibles.

3.2.6.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans le cas présent, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 3ème niveau de la catégorie CRF (i.e. 1A2).

Malgré la diversité des installations couvertes par ce secteur, les données d'activité correspondantes sont relativement homogènes (consommations de combustibles) et bien suivies par les organismes statistiques correspondants. L'incertitude estimée pour les données d'activité est de 3%.

En ce qui concerne les facteurs d'émission, l'incertitude estimée dépend du combustible, selon que sa composition est susceptible de varier significativement ou non. Pour le CO_2, l'incertitude sur le facteur d'émission est fixée à 2% pour les combustibles liquides, solides et le gaz naturel et à 6% pour les autres combustibles. Pour le CH_4 et le N_2O, les facteurs d'émission proviennent principalement de la littérature (lignes directrices du GIEC) pour lesquels une incertitude de 100% est considérée.

Concernant la cohérence temporelle des séries, les consommations de combustibles sont connues, pour l'ensemble de l'industrie et aussi par grand sous-secteur, pour toutes les années de la période à partir des données du bilan de l'énergie du Service statistique du Ministère en charge de l'Environnement (SDES) qui assure une rétropolation des méthodes autant que possible.

3.2.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Des dispositions spécifiques sont élaborées pour ce sous-secteur de l'énergie :

- les émissions recalculées sont vérifiées ainsi que les tendances sur la série temporelle,
- une vérification systématique de l'absence de valeur négative dans les consommations et les émissions (pouvant être due au bouclage sur le bilan de l'énergie national),

- les déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) puis validées par le Ministère chargé de l'Environnement,
- une validation indirecte des émissions de CO_2 est effectuée par des organismes agréés dans le cadre du SEQE,
- les données SEQE permettent par ailleurs d'effectuer un contrôle de cohérence et vérifier que les émissions totales d'un secteur SEQE ne dépassent pas les émissions du secteur correspondant dans l'inventaire,
- une validation spécifique est mise en place pour l'inventaire des GIC (Grandes Installations de Combustion),
- pour le secteur de la production de ciment, le ratio énergétique, exprimé en GJ/t clinker, oscille pour la France entre 3,7 et 4 GJ/t clinker. Or, dans les conclusions sur les Meilleures Techniques Disponibles pour les cimenteries (décision d'exécution de la commission du 26 mars 2013 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour la production de ciment, de chaux et d'oxyde de magnésium, au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil relative aux émissions industrielles – tableau 1), le ratio énergétique est compris entre 2,9 et 3,3 GJ/t clinker pour les nouveaux fours. La valeur française semble donc être réaliste puisque la plupart des fours en activité ne sont pas récents.

3.2.6.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 1A2

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	78 074	79 542	77 519	72 264	71 927	70 768	67 717	54 131	59 255	56 350	55 517	54 892	53 017	52 419	49 076	
Nouveau	kt CO2e	78 443	80 058	78 102	73 274	72 752	70 246	67 721	53 939	58 913	57 359	55 889	55 962	54 496	53 059	51 325	51 433
Différence	kt CO2e	+369	+516	+584	+1 010	+825	-522	+3,5	-193	-342	+1 009	+372	+1 070	+1 479	+641	+2 248	
	%	+0%	+1%	+1%	+1%	+1%	-1%	+0%	-0%	-1%	+2%	+1%	+2%	+3%	+1%	+5%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Plusieurs modifications et corrections ont été introduites dans la nouvelle édition de l'inventaire pour le secteur 1A2 :

- Global 1A2 : l'impact le plus important vient de la révision complète des consommations de tous les combustibles dans le bilan de l'énergie français produit par le SDES sur toute la série. Ces modifications font suite à une refonte des méthodologies appliquées par le SDES pour se rapprocher des concepts retenus par l'AIE ;
- Fonderie de fonte : Mise à jour des facteurs d'émission du CO_2 du gaz naturel sur toute la période et du GPL pour 2013 ;
- Déshydratation de luzerne : mise à jour des consommations de luzerne, pulpes et autres produits en 2016 suite à des contacts avec la profession ;
- Email : mise à jour de la production en 2016 ;
- Tuiles et briques : mise à jour du facteur d'émission de CO_2 du fioul domestique sur toute la période ;
- Enrobage routier : Correction des consommations de bitume pour 2014, 2015 et 2016.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude et de la cohérence temporelle.

3.2.6.6 Améliorations envisagées

Les travaux démarrés depuis quelques années visant à améliorer la cohérence entre les données utilisées dans l'inventaire et celles du bilan de l'énergie national se poursuivent (coopération CITEPA/SDES).

D'autre part, la prise en compte de données individuelles relatives aux émissions de CO_2 ainsi qu'aux consommations énergétiques a besoin d'être encore affinée dans différents secteurs de la combustion pour les procédés énergétiques avec contact, en particulier sur la partie relative à la rétropolation des émissions sur toute la période.

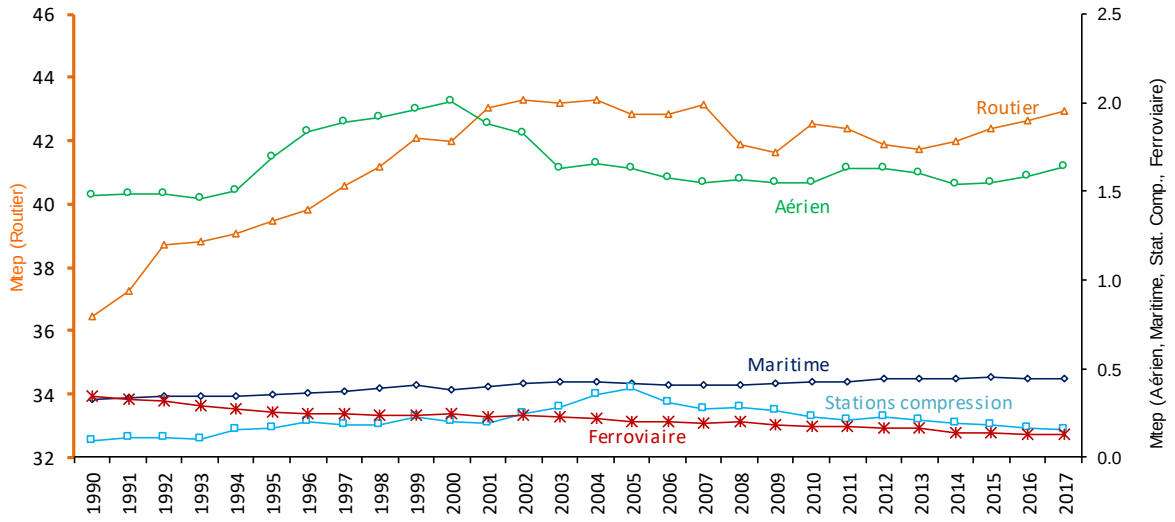
Des réunions de travail ont été lancées en partenariat avec la fédération professionnelle du secteur de la sidérurgie pour améliorer la centralisation des informations et les contrôles de cohérence des déclarations entre les différents sites sidérurgiques. Ces échanges visent notamment à harmoniser les émissions de CO_2 de l'ensemble des ateliers sidérurgiques des usines intégrées prises en compte dans les statistiques de la fédération avec les déclarations effectuées par les sites dans le cadre du SEQE. Ce travail a déjà permis d'apporter des améliorations. Par ailleurs, ces échanges visent également à évaluer l'évolution dans le temps de certains paramètres actuellement considérés constants (ratios de production, teneurs en carbone). Par ailleurs, compte tenu de la simplification de l'enquête statistique demandée par l'Administration aux secteurs industriels à partir de l'année 2015, il est envisagé d'utiliser le bilan national de l'énergie, partie relative à la sidérurgie (consommations de charbons, de coke, de combustibles liquides et gazeux (dont les gaz sidérurgiques)) comme donnée d'entrée, sous réserve de pouvoir assurer la répartition des émissions entre les différents secteurs CRF ainsi que la cohérence temporelle sur la série. L'attention sera notamment portée sur l'évitement des doubles comptages ou omissions d'émissions.

3.2.7 Transports (1A3)

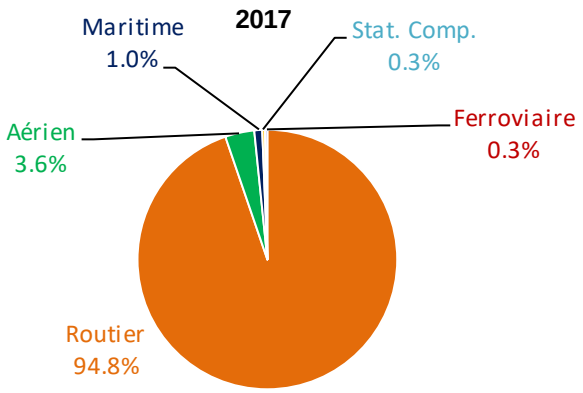
3.2.7.1 Caractéristiques de la catégorie

Parmi tous les modes de transports, le transport routier (1.A.3.b.) constitue loin devant l'aérien domestique (1.A.3.a.ii domestique), le maritime domestique (1.A.3.d.), le ferroviaire (1.A.3.c.) et les stations de compression (1.A.3.e.) le plus important consommateur d'énergie avec 94,8% (périmètre Kyoto) de la consommation du secteur du transport en 2017.

Figure 32 : Consommation des différents modes de transports sur la période 1990 - 2017 et répartition en 2017 (y compris agro-carburants) (Périmètre Kyoto)



Source CITEPA / format CCNUCC - Mars 2019 transports.xls/Transports



Source CITEPA / format CCNUCC - Mars 2019 transports.xls/Transports

3.2.7.1.1 Transport aérien (1A3a)

Le transport aérien est à l'origine d'émissions de diverses substances dans l'atmosphère. Ces dernières sont constituées schématiquement par :

- Les rejets lors de la combustion de carburants par les équipements de propulsion ou de servitude (par exemple les APU). Les engins militaires sont exclus pour des raisons de confidentialité. L'ensemble de l'activité militaire est inclus dans les sources institutionnelles,
- Les émissions connexes attachées aux aéronefs (usure des pneumatiques, des freins, érosion des pistes, etc.),
- Les émissions liées aux activités environnantes telles que : engins de piste, trafic routier induit, servitudes aéroports (chaufferie, restauration, entretien espaces verts, etc.). Ces sources sont généralement incluses dans les activités de même nature à une échelle plus générale (par exemple trafic routier, combustion, etc.). C'est pourquoi, cette catégorie n'est pas traitée dans cette section. Au niveau de la plateforme aéroportuaire, elles sont d'importance variable selon la taille du site. Il est parfois justifié de les appréhender spécifiquement. Le lecteur se reportera éventuellement au guide méthodologique développé par le CITEPA [697].

Contrairement à la plupart des autres sources, les aéronefs se caractérisent par :

- Une altitude de rejet dans un domaine beaucoup plus étendu et variable au cours du vol, comprise entre le sol et plus de 10 000 m,
- Une localisation des rejets très étendue située dans des pays différents pour un même aéronef en vol international.

Par suite, en application des règles convenues dans le cadre des conventions internationales mais également de la particularité de la répartition du territoire français hors Europe ainsi que de la variabilité des caractéristiques de fonctionnement des aéronefs au cours des différentes phases de vol, il est nécessaire de décomposer le trafic aérien en sous-ensembles relatifs :

- A la phase de vol, dite « LTO (Landing and Take Off) », située au-dessous 3000 ft (914 m, souvent arrondi à 1000 m),
- A la phase de vol, dite « croisière », au-dessus de 3000 ft (914 m souvent arrondi à 1000 m).

Chacun de ces deux sous-ensembles est lui-même partagé en :

- Trafic domestique ou intérieur (liaisons entre deux points situés dans le pays considéré, en l'occurrence la France),
- Trafic international (liaisons entre deux points, l'un en France l'autre à l'étranger) pour la contribution relative aux ventes de carburant sur le territoire national.

La combinaison de ces deux critères, conduit à définir quatre catégories qui sont diversement prises en compte dans les inventaires :

	Trafic < 1000 m (LTO)	Trafic > 1000 m (croisière)
Liaisons domestiques	SNAP 08.05.01 - dans le total CCNUCC - dans le total CEE-NU/NEC[11]	SNAP 08.05.03 - dans le total CCNUCC - hors total CEE-NU/NEC
Liaisons internationales	SNAP 08.05.02 - hors total CCNUCC - dans le total CEE-NU/NEC	SNAP 08.05.04 - hors total CCNUCC - hors total CEE-NU/NEC

Le cycle LTO

La partie du vol au-dessous de 3000 ft correspond aux phases de décollage et d'atterrissage des avions. Elle comprend plusieurs phases :

- L'approche (de 3000 ft au sol),
- Le roulage sur la piste (après l'atterrissage et avant le décollage),Le parking,
- Le décollage,
- La montée (jusqu'à 3000 ft, soit environ 1000 m).

Les émissions dépendent de la durée de chacune de ces phases (elle-même variable selon les aéroports et les couples avion x moteur) et des caractéristiques des aéronefs (notamment du couple avion x moteur et des conditions d'exploitation).

Les émissions des APU sont estimées et incluses dans les émissions LTO.

La croisière

La partie du vol au-dessus de 3000 ft dite « croisière » comporte :

- La montée (de 3000 ft à l'altitude de croisière),
- La croisière stabilisée (partie du vol à altitude stabilisée),La descente (de l'altitude de croisière à 3000 ft).

Les émissions dépendent de la durée de chacune de ces phases (elle-même variable selon les types d'avions) et des caractéristiques des aéronefs (selon les types d'avions et les conditions d'exploitation).

Données caractéristiques du trafic

Les données relatives aux mouvements des aéronefs sont recensées par la DGAC [127, 131, 132]. Le temps de « taxi » est déterminé pour chaque aéroport, lorsque ces données sont disponibles dans les bases de la DGAC. En l'absence d'information, des données moyennes des années disponibles sont appliquées. Les aéroports pour lesquels aucune information n'est disponible se voient appliquer des temps forfaitaires et sont regroupés selon les classes suivantes :

- Roissy et Orly,
- Les 11 aéroports français dont les trafics commerciaux (en nombre de mouvements) sont les plus importants après Roissy et Orly : Ajaccio, Bâle-Mulhouse, Bordeaux-Aquitaine, Lille-Lesquin, Lyon-Satolas, Marseille-Provence, Montpellier-Méditerranée, Nantes-Atlantique, Nice-Côte d'Azur, Strasbourg-Entzheim, Toulouse-Blagnac,

[11] Format utilisé dans le cadre de la directive sur les plafonds d'émission nationaux (National Emission Ceilings)

- Les autres aéroports français,
- Les aéroports internationaux étrangers.

Les informations sur la motorisation des aéronefs et les consommations associées proviennent de différentes sources [903, 127, 128, 129, 130]. Certaines assimilations sont opérées en cas d'information manquante ou de multiples motorisations.

Le partage des liaisons entre métropole et Outre-mer (avec distinction des Territoires inclus dans l'UE ou non) est effectué en retenant l'hypothèse du partage pour moitié des liaisons respectives entre ces trois ensembles.

Données statistiques de consommation

Les données de ventes de carburants à usage de l'aviation [14] sont disponibles et permettent d'assurer un bouclage sur les consommations totales de carburants avions. Pour les territoires d'Outre-mer inclus ou non dans l'UE, c'est le bilan de l'énergie compilé par le CITEPA qui est utilisé [666].

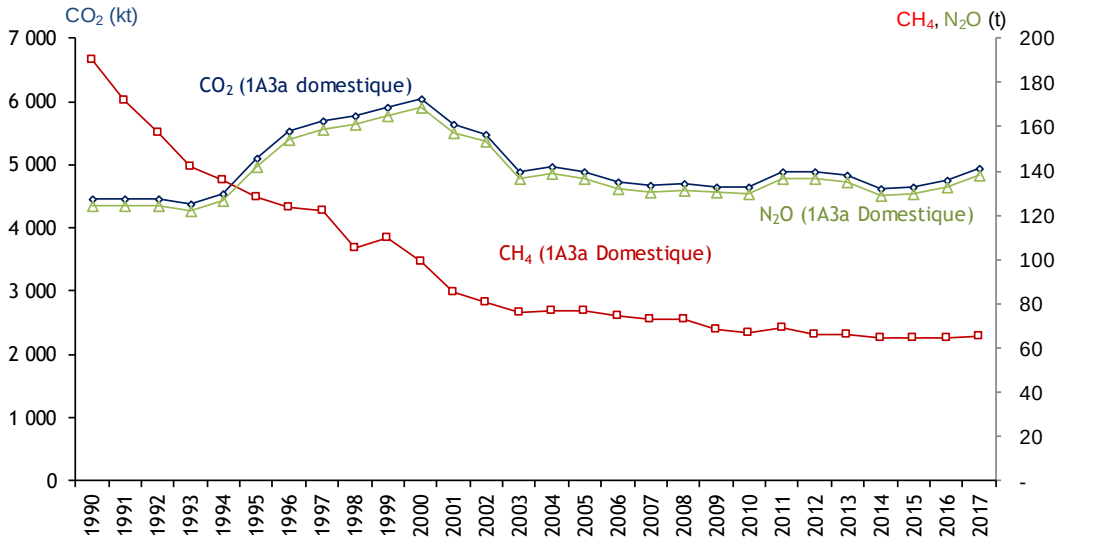
La consommation relative à la croisière internationale est bornée par le solde obtenu entre le total des ventes françaises diminué des consommations déterminées pour les cycles LTO (domestique et international) et la croisière domestique.

Dans ce sous-secteur des transports, la consommation et les rejets lors de la combustion des carburants par les équipements de propulsion ou de servitude sont pris en compte. Les engins militaires sont exclus pour des raisons de confidentialité (l'ensemble de l'activité militaire est inclus dans le CRF 1.A.4). De même, les émissions liées aux activités environnantes (engins de piste, trafic routier induit, chaufferie, etc.) ne sont pas incluses en 1.A.3.a. mais dans les activités de même nature à une échelle plus générale (par exemple les consommations des engins de pistes sont comptabilisées dans le 1.A.2.g., le trafic routier induit dans le 1.A.3.b., etc.).

Le pic des émissions de CO_2 et de N_2O a été atteint en 2000 (cf. Figure 33) pour le transport domestique. Depuis, une baisse régulière est observée, qui semble s'être stabilisée depuis 2007 alors que le trafic subit une hausse continue (cf. Figure 36).

Cette décorrélation des émissions et des consommations vis-à-vis du trafic est liée d'une part à la mise en place sur les avions de moteurs moins énergivores et moins polluants (qui explique la tendance des émissions de CH_4), et d'autre part à la concurrence et/ou du report modal vers le transport ferroviaire à grande vitesse (TGV).

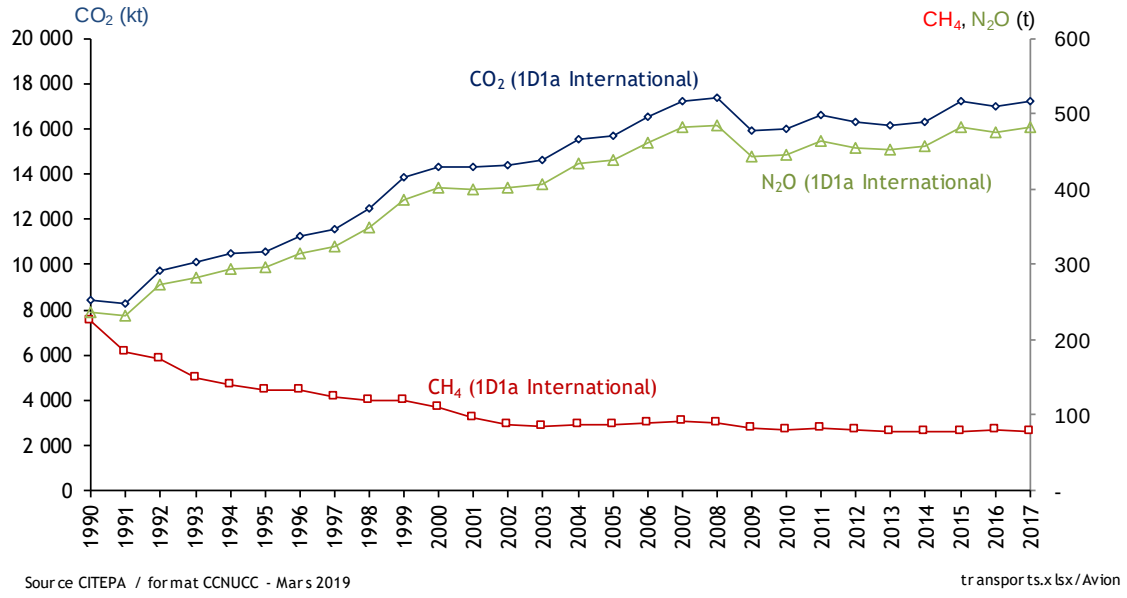
Figure 33 : Emissions de gaz à effet de serre de l'aviation civile domestique (périmètre Kyoto)



Source CITEPA / format CCNUCC - Mars 2019

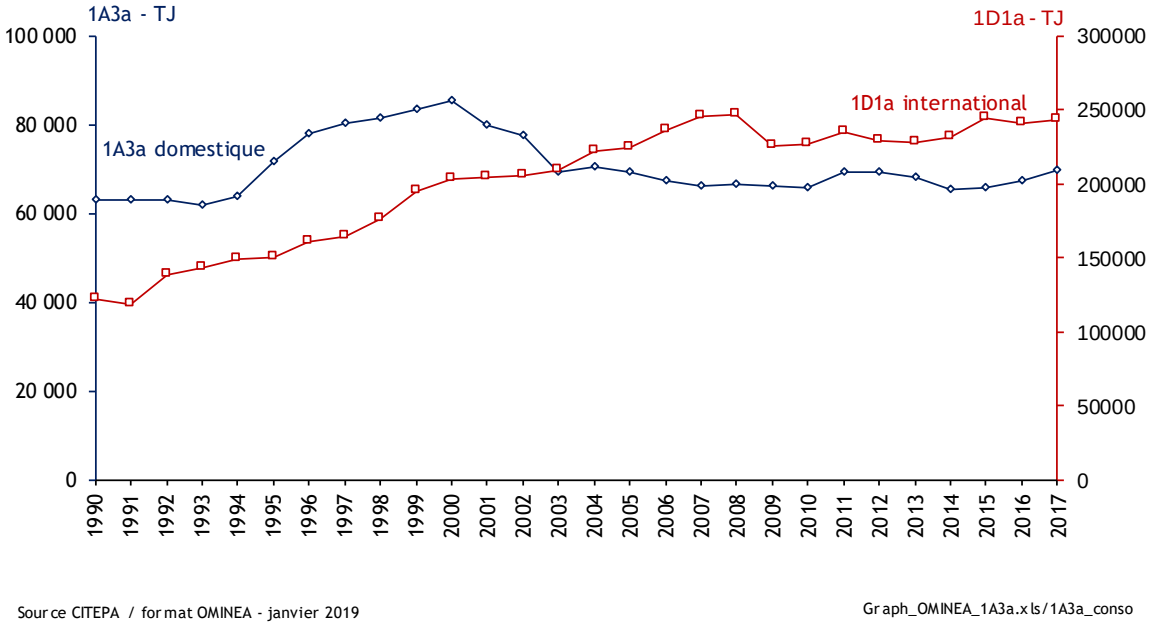
transports.xlsx/Avion

Figure 34 : Emissions de gaz à effet de serre de l'aviation civile internationale (périmètre Kyoto)



Le graphique suivant présente l'évolution des consommations de carburants de l'aviation civile touchant la Métropole et l'Outre-mer (les consommations du trafic international sont données à titre indicatif car non comptées dans cette catégorie).

Figure 35 : Consommations de carburants de l'aviation civile touchant la Métropole et l'Outre-mer



Les figures suivantes présentent l'évolution du nombre de passagers dans le trafic domestique et dans le trafic international.

Figure 36 : Trafic domestique en milliers de passagers

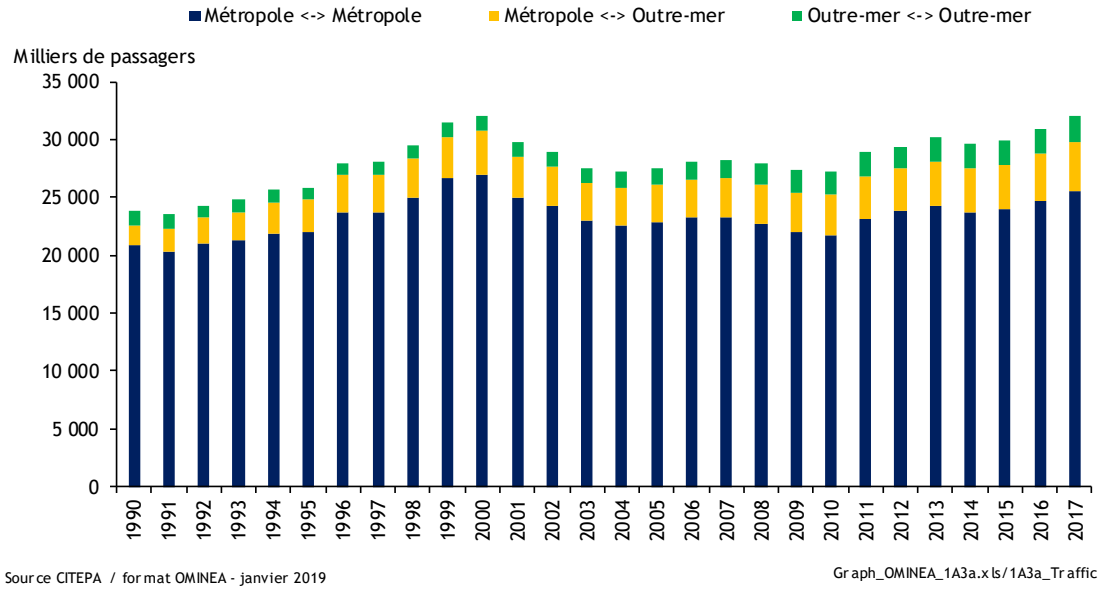
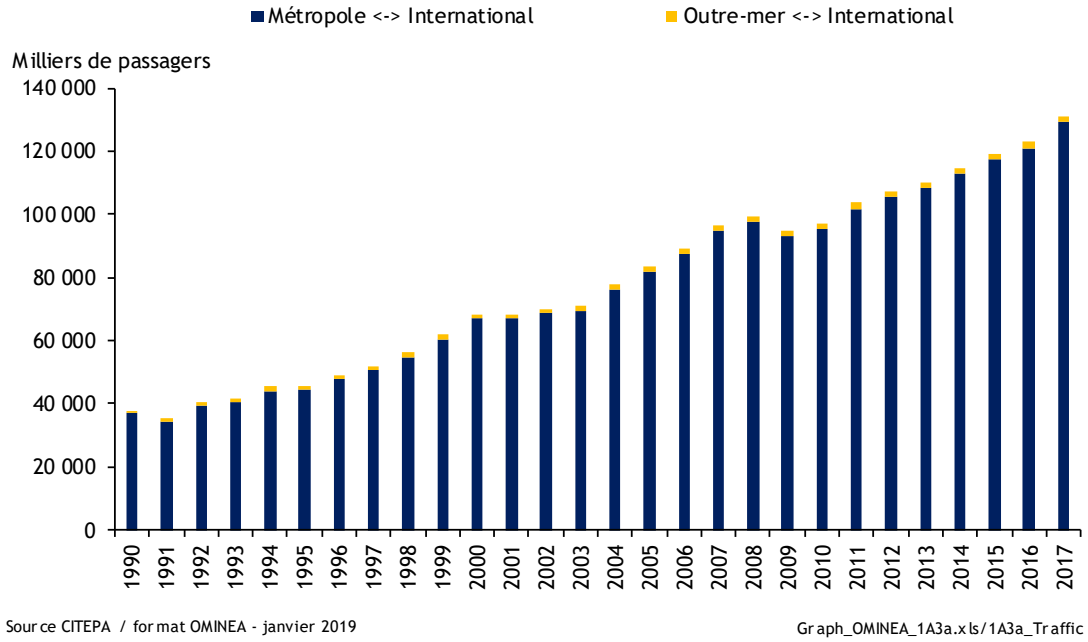


Figure 37 : Trafic international en milliers de passagers



3.2.7.1.2 Transport routier (1A3b)

Les émissions associées aux transports routiers sont liées à plusieurs types de phénomènes qui peuvent être classés dans ces trois grandes catégories :

- Les émissions liées à la combustion et son post-traitement,
- Les émissions liées à l'évaporation des carburants et aux fuites des climatisations

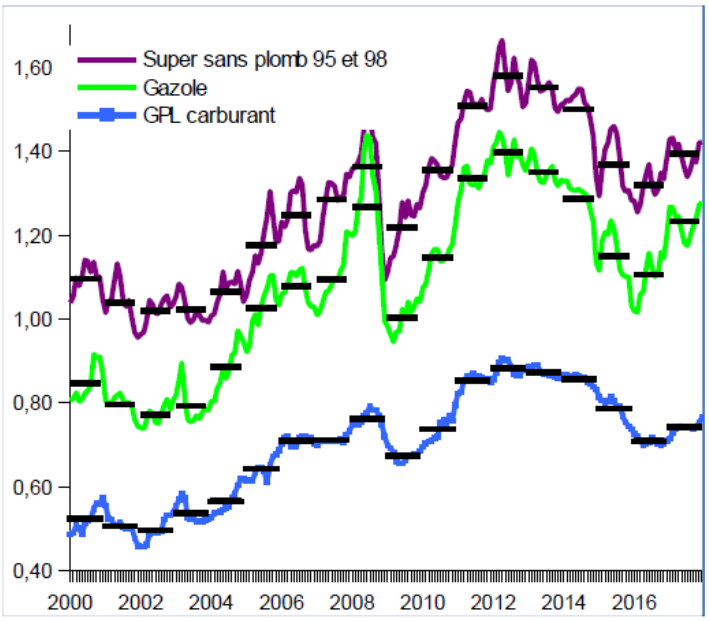
- L'évaporation de composés organiques volatils (COV) contenus dans les carburants tant lors du fonctionnement qu'à l'arrêt du véhicule,
- Les fuites de fluides frigorigènes utilisés pour la climatisation.

➢ Les émissions liées à l'abrasion

- L'abrasion mécanique de divers organes des véhicules (freins, pneumatiques),
- L'usure du revêtement routier.

Il faut observer que l'année 2004 a enregistré le plus haut niveau d'émission de CO_2. Ces émissions sont depuis en recul, traduisant notamment une évolution des comportements du fait de l'impact des hausses des prix des carburants et de vitesses plus limitées (mise en place de radars automatiques), ainsi que le renouvellement du parc roulant incluant des modèles moins énergivores. A cela, il convient d'ajouter l'augmentation de la part d'agro-carburants incorporés (uniquement en métropole car il n'y a, à ce jour, pas d'incorporation d'agro-carburants en Outre-mer). Le bas niveau des émissions en 2008 et 2009 est lié à la crise économique qui a induit une augmentation rapide du prix des carburants et donc un changement dans les comportements de déplacements.

Figure 38 : Prix des carburants à la pompe (Métropole)

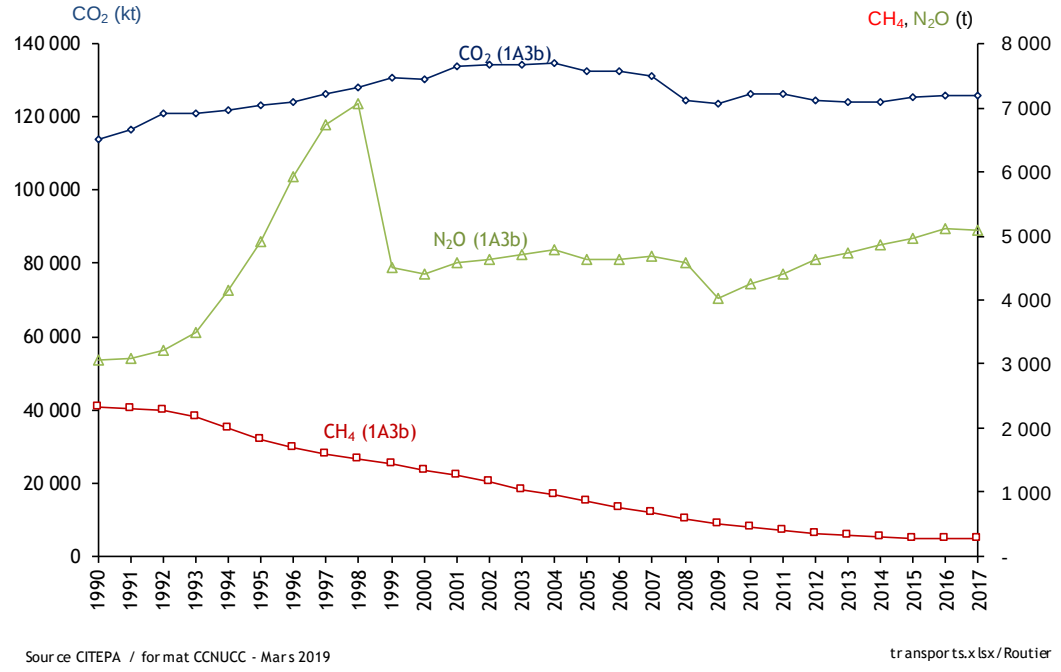


Note : En trait noir horizontal, la moyenne annuelle.
***Sources** : DGEC, CPDP, calculs SDES*

Les fortes baisses de N_2O entre 1998 et 1999 et entre 2008 et 2009 sont liées au changement de taux de soufre dans les carburants en Métropole (cf. Méthode d'estimation des émissions de N_2O du transport routier plus loin). La hausse progressive et continue des émissions avant 2000 est liée aux voitures particulières essence Euro 1. La diésélisation du parc (cf. Figure 41) fait qu'après 2010, ce sont les voitures particulières diesel qui influent sur la tendance des émissions.

Les émissions de CH_4 sont en baisses régulières depuis le début des années 1990 par suite de la mise en place des catalyseurs sur les véhicules essences.

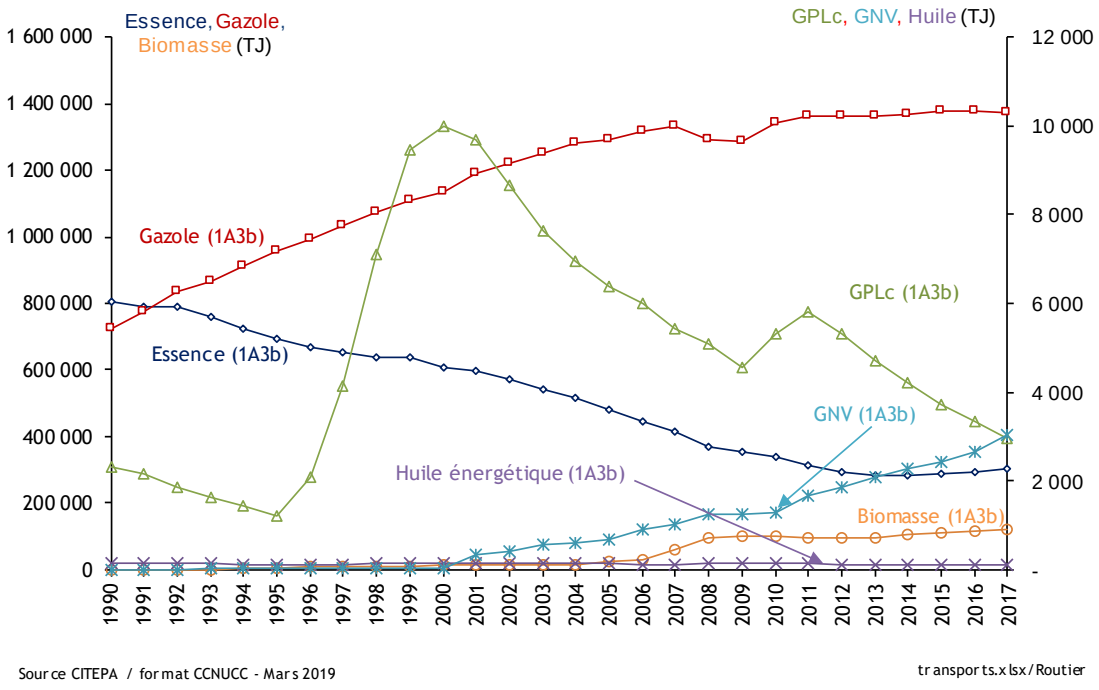
Figure 39 : Emissions de gaz à effet de serre du transport routier en France métropolitaine et en Outre-mer (périmètre Kyoto)



La figure ci-dessous montre l'évolution des consommations des carburants du routier. L'augmentation de la consommation de gazole est liée à la diésélisation du parc de véhicules particuliers (cf. Figure 41).

Les carburants alternatifs (GPLc et GNV) ont des niveaux très bas (<0,2%) et ont des variations qui sont fonctions des incitations fiscales sur ces carburants et à l'achat des véhicules neufs.

Figure 40 : Consommations des différents carburants du transport routier sur la période 1990 - 2017 et répartition en 1990 et 2017 (y compris agro-carburants) (Périmètre Kyoto).



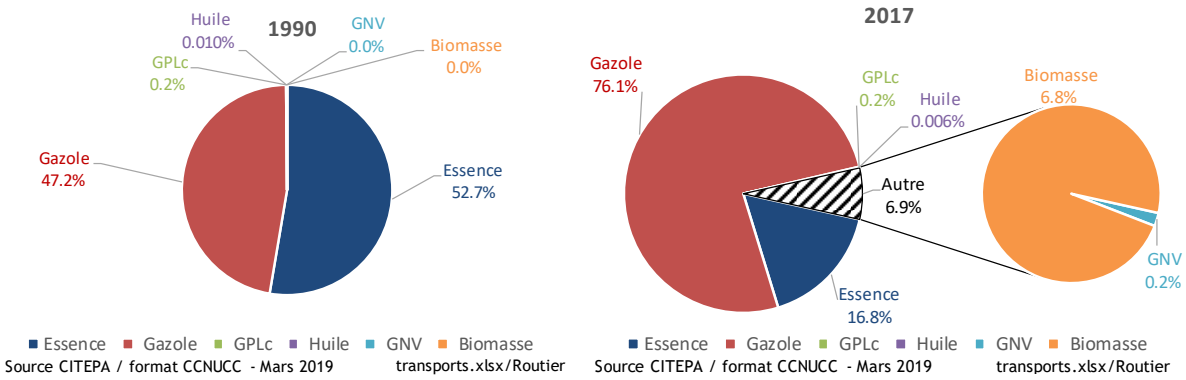


Figure 41 : Taux de diésélisation du parc des véhicules particuliers en France.

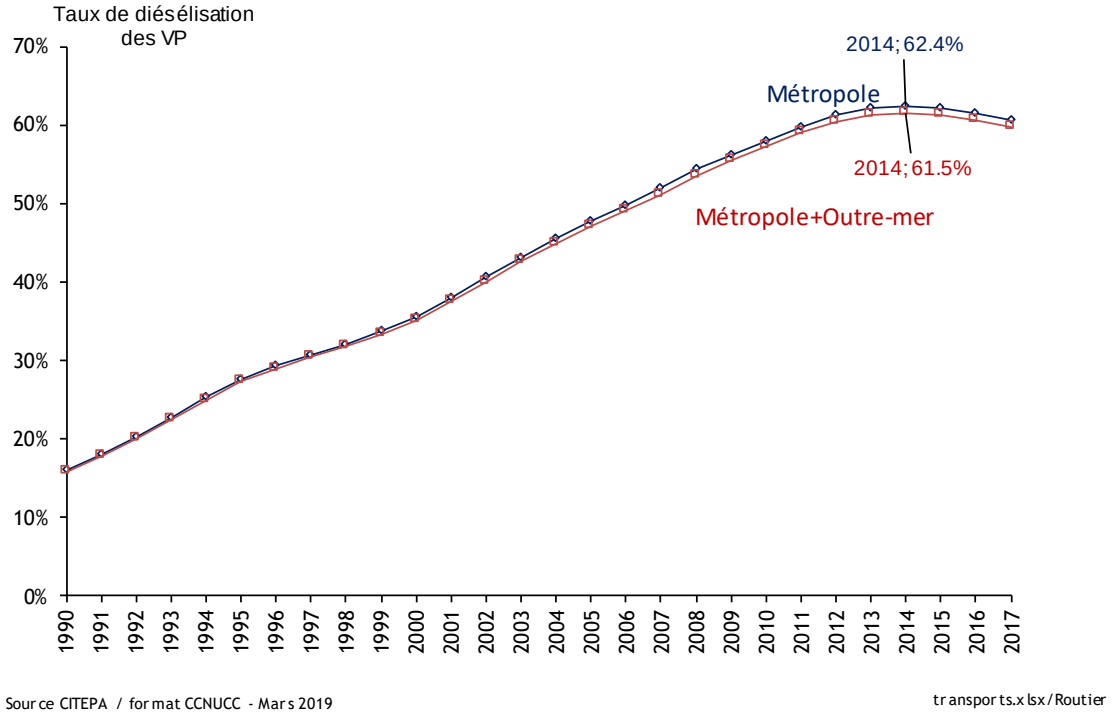
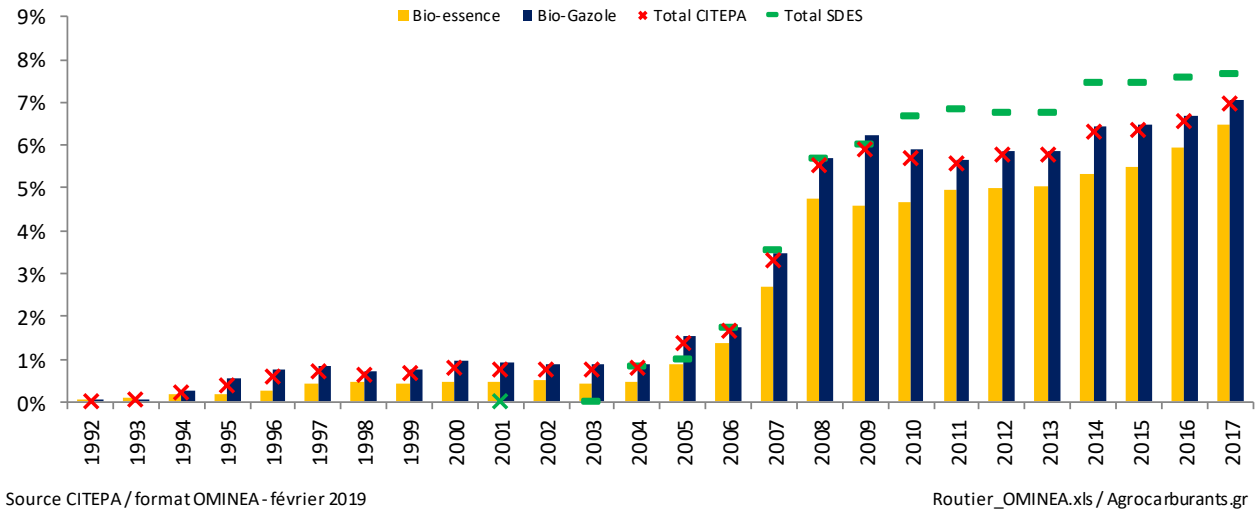


Figure 42 : Taux d'incorporation d'agro-carburants en France métropolitaine



Une légère différence est observée entre le total CITEPA et celui du SDES (DGEC) en ce qui concerne le taux d'incorporation d'agro-carburants. Cela s'explique d'une part, par l'application de valeurs différentes pour le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) et d'autre part, par le fait que le CITEPA considère que l'EMAG, constituant du bio-gazole, n'est pas à 100% d'origine biogénique (l'estérification conduit à ce qu'une part de carbone fossile se retrouve dans le bio-gazole). Il y a aussi la possibilité par le ministère de faire du double comptage de certains agro-carburants (ceux en non concurrence avec l'alimentation).

Figure 43 : Consommations des différents combustibles en France métropolitaine et en Outre-mer. Répartition des consommations pour l'Outre-mer entre les DOM (périmètre Kyoto) et les autres territoires (COM)

routier_ominea.xls

Conso Métropole (kt)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Essence (kt)	17900	17458	17539	16805	16025	15280	14737	14387	14130	14053
Bio-Essence (kt)	0	0	3.9	33	44	44	69	103	112	104
Essence+Bio-Essence (kt)	17900	17458	17543	16837	16069	15323	14807	14490	14242	14157
Gazole (kt)	16985	18224	19579	20365	21374	22478	23288	24287	25176	26061
Bio-Gazole (kt)	0	0	0.6	7.2	59	142	201	233	209	228
Gazole+Bio-Gazole (kt)	16985	18224	19580	20373	21434	22620	23489	24519	25385	26289
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Essence (kt)	13362	13087	12561	11834	11244	10457	9737	9094	8042	7702
Bio-Essence (kt)	105	103	103	88	91	156	223	410	657	608
Essence+Bio-Essence (kt)	13468	13190	12664	11922	11335	10614	9960	9504	8699	8310
Gazole (kt)	26594	27854	28647	29339	30022	30163	30799	31072	30078	30034
Bio-Gazole (kt)	286	288	287	299	303	529	610	1255	2033	2233
Gazole+Bio-Gazole (kt)	26880	28142	28934	29638	30325	30692	31409	32328	32112	32266
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Essence (kt)	7348	6851	6373	6153	6132	6194	6300	6566		
Bio-Essence (kt)	590	585	550	535	560	580	616	698		
Essence+Bio-Essence (kt)	7938	7435	6923	6688	6691	6775	6916	7264		
Gazole (kt)	31297	31738	31694	31770	31837	32087	32102	31917		
Bio-Gazole (kt)	2196	2124	2209	2217	2443	2466	2548	2679		
Gazole+Bio-Gazole (kt)	33493	33862	33904	33987	34280	34553	34650	34596		

routier_ominea.xls

Conso DOM&COM (kt)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Essence (kt)	539	555	570	579	590	592	587	584	526	535
Gazole (kt)	322	346	369	393	412	424	478	478	492	518
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Essence (kt)	538	562	559	553	550	534	515	510	489	475
Gazole (kt)	547	589	628	653	689	712	744	777	809	829
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Essence (kt)	473	448	442	434	424	437	447	475		
Gazole (kt)	853	866	883	893	897	922	940	966		

routier_ominea.xls

Répartition DOM/COM %	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
% Essence DOM	81%	81%	81%	81%	81%	81%	80%	80%	78%	78%
% Essence COM	19%	19%	19%	19%	19%	19%	20%	20%	22%	22%
% Gazole DOM	69%	69%	68%	67%	68%	71%	69%	73%	71%	74%
% Gazole COM	31%	31%	32%	33%	32%	29%	31%	27%	29%	26%
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
% Essence DOM	78%	79%	80%	79%	78%	77%	77%	76%	75%	75%
% Essence COM	22%	21%	20%	21%	22%	23%	23%	24%	25%	25%
% Gazole DOM	73%	75%	74%	75%	76%	76%	77%	78%	78%	78%
% Gazole COM	27%	25%	26%	25%	24%	24%	23%	22%	22%	22%
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
% Essence DOM	74%	72%	72%	71%	71%	70%	71%	71%		
% Essence COM	26%	28%	28%	29%	29%	30%	29%	29%		
% Gazole DOM	78%	78%	78%	79%	78%	79%	79%	79%		
% Gazole COM	22%	22%	22%	21%	22%	21%	21%	21%		

3.2.7.1.3 Transport ferroviaire (1A3c)

Deux sources d'émissions sont différenciées : les émissions issues de la combustion et les émissions provenant de l'usure des freins, rails, roues et caténaires.

En ce qui concerne les émissions liées à la combustion, seuls les modes de tractions à motorisation diesel, à savoir les locomotives, les autorails et les locotracteurs sont considérés. La traction électrique est supposée ne pas émettre de polluants liés à l'utilisation de l'énergie, les émissions liées à la production d'électricité étant comptabilisées au lieu de la production. Depuis 2011, le gazole non-routier (GNR) remplace le gazole dans le ferroviaire qui lui-même à remplacer le fioul domestique en 2006.

Le GNR (à partir de 2011) et le gazole (entre 2006 et 2011) ont permis l'incorporation d'agro-carburants.

Le transport ferroviaire n'a lieu qu'en métropole.

Cette section couvre les émissions du transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises. Les émissions des sources fixes (gares, locaux, etc.) ne sont pas considérées ici mais dans le secteur résidentiel/tertiaire.

Alors qu'elle était de 39% en 1990, la consommation d'énergie des tractions diesel représente désormais moins de 18% de la consommation totale d'énergie de la traction ferroviaire.

Figure 44 : Consommations d'énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine

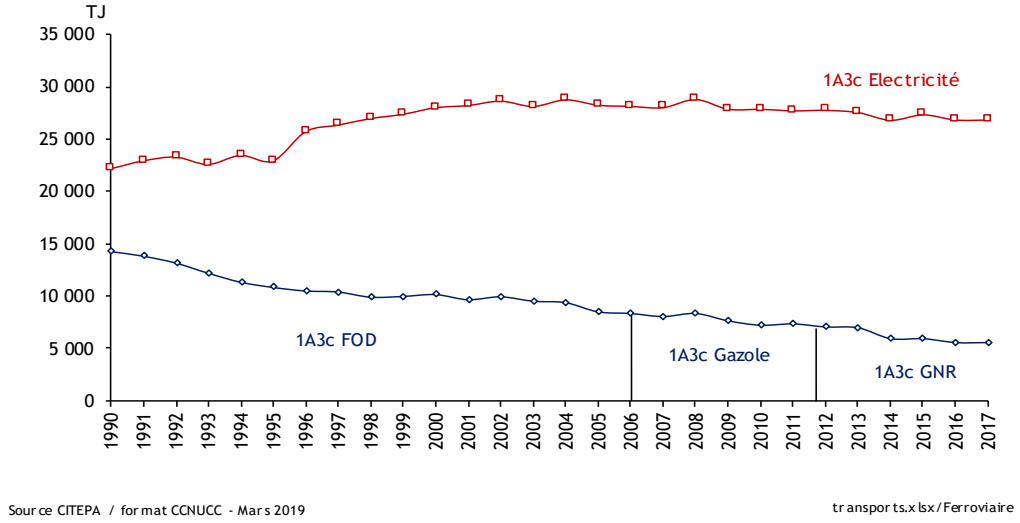
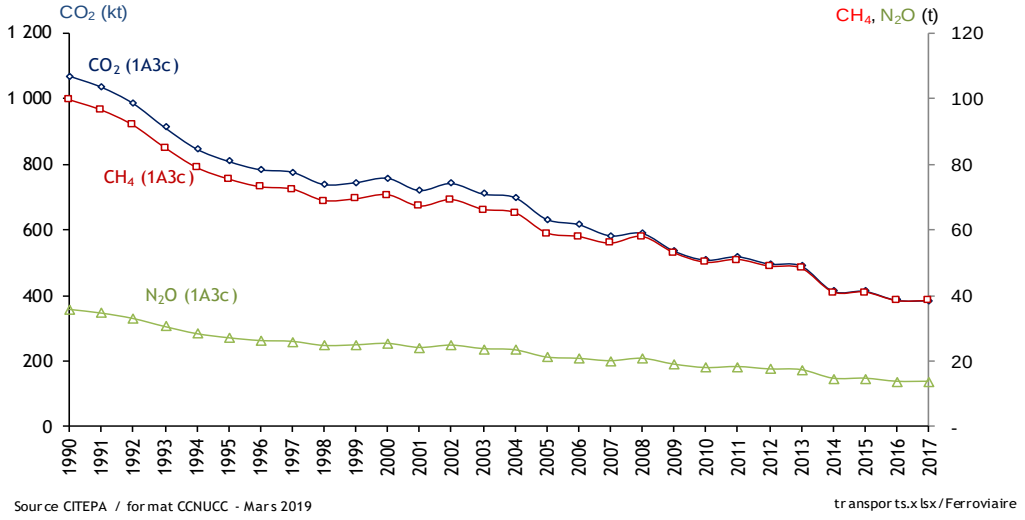
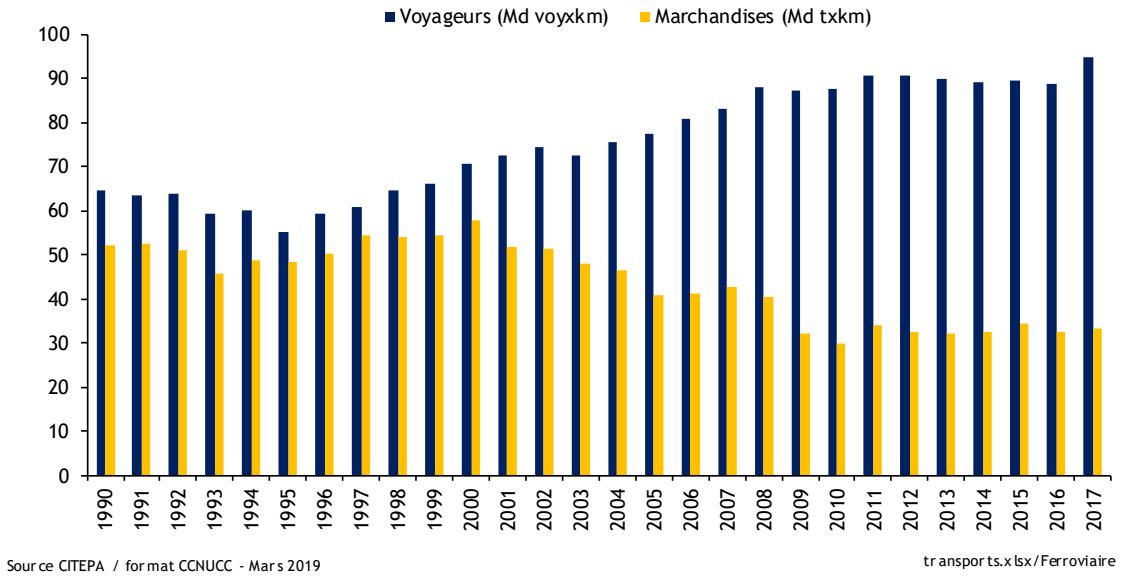


Figure 45 : Emissions de gaz à effet de serre du transport ferroviaire en France métropolitaine



La baisse des consommations et des émissions est décorrélée des trafics car les engins à propulsion diesel sont remplacés par des engins à propulsion électrique.

Figure 46 : Trafics ferroviaires de passagers (en Milliard de voyageursxkilomètres) et de marchandises (en Milliard de tonnesxkilomètres)



3.2.7.1.4 Transport maritime et voie navigable (1A3d)

La méthode appliquée est de rang GIEC 1.

Cette catégorie regroupe les émissions de la combustion de différentes activités :

- le transport des biens et des personnes par voie maritime entre 2 ports français,
- le transport de marchandises sur les voies navigables intérieures (fleuves, canaux, etc.).

Transport maritime

L'utilisation de combustibles fossiles dans les équipements de propulsion des navires engendre comme tout phénomène de combustion des émissions dans l'atmosphère. Les éventuelles émissions liées à d'autres phénomènes (fuites diverses au remplissage et au chargement de produits solides, liquides ou gazeux, des systèmes frigorifiques, etc.) ne sont pas prises en compte faute d'informations.

En application des règles convenues dans le cadre des conventions internationales mais également de la particularité de la répartition du territoire français hors Europe, il est nécessaire de décomposer le trafic maritime en sous-ensembles relatifs :

- Au trafic domestique, liaisons entre deux ports d'un même pays ;
- Au trafic international, liaisons entre deux ports dont l'un est situé dans un pays étranger.

Le pavillon, la nationalité de l'armateur, etc. ne sont pas des critères déterminants du pays auquel les émissions sont affectées.

L'activité de transport maritime est caractérisée par la consommation de combustibles. Bien que cette dernière diffère selon le type de navire, sa jauge et les diverses phases de navigation (croisière, approche/départ, stationnement dans les ports), les inventaires nationaux s'appuient actuellement sur la consommation totale de combustibles. Une distinction plus fine selon les paramètres cités ci-dessus est certainement plus pertinente vis-à-vis des émissions d'une zone particulière telle qu'un port, un estuaire, une liaison, etc.

Le CPDP [14] communique chaque année les consommations pour la métropole de diesel marin léger et de fioul lourd des soutes françaises et internationales. La même référence renseigne globalement les soutes pour l'Outre-mer y compris les COM (pas de distinguo national/international). Il est utile de rappeler que :

- Les soutes n'incluent pas les avitaillements sous douane destinés aux bateaux de pêche, aux caboteurs ainsi qu'aux engins et matériels flottants ;
- La distinction entre les soutes françaises et internationales est établie en fonction du pavillon du navire, sachant que les navires étrangers autorisés à transporter pour le compte d'affréteurs français sont pris en compte avec les soutes françaises.

La DIMAH [167] fournit des données équivalentes jusqu'en 2000 pour l'Outre-mer y compris les COM. Pour ces territoires, l'absence de données détaillées après cette date est palliée par l'hypothèse d'une structure inchangée dans la répartition des combustibles par type d'usage. Les écarts engendrés sont faibles en valeur absolue compte tenu des quantités en jeu et du bouclage sur le bilan énergétique global de chacun de ces territoires.

La répartition du trafic entre liaisons nationales et internationales est complexe à établir car les données existantes ne permettent pas d'en faire durablement la distinction. L'absence de données détaillées concernant la part des ventes des soutes maritimes affectée au trafic domestique au regard de celles affectées au trafic international est palliée par l'hypothèse d'une répartition inchangée, établie selon une procédure de type bottom-up décrite ci-après pour l'année de référence 2005.

Pour les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE, les parts relatives de consommations de combustibles du trafic domestique vis-à-vis des consommations globales sont établies selon le bilan d'énergie réalisé au CITEPA et après consultations des observatoires d'énergie locaux. Ces valeurs sont les suivantes :

Guadeloupe	100%	**Martinique**	100%	**La Réunion**	50%
Guyane	50%	**Mayotte**	31%	**Saint-Martin**	100%

De même pour les Collectivités d'Outre-Mer (COM), les valeurs sont les suivantes :

Nouvelle-Calédonie	100%	**Saint-Barthélemy**	100%	**Wallis-et-Futuna**	50%
Polynésie française	50%	**Saint-Pierre-et-Miquelon**	50%		

Procédure bottom-up pour l'année de référence 2005 de discernement des ventes relatives au trafic maritime domestique et trafic maritime international

En principe deux composantes contribuent aux émissions de la navigation maritime domestique :

- La part des « soutes maritimes françaises » (c'est-à-dire des pavillons français) dont les consommations de carburant correspondent à des liaisons entre deux ports français (cabotage ou escale technique) ;
- La part des « soutes maritimes internationales » (c'est-à-dire des pavillons étrangers) dont les consommations de carburant correspondent à des liaisons entre deux ports français (cabotage ou escale technique).

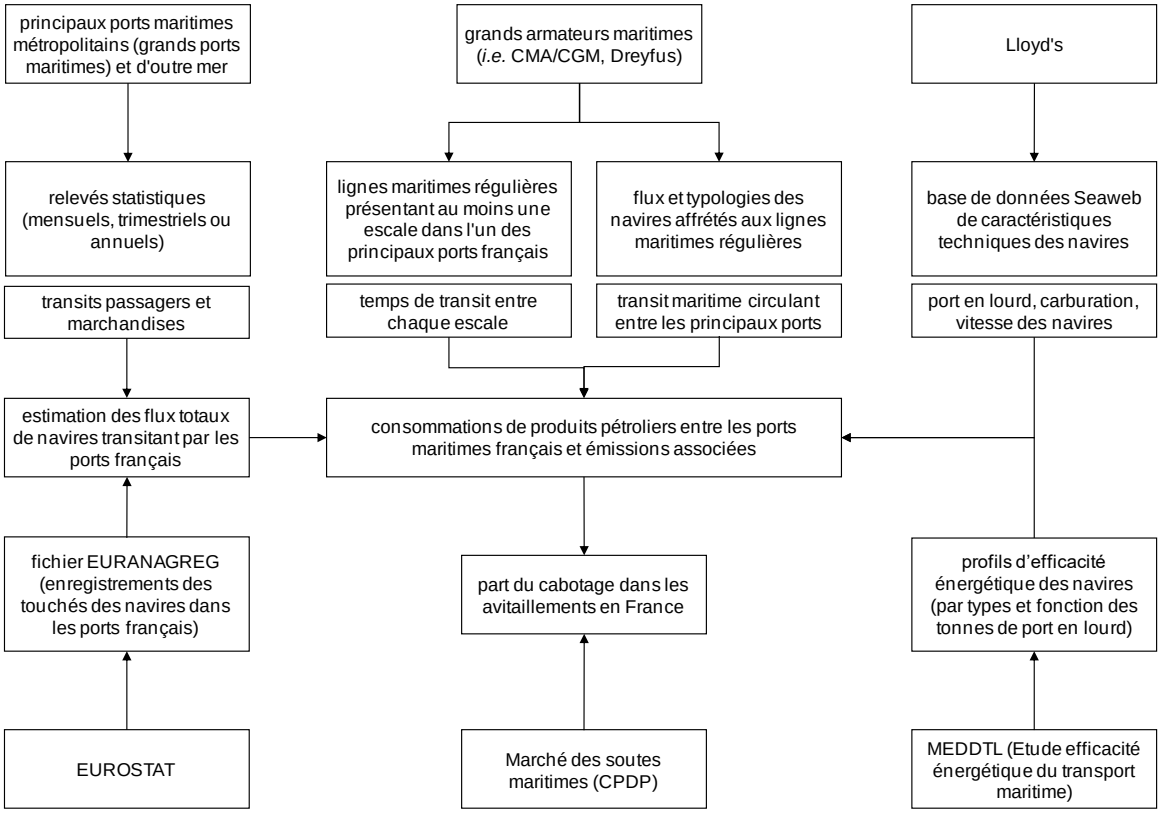
Les sources d'information identifiées pour estimer la part des avitaillements en France consacrée à la navigation domestique en 2005 proviennent :

- Des grands armateurs maritimes (eg CMA/CGM, Dreyfus) : couvrant une part importante du trafic maritime international. Ces acteurs exploitent des navires affectés à des lignes régulières (l'essentiel du transport des produits finis) et à du transport à la demande

(l'essentiel du transport des matières premières). Pour les lignes régulières, les escales intermédiaires sont précisées dans le cadre de la communication commerciale des opérateurs, ainsi que le temps de transit entre chacune d'entre elles. Pour le transport à la demande, il est possible d'obtenir également les itinéraires consolidés des navires.

- De la Lloyd's : la base de données Seaweb [445] à laquelle le Ministère chargé de l'environnement a accès permet de connaître toutes les spécifications techniques des navires à partir de leur nom ou de leur identifiant OMI. Des informations, telles que le port en lourd des navires (c'est-à-dire leur capacité maximale d'emport en tonnage), leur puissance ou leur vitesse moyenne, peuvent y être aisément collectées via des requêtes d'export automatique.
- De l'Office statistique des Communautés européennes (EUROSTAT) : conformément à la Directive 1995/64 CE relative au relevé statistique des transports de marchandises et de passagers par mer, la France dispose via EUROSTAT de fichiers d'information dont l'un dit « EURANAGREG » [444] permet de recenser par port le nombre de touchés effectué par navire sur une période donnée.
- Des Grands Ports Maritimes métropolitains et d'outre-mer (GPM) : les relevés statistiques de ces différents ports sont disponibles pour la plupart en ligne et permettent de collecter sur une période donnée des informations précises quant aux transits de marchandises et de passagers dans chacun d'entre eux.
- Du Ministère en charge de l'environnement : l'étude dédiée à l'efficacité énergétique du transport maritime réalisée en 2008/09 propose une approche détaillée présentant des facteurs de consommation spécifiques à chaque type de navire en fonction de son port en lourd tout au long de son exploitation [443]. Des jeux d'indicateurs de consommation d'énergie sont adossés à chacun des profils identifiés ;
- Du Comité Professionnel du Pétrole (CPDP) : dans son rapport annuel [14], cette structure propose les bilans des marchés des soutes maritimes françaises et internationales qu'il détaille par port.

L'approche retenue pour quantifier les ventes associées au trafic domestique se base sur les consommations réelles de carburant dont la quantification est effectuée en bottom-up quasi-intégral (trafics réels, reconstitution statistique de la flotte navigante) :



L'estimation des consommations de produits pétroliers destinés au cabotage et de leurs émissions repose sur la caractérisation fine des activités des lignes régulières entre les ports français qu'il convient d'ajuster en fonction du poids relatif de ces trafics en regard de l'activité totale des ports. Le croisement de cette estimation avec les bilans du marché des soutes maritimes françaises et internationales permet d'en extraire les parts respectives affectées à la navigation domestique.

Cette part de trafic maritime domestique est ramenée en % des ventes des « soutes françaises » (c'est-à-dire pavillon français) lors de l'extrapolation aux autres années et en affectant 100 % des « soutes internationales » (c'est-à-dire pavillons étrangers) au trafic international.

Jusqu'en 2008, la part des « soutes françaises » affectée au trafic domestique était estimée à 4 % quelle que soit l'année, sur la base d'une étude réalisée en mer Méditerranée en 1993 relative à l'année 1990 [133]. Les travaux menés sur une zone étendue à l'ensemble des côtes françaises pour l'année 2005 renvoient par cette approche un équivalent de 6,2 % des soutes françaises attribuées au trafic domestique en 2005.

Voie navigable

Deux sous-secteurs se distinguent dans ce chapitre : les bateaux de plaisance (voiliers, petits bateaux et autres embarcations personnelles) et les bateaux dédiés au transport de marchandises de la navigation intérieure (trafic fluvial). Les bateaux de pêche ne sont pas inclus ici, mais dans le secteur pêche (cf. OMINEA_1A4c_fishing).

L'estimation des consommations et les facteurs d'émission utilisés étant différents, ces deux activités sont considérées séparément :

- **Les consommations de carburant des bateaux de plaisance.** Les consommations sont estimées à partir des données de la CCTN [31] qui fournit les consommations attribuées à la plaisance et autres engins. Le parc d'engins à motorisation essence est reparti entre 25% de moteurs 2 temps et 75% de moteurs 4 temps.
    - Gazole : Les consommations de gazole dues aux trafics de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par la CCTN [31] (ligne divers), la consommation de gazole attribué aux engins du secteur résidentiel/tertiaire et à la consommation de gazole du secteur ferroviaire. A noter que le secteur ferroviaire n'est inclus dans ces statistiques que sur la période 2006-2010 car jusqu'en 2005 le ferroviaire n'utilisait que du fioul domestique (FOD) et, à partir de 2011, du gazole non-routier (GNR), ces deux combustibles n'entrant pas dans le champ « gazole routier » de la CCTN.
    - Essence : Les consommations d'essence dues aux trafics de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par la CCTN [31] (ligne divers), les consommations d'essence attribuées aux engins des secteurs résidentiel/tertiaire et agriculture/sylviculture. La consommation d'huile 2 temps mélangée et brulée avec l'essence est calculée en prenant en compte l'hypothèse d'un mélange à hauteur de 3 % en volume.
- **Les consommations de carburant du transport fluvial.** Les activités liées au trafic fluvial sont issues des données de la CCTN [670] qui les fournit en tonnes x kilomètres attribuées d'une part au transport domestique et d'autre part au transport international. Les consommations sont ainsi calculées par la multiplication de ces données d'activité par l'intensité énergétique. Cette dernière donnée est exprimée en tonne de carburant consommé par tonnes x kilomètres de marchandise transportée. Ceci est obtenu en faisant évoluer les ratios entre les consommations de carburant en tonnes fournies jusqu'à l'année 1998 par le CPDP [14] et les données de trafic de la CCTN [670]. Les engins mis en œuvre sont supposés utiliser uniquement comme carburant :
    - Fioul domestique (FOD) : Le FOD est utilisé jusqu'en septembre 2011 (l'hypothèse prise en compte est que deux tiers de la consommation totale en 2011 correspond à la consommation de FOD) ;

- Gazole non routier (GNR) : Le GNR est utilisé à partir de septembre 2011 (l'hypothèse prise en compte est qu'un tiers de la consommation totale en 2011 correspond à la consommation de GNR). Avec le passage au GNR, l'incorporation d'agro-carburant est donc considérée dans l'activité de ce sous-secteur.

Figure 47 : Emissions de gaz à effet de serre du transport maritime domestique (périmètre Kyoto).

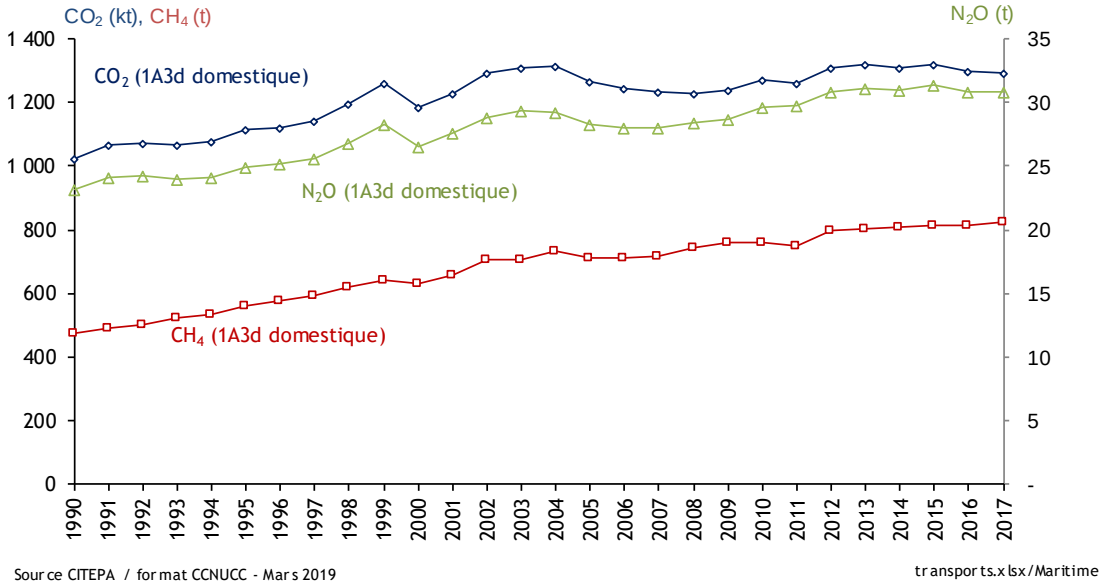
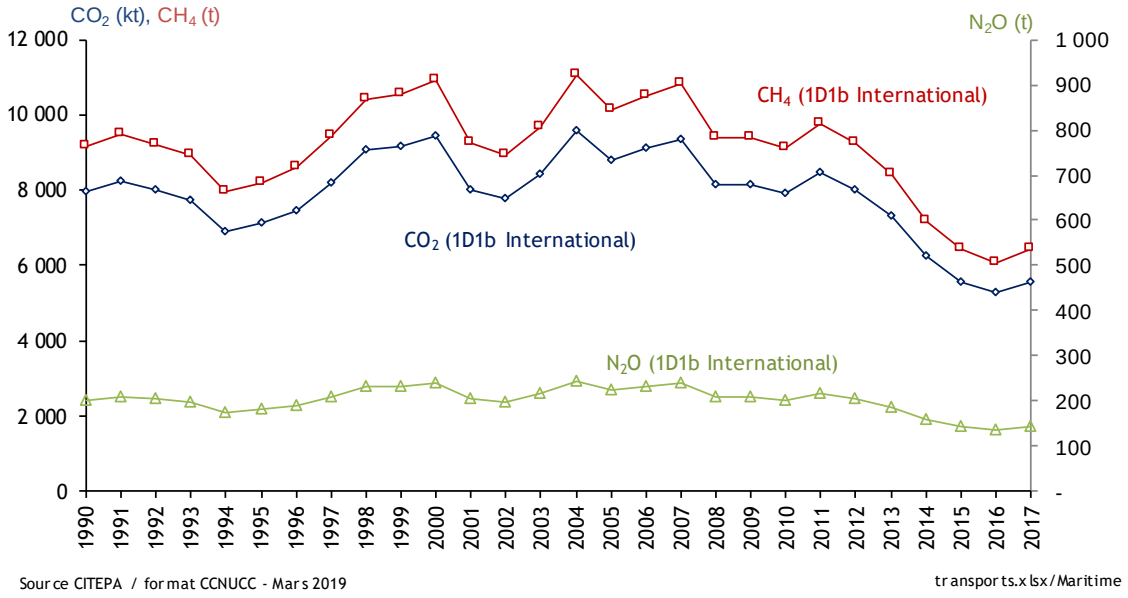


Figure 48 : Emissions de gaz à effet de serre du transport maritime international (hors total).



Les consommations du trafic maritime domestique ont augmenté notablement depuis 1990 à cause de l'augmentation de la consommation d'essence dans les bateaux de plaisance, alors que pour le trafic international, les fluctuations sont dues au contexte économique et la baisse depuis 2007 est liée à la concurrence des ports européens.

Figure 49 : Consommations d'énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine et en Outre-mer du transport maritime domestique et international.

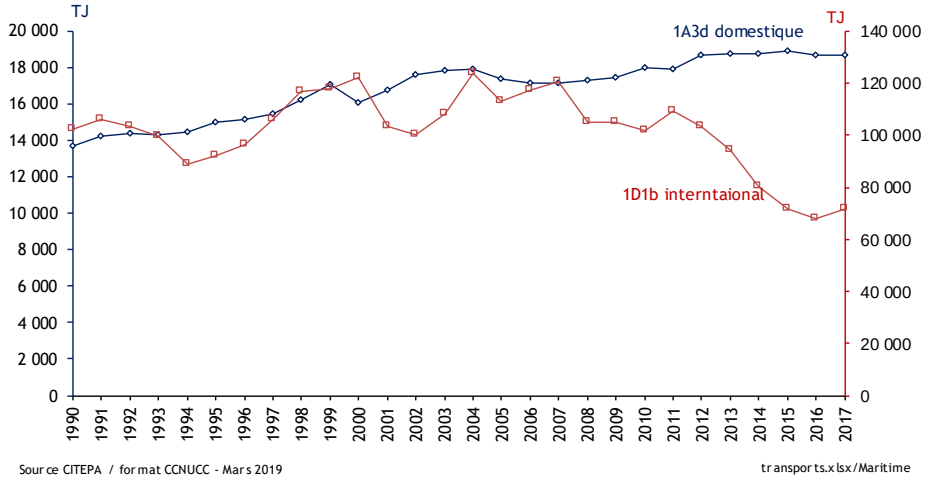


Figure 50 : Consommations des différentes énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine et en Outre-mer du transport maritime domestique (1A3d).

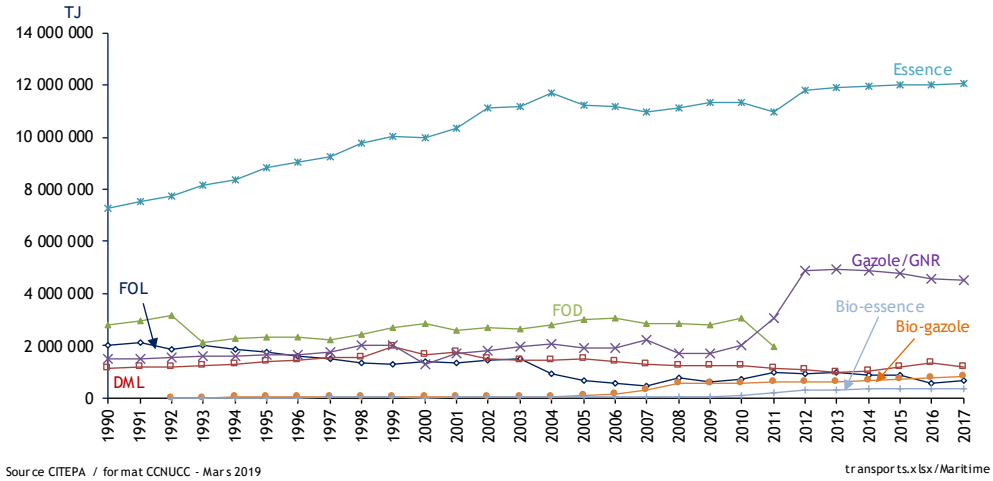
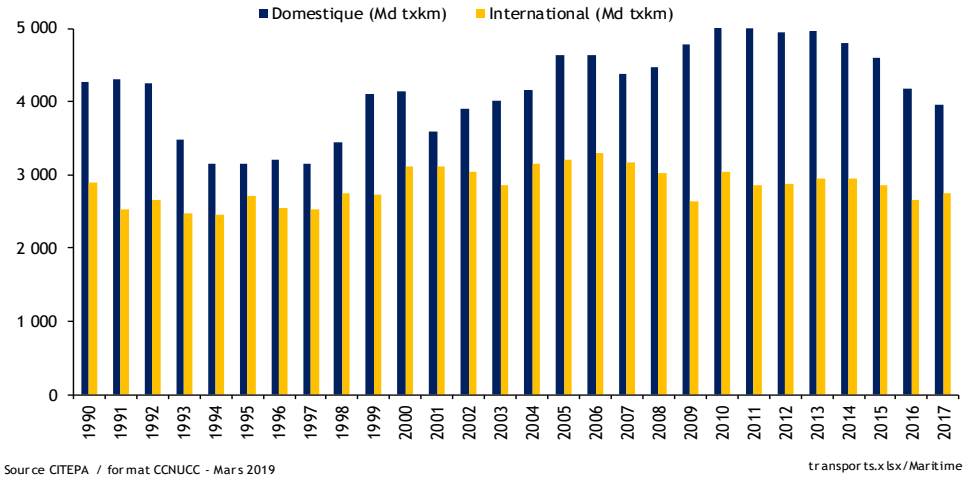


Figure 51 : Répartition des tonnesxkilomètres du transport fluvial de marchandises entre la partie domestique et internationale.



☞ *Les activités militaires sont exclues et la pêche est traitée dans le CRF 1.A.4.c. (chapitre 3.2.7).*

3.2.7.1.5 Stations de compression du réseau de transport et de distribution du gaz (1A3e)

De l'ordre d'une quarantaine de stations de compression sont dénombrées. Longtemps, les motocompresseurs ont été nettement privilégiés devant les électrocompresseurs et les turbocompresseurs. Les stations de compression ont fait l'objet d'un programme de rénovation important à partir de 2006 dans lequel la mise en place d'électrocompresseurs a été privilégiée

Ce secteur concerne la combustion de gaz naturel par les stations de compression du réseau de transport et de distribution du gaz naturel en France métropolitaine.

Figure 52 : Consommations d'énergies (gaz naturel) en France métropolitaine et en Outre-mer

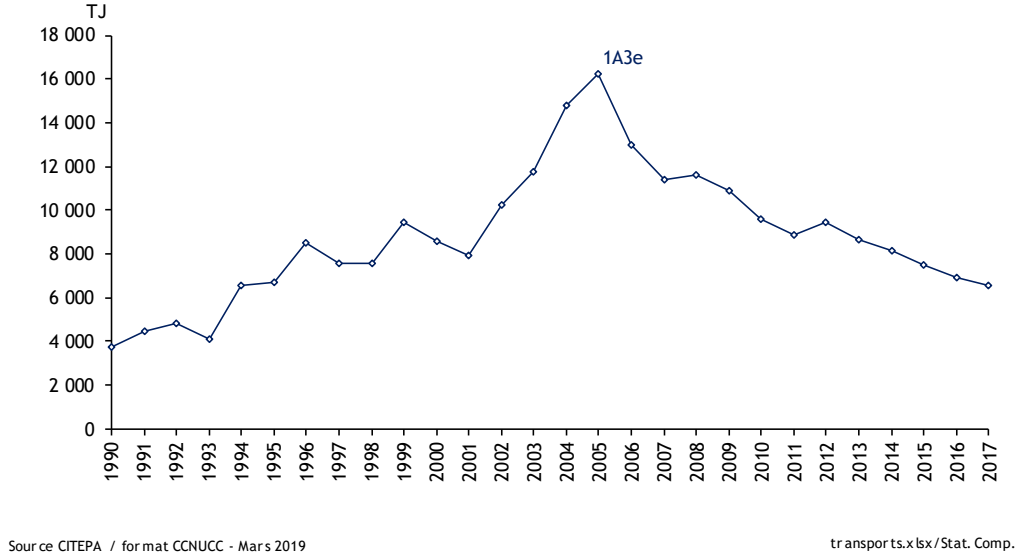
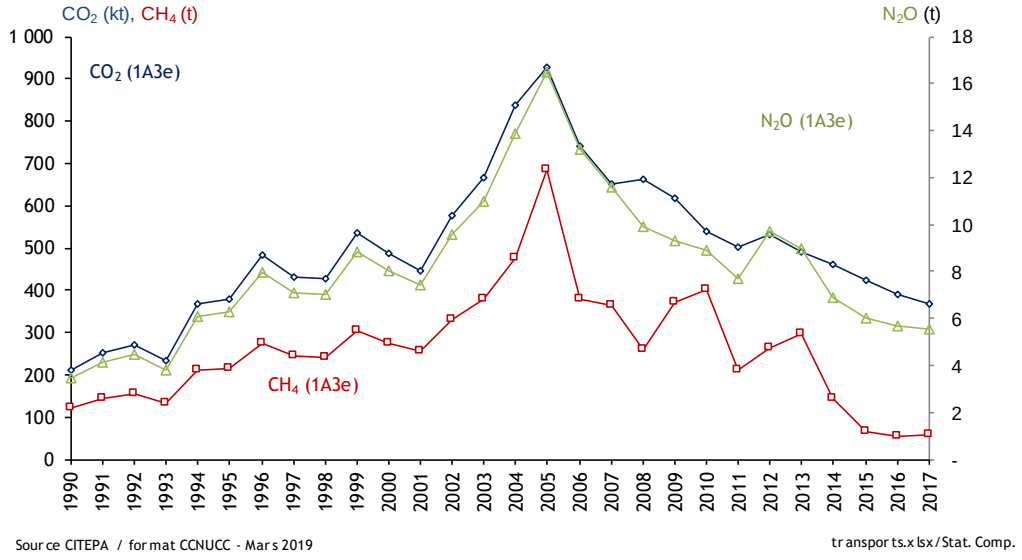


Figure 53 : Emissions de gaz à effet de serre émises par les stations de compression (périmètre Kyoto).



3.2.7.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

3.2.7.2.1 Transport aérien (1A3a)

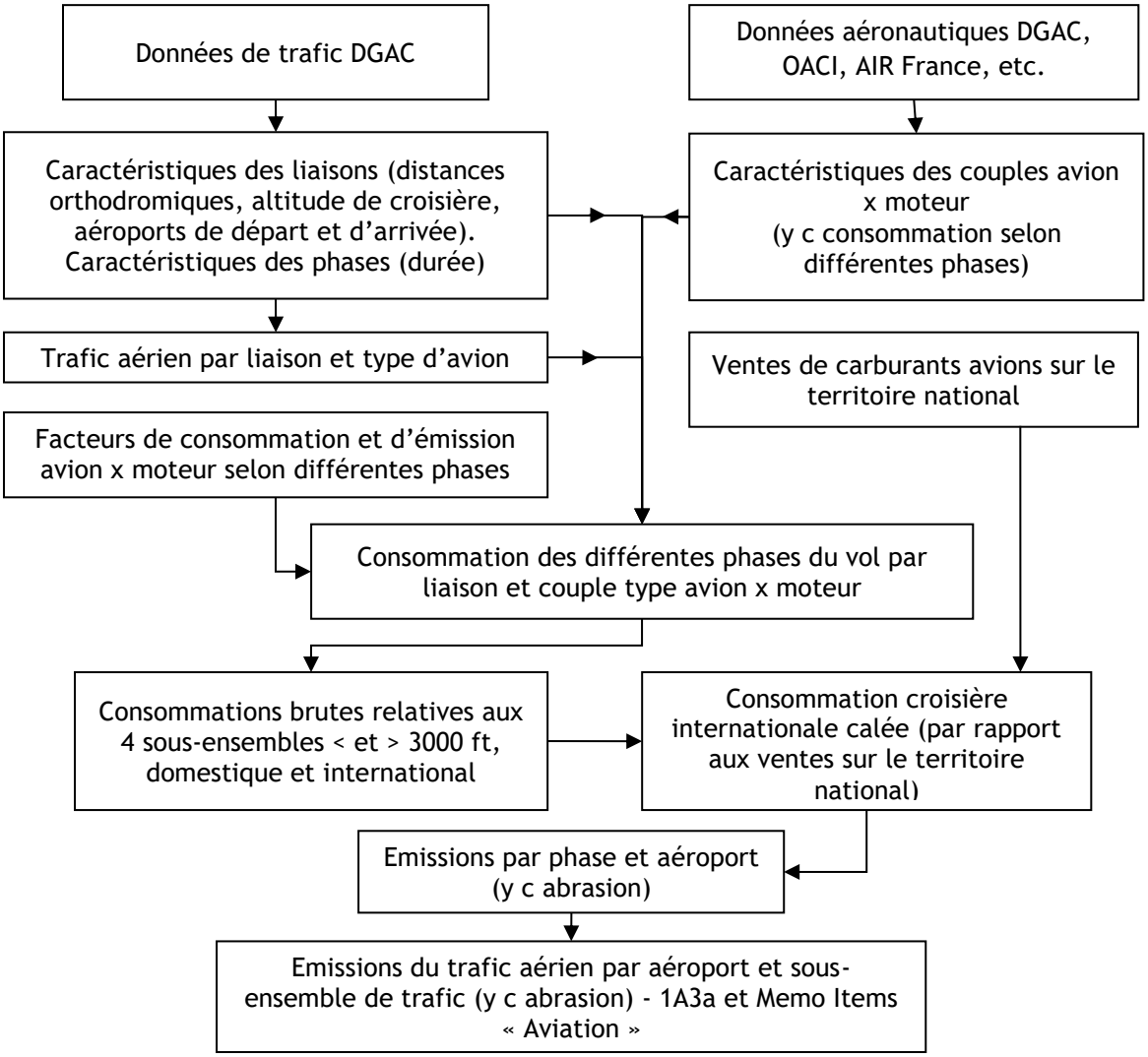
La méthode appliquée est de rang GIEC 3a.

L'activité relative à la combustion est donc déterminée pour les divers éléments fins (par type de couple avion x moteur, phase, liaison, etc.). Face au volume important de données (le seul fichier de trafic des vols commerciaux par liaison type comporte plus d'un million d'enregistrements par année), et aux divers paramètres en relation, le traitement des données est réalisé au moyen d'une application informatique développée conjointement avec la DGAC, qui constitue un outil commun pour les inventaires d'émissions nationaux et divers rapportages de la DGAC.

Les émissions sont déterminées chaque année aussi bien pour les vols commerciaux et non commerciaux de manière à renseigner les différents sous-ensembles requis par le rapportage des inventaires. Des résultats individualisés par aéroport peuvent également être déduits pour des applications locales. De manière analogue, un traitement approprié permet de déterminer au sein du trafic international, la fraction correspondant aux liaisons intra UE.

Les émissions non liées à la combustion (abrasion des pneus, des freins, de la piste) sont déterminées en fonction du nombre de cycles LTO au moyen de facteurs d'émission.

Figure 54 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du secteur aérien.



Emissions de CO_2

Le facteur d'émission retenu est de 71,6 kg CO_2/GJ (cf. partie générale combustion), pour le kérosène et 70,5 kg CO_2/GJ pour l'essence aviation [682]. Les émissions sont calculées à partir des consommations d'énergie déterminées pour l'entité considérée (type de trafic, d'aéronef, d'aéroport, etc.).

Emissions de CH_4

Selon les hypothèses des lignes directrices du GIEC [903], il est supposé que les émissions de CH_4 n'aient lieu que pendant les phases LTO et sont estimées à 10% des émissions des COV totaux.

Emissions de N_2O

Un facteur d'émission de N_2O moyen est utilisé : 2,0 g/GJ pour le LTO et pour la croisière [903].

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

Figure 55 : Evolutions des facteurs d'émissions de gaz à effet de serre du transport aérien domestique (périmètre Kyoto)

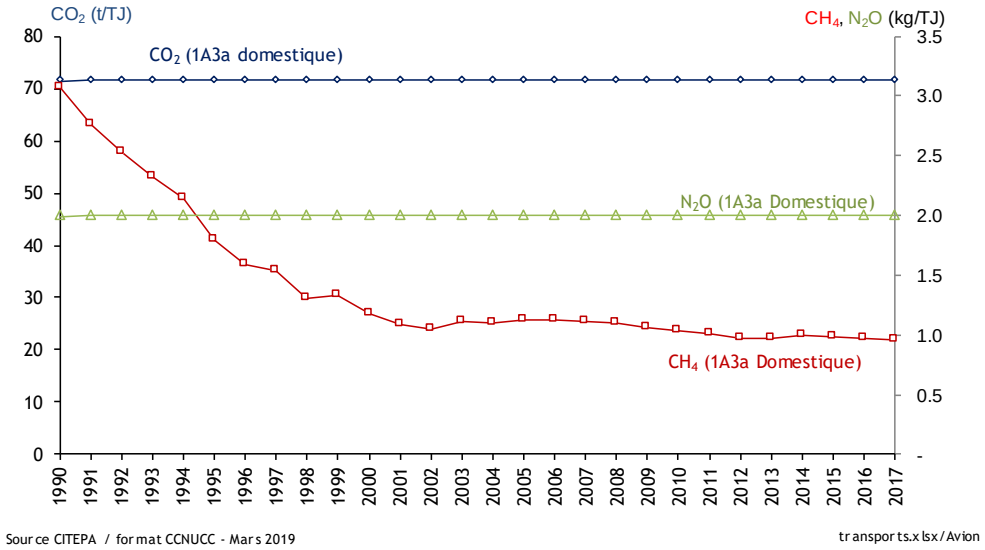
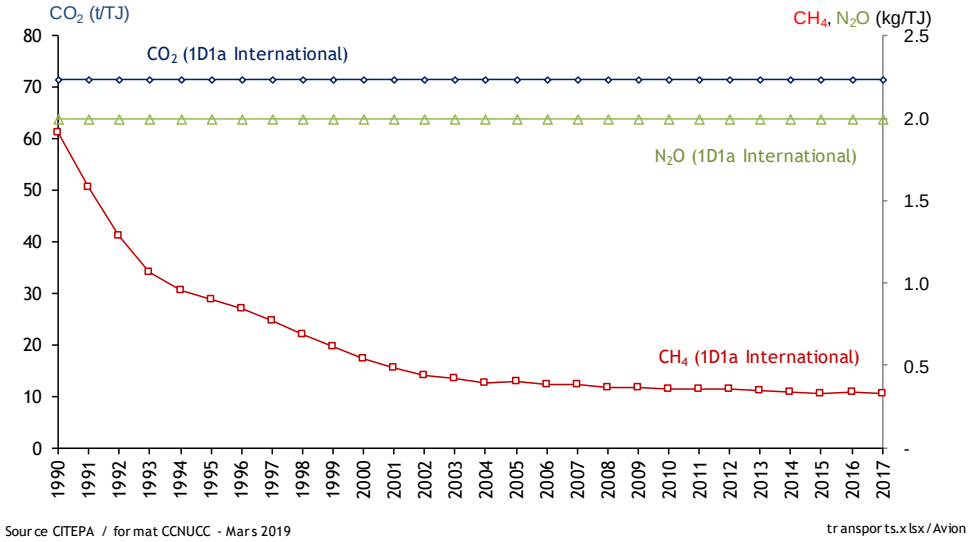


Figure 56 : Evolutions des facteurs d'émissions de gaz à effet de serre du transport aérien international (hors total)



3.2.7.2.2 Transport routier (1A3b)

La méthode appliquée est :

CO_2 :

Méthode de rang 3 (modèle d'émissions COPERT), avec des facteurs d'émission de CO_2 nationaux mesurés en 2017 pour le gazole et l'essence. Un facteur d'émission spécifique national est utilisé pour le CO_2 du GNV. Pour le GPLc, il s'agit du facteur d'émission par défaut de COPERT.

CH_4, N_2O :

Méthode de rang 3 (modèle d'émissions COPERT), avec des facteurs d'émission prenant en compte les conditions de trafic national.

Introduction

D'ordinaire, les instances internationales classent dans des catégories différentes les émissions liées à l'utilisation de l'énergie et les émissions liées aux autres causes. Dans le cas du transport routier, elles dérogent en partie à cette règle et classent dans la même catégorie 1.A.3.b toutes les émissions dues au transport routier à l'exception :

- des fluides frigorigènes rapportés dans la catégorie 2.F.1,
- des émissions de CO_2 liées à l'utilisation de l'urée dans les systèmes de catalyse déNOx SCR (Selective Catalyst Reduction), rapporté dans la catégorie CRF 2.D.3.4 « autres usages non énergétiques de produits »,
- les émissions de CO_2 liées à la combustion des huiles 4 temps (usage non énergétique), rapportées dans la catégorie CRF 2.D.1 (les autres polluants sont rapportés en NFR 2.G).

Les données pour le calcul des émissions du transport routier

L'estimation des émissions des véhicules routiers liées à la combustion/évaporation fait appel à de très nombreux paramètres relatifs :

- Au parc de véhicules :
  - Type de véhicule : véhicule particulier (VP), véhicule utilitaire léger (VUL), poids lourd (PL), bus et cars, deux-roues,
  - Type de motorisation / carburant : essence, diesel, bicarburation, GPLc, GNV, etc.,
  - Taille, masse ou cylindrée,
  - Age du véhicule et conformité aux normes environnementales notamment EURO (donc de la présence d'équipements tels que pot catalytique, filtre à particules, injection, type de réservoir, climatisation),
- A l'utilisation du véhicule :
  - Répartition par type de voie / comportement routier (autoroute, route, urbain),
  - Vitesse moyenne,
  - Pente de la route,
  - Taux de chargement des véhicules lourds,
  - Distance annuelle parcourue,
  - Longueur moyenne du trajet,

- A divers autres :
  - Température ambiante,
  - Bilan des ventes de carburants y compris la part d'agro-carburants.

L'estimation des émissions des véhicules routiers liées à l'abrasion et aux fluides frigorigènes fait appel aux paramètres suivants :

- Les émissions de particules, de métaux lourds et de HAP provenant de l'usure de divers organes du véhicule (frein et pneumatiques), d'une part, et provenant de l'érosion du revêtement routier, d'autre part, sont basées sur les parcs dynamiques (i.e. trafic) issus du modèle COPERT [999] et d'une étude du WBCSD [499].
- Les émissions de HFC utilisées comme fluide frigorigène pour la climatisation des véhicules sont déterminées à partir des travaux réalisés par l'Ecole des Mines de Paris [61] considérant les quantités de fluide mises en jeu à partir des caractéristiques des équipements, des données de parc et d'une hypothèse de renouvellement du fluide tous les trois ans (cf. catégorie CRF 2.F).

Les modèles de calculs pour les émissions à l'échappement/évaporation

Deux modèles sont couplés pour déterminer les émissions : le modèle OPALE pour le parc statique (nombre) des véhicules et le modèle COPERT pour les émissions.

1/ Le modèle OPALE (Ordonnancement du Parc Automobile en Liaison avec les Emissions)

Il a été développé par le CITEPA pour établir un parc statique détaillé des véhicules immatriculés en France à partir des données statistiques disponibles [54, 55, 56, 57, 58, 60, 311, 387] qui soit compatible avec le modèle COPERT (COmputer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic) [999].

- Calcul du parc statique pour les VP

Le parc global de référence retenu pour les VP est celui établi par le CCFA [54] qui, de l'avis de nombreux experts, est le plus représentatif et, contrairement aux données administratives, tient mieux compte des véhicules en fin de vie retirés du parc.

La structure plus fine nécessaire pour le calcul des émissions est établie à partir des immatriculations de véhicules de particuliers neufs par cylindrée [56], introduites dans une base de données au CITEPA depuis 1960.

Les taux de survie annuels déterminés à partir des deux jeux de données précédents (parc par âge et immatriculations) sont de facto appliqués uniformément à cette structure fine de véhicules.

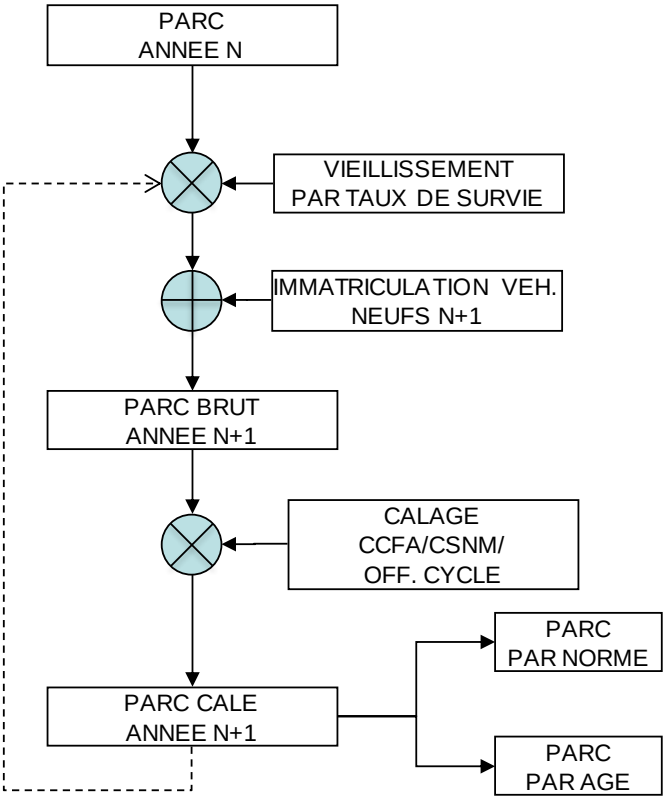
Pour les VP roulant au GPL ou au GNV, la structure fine est obtenue en appliquant la répartition fine des véhicules essences, car en général ces véhicules ont une double motorisation dont la motorisation essence.

- Calcul du parc statique pour les VUL

Comme pour les VP, le parc global de référence est celui établi par le CCFA [54].

La structure plus fine nécessaire est établie à partir des immatriculations de véhicules utilitaires légers neufs par PTAC [55], introduites dans une base de données au CITEPA depuis 1960.

Les taux de survie annuels déterminés à partir des deux jeux de données précédents (parc par âge et immatriculations) sont de facto appliqués uniformément à cette structure fine de véhicules.



Logigramme du processus d'estimation du parc statique dans le modèle OPALE

- Calcul du parc statique pour les PL (y compris les bus et cars)

Comme pour les VP et VUL, le parc global de référence est celui établi par le CCFA [54] et le calage se fait en appliquant une fonction de pondération en fonction de l'âge pour éviter entre autres de recaler les véhicules nouvellement immatriculés.

La structure plus fine nécessaire est établie à partir des immatriculations des poids lourds, des bus et des cars neufs par PTAC [55], introduites dans une base de données au CITEPA depuis 1960.

Les taux de survie sont ceux de la littérature [311].

Pour les Bus roulant au GNV, la structure fine est obtenue en appliquant la répartition fine des PL essences.

- Calcul du parc statique pour les 2 roues

Le parc global de référence est celui établi par le CSNM [57] (jusqu'en 2005) et par l'officiel du cycle [387] (depuis 2007). Le calage se fait en appliquant une fonction de pondération en fonction de l'âge.

La structure plus fine nécessaire est établie à partir des immatriculations des 2 roues neufs par cylindrée [55], introduites dans une base de données au CITEPA depuis 1960. Pour les 2 roues dont la cylindrée est inférieure à 50 cm^3, les immatriculations ne sont disponibles que depuis mi-2004 (date d'obligation d'immatriculation de cette catégorie de véhicules). Avant cette date, il est fait l'hypothèse que les ventes représentent les immatriculations.

Les taux de survie sont ceux de la littérature [311].

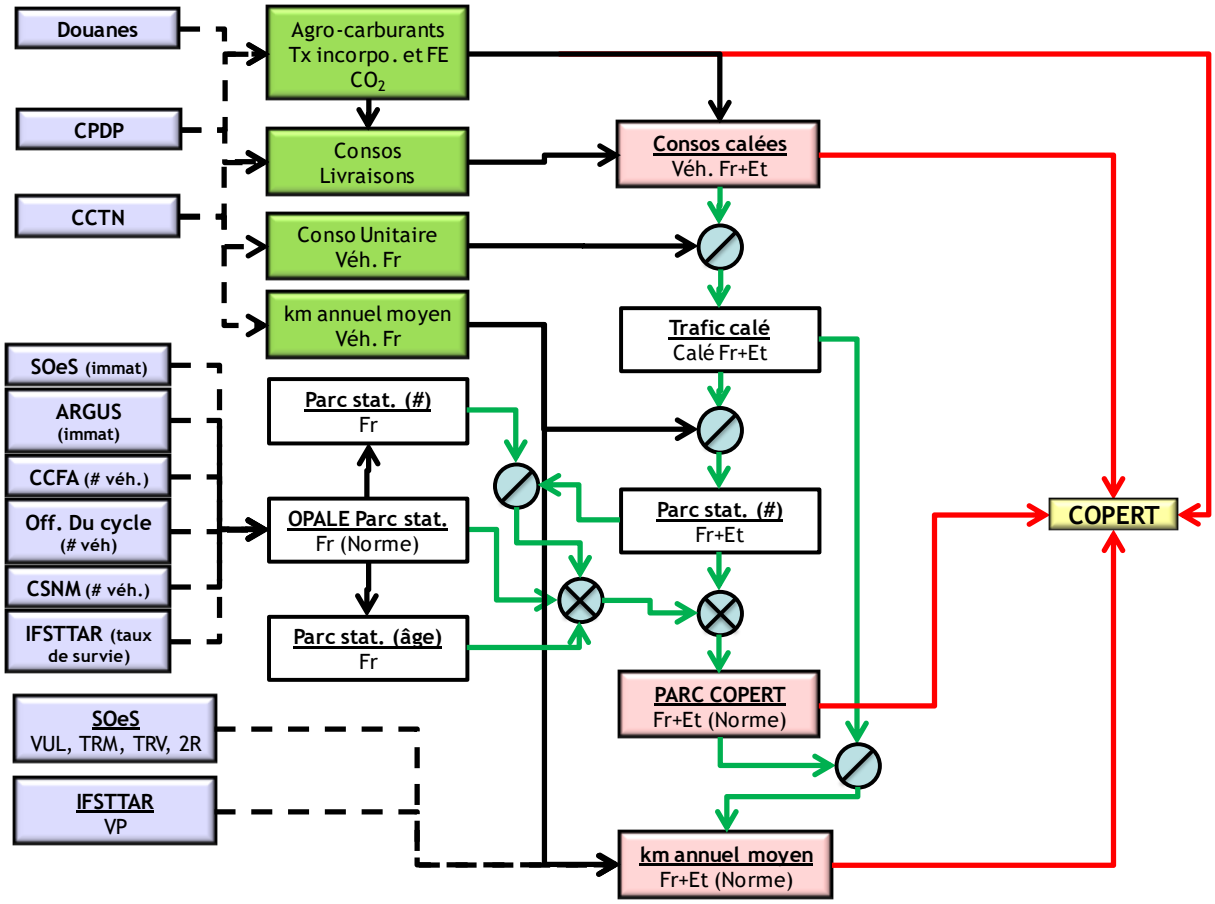
Quel que soit le type de véhicule (VP, VUL, PL, Bus, Car ou 2 roues), hypothèse est faite que 30% des immatriculations qui précèdent la mise en place d'une norme sont conformes à ladite norme [547].

Le parc détaillé (type de véhicule, type de motorisation, cylindrée, rattachement aux normes d'émissions) est alors disponible.

De par son principe de calcul, le modèle OPALE estime donc un parc statique au 31 décembre de chaque année et pour chaque type de véhicules par norme.

Le parc par norme ainsi calculé est le parc des véhicules immatriculés en France. Or les ventes de carburants en France concernent principalement des véhicules français mais aussi des véhicules étrangers.

Il faut donc estimer les parcs statiques et roulants des véhicules français et étrangers roulant sur prise carburant en France.



Logigramme du processus d'estimation des données nécessaires au calcul des émissions dans le modèle COPERT.

Les consommations de carburants, calées sur les ventes en France, par type de véhicules/motorisations ($Conso_{calée,Fr+et}$(type veh, motorisation)) sont estimées à partir des consommations sur le territoire par type de véhicules (Français et étrangers) et par motorisation (($Conso_{territoire,Fr+et}$(type veh, motorisation)) et du solde aux frontières (solde) issues de la CCTN [60].

$$Conso_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) = \frac{Conso_{territoire,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) * \sum_i Conso_{territoire,Fr+Et}(i, motorisation) + solde}{\sum_i Conso_{territoire,Fr+Et}(i, motorisation)}$$

$$i = 2\ Roues, VP, VUL, PL, Bus\ et\ cars$$

Le trafic par type de véhicules et par motorisation calé sur les ventes de carburants en France ($Trafic_{calé,Fr+et}$(type veh, motorisation)) est obtenu en divisant les consommations obtenues précédemment par la consommation unitaire [60] par type de véhicules (français) et par motorisations (Conso $Unitaire_{Fr}$(type veh, motorisation)).

$$Trafic_{calé,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) = \frac{Conso_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation)}{Conso\ Unitaire_{Fr}(type\ veh, motorisation)}$$

Ce trafic, divisé par les kilométrages annuels moyens [60] par type de véhicules (français) et par motorisation (km_{Fr}(type veh, motorisation)), donne le nombre de véhicule (VP, VUL, PL, Bus et cars et les deux roues) circulant sur prise carburant française (Nb $véhicule_{calé,Fr+et}$(type veh, motorisation)).

$$Nb\ véhicule_{calé,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) = \frac{Trafic_{calé,Fr+Et}(type\ veh, motorisation)}{km_{Fr}(type\ veh, motorisation)}$$

L'hypothèse que les véhicules étrangers ayant fait une prise de carburant en France sont plus jeunes que le parc français est appliquée de la façon suivante :

$$Nb\ véhicule_{calé,Fr+Et}(type\ veh, motorisation, âge) = Nb\ véhicule_{OPALE}(type\ veh, motorisation, âge) * \alpha_{type\ veh, motorisation}^{(âge_{max} - âge)}$$

avec $âge_{max}$ = longévité maximum des véhicules (30 ans pour VP et VUL, 24 ans pour les PL, 30 ans pour les bus et cars, 15 ans pour les 2 roues).

Et

$$\sum_{âge} Nb\ véhicule_{OPALE}(type\ veh, motorisation, âge) * \alpha_{type\ veh, motorisation}^{(âge_{max} - âge)} = Nb\ véhicule_{calé,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) = \sum_{âge} Nb\ véhicule_{calé,Fr+Et}(type\ veh, motorisation, âge)$$

Cette hypothèse ne s'applique qu'au VP essence et diesel, VUL essence et diesel, PL diesel et cars diesel.

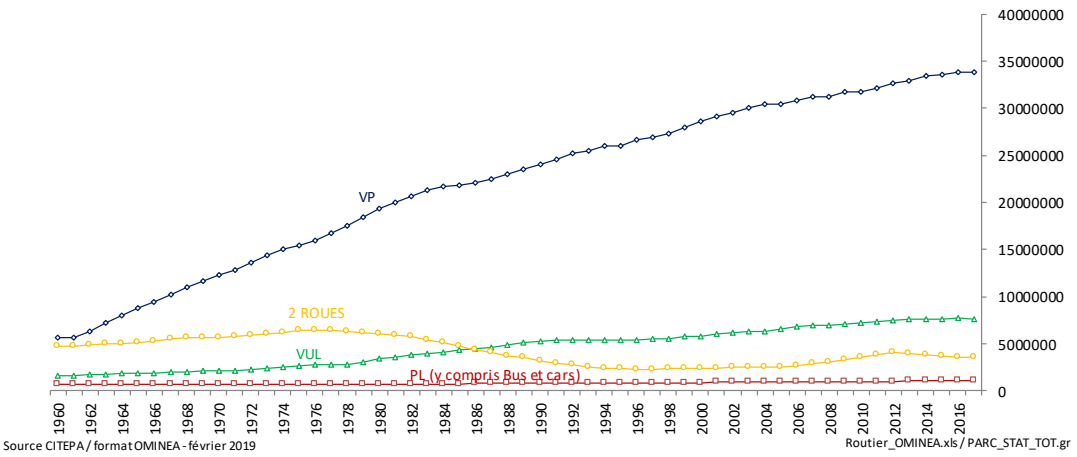
Nous gardons l'hypothèse que les VP GPL, électriques, GNV, les bus diesel et GNV ainsi que les 2 roues sont des véhicules français.

La répartition par norme est obtenue en considérant la norme à la date de première immatriculation correspondante.

Le calcul des émissions est réalisé avec des parcs à mi-année calculés par moyenne arithmétique de deux années consécutives des parcs estimés ci-dessus.

$$Parc_{mi\ année}(N) = \{ Parc_{fin\ année}(N-1) + Parc_{fin\ année}(N) \} / 2$$

Figure 57 : Parc statique (Nombre) des véhicules routiers en Métropole



2/ Le modèle COPERT [999]

Développé au travers de projets européens financés par l'AEE et la Commission européenne, ce modèle est utilisé pour estimer les émissions à l'échappement et par évaporation. Ses données d'entrée sont les paramètres mentionnés précédemment.

Le modèle calcule dans un premier temps la consommation globale de chaque carburant (essence + bio-essence, gazole + bio-gazole, GPLc, GNV) sur la base des divers paramètres renseignés. Le rapprochement de ces consommations calculées avec les ventes de carburants conduit à un processus itératif d'ajustement de certains paramètres jusqu'à obtention de balances énergétiques satisfaisantes. Les valeurs des paramètres sont fixées à partir de diverses études [58, 60, 311]. Des règles logiques sont respectées comme la décroissance de la distance annuelle parcourue en fonction de l'âge du véhicule [547, 548, 549, 550, 551], la hiérarchie des vitesses moyennes sur les différents réseaux [546], etc.

Toutes les valeurs des paramètres et conditions de trafic sont revues et si nécessaire ajustées chaque année. Les principaux paramètres d'ajustement sont :

- Les distances annuelles parcourues pour tous les véhicules pour la période 1960-1989 (et sur toute la période à partir de 1960 pour les véhicules GPLc, GNV et les 2 roues),
- Les vitesses moyennes sur les différents réseaux pour les VP et VUL à partir de 1990, ainsi que les réductions annuelles des consommations unitaires des VP et VUL basées sur les données du « car labelling » [500, 545],
- La pente pour les poids lourds à partir de 1990.

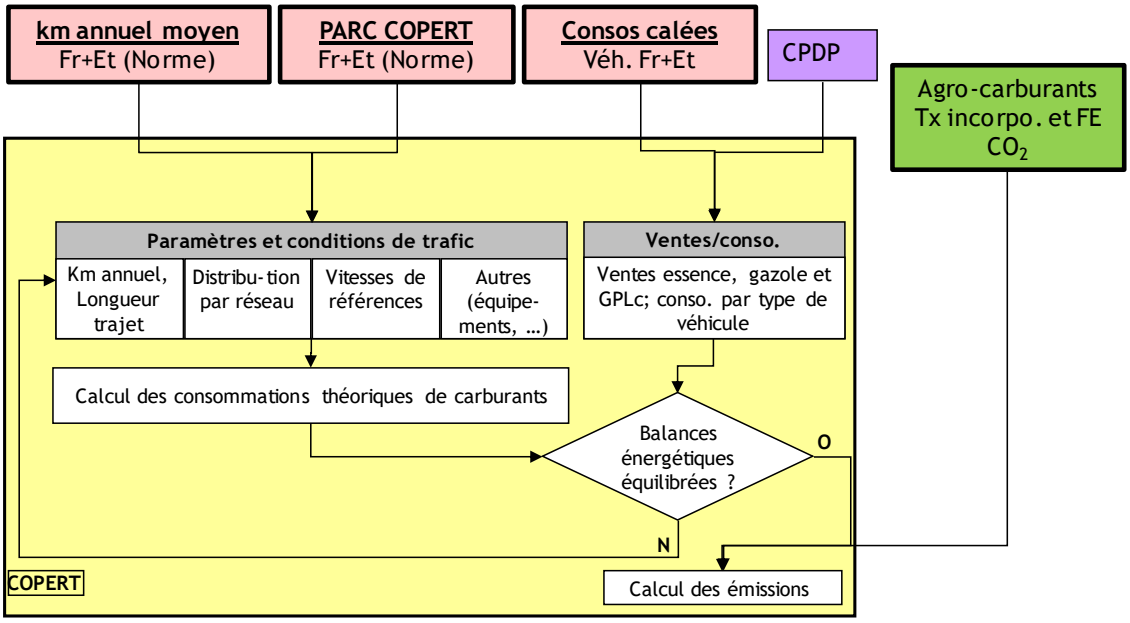
Les bilans énergétiques

Ils servent dans le modèle COPERT d'éléments de calage et de validation globale, par le biais d'un processus d'ajustement itératif entre le calcul théorique COPERT de la consommation de carburant (dépendant des paramètres de circulation) et la valeur statistique entrée[12] (respectivement pour les différents carburants) (cf. logigramme ci-dessous).

La différenciation entre les livraisons sur le territoire français (ventes CPDP [14] auxquelles sont soustraites les usages non routiers) et les consommations sur le territoire français [60] est nécessaire du fait des exigences liées aux spécifications du rapportage des émissions auprès des instances internationales.

En effet, les spécifications des inventaires d'émissions CCNUCC pour les gaz à effet de serre et CEE-NU pour les autres polluants requièrent pour le transport routier un calage énergétique sur les ventes de carburant plutôt que sur l'estimation des consommations de carburant sur le territoire national. Les chiffres de consommation de carburant de la CCTN [60] sont des estimations de consommation sur le territoire français (indépendamment du lieu d'achat du carburant, en France ou à l'étranger). C'est pourquoi, pour les inventaires d'émissions, ces chiffres de consommation de carburant par grand type de véhicules de la CCTN [60] sont recalés sur les livraisons de carburant du transport routier (déterminées comme les livraisons CPDP de carburant auxquelles les consommations des usages non routiers estimées par la CCTN [60] sont soustraites).

[12] Les statistiques énergétiques disponibles (et utilisées dans les inventaires) pour les carburants routiers, correspondent aux données de livraisons de carburants plutôt qu'à des ventes à la pompe. La différence entre les deux valeurs est faible et est due à un décalage temporel de stock(s).



Logigramme du processus d'estimation des émissions dans le modèle COPERT.

Pour ce qui est des données et conditions de circulation, celles-ci concernent :

- Les kilomètres parcourus (trafic) : du fait du recalage des consommations CCTN [60] par rapport aux livraisons pour le routier, et du ratio entre ces consommations et les consommations unitaires de la CCTN [60], le trafic correspond au trafic des véhicules circulant sur prise carburant française. Ces kilomètres parcourus par grand type de véhicule servent de référence pour l'estimation des kilomètres parcourus par type de véhicule défini dans COPERT.

- Les kilométrages annuels moyens par véhicule : la variation des kilométrages annuels moyens en fonction de l'âge des véhicules est prise en compte, d'après les éléments du rapport de l'IFSTTAR [547] pour les VP, et des enquêtes TRM, TRV, VUL et 2R [548, 549, 550, 551] pour les autres types de véhicules. D'autre part, comme indiqué ci-avant, un bouclage sur les kilomètres parcourus (trafic) CCTN [60] ajustés est assuré par grand type de véhicule.

- La répartition du trafic sur les 3 modes (urbain, rural, autoroute) : la répartition du trafic sur les 3 modes par type de véhicule est estimée à partir d'éléments relatifs dans le rapport de l'IFSTTAR [547] et avec un recalage sur la répartition par réseau de la CCTN [60], globale tout véhicule.

- Les vitesses moyennes de référence sur les 3 modes (urbain, rural, autoroute) : finalement de nombreux paramètres et conditions de trafic sont calés et contraints par les statistiques nationales (les ventes de carburant, les kilomètres parcourus, la distribution globale par réseau, le parc global de véhicule). Par conséquent, les degrés de liberté dans l'application du modèle COPERT sont limités. Ainsi, en pratique, c'est in-fine sur les vitesses moyennes de référence que sont effectués les ajustements qui permettent le bouclage de validation entre le calcul théorique COPERT des consommations et le bilan énergie (les livraisons de carburant pour l'usage du transport routier). Toutefois, la variation des vitesses sur les différents réseaux [545] est prise en compte pour refléter au mieux la réalité des conditions de trafic en France.

A ce stade du processus, le kilométrage et donc le parc roulant (i.e. trafic = véhicules x kilomètres parcourus) sont disponibles ainsi que le bilan énergétique par type de véhicule.

Figure 58 : Kilométrage moyen des véhicules routiers en Métropole

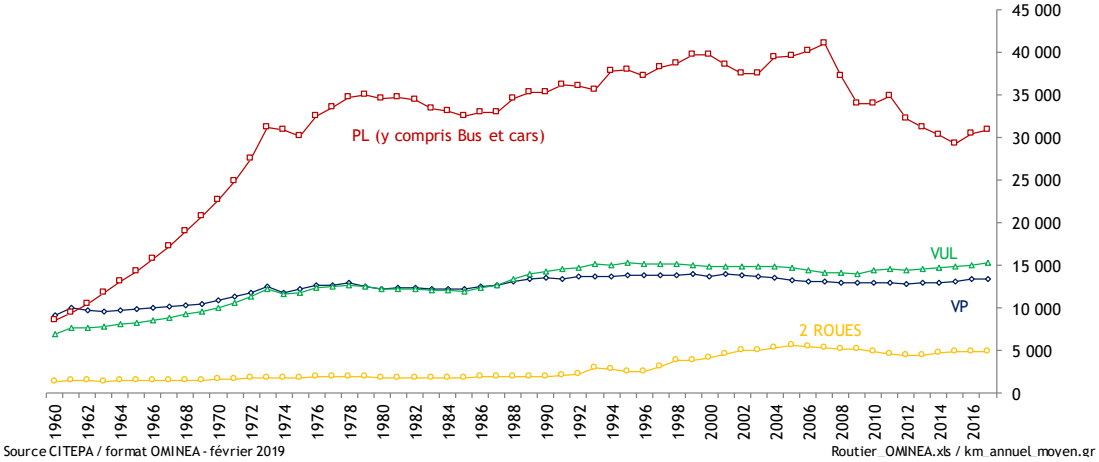
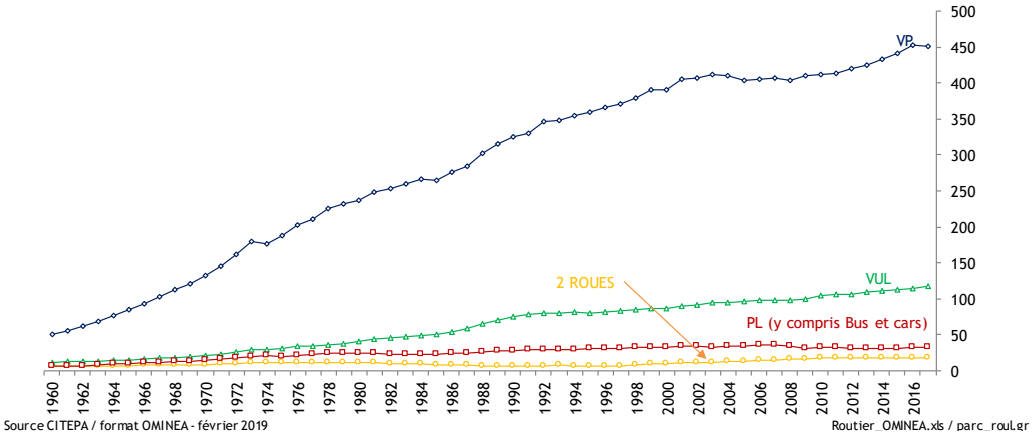


Figure 59 : Parc roulant (Md vehiculesxkilomètre) des véhicules routiers en Métropole



Dans un deuxième temps, le modèle COPERT permet d'estimer les émissions de certains polluants sur la base du jeu de paramètres déterminés. Des tests de sensibilité ont montré que l'incidence de la paramétrisation est relativement limitée du fait que les fourchettes plausibles de valeurs sont assez bien maîtrisées et que pour obtenir une balance énergétique équilibrée, l'incidence de la modification d'un paramètre nécessite généralement la modification d'un ou plusieurs paramètres dont l'effet sera antagoniste.

Les émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) par évaporation, véhicule en fonctionnement, à l'arrêt ou au remplissage du réservoir sont aussi déterminées [1000].

La consommation d'huile servant de lubrifiant dans les moteurs et qui est brûlée avec le carburant est déterminée en utilisant la méthodologie développée par le NERI [453]. La consommation d'huile est fonction du type de véhicule (VP, VUL, PL, 2 roues hors motocyclettes) et de l'âge de celui-ci en considérant que les véhicules neufs consomment entre 0,25 litre / 10 000 km (2 roues) et 2,5 litres / 10 000 km (PL). Pour les motocyclettes et les motos à moteur 2 temps, l'hypothèse que l'huile est mélangée à l'essence à hauteur de 3% en volume est retenue.

L'huile consommée contribue en tant qu'hydrocarbure aux émissions liées à la combustion de manière similaire aux carburants, à l'exception des métaux lourds pour lesquels les compositions différenciées des huiles et des combustibles sont prises spécifiquement en compte.

Les données de calcul pour les émissions liées à l'utilisation des climatisations

Cf. 2.F.1

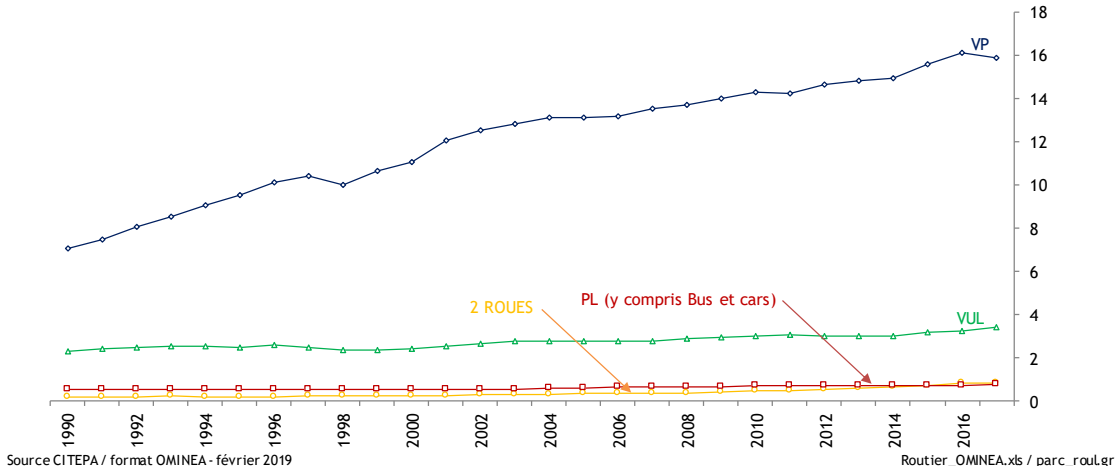
Outre-mer

Les données pour le calcul des émissions pour l'Outre-mer y compris les PTOM sont dérivées en partie des données de la métropole pour ce qui est de la structure de parc roulant.

Pour le parc statique, un parc agrégé (VP, VUL, PL, 2 Roues) est d'abord calculé à partir des données de l'INSEE [318, 319, 320, 321, 322] et du SDES [55] pour ces territoires ainsi que pour la métropole. Les ratios par grand types de véhicules entre les données de la métropole et les données de l'Outre-mer sont appliqués à chaque catégorie de véhicule (norme – cylindrée/poids) du parc de la métropole pour obtenir le parc de l'Outre-mer global (y compris PTOM).

Les consommations de carburants dans ces territoires sont données dans le bilan énergétique réalisé en interne [318, 319, 320, 321, 400, 401, 402 et 403]. Les kilométrages annuels moyens introduits dans le modèle COPERT [999] sont ceux de la métropole. Des ajustements sont effectués pour obtenir une balance énergétique équilibrée puis, in fine, le parc roulant et calculer les émissions. Les émissions sont réparties au prorata des consommations de carburants dans chaque territoire.

Figure 60 : Parc roulant (Md vehiculesxkilomètre) des véhicules routiers en Outre-mer (y compris PTOM)



Remarques :

- un minimum de degrés de liberté est nécessaire pour permettre les ajustements. Ceux-ci sont effectués différemment selon les types de véhicules de manière à conserver un maximum de cohérence avec les données de la CCTN.

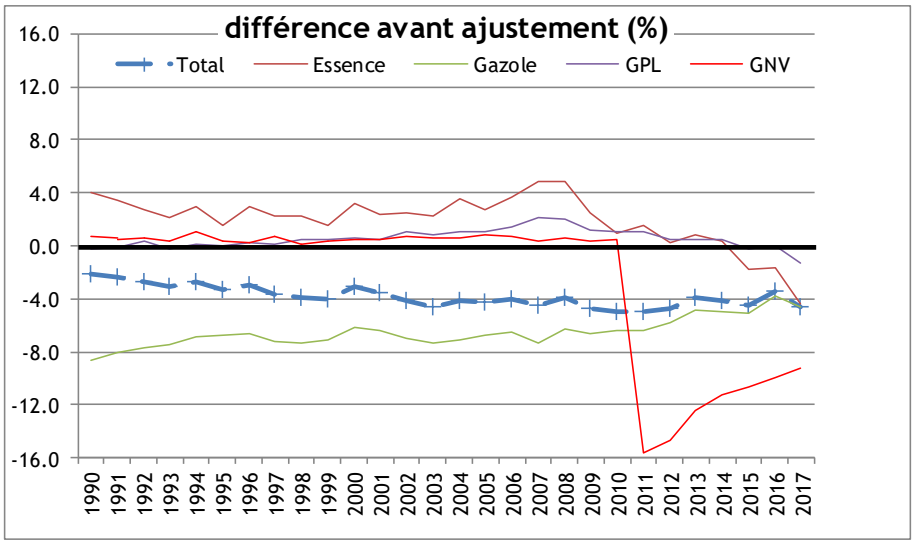
- les agro-carburants sont pris en compte. Pour les inventaires de gaz à effet de serre requis pour la CCNUCC, la contribution des agro-carburants dans les émissions de CO_2 est nulle car ces derniers sont produits à partir de biomasse à rotation rapide (cycle annuel). Les émissions de CO_2 issues des agro-carburants sont rapportées sur la ligne "biomasse" des tables CRF, mais ne sont pas cumulées dans le total CO_2 du transport routier.

La figure suivante présente les différences de consommations avant ajustement par carburant. Les différences du calcul des consommations par le modèle COPERT du gazole et de l'essence sont inférieures à 8% (en valeurs absolues). Le total est inférieur à 5%.

Pour le GNV, la chute après 2011 (jusqu'à -16%) est liée à l'arrivée tardive des nouvelles données de consommations de GNV (mises à jour après 2011).

Les consommations de GPLc et de GNV représentent moins de 0,2% des consommations énergétiques du transport routier.

Figure 61 : Différence relative du calcul par le modèle COPERT vis-à-vis de la statistique des consommations d'essence, de gazole, de GPLc et de GNV pour le transport routier de 1990 à 2017.



Le tableau suivant présente les valeurs des consommations pour l'année 2017 avant et après ajustement. La différence entre les consommations provenant des statistiques, et celles du modèle, est de -4,6% avant ajustement et devient nulle sur le total après ajustement.

Tableau 43 : Comparaison des consommations de l'année 2017 pour le transport routier issues des statistiques et du modèle COPERT

Consommation Essence kt	consommations statistiques	consommations calculées (COPERT)		différence avant ajustement (%)	différence après ajustement (%)
		avant ajustement	après ajustement		
2 roues	528	445	528	-15.7	0.0
VP Fr + étrangers	6 082	5 837	6 082	-4.0	0.0
VUL Fr + étrangers	654	659	654	0.9	0.0
PL	0	0.19	0.19		
Total consommation	**7 264**	**6 941**	**7 264**	**-4.4**	**0.0**

Consommation Gazole kt	consommations statistiques	consommations calculées (COPERT)		différence (%)	différence (%)
		avant ajustement	après ajustement		
Voiturettes	0	30	30	0.1	0.0
VP Fr + étrangers	17 420	17 410	17 390		
VUL Fr + étrangers	7 902	7 869	7 902	-0.4	0.0
Bus et cars	985	1 138	985	15.5	0.0
PL	8 289	6 534	8 289	-21.2	0.0
Total consommation	**34 596**	**32 980**	**34 596**	**-4.7**	**0.0**

Consommation GPL kt	consommations statistiques	consommations calculées (COPERT)		différence (%)	différence (%)
		avant ajustement	après ajustement		
VP GPL	**64**	**63**	**64**	**-1.3**	**0.0**

Consommation GNV kt	consommations statistiques	consommations calculées (COPERT)		différence (%)	différence (%)
		avant ajustement	après ajustement		
VP/PL GNV	**61**	**55**	**61**	**-9.3**	**0.0**
TOTAL	**41 985**	**40 040**	**41 985**	**-4.6**	**0.0**

ajustement_copert.xls

Les émissions sont calculées, sauf dans quelques cas, au moyen des facteurs d'émission unitaires proposées par le modèle COPERT. Ces dernières sont basées sur un nombre important de mesures réalisées par divers laboratoires européens dont l'IFSTTAR en France. A ces émissions sont ajoutées les émissions dues aux huiles des moteurs deux temps d'une part (rapportées dans le 1.A.3.b.), des moteurs 4 temps d'autre part (rapportées en 2.D.1.) et enfin de l'usage d'urée (rapportées en 2.D.3.).

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont issues de la combustion des carburants (essence, gazole, gaz naturel véhicule et GPLc) et des agro-carburants (bio-essence et bio-gazole). L'incorporation d'agro-carburant n'a lieu qu'en métropole.

L'estimation des émissions de CO_2 issues de la combustion des agro-carburants est réalisée en intégrant au modèle méthodologique COPERT [999] les pourcentages massiques d'agro-carburants dans les produits pétroliers ainsi que leurs facteurs d'émission. Il est ainsi possible de distinguer les émissions de CO_2 issues des produits pétroliers et celles issues des agro-carburants. Ces dernières étant exclues du total des émissions des gaz à effet de serre dans le cadre de la convention sur les changements climatiques.

Les facteurs d'émission du gazole et de l'essenced, sont calculés en fonction du ratio hydrogène sur carbone (H/C), mesuré en 2017 sur des carburants vendus en France (mesures additionnelles au cadre de la directive UE sur la qualité des carburant-FQMS, cf. section *OMINEA_1A_fuel emission factor*). La consommation d'huile des moteurs 2 temps est aussi prise en compte. Pour les agro-carburants, le détail des facteurs d'émission de CO_2 est présenté en section 1.A.

Les facteurs d'émission sont fournis dans le tableau ci-dessous.

Les émissions de CO_2 liées à la combustion de l'huile dans les moteurs 4 temps (huile qui remonte du carter moteur dans la chambre de combustion) sont rapportées dans la section 2.D.1.

Les émissions de CO_2 liées à la l'utilisation d'urée dans les catalyseurs SCR sont rapportées dans la section 2.D.3.4 en considérant que les émissions de CO_2 correspondent à 23,8% de la consommation d'urée.

Il est à noter que la totalité des émissions de CO_2 issues de l'huile est incluse dans l'inventaire national faute d'information sur la part d'huiles moteur d'origine biologique.

NAPFUE	Produit	FE CO_2 g/kg
205	Gazole	3175
208	Essence plombée	3241
	Essence non plombée	3189
25B	Bio Gazole	cf. Partie générale combustion
28B	Bio Essence	
303	GPLc	3002
219	Huile	2947
302	GNV	cf. Partie générale combustion

Emissions de CH_4

Les facteurs d'émissions de méthane sont issus du guidebook EMEP/EEA [999]. Ils sont fonction de divers paramètres comme : le type de véhicule, la norme d'émission, le réseau et la température.

Pour estimer les émissions de CH_4 issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de CH_4 des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Emissions de N_2O

Les facteurs d'émission de N_2O sont issus du guidebook EMEP/EEA [999].

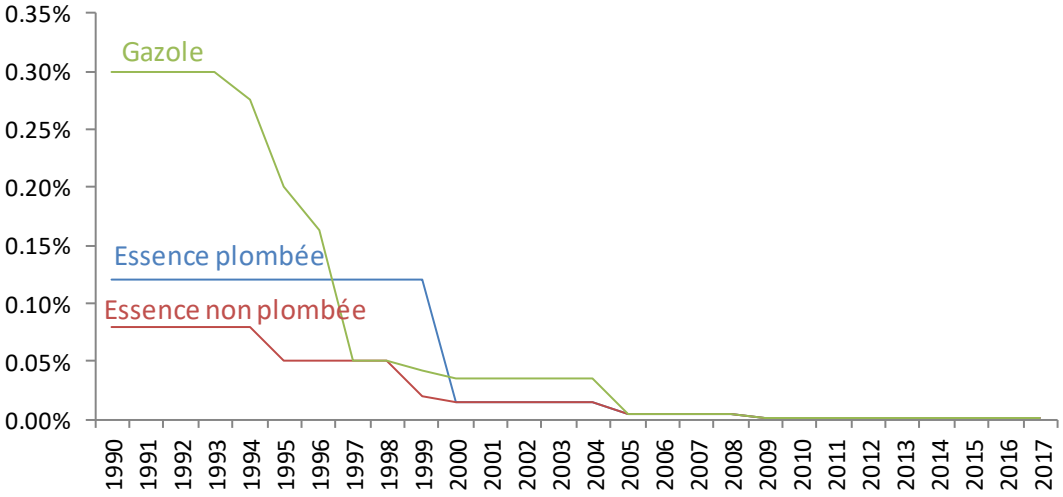
Pour estimer les émissions de N_2O issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission de N_2O des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Les facteurs d'émission N_2O des véhicules particuliers et des véhicules utilitaires légers dépendent du kilométrage cumulé et du taux de soufre dans les carburants. Ce dernier, provoque des changements des évolutions parfois fortes du facteur d'émission quand le taux change.

Emissions de Gaz fluorés

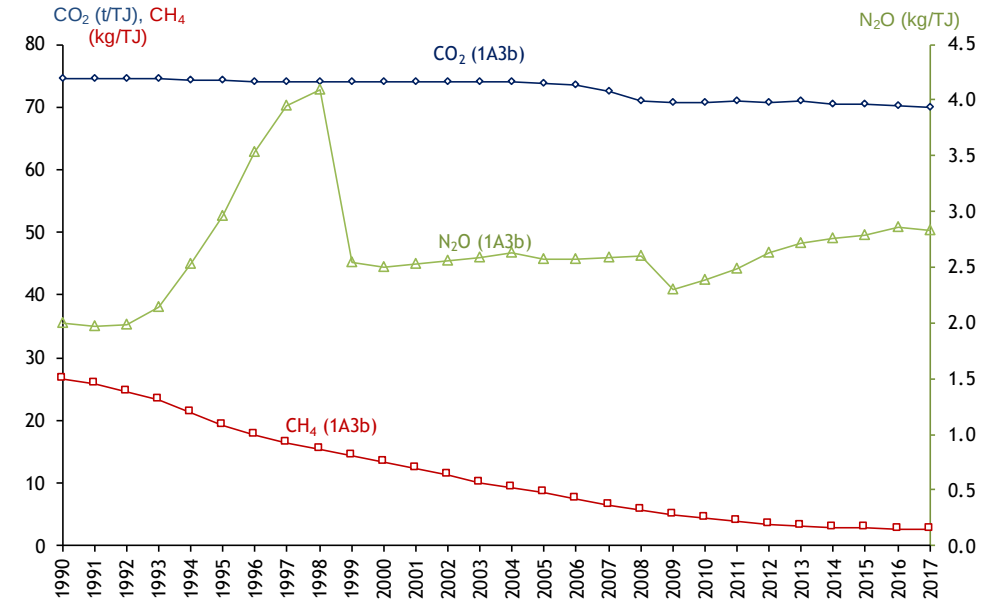
Les émissions de gaz fluorés sont incluses dans le secteur 2.F.1.

Figure 62 : Evolution des teneurs en soufre des carburants



Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Routier_OMINEA.xls / Soufre

Figure 63 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) du transport routier



Source CITEPA / format CCNUCC - Mars 2019 transports.xlsx/Routier

3.2.7.2.3 Transport ferroviaire (1A3c)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2.

Introduction

Le parc de matériel en exploitation n'est pas connu avec précision, une méthodologie simplifiée est donc utilisée. Les consommations de combustibles des locomotives et des locotracteurs sont estimées à partir des données du CPDP [14], du bilan RSE de la SNCF [668] et de la CCTN [60]. Pour les émissions dues à l'usure des matériels, les longueurs des parcours sont déterminées à partir des références [14, 60 et 104].

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs au combustible utilisé. La valeur pour le gazole est appliquée uniformément à tous les engins (cf. Partie générale combustion).

Emissions de CH_4

Utilisation du facteur d'émission tiré de la section routier [999] du fait de l'assimilation du moteur des locomotives diesel au moteur des poids lourds routiers conventionnels (i.e. sans post-traitement). La valeur moyenne pour tous les équipements est de 6,98 g/GJ. Cette hypothèse est validée à la suite d'une consultation auprès des experts français de l'industrie ferroviaire (SNCF, Société nationale des chemins de fer français).

Emissions de N_2O

Le facteur d'émission dépend du combustible utilisé (cf. Partie générale combustion). Pour le gazole, la valeur spécifique à la France utilisée est de 2,51 g/GJ. L'origine des facteurs d'émission de base est la référence [999] du fait de l'assimilation du moteur des locomotives diesel au moteur des poids lourds routiers conventionnels (i.e. sans post-traitement). Cette hypothèse est validée à la suite d'une consultation auprès des experts français de l'industrie ferroviaire (SNCF, Société nationale des chemins de fer français).

Quand on se réfère au guide méthodologique EMEP/EEA 2016 [915] pour le secteur ferroviaire (1A3c), la valeur proposée pour l'approche tier 2 est de 24 g/t soit 0,57 g/GJ (en prenant comme source le secteur 1A3biii, i.e. les poids lourds conventionnels).

Les valeurs par défaut des lignes directrices GIEC 2006 (comprises entre 14,3 g/GJ et 85,8g/GJ avec une valeur moyenne de 28,6 g/GJ) sont considérées trop hautes par la France.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

Figure 64 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

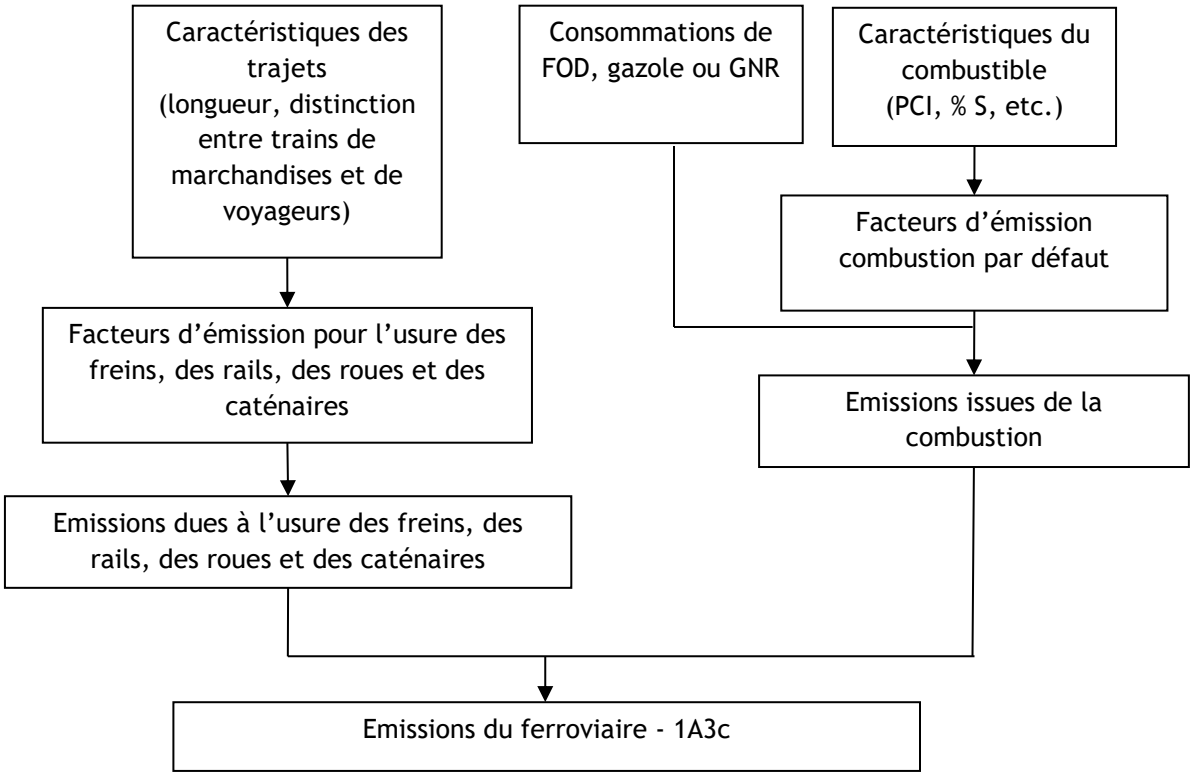
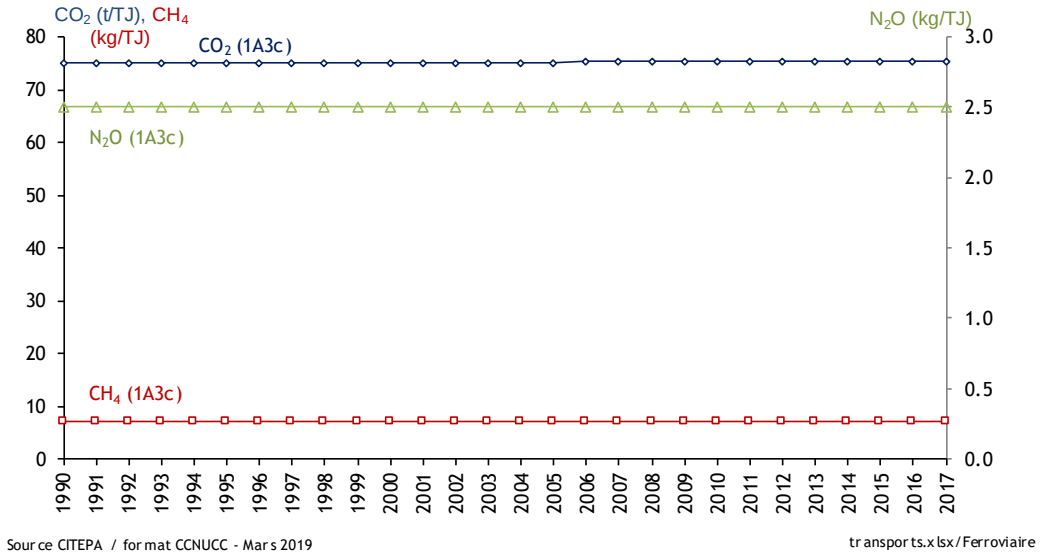


Figure 65 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) du transport ferroviaire

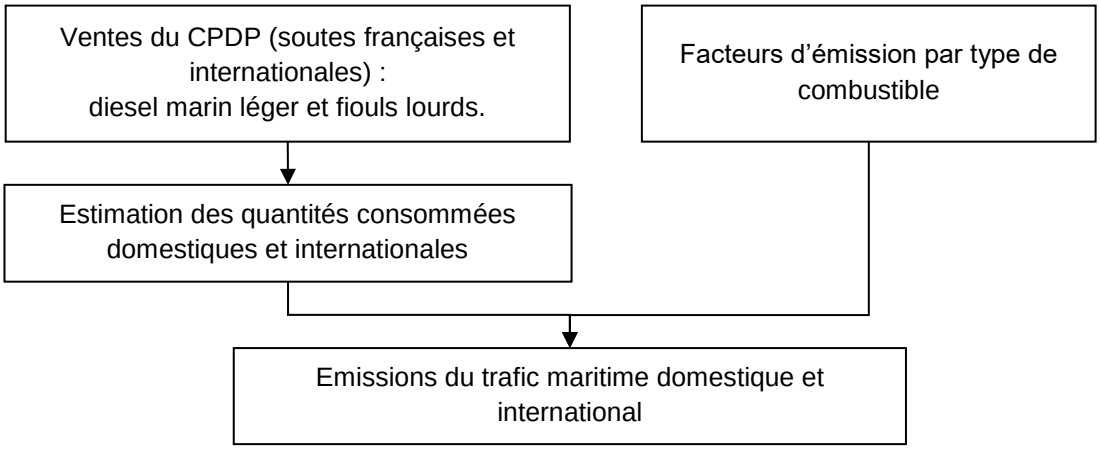


3.2.7.2.4 Transport maritime et voie navigable (1A3d)

Les émissions sont calculées à partir des ventes de combustibles et de facteurs d'émissions.

Transport maritime

Figure 66 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport maritime



Emissions de CO_2

Les facteurs d'émission retenus sont les valeurs spécifiques françaises par défaut.

Emissions de CH_4

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement et de sa charge elle-même variable selon les phases. L'approche utilisée s'appuie sur des valeurs moyennes proposées par les directives GIEC [669] appliquées uniformément à tous les navires et toutes les années à raison de 7,1 g/GJ pour le diesel marin léger et de 7,5 g/GJ pour le fioul lourd.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont estimées sur la base des facteurs d'émission issus des directives GIEC [669], à savoir de 1,9 g/GJ pour le diesel marin léger et de 2,0 g/GJ pour le fioul lourd.

Voie navigable

Deux sous-secteurs se distinguent dans ce chapitre : les bateaux de plaisance (voiliers, petits bateaux et autres embarcations personnelles) et les bateaux dédiés au transport de marchandises de la navigation intérieure (trafic fluvial).

L'estimation des consommations et les facteurs d'émission utilisés étant différents, ces deux activités sont considérées séparément :

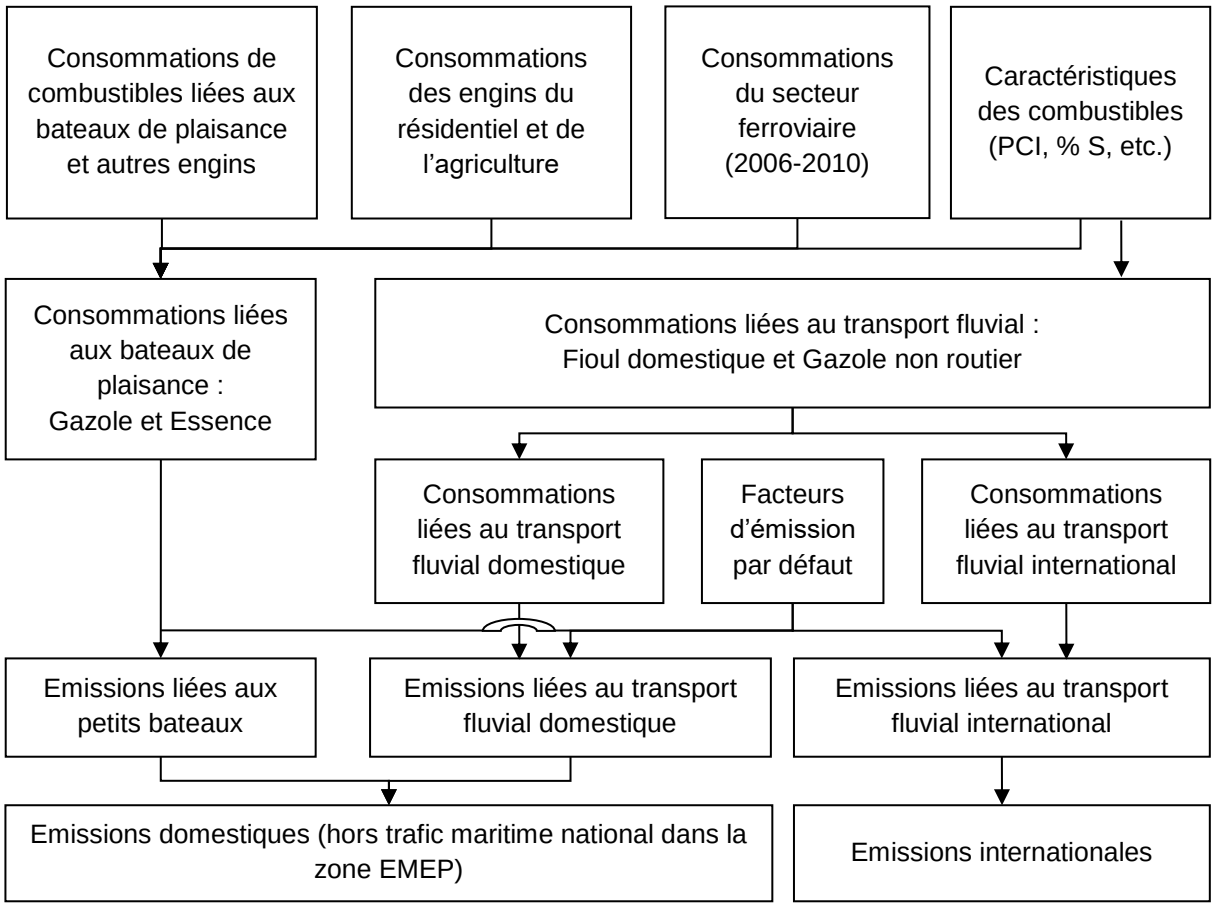
- **Les consommations de carburant des bateaux de plaisance.** Les consommations sont estimées à partir des données de la CCTN [31] qui fournit les consommations attribuées à la plaisance et autres engins. Le parc d'engins à motorisation essence est reparti entre 25% de moteurs 2 temps et 75% de moteurs 4 temps.
    - Gazole : Les consommations de gazole dues aux trafics de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par la CCTN [31] (ligne divers), la consommation de gazole attribué aux engins du secteur résidentiel/tertiaire et à la consommation de gazole du secteur ferroviaire. A noter que le secteur ferroviaire n'est inclus dans ces

statistiques que sur la période 2006-2010 car jusqu'en 2005 le ferroviaire n'utilisait que du fioul domestique (FOD) et, à partir de 2011, du gazole non-routier (GNR), ces deux combustibles n'entrant pas dans le champ « gazole routier » de la CCTN.

- Essence : Les consommations d'essence dues aux trafics de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par la CCTN [31] (ligne divers), les consommations d'essence attribuées aux engins des secteurs résidentiel/tertiaire et agriculture/sylviculture. La consommation d'huile 2 temps mélangée et brulée avec l'essence est calculée en prenant en compte l'hypothèse d'un mélange à hauteur de 3 % en volume.

- **Les consommations de carburant du transport fluvial.** Les activités liées au trafic fluvial sont issues des données de la CCTN [670] qui les fournit en tonnes x kilomètres attribuées d'une part au transport domestique et d'autre part au transport international. Les consommations sont ainsi calculées par la multiplication de ces données d'activité par l'intensité énergétique. Cette dernière donnée est exprimée en tonne de carburant consommé par tonnes x kilomètres de marchandise transportée. Ceci est obtenu en faisant évoluer les ratios entre les consommations de carburant en tonnes fournies jusqu'à l'année 1998 par le CPDP et les données de trafic de la CCTN [670]. Les engins mis en œuvre sont supposés utiliser uniquement comme carburant :
  - Fioul domestique (FOD) : Le FOD est utilisé jusqu'en septembre 2011 (l'hypothèse prise en compte est que deux tiers de la consommation totale en 2011 correspond à la consommation de FOD) ;
  - Gazole non routier (GNR) : Le GNR est utilisé à partir de septembre 2011 (l'hypothèse prise en compte est qu'un tiers de la consommation totale en 2011 correspond à la consommation de GNR). Avec le passage au GNR, l'incorporation d'agro-carburant est donc considérée dans l'activité de ce sous-secteur.

Figure 67 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport par voie navigable



Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs au combustible utilisé (cf. partie générale combustion). Les valeurs par défaut (par combustible) sont appliquées uniformément à tous les bateaux.

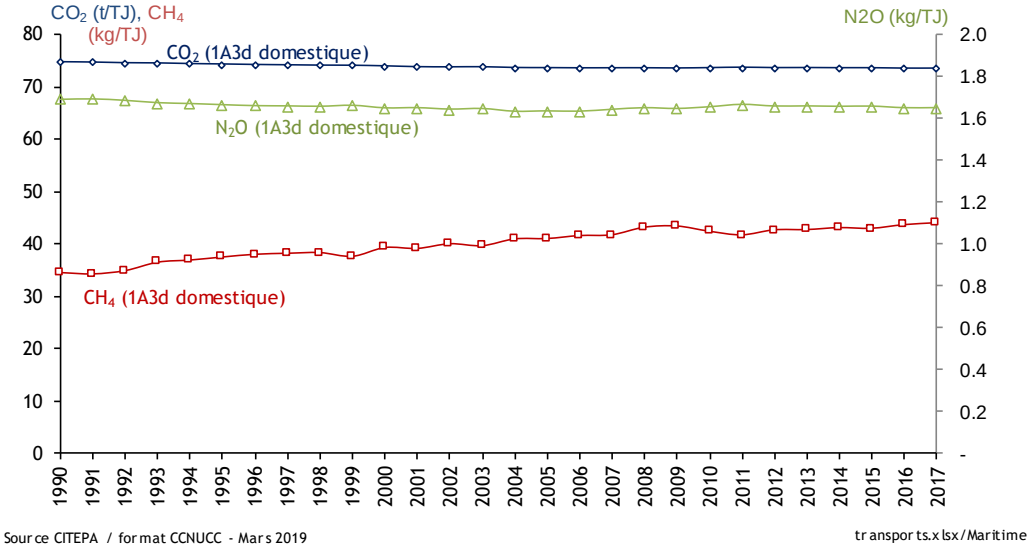
Emissions de CH_4

Pour les bateaux de plaisance, les émissions de CH_4 sont estimées sur la base d'un facteur d'émission de 58,0 g/GJ pour l'essence [669]. Pour le gazole, l'estimation est basée sur le facteur d'émission aussi retenu pour les bateaux du trafic fluvial, soit 7,1 g/GJ [669].

Emissions de N_2O

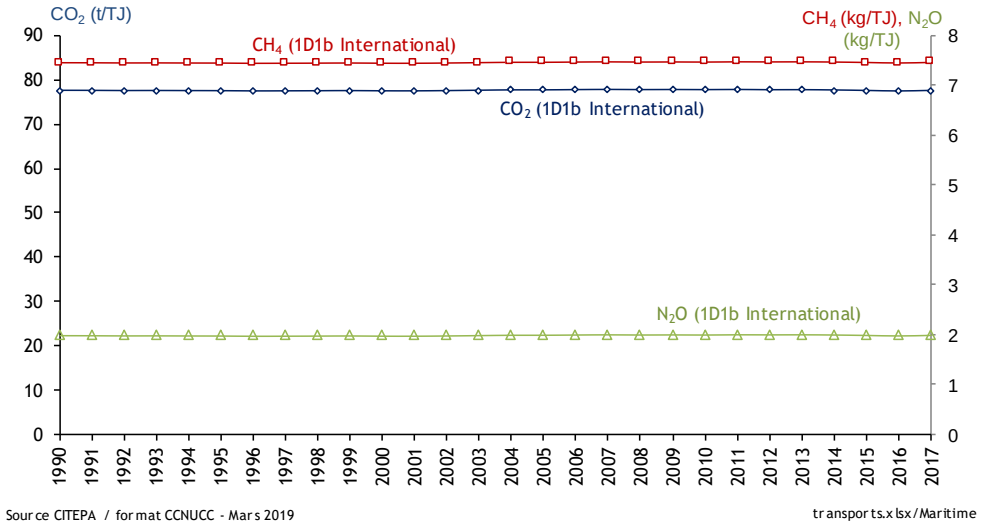
Le facteur d'émission utilisé est établi à 1,9 g/GJ pour le gazole et à 1,5 g/GJ pour l'essence. L'origine des facteurs d'émission de base est la référence [669].

Figure 68 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) du transport maritime domestique



L'augmentation continue du facteur d'émission de CH_4 est liée à la proportion grandissante d'essence dans le mix énergétique.

Figure 69 : Evolution des facteurs d'émission de GES du transport maritime international



3.2.7.2.5 Stations de compression du réseau de transport et de distribution du gaz (1A3e)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2.

Les données de consommation de gaz sont disponibles pour les différents sites ou entreprises [19, 29] et permettent une estimation assez fine des émissions pour la plupart des substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique.

Les données d'activités et les émissions déclarées par les exploitants permettent de calculer des facteurs d'émission moyens représentatifs du parc français.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen du facteur d'émission relatif au gaz naturel. La valeur nationale est appliquée (cf. section « 1A_fuel emission factors ») jusqu'en 2004. Elle est déterminée à partir des déclarations dans le cadre du SEQE à partir de 2005 [19].

Emissions de CH_4

Un facteur d'émission spécifique annuel est calculé à partir des déclarations depuis 2005 [19]. Avant cette date, afin d'assurer la cohérence temporelle, le facteur d'émission appliqué correspond à la moyenne de la période 2005 - 2011.

Emissions de N_2O

Un facteur d'émission spécifique annuel est calculé à partir des déclarations depuis 2005 [19]. Avant cette date, afin d'assurer la cohérence temporelle, le facteur d'émission appliqué correspond à la moyenne de la période 2005 - 2011.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

Figure 70 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

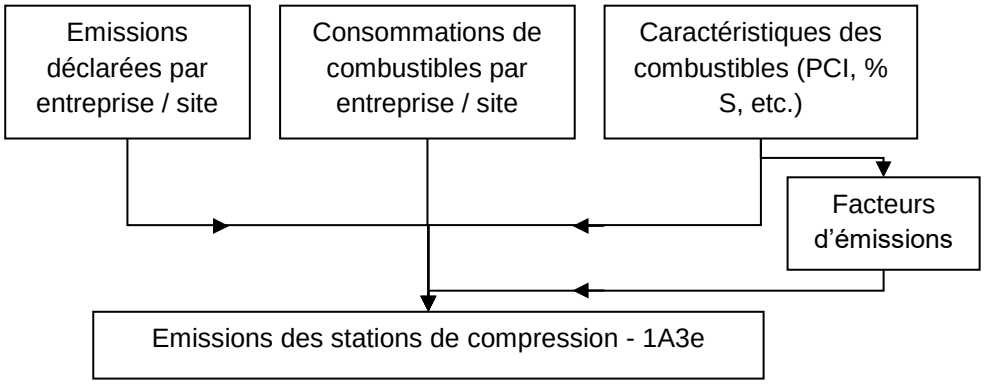
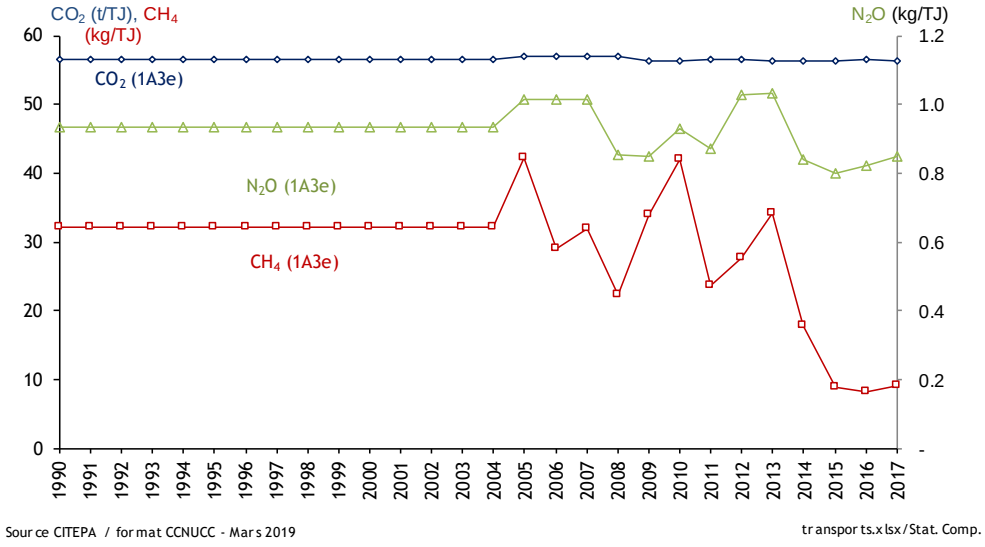


Figure 71 : Evolution des facteurs d'émission de GES (périmètre Kyoto) des stations de compression



3.2.7.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart

des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes associées au secteur est effectuée au 3ème niveau de la catégorie CRF (i.e. 1A3).

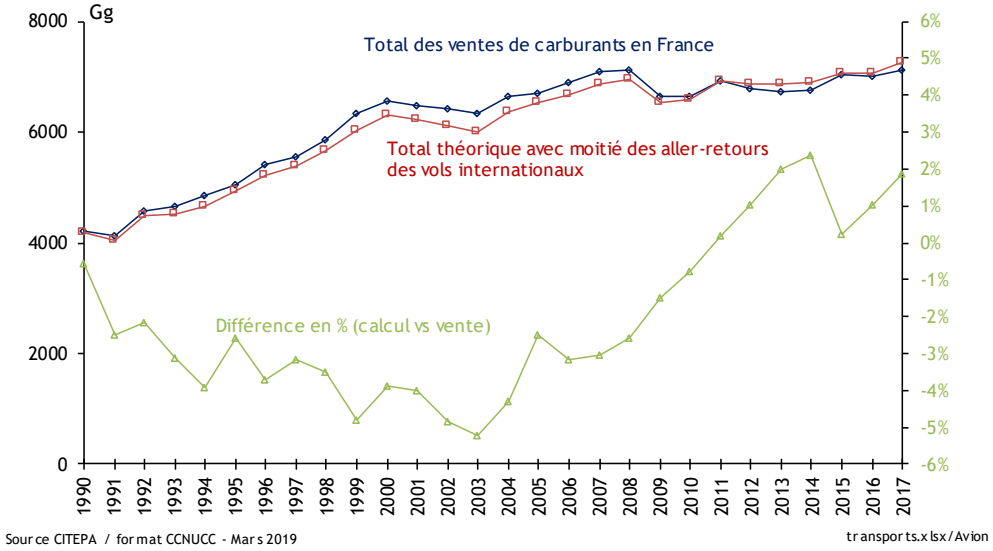
Les données d'activité pour les carburants utilisés dans le transport sont très précises en raison de statistiques précises sur les ventes totales de carburant. L'incertitude du transport est ainsi considérée globalement, elle est de 3% sur l'activité.

Concernant l'incertitude sur le facteur d'émission de CO_2, celui-ci dépend uniquement du combustible et est peu sujet à des fluctuations en moyenne. En conséquence la valeur de 1% a été retenue.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O sont de 50% pour chaque polluant. Ceci est basé sur la littérature (Uncertainty Estimates and Guidance for Road Transport Emission Calculations. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. EUR 24296 EN - 2010. Pg 94) et (Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. 2016) tenant compte l'avis des experts sectoriels.

Pour le transport aérien, les incertitudes peuvent être plus importantes. Toutefois, au global, la comparaison des consommations théoriques et des ventes françaises montre des différences variant de -3,1% à 0,5%.

Figure 72 : Comparaison entre les consommations théoriques du modèle et les ventes totales françaises de carburants

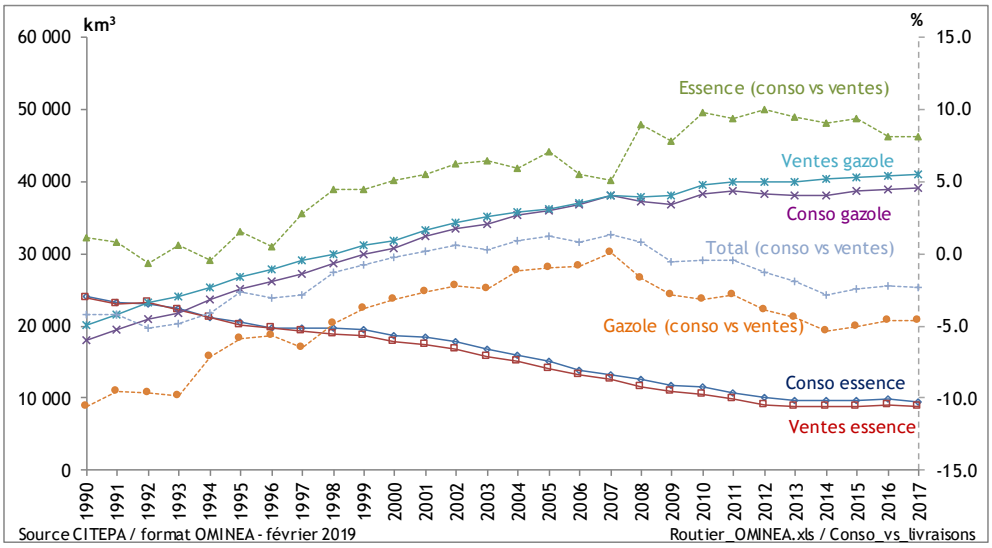


La cohérence temporelle des séries est respectée.

Pour le transport routier, les statistiques proviennent des mêmes organismes sur l'ensemble de la période. Lors de changements méthodologiques provenant, soit de la mise en place d'une nouvelle version du logiciel COPERT, soit de modifications dans la prise en compte des statistiques de parc, l'ensemble de la série est recalculé pour conserver la cohérence temporelle.

La comparaison des consommations sur le territoire et des ventes montre des différences variant de -5,2% à 2,4%.

Figure 73 : Comparaison entre les consommations de carburants du routier sur le territoire et les ventes/livraisons à usage routier (en métropole)



Pour les transports aériens et maritimes aucune rupture de continuité n'a été identifiée.

Pour les stations de compression, les déclarations individuelles par site sont utilisées à partir de 2005 alors qu'auparavant, des données globales étaient transmises par le groupe industriel (GDF). Les deux approches n'ont pas montré de rupture statistique.

3.2.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Des dispositions spécifiques sont aussi mises en place selon les sous-secteurs :

- les bilans énergétiques sont contrôlés,
- les émissions recalculées sont vérifiées ainsi que les tendances sur la série temporelle,
- pour le secteur aérien, une revue périodique des méthodologies utilisées est assurée par un groupe de travail placé sous l'égide de la DGAC,
- une validation indirecte des émissions de CO_2, pour les stations de compression, est effectuée par des organismes certifiés (désignés par le Ministère chargé de l'Environnement) dans le cadre du système d'échange de quota d'émissions (SEQE).

D'autre part, les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur.

3.2.7.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 1A3

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	120 665	130 894	139 127	140 621	139 926	138 497	132 064	130 510	133 442	133 473	131 987	131 243	131 218	132 322	132 848	
Nouveau	kt CO2e	122 819	132 792	140 914	142 189	141 502	140 141	133 583	131 987	134 956	135 010	133 478	132 899	132 689	133 792	134 343	134 736
Différence	kt CO2e	+2 155	+1 898	+1 788	+1 568	+1 576	+1 644	+1 519	+1 477	+1 514	+1 538	+1 491	+1 656	+1 471	+1 470	+1 495	
	%	+1.8%	+1.5%	+1.3%	+1.1%	+1.1%	+1.2%	+1.2%	+1.1%	+1.1%	+1.2%	+1.1%	+1.3%	+1.1%	+1.1%	+1.1%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

3.2.7.5.1 Transport aérien (1A3a)

Description du recalcul

Changement FE N_2O (GL 2006) dans le non commercial (GIEC 2006) ;

Changement taxi time Paris <=2010 ;

Calcul des consommations et des émissions des APU par vol et non par périmètre CCNUCC (domestique/international) ;

Correction dans le calcul des consommations des APU de l'activité : LTO vs mouvements ;

Mise à jour des facteurs de consommations croisière de certains types avions.

Raison et justification

- FE N_2O : Amélioration de la comparabilité
- Amélioration de l'exactitude

3.2.7.5.2 Transport routier (1A3b)

Description du recalcul

Activité :

- Ajout des véhicules électriques (VUL/PL/Bus et Cars/2R) -> modifications de la répartition réseau tous véhicules ;
- Ajouts des voiturettes diesel -> modifications de la répartition réseau tous véhicules et de la balance énergétique ;
- Changement dans le bouclage du calcul de parc statique -> par grand type de véhicules -> modifications de la répartition réseau tous véhicules ;
- Mise à jour des répartition réseau des VUL à partir de l'enquête VUL -> modifications de la répartition réseau tous véhicule ;
- Mise à jour des kilométrages annuels moyen des véhicules GPLc et GNV afin de réduire l'écart au moment de la balance énergétique ;
- Mise à jour de la balance énergétique des DOM.

Facteurs d'émission :

- Mise à jour facteur de réduction des facteurs d'émission de CH_4 des PL EURO II et EURO III (maj COPERT);
- Mise à jour des FE CO_2 essence et gazole (Mesures).

Raison et justification

- Bilan de l'énergie outre-mer : amélioration de la cohérence temporelle ;
- Nouveaux véhicules : Amélioration de l'exhaustivité et de l'exactitude,
- Facteurs d'émission : Amélioration de la comparabilité et de l'exactitude.

3.2.7.5.3 Transport ferroviaire (1A3c)

Description du recalcul

Activité :

- Mise à jour de l'activité 2016, liée à la mise à jour de la série statistique.

Facteurs d'émission :

- Mise à jour des FE CO_2 gazole (Mesures).

Raison et justification

Activité :

- Mise à jour de l'activité 2016 : Amélioration de la cohérence temporelle.

Facteurs d'émission :

- FE CO_2 : Amélioration de l'exactitude.

3.2.7.5.4 Transport maritime et voie navigable (1A3d)

Description du recalcul

Activité :

- Plaisance :
  - Mise à jour des consommations par conséquence de la mise à jour des consommations dans les secteurs ferroviaires, des engins du résidentiel et de l'agriculture/forêt/aquaculture ;
  - Correction sur l'application des pourcentages de biocarburants.
- Fluvial : Mise à jour du calcul de la consommation unitaire après 1999.
- Maritime : Mise à jour des activités depuis 1990 en outre-mer.

Facteurs d'émission :

- Mise à jour des FE CO_2 essence et gazole (Mesures). Cela ne concerne que le fluvial et la plaisance,

Raison et justification

- Mise à jour des activités : amélioration de l'exactitude.
- FE CO_2 : Amélioration de l'exactitude

3.2.7.5.5 Stations de compression du réseau de transport et de distribution du gaz (1A3e)

Description du recalcul

- Mise à jour de l'activité en 2015 : correction d'une erreur d'un facteur 1000 pour l'activité d'un site, modifiant de 3% les facteurs d'émission de l'ensemble des polluants. ;
- FE N_2O : correction des émissions d'un site pour lequel les émissions de N_2O avaient été confondues avec les émissions de NO_2 ;

- FE CH_4 : modification des calculs du facteur d'émission de CH_4 pour ne prendre en compte que les sites déclarant des émissions de CH_4. Ajout d'émissions de CH_4 manquantes pour certains sites.

Raison et justification

- Mise à jour de l'activité en 2015 : amélioration de l'exactitude ;
- FE N_2O : amélioration de la cohérence temporelle ;
- FE CH_4 : amélioration de l'exhaustivité et de l'exactitude.

3.2.7.6 Améliorations envisagées

Transport routier : meilleur prise en compte des kilométrages annuels moyens des véhicules au GNV post 2011.

3.2.8 Autres secteurs (1A4)

3.2.8.1 Caractéristiques de la catégorie

Ce secteur regroupe les autres activités consommatrices d'énergie que sont les activités commerciale et tertiaire, le secteur résidentiel et l'agriculture/sylviculture/pêche. Pour des raisons de confidentialité, les activités militaires sont aussi prises en compte dans cette section. Les usages énergétiques de ces activités reposent pour une part importante sur le chauffage qui est directement lié à la rigueur climatique. Le graphique ci-dessous rappelle les consommations d'énergie de ce secteur. Les variations interannuelles illustrent les effets de la rigueur du climat.

Figure 74 : Consommation d'énergie finale dans les différents sous-secteurs (Périmètre Kyoto)

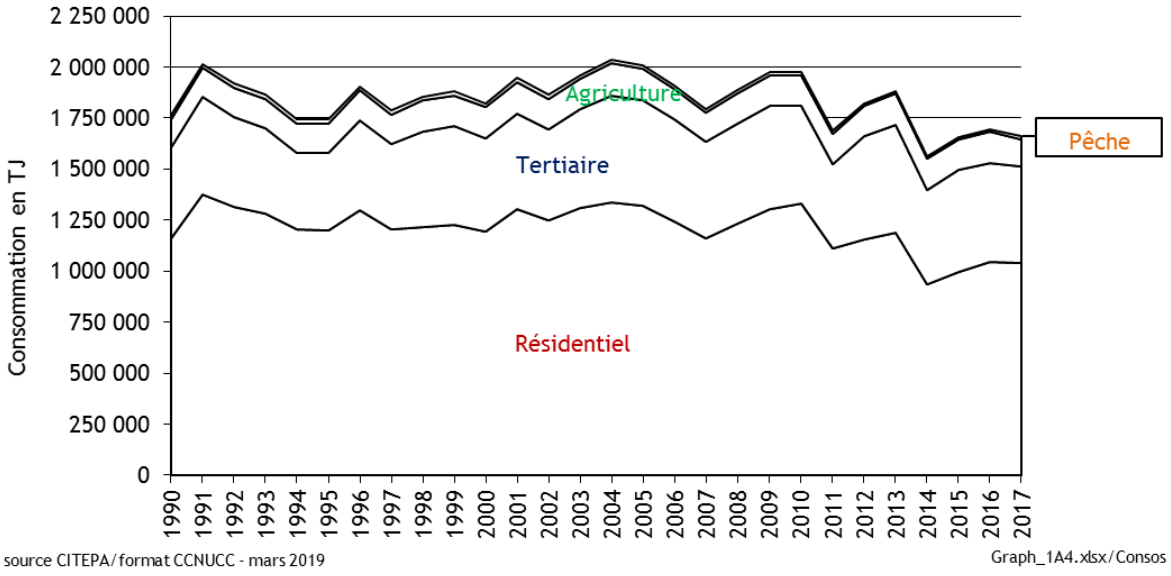
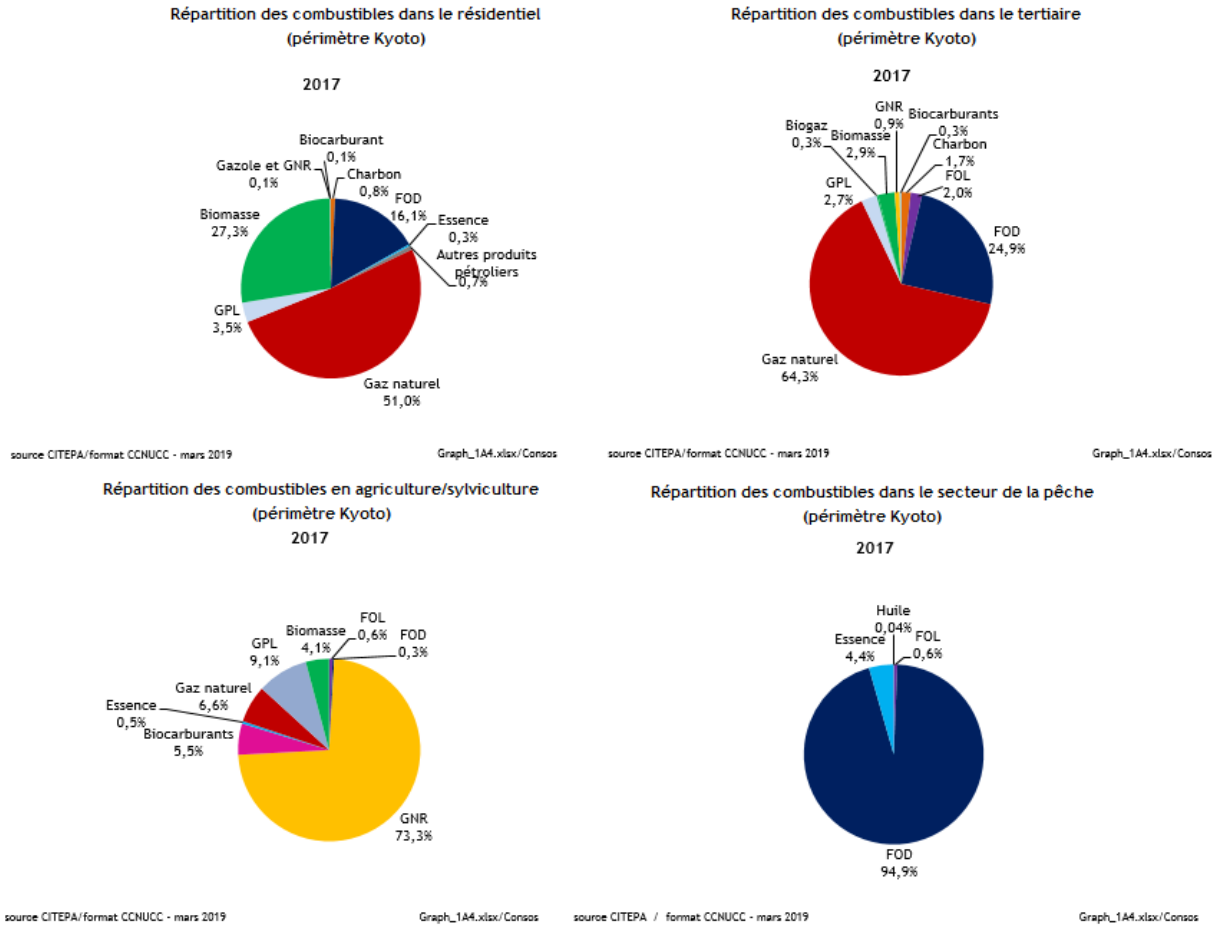


Figure 75 : Répartition des combustibles dans les sous-secteurs en 2017 (Périmètre Kyoto)



Une tendance au recours accru au gaz naturel est observée depuis 1990, notamment dans les secteurs résidentiel et tertiaire.

Ce secteur se caractérise par un grand nombre de sources individuelles généralement de taille unitaire réduite mais qui couvre un domaine très étendu tant en ce qui concerne la nature que les conditions de fonctionnement de ces sources.

La grande diversité et le nombre important de sources conduisent à adopter une approche statistique dans la détermination des activités et des émissions à l'exception de quelques installations de taille importante qui peuvent faire l'objet d'estimations plus spécifiques.

Les activités prises en compte ici sont :

- les sources fixes (chaudières, inserts, poêles, etc.),
- les sources mobiles hors transports telles que tracteurs, groupes électrogènes, outils de jardinage mais aussi les bateaux de pêche.

3.2.8.1.1 Commercial/tertiaire (1A4a)

En 2017, du fait des émissions (hors UTCATF) de CO_2 des produits pétroliers et du gaz naturel, ce secteur constitue une catégorie clé en niveau d'émission avec respectivement le 12ème rang (2,3%) et le 5ème rang (3,7%). Les émissions de CO_2 liées à la consommation de produits pétroliers contribuent également à l'évolution des émissions et occupent le 9ème rang (3,2%) tout comme le gaz naturel avec le 8ème rang (4,4%).

Cette section concerne les activités commerciales, institutionnelles et tertiaires consommatrices d'énergie. Les usages énergétiques de ces activités reposent pour une part importante sur la production de chaleur (chauffage) pour différents types de bâtiments (bureaux, commerces, hôpitaux, universités, bâtiments collectifs d'habitation, *etc.*).

Pour des raisons de confidentialité, les consommations de combustibles liées aux activités militaires ne sont pas connues spécifiquement et sont prises en compte dans ce secteur.

Enfin, les émissions liées aux zones aéroportuaires (hors aéronefs) ou aux ports maritimes (hors bateaux) sont aussi prises en compte dans ce secteur commercial/tertiaire. La distinction entre les installations fixes et mobiles n'est pas connue à ce jour ainsi toutes les émissions liées à ces sous-secteurs sont considérées dans le 1A4a.

3.2.8.1.2 Résidentiel (1A4b)

Les consommations importantes de gaz naturel et de fioul domestique font de ce secteur une catégorie clé en termes d'émissions de CO_2. Ainsi en 2017, pour le gaz naturel et le fioul domestique, ce secteur constitue les 3ème et 7ème catégories clés en niveau (6,4% et 3,4%). En termes d'évolution des émissions de CO_2 (hors UTCATF), le résidentiel occupe les rangs 5 (gaz naturel 5,7%), 7 (fioul 4,8%), et 26 (charbon 0,9%) du fait des variations des consommations de ces combustibles (hausse du gaz naturel et baisse des deux autres combustibles).

Le secteur résidentiel est le plus gros consommateur de biomasse par l'utilisation du bois de chauffage. Or, la combustion du bois est une source d'énergie émettrice de CH_4. La baisse des consommations de bois depuis 1990, associée à la pénétration dans le parc d'équipements plus performants place cette source au 23ème rang pour l'évolution des émissions de CH_4 (1,2%).

Les installations concernées par cette section sont essentiellement les suivantes :

- Sources fixes du secteur résidentiel : installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et divers équipements ménagers (cuisson, agrément) ;
- Sources mobiles du secteur résidentiel : équipements de machinerie tels que les groupes électrogènes ou les outils de jardinage (tondeuses, débroussailleuses, etc.). Les engins de transport sont exclus de cette section et inclus dans les sections relatives aux modes de transport correspondants. Une partie de ces engins est utilisée à des fins professionnelles par des prestataires de service mais, dans l'ensemble, la plus grande partie se trouve employée par des particuliers et il est donc considéré que tous ces appareils font partie du secteur résidentiel.

3.2.8.1.3 Agriculture/sylviculture/pêche (1A4c)

En 2017, du fait des émissions de CO_2 (hors UTCATF) des produits pétroliers, ce secteur constitue une catégorie clé en niveau d'émission avec le 13ème rang (2,0%). Cette même catégorie contribue également à l'évolution des émissions mais occupe un rang au-delà du le 54ème (<0,2%).

Les caractéristiques des combustibles pris en compte sont les caractéristiques moyennes par défaut décrites dans la section générale sur l'énergie.

Sources fixes

La consommation de combustibles fossiles et de biomasse des sources fixes agricoles est déterminée à partir du bilan de l'énergie produit annuellement par le SDES [1] pour la métropole.

D'autres sources statistiques sont disponibles pour l'Outre-mer [69]. Les engins agricoles et sylvicoles n'étant pas identifiés en Outre-mer, la consommation d'énergie du secteur est considérée en totalité dans les sources fixes.

Sources mobiles

Les équipements mobiles dans les secteurs agricoles et sylvicoles sont supposés consommer la totalité du FOD, du GNR et de l'essence indiquée dans les bilans énergétiques du SDES [1].

Les parcs de tracteurs agricoles, de moissonneuses et de motoculteurs sont issus du CPDP [14] et de l'Agreste [333]. Des évolutions dans les séries statistiques ont conduit à extrapoler le parc pour les années postérieures à 2005 tout en conservant la tendance décrite dans les statistiques.

Les parcs d'engins forestiers (tracteurs, débusqueuses, débardeuses) sont issus de plusieurs références [76, 77]. Il est également pris en compte un parc de tronçonneuses sur la base des données disponibles [72, 73] dans la proportion de respectivement 50% et 35% pour l'agriculture et la sylviculture. Le solde est supposé appartenir au secteur résidentiel / tertiaire. Les caractéristiques relatives à l'utilisation de ces engins sont déterminées à partir des données disponibles dans plusieurs sources [71, 75].

L'ensemble de ces hypothèses reste approximatif mais permet de déterminer des consommations d'énergie. Ces dernières sont consolidées grâce aux consommations fournies par les bilans énergétiques ce qui permet de s'affranchir, dans une certaine mesure, des risques de double compte dans les parcs de machines.

L'activité de la pêche est basée sur la consommation totale de combustibles. Pour la métropole, les consommations sont les suivantes :

- Fioul lourd (FOL) : Les consommations sont estimées à partir des données du CPDP [14] qui fournit les consommations totales attribuées à la pêche. A noter que depuis 1997, les quantités de FOL (environ 0,5% du total) ne sont plus communiquées. La consommation de la dernière année disponible est reportée chaque année.
- Gazole : Les consommations totales sont estimées à partir des données fournies par le CPDP [14] jusqu'à l'année 1989. Depuis cette année, les consommations sont établies selon le bilan d'énergie réalisé au CITEPA.
- Essence : Les consommations sont estimées à partir des données du CPDP [14] qui fournit les consommations totales attribuées à la pêche. Le parc d'engins à essence est reparti entre 25% de moteurs 2 temps et 75% de moteurs 4 temps. La consommation d'huile 2 temps mélangée et brulée avec l'essence est calculée en prenant en compte l'hypothèse d'un mélange à hauteur de 3 % en volume.

Pour les Départements-Régions d'Outre-mer (DROM), les consommations totales de combustibles sont établies selon le bilan d'énergie réalisé au CITEPA. Dans ce cas, les engins mis en œuvre sont supposés utiliser uniquement le gazole comme carburant.

La pêche est affectée en totalité au périmètre national même si les zones de pêche s'étendent bien au-delà des eaux territoriales et des zones économiques exclusives (ZEE).

3.2.8.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponibles en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

3.2.8.2.1 Commercial/tertiaire (1A4a)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2/3 pour les installations > 50 MW et de rang GIEC 1/2 pour les installations < 50 MW.

Les installations du secteur tertiaire sont distinguées en deux catégories :

- Installations de puissance supérieure à 50 MW : ces installations sont recensées individuellement chaque année dans le cadre de l'inventaire GIC (Grandes Installations de Combustion) [39] et leurs consommations sont donc connues de façon exhaustive ;

- Installations de puissance inférieure à 50 MW : les consommations de ces installations sont tirées du bilan national de l'énergie [1].

Les consommations des installations tertiaires sont intégrées dans le secteur résidentiel/tertiaire du bilan énergétique national [1]. Ce bilan englobe les installations de chauffage urbain qui font l'objet d'une enquête distincte [41] et qui sont rapportées dans le secteur spécifique au chauffage urbain et les consommations d'énergie liées aux activités de la Défense dont la décomposition en divers sous-produits est confidentielle. La part utilisée pour les sources mobiles (engins terrestres, maritimes et aériens) est de fait assimilé à des sources fixes (donc à des équipements de natures très différentes). L'approximation induite par cette disposition engendre des écarts relativement limités sur les émissions globales en raison de la part faible d'énergie concernée (quelques pour cent de la consommation du secteur) et varient selon les substances, allant d'une valeur proche de zéro pour le CO_2 à des valeurs qui sont certainement plus significatives pour les NO_x ou le CO par exemple.

D'autres sources statistiques sont disponibles pour l'outre-mer [63, 69].

Les données complémentaires disponibles dans les services en charge du bilan énergétique national [1] et publiées par le CPDP [14] permettent une distinction plus fine vis-à-vis des combustibles, de la répartition entre secteurs résidentiel et tertiaire ainsi que parmi les usages (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson).

Il est à noter que les consommations d'énergie de ce secteur sont directement liées à la rigueur climatique.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission nationaux. Une vérification de la cohérence des émissions ainsi estimées avec les émissions déclarées par les quelques sites soumis à quotas est réalisée.

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

3.2.8.2.2 Résidentiel (1A4b)

La méthode appliquée est de rang GIEC 1.

Sources mobiles

Les équipements mobiles dans le secteur résidentiel consommateurs d'énergie fossile sont nombreux et divers. Leur identification et leur dénombrement sont délicats car il n'existe pas de statistique spécifique et fiable concernant les parcs et les consommations d'énergie.

A partir des données disponibles sur les ventes [72, 73], de caractéristiques d'utilisation de ces équipements [71] et de diverses hypothèses relatives à l'importation et à l'exportation, à l'utilisation des tailles d'équipements dans le secteur visé, *etc.*, les parcs des engins et leurs consommations sont estimées. Il est fait l'hypothèse que la consommation de gazole est le fait de groupes électrogènes et que la consommation d'essence est principalement le fait de groupes électrogènes et d'engins de jardinage.

Compte tenu des approximations importantes, il est fait l'hypothèse que tous les équipements considérés dans cette section appartiennent au secteur résidentiel et qu'aucun n'appartient au secteur tertiaire. Cette hypothèse n'engendre pas d'erreur autre qu'un biais dans la répartition des sous-secteurs, supposé relativement faible car la majeure partie de ces équipements est utilisée par des particuliers.

Sources fixes

Les consommations des installations résidentielles sont intégrées dans le secteur résidentiel/tertiaire du bilan énergétique national [1]. Ce bilan englobe les installations de chauffage urbain qui font l'objet d'une enquête distincte [41] et qui sont rapportées dans le secteur spécifique au chauffage urbain et les activités de la Défense dont la décomposition en divers sous-produits est confidentielle. D'autres sources statistiques sont disponibles pour l'outre-mer [63, 69].

Les données complémentaires disponibles dans les services en charge du bilan énergétique national [1] et publiées par le CPDP [14] permettent une distinction plus fine vis-à-vis des combustibles, de la répartition entre secteurs résidentiel et tertiaire ainsi que parmi les usages (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson).

L'estimation des émissions liées à l'usage du bois dans les appareils domestiques individuels est réalisée à l'aide d'une méthodologie spécifique permettant la prise en compte de la diversité des appareils domestiques de chauffage au bois. En effet, les facteurs d'émission varient fortement d'un type d'équipement à un autre, c'est pourquoi les émissions de ce secteur sont calculées à partir d'un parc d'équipements. Ce parc est estimé, d'une part, à partir de données du CEREN [421] proposant des distributions d'équipements au regard de certaines années et, d'autre part, des données de ventes d'équipements fournies par Observ'ER [422].

Il est à noter que les consommations d'énergie de ce secteur sont directement liées à la rigueur climatique.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

Emissions de CH_4

Sources fixes

Les émissions de CH_4 sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

Sources mobiles

Les émissions de CH_4 sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [645] et spécifiques à la nature du carburant (essence et gazole) et au type d'engin (2 temps et 4 temps pour les engins à essence).

Emissions de N_2O

Sources fixes

Les émissions de N_2O sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [638].

Sources mobiles

Les émissions de N_2O sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC 2006 [645] et spécifiques à la nature du carburant (essence et gazole) et au type d'engin (2 temps et 4 temps pour les engins à essence).

3.2.8.2.3 Agriculture/sylviculture (1A4c)

La méthode appliquée est de rang GIEC 1/2.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Ces facteurs sont appliqués uniformément à toutes les installations et à tous les types d'engins.

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par combustible issus des lignes directrices du GIEC 2006 pour les sources fixes [645] et les sources mobiles [646], sauf pour la combustion du bois qui est estimée à partir des facteurs d'émissions fournie par une étude ADEME [285]. Pour les sources mobiles, la combustion souvent imparfaite conduit surtout au rejet de COVNM.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont déterminées au moyen des facteurs d'émission par combustible des lignes directrices du GIEC 2006 pour les sources fixes [645] et les sources mobiles [646].

3.2.8.2.4 Pêche (1A4c)

La méthode appliquée est de rang GIEC 1.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par combustible issus des lignes directrices du GIEC 2006 [669] appliquées uniformément à tous les navires et toutes les années à raison de 5,2 g/GJ pour l'essence, de 7,1 g/GJ pour le gazole et de 7,5 g/GJ pour le fioul lourd.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont estimées sur la base des facteurs d'émission issus des lignes directrices GIEC 2006 [669], à savoir de 1,8 g/GJ pour l'essence, de 1,9 g/GJ pour le gazole et de 2,0 g/GJ pour le fioul lourd.

3.2.8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes de la catégorie 1A4 est effectuée au 3ème niveau de la catégorie (i.e. 1A4) en fonction du type de combustible.

Les incertitudes des données d'activité sont basées sur les lignes directrices de l'IPCC [IPCC – Guidelines 2006 – Volume 2 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.15] tenant compte l'avis des experts sectoriels. Ainsi, ces incertitudes reflètent le fait que les activités de ce secteur sont plutôt bien suivies par les organismes statistiques, sa valeur est de 5% par catégorie de combustible.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission de CO_2 sont basées sur des estimations d'experts, tenant compte les variations du facteur d'émission moyen. Cette incertitude est de 2%.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O sont de 100% par type de combustible. Pour le CH_4, ceci est basé sur les lignes directrices de l'IPCC [IPCC – Guidelines 2006 – Volume 2 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.12] tenant compte l'avis des experts sectoriels. Pour le N_2O, les lignes directives de l'IPCC n'informent pas les incertitudes des facteurs d'émission. Ainsi, l'avis des experts sectoriels a été pris en compte considérant que les incertitudes pour le CH_4 et le N_2O sont plus élevées, car elles reflètent l'utilisation de facteurs par défaut (provenant des lignes directrices de l'IPCC).

Concernant la cohérence temporelle des séries, les consommations de combustibles sont cohérentes avec les données du bilan de l'énergie produit par le SDES sur l'ensemble de la période.

3.2.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Des dispositions particulières sont aussi mises en œuvre :

- une validation distincte est mise en place pour l'inventaire des GIC (pour le commercial/tertiaire),
- une vérification de la cohérence des émissions ainsi estimées avec les émissions déclarées par les sites soumis à quotas (secteur commercial/tertiaire) est réalisée,
- le bilan énergétique est vérifié spécifiquement,
- les émissions recalculées et la cohérence des séries temporelles sont vérifiées.

D'autre part, les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité des organismes émetteurs.

3.2.8.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 1A4

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	102 938	99 465	104 766	114 613	109 140	101 867	107 620	108 204	108 952	94 728	99 742	101 933	85 576	88 638	90 547	
Nouveau	kt CO2e	102 667	99 266	104 560	114 589	108 850	101 786	107 004	110 888	108 501	94 115	99 097	101 177	84 091	89 148	89 406	87 449
Différence	kt CO2e	-271	-198	-206	-24	-290	-81	-616	+2 684	-451	-613	-644	-756	-1 486	+510	-1 141	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-1%	+2%	-0%	-1%	-1%	-1%	-2%	+1%	-1%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

3.2.8.5.1 Commercial/tertiaire (1A4a) et Résidentiel (1A4b)

Description des recalculs

La révision complète des consommations de tous les combustibles dans le bilan de l'énergie français produit par le SDES sur toute la série a un impact important sur les émissions de ce secteur. Cette révision fait suite à une refonte des méthodologies appliquées par le SDES pour se rapprocher des concepts retenus par l'AIE.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude des données et de la cohérence temporelle.

3.2.8.5.2 Agriculture/sylviculture/pêche (1A4c)

Description des recalculs

La révision complète des consommations de tous les combustibles dans le bilan de l'énergie français produit par le SDES sur toute la série a un impact important sur les émissions de ce secteur. Cette révision fait suite à une refonte des méthodologies appliquées par le SDES pour se rapprocher des concepts retenus par l'AIE.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude des données et de la cohérence temporelle.

3.2.8.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration particulière envisagée.

3.3 Émissions fugitives des combustibles (CRF 1B)

Cette catégorie regroupe les émissions fugitives des activités d'extraction, de traitement et éventuellement de distribution des combustibles solides (charbon), liquides (pétrole et produits pétroliers) et gazeux (gaz naturel).

3.3.1 Combustibles solides (1B1)

3.3.1.1 Caractéristiques de la catégorie

3.3.1.1.1 Extraction du charbon (1B1a)

Ce secteur est une catégorie clé en termes d'évolution des émissions de CH_4. Il se situe au 14ème rang (hors UTCATF) en 2017 avec une contribution à l'évolution des émissions de 1,8%.

L'activité minière est à l'origine d'émissions de méthane (composant majoritaire du gaz de mine ou grisou).

Les rejets de CH_4 contenu dans le gaz de mine ou grisou proviennent :

- Du dégazage naturel de la mine (mines à ciel ouvert dites « découvertes »),
- De l'aération de la mine et de la fraction de gaz de mine non captée (mines souterraines),
- Du dégazage lors du stockage du charbon après extraction.

L'activité minière est recensée pour chaque site [52]. En France l'activité d'extraction a fortement décru au cours des dernières décennies pour cesser totalement en 2002 pour les mines à ciel ouvert et en 2004 pour les mines souterraines.

La formation du CH_4 dans les mines dépend des caractéristiques des veines exploitées. Certaines mines non grisouteuses ne sont pas émettrices. Les émissions se poursuivent après la fin de l'exploitation.

Les émissions de CH_4 de l'après mine (après la cessation de l'activité d'extraction dans les mines souterraines) sont prises en compte dans ce sous-secteur à partir de 2004. Avant cette date, ces émissions sont agrégées avec celles de l'extraction. Ces fuites de méthane sont faibles et se réduisent progressivement.

Concernant la « production » de charbon indiquée dans l'approche de référence, celle-ci correspond en fait à des tas de stockage (terrils) non utilisés pour lesquels les émissions de l'extraction ont déjà été considérées (l'année de leur extraction).

Les émissions de cette catégorie concernent uniquement la France métropolitaine, il n'y a pas de mines de charbon dans les territoires d'Outre-mer.

3.3.1.1.2 Transformation des combustibles minéraux solides (1B1b)

Ce secteur n'est pas une catégorie clé en 2017.

Cette section est dédiée aux émissions se produisant au cours des phases d'extinction et au défournement lors de la production de coke (fuites aux portes) au sein des cokeries minières et

sidérurgiques. Les émissions liées à la combustion sont traitées en section « 1A1c - solid fuel transformation ».

En France, la transformation de combustibles solides est pratiquement circonscrite à la production de coke dans les cokeries minières et les cokeries sidérurgiques. La liquéfaction, la gazéification et la production de combustibles défumés sont inexistantes ou marginales. L'activité minière hors cokerie est également rapportée dans cette catégorie. Le dernier bassin a cessé toute exploitation en 2004.

Trois cokeries sidérurgiques (i.e. au sein des sites intégrés de fabrication d'acier) subsistent en France.

3.3.1.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

3.3.1.2.1 Extraction du charbon (1B1a)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 ou 3 pour la période d'activité extractive (jusqu'en 2004), 2 pour la période après mine à compter de 2005.

Emissions de CO_2

Pas d'émission attendue.

Emissions de CH_4

Période pré-2004

Les hypothèses suivantes sont faites :

Le charbon importé a dégazé en totalité avant de parvenir sur le territoire national. Il est en effet impossible de connaître le temps de séjour de ce charbon hors de France. Cette hypothèse est minorante en valeur absolue mais préserve actuellement les engagements nationaux de limitation et de réduction des émissions dans la mesure où les quantités de charbon consommées se réduisent au fil des années. En effet, la baisse des émissions qui en résulterait n'est pas prise en compte.

Le charbon produit en France dégaze en totalité avant de parvenir à l'utilisateur. En conséquence, aucune émission de CH_4 liée au stockage et à la manutention n'est affectée aux secteurs consommateurs. Les émissions sont géographiquement attachées aux sites miniers. Cette hypothèse a un impact d'autant plus faible que l'on considère une année proche de 2004, date à laquelle toute activité d'extraction a cessé. Les données de base exploitées pour cette partie proviennent d'une étude réalisée par l'INERIS [160].

L'activité étant connue par site, la spatialisation des émissions est relativement aisée, bien que les émissions diffuses puissent être de fait moins précisément localisées.

Les émissions de CH_4 lors de l'exploitation étaient déterminées jusqu'en 2004 chaque année pour chaque bassin par CdF à partir des caractéristiques des veines exploitées (grisouteuses ou non) [159]. Des fluctuations importantes sont donc observées d'une année à l'autre. Il n'y a plus d'exploitation de mines de charbon en France depuis avril 2004.

Cette estimation englobe aussi le dégazage lié à la ventilation des galeries après la fin d'exploitation à l'exception des quantités captées et valorisées.

Période post 2004

Après la fin d'exploitation, les mines de charbon grisouteuses continuent de rejeter du méthane à l'atmosphère via notamment les exutoires. Il est donc nécessaire d'estimer les émissions de l'« après-

mine ». Le BRGM, et plus particulièrement le DPSM (Département Prévention et Sécurité Minière), est en charge de la problématique de l'après-mine et notamment de la surveillance des émissions des anciennes mines.

Les débits des exutoires sont mesurés par le BRGM. Cependant, ceux-ci sont très faibles et très variables en fonction de la localisation et de la pression atmosphérique. De plus, la teneur en méthane du gaz de mine est également très variable d'un point de rejet à un autre.

A l'aide de ces différentes données, le BRGM [377], a élaboré une estimation des rejets de méthane à l'air libre pour l'ensemble des anciennes mines [377].

Ces émissions sont variables d'une année à l'autre en fonction des caractéristiques des mines mais diminuent progressivement au cours du temps après la fin d'exploitation des mines. Un processus de mise à jour annuelle est effectué.

Les facteurs d'émission calculés ont principalement une utilité fonctionnelle puisque les émissions ne sont pas proportionnelles à la production (on peut obtenir des facteurs d'émission de valeur infinie lorsque l'émission est rapportée à une production nulle).

Emissions de N_2O

Pas d'émission attendue.

3.3.1.2.2 Transformation des combustibles minéraux solides (1B1b)

Les statistiques de production sont connues selon les années, soit par installation, soit par sous-ensemble sectoriel [19] [27] [52] [53].

L'estimation des émissions est effectuée au moyen de facteurs d'émissions issus des déclarations et des données communiquées par la fédération professionnelle du secteur [19] [27] pour les cokeries sidérurgiques (rang GIEC 3). Ces facteurs sont ensuite appliqués à l'ensemble de la production de coke (minier et sidérurgique).

Emissions de CO_2

Pas d'émission attendue.

Emissions de CH_4

Le méthane est le seul gaz à effet de serre considéré comme émis lors des phases d'extinction et de défournement des fours à coke. Les émissions des autres GES sont intégralement comptabilisées dans la section « 1A1c - solid fuels transformation ».

Les déclarations annuelles des sites [19] et des données communiquées par la fédération professionnelle du secteur de la sidérurgie [27] permettent de calculer un facteur d'émission par année à partir de 2006. Pour les années antérieures le facteur d'émission de 2006 est utilisé.

Emissions de N_2O

Pas d'émission attendue.

3.3.1.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes associées au secteur est effectuée au 3ème niveau de la catégorie (i.e. 1B1).

L'incertitude des données d'activité est de 5%. Cette valeur est basée sur la littérature (Lignes directrices du GIEC 2006).

L'incertitude du facteur d'émission de CH_4 est de 10%. Cette valeur est basée sur la littérature (Lignes directrices du GIEC 2006).

3.3.1.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Un contrôle qualité de niveau 2 est assuré sur les facteurs d'émission et émissions car le CITEPA est en étroite relation avec le BRGM qui fournit les données de l'après mines. Le CITEPA vérifie les calculs et s'assure de la cohérence de la méthode appliquée pour l'ensemble des anciens bassins miniers français.

Par ailleurs, le facteur d'émission national de méthane (mines souterraines et en surface en exploitation) a été comparé à celui du tier 1 indiqué dans les Lignes directrices du GIEC 2006 pour s'assurer de la cohérence de l'ordre de grandeur.

3.3.1.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 1B1

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	4 810	4 927	2 026	389	255	54	51	52	52	32	16	20	14	15	16	
Nouveau	kt CO2e	4 810	4 927	2 026	389	255	54	51	52	52	32	16	20	14	15	16	17
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Il n'y a pas eu de recalcul pour cette catégorie.

3.3.1.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration envisagée.

3.3.2 Combustibles liquides et gaz naturel (1B2)

3.3.2.1 Caractéristiques de la catégorie

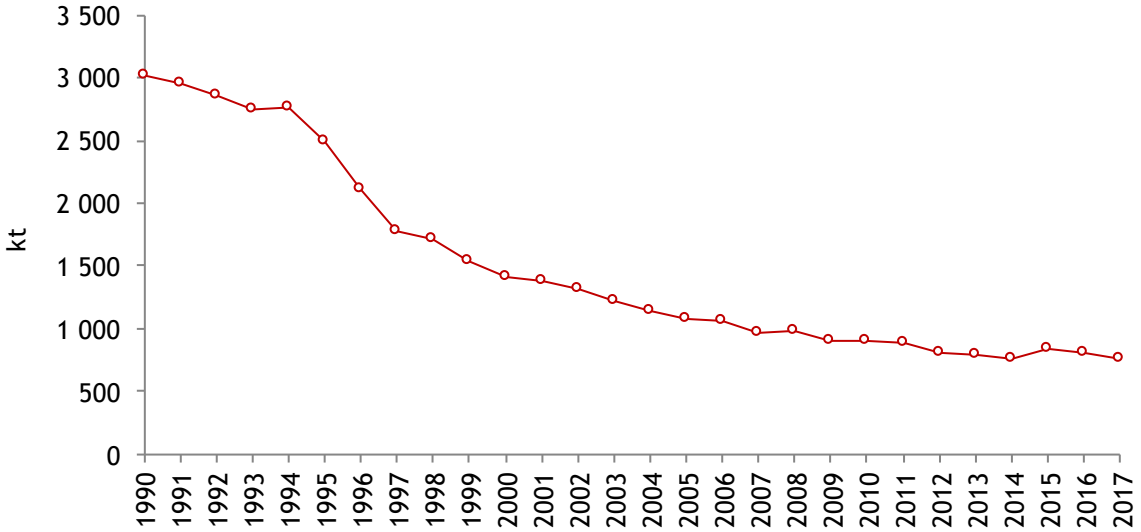
3.3.2.1.1 Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution (1B2a)

L'activité englobe l'exploration, la production et le transfert du pétrole brut vers les lieux de traitement ainsi que les activités de procédés dans les raffineries françaises, le stockage et la distribution des produits raffinés en France. Cette activité constitue la 30ème catégorie clé en niveau d'émissions de CO_2 en 2017 hors UTCATF (0,5%).

L'extraction de pétrole brut est localisée uniquement en France métropolitaine. Les raffineries se situent dans le périmètre Kyoto (une en Martinique), l'activité de transport de pétrole est englobée dans ce même périmètre et la distribution de produits pétroliers concerne la France entière.

L'extraction de pétrole brut est une activité très réduite en France. La production nationale a fortement diminué entre 1990 et 2007 et est approximativement constante depuis 2007 (entre 0,8 Mt et 1 Mt, alors qu'elle s'élevait à 3 Mt en 1990) [14]. Elle ne satisfaisait que 4% de la consommation en 1990 et à peine plus de 1% une trentaine d'années plus tard.

Figure 76 : Extraction de pétrole (périmètre Kyoto)



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 Graph_1B2a.xlsx/Petrole

L'exploration de pétrole brut est une activité existante en France et prise en compte dans les calculs d'émissions de gaz à effet de serre et polluants.

Le transport de pétrole brut depuis les sites de production en France est assuré par pipeline et camion-citerne.

La loi n° 2017-1839 du 30 décembre 2017 prévoit l'interdiction de l'attribution de nouveaux permis de recherche d'énergies fossiles et limite le renouvellement des concessions existantes à 2040.

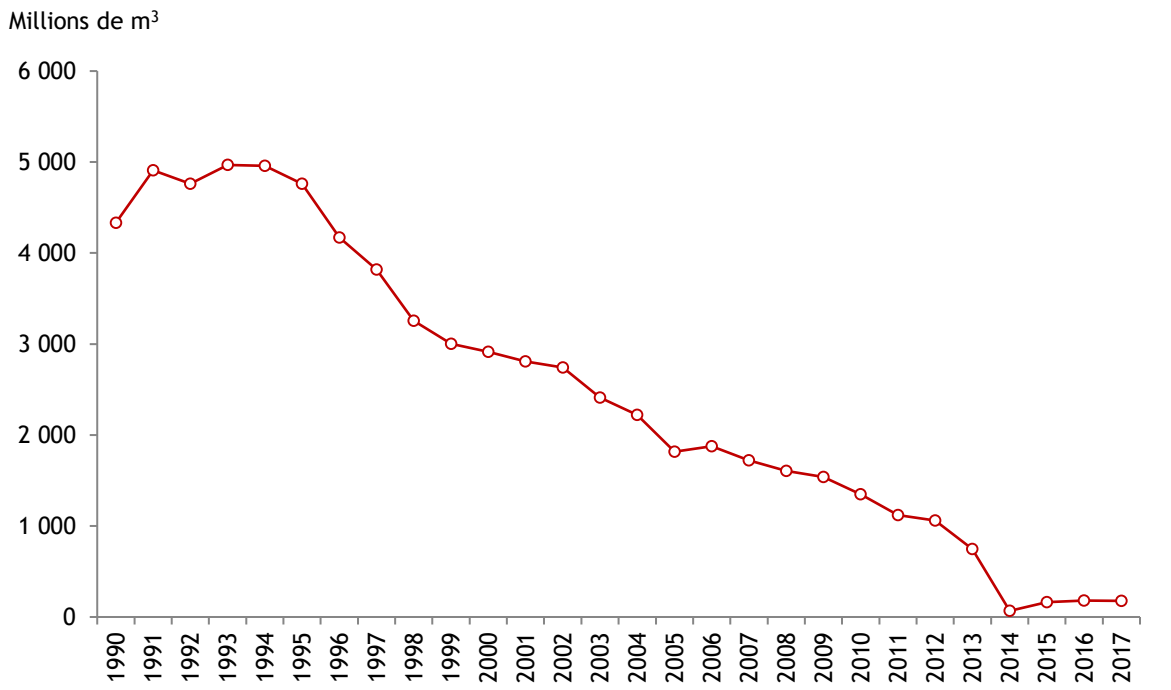
1B2a4 - Les procédés du raffinage du pétrole sont émetteurs de CO_2, CH_4 et N_2O. Il y a actuellement 10 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire hors PTOM) et une actuellement en reconversion (site de La Mède). Les procédés considérés sont :

- Les émissions fugitives des procédés en raffinerie (SNAP 040101),
- La régénération du craqueur catalytique - chaudière à CO (SNAP 040102),
- L'unité Claus (récupération de soufre) (SNAP 040103),
- Le stockage et la manutention de produits pétroliers en raffinerie (SNAP 040104),
- Les autres procédés (SNAP 040105) : il est à noter pour cette activité qu'une variation interannuelle des émissions est observée pour les émissions de CO2 et CH4. Ces variations sont liées à une des raffineries qui a un procédé spécifique de Steam Methane Reforming (SMR) qui utilise une source externe de gaz chaud pour chauffer les tubes dans lesquels se produit une réaction catalytique qui convertit la vapeur et les hydrocarbures légers en hydrogène et monoxyde de carbone (syngas). Ce syngas réagit davantage dans le réacteur pour donner plus d'hydrogène et de dioxyde de carbone. Les oxydes de carbone sont éliminés avant utilisation au moyen d'une adsorption modulée en pression (PSA) avec des tamis moléculaires pour la purification finale. Le PSA fonctionne en adsorbant toutes les impuretés du syngas pour laisser un gaz hydrogène pur. Les émissions de la combustion de ce gaz résiduel du PSA est considérée dans ce poste « autres procédés » et peut varier significativement d'une année à l'autre en expliquant les variations observées. Les émissions de CO_2 considérées sont conformes à l'EU-ETS.

3.3.2.1.2 Extraction et distribution du gaz naturel (1B2b)

Plusieurs installations d'extraction et de traitement de gaz naturel sont encore en fonctionnement [14]. Cependant, l'activité décroit fortement au cours du temps avec l'épuisement progressif des gisements.

Figure 77 : Extraction de gaz naturel (périmètre Kyoto)



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 Graph_1B2b_extrac_GN.xlsx/Gaz_Nat

Le site de Lacq représentait plus de 90% de la production totale jusqu'en 2013 mais le site a fermé en 2014.

Les émissions fugitives de CO_2 contenu dans le gaz extrait sont très faibles en 2017 par rapport à 1990 et constituent donc une catégorie clé en termes d'évolution hors UTCATF (48ème rang avec 0,3%).

Concernant la distribution du gaz naturel, les fuites des canalisations de transport et de distribution de gaz naturel occasionnent des émissions de CH_4 et de CO_2. Le transport et la distribution du gaz ne sont pas des catégories clés en 2017.

Les principales sources d'émissions fugitives couvertes proviennent :

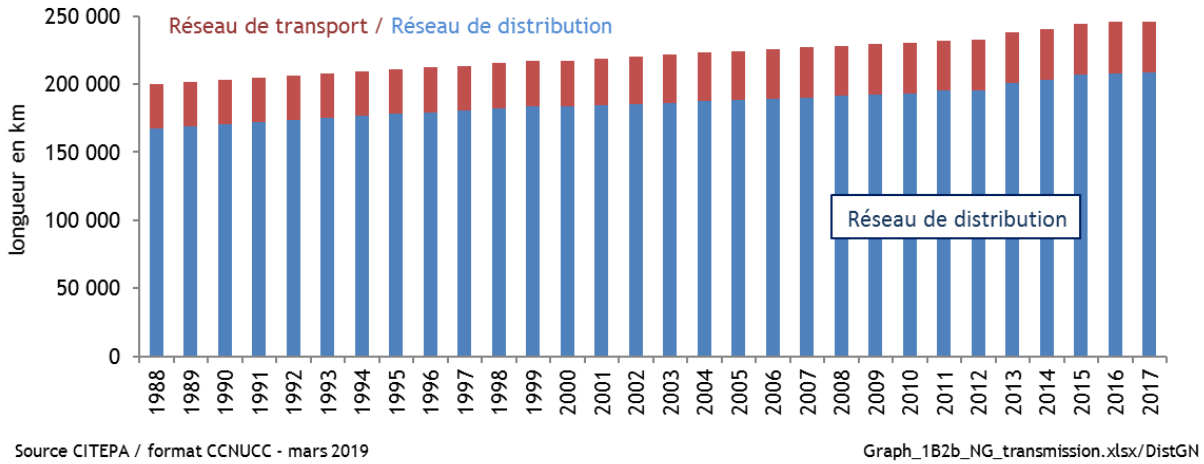
- du réseau de distribution,
- du réseau de transport,
- des stations de compressions,
- des sites de stockage,
- des terminaux méthaniers.

La nature des émissions est ici étroitement liée à la composition du gaz naturel. En conséquence, les émissions renseignées portent sur le CH_4, les COVNM et le CO_2.

Le transport du gaz naturel (*via* le réseau de distribution) s'effectue au travers du réseau haute pression (HP) d'une longueur supérieure à 35 000 km, tandis que la distribution correspond aux réseaux moyenne et basse pressions (MP et BP) d'une longueur de l'ordre de 200 000 km. Les réseaux

MP et BP utilisent des canalisations hétérogènes quant aux matériaux utilisés : vieilles fontes grises, fontes grises à joint express, polyéthylène, acier, fonte ductile, etc. Le renouvellement des canalisations en fonte depuis 1990 a permis d'améliorer l'étanchéité du réseau et ainsi de diminuer les fuites de CH_4.

Figure 78 : Longueur de réseau du gaz naturel en France (périmètre Kyoto)



Les émissions du secteur 1B2b sont spécifiques de la France métropolitaine (pas de gaz naturel consommé dans les territoires d'Outre-mer).

Le tableau ci-dessous présente les consommations de gaz en France et la longueur du réseau de transport/distribution. En effet, la donnée d'activité rapportée dans les tables CRF correspond à la consommation de gaz naturel alors que les émissions fugitives sont notamment basées sur la longueur et le type de canalisation.

Année	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017
Consommation de gaz naturel (PJ)	1 090	1 238	1 497	1 718	1 784	1 467	1 613
Longueur du réseau de distribution (km)	170 615	177 987	183 383	188 403	193 250	204 846	208 259
Longueur du réseau de transport (km)	32 712	32 712	33 979	36 090	37 301	37 456	37 548

3.3.2.1.3 Torchères et Venting (1B2c)

Cette activité n'est pas une source clé en 2017. Elle regroupe les torchères en raffinerie de pétrole, celles de l'extraction de gaz et de pétrole et celles situées au niveau des terminaux méthaniers, des sites de stockage de gaz naturel et des stations de compression. Les émissions dues aux gaz rejetés par les installations (purges, évents, etc.) dans l'extraction de pétrole sont également reportées dans cette section. Le secteur 1B2c est relatif au périmètre Kyoto.

Les activités d'extraction de pétrole sont marginales en France du fait d'une ressource limitée. Les activités d'extraction de gaz étaient localisées majoritairement (>90%) sur le site de Lacq. Cependant, ce site a fermé en 2014 et l'extraction de gaz est devenue quasiment inexistante en France.

Le torchage au niveau des terminaux méthaniers et des stations de compression participe marginalement aux émissions de ce secteur.

3.3.2.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

3.3.2.2.1 Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution (1B2a)

Extraction des combustibles fossiles liquides

Les émissions de l'exploration et de l'extraction de combustibles fossiles liquides sont faibles et suivent la courbe de production. Elles sont déterminées en utilisant les facteurs d'émission du GIEC (méthode Tier 1).

Le même niveau de méthode est utilisé pour les émissions relatives au transport de pétrole brut. Dans cette catégorie sont comptabilisées les émissions liées au transport de pétrole brut en pipelines et camion-citernes mais également les émissions fugitives de pétrole brut transitant par les terminaux pétroliers. La donnée d'activités de cette catégorie correspond à la quantité de pétrole brut chargée en pipelines, camion-citernes et terminaux pétroliers.

Les émissions issues de quatre types de sources sont estimées :

- Les émissions liées à l'exploration de pétrole brut (EPL).
- Les émissions fugitives liées aux fuites des équipements (brides, raccords…) lors de l'extraction, pertes au stockage (FUG).
- Les émissions fugitives dues au réseau de transport de pétrole brut par pipelines (PIP).
- Les émissions fugitives dues au réseau de transport de pétrole brut par camions et wagons citernes (CIT).
- Les émissions fugitives liées au stockage de brut dans les terminaux pétroliers (BRT).

Les données d'activités et de facteurs d'émission pour chaque type de source sont disponibles dans la base de données OMINEA.

L'exploration de pétrole est une activité encore existante en France. Un permis de recherche est attribué pour une durée maximale de 5 ans et peut être prolongé à deux reprises, chaque fois de cinq ans au maximum. Les différents permis de recherches sont indiqués dans le CPDP [14].

Même si des permis de recherche off-shore sont accordés, l'extraction de pétrole brut off-shore en France est négligeable. L'activité prise en compte pour la catégorie FUG correspond donc à l'extraction terrestre. Au début des années 2000, moins de 1% de la production était localisée en dehors du Bassin Parisien et de l'Aquitaine.

L'activité de transport par pipeline est fournie par le CPDP chaque année. Celle pour les camions citernes est déterminée à partir de données d'expert et de la production française [14]. La quantité de brut importé est principalement acheminé par pipeline et le transport en camions et wagons-citernes est exclusif à la production de pétrole brut en France.

La quantité de pétrole brut importé transitant par les terminaux pétroliers est fournie par le CPDP chaque année.

La quantité de pétrole brut transporté ou stocké dans les terminaux est convertie des t en PJ en utilisant le PCI du pétrole brut (42 MJ/kg).

Le torchage et la partie « venting » issue de l'extraction de pétrole sur le site de production sont inclus dans la section « 1B2c_flaring ».

Emissions de CO_2

L'exploration de pétrole engendre des émissions de CO_2, N_2O et CH_4 provenant de l'ouverture des puits (Well drilling), des essais (Well testing) et de la préparation des puits (Well servicing). La méthode de calcul des émissions est basée directement sur la production nationale de pétrole [14]. Les facteurs d'émission utilisés sont ceux donnés par défaut pour les pays développés dans les Lignes directrices du GIEC 2006 [627].

Les émissions de CO_2 survenant lors de l'extraction et du transport des combustibles fossiles liquides (FUG, PIP, CIT) sont calculées et déterminées à partir des facteurs d'émission par défaut du GIEC [627]. Les émissions qui proviennent du torchage sur le site de production sont inclues en section 1B2c.

Les facteurs d'émission pour le transport par pipeline et camion-citerne étant indiqués en kt / 1000 m^3 dans les lignes directrices du GIEC 2006, ils peuvent être convertis en kg/t à partir de la densité (0,86) et du PCI (42 MJ/kg) du pétrole brut.

Les émissions liées au déchargement et stockage de pétrole brut dans les terminaux pétroliers sont estimées grâce à une méthodologie mise en place en collaboration avec des experts du secteur pétrolier [13]. Cette méthodologie, basée sur les émissions de COVNM, tient compte notamment des caractéristiques techniques de stockage des bacs (Toits fixes *vs* toits flottants, volume de stockage…). Le ratio de conversion utilisé entre le facteur d'émission des COVNM et celui du CO_2 est le même que pour l'activité de transport de pétrole brut par pipelines [627] :

	COVNM	CO_2
Facteur d'émission transport pipeline (kt/1000 m^3)	5,40E-05	4,90E-07
Ratio /COVNM	1,00E+00	9,07E-03

Emissions de CH_4

Pour l'extraction (FUG et VEN), les lignes directrices du GIEC 2006 donnent un facteur d'émission « venting ». Aucun facteur d'émission n'est mentionné pour le CH_4 fugitif. Le ratio CO_2/CH_4 a été calculé pour les facteurs d'émission « venting » et utilisé pour déterminer le facteur d'émission du CH_4 fugitif [627].

Les émissions de CH_4 survenant lors du transport des combustibles fossiles liquides (PIP, CIT) sont calculées et déterminées à partir des facteurs d'émission par défaut du GIEC [627]. Les facteurs d'émission pour le transport par pipeline et camion-citerne étant indiqués en Gg / 1000 m^3 dans les lignes directrices du GIEC 2006, ils peuvent être convertis en kg/t à partir de la densité (0,86) et du PCI (42 MJ/kg) du pétrole brut.

Les émissions liées au déchargement et stockage de pétrole brut dans les terminaux pétroliers sont estimées grâce à une méthodologie mise en place en collaboration avec des experts du secteur pétrolier [13]. Cette méthodologie, basée sur les émissions de COVNM, tient compte notamment des caractéristiques techniques de stockage des bacs (Toits fixes *vs* toits flottants, volume de stockage…). Le ratio de conversion utilisé entre le facteur d'émission des COVNM et celui du CH_4 est le même que pour l'activité de transport de pétrole brut par pipelines [627] :

	COVNM	CH_4
Facteur d'émission (Gg/1000 m^3)	5,40E-05	5,40E-06
Ratio /COVNM	1,00E+00	1,00E-01

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O proviennent du torchage et sont prises en compte dans la section 1B2c.

Raffinage du pétrole

Selon les substances, le niveau de méthode utilisée est de Tier 2 ou 3.

Il y a actuellement 9 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire hors PTOM) et une actuellement en reconversion (site de La Mède).

Les sites de raffinage ont connu des modifications de capacité au cours des années écoulées.

Le site de La Mède est en cours de transformation pour créer la première bio-raffinerie française afin de répondre à la demande croissante en biocarburants. Il a arrêté le traitement du pétrole brut fin 2016.

On notera également que 9 raffineries ont fermé dans la période 1980 – 1985 puis dans les années 2000 :

- En 2003, un site a abandonné son activité de raffinage, ne conservant que ses activités pétrochimiques,
- En 2010, la raffinerie des Flandres (Nord) a été arrêtée et reconvertie en dépôt pétrolier. Le démontage des unités a été réalisé jusqu'en 2013 expliquant les faibles consommations énergétiques dédiées aux utilités et déclarées de 2010 à 2013,
- En 2011, la raffinerie de Reichstett (Bas-Rhin) a arrêté son activité,
- En 2012, la raffinerie de Berre (Bouches du Rhône) a été mise en arrêt temporaire pour 2 années dans l'attente d'une reprise de site. Faute de repreneurs, l'exploitant a confirmé la fermeture de la raffinerie mais s'engage à continuer de développer les activités pétrochimiques sur le site,
- Enfin, en 2013, la raffinerie de Petit-Couronne (Seine-Maritime) a fermé ses portes. Ce site est en cours de reconversion en dépôt pétrolier,
- En 2016, la raffinerie de Dunkerque (SRD) n'a pas fonctionné et a définitivement fermé ses portes en Janvier 2017.

Le niveau d'activité est spécifique du procédé considéré :

- Les quantités de pétrole brut traité [14, 19] servent à estimer les émissions fugitives des procédés,
- La quantité de coke brûlé [19] permet de calculer les émissions liées à la régénération du craqueur catalytique.

Pour les autres procédés, les niveaux d'activités ne sont pas connus. Les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles de rejets [19]. Les niveaux d'émission aux postes de stockage et d'expédition varient en fonction des techniques mises en œuvre sur le site (type de stockage, technique de chargement, etc.) [48].

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission relatif au coke brûlé.

Les facteurs spécifiques déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19], notamment afin d'assurer la cohérence des données retenues pour l'inventaire avec celles déclarées au titre du SEQE, basées sur des mesures spécifiques.

Lorsque l'exploitant ne fournit pas de facteur spécifique, la moyenne des facteurs d'émission du coke par site ou, en dernier recours, la valeur nationale est appliquée.

Pour les autres procédés (SNAP 010405), les émissions proviennent directement des déclarations annuelles d'émissions [19].

Emissions de CH_4

Des émissions de CH_4 sont recensées au niveau de la régénération du craqueur catalytique. Les facteurs spécifiques et les mesures déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19]. Lorsque l'exploitant ne fournit pas de données, les émissions sont estimées à partir d'un facteur d'émission moyen basé sur les déclarations annuelles de rejets [19] (craqueur catalytique avec chaudière à CO).

Pour le site ne possédant pas de chaudière à CO avant 2013, le facteur d'émission associé est environ 120 fois plus élevé. Depuis 2013, les émissions ont été réduites suite à l'installation de cette technologie.

Emissions de N_2O

Des émissions de N_2O sont recensées au niveau de la régénération du craqueur catalytique. Les facteurs spécifiques et les mesures déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19]. Lorsque l'exploitant ne fournit pas de données, les émissions sont estimées à partir d'un facteur d'émission moyen basé sur les déclarations annuelles de rejets [19] (craqueur catalytique avec chaudière à CO).

Le facteur d'émission est environ 18 fois plus élevé pour le site non équipé d'une chaudière à CO avant 2013.

3.3.2.2.2 Extraction et distribution du gaz naturel (1B2b)

Extraction et traitement du gaz naturel

Le niveau de méthode utilisé pour cette section est de niveau 3 pour le site de production déclarant ses émissions (activités terrestres-désulfuration) et de niveau 2 pour les autres sites (Activités terrestre – autres que la désulfuration). Pour le site de production de Lacq (site majoritaire), les données proviennent directement de la déclaration annuelle des rejets du site de Lacq [19, 404]. Pour les autres sites, les productions nationales de gaz naturel sont données par le CPDP [14].

Emissions de CO_2 et de CH_4

Avant 2014, la déclaration annuelle de rejets des polluants du site de Lacq donne les émissions pour le site [19, 404]. Les émissions des autres sites de production sont estimées au prorata de leurs productions de gaz considérant un ratio équivalent de production / émissions au site de Lacq. A partir de 2014, un changement méthodologique est opéré puisque le site de Lacq est à l'arrêt. Un facteur d'émission moyen est calculé sur la période 2007-2013. Ce facteur est ensuite appliqué pour le calcul des émissions postérieures à 2014.

Transport, stockage et distribution du gaz naturel

Pour cette section, le niveau de méthode utilisé est de rang 2.

Emissions du réseau de distribution

Les émissions du réseau de distribution sont principalement induites par les incidents et par les actes d'exploitation et de maintenance survenus sur le réseau de distribution.

Les émissions ne sont pas liées à la quantité de gaz passant dans les canalisations mais à la longueur de ces dernières (fuites liées à la perméabilité), aux micro-fuites et aux différentes opérations ayant lieu sur le réseau (travaux, incidents, rénovation, etc.). Ces émissions sont estimées selon une méthodologie développée par GRDF et extrapolées ensuite à l'ensemble du réseau de distribution.

Emissions du réseau de transport

Les émissions de CH_4 liées au réseau de transport proviennent des opérations de décompression des gazoducs lors des travaux sur le réseau (maintenance, exploitation, etc.) ainsi que des fuites liées à la conception et aux conditions d'exploitation de certains types d'équipements et des rejets liés au fonctionnement des soupapes de sécurité. Deux opérateurs partagent le réseau de transport : GRTgaz (filiale de ENGIE et représentant 86% du kilométrage en 2015) et TIGF.

GRTgaz [334] transmet annuellement les émissions de son réseau depuis 2004. Avant cette date, les émissions du réseau GRTgaz sont considérées constantes hormis pour les micro-fuites résiduelles calculées au prorata du nombre de postes réseau.

TIGF transmet annuellement les émissions de méthane depuis 2006. Avant cette date les émissions sont supposées constantes.

Emissions des sites de stockage

Les émissions des sites de stockage de gaz naturel proviennent des rejets liés à la conception et aux conditions d'exploitation de certains types d'équipements (démarrage et arrêt des installations de compression), des rejets ponctuels lors des opérations de maintenance et/ou de travaux, des fuites

liées à un défaut d'étanchéité d'un équipement. Deux opérateurs partagent le stockage de gaz naturel : Storengy (filiale de ENGIE) et TIGF.

Depuis 2007, les émissions sont issues des déclarations GEREP pour les installations de Storengy ou communiquées annuellement par TIGF [19, 629]. Avant cette date, les émissions sont considérées constantes.

Emissions des terminaux méthaniers

Les émissions des terminaux méthaniers sont issues des fuites des réservoirs de stockage, des rejets ponctuels lors d'opération de maintenance et/ou travaux sur les installations des terminaux méthaniers, des fuites liées à la conception et aux conditions d'exploitations de certains types d'équipement.

Depuis 2007, ces émissions sont issues des déclarations GEREP pour les installations de Elengy (filiale de ENGIE)) [19]. Avant cette date, les émissions sont considérées constantes.

Emissions des stations de compression

Les émissions des stations de compression sont issues des fuites des équipements, des rejets ponctuels lors d'opération de maintenance et/ou travaux sur les installations de compression, ou des émissions lors de la mise en sécurité du site.

Depuis 2007, ces émissions sont issues des déclarations GEREP pour les installations de GRTgaz ((filiale de ENGIE) ou communiquées annuellement par TIGF [19, 629]. Avant cette date, les émissions sont considérées constantes hormis pour les micro-fuites de GRTgaz calculées au prorata du nombre de compresseurs.

Emissions de CO_2 et de CH_4

Emissions du réseau de distribution

Les émissions de CH_4 du réseau de distribution sont transmises annuellement par GRDF [334].

La méthodologie de calcul mise en œuvre par GRDF intègre des données précises recueillies par les équipes de terrain. Les émissions de méthane sont divisées en 3 catégories [783] :

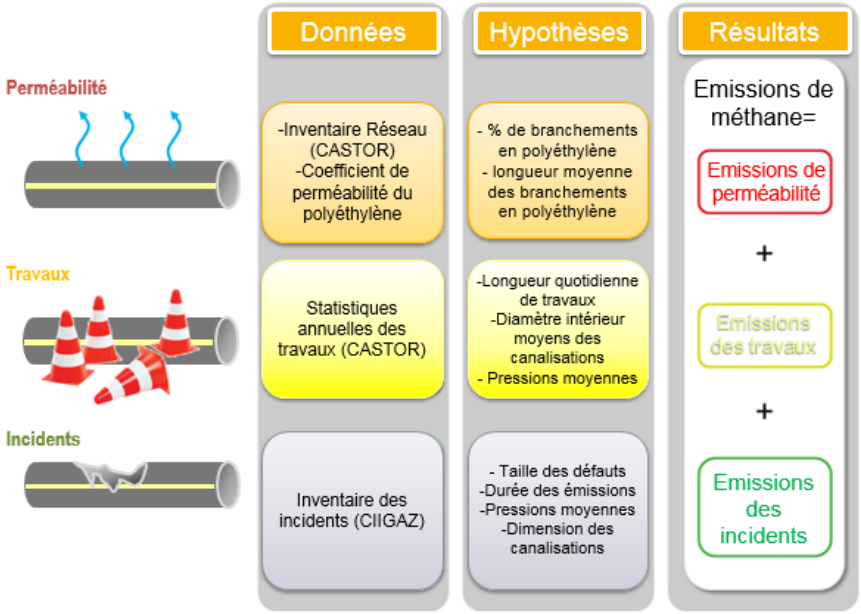
- Emissions liées à la perméabilité : du fait des conditions de pression, le gaz naturel traverse par un processus de "dissolution-diffusion » les films polymères denses du polyéthylène.
- Emissions dues aux travaux : lors des actes d'allongement, de réfection, … du réseau, il est nécessaire de purger une partie du réseau, l'équipement, puis de purger l'air introduit lors des travaux et de le remplacer par du gaz naturel.
- Emissions dues aux incidents : lorsqu'une fuite est détectée sur le réseau de distribution ou les équipements, l'incident est reporté par le personnel de GRDF.

Pour les émissions liées à la perméabilité, un facteur d'émission linéique est utilisé étant donné que cette émission est directement proportionnelle à la longueur de canalisation en polyéthylène.

Pour les émissions dues aux travaux, GRDF a identifié différents types de travaux (renouvellement, allongement, …) réalisés sur le réseau, et quantifié les émissions de méthane de chaque évènement à partir d'équations de mécanique des fluides. Le nombre annuel de travaux est connu de GRDF.

Pour les émissions dues aux incidents, GRDF a aussi calculé des émissions de méthane par type d'incidents à l'aide d'équations de mécanique des fluides. Néanmoins, pour les évènements les plus importants (en occurrence ou en quantité estimée de méthane), un logiciel utilisé pour les études de danger a été mis en œuvre pour vérifier et corriger ces émissions unitaires. Quant au nombre d'incidents, les équipes de terrain de GRDF notent tout évènement, quel que soit son importance, dans une base de données, que ce dernier soit repéré lors d'une tournée systématique ou signalé par des équipes GRDF ou des tiers.

Les émissions totales sont calculées en sommant les trois types d'émissions comme décrit dans le schéma ci-dessous :



Les émissions de CH_4 ainsi obtenues par GRDF sont ensuite extrapolées à l'ensemble du réseau de distribution (un peu plus de 3%).

Ainsi, afin de faire varier annuellement la part des autres opérateurs de distribution de gaz naturel que GRDF, les données de consommation issues de la LTECV (Loi de transition énergétique pour la croissance verte) sont utilisées depuis 2000. Cette part varie légèrement selon les années, allant de 1% à 5% du total national [907].

Les émissions de CO_2 sont ensuite déterminées à partir de la composition moyenne du gaz naturel consommé en France et des émissions de CH_4. Cette composition est estimée annuellement à partir des quantités importées de gaz naturel par type de gisement (différent en fonction des pays d'approvisionnement) et de leur composition respective [679]. Cette composition moyenne varie donc légèrement d'une année à l'autre en fonction de la provenance du gaz naturel.

	Composition moyenne du gaz naturel (en masse)		
	1990	2000	2015
CH_4	83,8%	85,6%	86,9%
CO_2	0,9%	0,9%	1,0%
Ratio CO_2/CH_4	0,011	0,010	0,011

Emissions du réseau de transport

Les émissions de CH_4 du réseau de transport sont transmises annuellement par les deux opérateurs nationaux GRTgaz et TIGF.

GRTgaz estime les émissions de méthane en distinguant plusieurs sources distinctes [784] :

- **Les micro-fuites résiduelles** qui sont les rejets aux jonctions hors soudages des assemblages (raccords, joints, vannes d'isolement avec l'atmosphère, etc.). Elles sont présentes sur les postes réseau, les stations d'interconnexion et les stations de compression.

  La méthodologie de quantification est la Norme NF EN 15 446 en appliquant la table de conversion Petroleum (Oil and Gas). La norme est équivalente à l'USEPA (Environmental Protection Agency) méthode 21 en utilisant la conversion d'une concentration mesurée vers un débit.

- **Les soupapes** qui sont les organes de sécurité destinés à protéger les installations d'une surpression éventuelle.

Trois types de défauts soupapes sont identifiés (fuite, ouverture, non fermeture) : à chacun des défauts est associé une quantité de rejet dépendant des caractéristiques de la soupape et du mode de détection du défaut.

- **Les essais de fonctionnement des postes** qui correspondent à une moyenne d'une mise à l'évent par an et par poste (pré-détente et poste de livraison). Ceci est nécessaire pour assurer leur maintenance.

  Le volume est estimé par poste en fonction des diamètres amont et aval et de la longueur associée, la pression utilisée est la pression aval (décompression du poste par les clients avant essai).

- **Les vannes pilotées en régulation au gaz**

  Les quantités émises par le réseau sont calculées à partir du débit multiplié par le nombre d'heures de l'année et le nombre de vannes concernées.

- **Les dépressurisations pour travaux** qui sont comptabilisés individuellement et font l'objet d'un calcul spécifique dépendant du volume en eau et de la pression en début de purge. Sur certaines opérations, le gaz mis à l'évent est brulé.

- **Les chromatographes :** chaque analyseur de gaz (chromatographe) prélève l'échantillon de gaz à analyser à partir d'une ligne d'échantillonnage. Cette ligne prélève, en continu et à un débit fixé, du gaz naturel dans la canalisation de transport et rejette ce gaz à l'atmosphère. C'est ce débit de fuite qui est comptabilisé.

  Deux valeurs normatives sont utilisées : l'une pour les postes et l'autre pour les interconnexions et les stations de compression.

TIGF (représentant 14% du kilométrage de réseau de transport en 2015) estime les émissions de méthane en fonction de deux sources distinctes [785] :

- **Les postes de livraison**

  Des campagnes de mesure par échantillonnage sur les installations ont été réalisées pour déterminer des débits de pertes diffuses pour un poste sans action de maintenance d'une part et, d'autre part, pour un poste avec action de maintenance.

  Le débit total de pertes diffuses pour les postes de livraison correspond aux émissions des postes avec et sans maintenance, ces postes se distinguant par des débits de pertes diffuse unitaires différents (en tonne CH_4/poste).

- **Les postes de sectionnement**

  Les postes de sectionnement sont divisés en 3 catégories :

- Gros postes de sectionnement : plus de 30 équipements
- Postes de sectionnement moyens : entre 10 et 30 équipements
- Petits postes de sectionnement : moins de 10 équipements

Des campagnes de mesures par échantillonnage sur ces postes ont été réalisées pour déterminer des débits de pertes diffuses unitaires. Pour chaque année et pour chaque catégorie de poste (gros, moyens, petits), le nombre de postes ayant subi des actions de maintenance et le nombre de postes n'en ayant pas reçu sont connus. Le débit total de pertes diffuses pour les postes de sectionnement correspond aux émissions des postes avec et sans maintenance, ces postes se distinguant par des débits de pertes diffuse unitaires différents (en tonne CH_4/poste).

Emissions des sites de stockage, de compression et terminaux méthaniers

Les émissions lors du stockage, de la regazéification du GNL ou sur les sites de compression de gaz naturel sont déterminées séparément à partir des déclarations des exploitants [19].

Les fuites des sites de stockage, de compression ou des terminaux méthaniers sont agrégées avec les émissions du réseau de transport.

Les facteurs d'émission sont déduits en rapportant les émissions à la longueur totale du réseau.

Il est également possible de rapporter ces émissions à la consommation annuelle de gaz naturel, mais les ratios ainsi obtenus ne sont pas représentatifs de la réalité du phénomène d'émission.

Malgré l'augmentation constante de la longueur des réseaux de transport et de distribution, les émissions ont diminué en raison des efforts de sécurisation et de maintenance se traduisant par une diminution des incidents, une meilleure détection des fuites et une meilleure maîtrise des émissions.

3.3.2.2.3 Torchères et Venting (1B2c)

Torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole

Le niveau de méthode est de rang 1 (pour l'extraction de pétrole), 2 (pour l'extraction de gaz, les stations de compression et terminaux méthaniers) et 3 (pour l'extraction de gaz, les stations de compression et terminaux méthaniers).

Extraction du pétrole

Concernant les émissions de la mise en torchère et du venting sur les sites d'extraction de pétrole, les facteurs d'émission utilisés sont tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [627].

Les facteurs d'émission pour le venting et les torchères étant indiqués en kt / 1000 m^3 dans les lignes directrices du GIEC 2006, ils peuvent être convertis en kg/t à partir de la densité (0,86) et du PCI (42 MJ/kg) du pétrole brut. Les résultats des conversions sont les suivants :

FE pétrole	CO_2		CH_4		N_2O	
	kt/1000m^3	kg/PJ	kt/1000m^3	kg/PJ	kt/1000m^3	kg/PJ
Venting	9,5E-05	2 631	7,2E-04	19 942	NA	NA
Torchères	4,1E-02	1,1E06	2,5E-05	692,1	6,4E-07	17,73

A ces émissions issues des torches de l'extraction de pétrole s'ajoutent les émissions des torches des raffineries.

Extraction du gaz

Jusqu'en 2014, les émissions proviennent directement de la déclaration annuelle des rejets du site de Lacq qui représente la quasi-totalité de la production [19]. Les facteurs d'émission de gaz à effet de serre du site de Lacq sont appliqués à la production des autres sites d'extraction de gaz naturel afin de calculer les émissions liées au torchage de l'ensemble de la production française.

A partir de 2014, le site de Lacq étant fermé, la méthodologie mise en place consiste en l'estimation d'un facteur moyen d'émission pour chacun des gaz à effet de serre sur les années 2009-2013. Ces facteurs permettent ensuite le calcul des émissions pour les années 2014 et suivantes liées aux activités de torchage sur les sites d'extraction de gaz encore en activité.

Stations de compression et terminaux méthaniers

Concernant les émissions de la mise en torchères dans les stations de compression et les terminaux méthaniers, deux méthodes sont utilisées :

- soit les émissions sont directement tirées des déclarations des exploitants [19] pour les années récentes (notamment pour le CO_2 depuis 2005),
- soit un facteur d'émission moyen est recalculé à partir des consommations et des émissions des années connues.

Raffinage du pétrole

Le niveau de méthode appliqué de rang 2 ou 3 selon les substances.

Le niveau d'activité considéré par raffinerie est la quantité de brut traité [14, 19].

Selon les informations disponibles, les émissions sont déterminées avec l'une des méthodes suivantes :

- les émissions sont déterminées par l'exploitant et rapportées via les déclarations annuelles de rejets [19].
- les émissions ne sont pas déterminées par l'exploitant. Des facteurs d'émission (littérature ou moyenne du site pour les années connues) rapportés à la quantité de brut traité sont appliqués.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées :

- à partir des déclarations annuelles d'émissions de chaque raffinerie [19],
- à partir d'un facteur d'émission moyen spécifique à chaque raffinerie basé sur les données des années récentes.

Emissions de CH_4

Selon les informations disponibles, les émissions de CH_4 sont déterminées :

- à partir des déclarations annuelles d'émissions de chaque raffinerie [19],
- à partir d'un facteur d'émission moyen spécifique à chaque raffinerie basé sur les données des années récentes,
- à partir du facteur d'émission par défaut provenant du guidebook du CONCAWE [396], pour les sites pour lesquels aucune information n'est disponible sur toute la série.

Emissions de N_2O

Selon les informations disponibles, les émissions de N_2O sont déterminées :

- à partir des déclarations annuelles d'émissions de chaque raffinerie [19],
- à partir d'un facteur d'émission moyen spécifique à chaque raffinerie basé sur les données des années récentes,
- à partir d'un facteur d'émission moyen calculé à partir de toutes les raffineries métropolitaines, pour les raffineries ne disposant d'aucune donnée sur l'ensemble de la série.

3.3.2.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 3ème niveau de la catégorie (i.e. 1B2).

L'incertitude des données d'activité est basée sur les lignes directrices du GIEC 2006 (Volume 2 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.15) tenant compte l'avis des experts sectoriels. La valeur de cette incertitude est de 10%.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission de CO_2 sont basées sur des estimations d'experts, tenant compte les variations du facteur d'émission moyen. Cette incertitude est de 2%.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O sont de 100%. Pour le CH_4, ceci est basé sur les lignes directrices du GIEC 2006 (Volume 2 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.12)

en tenant compte de l'avis des experts sectoriels. Pour le N_2O, les lignes directives du GIEC 2006 n'indiquent pas les incertitudes des facteurs d'émission. Ainsi, l'avis des experts sectoriels a été pris en compte considérant que les incertitudes pour le CH_4 et le N_2O sont plus élevées, car elles reflètent l'utilisation de facteurs par défaut.

La grande majorité des données provenant directement des industriels concernés depuis le début de la période considérée, après vérification par l'administration, la cohérence temporelle est assurée.

3.3.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Des dispositions spécifiques sont prises pour ce sous-secteur :

- Participation de l'industrie : les données concernant les activités sont directement demandées aux industries pétrolières et gazéifères permettant ainsi de couvrir toutes les sources. Un recoupement du périmètre est aussi réalisé avec la publication du CPDP qui couvre ces activités.
- Pour la distribution et le transport de gaz naturel, un projet de Convention entre le CITEPA, le MTES, GrDF, GRTgaz et TIGF est en cours de réalisation afin que les données nécessaires à l'inventaire soient transmises chaque année au CITEPA s'accompagnant d'une note explicative sur les éventuelles évolutions des émissions entre deux éditions et d'une note détaillée décrivant les éventuelles évolutions méthodologiques.
- Utilisation de mesures directes : les émissions obtenues par mesure dans les déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) qui s'assurent de la bonne application des méthodes standards de mesures reconnues. Elles sont ensuite validées par le Ministère chargé de l'Ecologie (MTES). De plus dans le cadre du SEQE les émissions de CO_2 des sites soumis sont vérifiées par un vérificateur agréé avant d'être transmises à la DREAL et validées par le MTES.
- Vérification des FE du CH_4 et N_2O : pour les torches des raffineries de pétrole où les mesures directes des exploitants peuvent être utilisées, les FE recalculés par site sont comparés à ceux du CONCAWE (1/09 Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries) avant d'être validés ou écartés, à l'exception du FE du CO_2 qui est dans tous les cas conservés afin d'assurer la cohérence avec le SEQE.

3.3.2.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 1B2

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	6 181	6 060	5 827	5 462	5 802	6 092	6 370	6 083	5 733	5 431	4 825	4 496	4 280	4 150	4 183	
Nouveau	kt CO2e	6 181	6 060	5 827	5 462	5 802	6 092	6 370	6 083	5 733	5 429	4 819	4 497	4 279	4 154	4 187	4 031
Différence	kt CO2e	+0,021	+0,038	+0,048	+0,096	+0,086	+0,048	+0,048	+0,15	-0,0019	-2,0	-6,0	+0,37	-1,3	+4,1	+4,3	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	-0%	-0%	+0%	-0%	+0%	+0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Les impacts les plus importants proviennent des recalculs du CRF 1B2a1 (cf. ci-dessous). Des impacts moindres proviennent de recalculs du CRF 1B2b et 1B2c.

3.3.2.5.1 Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution (1B2a)

1.B.2.a.3 Transport

Description des recalculs

Mise à jour des quantités de pétrole brut transitant dans les ports pour les années 2014, 2015, 2016 modifiant les émissions de CH_4 et CO_2 de cette rubrique.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

3.3.2.5.2 Extraction et distribution du gaz naturel (1B2b)

1.B.2.b.4 Transmission and storage

Description des recalculs

Mise à jour des répartitions du réseau de transport de gaz naturel entre les différents opérateurs, modifiant la longueur totale et donc les émissions de CH_4.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

3.3.2.5.3 Torchères et Venting (1B2c)

1.B.2.c.2.ii Flaring - Oil

Description des recalculs

Mise à jour des quantités de gaz torchés pour l'activité d'extraction du pétrole, menant à une modification des facteurs d'émission de CO_2, CH_4 et N_2O.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

1.B.2.c.2.ii Flaring – Gas

Description des recalculs

Mise à jour des émissions de CO_2, CH_4 et N_2O pour certaines stations de compression menant à une modification des facteurs d'émission moyens et des émissions de ces composés.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

3.3.2.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration envisagée.

3.4 Transport et stockage de CO_2 (CRF 1C)

3.4.1 Injection et stockage (CRF 1C2)

3.4.1.1 Caractéristiques de la catégorie

En France, un seul site pilote expérimental a été dénombré. Ce site expérimental visant à tester au niveau industriel la chaine complète de captage-stockage-transport du CO_2 (CSC) a été lancé en janvier 2010 par le groupe TOTAL dans le bassin de Lacq (Aquitaine). Ce bassin est un ancien site d'extraction de gaz. Le but de ce projet est de tester la faisabilité industrielle du CSC selon les phases suivantes :

- 2010-2013 : phase d'injection du CO_2 dans le puits de Rousse
- 2013-2016 : phase de surveillance environnementale et de monitoring du réservoir.

Aucune fuite n'a été mesurée à la suite du projet, permettant de considérer des émissions nulles pour cette activité (informations disponibles sur le site des services de l'État dans les Pyrénées-Atlantiques).

Le CO_2 stocké par ce pilote n'est pas comptabilisé dans l'inventaire.

3.4.1.2 Méthode d'estimation des émissions

A ce jour, les émissions fugitives de CO_2 liées à cette activité sont considérées nulles.

3.4.1.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

Aucune incertitude n'est associée à cette activité.

3.4.1.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Non concerné.

3.4.1.5 Recalculs

Non concerné.

3.4.1.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration envisagée.

4 PROCEDES INDUSTRIELS (CRF 2)

4.1 Présentation générale du secteur

Cette catégorie regroupe l'ensemble des activités industrielles pour lesquelles le procédé utilisé est une source potentielle d'émissions de gaz à effet de serre. Cette section inclut les procédés industriels dont les émissions ne résultent pas des combustibles à savoir, la production de produits minéraux, la chimie, la métallurgie, la production de produits non énergétique issus des combustibles (par exemple utilisation de la paraffine) et utilisation de solvants et des productions diverses (industries agro-alimentaires, etc.) et de façon spécifique la production de HFC, PFC, SF_6 et NF_3 ainsi que la consommation de ces produits. Les émissions occasionnées par la combustion de combustibles dans les fours (procédés énergétiques avec contact) sont comptabilisées dans la catégorie énergie (1A2).

Tableau 44 : Émissions de gaz à effet de serre des PROCEDES INDUSTRIELS (périmètre Kyoto)

PROCEDES INDUSTRIELS (périmètre Kyoto)				Secteurs-d.xlsx
	1990		2017	
Polluants	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF
CO_2	31 492	7,9%	22 327	6,4%
CH_4	92	0,1%	52	0,1%
N_2O	23 780	35,9%	1 659	4,0%
HFC	4 402	100,0%	18 711	100,0%
PFC	5 202	100,0%	708	100,0%
SF_6	2 215	100,0%	460	100,0%
NF_3	16	100,0%	8	100,0%
PRG	67 200	12,3%	43 925	9,4%

Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

En 2017, au périmètre France Kyoto et hors UTCATF, la catégorie 2 relative aux procédés industriels est :

- le second émetteur de CO_2 après l'énergie (CRF 1) avec 6,4% ;
- le troisième contributeur aux émissions de N_2O avec 4,0%, très loin derrière l'agriculture (premier contributeur) du fait de la baisse très importante des émissions de N_2O depuis 1990 ;
- la seule catégorie émettrice de HFC, PFC, NF_3 et SF_6 ;
- le quatrième contributeur aux émissions de CH_4 avec seulement 0,1%, très loin derrière le premier contributeur : l'agriculture.

4.2 Produits minéraux (CRF 2A)

4.2.1 Caractéristiques de la catégorie

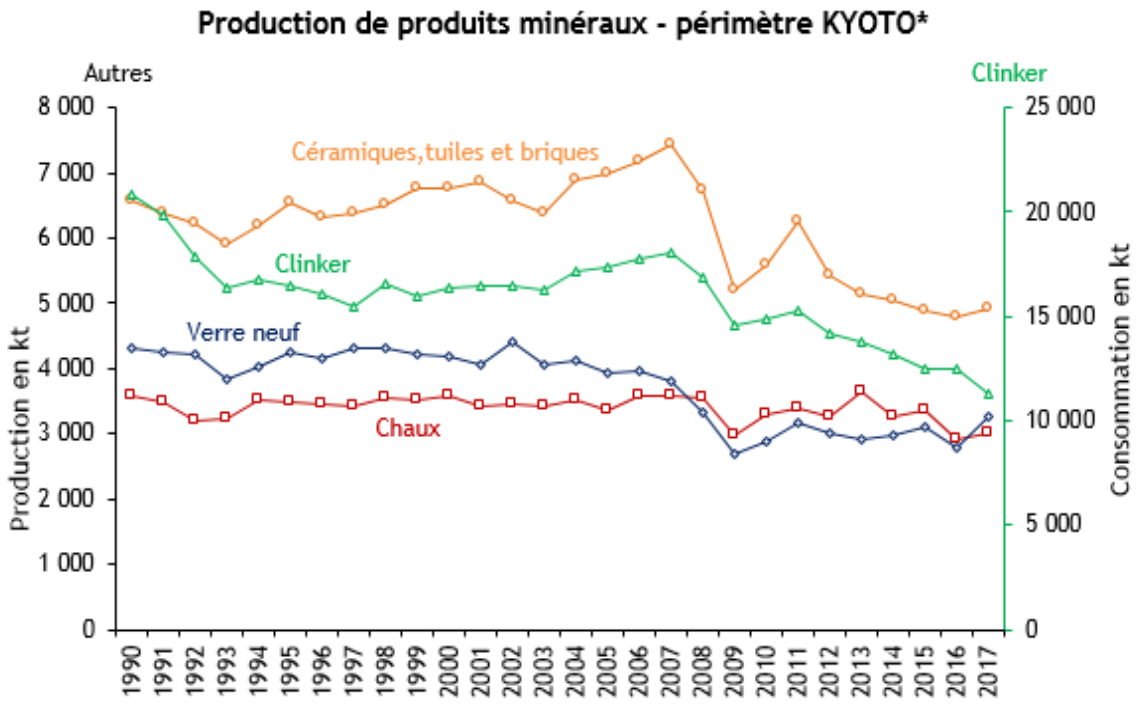
Cette catégorie n'est émettrice que d'émissions de CO_2. Le phénomène de décarbonatation est à l'origine de la majorité des émissions du fait de plusieurs secteurs d'activités :

- production de ciment (CRF 2A1),
- production de chaux (CRF 2A2) (chaux aérienne, magnésienne, hydraulique et auto-producteurs de chaux dans le secteur du raffinage des betteraves dans les sucreries),
- production de verre (CRF 2A3),
- production de céramique et de tuiles et briques (CRF 2A4-a),
- autres utilisations de carbonates de sodium (CRF 2A4-b),
- autres utilisations (CRF 2A4-d) : utilisation de carbonates dans la production d'émail (données confidentielles mais niveau d'émission très faible).

D'autres utilisations de carbonates sont comptabilisées dans le secteur utilisateur comme par exemple l'utilisation de produits carbonés dans les techniques de désulfuration de certaines centrales thermiques et de certaines installations de chauffage urbain comptabilisés en 1A, utilisation de dolomie pour produire du magnésium comptabilisée en 2C4, utilisation de castine ou de matières carbonées sur des sites chimiques comptabilisée en 2B10.

Le graphique suivant donne l'évolution des productions de certains produits minéraux en France (périmètre Kyoto) depuis 1990.

Figure 79 : Productions des principaux produits minéraux en France (périmètre Kyoto) depuis 1990



Production de verre neuf = production totale de verre déduite de la quantité de calcin externe introduit dans les fours.

Pour l'ensemble de ces activités, l'année 2009 est marquée par une forte baisse de la production par rapport à 2008 du fait essentiellement de la crise économique. Une reprise s'est amorcée en 2010 et en 2011 bien que le niveau observé ne soit pas encore celui d'avant la crise économique pour un certain nombre de secteurs. Les années 2012, 2013 et 2014 sont marquées par une nouvelle baisse de

l'activité et pour certains secteurs, l'année 2015 présente une légère reprise. Toutefois, l'année 2016 marque de nouveau une baisse de la production dans l'ensemble des secteurs par rapport à l'année 2015. En 2017, les productions de chaux et de céramiques, tuiles et briques sont restées relativement stables, tandis que la production de verre neuf est repartie à la hausse. Au contraire, la production de clinker a connu une baisse par rapport à l'année 2016.

4.2.1.1 Ciment décarbonatation (2A1)

En 2017, en termes de catégorie clé pour la France périmètre Kyoto hors UTCATF, la production de ciment constitue la 15ème catégorie clé (1,4%) en termes de niveau d'émission (CO_2) et la 19ème pour sa contribution à l'évolution des émissions (1,3%).

La production de clinker évolue depuis 1990 en fonction du marché. Quelques fermetures de sites au début des années 1990 ont entraîné une baisse de 21% de la production entre 1990 et 1993.

Bien qu'une reprise de l'activité soit visible en 2010 et 2011, l'année 2012 est marquée par une nouvelle baisse de 7% de la production par rapport à l'année 2011. Les années qui suivent, 2013, 2014, 2015 et 2016 ont des niveaux encore en baisse par rapport à 2012 (2016 correspond au niveau de production de clinker le plus bas observé sur l'ensemble de la période).

En 2017, 28 cimenteries classiques assurent la majeure partie de la production et 3 sites fabriquent des ciments aluminates (environ 4,7% de la production nationale). Ces sites sont tous implantés en France métropolitaine.

La méthodologie mise en œuvre pour estimer les émissions de CO_2 est de rang GIEC 2 ou 3 selon les années et du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

4.2.1.2 Chaux décarbonatation (2A2)

En 2017, en termes de catégorie clé pour la France périmètre Kyoto hors UTCATF, la production de chaux est la 35ème catégorie clé (0,4%) en termes de niveau d'émission (CO_2).

Les émissions proviennent, d'une part, de l'utilisation par les producteurs de chaux de pierres calciques et/ou dolomiques et, d'autre part, de l'utilisation de roches calciques par les auto-producteurs de chaux en sucreries.

Dans le secteur de la production de chaux, trois types de production de chaux sont à distinguer :

- la production de **chaux aérienne**, également appelée chaux grasse ou chaux calcique et de **chaux magnésienne**. La chaux aérienne est principalement constituée d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium qui durcit lentement à l'air sous l'effet du CO_2 présent dans l'air. Elle prend en compte la chaux vive et la chaux éteinte.

  La chaux magnésienne est constituée intégralement d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium et de magnésium. Elle résulte de la calcination de la dolomie.

  Les données de production pour ces deux types de chaux proviennent de la fédération de la chaux [190] sur l'ensemble de la période. Les sites de production de chaux aérienne et magnésienne sont présents en France métropolitaine.

- la production de **chaux hydraulique**. La chaux hydraulique est produite par la calcination d'un calcaire plus ou moins argileux et siliceux avec réduction en poudre par extinction avec ou sans broyage. Elle est constituée d'hydroxyde de calcium, de silicates et d'aluminates de calcium.

  Il y a très peu de sites de production de chaux hydraulique en France métropolitaine : les quatre sites les plus importants soumis au système déclaratif annuel des rejets (plus que 3 sites depuis 2013) et deux autres plus petits sites.

  La production pour les plus gros sites est connue via les déclarations individuelles [19] ou via des communications directes des sites. La production des deux autres plus petits sites est

connue en 2004 à partir de données transmises par la profession [195]. En 2004, ces 2 sites représentent 3% de la production de chaux hydraulique totale. Ce pourcentage est conservé pour estimer la production sur l'ensemble de la période.

- la production de chaux dans le secteur du **raffinage en sucrerie** (auto-producteur). L'estimation de la quantité de $CaCO_3$ contenue dans les roches calcaires utilisées par les sucriers est basée sur la quantité de betterave traitée [332]. Toutefois, une partie de la quantité de $CaCO_3$ se retrouve dans les écumes de sucrerie (ensuite réutilisées en agriculture comme amendement minéral basique). De manière conservatoire, un rendement de 80% de récupération des carbonates, pour estimer la quantité de CO_2 émise au niveau du site, est retenu, i.e. une émission nette de CO_2 venant de la décarbonatation est affectée dans ce poste 2A2, correspondant à 20% des carbonates utilisés dans le process.

Le CO_2 de la décarbonatation provient de la transformation du carbonate de calcium en oxyde de calcium (chaux aérienne) ou du carbonate double de calcium et de magnésium constituant la dolomie en chaux magnésienne :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

$$CaCO_3, MgCO_3 \rightarrow CaO, MgO + 2\ CO_2$$

Dans le cas de la production de la chaux hydraulique, tout le calcium ne peut pas être décarbonaté. Le facteur d'émission dépend de la chaux hydraulique produite et sera variable en fonction du site de production.

La production de chaux (hors auto-production en sucrerie) sur la période 1990 – 2008 est assez stable mais en 2009, la production chute (-16% par rapport à 2008). Les années 2010 et 2011 sont marquées par une reprise de l'activité économique de ce secteur avec une nouvelle baisse en 2012 suivie d'une belle reprise en 2013 mais de nouveau une chute en 2014 puis une reprise en 2015 et une nouvelle baisse en 2016. Ce secteur connait donc de forte variation dans le temps de la production.

En 2016, 16 sites se répartissent la production de chaux aérienne et magnésienne et 5 la production de chaux hydraulique, soit un total de 21 sites qui sont uniquement présents en France métropolitaine. Au cours de la décennie 1990, une dizaine de sites a fermé.

La méthodologie mise en œuvre pour estimer les émissions de CO_2 est la suivante :

- Chaux aérienne et magnésienne : niveau GIEC 1 avant 2000 et niveau 2/3 à partir de 2000 (données individuelles en partie),
- Chaux hydraulique : niveau GIEC 2/3 avant 2005 et niveau 3 à partir de 2005 (données individuelles),
- Chaux du secteur du raffinage en sucrerie : niveau GIEC 1.

*<u>Remarque</u> : la chaux est produite à partir de carbonate de calcium (le calcaire). Les émissions issues de la fabrication de chaux sur des sites spécifiques sont comptabilisées dans cette catégorie. A ceux-là s'ajoute **d'autres secteurs auto-producteurs de chaux pour leurs procédés**. Il s'agit :*

- ***des papeteries** : les émissions de CO_2 sont nulles car elles sont recyclées dans le procédé et ont pour origine la biomasse,*
- ***de la fabrication du carbonate de soude** : le CO_2 résultant de la fabrication de la chaux participe au procédé. L'excédent est émis à l'atmosphère et rapporté dans la catégorie 2B7.*

4.2.1.3 Verre décarbonatation (2A3)

La production de verre n'est pas une catégorie clé en 2017.

L'activité retenue pour ce secteur est la production de verre « neuf » qui correspond à la production totale de verre déduite du calcin externe (verre « recyclé ») introduit dans les fours.

La production de verre se répartit en plusieurs secteurs :

- la production de verre plat (SNAP 030314) qui correspond aux glaces et verres à vitres, 6 sites de production en activité.
- la production de verre creux (SNAP 030315) qui comporte les bouteilles et bombonnes, les flacons et les pots industriels, la gobeleterie et les bocaux. Le verre creux avec31 sites en activité, est le poste le plus important dans la fabrication de verre puisqu'il représente plus de 60% de la production totale de verre en poids.
- la production de fibres de verre (en particulier laine de verre et fils de verre) (SNAP 030316) compte 9 sites en activité.
- la production de verre technique (SNAP 030317) qui regroupe en particulier, la lunetterie et l'optique, les ampoules, le verre pour télévision et radio, le verre de laboratoire, les isolateurs, compte 5 sites en activité.
- la production de fibre minérale (laine de roche) (SNAP 030318), uniquement 3 sites en activité.

Les sites de production de verre ne sont présents qu'en France métropolitaine.

Les sources de données relatives à la production qui ont été utilisées sont les suivantes :

- **Verre plat (030314)** : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- **Verre creux (030315)** : de 1990 à 2013, les données proviennent de la Fédération des Industriels du Verre [457]. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.
- **Fibre de verre (030316)** : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- **Verre technique (030317)** : de 1990 à 2004, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Depuis 2005, le SESSI ne fournit plus de donnée sur cette activité. Comme des écarts importants sont observés entre les statistiques de la Fédération des Industriels du Verre [457] et les statistiques du SESSI, la production retenue correspond à l'évolution entre deux années des statistiques de la Fédération des Industriels du Verre appliquée à la dernière année disponible du SESSI. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.
- **Fibre minérale (030318) :** depuis 2001, les données de production proviennent des déclarations individuelles des industriels [19]. Avant cette date, faute de données précises, il est fait

l'hypothèse du maintien de la production de 2001 depuis la date de mise en activité de chaque site industriel.

La production de verre totale correspond à la somme de ces différentes productions.

En 2017, la production de verre « neuf », provient d'une cinquantaine de sites situés en France métropolitaine (31 sites de production de verre creux, 5 sites de production de verre technique, 6 sites de production de verre plat, 9 sites de production de fibres de verre et 3 sites de production de laine de roche).

Sur la période, la production de verre neuf a connu de légères fluctuations entre 1990 et 2007 avec un pic observé en 2002. Depuis, la production de verre neuf ne cesse de baisser pour atteindre son niveau le plus bas en 2009. De fortes variations s'observent sur la période 2010-2016, le niveau en 2016 est sensiblement identique à celui en 2009. La production est repartie à la hausse en 2017.

Des émissions de CO_2 sont comptabilisées pour le verre plat, creux, technique, la fibre de verre et la laine de roche.

La méthodologie mise en œuvre pour estimer les émissions de CO_2 est de rang GIEC 2 ou 3 selon les années.

4.2.1.4 Autres procédés utilisant des carbonates (2A4)

En 2017, pour la France au périmètre Kyoto hors UTCATF, les autres procédés utilisant des carbonates ne sont pas une source clé.

Tuiles et briques/céramique décarbonatation (2A4-a)

En 2017, la production de tuiles et briques est assurée par environ 130 sites (dont 1 en Outre-mer - périmètre Kyoto).

Par ailleurs, en 2017, la production de céramique est assurée par environ 80 sites de production.

La production de tuiles et briques/céramiques a connu de nombreuses fluctuations depuis 1990 avec un niveau relativement élevé entre 2003 et 2007 (pic en 2007). Entre 2007 et 2009, la production a fortement diminué et cette baisse représente 30% entre 2007 et 2009. Bien qu'une reprise de l'activité se soit fait ressentir en 2010 et 2011 avec une augmentation de 20% entre 2009 et 2011, une nouvelle baisse est ressentie depuis 2012. Le niveau en 2016 est le plus bas observé depuis 1990.

La méthodologie mise en œuvre pour estimer les émissions de CO_2 est de rang GIEC 2/3 du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

Autres utilisations de calcaire (2A4-b et 2A4-d)

Ces deux catégories sont émettrices de CO_2.

Autres utilisations du carbonate de sodium et bicarbonate de sodium (2A4-b)

Cette catégorie correspond aux autres utilisations du carbonate de sodium et du bicarbonate de sodium (2A4-b).

Le carbonate de sodium est principalement utilisé dans l'industrie du verre, dans l'industrie de la détergence (agent de blanchiment), et dans l'industrie chimique. Le bicarbonate de sodium est quant à lui utilisé dans l'industrie de la détergence mais également pour des usages alimentaires ou médicinaux.

Autres utilisations de calcaire (2A4-d)

Afin d'assurer l'exhaustivité dans la prise en compte des émissions de CO_2 induites par l'utilisation de matières carbonées et carbonatées, une analyse fine de l'ensemble des 10 000 installations françaises soumises au système déclaratif a été réalisée afin de définir l'ensemble des secteurs utilisateurs de carbonates.

Les émissions de CO_2 sont donc prises en compte pour chacun de ces secteurs utilisateurs, soit dans ce code CRF, soit dans un autre code CRF tel que mentionné ci-après qui correspond au secteur qui l'utilise.

Il ressort de cette analyse que les secteurs utilisateurs de carbonates ou matières carbonées sont les suivants :

- fonderie de fonte (CRF 2C7)
- émail (CRF 2A4d)
- papier (CRF 2H1)
- technique de désulfuration sur certaines usines de chauffage urbain et centrales thermiques (CRF 2G4)
- dolomie pour produire du magnésium (CRF 2C4)
- matières carbonées utilisées sur certains sites chimiques (CRF 2B10)
- sidérurgie – castine en agglomération (CRF 2C1d) et sidérurgie – utilisation de carbonates dans les aciéries électriques (CRF 2C1f)
- installation de métaux non ferreux (production de zinc) (CRF 2C6)
- installation silicium et ferro-silicum (CRF 2C7)
- verrerie (CRF 2A3)
- chaux (CRF 2A2)
- ciment (CRF 2A1)
- tuiles/briques (CRF 2A4a)
- céramique (CRF 2A4a)

De plus, pour construire des routes, des matières calcaires et de la dolomie sont utilisées [762]. Toutefois, compte tenu du niveau des températures dans les sécheurs des centrales d'enrobage (maximum 200°C), il n'est pas attendu d'émission de CO_2 induites par la décarbonatation car ce phénomène se produit pour des températures avoisinant 800°C.

La méthodologie mise en œuvre pour estimer les émissions de CO_2 du code CRF 2A4-d est de rang GIEC 3 et de rang GIEC 1 pour le code CRF 2A4-b.

4.2.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

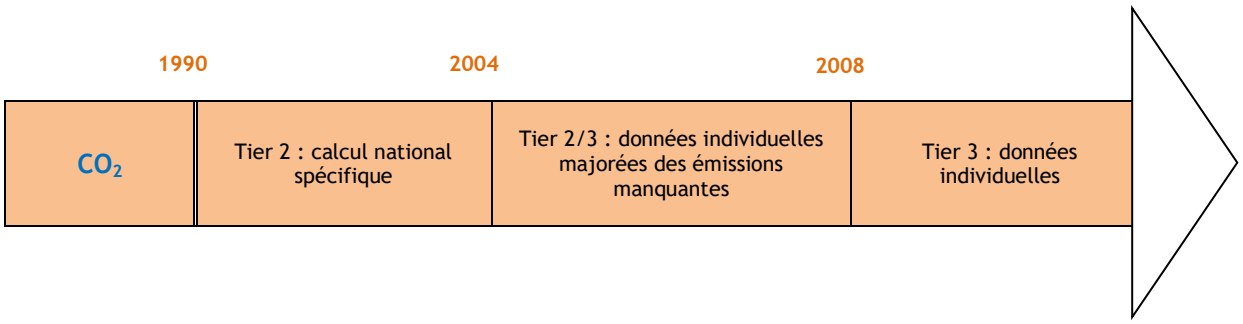
Les seules émissions induites dans ce secteur CRF 2A sont celles relatives au CO_2.

4.2.2.1 Ciment décarbonatation (2A1)

La quantité de clinker produite annuellement est connue auprès du Syndicat Français de l'Industrie Cimentière [218].

La méthode mise en œuvre dépend de l'année considérée. Le schéma suivant présente ces différentes méthodes et une description plus fine est fournie dans la suite de ce document.

Niveau de méthode appliqué pour la détermination des émissions de CO_2



Les cimenteries ne déclarent leurs émissions annuelles de façon très détaillée que depuis 2004 (inclus). Ces émissions individuelles sont traitées spécifiquement et prises en compte dans l'inventaire (approche totale bottom-up) depuis 2004.

Avant 2004, les émissions sont calculées au moyen de facteurs d'émission déterminés sur la base des données détaillées disponibles depuis 2008 dans les déclarations annuelles.

Entre l'année 2004, année des premières déclarations détaillées et l'année 2008, première année de la 2ème période du système d'échange des quotas d'émissions (SEQE), le périmètre des émissions déclarées par les industriels a évolué. Depuis 2008, les cimenteries déclarent tout ou partie des émissions des différentes sources suivantes :

- la calcination des carbonates dans les matières premières utilisées pour produire le clinker,
- la calcination totale ou partielle des poussières des fours à ciment ou des poussières de by-pass,
- dans certains cas du carbone non issu de carbonates présent dans les matières premières.

Entre 2004 et 2008, les industriels ne déclaraient pas les émissions de CO_2 induites par les poussières de by-pass, ni celles induites par le carbone non issu des carbonates. Afin d'assurer une série homogène et cohérente sur l'ensemble de la période, un facteur d'émission pour les différents types d'émissions de décarbonatation est déterminé et appliqué sur toute la série temporelle.

Le détail des différents types d'émissions de décarbonatation est présenté ci-après :

Concernant la calcination des carbonates dans les matières premières utilisées pour produire le clinker, le CO_2 de la décarbonatation provient de la transformation du carbonate de calcium en oxyde de calcium au cours du procédé de fabrication selon la réaction suivante :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

$$CaCO_3, MgCO_3 \rightarrow CaO, MgO + 2\ CO_2$$

Le GIEC [613], dans son niveau 1, recommande de calculer le CO_2 de la décarbonatation à partir du contenu en chaux du clinker et une valeur par défaut est proposée pour le contenu en CaO du clinker : 65%.

Toutefois, le GIEC, dans son niveau 1, ne prend pas en compte la décomposition du $MgCO_3$. D'après la profession cimentière [239], le clinker contient environ 2% de MgO.

Depuis 2004, les émissions de décarbonatation déterminées au niveau national sont cohérentes avec les données d'émissions relatives à la décarbonatation des cimenteries couvertes par le système d'échanges de quotas de gaz à effet de serre (SEQE). Ce dernier ne regroupant pas l'ensemble des cimenteries, les émissions nationales sont légèrement supérieures à celles observées dans le système d'échange. Toutefois, depuis 2013, toutes les cimenteries sont couvertes par le système d'échanges de quotas de gaz à effet de serre.

Les émissions nationales dans l'inventaire correspondent au total des émissions déclarées par l'ensemble des cimenteries.

Le facteur d'émission par défaut est de 525 kg CO_2 / t clinker [348-annexe VI]. Depuis la mise en place du SEQE, la plupart des cimenteries ont mis en œuvre des niveaux élevés quant à la méthode de détermination des émissions et, de ce fait réalisent des mesures de la teneur en carbone dans leurs matières premières et disposent de valeurs spécifiques précises.

Concernant la calcination des poussières des fours à ciment ou des poussières de by-pass, seules quelques installations sont concernées (environ la moitié est munie de tels équipements). Ces émissions ne sont déclarées par les exploitants que depuis 2008 dans le cadre de la seconde période du SEQE mais elles sont estimées dans l'inventaire pour les années antérieures grâce à une méthode de calcul décrite ci-après.

Concernant le carbone non issu de carbonates présent dans les matières premières, seules quelques installations sont concernées (environ 1/3). Ces émissions ne sont déclarées par les exploitants que depuis 2008. Elles sont toutefois estimées dans l'inventaire pour les années antérieures grâce à une méthode de calcul décrite ci-après.

Le procédé relatif à la **production de ciment aluminate** étant différent de celui relatif à la fabrication du ciment de Portland, le facteur d'émission est différent et très variable. Une distinction est donc faite entre ces deux types de produits. La méthode est décrite ci-après pour chacun de ces produits.

Emissions de CO_2

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 voire 3 pour les années les plus récentes (cf. schéma ci-dessus).

Le facteur d'émission de CO_2 est déterminé, d'une part, pour la production de ciment aluminate et, d'autre part, pour la production des autres types de ciments.

Particularités

Suite à l'application de l'arrêté du 28 juillet 2005 puis de l'arrêté du 31 mars 2008 et enfin de l'arrêté du 31 octobre 2012 relatifs à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système communautaire d'échange des quotas d'émissions de gaz à effet de serre, les industriels déclarent précisément leurs émissions de CO_2 issues de la décarbonatation. Ces informations permettent, à partir de l'année 2004, de connaître par une approche bottom-up les émissions de cette activité ce qui explique l'évolution du facteur d'émission déduit à partir de l'année 2004. Ces données sont utilisées afin d'affiner les estimations sur la période 1990-2004 et assurer la cohérence de la série temporelle.

En fonction des données disponibles et de l'année, la méthodologie diffère. Elle est synthétiquement explicitée ci-dessous.

Ciment aluminate

Les sites de production de ciment aluminate n'existent qu'en France métropolitaine et ils sont au nombre de trois. Toutefois, compte tenu des matières premières utilisées, les trois sites sont à l'origine d'émissions induites par la décarbonatation dont l'un avec des émissions très faibles (inférieures à 500 t).

En 2017, la production de ciment aluminate ne représente que 4% de la production nationale de clinker.

Les données de production de clinker aluminate pour certaines années sont présentées dans le tableau suivant (uniquement en France métropolitaine).

Tableau 45 : production de clinker aluminate (uniquement en France métropolitaine) en kt

Production de clinker aluminate (kt)											
1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
626	494	490	520	447	457	425	413	394	375	376	339

La méthodologie mise en œuvre est la suivante. Cette méthodologie permet d'assurer une cohérence temporelle.

- Avant 2004, le facteur d'émission moyen calculé sur la période 2008 – 2009 est appliqué à la production de clinker aluminate qui représente environ 3-4% de la production nationale de clinker (méthode appliquée : rang GIEC 2).
- De 2004 à 2017, les déclarations annuelles sont utilisées [19] (les émissions induites par les poussières de by-pass sont intégrées) (méthode appliquée : rang GIEC 3).

Les facteurs d'émission résultants pour la décarbonatation de la production de clinker aluminate sont présentés dans la base de données OMINEA (pour toutes les années).

La variation des facteurs d'émission est liée à la teneur en carbone dans la matière première.

Autres types de ciments

Les sites de production de ciment classique, au nombre de 29, n'existent qu'en France métropolitaine.

Les données de production des autres types de clinker pour certaines années sont présentées dans le tableau suivant (uniquement en France métropolitaine).

Tableau 46 : Production des autres types de clinker (uniquement en France métropolitaine) (kt)

Production des autres types de clinker (kt)											
1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
20 228	15 971	15 833	16 812	14 454	14 772	13 753	13 365	12 752	12 138	12 152	10 973

La méthodologie mise en œuvre est la suivante. Elle permet d'assurer une cohérence temporelle sur l'ensemble de la période.

- Avant 2004, ne disposant pas des déclarations annuelles des exploitants, plusieurs estimations sont effectuées pour chacune des trois sources et les émissions finales correspondent à la somme de ces trois sources :
  - Tout d'abord, les émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières sont estimées par année sur la base du facteur d'émission de 525 kg/t clinker [348 – annexe VI] et de la production relative aux autres types de clinker.
  - Par ailleurs, une fois cette première source quantifiée, les émissions de CO_2 induites par la calcination totale ou partielle des poussières sont estimées sur la base d'un ratio de 0,4% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières. Ce ratio est déterminé à partir des données rapportées pour l'année 2009 par les exploitants [19].
  - Enfin, les émissions de CO_2 induites par le carbone non issu des carbonates de la farine crue sont estimées sur la base d'un ratio de 1,1% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières. Ce ratio est déterminé à partir des données rapportées pour l'année 2009 par les exploitants [19].

- De 2004 à 2007, les déclarations annuelles [19] sont utilisées et les émissions de chaque site sont corrigées (majoration) pour tenir compte du carbone non issu des carbonates de la farine crue et des poussières de four et de by-pass qui ne sont pas estimées par les exploitants durant cette période dans leurs déclarations (méthode appliquée : mix entre les rangs GIEC 2 et 3). Les émissions déclarées sont donc majorées à partir d'un ratio déterminé avec les données rapportées pour l'année 2009 par les exploitants [19]:
  - majoration de 1,1% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières pour estimer les émissions induites par le carbone non issu des carbonates de la farine crue,
  - majoration de 0,4% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières pour estimer les poussières de four et celles de by-pass.
- A partir de 2008, les déclarations annuelles [19] comprennent la totalité des éléments relatifs à la décarbonatation pour les installations concernées (méthode appliquée : rang GIEC 3).

- Le tableau suivant présente une synthèse des différentes méthodes mises en œuvre depuis 1990.

Tableau 47 : Méthodes mises en œuvre pour le calcul des émissions de CO_2 du secteur de la production de ciment

	Ciment aluminate	Autres types de ciment
Avant 2004	Utilisation du facteur d'émission de CO_2 moyen déterminé sur la période 2008-2009 appliquer sur la production de ciment aluminate	Utilisation du facteur d'émission 525 kg/t clinker majoré des poussières by-pass et de la farine crue appliquée sur la production relative aux autres types de ciment
De 2004 à 2007	Utilisation des émissions issues des déclarations individuelles des industriels majorées des émissions de poussières issues de la farine crue (site ne disposant pas de by-pass de by-pass)	Utilisation des émissions issues des déclarations individuelles des industriels (quotas) majorées des émissions des poussières de by-pass et de la farine crue
A partir de 2008	Utilisation des émissions issues des déclarations individuelles des industriels (site ne disposant pas de by-pass et farine crue inclus)	Utilisation des émissions issues des déclarations individuelles des industriels (quotas) (les émissions induites par les poussières de by-pass et farine crue sont déjà incluses)

Les facteurs d'émission résultants pour la décarbonatation de la production des autres types de production de clinker et pour l'ensemble de la production de ciment sont présentés dans la base de données OMINEA (pour toutes les années).

Enfin, pour l'ensemble de la production de ciment, la distinction entre la part induite par les émissions provenant de la calcination totale ou partielle des poussières et du carbone non issu des carbonates de la farine crue de celle des émissions provenant de la calcination des carbonates est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 48 : Part des différentes sources d'émission dans le facteur d'émission induit du CO_2 pour la décarbonatation dans le secteur du ciment

	Avant 2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Part des émissions induites par la calcination des carbonates (%)	98,5	98,5	98,3	98,6	98,1	98,2	98,2	98,3	98,3
Part des émissions induites par les poussières de by-pass et le carbone non issu des carbonates de la farine crue (%)	1,5	1,5	1,7	1,4	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7

4.2.2.2 Chaux décarbonatation (2A2)

➢ **Pour les producteurs de chaux**

En termes de méthodologie de calcul des émissions, deux approches sont mises en œuvre selon le type de chaux : chaux hydraulique et les autres types de chaux (chaux aérienne et magnésienne).

A1. Chaux hydraulique

Tout le calcium n'étant pas décarbonaté dans le cas de la production de la chaux hydraulique, les émissions de CO_2 proviennent des données des industriels [19, 195].

Les émissions de CO_2 induites par la chaux hydraulique représentent entre 2,5 et 5% des émissions totales.

Comme pour la chaux aérienne, le règlement 601/2012 relatif à la surveillance et la déclaration des émissions dans le cadre du SEQE propose deux méthodes de calcul pour estimer les émissions de CO_2 de la production de chaux (chapitre 10) :

- méthode A basée sur la consommation des carbonates. Il est indiqué que dans ce cas, les émissions des poussières de by-pass ne doivent pas être ajoutées ;
- méthode B basée sur la production de chaux. Dans ce cas, si le site dispose d'un système de by-pass alors le site doit comptabiliser les émissions de CO_2 liées aux poussières de by-pass.

Depuis 2005, les émissions sont déterminées dans les déclarations [19] sur la base de la méthode A donc il ne convient pas d'ajouter les émissions des poussières de by-pass. Avant 2005, les émissions proviennent soit des données communiquées par les sites industriels, soit du calcul à partir de la production du site et du facteur d'émission déterminé pour 2005 pour le site en question.

Ainsi, on peut conclure que les émissions de CO_2 liées aux poussières de by-pass sont exhaustives pour la chaux hydraulique sur toute la série temporelle.

Les méthodes de calcul des émissions de CO_2 pour ce type de chaux sont présentées ci-dessous selon l'année considérée (cf. schéma ci-dessous et méthodologie associée). Dans tous les cas, une cohérence temporelle est assurée.

1990 – 2004	2005 – aujourd'hui
Niveau GIEC Tier 2/3	Niveau GIEC Tier 3
Emissions CO_2 = communication directe des émissions de CO_2 pour 2 sites [195] + production du site x facteur d'émission déterminé en 2005 pour ce site	Emissions CO_2 des déclarations annuelles [19] ou des communications des sites [195]

De 1990 à 2004, les émissions de CO_2 pour le secteur de la production de chaux hydraulique proviennent, d'une part, des données de CO_2 directement communiquées par certains sites industriels (2 sites) et, d'autre part, pour les autres sites, de la production des sites et du facteur d'émission déterminé pour l'année 2005 sur la base des déclarations ou des communications.

Depuis 2005, les émissions de CO_2 pour le secteur de la production de chaux hydraulique ne proviennent que des déclarations annuelles des industriels [19] ou des données communiquées par les sites [195].

Les facteurs d'émission de CO_2 obtenus pour la production de chaux hydraulique sont présentés ci-après.

Tableau 49 : Facteur d'émission de CO_2 pour la production de chaux hydraulique (en kg/t chaux hydraulique)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
FE CO_2 (kg/t chaux hydraulique)	488	503	510	471	469	531	530	452	491	523	519	450

A2. Autres types de chaux (hors chaux hydraulique)

Le facteur d'émission de CO_2 est déterminé à partir de la réaction chimique :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Le facteur d'émission pour la chaux calcique communiqué par la profession est de 785 kg CO_2 / t chaux calcique produite [194]. Ce facteur est également celui proposé dans le cadre de la directive quotas de gaz à effet de serre. Il correspond à la valeur stœchiométrique de la réaction chimique ci-dessus [614].

$$CaCO_3, MgCO_3 \rightarrow CaO, MgO + 2\ CO_2$$

Le facteur d'émission pour la chaux dolomique est de 913 kg CO_2 / t chaux dolomique [614]. Il s'agit de la valeur stœchiométrique de la réaction chimique.

Toutefois, dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre, les industriels peuvent réaliser des mesures sur la teneur en carbone des pierres utilisées et de fait utiliser un facteur d'émission différent de celui obtenu par défaut.

Les éventuelles corrections effectuées pour tenir compte des impuretés conformément à la méthode appliquée dans le cadre du Système d'Echange de Quotas d'Emissions (SEQE) sont prises en compte [19].

De plus, des émissions de CO_2 induites par les poussières de by-pass doivent être comptabilisées si le site dispose de cette technique.

D'après le règlement 601/2012 relatif à la surveillance et la déclaration des émissions dans le cadre du SEQE, deux méthodes de calcul sont possibles pour estimer les émissions de CO_2 de la production de chaux (chapitre 10) :

- méthode A basée sur la consommation des carbonates. Il est indiqué que dans ce cas, les émissions des poussières de by-pass ne doivent pas être ajoutées ;
- méthode B basée sur la production de chaux. Dans ce cas, si le site dispose d'un système de by-pass, alors le site doit comptabiliser les émissions de CO_2 liées aux poussières de by-pass.

Dans le cas des déclarations, pour la chaux aérienne/magnésienne [19] :

- 9 sites déclarent selon la méthode A
- 7 sites déclarent selon la méthode B et parmi les 7 sites, uniquement 2 déclarent des émissions de CO_2 liées aux poussières de by-pass.

Deux périodes interviennent pour les sites de production de chaux aérienne/magnésienne :

Période après 2013

Les données proviennent des déclarations annuelles qui prennent en compte les émissions liées aux particules de by-pass pour les deux sites en question. Les émissions de CO_2 sont donc exhaustives.

Pour la partie surfacique, le calcul est basé sur un facteur d'émission moyen de l'année considérée.

Ainsi, on peut conclure que les émissions de CO_2 sont exhaustives (elles incluent selon les sites les émissions des poussières de by-pass).

Période 1990-2012

Avant 2013, les déclarations ne prennent pas en compte les poussières de by-pass. Il convient donc d'ajouter aux émissions déclarées les émissions liées aux particules de by-pass.

Pour les différentes années à partir de 2013, à partir des émissions de CO_2 liées aux poussières de by-pass pour les deux sites concernés, la part que représentent ces émissions sur les émissions totales est déterminée. Un ratio moyen calculé sur la période 2013/2016 est appliqué aux émissions de CO_2 déterminées via les déclarations et via la méthode mise en œuvre pour le surfacique : ce ratio est de 0,2%.

Ainsi, les méthodes de calcul des émissions de CO_2 pour ce secteur, dépendant de l'année, sont présentées sur le schéma ci-dessous. Les particularités méthodologiques associées par période sont explicitées ci-dessous. Dans tous les cas, une cohérence temporelle est assurée.

1990 2000	2001 2002	2003 aujourd'hui
Niveau GIEC Tier 1	Niveau GIEC Tier 2/3	Niveau GIEC Tier 2/3
P1 = Emissions CO_2 chaux= production nationale de chaux aérienne x 785 kg/t + production nationale de chaux magnésienne x 913 kg/t (valeurs stœchiométriques [614])	P1 = Emissions CO_2 chaux = Emissions CO_2 des déclarations annuelles (peu de sites) [19] + (production nationale chaux aérienne et magnésienne - production des sites utilisés en approche individuelle) x facteur d'émission moyen déterminé en 2004	P1 = Emissions CO_2 chaux = Emissions CO_2 des déclarations annuelles [19] + (production nationale chaux aérienne et magnésienne - production des sites utilisés en approche individuelle) x facteur d'émission moyen déterminé par année à partir des données déclarées
P2 = Emissions poussières de by-pass = P1 x 0,2% P3 = émissions CO_2 chaux totales = P1 + P2	P2 = Emissions poussières de by-pass = P1 x 0,2% P3 = émissions CO_2 chaux totales = P1 + P2	P2 = Emissions poussières de by-pass = P1 x 0,2% *(uniquement de 2003 à 2012)* P3 = émissions CO_2 chaux totales = P1 + P2

De 1990 à 2000, les émissions de CO_2 sont déterminées à partir des productions nationales annuelles par type de chaux (chaux aérienne et chaux magnésienne) et des facteurs stœchiométriques [614]. Une fois ces émissions calculées, il convient d'ajouter les émissions liées aux poussières de by-pass qui correspondent aux émissions déterminées précédemment auxquelles on applique le ratio de 0,2%.

De 2001 à 2002, les émissions de CO_2 induites par la décarbonatation sont connues pour un nombre très restreint de sites via les déclarations annuelles de polluants [19]. Pour les autres sites, les émissions correspondent au produit entre la différence de la production nationale de chaux aérienne et magnésienne et de la production des sites utilisés en approche individuelle et du facteur d'émission moyen déterminé en 2004 (première année pour lesquelles des données individuelles sont plus complètes). Une fois ces émissions calculées, il convient d'ajouter les émissions liées aux poussières de by-pass qui correspondent aux émissions déterminées précédemment auxquelles on applique le ratio de 0,2%.

Depuis 2003, les émissions de CO_2 induites par la décarbonatation sont connues pour un nombre plus important de sites via les déclarations annuelles de polluants [19]. Pour les autres sites, les émissions correspondent au produit entre la différence de la production nationale de chaux aérienne et magnésienne et de la production des sites utilisés en approche individuelle et du facteur d'émission moyen déterminé annuellement à partir des données de CO_2 déclarées par les sites. Une fois ces émissions calculées, pour la période 2003-2012, il convient d'ajouter les émissions liées aux poussières de by-pass qui correspondent aux émissions déterminées précédemment auxquelles on applique le ratio de 0,2%.

Les facteurs d'émission obtenus pour l'ensemble de ce secteur sont dépendants de la qualité des pierres utilisées et du mix entre la chaux aérienne et la chaux magnésienne. Ils sont présentés ci-après.

Tableau 50 : Facteur d'émission de CO_2 pour la production de chaux aérienne et magnésienne (en kg/t chaux)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
FE CO_2 (kg/t chaux aérienne et magnésienne)	790	792	792	769	742	748	742	738	730	730	715	728

A3. Informations générales

Ainsi, dans de nombreux cas, les émissions sont déterminées sur la base des déclarations annuelles par une approche individuelle (approche site par site).

Le tableau suivant présente, en fonction des années, le nombre d'installations de production de chaux (hydraulique et autre) pour lesquels des données sont disponibles.

Tableau 51 : Nombre d'installations produisant de la chaux (hydraulique et autre) et nature des données utilisées

	Nombre d'installations pour lesquelles les données individuelles sont disponibles	Nombre d'installations pour lesquelles un facteur d'émission moyen est utilisé	Nombre total d'installations
1994	2	34	36
1995	2	33	35
1999	2	20	22
2000	2	20	22
2001	3	19	22
2002	9	13	22
2003	14	8	22
≥ 2004	22	0	22

- **Pour les auto-producteurs de chaux en sucrerie**

Dans le cas des sucreries, les émissions relatives à la production de chaux sont déterminées à partir de la quantité de chaux estimée et du facteur d'émission spécifique à ce secteur.

Comme il n'existe pas de données sur la consommation de roches des auto-producteurs en sucrerie, les données sont estimées à partir des informations connues sur les écumes de sucrerie.

La formule suivante est mise en œuvre pour estimer la production de chaux du secteur des sucreries :

Quantité de chaux produite (CaO) (t) = R1 x R2 /100 x (masse molaire CaO / masse molaire $CaCO_3$) x quantité de betteraves produite brute (t) /1000

soit

Quantité de chaux produite (CaO) (t) = R1 x R2 /100 x (56,1/100,1) x quantité de betteraves produite brute (t) /1000

Avec :

- R1 = 18 kg roche calcaire/ tonne betterave [527],

- R2 = 98% $CaCO_3$/roche calcaire (hypothèse retenue par le CITEPA car pour le raffinage des betteraves, les roches calcaires doivent être de très grande qualité)

Le facteur d'émission de CO_2 est déterminé à partir de la réaction chimique suivante :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Toutefois, un rendement de 80% de récupération des carbonates dans les écumes des sucreries est retenu afin d'estimer la quantité de CO_2 émis (valeur moyenne de la quantité d'écume en sucrerie sur la production de betterave brute). Ce rendement est déterminé à partir des estimations de la quantité de roche calcaire utilisée en sucrerie communiquées par le SNFS [527] et les statistiques relatives aux écumes de sucreries fournies par l'ANPEA [332].

Le facteur d'émission est donc déterminé à l'aide de la formule suivante :

FE CO_2 (kg/t chaux) = masse molaire CO_2 / masse molaire $CaCO_3$ x 1000 x (1 - 80/100)

soit un facteur d'émission de 156,9 kg CO_2/t chaux produite en sucrerie.

Les émissions relatives à la production de chaux pour le raffinage des betteraves en sucrerie ne représentent qu'environ 2% des émissions totales de ce secteur, selon les années.

4.2.2.3 Verre décarbonatation (2A3)

Les émissions de CO_2 de la décarbonatation dans la production de verre sont déterminées à partir du produit entre la production nationale de verre neuf et le facteur d'émission national.

Elles sont induites par l'utilisation de diverses matières premières telles que le calcaire, la dolomie, le carbonate de soude et le bicarbonate de soude.

La production de verre neuf est déterminée comme suit :

Production de verre neuf = production de verre totale – quantité de calcin externe utilisée

Les sources de données de production nationale par type de verre produit sont décrites ci-dessus.

La quantité de calcin externe utilisée est fournie annuellement par la Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre [457].

Le facteur d'émission établi à partir de données de la profession est de 185 kg CO_2/ t verre neuf [240]. Ce facteur est supposé constant de 1990 à 2003 car les données permettant de connaître les variations annuelles ne sont pas disponibles.

A partir de 2004, les données disponibles dans le cadre du système d'échange des quotas de gaz à effet de serre [19] permettent d'apprécier les fluctuations annuelles. Le facteur d'émission est calculé à partir des déclarations annuelles des émissions de polluants [19]. Il se situe autour de la valeur fournie par la profession.

4.2.2.4 Autres procédés utilisant des carbonates (2A4)

Tuiles et briques/céramique décarbonatation (2A4-a)

Tuiles et briques décarbonatation

Le CO_2 de la décarbonatation a une provenance chimique et il provient de la transformation du calcaire ($CaCO_3$) en CO_2 et en chaux (CaO) selon la réaction chimique :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Plusieurs méthodologies sont mises en œuvre en fonction des années :

- De 1990 à 2003, le facteur d'émission utilisé est celui communiqué par la profession [242], appliqué à la production nationale [241].
- A partir de 2004, les émissions sont déterminées en utilisant les déclarations annuelles de polluants [19] et, pour le reste de la production, en utilisant le facteur d'émission de la profession [242].

La plupart des sites déclarant leurs émissions annuelles de polluants [19] sont des sites soumis au SEQE-UE. Ces émissions déclarées sont vérifiées par un vérificateur indépendant, assurant ainsi un niveau qualitatif plus élevé des estimations réalisées. Par ailleurs, un contrôle de cohérence est effectué entre les émissions déclarées par les sites soumis au SEQE-UE et le calcul effectué avec le facteur d'émission communiqué par la profession [242].

Céramique décarbonatation

Le CO_2 lié à la décarbonatation a une provenance chimique et il provient de la transformation du calcaire ($CaCO_3$) en CO_2 et en chaux (CaO) selon la réaction chimique :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Plusieurs méthodologies sont mises en œuvre en fonction des années :

- A partir de 2013, les émissions déclarées pour certains sites via les déclarations annuelles de polluants [19] sont utilisées. Pour le reste de la production nationale, le facteur d'émission par défaut proposé par la Commission européenne [604] est appliqué. Un facteur d'émission national moyen est ainsi déterminé en sommant les émissions, ramenées ensuite à la production nationale.
- De 1990 à 2012, faute de données, le facteur d'émission appliqué est le facteur moyen national déterminé en 2013, sur la base de l'ensemble des émissions qui proviennent, soit des déclarations annuelles [19], soit calculées à partir du facteur par défaut proposé par la Commission européenne [604] et de la production restante.

Certains des sites déclarant leurs émissions annuelles de polluants [19] sont des sites soumis au système de quotas (SEQE-UE). Ces émissions déclarées sont vérifiées par un vérificateur indépendant, assurant ainsi un niveau qualitatif plus élevé sur les émissions déclarées.

Autres utilisations de calcaire (2A4-b et 2A4-d)

Autres utilisations de carbonates de sodium (2A4-b)

Le carbonate de sodium est principalement utilisé dans l'industrie du verre, dans l'industrie de la détergence (agent de blanchiment), et dans l'industrie chimique. Le bicarbonate de sodium est quand à lui utilisé dans l'industrie de la détergence mais également pour des usages alimentaires ou médicinaux.

Le carbonate de sodium et le bicarbonate de sodium étant consommés dans de nombreux secteurs dont certains sont comptabilisés spécifiquement dans l'inventaire, seules les quantités utilisées dans des secteurs ne faisant pas l'objet de calculs incluant de facto l'utilisation de ces produits sont considérés ici, ceci afin d'éviter des double comptes dans le calcul des émissions.

Pour cette raison, les quantités de carbonate de sodium utilisées dans l'industrie du verre ainsi que les quantités de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium consommées dans les autres secteurs mettant en œuvre de la décarbonatation ne sont pas prises en compte ici. Connaissant les quantités de carbonate de sodium utilisées dans l'industrie du verre [240] ainsi que dans ces autres secteurs, on en déduit les quantités à prendre en compte pour l'utilisation du carbonate de sodium et bicarbonate de sodium dans les autres industries.

Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC [244].

Utilisation de carbonates dans la production d'émail (2A4-d)

L'émail est un mélange de silice, de minium, de potasse et de soude. Par la fusion à haute température de ces différents éléments suivie d'un broyage, est obtenue une poudre incolore appelée "fondant" qui, par sa nature, s'apparente davantage au cristal qu'au verre. L'émail peut être soit transparent, soit opaque. La coloration du fondant s'obtient par addition d'oxydes métalliques réduits en poudre.

L'émaillage consiste à fixer la poudre d'émail sur son support métallique par des cuissons successives et rapides de l'ordre de 800 degrés. L'or, l'argent, le cuivre, l'acier peuvent constituer le support de toute pièce émaillée.

Comme indiqué en préambule, les émissions visées dans cette section sont celles liées au phénomène de décarbonatation dans les installations de production d'émaux.

En France, il y a très peu de sites de production d'émail. Seuls deux de ces sites sont soumis à la déclaration annuelle des rejets de polluants atmosphériques du fait de leur taille. Un seul de ces deux sites met en œuvre des matériaux engendrant une décarbonatation. Ce site est fermé depuis avril 2010.

Les données de production nationales sont connues pour les sites de production d'émail via la déclaration annuelle de polluants [19] depuis 2004. Avant cette date, faute de données, la production est supposée être celle de 2004. L'ensemble des données de production est confidentiel.

En France, quatre sites de production d'émail sont identifiés. Seuls deux de ces sites sont soumis à la déclaration annuelle des rejets de polluants atmosphériques du fait de leur taille. Faute d'informations, seuls ces deux sites sont retenus dans l'inventaire national.

Parmi ces deux sites, un seul, en activité depuis 1962, utilise des matières premières carbonatées. Ce site a fermé en avril 2010.

Les émissions nationales sont déterminées à partir des éléments suivants :

A partir de 1999, les données d'émission sont disponibles pour le site de production via les déclarations annuelles [19].

Avant 1999, le facteur d'émission moyen déterminé pour l'année 1999 est utilisé sur l'ensemble de la période (1990-1998).

Compte tenu du nombre d'installations concernées, les facteurs d'émission de CO_2 ne sont pas communiqués.

Les fluctuations observées entre les années s'expliquent par la variabilité de la teneur en carbone de la matière première.

4.2.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par Tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2A).

L'incertitude des données d'activité est de 5% ; basée sur les lignes directrices du GIEC [IPCC – Guidelines 2006 – Volume 3 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.3]. Tenant compte que ce secteur est contraint par de quotas, avec les données des activités bien suivies par conséquent, cette valeur est en cohérent aussi avec les gammes d'incertitudes des quotas de l'annexe 2 du règlement 601-2012.

L'incertitude sur les facteurs d'émission de CO_2 est basée sur les lignes directrices du GIEC [IPCC – Guidelines 2006 – Volume 3 – Chapitre 2 Combustion sources mobiles, Table 2.3], tenant en compte l'appréciation des experts. Cette incertitude est de 8%.

La cohérence temporelle des séries est respectée. En effet, les données provenant des déclarations des exploitants utilisées pour les années récentes sont prises en compte pour recalculer les séries dans les années antérieures lorsque cela s'avère nécessaire.

Des contacts avec certains industriels permettent aussi d'obtenir des données pour les années antérieures aux déclarations. Dans tous les cas, les années manquantes sont complétées en s'appuyant sur les données disponibles (typiquement, soit un facteur d'émission moyen est calculé, soit le plus ancien facteur d'émission connu est reporté sur les années antérieures, soit une évolution linéaire est calculée entre deux années connues éloignées dans le temps).

Ceci permet de s'assurer qu'il n'y a pas de rupture brusque dans les séries lorsque les données relatives à certaines années sont manquantes.

La cohérence temporelle des séries est respectée. En effet, les données provenant des déclarations des exploitants utilisées pour les années récentes sont prises en compte pour recalculer les séries dans les années antérieures lorsque cela s'avère nécessaire.

Des contacts avec certains industriels permettent aussi d'obtenir des données pour les années antérieures aux déclarations. Dans tous les cas, les années manquantes sont complétées en s'appuyant sur les données disponibles (typiquement, soit un facteur d'émission moyen est calculé, soit le plus ancien facteur d'émission connu est reporté sur les années antérieures, soit une évolution linéaire est calculée entre deux années connues éloignées dans le temps).

Ceci permet de s'assurer qu'il n'y a pas de rupture brusque dans les séries lorsque les données relatives à certaines années sont manquantes.

Concernant le secteur de la production de chaux, la cohérence temporelle est assurée. Cela est décrit en détails dans le chapitre 4.2.2.2.

4.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les émissions provenant des déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) puis validées par le Ministère chargé de l'Environnement. De plus, dans le cadre du SEQE, les émissions de CO_2 sont vérifiées par un organisme agréé avant d'être transmises aux autorités (la plupart des émissions de CO_2 du CRF 2A sont couvertes par le SEQE).

Pour le secteur de la production de ciment, des contrôles spécifiques sont effectués :

- Vérification pour toutes les années où les données individuelles sont utilisées que la somme des productions de clinker des sites est très proche de la production nationale provenant des statistiques nationales (ATILH),
- Comparaison d'une année sur l'autre que les facteurs d'émission déclarés part type de produit utilisé par les exploitants dans le cadre du système d'échanges de quotas d'émissions de gaz à effet de serre sont du même ordre de grandeur,
- Vérification pour toutes les années où les données individuelles sont utilisées que d'une année sur l'autre les émissions déclarées sont du même ordre de grandeur et si non en comprendre la raison,
- Comparaison du facteur d'émission recalculé par année avec le facteur par défaut proposé par le GIEC, à savoir 520 kg CO_2/t clinker. Les facteurs d'émission de CO_2 recalculés sont compris entre 525 et 530 kg CO_2/t clinker donc ces valeurs sont cohérentes avec la valeur par défaut du GIEC.

Pour le secteur de la production de chaux, des contrôles spécifiques sont effectués :

- Vérification pour toutes les années où les données individuelles sont utilisées que la somme des productions de chaux hydrauliques et aériennes des sites est inférieure à la production nationale provenant des statistiques nationales (Fédération de la chaux) ;

- Comparaison d'une année sur l'autre que les facteurs d'émission déclarés, par type de produit utilisé par les exploitants dans le cadre du système d'échanges de quotas d'émissions de gaz à effet de serre, sont du même ordre de grandeur ;
- Vérification pour toutes les années où les données individuelles sont utilisées que d'une année sur l'autre les émissions déclarées sont cohérentes et, si non, en comprendre la raison ;
- Comparaison du facteur d'émission recalculé par année avec le facteur par défaut proposé par le GIEC, à savoir 750 kg CO_2/t chaux. Les facteurs d'émission de CO_2 recalculés (hors auto-producteur de chaux en sucrerie) sont compris entre 740 et 830 kg CO_2/t chaux donc ces valeurs sont cohérentes avec la valeur par défaut du GIEC.

Pour le secteur de la production de verre, des contrôles spécifiques sont effectués :

- Comparaison d'une année sur l'autre que les facteurs d'émission déclarés part type de produit utilisé par les exploitants dans le cadre du système d'échanges de quotas d'émissions de gaz à effet de serre sont cohérents ;
- Vérification pour toutes les années où les données individuelles sont utilisées que d'une année sur l'autre les émissions déclarées sont cohérentes et si non en comprendre la raison ;
- Comparaison du facteur d'émission recalculé par année avec le facteur par défaut proposé par le GIEC, à savoir 200 kg CO_2/t verre neuf. Les facteurs d'émission de CO_2 recalculés sont compris entre 185 et 200 kg CO_2/t verre neuf donc ces valeurs sont cohérentes avec la valeur par défaut du GIEC.

4.2.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2A

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	14 973	12 463	12 372	12 654	12 874	13 018	12 401	10 588	11 059	11 381	10 637	10 668	10 013	9 736	9 399	
Nouveau	kt CO2e	14 973	12 463	12 372	12 654	12 874	13 018	12 401	10 588	11 059	11 379	10 635	10 663	10 008	9 727	9 397	9 328
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	-0,093	-0,083	-1,7	-1,5	-4,8	-4,9	-8,9	-1,9	
	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Pour le secteur 2A, les recalculs concernent plusieurs secteurs.

4.2.5.1 Chaux décarbonatation (2A2)

Description du recalcul

Suppression des poussières de by-pass à partir de 2013.

Mise à jour des données sur les écumes en sucrerie depuis 2009.

Raison et justification

Les données proviennent des déclarations annuelles par les exploitants qui prennent en compte les émissions liées aux particules de by-pass pour les deux sites sur lesquels les calculs des émissions de poussières de by-pass étaient basés. Les émissions de CO_2 sont donc exhaustives.

4.2.5.2 Utilisations du carbonate de sodium et bicarbonate de sodium (2A4b)

Description du recalcul

Mise à jour de l'activité pour l'année 2016.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.2.6 Améliorations envisagées

Poursuivre la prise en compte des nouveaux sites qui pourront être identifiés, à partir des déclarations annuelles, comme consommateurs de matières carbonées ou carbonatées.

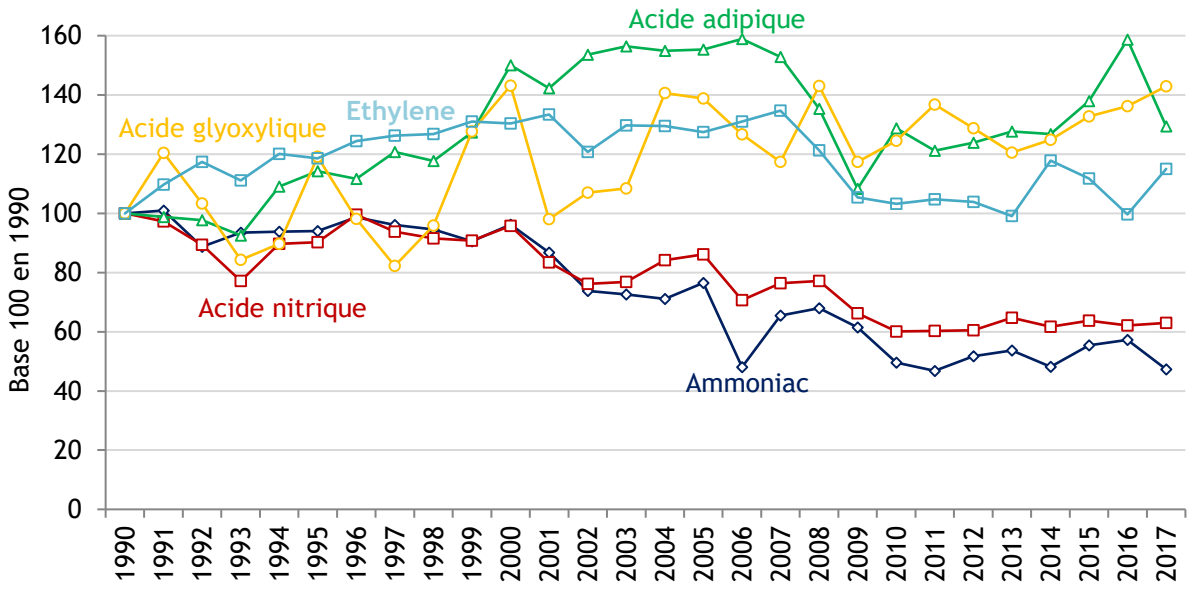
4.3 Chimie (CRF 2B)

4.3.1 Caractéristiques de la catégorie

La chimie est à l'origine d'émissions de CO_2 et N_2O principalement. Chaque sous-secteur a ses propres spécificités.

Le graphique suivant présente les productions des principaux secteurs de la chimie en base 100 en 1990 afin d'intégrer l'évolution des productions confidentielles.

Figure 80 : Principales productions de l'industrie chimique



Source CITEPA/format CCNUCC - mars 2019 Graph_2B.xlsx/2B

4.3.1.1 Production d'ammoniac (2B1)

En 2017, la production d'ammoniac n'est pas une catégorie clé en termes d'évolution des émissions mais se place en 45ème position des catégories clés liées au niveau d'émissions (0,3%).

La synthèse de l'ammoniac est réalisée par reformage à la vapeur à partir du gaz naturel (utilisé en tant que matière première).

Le carbone libéré conduit à la production de CO_2, dont une partie est valorisée pour la synthèse d'urée ou la production de dioxyde de carbone liquéfié et l'autre partie est rejetée directement à l'atmosphère. L'hydrogène est mis en réaction avec l'azote pour produire l'ammoniac.

La production d'ammoniac a baissé de 53% de 1990 à 2017. Cette baisse peut s'expliquer notamment par la fermeture successive de 3 sites de production (sur les 7 sites en activité en 1990) ; 2 ont fermé en 2001 et 1 en 2009. Le niveau de production de l'année 2006 est particulièrement bas, en raison de problèmes d'approvisionnement en gaz naturel (matière première).

Les émissions de CO_2 ont été réduites de 41% de 1990 à 2017.

4.3.1.2 Production d'acide nitrique (2B2)

En 2017, la production d'acide nitrique n'est pas une catégorie clé en termes de niveau d'émissions, mais se place en 10ème position des catégories clés liées à l'évolution des émissions (2,2%) du fait de la baisse de ses émissions de N_2O.

L'acide nitrique (HNO_3) est produit par oxydation catalytique (toile de platine) de l'ammoniac (NH_3) en présence d'air. Deux types de procédés industriels sont utilisés : simple pression et double pression.

On distingue chimiquement trois étapes :

- Oxydation de l'ammoniac en oxyde nitreux (NO) : $4\ NH_3 + 5\ O_2 \rightarrow 4\ NO + 6\ H_2O$
- Oxydation de celui-ci en oxyde nitrique (NO_2) : $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$
- Absorption de celui-ci dans l'eau (HNO_3) : $4\ NO_2 + 2\ H_2O + O_2 \rightarrow 4\ HNO_3$

La réaction complète est donc : $NH_3 + 2\ O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$

De plus les réactions parasites occasionnent la formation de protoxyde d'azote (N_2O) :

- Sur toute la durée du cycle : $4\ NH_3 + 4\ O_2 \rightarrow 2\ N_2O + 3\ H_2O$
- En début/fin de cycle : $2\ NH_3 + 8\ NO \rightarrow 5\ N_2O + 3\ H_2O$; $4\ NH_3 + 4\ NO + 3\ O_2 \rightarrow 4\ N_2O + 6\ H_2O$

En conséquence, la production d'acide nitrique est une source de N_2O, de NO_X et de NH_3.

La production d'acide nitrique a diminué de 37% entre 1990 et 2017. Cette baisse peut s'expliquer notamment par la fermeture successive de 10 sites de production (sur les 19 sites en activité en 1990). Les années de fermeture des 10 sites sont les suivantes : 1991, 1992 (4 sites), 1993, 1995, 2002, 2003 et 2009.

Les émissions de N_2O ont été réduites de 93% de 1990 à 2017. La baisse des émissions de N_2O, principalement sur la période 1990 – 2002, est liée à des fermetures d'ateliers non conformes et à l'amélioration des conditions de réactions notamment. Depuis 2002, l'introduction de catalyseurs réduit la formation de N_2O, jusqu'à 90% selon les conditions, sur certains ateliers.

4.3.1.3 Production d'acide adipique (2B3)

En 2017, la production d'acide adipique n'est pas une catégorie clé en termes de niveau d'émissions, mais se classe en 6ème position des catégories clé en termes de contribution à l'évolution des émissions hors UTCATF (5,1%) du fait de la baisse importante des émissions de N_2O.

L'acide adipique se présente sous la forme d'une poudre blanche employée essentiellement pour la production de nylon. L'acide adipique est produit par oxydation d'un mélange de cyclohexanone / cyclohexanol sous l'action de l'acide nitrique. Cette oxydation engendre des émissions de N_2O

principalement et de NOx dans une moindre mesure. Il n'y a qu'un seul site de production d'acide adipique en France, l'usine Rhodia à Chalampé. Les effluents gazeux émis par les ateliers de Chalampé contiennent entre 40 et 65% de N_2O. Le gaz de procédé est épuré thermiquement.

L'atelier de destruction des N_2O, installé depuis 1998 sur le site, permet la synthèse d'acide nitrique par absorption des NOx formés. Cet atelier est équipé d'un traitement catalytique des NOx avant rejet à l'atmosphère. Les émissions liées à la synthèse de l'acide nitrique sont traitées dans la section 2.B.2.

Il est à noter que le site émet également du CO_2 qui provient de l'oxydation d'une partie des matières premières.

Depuis 1990, la production fluctue et en 2017 elle était à 130% du niveau de 1990. Il n'existe, actuellement, plus qu'un seul site de production et de ce fait le niveau de production est confidentiel.

Les émissions de N_2O ont été réduites de plus de 99% entre 1990 et 2016 grâce au système de traitement installé en 1998. Une forte réduction a été observée entre 2003 et 2004 suite au renouvellement d'un élément du système de traitement qui s'avérait perturber la performance de l'ensemble. La diminution du facteur d'émission depuis 2011 résulte de la réalisation d'un projet visant à réduire les émissions de N_2O par augmentation et fiabilisation de la collecte de N_2O en direction de l'unité de traitement N_2O (Projet Chal'ange, réalisé en plusieurs tranches à partir de 2008). Les fluctuations des émissions de N_2O sont fonction du nombre et de la durée des phases d'arrêt du système de traitement pour maintenance ou incident. Cependant, à cause de problèmes de fiabilité dans le système de traitement du N_2O, une augmentation significative des émissions a eu lieu en 2017.

4.3.1.4 Production d'acide glyoxylique (2B4.c)

En 2017, la production d'acide glyoxylique n'est pas une catégorie clé en termes de niveau d'émissions mais se classe en 28ème position des catégories clés en termes de contribution à l'évolution des émissions hors UTCATF (0,9%) du fait de la baisse importante des émissions de N_2O.

Jusqu'en 2001, 2 sites produisaient de l'acide glyoxylique et du glyoxal (base acétaldéhyde) en France. Depuis la fermeture en 2001 du site Clariant de Lillebonne, seul le site Weylchem (ex Clariant) de Cuise-Lamotte produit de l'acide glyoxylique et du glyoxal (base acétaldéhyde et depuis 2016 en base Mono Ethylène Glycol (MEG)), émetteur de N_2O, de COVNM et de NOx.

Le glyoxal est principalement produit par oxydation de l'acétaldéhyde sous l'action de l'acide nitrique. Depuis 2016, un nouvel atelier de production de glyoxal à partir de Mono Ethylène Glycol permet d'éviter les émissions de N_2O. L'acide glyxoxylique est produit par oxydation du glyoxal par l'acide nitrique. Le glyoxal et l'acide glyoxylique sont vendus en phase aqueuse, le premier est un produit employé par les industries textile, papetière et pharmaceutique notamment, le second est un intermédiaire de synthèse employé notamment par les industries pharmaceutiques ainsi que l'industrie des arômes et des parfums.

L'oxydation dans ces synthèses est à l'origine d'émissions de N_2O. Un système de traitement catalytique des émissions de N_2O a été introduit à partir de 1998 sur les unités de glyoxal de Cuise-Lamotte et en 2002 sur les unités d'acide glyoxylique.

Les émissions de N_2O ont été réduites de 91 % depuis 1990. Un système de traitement a été installé en 1999 sur le seul site actuellement en activité. Ce système vise à détruire le N_2O par traitement catalytique.

4.3.1.5 Production de carbure de calcium (2B5.b)

En 2017, la production de carbure de calcium n'est pas une catégorie clé, ni en termes de niveau d'émissions ni en termes de contribution à l'évolution des émissions.

Production

Le carbure de calcium est obtenu dans un four électrique à très haute température (2200°C) par réduction de la chaux par du carbone (sous forme de coke) selon la réaction suivante :

$CaO + 3C \dashrightarrow CaC_2 + CO$

Les gaz produits étant réutilisés comme combustibles, le CO contenu dans les gaz est oxydé en CO_2. Il y avait jusqu'en 2002 une seule usine de production en France. Cette usine a fermé en 2002 et il n'y a donc plus d'émissions de CO_2 à partir de 2003 concernant la production de carbure de calcium.

Utilisation

Le carbure de calcium est utilisé pour la fabrication d'engrais (cyanamide), mais également en métallurgie ou en tant que précurseur d'acétylène.

La réaction se produisant lors de l'utilisation du carbure de calcium est la suivante :

$CaC_2 + 2H_2O \text{ --> } Ca(OH)_2 + C_2H_2 \text{ --> } 2CO_2$

L'utilisation de carbure de calcium est responsable d'émissions de CO_2.

4.3.1.6 Production de carbonate de sodium (2B7)

En 2017, la production de carbonate de sodium n'est pas une catégorie clé, ni en termes de niveau d'émissions ni en termes de contribution à l'évolution des émissions.

Il existe deux procédés de fabrication du carbonate de sodium : l'un est naturel et l'autre, dit synthétique, est basé sur la réaction du chlorure de sodium avec l'hydrogénocarbonate d'ammonium. En France, seule la voie de fabrication dite synthétique est utilisée.

Les étapes du procédé de fabrication dit synthétique sont les suivantes :

- Production d'hydrogénocarbonate d'ammonium à partir de chaux : $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$; $CaO + 2NH_4Cl \rightarrow 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$ et $NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow NH_4CO_3H$
- Production de bicarbonate de sodium par réaction du chlorure de sodium, avec l'hydrogénocarbonate d'ammonium : $NaCl + NH_4CO_3H \rightarrow NH_4Cl + NaCO_3H$
- Torréfaction du bicarbonate de sodium en carbonate de sodium :

  $2\ NaCO_3H \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$
- Transformation des sous-produits (chlorure d'ammonium et gaz carbonique) en hydrogénocarbonate d'ammonium.

Il n'existe en France que 2 sites de production en activité et, de ce fait, le niveau de production est confidentiel.

4.3.1.7 Production de dérivés pétrochimiques et noir de carbone (2B8)

En 2017, la production de dérivés pétrochimique et noir de carbone n'est pas une catégorie clé, ni en termes de niveau d'émissions ni en termes de contribution à l'évolution des émissions.

Cette catégorie regroupe en particulier :

- Les émissions de CO_2 et CH_4 générées par la production de noir de carbone (2.B.8.f). Suite à la fermeture d'un site de production en 2009, il ne reste plus que 2 sites en activité et de ce fait le niveau de production est confidentiel. Il est à noter que les émissions liées aux installations de combustion (chaudières, turbines, etc.) ne sont pas comptabilisées sous cette catégorie ; elles sont prises en compte dans le secteur de la combustion dans l'industrie. Le Noir de carbone est produit par cracking catalytique par combustion ménagée d'hydrocarbures aromatiques : $C_xH_y + O_2 + N_2 \text{ --> } C + CO + H_2 + H_2O + N_2$;
- Les émissions de CO_2 des autres procédés de la chimie organique (2.B.8.g) :
  - la production de chlorure de vinyle ;
  - la production de polyéthylène (basse et haute densité) ;
  - la production de polychlorure de vinyle ;

- la production d'anhydride phtalique ;
- la production de styrène (suite à la fermeture successive de 2 sites de production, il ne reste plus, depuis 2010, qu'un seul site en activité en France, de ce fait le niveau de production est confidentiel).

4.3.1.8 Productions d'halocarbures, NF_3 et SF_6 (2B9)

En 2017, la production d'halocarbures contribue comme catégorie clé pour l'évolution des émissions (HFC) au 15ème rang (1,5%) du fait des réductions d'émissions de HFC-23.

De plus, cette catégorie est la 38ème catégorie clé (0,5%) en termes de contribution à l'évolution des émissions pour les PFC.

Cette catégorie correspond aux émissions liées à la production de HFC, PFC, SF_6 et NF_3 ainsi que de leurs sous-produits.

Il existe deux sites de production d'hydrocarbures halogénés en France. Un autre site produit également un acide fluoré qui engendre comme sous produits des HFC et PFC.

Il n'y a pas de production de SF_6 en France. L'essentiel de la production en Europe se concentre en Allemagne et en Italie. Cependant, un site dans l'industrie nucléaire a émis du SF_6 par destruction de fluor jusqu'en 2006. Cette activité est classée, par simplification, comme sous produit de la production d'halocarbures.

Les productions n'étant pas disponibles pour des raisons de confidentialité, les activités sont fictives.

Sous produits

Production du HCFC-22

Il existe un site en France, producteur de HCFC-22, émetteur du sous-produit HFC-23. Les émissions ont été réduites de façon importante depuis 1994 après la mise en place d'une unité de traitement des produits fluorés par oxydation thermique. Les productions sont confidentielles.

Production d'acide trifluoroacétique

Ce produit est fabriqué sur un site. Le procédé engendre des sous-produits fluorés dont le HFC-125 et le CF_4. La production depuis 1990 a été augmentée entrainant une hausse des émissions jusqu'à la mise en place d'un nouveau réacteur en 2003 et d'un oxydateur thermique fin 2008. La mise en place de ce dernier explique les très faibles émissions à partir de 2009.

Émissions fugitives

Sur l'un des deux sites de production, les émissions ont été réduites de façon importante depuis 1992, pour le HFC-143a en particulier, suite au renouvellement de l'atelier de production et, depuis 1994-1995, pour l'ensemble des gaz après l'introduction d'un incinérateur et la suppression progressive des sources diffuses. Le second site de production était déjà équipé d'un tel dispositif depuis une date antérieure à 1990.

Depuis 2003, il n'y a plus d'émissions de PFC.

Chimie du nucléaire

Un site de traitement de l'uranium utilise, pour traiter les effluents gazeux de fluor, des « pots à soufre » permettant de les neutraliser en SF_6. Les émissions sont de l'ordre de 5 tonnes par an jusqu'en 2006. Les rejets de SF_6 du site ont fait l'objet d'un plan d'action en 2005-2006 destiné à réduire les émissions de GES. L'installation qui transformait le fluor en SF_6 a été remplacée par une installation qui ne met plus en œuvre de soufre. En effet, l'effluent gazeux à neutraliser (contenant des traces de fluor) a été orienté vers les installations du procédé, et non plus vers l'ancienne installation qui avait pour objectif de transformer le fluor en SF_6 avant rejet à l'atmosphère. Par conséquent il n'y a plus de rejet de SF_6 depuis 2007.

4.3.1.9 Autres (2B10)

En 2017, l'ensemble des autres procédés de la chimie constitue la 20ème catégorie clé en termes de niveau d'émissions hors UTCATF (1,0%) et la 34ème catégorie en termes de contribution à l'évolution des émissions hors UTCATF (0,5%).

Cette catégorie regroupe en particulier :

- Les émissions de CO_2, CH_4 et N_2O liées à la combustion de sous-produits issus des matières premières introduites dans les fours de vapocraquage ainsi qu'aux procédés de fabrication de l'éthylène et du propylène.

  Le vapocraquage est un procédé pétrochimique qui consiste à obtenir, à partir d'une coupe pétrolière telle que le naphta ou des alcanes légers (C_nH_{2n+2}) les produits suivants :

  - des alcènes (aussi appelés oléfines) : C_nH_{2n} ; ex : éthylène (C_2H_4), propylène (C_3H_6), butène ;
  - des hydrocarbures aromatiques (cycliques insaturés) : benzène, toluène, xylène.

  Les coupes pétrolières sont introduites en présence de vapeur d'eau (de l'ordre de 30 à 100 % en poids) dans le vapocraqueur. Ce mélange est porté brutalement à 800°C pendant une fraction de seconde puis est très rapidement refroidi. Dans ces conditions, les molécules se scindent en plusieurs morceaux et donnent naissance à divers produits. Il en résulte une production dont la composition est d'environ 36% éthylène, 13% propylène, 8% butylène et 7% aromatiques. Ces produits sont séparés par distillation. On compte 6 vapocraqueurs en France depuis la fermeture d'une unité en 2015.

  En plus des produits cités ci-dessus, des déchets gazeux à valeur énergétique intéressante sont réutilisés dans les fours de vapocraquage comme combustibles. Les émissions liées à la combustion de ces gaz sont prises en compte dans cette section conformément aux lignes directrices 2006 du GIEC [771].

- Les émissions de CO_2 liées à la production d'hydrogène : ce composé est produit par vaporeformage du gaz naturel. Ce dernier est donc utilisé en tant que matière première ;
- Les émissions de N_2O générées par la production de tétrafluorure d'uranium (UF_4) : il s'agit de la première étape dans la préparation du combustible nucléaire (conversion de l'uranium brut en UF_4) avant sa transformation en hexafluorure d'uranium (UF_6) puis son enrichissement). Il n'existe qu'un seul site de production d'UF_4 en France ;
- Les émissions de CO_2 liées à la production de tétrachlorure de titane ($TiCl_4$) : Il n'existe qu'un seul site de production de $TiCl_4$ en France. Le procédé de production utilisé en France est le procédé par carbo-chloration ($2TiO_2 + 4\ Cl_2 + 3C \rightarrow 2TiCl_4 + 2\ CO + CO_2$). L'apport de carbone est réalisé au moyen de coke de pétrole ;
- Les émissions de N_2O générées par la production de N_2O médical et industriel : il n'existe qu'un seul site en France produisant du N_2O médical et industriel. Au cours de la fabrication du N_2O, celui-ci est rejeté dans l'atmosphère à un certain nombre d'étapes du procédé (purges des cuves de stockage et du process, etc.) ;
- Les émissions de CO_2, CH_4 et N_2O liées à l'utilisation de torchères dans l'industrie chimique : la torchère est un équipement de destruction des gaz résiduaires, également utilisé comme organe de sécurité. Ces gaz peuvent être brulés pour des raisons diverses, le plus souvent en raison de présence d'impuretés et parfois pour incapacité de traitement ou de stockage ;
- Les émissions de CO_2 et N_2O des autres procédés de la chimie organique n'entrant pas dans les catégories précitées ;
- Les émissions de CO_2 induites par l'utilisation de matières carbonées au niveau des sites chimiques.

NB : d'autres catégories de productions chimiques sont prises en compte dans l'inventaire national mais ne sont pas décrites ici car il s'agit d'activités non émettrices de gaz à effet de serre.

4.3.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Pour le secteur de la chimie, les émissions sont généralement déterminées par une approche « bottom-up » à partir des données communiquées au travers des déclarations annuelles de rejets de polluants et complétées par les informations des industriels.

Des éléments spécifiques à certains secteurs sont présentés ci-après.

4.3.2.1 Production d'ammoniac (2B1)

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'ammoniac est de rang 3 depuis 2004 (utilisation des productions et émissions déclarées par les exploitants). De 1990 à 2003, la méthode utilisée est de niveau 2 du fait de l'utilisation des données d'activité par site et du report du facteur d'émission spécifique par site de 2004.

La production d'ammoniac globale provient de statistiques nationales pour les périodes 1960–1978 [272] et 1986-2006 [53], [118]. En l'absence d'information, une interpolation linéaire est mise en œuvre pour la période 1979-1985. Des productions par site ont été obtenues par communications des exploitants pour les années 1990, 1995, 1999 et suivantes [50]. Depuis 2007 la production d'ammoniac est obtenue exclusivement à partir des déclarations annuelles de rejets [19].

Les consommations de gaz naturel des vaporeformeurs sont calculées à partir des émissions de CO_2 provenant du procédé et de facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie).

Emissions de CO_2

Deux spécificités sont à considérer quant au calcul des émissions de CO_2 :

- D'une part, le gaz naturel est utilisé en tant que matière première mais également en tant que combustible. Ces deux consommations sont à l'origine d'émissions de CO_2. Seules les émissions du CO_2 issues des consommations non énergétiques de gaz naturel sont comptabilisées dans cette partie. En effet, les données permettent de distinguer les émissions liées à la consommation de gaz naturel à des fins énergétiques (rapportées en section énergie 1A2) des émissions liées à la consommation en tant que matière première. Pour information, les exploitants déclarent soit séparément les émissions procédé et combustion, soit l'ensemble des émissions sans distinction [19]. Dans ce dernier cas, les émissions du procédé sont déterminées à partir des consommations non énergétiques fournies par les exploitants [50] ;
- D'autre part, pour certains sites, une partie du CO_2 émis est réutilisée pour la synthèse de l'urée ou la production de CO_2 liquéfié. Le CO_2 mis en œuvre pour fabriquer le produit (urée ou CO_2 liquéfié) est par la suite réémis après un stockage intermédiaire temporaire (exemple : hydrolyse de l'urée par les microorganismes du sol suite à son épandage en tant que fertilisant).

  Conformément aux lignes directrices du GIEC 2006 :

- Les quantités de CO_2 réutilisées pour la production de CO_2 liquéfié sont comptabilisées dans le secteur de la production d'ammoniac alors que ;
- Le CO_2 utilisé pour la production d'urée est comptabilisé dans les secteurs consommateurs d'urée (e.g. agriculture, etc.).

Depuis 2004, les émissions de CO_2 proviennent des déclarations annuelles de rejets [19] complétées par des échanges avec les exploitants [50]. Pour les années 1990 à 2003, les émissions de CO_2 sont recalculées par site, à partir du facteur émission spécifique à chaque installation de 2004 et de la production annuelle. La cohérence temporelle depuis 1990 est vérifiée par le fait que le facteur d'émission global est du même ordre de grandeur sur toute la série et par le fait que le périmètre des producteurs considérés est identique sur toute la série. Les quantités de CO_2 réutilisées pour la

production de CO_2 liquéfié et d'urée sont également directement fournies par les exploitants [19, 50]. Avant 1990, les émissions sont déterminées à partir de la production nationale et du facteur d'émission national de 1990.

Il est à noter qu'un site de production, fermé en 2009, ne produisait pas l'hydrogène nécessaire au procédé mais l'achetait à un site voisin : ce site n'émettait donc pas de CO_2 au niveau de son procédé de production d'ammoniac.

En 2013, la production d'ammoniac est entrée dans le champ d'application du système d'échange de quotas de gaz à effet de serre (émissions de CO_2 de procédé).

4.3.2.2 Production d'acide nitrique (2B2)

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'acide nitrique est de rang GIEC 3.

De 1990 à 2001, la production d'acide nitrique est obtenue à l'aide de statistiques nationales [143] et par communication d'un groupe [733] puis des données déclarées par les exploitants [19] depuis 2002. Les productions avant 1990 proviennent d'un annuaire statistique [272].

Emissions de N_2O

La fédération sectorielle a communiqué au CITEPA les émissions par site pour 1990 et de 1999 à 2001 et une valeur d'émission pour l'ensemble des sites pour les années 1991 à 1998 [143]. Ces données ont été comparées par le CITEPA aux données disponibles dans les déclarations des rejets des industriels pour validation [19]. A ces valeurs sont ajoutées les émissions des installations d'un groupe [733] non inclus dans les statistiques de la fédération. La totalité des émissions liées à la production nationale est donc prise en compte sur la période 1990-2001, à partir de données collectées en bottom-up ou issues d'une approche bottom-up.

A partir de 2002, les émissions de chaque site du périmètre considéré sont disponibles dans les déclarations des rejets industriels [19]. L'ensemble de ces émissions est déterminé par les exploitants par mesure.

Il est à noter que depuis 2013, la production d'acide nitrique est entrée dans le système d'échange de quotas de gaz à effet de serre. Par ailleurs, en 2002, les industriels ont adopté un référentiel de Bonnes Pratiques approuvé par l'AFNOR [146] pour estimer les émissions de N_2O des ateliers de fabrication d'acide nitrique.

4.3.2.3 Production d'acide adipique (2B3)

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'acide adipique est de rang GIEC 3.

Les émissions, facteurs d'émission et la production (confidentielle) étaient auparavant communiquées directement par le site [147]. Les données de production (confidentielle) et d'émission sont désormais récupérées dans les déclarations annuelles de rejets [19].

Emissions de CO_2

La production d'acide adipique est émettrice de CO_2 qui provient de l'oxydation d'une partie des matières premières oxydées. Ces émissions de CO_2 sont déterminées à partir des déclarations annuelles des émissions [19]. Le facteur d'émission établi sur la base des années récentes est reporté jusqu'en 1960 compte tenu des caractéristiques de l'installation qui n'ont pas évolué.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O proviennent de communications directes avec le site [147] ou sont extraites des déclarations annuelles des émissions [19].

En marche normale, les émissions de N_2O sont mesurées en continu au moyen d'un chromatographe. En marche dégradée, les gaz provenant du procédé sont émis directement à l'atmosphère. Les

émissions de N_2O sont alors déterminées par bilan matière. Les émissions calculées correspondent à plus de 98% de l'ensemble des émissions.

Les émissions ont été considérablement réduites depuis 1998 suite à l'installation de l'unité de traitement thermique. Le N_2O est brûlé avec du méthane dans des conditions particulières pour transformer le N_2O en NO, NO_2 et N_2. Le N_2O et le N_2 sont ensuite adsorbés dans l'eau pour créer de l'acide nitrique. Les émissions sont fonction des phases d'arrêt du traitement thermique.

4.3.2.4 Production d'acide glyoxylique (2B4.c)

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'acide glyoxylique est de rang GIEC 2 jusqu'en 2002 puis de rang 3 depuis 2003.

Les productions (confidentielles) et les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19] et de données du site [150] validées dans le cadre d'un engagement de progrès.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont extraites des déclarations annuelles des émissions [19]. Depuis l'installation du traitement catalytique, en dehors des phases transitoires (démarrages, arrêts, incidents) rares et de durées limitées, les émissions de N_2O sont réduites en N_2 et O_2. En marche normale de l'installation, les émissions de N_2O sont déterminées par mesures en continu des débits d'air et des concentrations en sortie de l'unité de traitement. En marche dégradée, les émissions de N_2O sont déterminées à partir de bilans massiques pour le glyoxal et à partir de mesures pour l'acide glyoxylique (les gaz détournés sont analysés en même temps que les gaz normalement traités dans la cheminée).

La marche dégradée de l'installation se résume à environ 6 jours par an.

Les données de production et facteurs d'émission sont confidentiels.

4.3.2.5 Production de carbure de calcium (2B5.b)

La méthode appliquée pour le secteur de la production de carbure de calcium est de rang GIEC 1.

Production

La production de carbure de calcium était assurée en France par un seul site ayant cessé son activité en 2003.

Les données de production proviennent de statistiques nationales pour les années 2001 et 2002 et sont interpolées pour les années antérieures.

Utilisation

Le carbure de calcium est consommé dans de nombreux secteurs dont certains sont comptabilisés spécifiquement dans l'inventaire. Les émissions sont prises en compte dans les secteurs consommateurs mettant en œuvre de la décarbonatation.

Afin d'assurer la complétude de l'inventaire, la quantité prise en compte pour l'utilisation de carbure de calcium est calculée sur la base de la quantité produite à laquelle les imports sont ajoutés et les exports soustraits, correspondant ainsi à la consommation nationale.

Pour éviter les doubles comptes dans le calcul des émissions, les quantités de carbure de calcium utilisées dans les autres secteurs mettant en œuvre de la décarbonatation sont retirées de la consommation nationale.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 liées à la production et à l'utilisation de carbure de calcium sont déterminées au moyen de facteurs d'émission issus des lignes directrices du GIEC [255].

4.3.2.6 Production de carbonate de sodium (2B7)

La méthode appliquée pour le secteur de la production de carbonate de sodium est de rang GIEC 2 (par assimilation) du fait de la prise en compte, pour partie, de données spécifiques aux installations jusqu'en 2000 puis de rang 3.

Il n'existe que deux sites de production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium en France. C'est pourquoi, en raison du secret statistique, les activités et facteurs d'émission liés à cette production sont confidentiels.

Les données de production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium proviennent de publications de la profession [243] pour les années antérieures à 1999 puis des déclarations des industriels à partir de cette date [19]. Pour les années manquantes, les niveaux de production sont interpolés.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 liées à la production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les émissions de CO_2 sont estimées à l'aide de la moyenne des facteurs d'émission calculés pour les années 2001 à 2003.

4.3.2.7 Production de dérivés pétrochimiques et noir de carbone (2B8)

Production de noir de carbone

La méthode appliquée pour le secteur de la production de noir de carbone est de rang GIEC 2 jusqu'en 2000 du fait de la prise en compte, pour partie, de données spécifiques aux installations puis de rang GIEC 3 depuis 2001.

Les données de production de noir de carbone sont estimées à partir de statistiques nationales [53] jusqu'en 2002 puis à partir des déclarations des sites de production [19].

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les mêmes facteurs d'émission sont conservés.

Il est à noter que la production de noir de carbone est entrée, en 2013, dans le champ d'application du système d'échange de quotas de gaz à effet de serre (émissions de CO_2 de procédé).

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les mêmes facteurs d'émission sont conservés.

Production de monochlorure de vinyle (MVC)

La méthode appliquée pour le secteur de la production de MVC est de rang GIEC 2.

Il reste trois sites de production en France. Le niveau d'activité est connu pour les années 1990, 1994 et 1995 à partir d'un recensement auprès des sites. Pour les années 2004 et suivantes, la production provient d'une compilation des données disponibles dans les déclarations annuelles des rejets [19]. Avant 2004, pour les années où la production n'est pas disponible, l'activité est estimée par interpolation des années connues et/ou à partir de la production de PVC qui est connue [53].

Emissions de CO_2

A partir de 2013, les émissions de CO_2 proviennent directement des déclarations annuelles des rejets [19]. Entre 2004 et 2012, certains sites ont pu fournir leurs émissions rétrospectivement. Pour les autres, un facteur d'émission moyen basé sur les années 2013 et 2014 est utilisé. Pour les années

antérieures à 2004, un facteur d'émission moyen est calculé en se basant sur les facteurs d'émission des années 2005 à 2012 (périodes Kyoto 1 et 2).

Production de polyéthylène (basse et haute densité)

La méthode appliquée pour le secteur de la production de polyéthylène (basse et haute densité) est de rang GIEC 3.

Les activités proviennent pour certaines années des statistiques fournies par l'UIC [118] et pour d'autres, des statistiques du SPMP [115] ainsi que des déclarations annuelles des rejets [19].

Emissions de CO_2

Des émissions de CO_2 sont considérées depuis la mise en œuvre d'un oxydateur sur un site en 2012. Ces émissions proviennent des déclarations annuelles de rejets [19] et sont associées à l'oxydation des COV sur la ligne de polymérisation. Ces émissions sont propres à ce site et le facteur d'émission, qui dépend surtout du système de traitement, est confidentiel et n'est pas applicable à l'ensemble du secteur.

Production de polychlorure de vinyle (PVC)

La méthode appliquée pour le secteur de la production de PVC est de rang GIEC 2.

Les activités proviennent pour certaines années des statistiques fournies par l'UIC [118] et pour d'autres, des statistiques du SESSI et du SPMP [53, 115] ainsi que des déclarations annuelles des rejets [19].

Emissions de CO_2

Certains sites de production de PVC déclarent des émissions de CO_2 procédés liées à l'utilisation de peroxydes organiques.

Pour les années 2013 et suivantes, les facteurs d'émission sont calculés à partir des déclarations annuelles des émissions [19]. Pour les années 2004 à 2012, les facteurs d'émission sont calculés à partir des déclarations de rejets et/ou des émissions recalculées par site à partir des derniers facteurs d'émission disponibles.

Le facteur d'émission estimé pour 2004 est utilisé pour les années antérieures.

Production de styrène

La méthode appliquée pour le secteur de la production de styrène est de rang GIEC 2.

En 1990, il y avait trois sites de production en France. Depuis 2010, il n'en reste plus qu'un. Les activités proviennent du SESSI [53] jusqu'en 1990 et directement des déclarations annuelles de rejets des industriels [19] pour les années suivantes. Les activités des années pour lesquelles les données ne sont pas disponibles sont estimées par interpolation des années connues.

Emissions de CH_4

Des émissions de CH_4 sont considérées pour la production de styrène. Un facteur d'émission moyen est déterminé à l'échelle nationale à partir des lignes directrices du GIEC 2006 [379], des niveaux d'activité définis dans les statistiques du SESSI [53] et les déclarations annuelles de rejets des industriels [19]. Les productions et facteurs d'émission sont confidentiels.

Production d'anhydride phtalique

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'anhydride phtalique est de rang GIEC 3.

Le seul site producteur d'anhydride phtalique en France a cessé son activité en 2014. Les productions (données confidentielles) et les émissions proviennent des déclarations annuelles [19].

Emissions de CO_2

Les facteurs d'émissions sont calculés à partir des émissions de CO_2 disponibles dans les déclarations annuelles de rejets des industriels [19] à partir de 2004. Le facteur d'émission de cette année est utilisé pour déterminer les émissions des années antérieures.

Les productions et facteurs d'émission sont confidentiels.

4.3.2.8 Productions d'halocarbures, NF_3 et SF_6 (2B9)

La méthode appliquée est de rang GIEC 3.

Les HFC et PFC produits sont émis en partie de manière fugitive ou canalisée.

L'autre partie provient de l'émission des réactions de sous-produits générés par l'activité initiale :

- La production d'HCFC-22 est à l'origine d'émissions de HFC-23,
- La fabrication d'acide fluoré engendre des sous-produits (notamment HFC-125 et CF_4).

La transformation du fluor engendre des émissions de SF_6.

Les émissions sont communiquées directement par les sites de production [50] et les déclarations annuelles de rejets [19].

4.3.2.9 Autres (2B10)

Production d'éthylène - propylène

La méthode appliquée est de rang 2 et plus (par extrapolation) du fait de la prise en compte de données spécifiques aux installations.

Combustion dans les fours de vapocraquage : Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [19] permettent une estimation fine des émissions de la combustion quelques substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique. Les combustibles gazeux considérés correspondent aux déchets industriels gazeux, gaz de pétrochimie et autres combustibles gazeux (respectivement NAPFUE 307, 308 et 314).

Les émissions des substances liées à la combustion sont estimées.

Procédés : Le niveau de production national de l'éthylène et du propylène est issu des communications des exploitants auprès du CITEPA entre 1990 et 2005 [50] et des déclarations annuelles [19] après 2005.

Les procédés de vapocraquage génèrent des émissions de CO_2 (très faibles), de CH_4 et de COVNM.

Emissions de CO_2

Combustion fours : Les émissions de CO_2 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les facteurs spécifiques déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19], notamment afin d'assurer la cohérence des données retenues pour l'inventaire avec celles déclarées au titre du SEQE, basées sur des mesures spécifiques. Lorsque l'exploitant ne déclare pas de facteurs spécifiques, une moyenne du facteur d'émission par combustible et par site ou les valeurs nationales (par combustible) (cf. section générale énergie) sont appliquées.

Procédés : Un site de production déclare des émissions très faibles de CO_2 liées au procédé depuis 2008 [19]. Pour les années antérieures, le FE CO_2 recalculé pour l'année 2008 est appliqué.

Emissions de CH_4

Combustion fours : Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH_4 sont déterminées au moyen des facteurs d'émission par défaut relatifs à chaque combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

Procédés : Les émissions de CH_4 sont déterminées à l'aide d'un facteur d'émission, recalculé à partir du facteur d'émission de COVNM national et du ratio des facteurs d'émission de CH_4 et COVNM issus des lignes directrices du GIEC 2006 [705].

Emissions de N_2O

Combustion fours : Sur l'ensemble de la période, les émissions de N_2O sont déterminées au moyen des facteurs d'émission par défaut relatifs à chaque combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

Procédés : Aucune émission de N_2O n'est attendue.

Production de H_2

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'hydrogène est de rang GIEC 2 (par assimilation) jusqu'en 2006 puis rang 3 à partir de 2007.

Jusqu'en 2006, le niveau de production d'hydrogène était disponible dans les statistiques nationales [53]. A partir de 2007, les données de production utilisées proviennent des déclarations des sites de production [19].

Par ailleurs, les consommations de gaz naturel (à usage non énergétique) sont, à partir de 2007, calculées à l'aide des émissions déclarées par les exploitants et d'un facteur d'émission national. Pour les années antérieures, les consommations de gaz naturel sont calculées à partir du niveau de production et d'un facteur d'émission national.

Emissions de CO_2

Jusqu'en 2006, les émissions de CO_2 sont estimées à partir des consommations non énergétiques de gaz naturel en considérant que l'ensemble du carbone entrant dans le procédé sous forme de gaz naturel est émis sous forme de CO_2 et en utilisant un facteur d'émission national (cf. section générale énergie).

A partir de 2007, les émissions de CO_2 proviennent des déclarations des sites de production [19].

La cohérence temporelle est vérifiée en comparant les FE CO_2 recalculés depuis 2007 à partir des données des exploitants avec les FE CO_2 nationaux pour le gaz naturel.

Production de $TiCl_4$

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'hydrogène est de rang GIEC 2 (par assimilation) jusqu'en 2005 puis rang 3.

Les données de production utilisées proviennent, selon les années, de communications [50] ou des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Il est à noter que, selon les règles du secret statistique, le niveau de production de ces activités est confidentiel.

Emissions de CO_2

A partir de 2006, les émissions de CO_2 proviennent des déclarations des sites de production [19]. Pour les années antérieures, les émissions de CO_2 sont estimées à l'aide du facteur d'émission déduit pour l'année 2006.

Production d'UF_4

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'UF_4 est de rang GIEC 3.

Depuis 1990, les données de production utilisées proviennent, selon les années, de communications [50] ou des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, un report du niveau de production de 1990 est effectué. Il est à noter que, selon les règles du secret statistique, le niveau de production de cette activité est confidentiel.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O proviennent selon les années de communications [50] ou des déclarations des sites de production [19].

Production de N_2O

La méthode appliquée pour le secteur de la production de N_2O est de rang GIEC 3.

Les données de production utilisées proviennent, selon les années, de communications [50] ou des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Il est à noter que, selon les règles du secret statistique, le niveau de production de ces activités est confidentiel.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O proviennent, selon les années, de communications [50] ou des déclarations des sites de production [19].

Torches dans l'industrie chimique

La méthode appliquée pour le secteur des torchères dans l'industrie chimique est de rang GIEC 2 jusqu'en 2012 et de rang GIEC 3 depuis 2013.

Les activités et les émissions des torches (depuis 2012) sont issues des déclarations annuelles des exploitants [19]. La plupart des torchères prises en compte individuellement sont celles présentes sur des installations chimiques soumises au système d'échange de quotas d'émissions (SEQE).

La quantité de gaz torchés avant 2012 est recalculée à partir des données de production de chaque site : les émissions et activités sont déterminées pour les années les plus récentes, puis rétropolées jusqu'en 1990 (1960 pour le CO_2) en indexant l'activité des torches avec les productions connues.

Emissions de CO_2

A partir de 2012, les facteurs d'émission de CO_2 sont déterminés à partir des quantités de gaz torchés et des données d'émissions [19].

Pour les années antérieures à 2012, les émissions sont déterminées site par site via la moyenne des facteurs d'émission des années 2012 et 2013.

Emissions de CH_4 et N_2O

A partir de 2012, les facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O sont déterminés à partir des quantités de gaz torchés et des données d'émissions [19]. Si un site ne présente aucune donnée pour une année, un facteur d'émission est déterminé à partir des années connues [19]. Si aucune valeur n'est disponible pour la période, les valeurs moyennes des facteurs d'émission des sites ayant une activité similaire sont utilisées. A défaut, les facteurs d'émission par défaut des lignes directrices du GIEC 2006 [397] sont appliqués.

Pour les années antérieures à 2012, les émissions sont déterminées site par site via la moyenne des facteurs d'émission des années 2012 et 2013.

Utilisation de carbonates dans l'industrie chimique

La méthode appliquée pour l'utilisation de carbonates dans l'industrie chimique est de rang GIEC 3.

Une quinzaine de sites industriels chimiques utilisent de la castine ou une matière carbonée (calcaire par exemple) pour le traitement des fumées engendrant des émissions de CO_2.

L'activité retenue correspond à la consommation de matière carbonée des sites.

Les consommations de matière carbonée sont connues via les déclarations annuelles de polluants [19] au mieux à partir de 2003 (selon les sites). Pour les années antérieures, les consommations de matière carbonée sont, soit déduites du facteur d'émission et des émissions de CO_2 connues liées à la décarbonatation [19], soit la valeur de la production de la dernière année disponible est reportée.

Emissions de CO_2

Quinze sites industriels chimiques utilisent de la castine ou une matière carbonée (calcaire par exemple) pour le traitement des fumées engendrant des émissions de CO_2.

Les émissions nationales sont déterminées à partir des éléments suivants :

Si les données d'émission sont disponibles pour un site de production via les déclarations annuelles [19], alors ses données d'émission sont utilisées.

Dans le cas contraire, la dernière année d'émission disponible d'un site est reportée jusqu'à la date de mise en service du site.

Production d'autres produits organiques n'entrant pas dans une catégorie citée

La méthode appliquée pour le secteur de la production d'autres produits organiques n'entrant pas dans une catégorie citée est de rang GIEC 2.

Plus d'une cinquantaine de sites, dont certains sont de petits émetteurs, n'entrent pas dans les activités précitées et sont répertoriés dans cette catégorie. Les activités étant très diverses (i.e. élastomère, etc.), les émissions sont rapportées sur une production fictive.

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission provenant de sources diverses parfois confidentielles, des statistiques fournies par l'UIC [118] et des déclarations annuelles de rejets [19].

A partir de 2004, les déclarations sont de plus en plus exhaustives. Cependant, la complexité réside dans la détermination des diverses productions ce qui induit une incertitude supérieure au résultat par activité comparée à l'incertitude globale attachée au secteur.

Emissions de CO_2

Pour le reste de la chimie organique, certains sites émettent du CO_2, en fonction de leurs procédés et caractéristiques. Pour les années 2013 et suivantes, les facteurs d'émission sont calculés à partir des déclarations annuelles des émissions [19]. Pour les années 2004 à 2012, si les émissions ne sont pas fournies, les facteurs d'émission sont calculés à partir des déclarations de rejets et/ou des émissions recalculées par site à partir des derniers facteurs d'émission disponibles. Entre 1998 et 2004, les émissions de CO_2 sont calculées en considérant le même taux d'évolution que pour les COV. En effet, l'UIC fournit une estimation des émissions annuelles de COV pour la chimie entre 1998 et 2004 [331].

Avant 1998, c'est la valeur des émissions de cette année qui est reportée.

Emissions de N_2O

Les données d'émission de N_2O proviennent directement des déclarations annuelles des industriels [19] à partir de 2004. Entre 1998 et 2004, les émissions de N_2O sont également calculées en considérant le même taux d'évolution que pour les COV (enquête de l'UIC, [331]) et entre 1990 et 1997, la valeur des émissions de 1998 est reportée.

4.3.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2B).

L'incertitude moyenne sur le secteur 2B est de :

- 3% pour l'activité et 6% pour le facteur d'émission, pour le CO_2,
- 3% pour l'activité et 100% pour le facteur d'émission, pour le CH_4,
- 7,5% pour les émissions de N_2O (mesure directe),
- 2% pour l'activité et 10% pour le facteur d'émission pour les HFC et PFC,
- 30% pour l'activité et 30% pour le facteur d'émission pour le SF_6.

Pour les émissions de N_2O, l'incertitude provient de mesures directes et des quotas du secteur [Règlement 601-2012 - annexe 8 - tableaux 1 et 2]. Pour les autres valeurs, les incertitudes sont basées sur l'avis des experts sectoriels.

La cohérence temporelle des séries est respectée, les données provenant des déclarations des exploitants utilisées pour les années récentes étant également prises en compte pour rétropoler les séries pour les années plus lointaines lorsque cela s'avère nécessaire.

Des contacts avec certains industriels permettent aussi d'obtenir des données pour les années antérieures aux déclarations. Dans tous les cas, les années manquantes sont complétées en s'appuyant sur les données disponibles (typiquement soit un facteur d'émission moyen est calculé, soit le plus ancien facteur d'émission connu est reporté sur les années antérieures, soit une évolution linéaire est calculée entre deux années connues éloignées dans le temps).

Ceci permet de s'assurer qu'il n'y a pas de rupture brusque dans les séries lorsque les données relatives à certaines années ne sont pas disponibles.

4.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les émissions obtenues dans les déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) puis validées par le Ministère chargé de l'Ecologie (MTES).

Des éléments spécifiques à certains secteurs sont présentés ci-dessous.

Les secteurs de la production d'acide adipique, d'acide nitrique, de noir de carbone et d'hydrogène étant entrés en 2013 dans le système d'échange de quotas de gaz à effet de serre, les données déclarées par les sites de production de ces secteurs sont également contrôlées par un organisme vérificateur agréé.

Acide adipique : les émissions de N_2O communiquées par le site sont estimées conformément au référentiel de Bonnes Pratiques approuvé par l'AFNOR NP X 30-330.

Acide glyoxylique : les émissions de N_2O déclarées par les 2 sites sont estimées conformément au référentiel de Bonnes Pratiques approuvé par l'AFNOR NP X 30-332.

Acide nitrique : en 2002, les industriels ont adopté un référentiel de bonnes pratiques approuvé par l'AFNOR pour estimer les émissions de N_2O des ateliers de fabrication d'acide nitrique. Il a été vérifié que les données d'activité sont bien déclarées en 100% HNO_3.

Production de gaz fluorés : les facteurs d'émission des différents producteurs français ont été comparés entre eux et a mis en évidence une cohérence entre chaque site. De plus, le facteur d'émission de HFC-23 du producteur français de HCFC-22 a comparé avec ceux proposés dans les lignes directrices du GIEC 2006 et se situe effectivement dans la gamme proposée pour la catégorie *Usine avec capture et destruction de HFC-23*.

Production de gaz fluorés : la France a participé en 2013/2014 à des échanges de revue bilatérale avec l'Allemagne sur l'inventaire des émissions de gaz fluorés. Lors de ces échanges, de multiples questions ont été posées concernant les grands principes de l'inventaire (complétude, cohérence, transparence). Ainsi, les principes d'assurance qualité ont été contrôlés à travers cette revue croisée.

Production de gaz fluorés : le CITEPA contrôle chaque année s'il y a de nouveaux sites producteurs de gaz fluorés en France à partir du registre déclaratif français [19] pour assurer l'exhaustivité des émissions des industriels.

4.3.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2B

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	36 909	34 826	21 530	16 045	14 667	14 120	12 608	10 693	8 903	7 857	7 410	7 297	7 937	8 031	7 670	
Nouveau	kt CO2e	36 909	34 827	21 531	16 047	14 669	14 121	12 608	10 693	8 903	7 857	7 409	7 297	7 937	8 031	7 672	8 664
Différence	kt CO2e	+0,27	+1,1	+1,5	+1,6	+1,3	+0,60	-0,30	+0,014	-0,55	-0,17	-0,18	-0,27	+0,11	+0,28	+2,4	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	+0%	-0%	-0%	-0%	-0%	+0%	+0%	+0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

4.3.5.1 Production de dérivés pétrochimiques et noir de carbone (2B8)

Description du recalcul

Les émissions de CO_2 d'un site de production ont été réparties entre deux types de procédés, augmentant les émissions dans la rubrique 2B8 et diminuant les émissions dans la rubrique 2B10.

Raison et justification

Amélioration de la comparabilité.

4.3.5.2 Autres (2B10)

Description du recalcul

Les émissions de CO_2 d'un site de production ont été réparties entre deux types de procédés, augmentant les émissions dans la rubrique 2B8 et diminuant les émissions dans la rubrique 2B10.

Les émissions de CH_4 et N_2O liées au torchage sur des sites de production en chimique organique ont été corrigées, augmentant légèrement les émissions.

Les émissions en CH_4 et N_2O de certains sites ont été corrigées sur la période 2004-2017 modifiant les émissions de la rubrique 2B10.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude et de la comparabilité.

4.3.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration sectorielle n'est prévue.

4.4 Métallurgie (CRF 2C)

4.4.1 Caractéristiques de la catégorie

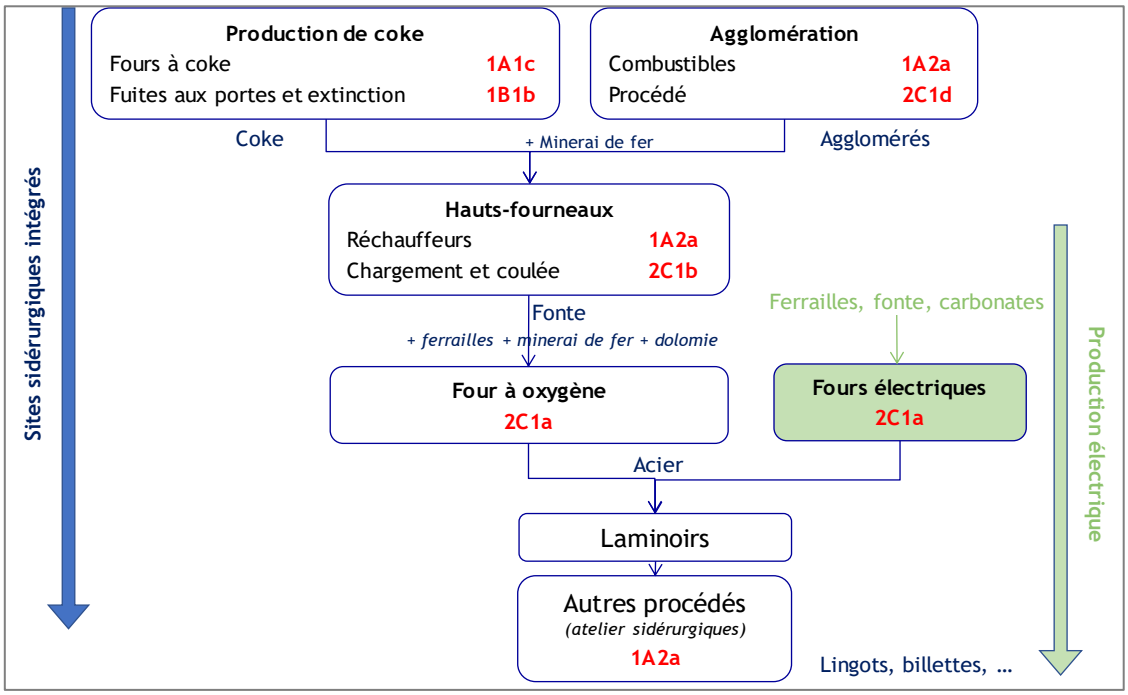
Cette catégorie regroupe la production de fonte et d'acier, de ferroalliages, d'aluminium primaire, de zinc et les fonderies de magnésium. Les principales émissions engendrées sont le CO_2, les PFC et le SF_6.

4.4.1.1 Procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier (2C1)

En 2017, ces procédés constituent la 27ème catégorie clé (0,5%) en termes de niveau d'émission (CO_2) hors UTCATF, et la 37ème catégorie clé pour sa contribution à l'évolution des émissions (0,5%) hors UTCATF.

Les activités traitées dans cette section concernent une partie des ateliers sidérurgiques, dans la limite de la partie non énergétique.

Figure 81 : Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs CRF de l'inventaire

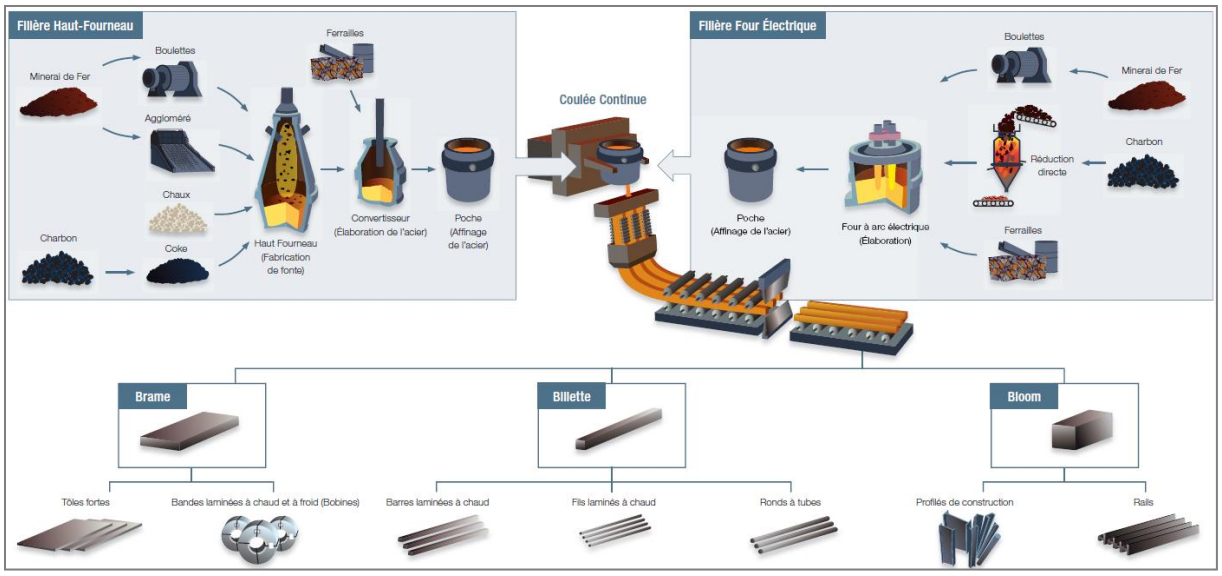


Les activités couvertes par cette section sont :

- les chaînes d'agglomération,
- les hauts-fourneaux (chargement et coulée),
- les convertisseurs à oxygène,
- les aciéries électriques,
- les laminoirs.

Pour information, la production de ferroalliages est traitée dans la section « 2C2 - ferroalloys ».

Le procédé de production sidérurgique est rappelé ci-dessous.



Source : acier.org

➢ *Agglomération*

La **chaîne d'agglomération** : le minerai de fer est broyé et calibré en grains qui s'agglomèrent entre eux. L'aggloméré obtenu est concassé puis chargé dans le haut fourneau avec du coke. Le coke est un combustible résidu solide issu de la distillation de la houille. Une distinction est faite entre les émissions liées à la combustion lors du processus d'agglomération qui s'effectue à chaud avec utilisation d'énergie fossile, traitées dans la section « 1A2a - iron and steel » et les émissions issues notamment de la consommation de matières utilisées (castine et minerai de fer).

➢ *Hauts-fourneaux*

Les **hauts-fourneaux** produisent de la fonte à partir du fer extrait du minerai (l'aggloméré) et du coke. Ces deux produits sont introduits par le haut du haut-fourneau. L'air chaud (1 200°C) insufflé à la base du haut-fourneau provoque la combustion du coke. L'oxyde de carbone formé réduit les oxydes de fer pour isoler le fer. La chaleur dégagée par la combustion fait fondre le fer. Le mélange obtenu est la fonte. Les résidus formés (laitier) sont exploités par d'autres industries : construction de routes, cimenterie, etc. L'opération qui se déroule dans les hauts-fourneaux est consommatrice d'énergie fossile. Le processus de fabrication comprend, d'une part, la combustion d'énergie fossile (essentiellement du gaz de haut fourneau) aux régénérateurs ou cowpers également appelés « réchauffeurs », qui s'apparente à une combustion sans contact et, d'autre part, des procédés non énergétiques tels que le chargement (code SNAP 040202) et la coulée au niveau du haut-fourneau (code SNAP 040203). La présente section traite de la partie non énergétique du procédé, tandis que la partie relative à la combustion est traitée dans la section « 1A2a - iron steel ».

➢ *Convertisseurs à oxygène et aciéries électriques*

L'élaboration des **aciers** conduit à des traitements particuliers effectués, soit dans les usines sidérurgiques, soit dans des usines distinctes à partir de fonte, d'ajouts de diverses substances et dans des conditions de fonctionnement particulières (température, atmosphère, etc.). Différents procédés sont utilisés pour la fabrication de l'acier : les **fours à oxygène** dans lesquels de l'oxygène est injecté (code SNAP 040206) et les **fours électriques** (code SNAP 040207). Les émissions relatives à ces procédés sont traitées dans la présente section.

➢ *Autres ateliers*

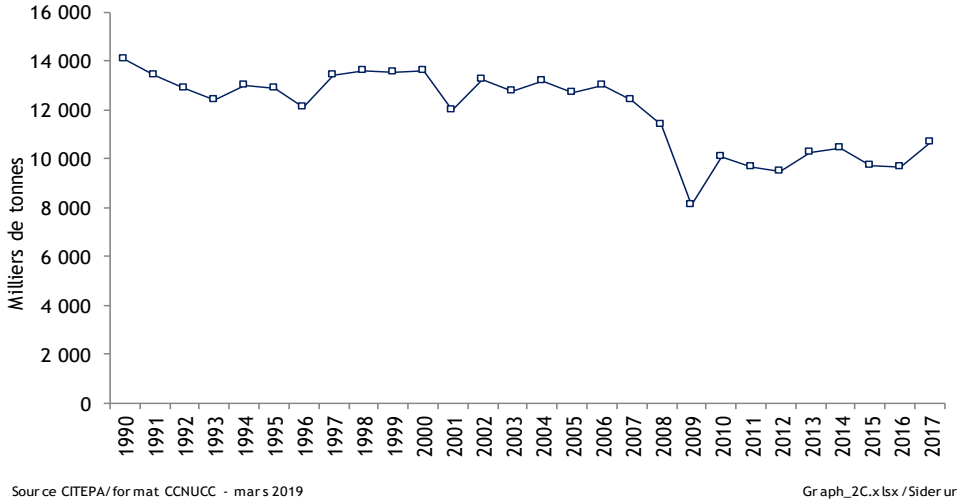
Les **fours de réchauffage** et les laminoirs permettent de mettre en forme le métal (bandes, lingots, billettes, fils, poutres, etc.). Ces opérations sont consommatrices d'énergie et sources d'émissions diffuses, notamment de COVNM. La partie relative à la combustion est traitée dans la section « 1A2a - iron steel ».

Actuellement, deux sites intégrés de production d'acier sont en activité (présence du haut-fourneau, du convertisseur à oxygène, et de laminoirs), un site ayant fermé ses hauts-fourneaux et le four à oxygène en octobre 2011. Certains sites disposent d'une ou plusieurs activités spécifiques (hauts-fourneaux par exemple) sans posséder toute la chaîne de production d'acier.

Quatre chaînes d'agglomération existent en France actuellement. Trois hauts-fourneaux dont deux au sein des sites intégrés sont encore en fonctionnement. Ces deux sites comptent les deux convertisseurs à oxygène encore présents sur le territoire français. Une vingtaine d'aciéries électriques existe en France. Les laminoirs étaient au nombre de 70 en 2000 selon l'enquête EACEI (d'après les codes NAF 272 et 273 (sauf 273J)).

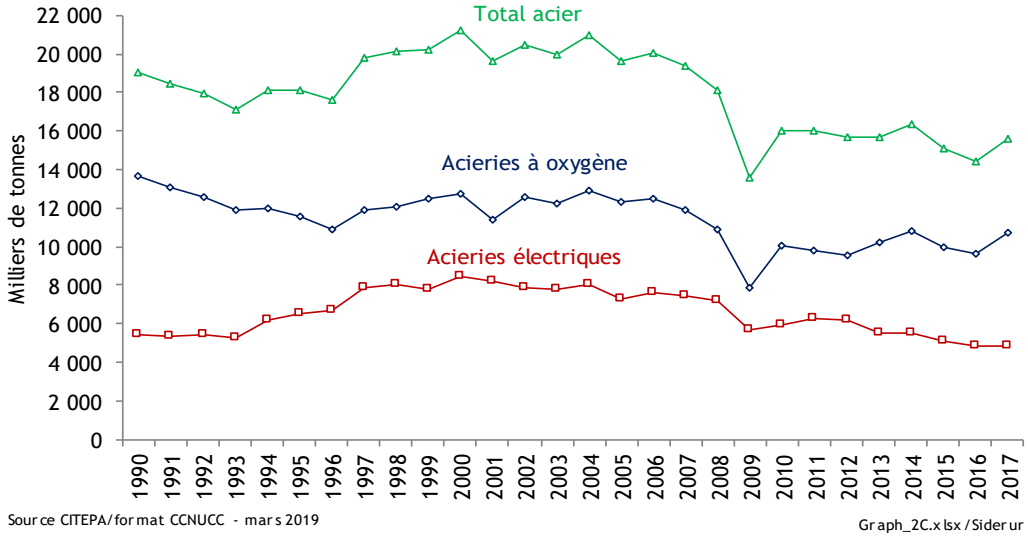
La production de fonte brute est relativement stable depuis 1990 avec cependant une chute depuis 2008 due à la crise économique. A partir de 2010, une légère reprise est constatée.

Figure 82 : Production de fonte brute en France (périmètre Kyoto)



La production d'acier selon la filière électrique (cf. figure ci-dessous) a augmenté de 55% entre 1990 et 2000, année de la plus forte production enregistrée avec 8,5 Mt. Depuis 2004, la production décline, avec une forte baisse entre 2008 et 2009 (-21%), suite à la crise économique. A partir de 2010, la production repart légèrement à la hausse. La filière électrique représente 31% de la production totale d'acier en 2017 contre 29% en 1990.

Figure 83 : Production d'acier en France - périmètre Kyoto



4.4.1.2 Production de ferroalliages (2C2)

Ce secteur n'est pas une catégorie clé en 2017.

- Ferroalliages (hors ferrosilicium)

Les ferroalliages sont constitués de fer allié à d'autres métaux tels que le manganèse, le chrome ou le nickel. Les matières entrantes subissent un procédé de réduction, grâce à l'apport d'agents réducteurs tels que le coke ou le charbon. Deux types de technologies sont utilisées en France :

- les fours électriques, présents depuis 1978.
- les hauts-fourneaux, présents jusqu'en 2003.

Il subsiste deux sites en activité en métropole (procédé électrique) et deux en Nouvelle-Calédonie (procédé électrique). Les sites présents en Nouvelle-Calédonie (périmètre CCNUCC) utilisent du charbon et non du coke pour le procédé de réduction.

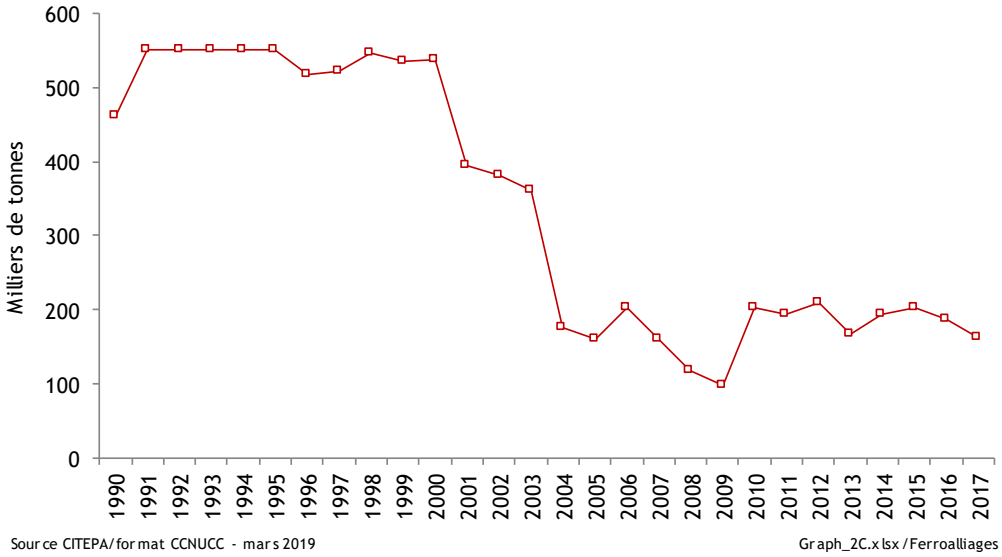
- Ferrosilicium

Certains procédés de la production de silicium, ferrosilicium et silico-alliages, sont à l'origine d'émissions de CO_2 du fait de l'utilisation d'agents réducteurs. La production est réalisée par électrométallurgie dans des fours à arc électrique. La réaction globale est une réaction de carboréduction ($SiO_2 + C \rightarrow Si + CO_2$), avec des réactions intermédiaires conduisant à la formation de SiC, de SiO. En pratique, le silicium est introduit sous forme de morceaux de silice mélangé à des réducteurs tels que le bois, le charbon de bois, la houille, le coke de pétrole.

Cette section concerne uniquement les émissions de procédé de CO_2 et CH_4 de la production de silicium, ferrosilicium et silico-alliages du fait de l'utilisation d'agents réducteurs. Les émissions de CO_2 biomasse ne sont pas rapportées pour cette section car hors périmètre mais les consommations d'agents réducteurs biomasse sont déduites du solde du bilan de l'énergie (cf. section 1A2b).

Les parties relatives à la combustion des installations de production de silicium, ferrosilicium et silico-alliages, sont traitées dans la section 1A2b relative à la combustion d'énergie de l'industrie manufacturière.

Figure 84 : Production de ferroalliages en France (périmètre Kyoto)



4.4.1.3 Production d'aluminium (2C3)

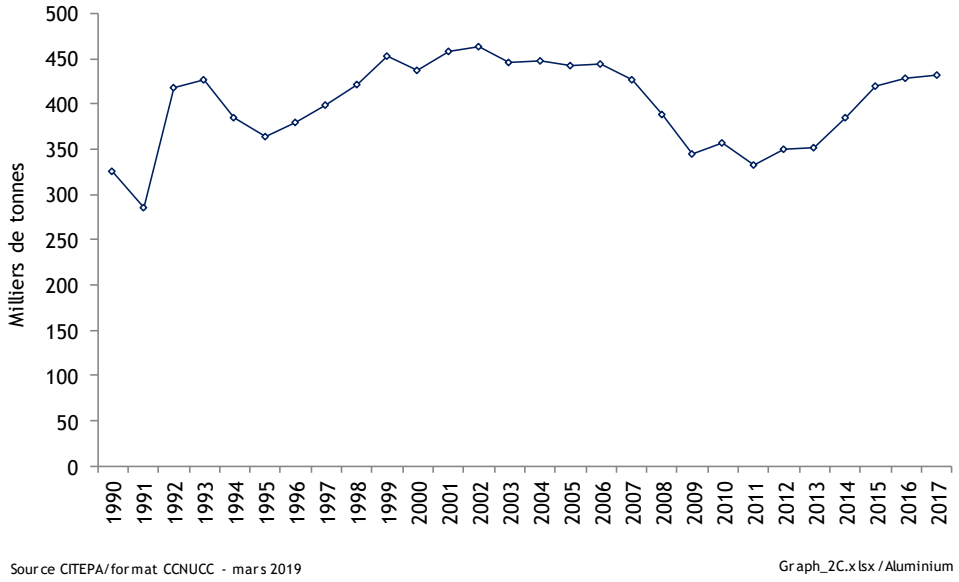
En 2017, la production d'aluminium primaire est la 17ème catégorie clé (1,4%) pour sa contribution à l'évolution des émissions (PFC). L'aluminium primaire est obtenu par électrolyse de l'alumine dans un bain de cryolithe (contient du fluor) qui constitue la cathode, et des anodes en carbone. Deux types de technologies existent :

- la plus ancienne, dénommée SWPB (side-worked pre-baked, ou piquage latéral) correspondant à une alimentation mécanisée sur les côtés de la cuve d'électrolyse,
- la plus récente, dénommée CWPB (centre-worked pre-baked, ou piquage central) correspondant à une alimentation ponctuelle automatique au centre de la cuve.

La technologie CWPB est moins émettrice de PFC car elle limite les effets d'anode à l'origine des émissions, et permet la mise en place de système de captage et de traitement des rejets. L'effet d'anode se produit lorsque l'alumine vient à manquer dans le bain de cryolithe. En 1990, 39% de la production était réalisée par des sites CWPB (2 sites), contre 100% depuis 2008.

Depuis 2008, il ne reste plus que deux sites de production en France, contre 8 en 1991. Les faibles productions d'un centre de recherche à proximité d'un site sont déclarées séparément depuis 2014. La figure suivante présente l'évolution de la production.

Figure 85 : Production d'aluminium par électrolyse en France (périmètre Kyoto)



4.4.1.4 Production de magnésium (2C4)

La production de magnésium n'est pas une catégorie clé.

Le procédé utilise la dolomie ($CaMg(CO_3)_2$) comme matière première ce qui engendre des émissions de CO_2 sous l'effet de la chaleur (décarbonatation).

Un seul site de production de magnésium existe en France. Il a fermé en 2002.

Ce site utilise la dolomie ($CaMg(CO_3)_2$) comme matière première qui va engendrer des émissions de CO_2 sous l'effet de la chaleur (décarbonatation).

4.4.1.5 Production de zinc (2C6)

La production de zinc n'est pas une catégorie clé.

Au cours de la production de zinc, première et seconde fusions, certains procédés sont émetteurs de CO_2 du fait de l'utilisation de carbonates et d'agents réducteurs, notamment pour la neutralisation d'acides divers. Des minerais concentrés de sulfure de zinc et des concentrés issus de l'industrie métallurgique riches en zinc sont également utilisés. Ils peuvent contenir des traces de carbone sous la forme graphite ou carbonate. Lors du grillage du minerai, la part carbone du minerai émet du CO_2, soit par combustion du graphite, soit par décomposition du carbonate.

Les parties relatives à la combustion des installations de production de zinc, première et seconde fusion, sont traitées dans la section 1A2b relative à la combustion dans l'industrie.

4.4.1.6 Autres (2C7)

Cette catégorie concerne les autres secteurs de la métallurgie émetteurs de gaz à effet de serre au cours du procédé, en particulier la production de magnésium et la production de silicium. En 2016, la production de magnésium est la 50ème catégorie clé (0,3%) en termes d'évolution des émissions (SF_6).

- ***Production de magnésium***

Cette section s'intéresse aux seules émissions de SF_6 et HFC de cette activité ainsi qu'aux émissions de CO_2 engendrées lors de la décarbonatation de dolomie pour produire le magnésium. Les autres émissions en rapport avec l'utilisation de l'énergie sont traitées dans la section combustion d'énergie de l'industrie manufacturière.

a/ Première fusion

Voir descriptif en section 1A2b relative à la combustion d'énergie.

Le SF_6 était utilisé comme gaz inertant pour la production de magnésium notamment, en raison de la complexité du procédé. Un seul site de production de magnésium de première fusion a fonctionné jusqu'en 2001 et a transmis ses consommations de SF_6 [222].

Il y avait donc des émissions de SF_6 dues à des fuites lors de la production [222].

Le procédé de fabrication utilise la dolomie ($CaMg(CO_3)_2$) comme matière première ce qui engendre des émissions de CO_2 sous l'effet de la chaleur (décarbonatation).

L'activité retenue correspond à la quantité de dolomie consommée par l'unique site producteur jusqu'en 2002. Ces données sont confidentielles.

b/ Seconde fusion

Outre le site précédemment évoqué après transformation, il existe également d'autres sites de production de magnésium de seconde fusion qui utilisent aussi le SF_6 comme gaz inertant. Depuis 2009, du HFC-134a est utilisé sur un site en complément et substitution du SF_6.

- ***Décarbonatation dans les fonderies de fonte***

Ce paragraphe permet d'introduire la méthode de calcul des différentes sources émettrices de CO_2 en termes de décarbonatation dans les fonderies de fonte.

Quatre sites de fonderie de fonte déclarent des émissions de CO_2 liées à l'utilisation de produits carbonés : castine, chaux, carbure de silicium, etc., qui servent de fondants.

4.4.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

4.4.2.1 Procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier (2C1)

Les productions nationales des différents ateliers sidérurgiques sont fournies par différentes sources : les déclarations annuelles [19], la fédération professionnelle [27] et le SESSI [53].

Les facteurs d'émission sont calculés d'après les informations relatives aux différents sites [19, 50] et aux caractéristiques des matières et procédés [27].

Il convient de noter que la distinction entre les émissions liées à la combustion (1A2a) et les émissions liées au procédé (2C1) est réalisée en fonction de l'atelier sidérurgique.

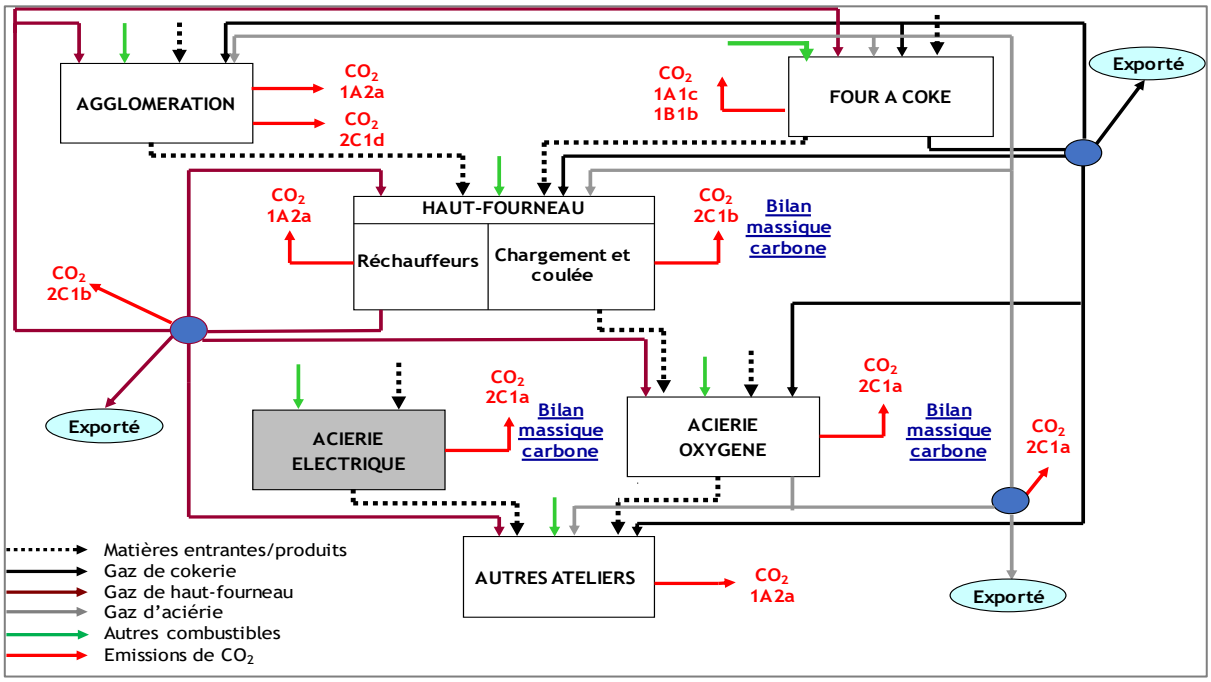
La fédération professionnelle fournit un bilan des consommations et productions « Energies et matières » par atelier [27] jusqu'en 2013.

Par exemple, l'atelier de production de fonte (le haut-fourneau) utilise du coke et des charbons comme réducteurs (matières premières) et des combustibles liquides et gazeux pour réchauffer l'air injecté à la base du haut-fourneau qui provoque la combustion des matières premières. Des gaz de haut-fourneau issus de la transformation des matières premières sont produits et sont en partie réutilisés comme combustibles au sein du site intégré. Les émissions associées sont donc comptabilisées en combustion. Les émissions des gaz de haut-fourneau non valorisés et issues de la transformation des matières premières sont comptabilisées en procédé. La distinction est réalisée de différentes façons selon les substances considérées (cf. sections dédiées aux émissions par polluant). A partir de 2014, les données fournies par la fédération professionnelle [27] ne sont plus disponibles. Afin d'estimer les consommations de combustible pour chaque type de production (pour les ateliers : agglomération, hauts-fourneaux, convertisseurs à oxygène, aciérie électrique, autres ateliers), une estimation de la consommation totale de combustibles par atelier est réalisée à partir de la production (par type d'atelier) et d'un ratio moyen entre la consommation totale et la production, basé sur les années connues. Une répartition moyenne des consommations par type de combustible, basée sur les années connues, est appliquée à la consommation totale afin d'obtenir les consommations par combustible. Lorsque les productions individuelles des sites connus sont disponibles, elles sont utilisées [19].

Emissions de CO_2

La variation annuelle du facteur d'émission de CO_2 s'explique principalement par le taux très variable de valorisation des gaz sidérurgiques selon les années qui impacte directement les émissions finales.

Figure 86 : Schéma de répartition des flux de combustibles et matières des installations sidérurgiques et des émissions de CO_2 associées



➢ *Agglomération de minerai*

Il existe actuellement quatre chaines d'agglomération en France, une cinquième ayant été arrêtée fin 2011. Toutes utilisent de la *castine* comme fondant dans le procédé (les émissions de CO_2 proviennent de la décarbonatation de la castine). La matière première principale est le *minerai de fer*, qui peut contenir une faible quantité de carbone (élaboration d'agglomérés de minerai de fer pour la production de fonte puis d'acier dans les usines sidérurgiques intégrées, ou élaboration d'agglomérés divers (ferromanganèse par exemple)).

Les données de production *d'agglomérés* et de consommation de *castine* de ces sites, ainsi que les émissions associées, sont connues à la fois grâce aux déclarations annuelles de polluants [19] et aux bilans de la fédération professionnelle [27] depuis 2000. Avant cette date, faute de données, les consommations en castine sont déduites de la production d'agglomérés qui est connue. Les émissions de CO_2 sont calculées à partir du coefficient stœchiométrique de la castine (440 kg CO_2 / tonne de castine utilisée).

La quantité totale de *minerai de fer* consommée dans l'atelier d'agglomération est calculée à partir d'un ratio de consommation de minerai de fer par tonne d'agglomeré produit et de la production totale d'agglomérés. Le ratio, considéré constant sur toute la série temporelle, provient du document européen BREF du secteur (*BREF Iron and steel* [951]). La teneur en carbone du minerai de fer est issue de la norme NF EN 1964-2 [952].

Un facteur d'émission global pour le CO_2 est calculé sur la base de la somme des émissions de CO_2 issues de la consommation de castine et des émissions de CO_2 issues de la consommation de minerai de fer, divisée par la production totale d'agglomérés.

➢ *Chargement des hauts-fourneaux*

Au chargement et à la coulée du haut-fourneau, les fuites de gaz de haut-fourneau sont en grande partie captées. Toutefois, une partie est perdue. L'hypothèse suivante est retenue : 20% des fuites ont lieu lors du chargement et 80% lors de la coulée [27].

Le facteur d'émission du CO_2 est basé sur le bilan carbone au niveau de l'atelier des hauts-fourneaux :

- *Entrants considérés dans le haut-fourneau* : combustibles (charbon), coke, agglomérés de minerai, minerai de fer.

  Les quantités de *charbon et de coke* et leurs teneurs en carbone respectives sont fournies par la fédération professionnelle [27].

  Pour l'apport en *agglomérés et en minerai de fer*, des ratios de consommation par tonne de fonte produite par le haut-fourneau sont utilisés. Ils sont issus du document *BREF Iron and steel* [951] et sont considérés constants sur toute la série temporelle. Les teneurs en carbone de l'agglomeré de minerai et du minerai de fer proviennent de la norme NF EN 1964-2 [952] et sont considérées constantes sur toute la série temporelle.

- *Sortants considérés pour le haut-fourneau* : fonte, gaz de haut-fourneau.

  Les quantités de *fonte* produites par les hauts-fourneaux et les quantités de *gaz de haut-fourneau* captées et torchées, ainsi que les teneurs en carbone de la fonte et du gaz de haut-fourneau sont fournies par la fédération professionnelle [27].

L'estimation des émissions de CO_2 (émissions fugitives et diffuses de gaz de haut-fourneau) résulte du solde du bilan carbone, en considérant les entrants et sortants mentionnés ci-dessus. Le facteur d'émission de CO_2 évolue en fonction de la quantité de gaz de haut-fourneau capté ou non en fonction des aléas de la production [27]. Un facteur d'émission global est calculé grâce à la production de fonte fournie par la fédération professionnelle. Or, la production nationale de fonte couvre un périmètre d'installations plus large que celui de la fédération professionnelle. Par conséquent, le facteur d'émission calculé sur la base des données de la fédération professionnelle est appliqué à la production nationale de fonte pour obtenir les émissions totales nationales. Le facteur d'émission obtenu est ensuite multiplié par le ratio chargement/coulée mentionné précédemment afin de séparer les émissions à des fins de rapportage.

➢ *Coulée des hauts-fourneaux*

Pour la détermination des émissions de CO_2, la même méthodologie employée pour l'estimation des émissions liées au chargement des hauts-fourneaux est appliquée pour la coulée. Du fait de l'hypothèse de répartition des fuites entre le chargement et la coulée, le facteur d'émission du CO_2 est quatre fois plus élevé pour la coulée que pour le chargement.

➢ *Convertisseurs à oxygène*

De même que pour les hauts-fourneaux, un bilan carbone est réalisé au niveau des convertisseurs à oxygène pour estimer les émissions de CO_2 :

- *Entrants considérés dans le four à oxygène :* fonte, gaz naturel, gaz sidérurgiques (principalement gaz de cokerie), ferrailles, minerai de fer, dolomie.

  Les quantités de *fonte, gaz naturel et gaz sidérurgiques*, et leurs teneurs en carbone respectives sont fournies par la fédération professionnelle [27].

  Pour l'apport en *ferrailles, minerai de fer* et *dolomie*, des ratios de consommation par tonne d'acier produit par le four à oxygène sont utilisés. Ils sont issus des meilleures techniques disponibles du secteur (*BREF Iron and steel* [951]) et sont considérés constants sur toute la série temporelle.

  La teneur en carbone des ferrailles est considérée égale à celle de l'acier [27].

  La teneur en carbone du minerai de fer, considérée constante sur toute la série temporelle, est issue de la norme NF EN 1964-2 [952].

  Enfin, celle de la dolomie provient du GIEC [953] et est considérée constante sur toute la série temporelle.

- *Sortants considérés pour le four à oxygène* : acier, gaz d'aciérie.

  Les quantités d'acier produit et de gaz d'aciérie capté et torché, et leurs teneurs en carbone respectives sont fournies par la fédération professionnelle [27].

L'estimation des émissions de CO_2 (émissions fugitives et diffuses de gaz d'aciérie) résulte du solde du bilan carbone, en considérant les entrants et sortants mentionnés ci-dessus. Le facteur d'émission de CO_2 évolue en fonction de la quantité de gaz d'aciérie captée ou non en fonction des aléas de la production [27].

➢ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission du CO_2 est basé sur le bilan carbone au niveau du four électrique :

- *Entrants considérés dans le four électrique* : ferrailles, fonte, combustibles. Les électrodes, constitutives du four électrique, sont également considérées dans le bilan carbone de l'atelier car elles sont en carbone et émettent du CO_2 lorsqu'elles sont consommées.

  La quantité totale de *ferrailles* consommée est estimée à partir de la production d'acier et d'un ratio de consommation de ferraille par tonne d'acier, provenant du document *BREF Iron and steel* [951], et considéré constant sur toute la série temporelle. La teneur en carbone des ferrailles est considérée égale à celle de l'acier.

  La quantité de *fonte* consommée est calculée sur la base d'un ratio moyen de consommation de fonte par tonne d'acier produit dans le four électrique. Ce ratio, issu des données individuelles relatives au SEQE pour l'année 2015, est appliqué à toute la série temporelle. La teneur en carbone de la fonte est issue de la fédération professionnelle [27].

  Les consommations de *combustibles* et leurs contenus en carbone sont fournis par la fédération professionnelle [27].

  La quantité d'*électrodes* consommée est estimée à partir d'un ratio d'utilisation d'électrodes par tonne d'acier produit par les fours électriques. Ce ratio, considéré constant sur la série temporelle, provient du GIEC [953]. La teneur en carbone des électrodes, également

considérée constante sur la série temporelle, est de 95% et est issue de la fédération professionnelle [27].

- *Sortants considérés pour le four électrique* : acier, gaz d'aciérie.

  La production *d'acier* par four électrique est transmise par la fédération professionnelle [27]. Le *gaz d'aciérie* émis résulte du solde du bilan carbone.

Par ailleurs, certaines aciéries électriques ajoutent également d'autres *matières carbonées* dans leur procédé (par exemple : ferro-chrome carburés, ferro-manganèse carburés, carbone chrome silicié). Les émissions de CO_2 issues de ces matières sont comptabilisées grâce aux déclarations annuelles [19] pour les années pour lesquelles les données sont disponibles. Un facteur d'émission moyen en est déduit et appliqué à la production totale d'acier pour les années pour lesquelles les déclarations annuelles ne sont pas disponibles. La variation du facteur d'émission est due à la variabilité des matières utilisées en termes de nature, de provenance et de teneur en carbone.

Les émissions de CO_2 issues de ces matières carbonées sont ajoutées au solde du bilan carbone décrit ci-dessus, afin d'obtenir les émissions totales de CO_2 liées au procédé de production d'acier par le procédé électrique.

➢ *Autres procédés*

L'analyse des déclarations annuelles d'émission a permis la prise en compte des émissions de CO_2 d'un site de valorisation de résidus métalliques sous forme de ferroalliages. Le procédé est proche d'un four électrique de sidérurgie. Les émissions sont des émissions liées au procédé de fabrication, qui comprend un four électrique constitué d'électrodes en carbone, l'apport d'agents réducteurs (anthracite puis coke) et de résidus métalliques pouvant contenir du carbone. Les émissions de CO_2 sont issues des déclarations annuelles du site [19]. Seules des émissions de CO_2 sont considérées pour ce site.

Emissions de CH_4

Seuls les ateliers « Convertisseurs à oxygène » et « Aciéries électriques » sont considérés comme émetteurs de CH_4.

➢ *Convertisseurs à oxygène*

Le calcul des émissions de CH_4 est effectué sur la base d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP / CORINAIR [17] et de la production d'acier par les convertisseurs à oxygène.

➢ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est calculé sur la base de la production d'acier par les aciéries électriques et des déclarations annuelles à partir de 2006 [19]. Avant 2006, un facteur démission moyen calculé sur les années 2006-2008 est appliqué aux productions des années antérieures.

4.4.2.2 Production de ferroalliages (2C2)

La production nationale de ferroalliages est connue via les déclarations annuelles des sites de métropole [19] à partir de 2005 et par d'autres sources d'information avant 2005 [50][418][958].

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission provenant de données des exploitants [19] [50] et de valeurs par défaut.

La méthode appliquée est de rang GIEC 1/2/3.

Emissions de CO_2

- Ferroalliages (hors ferrosilicium)

Métropole

Pour les procédés électriques, le facteur d'émission du CO_2 est déduit des déclarations annuelles [19] ainsi que de données fournies directement par les exploitants [50] à partir de 2000. Pour chaque site, le facteur d'émission de la dernière année connue est appliqué aux années antérieures. Pour les procédés hauts fourneaux, il n'y a plus d'émissions depuis la fermeture du dernier site en 2003. Pour les années antérieures, le facteur d'émission provient des lignes directrices du GIEC 2006 [959].

Outre Mer (périmètre CCNUCC)

Il existe deux sites en Nouvelle-Calédonie depuis l'ouverture d'une installation en 2013. Les facteurs d'émission sur la période sont calculés à partir des émissions connues pour les années 2005 et 2008 sur un site. Compte tenu du nombre limité de sites, les facteurs d'émission sont confidentiels.

- Ferrosilicium

Depuis 2013 :

Les données d'émissions de procédé et de consommation par réducteur proviennent des déclarations annuelles [19] sous forme de bilan matière. La part des émissions de procédé parmi les émissions totales est déterminée, le solde correspondant à de la combustion.

Entre 2003 et 2012 :

Les émissions de procédé par site sont recalculées à partir des émissions totales déclarées [19] et de la part moyenne des émissions procédé dans les émissions totales sur la période 2013-2015. Les consommations par combustible proviennent des enquêtes statistiques [26] et de recalculs à partir des émissions de procédé par site, de la répartition moyenne des combustibles et des facteurs d'émission spécifiques moyens sur la période 2013-2015.

De 1990 à 2002 :

Les émissions sont estimées à partir des données de consommations, issues des enquêtes statistiques [26] ou reportées de l'année 2003, et des facteurs d'émission moyens sur la période 2013-2015.

Emissions de CH_4

- Ferroalliages (hors ferrosilicium)

Les émissions de CH_4 sont estimées uniquement pour la production de ferrosilicium et d'alliages de silicium [950]. Un seul site a produit du FeSi puis du silicomanganèse. Les données sont confidentielles.

Les émissions de N_2O sont négligées [950].

- Ferrosilicium

Les émissions de CH_4 sont estimées à partir d'une méthodologie Tier 1 et d'un facteur d'émission issu des lignes directrices 2006 [950]. La production n'est pas disponible dans les statistiques sur toute la série temporelle et n'est connue qu'à partir de 2014 pour les 5 sites pris dans le bottom up. La production des années antérieures est estimée à partir des émissions CO_2 et du FE CO_2 moyen des années 2014 à 2016.

4.4.2.3 Production d'aluminium (2C3)

La méthode appliquée est de rang GIEC 3 pour les gaz à effet de serre.

La production d'aluminium primaire est recensée au niveau national dans les statistiques industrielles [53, 223] depuis 1990 et par installation via les déclarations annuelles de rejets dans l'environnement [19] à partir de 2003. Les émissions sont déterminées au moyen de données spécifiques et de facteurs d'émission issus de la profession [19, 222, 742] ou par défaut.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 liées au procédé sont induites par la réaction des anodes en carbone avec l'oxygène généré par l'électrolyse et une réaction secondaire avec l'air. Elles représentent environ 85 % des émissions totales de CO_2 sur un site de production d'aluminium primaire. Une petite partie des émissions de CO_2 provient de la production d'anodes, compte tenu de l'utilisation de coke de pétrole et de brai en tant que matières premières.

Ces émissions sont déterminées sur la base des informations fournies par les producteurs, site par site, dans le cadre du système d'engagement volontaire AERES de 1990 à 2004 [222, 742]. Ces données ont fait l'objet de vérifications externes. A partir de 2005, les données sont obtenues à partir des déclarations annuelles [19] ou communiquées par les exploitants [222].

L'évolution du facteur d'émission de CO_2 est notamment influencée par le nombre et l'intensité des effets d'anode, lorsque l'anode en carbone est consommée prématurément.

Emissions de Gaz fluorés

<u>SF_6</u>

En règle générale, le procédé n'est pas émetteur de SF_6 hormis au niveau des postes électriques dans lesquels ce gaz est utilisé en tant qu'isolant. Dans l'inventaire, ce poste est traité dans la section 2G et par conséquent n'est pas repris ici.

Pour mémoire, indépendamment des postes électriques, le SF_6 a été utilisé en très faible quantité en fonderie par un seul site pendant 3 années. Les émissions marginales afférentes, qui ne dépassent pas 4 kg de SF_6 par an au maximum en 2010, ont été déclarées par l'exploitant [19].

<u>PFC</u>

Les seuls gaz fluorocarbonés émis sont des perfluorocarbures (PFC). La production d'aluminium par électrolyse entraîne des émissions de PFC par effet d'anode, lorsque l'alumine vient à manquer dans la cuve d'électrolyse. Les PFC impliqués sont le CF_4 et le C_2F_6.

De 1990 à 2004, les émissions de CF_4 et de C_2F_6 sont communiquées par Rio Tinto Alcan dans le cadre du système d'engagement volontaire AERES [222, 742]. Ces données ont fait l'objet de vérifications externes. En 2005 et 2006, les données d'émission proviennent des déclarations annuelles des différents sites [19]. De 2007 à 2012, les données d'émission de CF_4 et de C_2F_6 proviennent de communications avec les exploitants [222]. A noter que pour un site fermé en 2008, les émissions de CF_4 et de C_2F_6 entre 2006 et 2008 sont estimées à partir des émissions globales de PFC déclarées et de la répartition CF_4/C_2F_6 de 2005.

Depuis 2013, la production d'aluminium primaire entre dans le champ du système d'échange de quotas d'émission [SEQE] de gaz à effet de serre de l'Union européenne, les émissions distinctes de CF_4 et C_2F_6 sont désormais disponibles dans les déclarations annuelles des émissions [19] et sont utilisées.

Depuis 1990, les sites se sont engagés à réduire « l'effet d'anode », très émetteur de PFC, à travers la mise en place de nouvelles technologies et d'un contrôle plus performant de la quantité d'alumine. La mise en œuvre de ces technologies ainsi que l'arrêt en 2009 d'un site très émetteur de PFC explique la diminution des facteurs d'émission au cours du temps.

Récapitulatif des données d'émissions pour les GES

<table>
<tr><th></th><th>1990</th><th>2004-2005</th><th>2006-2007</th><th>2012-2013</th></tr>
<tr><td>CO_2</td><td rowspan="2">Emissions estimées dans le cadre de l'AERES par les producteurs [222,742]</td><td colspan="2">Déclarations annuelles de rejets GEREP [19]</td><td rowspan="2">Déclarations annuelles de rejets GEREP – Emissions déclarées au titre du SEQE [19]</td></tr>
<tr><td>PFC</td><td>Déclarations annuelles de rejets GEREP [19]</td><td>Données internes communiquées pour tous les sites [19]</td></tr>
</table>

L'ensemble des émissions de GES sur la série temporelle provient de données fournies, par site, par les exploitants et vérifiées pour la quasi-totalité des années. Le périmètre considéré pour les émissions couvre tous les sites producteurs et est constant sur l'ensemble de la série, mis à part les fermetures de sites depuis 1990. Pour les PFC, la méthodologie correspond à une approche bottom-up assimilée à un rang 3 puisque les émissions de PFC sont obtenues à partir de la méthode internationale de l'IAI (International Aluminium Institute) et du règlement UE n°601/2012. Pour information, les 2 principaux sites producteurs encore en activité utilisent la méthode des pentes. Pour le CO_2, la méthodologie correspond à une approche bottom-up assimilée à un rang 3 puisque les émissions collectées sont déterminées à partir de la consommation d'anodes et d'analyses. Par ailleurs, depuis 2013 les exploitants appliquent le règlement UE n°601/2012 dont la méthode est basée sur les lignes directrices 2006 du GIEC.

Malgré le fait que la production, sur la période 1990-2002, provienne de données statistiques non détaillées par site, le facteur d'émission global de CO_2 est cohérent sur toute la série temporelle car l'ordre de grandeur est constant et reste proche des valeurs indiquées dans les lignes directrices 2006 du GIEC.

Les facteurs d'émissions recalculés, dont certaines valeurs sont présentées dans la section QA/QC ci-après, sont disponibles dans la base de données OMINEA.

4.4.2.4 Production de zinc (2C6)

Emissions de CO_2

Très peu de sites en France sont concernés par les émissions de procédés liées à la production de zinc, première et seconde fusions. La méthode appliquée est de rang GIEC 2 et 3.

Les émissions de procédés de ces sites sont déterminées :

- Pour la production de zinc première fusion : à partir des déclarations annuelles [19],
- Pour la production de zinc seconde fusion : à partir des déclarations annuelles par bilan matière depuis 2013 [19]. Avant 2013, les émissions sont calculées à partir des quantités de carbones entrantes, liées aux consommations de coke (agent réducteur) communiquées par l'exploitant [714], et des quantités de carbone sortantes, calculées à partir de la production d'oxydes de Waelz [714] et de la teneur en carbone moyenne des oxydes de Waelz pour les années 2013 à 2015.

Compte tenu du faible nombre de sites concernés, les facteurs d'émission associés sont confidentiels.

Les autres gaz à effet de serre ne sont pas concernés par les émissions de procédé relatifs à la production de zinc.

4.4.2.5 Autres (2C7)

- **Production de magnésium**

La méthode appliquée est de rang GIEC 2.

Emissions de CO_2

De 1990 à 2002, la production de magnésium de première fusion de l'unique site est connue [223]. Les lignes directrices du GIEC 2006 [528] fournissent le facteur d'émission de CO_2 lié à la décarbonatation par tonne de magnésium produit. Les émissions de CO_2 induites par l'utilisation de dolomie résultent du produit de ces deux paramètres.

Le facteur d'émission de CO_2 relatif à l'utilisation de dolomie est disponible dans la littérature [529]. La consommation de dolomie est déterminée à partir de ce facteur d'émission et des émissions calculées précédemment.

Emissions de Gaz fluorés

SF_6

La totalité du SF_6 utilisé pour la production de magnésium est supposée émise à l'atmosphère. Les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles [19] et des données transmises par les exploitants [50]. Ces données sont confidentielles.

HFC

La totalité du HFC-134a utilisé pour la production de magnésium est supposée émise à l'atmosphère. Les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles [19] et des données transmises par la fonderie employant cette substance [50]. Les émissions sont confidentielles car elles proviennent d'une seule fonderie. Pour des raisons de confidentialité les émissions sont agrégées avec d'autres secteurs (solvant, fabrication de caoutchouc synthétique, etc.) dans les tables CRF (unspecified mix of HFCs, table 2(II)).

- **Décarbonatation dans les fonderies de fonte**

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 jusqu'en 2012 et de rang 3 à partir de 2013.

Les données de consommation de matières carbonées sont connues depuis 2013 via les déclarations annuelles [19].

Avant 2013, faute de données, il est supposé que les consommations de carbonates sont constantes sauf pour un site pour lequel on dispose de ces données sur la période 2005-2012 (communication directe du site).

Emissions de CO_2

Méthode mise en œuvre

Il convient de distinguer deux périodes :

A partir de 2013 : pour trois sites, les émissions de CO_2 proviennent directement des déclarations annuelles [19] et pour le dernier site, les émissions sont calculées à partir de la consommation de matières carbonées et des facteurs d'émission par défaut des matières carbonées présentées ci-après.

Avant 2013 : pour trois sites, les émissions de CO_2 de l'année 2013 sont reportées sur la période 1990-2012 et pour un site, les émissions sont estimées à partir des consommations de matières carbonées et des facteurs d'émission par défaut.

Facteurs d'émission CO_2

Les matières carbonées utilisées par leurs fondeurs de fonte sont de trois types :

- castine
- carbure de silicium
- carbure de calcium

Le facteur d'émission pour la castine est celui du calcaire, arrondi à 440 kg/t [763].

Pour le carbure de silicium, le facteur d'émission n'est pas disponible dans la littérature (GIEC) donc il est fait l'hypothèse que l'équation suivante est stœchiométrique.

$SiC + O_2 \rightarrow Si + CO_2$

La teneur en carbone dans le composé SiC est de 0,3 (12/(12+28,09) et donc le facteur d'émission est de 1 097 kg/t.

Pour le carbure de calcium, une valeur de 1 100 kg/t est retenue par le CITEPA dans l'inventaire.

4.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par Tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2C).

Les incertitudes sur les activités et facteurs d'émission estimées pour la catégorie 2C dépendent du type de gaz à effet de serre puisque les sous-secteurs sont différents les uns des autres.

Les incertitudes liées à l'activité sont égales à :

- 10% pour les activités engendrant des émissions de CO_2 et le CH_4 (IPCC 2006-vol3-4-ch4- table 4.4) ;
- 2% pour les activités engendrant des émissions de PFC (IPCC 2006 - vol3-4-ch4 - section 4.4.3.2) ;
- 20% pour les activités engendrant des émissions le SF_6.

Les incertitudes liées au facteur d'émission sont égales à :

- 10% pour le CO_2 et le CH_4 (IPCC 2006-vol3-4-ch4- table 4.4);
- 12% pour les PFC (IPCC 2006 - vol3-4-ch4 - section 4.4.3.1) ;
- 5% pour le SF_6.

Sur l'ensemble du secteur 2C, l'incertitude associée à l'activité et au facteur d'émission est donc relativement faible. Ceci reflète le fait que les productions des différents produits de ce secteur sont bien connues et disponibles soit dans les déclarations, soit par contact direct avec les exploitants ou les fédérations professionnelles.

La cohérence temporelle des séries est conservée sur l'ensemble de la période :

- pour les procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier (2C1), les statistiques « énergie et matière » de la fédération professionnelle sont disponibles depuis 1990. Pour les années où ces statistiques ne sont plus disponibles (à partir de 2014), une estimation est faite sur la base de l'évolution des productions des sites connus qui sont inclus dans le périmètre des statistiques et de ratios moyens d'utilisation des matières entrantes,
- concernant la production de ferroalliages, toutes les données utilisées proviennent directement des exploitants. Les données des années non connues ont été estimées pour chaque site en se basant sur les données de la dernière année connue,
- pour la production d'aluminium, des données individuelles pour chaque site sont utilisées pour l'ensemble de la période.

4.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Des dispositions spécifiques sont aussi mises en œuvre selon les secteurs :

- **Procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier (2C1) :** les statistiques utilisées pour les données d'activité proviennent de la fédération professionnelle du secteur [27] qui applique ses propres procédures d'assurance qualité. Des données d'émissions provenant des déclarations annuelles des émissions, qui sont validées en amont par un vérificateur agréé et par l'autorité compétente locale (DREAL), sont utilisées lorsqu'elles sont disponibles. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le

temps, par atelier et par type de matière ou combustible, et procède à des échanges réguliers avec la fédération professionnelle et avec les différents sites industriels pour valider les informations fournies. La majorité du secteur étant soumis au Système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre (SEQE), un contrôle de cohérence avec les déclarations SEQE (CO_2) est réalisé au global.

Ratios de production	Lignes directrices 2006 du GIEC	Données inventaire 2017
t agglomérés / t fonte produite (haut-fourneau)	1,16	1,33
t fonte / t acier produit (four O_2)	0,94	0,99

- **Production de ferroalliages (2C2), d'aluminium primaire (2C3), de zinc (2C6) et autre (2C7) :** pour ces secteurs, les émissions obtenues dans les déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) puis validées par le Ministère chargé de l'Environnement (MTES). Des contacts sont également développés avec les industriels pour estimer les émissions des sites non concernés par cette déclaration.

Exemple pour les ferroalliages (2C2) :

Facteurs d'émission CO_2 - GIEC 2006 – Tier 1

TABLEAU 4.5
FACTEURS D'EMISSION DE CO_2 GENERIQUES POUR LA PRODUCTION DE FERROALLIAGES

Type de ferroalliage	Facteur d'émission
Ferro-silicium à 45% de Si	2,5
Ferro-silicium à 65 % de Si	3,6
Ferro-silicium à 75% de Si	4,0
Ferro-silicium à 90% de Si	4,8
Ferro-manganèse (7% de C)	1,3
Ferro-manganèse (1% de C)	1,5
Sillicomanganèse	1,4
Métal de silicium	5,0
Ferrochrome	1,3 (1,6 pour une usine d'aggloméré)
Source : GIEC (1997), GIEC (2000), Olsen (2004) et Lindstad (2004)	

Facteur d'émission CO_2 nationaux pour la production de ferroalliages en métropole

	1990	2000	2010	2017
Facteur d'émission CO_2 (t/t)	1,50	1,38	1,17	1,30

La production de ferroalliages en métropole étant dominée par la production de ferromanganèse, les facteurs d'émission nationaux sont en ligne avec ceux du GIEC 2006.

- **Production d'aluminium primaire (2C3) :**

  Les facteurs d'émission nationaux sont cohérents avec les plages de valeurs des facteurs d'émission des lignes directrices 2006 du GIEC :

FE (kg/t d'Al produit)	Lignes directrices 2006 du GIEC	FE nationaux 1990	FE nationaux 2005	FE nationaux 2010	FE nationaux 2017
CO_2	1 600 ±10%	1 637	1 577	1 670	1 556
CF_4	0,4 -99/+380%	1,131	0,179	0,018	0,011
C_2F_6	0,04 -99/+380%	0,212	0,045	0,001	0,0008

Les émissions de PFC sont calculées par les sites grâce à la méthode internationale de l'IAI (International Aluminium Institute). Depuis 2013, les exploitants appliquent le règlement UE n°601/2012 relatif au système d'échange de quotas d'émission, dont la méthode est basée sur les lignes directrices 2006 du GIEC.

Depuis 1990, les sites se sont engagés à réduire « l'effet d'anode », très émetteur de PFC, à travers la mise en place de nouvelles technologies et d'un contrôle plus performant de la quantité d'alumine. La mise en œuvre de ces technologies ainsi que l'arrêt en 2009 d'un site très émetteur de PFC explique la diminution des facteurs d'émission de CF_4 et C_2F_6 au cours du temps.

4.4.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2C

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ancien	kt CO2e	10 595	10 376	9 108	7 656	7 130	6 827	5 969	4 844	6 465	5 630	4 720	5 086	4 463	4 301	4 529
Nouveau	kt CO2e	10 597	10 378	9 110	7 652	7 136	6 830	5 973	4 836	6 468	5 633	4 718	5 081	4 464	4 298	4 527
Différence	kt CO2e	+1,5	+1,8	+2,4	-3,7	+6,1	+3,3	+3,3	-7,6	+3,4	+2,9	-1,4	-4,7	+0,18	-3,6	-2,2
	%	+0%	+0%	+0%	-0%	+0%	+0%	+0%	-0%	+0%	+0%	-0%	-0%	+0%	-0%	-0%

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Production de fonte et d'acier (2C1)

Description du recalcul

Pour les aciéries électriques, le recalcul provient de l'ajout de matières carbonatées et carbonées déclarées par les exploitants et des émissions de CO_2 associées. Les émissions totales liées à l'utilisation de matières carbonatées et carbonées sont calculées à partir des émissions des sites qui déclarent. Un facteur d'émission de CO_2 global est calculé à partir des émissions et des productions déclarées, et appliqué à la production totale d'acier dans les aciéries électriques pour calculer les émissions de CO_2 des années antérieures pour lesquelles les sites ne déclaraient pas d'émissions.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.4.6 Améliorations envisagées

Production de fonte et d'acier (2C1)

Des réunions de travail ont été lancées en partenariat avec la fédération professionnelle du secteur de la sidérurgie pour améliorer la centralisation des informations et les contrôles de cohérence des déclarations entre les différents sites sidérurgiques. Ces échanges visent notamment à harmoniser les émissions de CO_2 de l'ensemble des ateliers sidérurgiques des usines intégrées prises en compte dans les statistiques de la fédération avec les déclarations effectuées par les sites dans le cadre du SEQE. Ce travail a déjà permis d'apporter des améliorations. Par ailleurs, ces échanges visent également à évaluer l'évolution dans le temps de certains paramètres actuellement considérés constants (ratios de production, teneurs en carbone).

Par ailleurs, compte tenu de la simplification de l'enquête statistique demandée par l'Administration aux secteurs industriels à partir de l'année 2015, il est envisagé d'utiliser le bilan national de l'énergie, partie relative à la sidérurgie (consommations de charbons, de coke, de combustibles liquides et gazeux (dont les gaz sidérurgiques)) comme donnée d'entrée, sous réserve de pouvoir assurer la répartition des émissions entre les différents secteurs CRF ainsi que la cohérence temporelle sur la série. L'attention sera notamment portée sur l'évitement des doubles comptages ou omissions d'émissions.

4.5 Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants (CRF 2D)

Cette catégorie regroupe plusieurs activités : l'utilisation de lubrifiants, l'utilisation de paraffines et les autres catégories (comprenant notamment l'usage des solvants, l'oxydation des COVNM et les émissions de CO_2 engendrées par l'utilisation d'urée).

4.5.1 Caractéristiques de la catégorie

4.5.1.1 Utilisation de lubrifiants (2D1)

Cette section couvre les émissions de CO_2 liées à l'utilisation de lubrifiants dans les moteurs 4 temps (consommation non énergétique). Les émissions liées aux moteurs 2 temps (consommation énergétique) sont considérées dans les chapitres relatifs aux différents secteurs du transport (routier, engins de l'agriculture, maritime, plaisance et petits engins du résidentiel/tertiaire).

4.5.1.2 Utilisation de paraffine (2D2)

Cette section couvre les émissions de CO_2 liées à l'utilisation non énergétique de paraffines et de cires.

4.5.1.3 Autres (2D3)

4.5.1.3.1 Utilisation de solvants (2D3-1)

Cette section regroupe l'ensemble des activités consommatrices de solvants que sont notamment l'application de peinture (dans l'industrie, le bâtiment, à usage domestique, etc.), la fabrication et mise en œuvre de produits chimiques, le dégraissage des métaux et le nettoyage à sec.

Ces activités sont des sources importantes de COVNM qui, selon les lignes directrices du GIEC 2006, sont converties en émissions de CO_2 en considérant leur oxydation ultime. Ces activités sont décrites par secteur dans les paragraphes suivants.

Dégraissage et nettoyage à sec

Cette section correspond à toutes les activités consommatrices de solvants pour le nettoyage des surfaces et le nettoyage à sec. Elle ne couvre pas l'usage domestique de solvants de nettoyage.

Application de peinture

Cette section concerne toutes les activités consommatrices de peintures dans l'industrie (i.e. construction de véhicules automobiles, réparation de véhicules, bâtiment et construction, pré laquage, construction de bateaux et autres applications industrielles de peinture) et l'utilisation domestique de peintures.

Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques

Cette section comprend la mise en œuvre du polyester, du polychlorure de vinyle (PVC), du polyuréthane (PU), de mousse de polystyrène (PS) et de caoutchouc ainsi que la fabrication de produits pharmaceutiques, supports adhésifs et autres produits chimiques, peintures, encres et colles.

L'ennoblissement textile et le tannage du cuir sont supposés négligeables soit par le faible niveau d'activité, soit du fait de l'absence d'information. La fabrication de mousse engendre également des émissions de gaz fluorés qui sont traitées dans la section 2F2 relative aux mousses isolantes.

Autres utilisations de solvants

Cette section couvre les secteurs de l'imprimerie, l'extraction d'huiles comestibles et non comestibles, l'application de colles, l'élimination de la cire de protection sur les véhicules neufs, la protection du bois, l'enduction de fibres de verre et l'utilisation domestique de solvants (autre que la peinture), de colles et de produits pharmaceutiques. Le traitement et la protection du dessous des véhicules sont traités avec le secteur de la mise en peinture des voitures (cf. section relative à l'application de peinture). Dans les tables CRF, les émissions de ce secteur sont rapportées sous le code 2.G.4.

4.5.1.3.2 Autres (2D3-4)

Oxydateur de COVNM

Cette section couvre les émissions de CO_2 liées à la destruction des COVNM en oxydateur thermique ou incinérateur des sites utilisant des solvants.

Utilisation d'urée

Cette section ne concerne que les émissions de CO_2. Elles sont induites par l'utilisation d'urée au sein de plusieurs applications :

- Utilisation d'urée par les systèmes de traitement des NOx (déNOx) de type SCR (Réduction sélective catalytique) par certaines centrales thermiques,
- Utilisation d'urée par les systèmes de traitement des NOx de type SCR par les véhicules routiers,
- Utilisation d'urée par les systèmes de traitement des NOx de type SNCR (Réduction non catalytique sélective) par les usines d'incinération de déchets non dangereux,
- Utilisation de l'urée dans le secteur industriel notamment pour la fabrication de matériaux thermodurcissables, d'adhésifs, etc.

4.5.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

4.5.2.1 Utilisation de lubrifiants (2D1)

Les lubrifiants sont utilisés dans les moteurs pour réduire les frottements des pièces mécaniques et leur usure précoce.

Ces lubrifiants peuvent être utilisés :

- Dans les moteurs 2 temps : ils sont mélangés à l'essence dans la chambre de combustion et sont donc considérés comme une consommation énergétique. C'est pour cela que ces consommations et émissions sont prises en compte dans les secteurs consommateurs (cf. transport routier, transport fluvial, transport maritime, résidentiel, agriculture / sylviculture / activités halieutiques).
- Dans les moteurs 4 temps : ils remontent du carter moteur dans la chambre de combustion en petite quantité correspondant à une consommation non énergétique.

La quantité totale de lubrifiants utilisés en France est obtenue à partir du bilan de l'énergie produit annuellement par le SDES [25].

Les quantités consommées par les moteurs 2 temps sont soustraites de la quantité nationale pour obtenir la quantité de lubrifiants destinés aux usages non énergétiques (moteurs 4 temps notamment).

Les quantités de lubrifiants liées aux moteurs 4 temps du transport routier sont estimées à partir du modèle COPERT, leurs émissions sont directement rapportées dans utilisation de lubrifiants (2D1).

Emissions de CO_2

L'utilisation de lubrifiants dans les moteurs 4 temps est émettrice de CO_2.

Le facteur d'émission de CO_2 appliqué pour les lubrifiants hors transport routier provient des lignes directrices du GIEC de 2006 [653]. Ce facteur d'émission est composé de plusieurs paramètres :

FE CO_2 = CC lubricant x ODU lubricant x masse molaire CO_2 / masse molaire C

Où :

CC lubricant : contenu carbone des lubrifiants (valeur GIEC par défaut = 20 kg C/GJ)

ODU lubricant : taux d'oxydation pendant l'utilisation (valeur GIEC par défaut = 20%)

masse molaire CO_2 : 44 g/mol

masse molaire C : 12 g/mol

Le facteur d'émission utilisé est donc de 14,7 kg CO_2/GJ, et il est converti en kg CO_2/t de produit à partir du PCI moyen des lubrifiants.

Les consommations de lubrifiants sont présentées dans le tableau suivant :

	1990	2000	2005	2010	2015	2017
Total 2 temps + 4 temps métropole (t)	933 000	889 000	769 000	621 000	567 000	555 000
Total 2 temps métropole (énergétique) (t)	7 197	7 030	6 966	7 238	7 148	7 090
Total 4 temps métropole (non énergétique) (t)	925 803	881 970	762 034	613 762	559 852	547 910
Total 4 temps DOM (non énergétique) (t)	10 357	12 746	11 638	8 106	5 673	4 933

4.5.2.2 Utilisation de paraffine (2D2)

Les paraffines solides, ou cires et les paraffines liquides sont des produits obtenus en raffinerie à partir du pétrole.

La quantité totale de paraffines et cires utilisées en France est obtenue à partir du bilan de l'énergie publié annuellement par le SDES [25].

Emissions de CO_2

Le facteur d'émission de CO_2 appliqué pour l'utilisation de paraffines et de cires provient des lignes directrices du GIEC de 2006 [654]. Ce facteur d'émission est composé de plusieurs paramètres :

FE CO_2 = CC lubricant x ODU lubricant x masse molaire CO_2 / masse molaire C

Où :

CC lubricant : contenu carbone des lubrifiants (valeur GIEC par défaut = 20 kg C/GJ)

ODU lubricant : taux d'oxydation pendant l'utilisation (valeur GIEC par défaut = 20%)

masse molaire CO_2 : 44 g/mol

masse molaire C : 12 g/mol

Le facteur d'émission utilisé est donc de 14,7 kg CO_2/GJ, et il est converti en kg CO_2/t de produit à partir du PCI de la paraffine.

4.5.2.3 Autres (2D3)

4.5.2.3.1 Utilisation de solvants (2D3-1)

Dégraissage et nettoyage à sec

Pour le dégraissage des surfaces, l'activité correspond aux consommations totales de solvants (neufs + recyclés). Les taux de recyclage et d'émissions des solvants sont connus pour quelques années [113, 683]. Des interpolations sont faites pour les années manquantes.

Pour le nettoyage à sec, le perchloroéthylène (PER) est le solvant le plus utilisé mais de nouveaux solvants hydrocarbonés commencent à pénétrer le marché français depuis les années 2000 (hydrocarbures, glycol, éther, etc.).

Les consommations de PER pour ce secteur sont déduites des ventes totales en France jusqu'en 2013. A partir de 2014, une estimation des consommations est réalisée en se basant sur la mise en œuvre de l'arrêté d'interdiction d'implantation de nouvelles machines au PER dans les locaux contigus à des commerces ou des habitations (98% des installations) et de l'interdiction totale d'utilisation à partir de 2022 [750]. Trois types de machines sont employés (i.e. machines à circuit ouvert, machines à circuit fermé et machines à circuit fermé nouvelle génération).

Application de peinture

Pour les secteurs du prélaquage et de la peinture automobile, il existe respectivement une dizaine et une quinzaine d'installations en France pour lesquelles les quantités de solvants mis en œuvre et les émissions associées sont connues à partir des déclarations des industriels [19]. Ces données permettent de prendre en compte les efforts de réduction progressivement mis en place par ces deux secteurs.

Les activités des autres secteurs industriels considérés sont définies à partir des données statistiques de la profession [111] et de données statistiques nationales [684, 685] (productions et imports/exports par type de peinture). Les usines sont trop nombreuses et les activités trop diverses pour les étudier individuellement. Toutefois, l'étude des déclarations de rejets annuels [19] de deux cents entreprises permet d'estimer la part des solvants non émis. Cette proportion est interpolée entre 1995 et 2004,

année à partir de laquelle les plans de gestion des solvants deviennent exploitables dans les déclarations.

Les consommations domestiques de peintures sont estimées par le traitement des statistiques de la FIPEC [111] et des statistiques nationales [684, 685]. Les teneurs en solvants des différents produits sont déterminées en collaboration avec les industriels [112].

Les facteurs d'émission sont définis en fonction des concentrations en solvants pour chaque type de peinture. Ces teneurs sont revues régulièrement avec la profession pour prendre en compte l'évolution des contenus en solvants, notamment suite à l'application de la Directive 2004/42/CE du 21 avril 2004 relative à la réduction des émissions de COV dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules.

Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques

Des solvants ou des COVNM ayant certaines caractéristiques physico-chimiques (pentane comme agent d'expansion dans le polystyrène, styrène comme agent réactif de réticulation dans la transformation du polyester) sont utilisés lors de la production de chacun des produits considérés dans cette section.

En ce qui concerne la mise en œuvre de produits chimiques, la production ou la mise en œuvre de polyester, de PVC, de polyuréthane, de mousse de polystyrène, les activités (quantités de produits consommées) proviennent des statistiques nationales de production, de consommation, d'import et d'export [53, 115, 351, 686, 749, 974].

Pour la fabrication d'encres, peintures et colles, la même méthodologie est utilisée. Les données d'activité proviennent des statistiques nationales [111, 351].

En ce qui concerne les productions de pneumatiques et la mise en œuvre de caoutchouc, les activités sont disponibles auprès de la profession [116].

Les consommations de solvants utilisés dans la fabrication de produits pharmaceutiques proviennent d'une enquête auprès des professionnels du secteur [117] et des déclarations annuelles des rejets des industriels [19].

La consommation de solvants utilisés dans la fabrication de supports adhésifs ainsi que les émissions découlent directement du traitement des déclarations annuelles de rejets des industriels [19] (consommation de solvants déclarée ou déduite de la production de l'usine).

En ce qui concerne la fabrication et la mise en œuvre des autres produits chimiques (en chimie fine et parachimie), quatre sous-secteurs sont définis :

- la production de produits à l'origine d'émissions de COVNM de la chimie fine hors pharmacie,
- l'extraction des arômes alimentaires ou de parfumerie,
- la production de savons et détergents à l'origine d'émissions de particules,
- diverses activités difficilement classables dans un secteur particulier.

Pour les procédés émetteurs de COVNM, les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles de rejets des industriels [19] depuis 2004. Pour les années antérieures, les émissions sont estimées site par site suivant les activités, le niveau observé en 2004 et la mise en place de système de traitement des émissions de COVNM. Pour les procédés émetteurs de particules, les activités proviennent des statistiques publiées par l'UIC [118] et les émissions sont calculées à partir d'un facteur d'émission.

Autres utilisations de solvants (émissions rapportées sous le code 2.G.4)

En ce qui concerne les secteurs de l'imprimerie (i.e. offset avec sécheur, édition, emballages souples et emballages métalliques), les activités proviennent des statistiques de production d'encre [111] qui sont traitées afin d'obtenir les consommations françaises. Les déclarations annuelles des industriels sont aussi considérées afin de prendre en compte les techniques mises en place spécifiquement pour réduire les émissions [19].

L'activité du secteur de l'extraction d'huiles comestibles et non comestibles est basée sur les données fournies par PROLEA jusqu'en 2004 [124], puis sur les déclarations annuelles des industriels à partir de 2004 [19].

Pour les secteurs de la protection du bois, de l'application de colles et de l'enduction de fibres de verre, les consommations des différents produits ainsi que leurs caractéristiques sont déduites des données fournies par les industriels [19, 50 et 111].

Pour le secteur de l'usage domestique de solvants (hors produits pharmaceutiques), l'activité provient des productions [968], des imports et des exports [685] permettant de déduire les consommations des différents produits domestiques.

Pour le secteur de l'usage domestique de produits pharmaceutiques, l'activité est représentée par la population [96].

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 traduisent la transformation du carbone contenu dans les émissions de COVNM en CO_2 ultime.

Cette conversion se fait sur la base de la teneur en carbone calculée à partir de la spéciation des COVNM, c'est-à-dire en fonction des substances émises par sous-secteur. La teneur en carbone globale des émissions de COVNM induites via cette nouvelle méthodologie est proche de 70 % sur toute la période et est cohérente avec les valeurs par défaut des lignes directrices 2006 du GIEC (50-70%) [772].

Pour les sous-secteurs du nettoyage à sec et du dégraissage de surface, les teneurs en carbone sont respectivement estimées à environ 15% et 27%. Concernant l'application de peinture, les teneurs en carbone varient entre 70% et 90% selon le sous-secteur.

Les principales réductions d'émissions ont eu lieu dans le secteur de l'application de peinture (grâce à une baisse de l'activité et une réduction de la teneur en solvant des peintures), du dégraissage et du nettoyage à sec (amélioration du recyclage et renouvellement des matériels). La mise en place de deux directives européennes a fortement contribué à réduire les émissions de COVNM :

- la directive 1999/13/CE du 11 mars 1999 relative à la réduction des émissions de COV dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations. Cette directive, (abrogée et reprise en annexe de la directive 2010/75/UE depuis 2014), limite les émissions diffuses et canalisées d'une vingtaine d'activités industrielles ou artisanales (application de revêtement, nettoyage à sec, dégraissage des métaux, etc.),
- la directive 2004/42/CE du 21 avril 2004 relative à la réduction des émissions de COV dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules et modifiant la directive 1999/13/CE. Cette directive limite le taux de solvant contenu dans les peintures bâtiment et réparation automobile. Une réduction en deux étapes a eu lieu, la première en 2007 et la seconde en 2010.

4.5.2.3.2 Autres (2D3-4)

Oxydateur de COVNM

Les données issues des déclarations des industriels permettant d'estimer la quantité de COVNM détruits transformés en CO_2 par oxydation sont de deux types :

- des plans de gestion de solvants (PGS) ;
- ou directement des émissions de CO_2 issues de l'oxydation des COVNM déclarées en dehors des PGS [19].

Pour les sites industriels fournissant un PGS, les informations du champ O5 (solvants détruits par un système de traitement) sont considérées en écartant les traitements par absorption, par adsorption et par condensation qui n'entraînent pas d'émissions de CO_2.

Depuis l'année 2013, toutes les informations sont disponibles et sont prises en compte. Entre 2004 et 2012, les données des PGS sont disponibles et la part de destruction (incinération/oxydation) par

rapport au O5 déclarés est supposée équivalente à celle de 2013. Avant 2004, les données de la dernière année disponible (2004) sont reportées faute d'information disponibles à ce jour.

A partir de 2013, les émissions de CO_2 liées à l'oxydation de COVNM déclarées directement par les sites industriels sont prises en compte. Dans ce cas, la première approche par le PGS n'est plus mise en œuvre pour ces sites afin d'éviter les doubles-comptes.

Il est considéré qu'il n'y a pas d'oxydateur de COVNM en Outre-mer.

Emissions de CO_2

La destruction par oxydation ou incinération de COVNM est à l'origine d'émissions de CO_2 car les composés organiques sont oxydés et convertis en CO_2.

Cette conversion se fait sur la base de la teneur en carbone calculée à partir de la spéciation en COVNM, c'est-à-dire en fonction des substances émises par sous-secteur. La teneur en carbone globale des émissions de COVNM induites via cette nouvelle méthodologie est proche de 70 % sur toute la période et est cohérente avec les valeurs par défaut des lignes directrices 2006 du GIEC (50-70%) [772].

Utilisation d'urée

Cette section concerne les émissions de CO_2 induites par l'utilisation d'urée au sein de plusieurs applications :

- Utilisation d'urée par les systèmes de traitement des NOx (déNOx) de type SCR (Réduction sélective catalytique) par certaines centrales thermiques,
- Utilisation d'urée par les systèmes de traitement des NOx de type SCR par les véhicules routiers,
- Utilisation d'urée par les systèmes de traitement des NOx de type SNCR (Réduction non catalytique sélective) par les usines d'incinération de déchets non dangereux,
- Utilisation de l'urée dans le secteur industriel notamment pour la fabrication de matériaux thermodurcissables, d'adhésifs, etc.

La partie relative aux émissions provenant de la production d'urée est traitée dans une section spécifique (2B).

La partie relative aux émissions provenant de l'utilisation d'urée dans le secteur agricole est également traitée dans une section spécifique.

Emissions de CO_2

La méthode est de rang GIEC 1 à 3 selon les sous-secteurs.

A. Utilisation d'urée par les centrales thermiques

Certaines centrales thermiques utilisent de l'urée via leur système de traitement des NOx (déNOx) de type SCR (Réduction sélective catalytique). Un seul site est concerné en France métropolitaine et quelques sites en Outre-mer.

Les données de consommation d'urée et les émissions de CO_2 associées sont connues, pour les centrales thermiques qui en consomment, via leur déclaration annuelle de polluants [19] dans le cadre du SEQE. Ces données ne sont disponibles que certaines années. Seules les années où la donnée est déclarée sont retenues.

Compte tenu du nombre limité de sites, le facteur d'émission ne peut pas être communiqué dans la base de données OMINEA.

B. Utilisation d'urée par les véhicules routier

Les systèmes de post-traitement utilisés pour réduire les émissions de NO_X dans le transport routier utilisent une solution aqueuse d'urée en tant qu'agent réducteur. Ils sont utilisés sur les véhicules lourds (y compris bus et cars) à partir de la norme Euro V ainsi que sur les véhicules légers à partir de

la norme Euro 6. L'urée a un type chimique de $(NH_2)_2CO$ et quand il est injecté en amont d'un catalyseur d'hydrolyse dans la ligne d'échappement, la réaction suivante a lieu :

$$(NH_2)_2CO + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$$

L'ammoniac formé par cette réaction est le principal agent qui réagit avec les oxydes d'azote afin de les réduire en azote. Cependant, cette équation d'hydrolyse conduit également à la formation de dioxyde de carbone qui est libéré dans l'atmosphère.

Les spécifications de solution d'urée disponible dans le commerce pour les catalyseurs SCR pour les sources mobiles sont réglementée par la norme DIN 70070, qui précise que l'urée doit être en solution aqueuse à une teneur de 32,5% en poids et une densité de 1,09 g/cm^3.

La consommation d'urée est estimée à partir de la consommation de carburant des véhicules avec les hypothèses suivantes [999, 730] :

Véhicules Euro 6 : entre 0,75 litre et 3 litres pour 1000 km

Véhicules EURO V SCR : consommation d'urée = 6% de la consommation de carburant

Véhicules EURO VI (tous SCR) = 3,5% de la consommation de carburant.

Le facteur d'émission de 23,8 kg CO_2/t urée [999] est alors utilisé.

C. Utilisation d'urée par les usines d'incinération de déchets non dangereux

Plus de 90% des UIDND sont équipées d'un système d'abattement des NOx. Ils sont essentiellement de type SNCR et SCR. Ces systèmes utilisent soit de l'urée, soit de l'ammoniac (le plus souvent sous forme dissoute) soit de l'acide cyanhydrique. Cependant, faute d'information, on suppose que la totalité de ces systèmes utilise de l'urée (hypothèse majorante pour les émissions de CO_2).

La consommation d'urée est déterminée à partir de la quantité de déchets incinérés dans les UIDND et d'une quantité moyenne d'urée consommée par tonne de déchets incinérés (4 kg/t) [643].

Les facteurs d'émission de CO_2 exprimés en kg CO_2/t urée sont disponibles dans la base de données OMINEA (déterminé par bilan massique).

D. Autres utilisations de l'urée

L'urée est également consommée pour d'autres usages, notamment au niveau industriel. En effet, l'urée est employée pour l'élaboration de matériaux plastiques thermodurcissables (résines urée-formol, etc.), d'adhésifs contenant méthanal et mélamine, etc.

La consommation d'urée pour les autres usages est calculée à partir de l'équation suivante :

Consommation urée autres usages = Production (cf. section spécifique) + Importation [644] - Exportation [644] - Consommation des autres secteurs connus (utilisation d'urée par centrales thermiques, par les véhicules routiers, par les usines d'incinération de déchets non dangereux et par l'agriculture).

Les facteurs d'émission de CO_2 exprimés en kg CO_2/t urée sont disponibles dans la base de données OMINEA (déterminé par bilan massique).

4.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2D).

Les incertitudes associées à cette catégorie sont liées au caractère diffus des émissions et de la multiplicité des composés et secteurs entrant en compte.

Ainsi, l'incertitude concernant l'activité est estimée à 15% pour le CO_2 et 20% pour le CH_4 et le N_2O. Concernant les facteurs d'émission, l'incertitude est de 40% pour le CO_2 et 100% pour le CH_4 et le N_2O.

Ces incertitudes sont basées sur l'avis des experts sectoriels.

La cohérence temporelle est respectée, les méthodologies utilisées étant appliquées sur toute la période.

4.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

4.5.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2D

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	2 047	1 906	1 942	1 780	1 613	1 629	1 444	1 257	1 304	1 332	1 204	1 198	1 289	1 196	1 186	
Nouveau	kt CO2e	2 148	2 020	2 065	1 990	1 772	1 851	1 645	1 446	1 509	1 489	1 371	1 381	1 438	1 263	1 240	1 186
Différence	kt CO2e	+101	+114	+123	+210	+159	+222	+201	+190	+205	+156	+167	+182	+148	+68	+54	
	%	+5%	+6%	+6%	+12%	+10%	+14%	+14%	+15%	+16%	+12%	+14%	+15%	+11%	+6%	+5%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Des recalculs des émissions de CO_2 ont été réalisés pour les secteurs suivants.

4.5.5.1 Utilisation de lubrifiants (2D1)

Description des recalculs

Les quantités de lubrifiants ont été modifiées sur toute la période dans le bilan de l'énergie français (quantité totale consommée en France) ainsi que les consommations des deux temps estimées dans les autres secteurs intervenant dans le calcul du solde.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude et de la cohérence temporelle.

4.5.5.2 Utilisation de paraffines (2D2)

Description des recalculs

Les quantités de paraffines ont été modifiées sur toute la période dans le bilan de l'énergie français (quantité totale consommée en France).

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude et de la cohérence temporelle.

4.5.5.3 Autres (2D3)

4.5.5.3.1 Utilisation de solvants (2D3-1)

Autres utilisations de solvants (émissions rapportées sous le code 2.G.4)

La méthodologie pour calculer les facteurs d'émission des COVNM a été mis-à-jour pour que ceux-ci correspondent, par catégorie, aux teneurs en COVNM dans les produits domestiques provenant de différentes sources bibliographiques. Ce changement de méthodologie impacte les émissions de CO_2, car celles-ci correspondant à l'oxydation ultime des COVNM.

Raison et justification

Amélioration de la justesse.

4.6 Industrie électronique (CRF 2E)

L'industrie des semi-conducteurs utilise des HFC, PFC, SF_6 et NF_3 lors de la gravure des plaques de silicones et des dépôts en phase gazeuse dans les chambres CVD (Chemical Vapor Deposition). Les gaz fluorés peuvent également être utilisés lors de la fabrication de panneaux photovoltaïques.

4.6.1 Caractéristiques de la catégorie

4.6.1.1 Fabrication de semi-conducteurs (2E1)

Ce secteur n'est pas une catégorie clé.

Il existe moins d'une dizaine de sites de production de semi-conducteurs en France métropolitaine. A noter que ce secteur est le seul en France à consommer et émettre du NF_3.

L'industrie des semi-conducteurs s'est engagée à réduire de 10% ses émissions en 2010 par rapport à 1995 en optimisant les consommations et en mettant en place des systèmes de traitement. Cet objectif a été atteint, la réduction des émissions exprimées en CO_2 équivalent ayant été supérieure à 40%.

Différents gaz fluorés sont utilisés : HFC-23, CF_4, C_2F_6, C_3F_8, SF_6 et NF_3.

4.6.1.2 Fabrication d'écrans plats (2E2)

Il n'existe pas en France d'usine de production d'écran plat consommant des gaz fluorés.

4.6.1.3 Fabrication de panneaux photovoltaïques (2E3)

Ce secteur n'est pas une catégorie clé.

Une seule usine de production de panneaux photovoltaïques a consommé des PFC (CF_4) en France de 1992 à 2011. A partir de 2012 le CF_4 a été substitué et n'est plus utilisé.

Les émissions sont rapportées dans le CRF 2E1.

4.6.1.4 Fluides de transfert de chaleur (2E4)

Le C_6F_{14} est utilisé comme fluide de transfert de chaleur dans certaines applications commerciales et électroniques.

Ces émissions sont rapportées avec les émissions de solvants et des applications médicales et cosmétiques dans la rubrique 2G2 « *Solvents Medical and other use of PFCs* » de la table CRF *Table2(II)B-Hs2*. Les émissions sont rapportées en CO_2e.

4.6.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

4.6.2.1 Fabrication de semi-conducteurs (2E1)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2a.

Le SITELESC, syndicat regroupant les fabricants de semi-conducteurs, a réalisé annuellement une enquête sur les consommations et les émissions de gaz fluorés des installations jusqu'en 2014 [213]. Depuis 2014, les émissions et données d'activités sont transmises directement par les industriels.

Les facteurs d'émission induits pour chaque type de gaz fluorés sont calculés comme étant le rapport émissions/consommations.

4.6.2.2 Fabrication de panneaux photovoltaïques (2E3)

Les émissions et consommations de CF_4 du site de production de panneaux photovoltaïques proviennent des déclarations de l'exploitant de 2007 à 2011 [19]. Les émissions ont été estimées à partir d'un facteur d'émission appliqué aux consommations ne prenant pas en compte l'utilisation de dispositif de destruction ou de capture/récupération des gaz. Les consommations et les émissions pour les années antérieures à 2007 ont été estimées à partir d'informations sur les productions.

4.6.2.3 Fluides de transfert de chaleur (2E4)

Cf. CRF 2G2, chapitre 4.8.1.2.

4.6.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2E).

L'incertitude estimée pour l'activité liée à la catégorie 2E est de 10%, basée sur l'avis des experts sectoriels.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission dépendent du type de gaz fluorés utilisés et proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 (Vol 3 Chap 6 table 6.9). Elles sont respectivement égales à 100%, 30%, 300% et 70% pour les HFC, les PFC, le SF_6 et le NF_3.

4.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Comme le stipule le processus QA/QC relatif à la fabrication de semi-conducteurs, seules les émissions de gaz fluorés à des fins de productions de semi-conducteurs sont estimées dans cette catégorie (2E1) et distinguées des substances utilisées comme SAO (substances appauvrissant la couche d'ozone).

La France a participé en 2013/2014 à des échanges de revue bilatérale avec l'Allemagne sur l'inventaire des émissions de gaz fluorés. Lors de ces échanges, de multiples questions ont été posées concernant les grands principes de l'inventaire (complétude, cohérence, transparence). Ainsi, les principes d'assurance qualité ont été contrôlés à travers cette revue croisée. Suite à ces échanges, certaines améliorations et corrections ont pu être effectuées.

Le CITEPA contrôle chaque année s'il y a de nouveaux sites de production créés à partir du registre déclaratif français [19] et est en étroite collaboration avec le SITELESC pour s'assurer de l'exhaustivité des données transmises.

4.6.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2E

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	303	387	694	442	427	339	319	198	220	249	159	100	50	82	108	
Nouveau	kt CO2e	303	387	694	442	427	339	319	198	220	249	159	100	97	82	108	131
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+47	0	0	
	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	+95%	0%	0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

4.6.5.1 Fabrication de semi-conducteurs (2E1)

Description des recalculs

Les modifications des émissions et consommations de gaz fluorés pour 2014 font suite à des données plus précises communiquées directement par un fabricant de semi-conducteurs. Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.6.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration prévue.

4.7 Consommations d'halocarbures et SF6 (CRF 2F)

Cette section couvre les émissions de HFC liées à l'utilisation de ces substances comme produits à part entière. Les émissions de gaz fluorés se concentrent en grande majorité dans cette section (en comparaison des CRF 2B9, 2E et 2G).

4.7.1 Caractéristiques de la catégorie

Les secteurs émetteurs de gaz fluorés sont nombreux. La climatisation/réfrigération est le secteur le plus contributeur aux émissions de gaz fluorés. En 2017 (voir figure ci-dessous) il représente 80% des émissions totales CO_2 équivalentes en France métropolitaine. Le secteur des aérosols (techniques et pharmaceutiques) est le deuxième contributeur, pour 10 % en 2017.

Figure 87 : Répartition des émissions CO_2 équivalentes de gaz fluorés par secteur en 2017 (France métropolitaine)

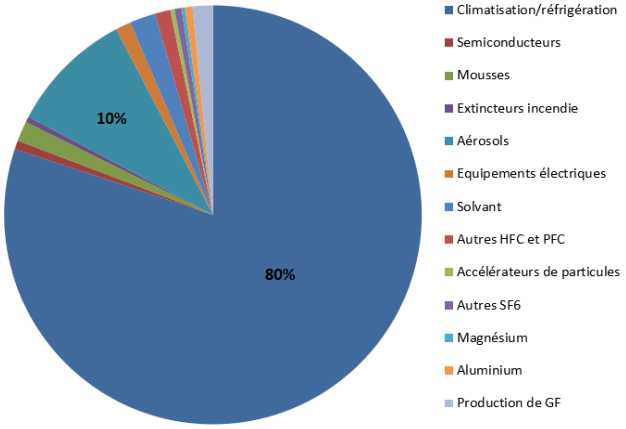


Figure 88 : Répartition des émissions CO_2 équivalentes de gaz fluorés par secteurs en 2017 (hors secteur climatisation/réfrigération) (France métropolitaine)

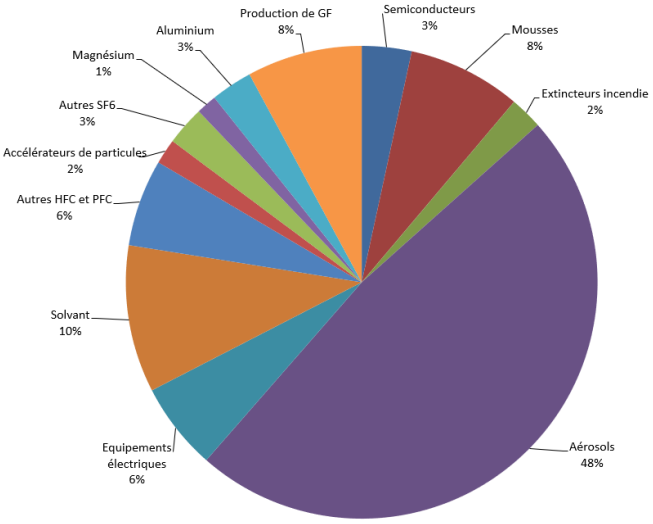
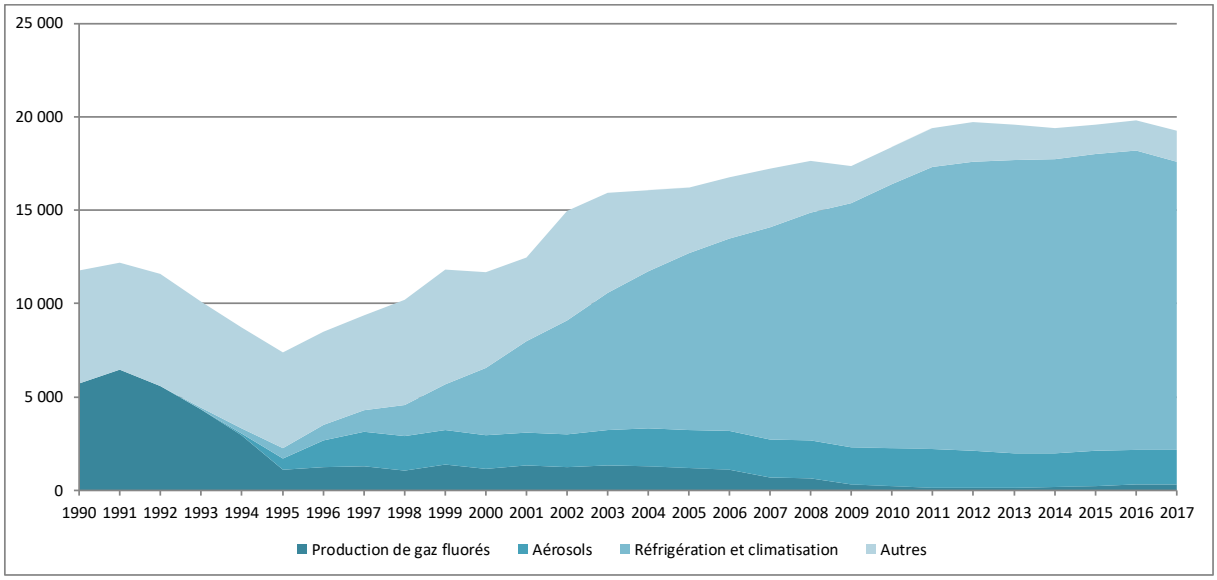


Figure 89 : Evolution des émissions de gaz fluorés de 1990 à 2017 (France métropolitaine)



La figure ci-dessus présente les émissions de gaz fluorés par grand secteur. Du fait de la transition des CFC et HCFC vers les HFC, la part du secteur froid et climatisation est en forte croissance depuis les années 90. La tendance de ce secteur est relativement stable depuis les années 2012. La décroissance observée en 2017 s'explique principalement par une réduction significative des émissions de R-134a du secteur climatisation mobile, du fait du début du renouvellement du parc automobile vers des systèmes utilisant le HFO-1234yf (non comptabilisé ici).

4.7.1.1 Air conditionné et réfrigération (2F1)

En 2017, en considérant le périmètre hors UTCATF, cette catégorie est la 6ème catégorie clé (3,5%) en termes de niveau d'émission (HFC) et la 3ème pour sa contribution à l'évolution des émissions (7,3%). Parmi les 6 postes, le froid commercial est le principal contributeur depuis la substitution des CFC et des HCFC respectivement depuis 1994 et 2000 et l'usage fortement répandu du R-404A (PRG=3900). Les graphiques suivants détaillent les contributions sectorielles, en 2017, aux émissions de HFC de cette catégorie :

Figure 90 : Distribution des émissions de HFC en CO_2e du CRF 2F1 en 2017 (périmètre Kyoto)

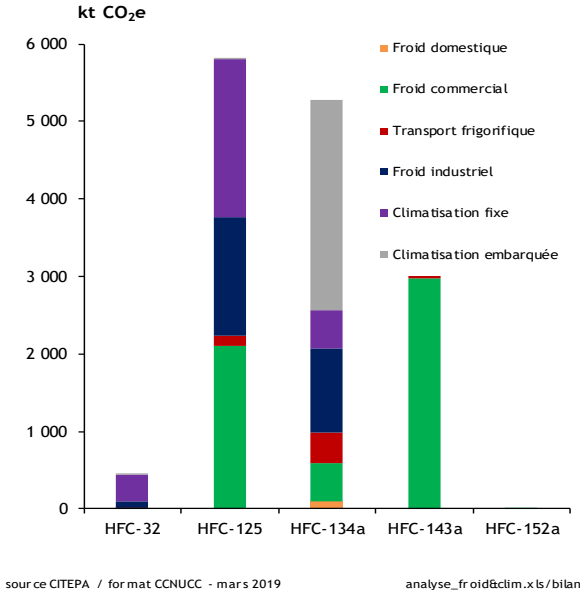
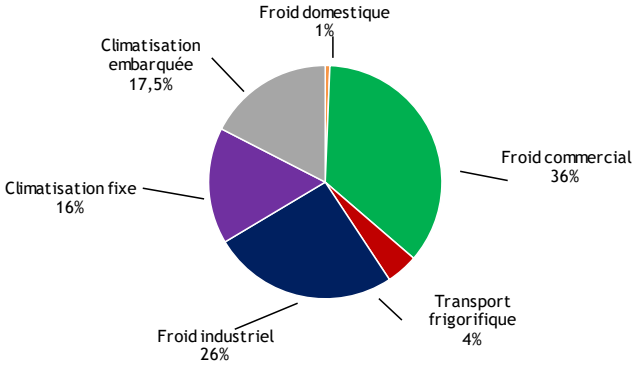


Figure 91 : Contribution des secteurs aux émissions de HFC en CO_2e de la catégorie CRF 2F1 en 2017 (périmètre Kyoto)



source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 analyse_froid&clim.xls/bilan

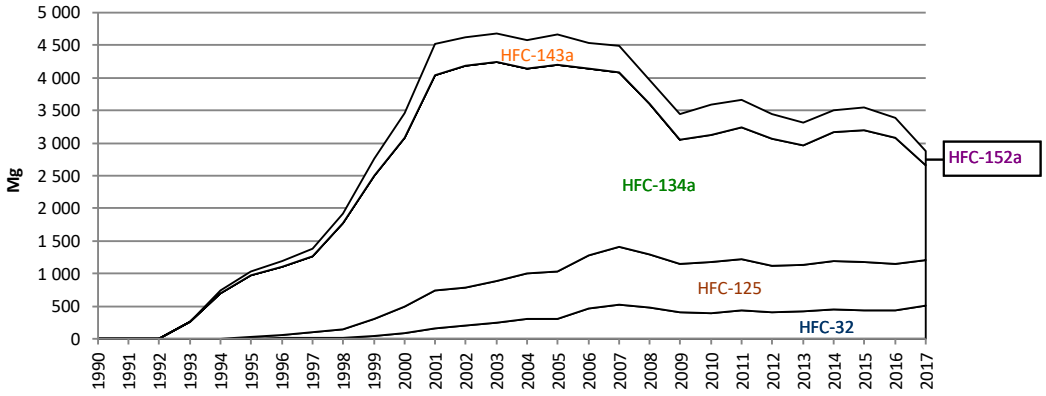
Le secteur du froid et de la climatisation utilise des fluides frigorigènes qui sont des HFC ou mélanges de HFC. Les PRG des principaux mélanges sont les suivants :

Tableau 52 : Composition et PRG (4ème AR) des fluides frigorigènes commerciaux

Mélanges	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a	HFC-32	PRG
R-404A	44%	4%	52%			3 922
R-407C	25%	52%			23%	1 774
R-410A	50%				50%	2 088
R-507	50%		50%			3 985
R-417A	46,6%	50%				2 346
R-422A	85%	11,5%				3 143
R-422D	65,1%	31,5%				2 729
R-427A	25%	50%	10%		15%	2 138
R-407A	40%	40%			20%	2 107
R-407F	30%	40%			30%	1 825

Les graphiques suivants présentent l'évolution des quantités de gaz contenus dans les équipements neufs puis celle de la banque, soit les quantités contenues dans les équipements en fonctionnement.

Figure 92 : Évolution de la demande en gaz pour la production des équipements neufs (périmètre Kyoto)

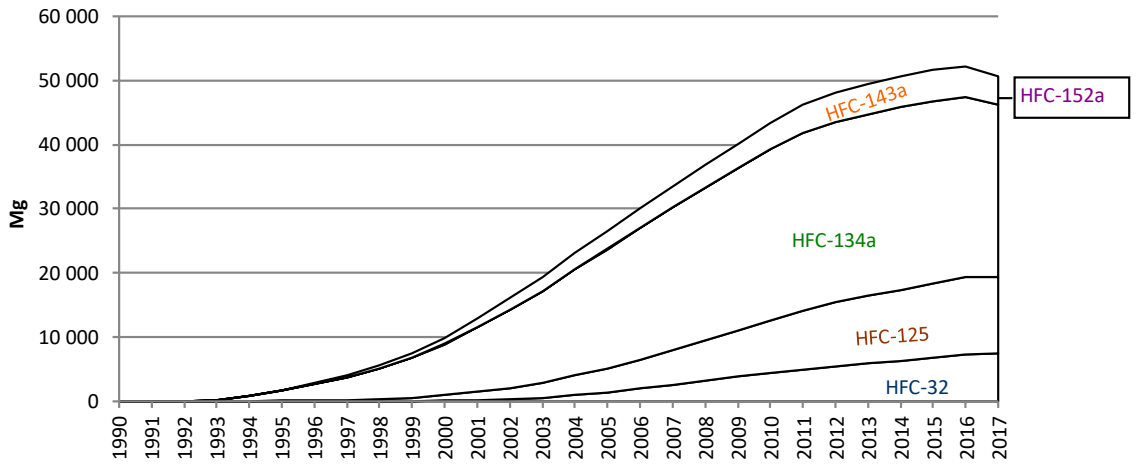


Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 Graph_2F1.xls/GazF

L'évolution de la demande pour les équipements neufs pour l'ensemble des secteurs de la réfrigération et de la climatisation montre une forte augmentation du HFC-134a jusqu'en 2001 suite à l'interdiction des CFC et des HCFC. En 2008 et 2009, les quantités de HFC-134a chargées ont

fortement diminué particulièrement dans la climatisation automobile, en raison de la diminution de la production des véhicules particuliers et utilitaires légers en France et de la tendance à la réduction des charges nominales des véhicules. En 2017, une forte baisse de la demande est constatée pour le HFC-134a et le HFC-143a (et, dans une moindre mesure pour le HFC-125). Cette baisse est engendrée par la diminution de la demande en R-404A dans les installations neuves du froid commercial et par l'arrêt de l'utilisation du R-134a dans les climatisations mobiles des véhicules neufs particuliers depuis le 1er Janvier 2017, du fait notamment des réglementations européennes mises en œuvre (règlement n° 517/2014 et 2006/40/CE). L'augmentation du R-32 provient principalement de l'arrêt de l'utilisation du R-404A au profit de l'utilisation des mélanges à plus bas PRG tels que le R-407A, le R-407F, le R-448A et le R-449A qui peuvent aussi être utilisés pour le rétrofit des installations du froid.

Figure 93 : Évolution des quantités de gaz contenus dans les équipements en fonctionnement (périmètre Kyoto)



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 Graph_2F1.xls/GazF

Le HFC-134a est le gaz majoritairement présent dans les installations de réfrigération et de climatisation en fonctionnement, qu'il soit utilisé seul ou en mélange. Il est principalement utilisé dans le secteur de la climatisation embarquée (53% de la banque du HFC-134a en 2017). Les banques de ce gaz sont en augmentation pour tous les secteurs d'utilisation, sauf pour le froid domestique (réfrigérateurs et congélateurs) où les quantités diminuent depuis 2007 en raison du renouvellement progressif des équipements (introduction progressive du R-600a qui est, depuis le 1er Janvier 2015, le seul fluide frigorigène utilisé dans la production des équipements de froid domestique), pour la climatisation automobile où les quantités mises sur le marché diminuent légèrement depuis 2013 et pour la climatisation stationnaire (chillers) depuis 2015.

4.7.1.2 Mousses isolantes (2F2)

En 2017, ce secteur n'est pas une catégorie clé.

Les HFC se sont substitués aux HCFC au début des années 2000 suite à l'interdiction de l'usage de ces derniers. Les applications principales sont les suivantes :

- Chauffe-eau,
- Isolation des bâtiments,
- Transport frigorifique.

Il existe deux familles de mousses : les mousses à alvéoles fermées et les mousses à alvéoles ouvertes. Parmi les mousses à alvéoles fermées, deux types sont considérés : les mousses alvéolaires de type polyuréthane PU (panneau continu ou discontinu, polyuréthane projeté – Spray Polyurethane Foam ou SPF –, etc.) et les mousses alvéolaires de type polystyrène extrudé (XPS). En France, deux types de mousses à alvéoles ouvertes ont été ou sont utilisées (les mousses à composant unique OCF et les

mousses à peau intégrée PU mises en œuvre notamment dans le secteur automobile pour la production de pièces moulées en polyuréthane telles que les volants ou les boîtes de vitesse).

Différents types de HFC sont utilisés en fonction du secteur d'application et de la famille de mousse. Le tableau suivant récapitule les agents d'expansion par secteur en France, les bâtiments incluant les mousses alvéolaires de type polystyrène extrudé et polyuréthane (SPF et panneau sandwich) :

Agent d'expansion	Chauffe-eau	Bâtiment	Transport frigorifique	OCF	Automobile	Production de systèmes polyuréthane
HFC-134a		x		x		x
HFC-227ea		x	x		x	x
HFC-365mfc		x	x		x	x
HFC-152a		x				
HFC-245fa	x	x	x			x

Depuis 2009, il n'y a plus d'émission de HFC associée aux mousses OCF après l'interdiction de mise sur le marché des HFC dans ce type d'application par le règlement n° 842/2006/CE relatif aux gaz fluorés.

Les émissions de HFC ont lieu lors de la fabrication, pendant la durée de vie des équipements et en fin de vie. Les émissions en fin de vie sont apparues depuis 2015 dans le secteur des chauffe-eaux.

Les émissions de HFC des formulateurs de systèmes polyuréthane sont également prises en compte.

Il est considéré qu'il n'y a pas de HFC utilisés dans les territoires d'Outre-mer pour ces secteurs.

4.7.1.3 Extincteurs (2F3)

Ce secteur n'est pas une catégorie clé en 2017.

Les HFC sont utilisés depuis le milieu des années 1990 en remplacement des CFC et HCFC qui ont été interdits. Deux types de HFC sont consommés : le HFC-227ea en très grande majorité et le HFC-23. Les quantités de HFC vendues dans cette application sont en diminution depuis le milieu des années 2000. Trois sources d'émissions sont à considérer :

- Les émissions à la production correspondant aux pertes à la charge de l'extincteur,
- Les émissions pendant la durée de vie comprenant les émissions sur feux et les émissions intempestives,
- Les émissions en fin de vie des équipements tenant compte du recyclage.

4.7.1.4 Aérosols (2F4)

En 2017, hors UTCATF, ce secteur est la 36ème catégorie clé (0,4%) en termes de niveau d'émission (HFC) et la 29ème pour sa contribution à l'évolution des émissions de HFC (0,9%).

Deux catégories d'aérosols propulsés aux HFC sont distinguées :

- Les aérosols dits « techniques » : cette catégorie comprend diverses applications singulières où, pour des raisons techniques et de sécurité, les HFC sont utilisés dans les aérosols. Il s'agit par exemple des dépoussiérants informatiques, insecticides, graisses, etc…
- Les aérosols pharmaceutiques (MDI – Metered Dose Inhaler).

Les HFC ont remplacé, dans le milieu des années 1990, les CFC utilisés avant leur interdiction. Les HFC utilisés sont le HFC-134a et HFC-152a pour les aérosols techniques et le HFC-134a et HFC-227ea pour les aérosols pharmaceutiques.

Trois sources d'émissions potentielles sont à considérer :

- Les émissions à la charge en usine lors du conditionnement. Il existe en France un grand nombre de petits producteurs et conditionneurs pour les aérosols techniques et peu de sites producteurs de MDI,
- Les émissions à l'usage,
- Les émissions en fin de vie.

4.7.1.5 Solvants (2F5)

En 2017, ce secteur n'est pas une catégorie clé.

Les solvants fluorés sont utilisés dans les applications suivantes :

- Construction aéronautique,
- Assemblage électronique,
- Fabrication de matériel médical, etc.

Les HFC ont remplacé, dans le début des années 1990, les HCFC utilisés avant leur interdiction. Les HFC utilisés sont le HFC-4310mee, HFC-365mfc et, à degré bien moindre, le HFC-245fa. Un PFC, le C_6F_{14}, est également utilisé pour dissoudre les huiles et graisses fluorées.

Pour des raisons de confidentialité, les émissions de HFC des solvants sont rapportées en CO_2e avec les émissions de HFC-134a des fonderies de magnésium et les émissions de HFC-134a issues de la fabrication de caoutchouc synthétique dans la rubrique 2F5 « *Unspecified mix of HFCs* » de la table CRF *Table2(II)B-Hs2*.

De même, les émissions de C_6F_{14} des solvants sont rapportées en CO_2e avec les émissions des applications médicales et cosmétiques, des fluides de transfert de chaleur et autres applications techniques dans la rubrique 2G2 « *Solvents Medical and other use of PFCs* » de la table CRF *Table2(II)B-Hs2*.

Il est considéré qu'il n'y a pas de HFC utilisés dans les territoires d'Outre-mer.

4.7.1.6 Autres applications (2F6)

En 2017, ce secteur n'est pas une catégorie clé.

Les HFC peuvent être utilisés comme diluant lors de la production de certains produits chimiques, et notamment de caoutchouc synthétique. Il existe 4 sites de production de caoutchouc synthétique en France mais un seul a utilisé des HFC jusqu'en 2015, du HFC-134a.

Pour des raisons de confidentialité, les émissions de HFC de cette application sont rapportées en CO_2e avec les émissions de HFC-134a des fonderies de magnésium et les émissions des solvants dans la rubrique 2F5 « *Unspecified mix of HFCs* » de la table CRF *Table2(II)B-Hs2*.

4.7.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

4.7.2.1 Air conditionné et réfrigération (2F1)

Ce secteur est constitué de huit domaines d'application : applications domestiques, froid commercial, transports frigorifiques, industries, climatisation à air, groupes refroidisseurs d'eau (GRE ou chillers), pompes à chaleur résidentielles (PAC) et climatisation embarquée. Chaque secteur est décomposé en plusieurs sous-secteurs. La décomposition est celle utilisée par le rapport RTOC (Refrigeration, air-conditioning and heat pump Technical Option Committee, 2018) de l'UNEP. A la suite de la publication de l'édition 2018, les sèche-linges thermodynamiques ont été introduits dans le secteur « applications domestiques » dans le cadre de l'inventaire édition 2019.

Jusqu'à sa précédente édition, l'inventaire des émissions de fluides frigorigènes, incluant les HFC était réalisé par le Centre Efficacité énergétique des Systèmes de l'Ecole des Mines de Paris [207]. La méthode appliquée était de rang GIEC 2a.

A l'occasion de la reprise de l'inventaire des fluides frigorigènes par le CITEPA et de la création d'un nouvel outil pour le calcul des émissions de gaz fluorés, il a été décidé de réviser la méthode de calcul et de reconsolider la base de données. Cette méthode utilisera les mêmes grands principes que la méthode Tier 2a utilisée jusqu'à présent, mais certains points seront améliorés. La méthode, dite « bottum-up », part d'une décomposition des secteurs utilisateurs par application :

- Connaissant les marchés d'équipements et leurs caractéristiques de charge ainsi que les fluides frigorigènes utilisés par application, la banque, soit les quantités installées dans les équipements, est calculée, par fluide frigorigène, par application et par an. A cette banque, sont appliqués des facteurs d'émission fugitifs, par applications, qui permettent de calculer les émissions fugitives, incluant les émissions à la maintenance ;
- Connaissant les productions nationales d'équipements préchargés ainsi que les marchés d'équipements chargés sur site, les émissions à la charge peuvent être calculées ;
- Une courbe de durée de vie, appliquée à chaque sous-secteur d'équipement, permet d'estimer les quantités d'équipements parvenant en fin de vie. Un calcul de la charge résiduelle et la connaissance de l'efficacité de récupération des filières de fin de vie, permettent de calculer les émissions en fin de vie des équipements ;
- Les quantités de fluides frigorigènes nécessaires à la charge d'équipements sur site, à la production d'équipements préchargés et à la maintenance du parc peuvent être calculées. Les émissions dues aux talons de charge des bouteilles de fluides frigorigènes sont également prises en compte.

Dans le cadre de la nouvelle méthode de calcul, la vérification de cohérence sera assurée par plusieurs comparaisons croisées, à la fois par :

- La comparaison de la demande reconstituée (besoin en fluides frigorigènes pour la charge, la production et la maintenance de installations) aux quantités mises sur le marché déclarées à l'OFF (Observatoire des Fluides Frigorigènes de l'ADEME) et au SNEFCCA (Syndicat National des Entreprises du Froid, d'équipements de Cuisine professionnelles et de Conditionnement d'Air) ;
- La comparaison des quantités mises sur le marché dans les équipements préchargés selon le calcul et selon la déclaration OFF ;
- La comparaison des quantités nécessaires à la maintenance des équipements, selon le calcul et selon la déclaration à l'OFF de l'ADEME.

Dans le cadre des inventaires 2017, la méthode Tier 2a reconsolidée n'a pu être appliquée qu'à un seul secteur, celui des applications domestiques. Pour les autres secteurs, le calcul n'a pas été modifié jusqu'en 2016 et l'année 2017 a été évaluée, à partir des résultats 1990-2016, en considérant :

- Une évolution de la banque prenant en compte le marché neuf d'équipement et les quantités parvenant en fin de vie, en considérant une durée de vie moyenne ;
- Les marchés 2017 ont été calculés en utilisant les données d'activités 2017 et les niveaux de charge moyenne 2016 ;

- Les quantités parvenant en fin de vie ont été estimées à partir des quantités mises sur le marché x années plus tôt selon les résultats de l'inventaire 2016, x représentant la durée de vie moyenne du sous-secteur ;
- La part de l'évolution de la banque liée aux conversions d'installations a été estimée en fonction des tendances 2015-2016 observées par secteur ;

La méthode utilisée par secteur ainsi que les hypothèses détaillées seront précisées lors du prochain rapport d'inventaire. Dans le cadre de cette édition, les facteurs d'émissions à la charge, fugitifs et fin de vie ont été basés sur la tendance 2015-2016 et ont été appliqués aux banques, demandes et quantités parvenant en fin de vie de fluides frigorigènes par application.

Vérification croisée des déclarations de marchés de fluides frigorigènes et de la demande calculée dans les inventaires

Cette vérification consiste à comparer la demande en fluides frigorigènes estimée par la méthode de calcul réalisé dans les inventaires de fluides frigorigènes avec celle des déclarations des marchés de fluides à l'observatoire de l'ADEME et du syndicat professionnel de entreprises du froid et équipements (SNEFCCA). Cette vérification croisée n'a pas été réalisée cette année car l'outil n'étant pas finalisé, cette vérification sera faite dans la prochaine édition de l'inventaire.

4.7.2.2 Mousses isolantes (2F2)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2a.

Les émissions sont estimées par sous-application en différenciant les émissions à la production, pendant la durée de vie de l'équipement et en fin de vie.

Les mousses d'isolation ont des propriétés différentes selon qu'elles sont à cellules ouvertes ou à cellules fermées et selon le procédé de mise en œuvre.

Mousses à alvéoles ouvertes

L'intégralité des émissions de HFC utilisés se produit pendant le procédé de fabrication (mousse à peau intégrée PU) ou l'utilisation (OCF). Ainsi, le facteur d'émission utilisé est de 100%.

- Mousse à peau intégrée

Les consommations et les émissions de HFC sont obtenues à partir des déclarations annuelles des producteurs [19].

- OCF

Les ventes de boitiers OCF en France sont issues d'un rapport réalisé par EReIE en 2012 sur l'utilisation des HFC dans l'application des mousses d'isolation [520]. Cette étude donne également la masse des HFC dans la masse totale du boitier, une quantité de 70 g de HFC par boitier est ainsi utilisée. Les émissions obtenues sont calculées en multipliant les ventes de boitiers OCF en France, par la part de HFC utilisé en tant qu'agent d'expansion (50% entre 2000 et 2008 [520]) et par la quantité de HFC contenus dans un boitier.

Mousses à alvéoles fermées

Les HFC sont émis à la production, à l'usage et en fin de vie.

- SPF

La production de polyuréthane projeté en France provient du Syndicat Français des techniques du polyuréthane Projeté (SFTPP) [689] pour 2013. Les projections faites à l'horizon 2018 ont été utilisées pour estimer les productions après 2013. Les HFC ont été consommés à partir du milieu des années 2000. La répartition des ventes par type de HFC est estimée à partir de données d'un formulateur de mousse de PU [690]. Les productions pour les années antérieures à 2013 ont été calculées à partir des tendances de ventes de HFC de ce même formulateur pour cette application.

Les émissions de HFC sont calculées, par type de HFC, en tenant compte de la masse des HFC contenus dans la production totale de polyuréthane projeté et à l'aide des facteurs d'émission des lignes directrices du GIEC 2006 pour la charge et pendant la durée de vie [691].

- Chauffe-eau

Du HFC-245fa est utilisé dans les chauffe-eaux depuis 2000. Le GIFAM (Groupement Interprofesionnel des Fabricants d'Appareils d'équipements Ménager) recense les ventes de chauffe-eau en France. La majorité des produits vendus en France est fabriquée en France et il est considéré que les importations compensent les exportations. Le GIFAM a réalisé une enquête auprès de ses membres pour connaître le type d'agent d'expansion utilisé ainsi que la quantité de HFC par appareil depuis 2000 [692]. Les quantités de HFC consommés par les fabricants sont calculées en fonction du nombre de chauffe-eau vendus, du type d'agent d'expansion et de la quantité de HFC injecté par appareil. Les émissions de fin de vie apparaissent à partir de 2015 où il est considéré que les HFC contenu dans les mousses des équipements ne sont pas récupérés.

Les émissions à la charge, pendant la durée de vie et en fin de vie, sont ensuite estimées à l'aide des facteurs d'émission des lignes directrices du GIEC 2006 [691].

- Bâtiments

Les panneaux de mousse de polyuréthane rigide pour l'isolation thermique des bâtiments, dont les principaux producteurs en France sont représentés au sein du Syndicat National des Polyuréthanes (SNPU) ne consomment pas de HFC comme agent gonflant.

Les mousses XPS utilisent du HFC-134a et du HFC-152a. Elles sont utilisées comme isolant thermique dans le bâtiment. Il existe en France deux sites de production de XPS expansé au HFC-134a et HFC-152a. Les facteurs d'émission associés sont spécifiques à ces entreprises et les émissions proviennent des déclarations annuelles des producteurs [19].

Le marché national des mousses a été estimé par le CITEPA à l'aide des données des fabricants de XPS en France. Les importations de XPS en France contenant des gaz fluorés sont également prises en compte dans les calculs. Les facteurs d'émission, pendant la durée de vie des XPS, sont tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [691].

- Transport frigorifique

Les productions nationales ne sont pas connues précisément. Elles sont estimées à partir des ventes des producteurs de chaque HFC en France. La France est un grand exportateur de véhicules frigorifiques, il est considéré que 75% des productions sont exportées [520]. Les facteurs d'émission des lignes directrices du GIEC 2006 à la charge et pendant la durée de vie de l'équipement sont utilisés pour estimer les émissions [691].

Formulateurs

Il existe quelques formulateurs de systèmes de polyuréthane en France dont les émissions et les consommations sont directement communiquées par les exploitants. Les facteurs d'émission induits sont donc spécifiques à la France et varient chaque année.

Les sources des facteurs d'émission par sous-applications ainsi que les sources et les types de données d'activités sont résumées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 53 : Sources des facteurs d'émission par sous-application des mousses

Source of emission factor	Electric water heaters	Building (SPF)	Building (XPS)	Transport refrigeration	One component foam (OCF)	Automobile equipment	Production of polyurethanes systems
Product	IPCC 2006	IPCC 2006	Plant	IPCC 2006	NO	Plant specific	Plant specific
Product life factor	IPCC 2006	IPCC 2006	IPCC 2006	IPCC 2006	IPCC 2006	NA	NA
Disposal loss factor	IPCC 2006	NO	NO	NO	NA	NA	NA

Tableau 54 : Sources et données d'activités par sous-application des mousses

Activity data	Electric water heaters	Building (SPF)	Building (XPS)	Transport refrigeration	One component foam (OCF)	Automobile equipment	Production of polyurethanes systems
Source	GIFAM (French federation)	SFTPP (French federation)	Plant specific	special report supplied by EReIE in 2012	special report supplied by EReIE in 2012	Plant specific	Plant specific
Data	- Number of water heaters - Type of foam blowing agents - Amount of foam blowing agent by appliance	- Production of SPF in France - Type of foam blowing agents	- Type of foam blowing agents - Amount of HFC used - Export vs import	- Type of foam blowing agents - Number of refrigerated truck produced - Amount of foam blowing agent by appliance	- Type of foam blowing agents - Amount of HFC contained in cans - Number of cans sold	- Type of foam blowing agents - Amount of foam blowing agent used	- Type of foam blowing agents - Amount of foam blowing agent used

4.7.2.3 Extincteurs (2F3)

La méthode appliquée est de rang GIEC 1a avec FE spécifiques au pays.

Les émissions sont estimées par application en différenciant les émissions à la production, pendant la durée de vie de l'équipement et en fin de vie. Les sociétés de vente et d'installations d'extincteurs ont mis en place depuis 2000 un programme d'amélioration ayant pour objectif de réduire les taux d'émissions. Les HFC utilisés sont le HFC-227ea en grande majorité (96%) et le HFC-23 à hauteur de 4% [209]. Le HFC-23 n'est plus mis sur le marché depuis le 1er janvier 2016 suite à l'application du règlement n°517/2014. Néanmoins, du HFC-23 peut être récupéré sur des équipements en fin de vie ou en maintenance, puis être recyclé avant réintégration dans de nouveaux équipements. Ainsi, il apparait encore une (très faible) part de nouveaux équipements contenant du HFC-23 [688].

Emissions à la production

Les ventes nationales sont transmises par le GIFEX (Groupement des fabricants installateurs de systèmes d'extinction automatiques fixes) jusqu'en 2010. A partir de 2013, les données proviennent de l'Observatoire des Fluides Frigorigènes de l'ADEME (OFF) [688] qui recense les quantités de HFC acquises et mises sur le marché par type de HFC. Les années 2011 et 2012 ont été déduites par linéarisation des ventes de 2010 et 2013. Le facteur d'émission national [209] évolue de 2000 à 2010 pour tenir compte du programme d'amélioration des installateurs de réduire les taux d'émissions.

Emissions pendant la durée de vie des équipements

Les ventes nationales sont transmises par le GIFEX (Groupement des fabricants installateurs de systèmes d'extinction automatiques fixes) jusqu'en 2010. A partir de 2013, les données proviennent de l'Observatoire des Fluides Frigorigènes de l'ADEME (OFF) [688] qui recense les quantités de HFC acquises et mises sur le marché par type de HFC. Le facteur d'émission national [209], correspondant à un taux de fuite accidentelle et un taux d'émission suite à des départs de feux, évolue de 2000 à 2010 pour tenir compte du programme d'amélioration des sociétés de vente et installateurs de réduire les taux d'émissions (amélioration sur les émissions intempestives).

Emissions à la fin de vie des équipements

Les émissions en fin de vie sont calculées en fonction de la banque et de la durée de vie des équipements. Il est considéré que la durée de vie des équipements est de 10 ans [209]. Le facteur d'émission national [693] correspond au taux d'émission de HFC au moment du recyclage des équipements en fin de vie. Ce taux est fourni par la principale entreprise qui recycle les HFC provenant des équipements d'extinction incendie et varie chaque année.

Les émissions des territoires d'Outre-mer sont estimées en fonction des émissions de la Métropole et d'un ratio basé sur le nombre d'emploi.

4.7.2.4 Aérosols (2F4)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2a.

Les émissions sont estimées par type d'aérosols, les aérosols techniques d'un côté et les aérosols pharmaceutiques de l'autre.

Aérosols techniques

Les émissions à la charge sont estimées à partir des quantités totales de HFC consommés et conditionnés en France pour ce type d'aérosols et d'un facteur d'émission provenant d'un important conditionneur français [19]. Les ventes en France sont transmises par le CFA (Comité Français des Aérosols) [210].

Dans le calcul des émissions à l'usage des aérosols techniques, afin de tenir compte du fait que les importations d'aérosols techniques sont plus importantes que les exportations, un facteur de 15% appelé « estimation du solde des importations » est appliqué à la consommation française [210]. L'intégralité du HFC contenu dans l'aérosol est supposée être émise au bout de deux ans.

Les émissions en fin de vie sont nulles car elles sont supposées avoir lieu en totalité pendant la durée de fonctionnement de l'aérosol.

Aérosols pharmaceutiques

Les émissions à la charge sont estimées à partir des déclarations des producteurs d'aérosols pharmaceutiques en France [19]. Un facteur d'émission national est utilisé et déduit à l'aide des quantités de HFC consommés et émises par les divers producteurs.

Le marché des aérosols pharmaceutiques en France métropolitaine est estimé annuellement par le plus important producteur français d'aérosols pharmaceutiques [521]. Les ventes dans les territoires d'Outre-mer UE et non UE sont déduites au prorata de la population. Les émissions sont calculées en fonction des ventes et de la charge de HFC par unité d'aérosols, estimé à 12 g de HFC/boitier [521]. Jusqu'en 2002 seul le HFC-134a est utilisé. A partir de 2003, le HFC-227ea est également employé comme propulseur (en quantité moindre) et la répartition de la consommation entre ces deux HFC est estimée en fonction de la production française.

A l'instar des aérosols techniques, l'usage des aérosols pharmaceutiques est totalement émissif et l'intégralité des HFC contenus dans les boitiers est émis en deux ans. Ces émissions, réparties sur deux ans, peuvent engendrer des pics sur le facteur d'émission en cas de variation trop importante de la donnée d'activité entre deux années. C'est le cas par exemple en 2005 où le facteur d'émission du HFC-227ea est deux fois plus élevés qu'en 2004 car la consommation en 2005 était presque trois fois moins importante qu'en 2004 tandis que les émissions sont lissées sur ces deux années. Ainsi, il est possible d'avoir des facteurs d'émission supérieur à 100% pour certaines années.

Les émissions en fin de vie sont nulles car elles sont supposées avoir lieu en totalité pendant la durée de fonctionnement de l'aérosol.

Les émissions des territoires d'Outre-mer sont estimées en fonction des émissions de la Métropole et d'un ratio basé sur la population.

4.7.2.5 Solvants (2F5)

La méthode appliquée est de rang GIEC 1a.

Les émissions sont estimées à partir des ventes annuelles qui ont été communiquées par les producteurs de gaz fluorés :

- Les ventes de HFC-4310mee ont été transmises par DuPont [694] pour les années récentes et par Promosol (distributeur) [212] pour certaines années anciennes,
- Les ventes de HFC-365mfc ont été transmises par Solvay [695] et certaines années ont été estimées,

- Les ventes de HFC-245fa ont été estimées à partir des déclarations à l'Observatoire des Fluides Frigorigènes (OFF) de l'ADEME [688] à partir de 2014 et, faute d'information additionnelle, il a été supposé que les émissions ont été constantes de 2004 à 2014,

- Les ventes de C_6F_{14} ont été transmises par F2 Chemicals [648].

En outre, de petites quantités de HFC vendues en France sont réexportées. Ce taux a été fourni par un producteur et appliqué aux autres producteurs. Ces quantités sont soustraites des consommations nationales.

Les émissions sont calculées en considérant que l'intégralité des HFC est utilisée et émise à l'atmosphère au bout de deux ans.

4.7.2.6 Autres applications (2F6)

Les émissions de HFC-134a du site de production de caoutchouc synthétique sont déclarées chaque année par l'exploitant [19].

4.7.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2F).

Concernant la catégorie 2F1, les incertitudes du calcul sont liées à 3 types de paramètres : les données statistiques concernant les marchés et productions d'équipements, les caractéristiques et hypothèses permettant l'estimation des taux d'émissions et enfin les caractéristiques liées à la vie de l'équipement (durée de vie, rétrofit). Le froid domestique, la climatisation fixe et les chillers sont trois domaines avec peu d'incertitude (estimée entre 3 et 5% en première approche) liée essentiellement au paramètre de la durée de vie. Les autres secteurs ont des niveaux d'incertitude plus élevés, le transport étant le plus critique mais représentant la plus petite part des émissions.

Au global, l'incertitude moyenne estimée pour l'activité liée à la catégorie 2F est de 20%.

L'incertitude pour les facteurs d'émission des HFC est également estimée à 20%, pour les mêmes raisons.

4.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

La démarche qualité consiste à reconstituer la demande des fluides frigorigènes et à la comparer aux marchés de fluides déclarés par les distributeurs. Le calcul des marchés constitue l'étape de validation de l'inventaire. Exceptionnellement, ce travail n'a pu être réalisé dans l'édition de 2019 du fait de la réalisation de l'outil de calcul des émissions de gaz fluorés mais le sera pour l'édition 2020. Chaque année, les mises à jour sont tracées, les évolutions des sources suivies et les interviews d'experts conservées. Le CITEPA répertorie également les fichiers de résultats par domaine ainsi que tous les documents, rapports mondiaux ou conférences sur le sujet et cherche à améliorer constamment le croisement des données pour valider le plus précisément possible les résultats.

La France a participé en 2013/2014 à des échanges de revue bilatérale avec l'Allemagne sur l'inventaire des émissions de gaz fluorés. Lors de ces échanges, de multiples questions ont été posées concernant les grands principes de l'inventaire (complétude, cohérence, transparence). Ainsi, les

principes d'assurance qualité ont été contrôlés à travers cette revue croisée. Suite à ces échanges, certaines améliorations et corrections ont pu être effectuées.

Le CITEPA contrôle chaque année s'il y a de nouveaux sites émetteurs de HFC en France à partir du registre déclaratif français [19] pour assurer l'exhaustivité des émissions des industriels (fabricants des secteurs mousses d'isolation, production d'aérosols et autres sites industriels).

4.7.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2F

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	0	1 208	5 906	12 526	13 478	14 657	15 568	15 964	17 108	18 333	18 686	18 756	18 767	18 951	19 015	
Nouveau	kt CO2e	0	1 207	5 906	12 513	13 447	14 594	15 505	15 910	17 080	18 290	18 639	18 713	18 724	18 914	18 990	18 403
Différence	kt CO2e	0	-0,25	-0,32	-13	-32	-63	-63	-54	-28	-44	-46	-43	-43	-37	-25	
	%	-	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Les résultats ci-dessus sont issus de différents recalculs dans diverses applications. Néanmoins, les recalculs provenant du CRF 2F1 sont les plus impactants sur les émissions.

4.7.5.1 Air conditionné et réfrigération (2F1)

<u>Froid domestique :</u>

Description des recalculs

Dans le cadre de cet inventaire, la méthode de calcul et les hypothèses du secteur froid domestique ont été entièrement revus.

- Les secteurs des caves à vin et sèche-linge thermodynamiques ont été introduits (conformément aux applications considérées dans la dernière édition du rapport RTOC de l'UNEP) ;
- Les marchés d'équipements ont été vérifiés sur l'historique en collaboration avec le GIFAM (groupement interprofessionnel des fabricants d'équipement ménager) ;
- Une variation annuelle des paramètres caractéristiques des équipements, permettant de calculer la charge, a été introduite : le ratio de charge volumique par fluide frigorigène et le volume moyen varient désormais au cours du temps. Les données issues d'enquêtes réalisées dans le cadre de précédentes études d'inventaires ont été introduites et des interpolations permettent d'obtenir une courbe de tendance.
- L'évolution des fluides frigorigènes a été reconstituée : à partir des données issues des rapports d'inventaires d'une part, et sur l'historique, en fonction des tendances données par le RTOC report.
- Enfin, les facteurs d'émission ont été revue : le facteur d'émissions à la charge a été corrigée à la baisse, faute d'information plus précise, afin de suivre les recommandations du GIEC. Le facteur d'émission en fin de vie est basé sur les bilans de la filière DEEE communiqués dans les rapports annuels de l'ADEME.
- Charge : (évolution de ces paramètres au cours du temps)

Les conséquences sont :

- De 1994 à 2000 les émissions de R-134a sont plus basses, du fait de la correction appliquée au ratio de charge et au volume moyen ;

- De 2001 à 2016, l'ajout de nouveaux secteurs dans les applications domestiques dont la production en France existe depuis le début des années 2000 (cave à vin) et 2013 (sèche-linge PAC) a conduit à une augmentation de la production annuelle.
- Une augmentation des émissions fugitives de R-134a liée à un léger accroissement de la banque, lui-même dû à une correction du marché d'équipement (liée aux communications plus précises du GIFAM) et à la courbe d'évolution du ratio de charge appliquée.
- Une baisse des émissions de R-134a en fin de vie à partir de 2004 du fait de la réduction de la charge moyenne des équipements induite par les courbes de tendance établies pour le ratio de charge et les volumes moyens.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude (reconsolidation de la méthode), et de la transparence (amélioration des sources de données).

4.7.5.2 Extincteurs (2F3)

Description des recalculs

Mise à jour de la part de HFC-23 et HFC-227ea dans les nouveaux équipements mis en service en 2016 (les données de l'observatoire de l'ADEME sont utilisées plutôt que des hypothèses). Cette modification engendre une légère hausse des émissions de HFC-23 et une légère baisse des émissions de HFC-227ea.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.7.5.3 Aérosols (2F4)

Description des recalculs

<u>Aérosols pharmaceutiques :</u>

Mise à jour de la population des territoires Outre-mer inclus dans l'UE.

<u>Aérosols techniques :</u>

Mise à jour de la population des territoires Outre-mer inclus dans l'UE.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.7.5.4 Solvant (2F5)

Description des recalculs

Modification des ventes en France de HFC utilisés comme solvant à l'aide de données récentes d'un producteur de HFC

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.7.6 Améliorations envisagées

4.7.6.1 Air conditionné et réfrigération (2F1)

Les secteurs du 2F1 autres que les applications domestiques seront revus en profondeur pour la prochaine édition de l'inventaire à l'aide du nouvel outil créé dans le cadre des inventaires de gaz fluorés.

4.8 Autres usages et fabrication de produits (CRF 2G)

4.8.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette catégorie regroupe les émissions des gaz à effet de serre issus des autres usages non reportés dans les CRF 2 précédents. Les secteurs sont divers et les GES correspondants également (N_2O, SF_6, PFC et HFC).

4.8.1.1 Equipements électriques (2G1)

En 2017, ce secteur n'est pas une catégorie clé.

Le SF_6 est utilisé comme diélectrique et agent de coupure dans les équipements de haute et moyenne tension du parc électrique français. Il existe plusieurs sites de production de ces équipements en France.

Les constructeurs d'équipements électriques via le GIMELEC et RTE se sont engagés en 2004, sur la base d'un volontariat, à maintenir à l'horizon 2010 le niveau d'émissions de SF_6 de 1995. Cet objectif a été atteint, les émissions ayant été divisées par plus de deux.

Trois catégories d'émissions de SF_6 sont distinguées :

- Les émissions à la charge correspondant aux pertes à la charge de l'équipement,
- Les émissions pendant la durée de vie comprenant les fuites accidentelles et les fuites lors des opérations de maintenance,
- Les émissions en fin de vie des équipements.

4.8.1.2 Autres utilisations de SF_6 et PFC (2G2)

D'autres sources que les équipements électriques sont consommatrices et émettrices de SF_6 telles que les chaussures de sport, certaines industries (fabrication de câbles et tubes électroniques), les AWACS, les accélérateurs de particules et la recherche. Certaines applications spécifiques non traitées dans les secteurs précédents consomment également des PFC.

SF_6 utilisé dans les chaussures de sport

Les SF_6 est utilisé dans les chaussures de sport dont la semelle contient un coussin d'air qui contient le SF_6. Ce gaz a été utilisé jusqu'en 2000.

SF_6 utilisé dans le secteur industriel

Du SF_6 est consommé dans certains secteurs industriels tels que la fabrication de tubes électroniques et la production de câbles où il est utilisé comme isolant électrique. Sur certains sites, il existe des systèmes de récupération du SF_6 afin de le réutiliser ou le recycler.

SF_6 utilisé par les AWACS

Le SF_6 est utilisé comme isolant dans les systèmes de radar des avions de reconnaissance militaires de type Boeing E-3A (communément appelés AWACS). Les quatre AWACS exploités par l'Armée de l'Air française ont été mis en service en 1991.

SF_6 utilisé par les accélérateurs de particules

Le SF_6 est utilisé comme gaz isolant dans les accélérateurs de particules. Trois types d'accélérateurs de particules sont distingués :

- Accélérateurs industriels,
- Accélérateurs de recherche/université,
- Accélérateurs médicaux (radiothérapie).

SF_6 utilisé dans la recherche

Le SF_6 est utilisé pour ses caractéristiques spécifiques dans certaines activités liées à la recherche. Il est notamment employé lors d'essais de mouvements liquides afin de déterminer le comportement du gaz naturel dans les terminaux méthaniers. Les consommations ont été communiquées par l'organisme consommant le SF_6 pour cette activité [558]. De plus, ce gaz est utilisé comme gaz traceur dans le secteur agricole afin de connaitre les émissions de NH_3, N_2O et CH_4 issues des stockages de lisiers et bâtiments d'élevages et pour la validation de modèle de dispersion atmosphérique. Les consommations de SF_6 ont été transmises par deux instituts [651] et [652].

PFC utilisés dans d'autres applications techniques

Certaines applications techniques utilisent également des PFC comme celles utilisées comme fluide de transfert de chaleur ou dans les applications cosmétiques et médicales. Les PFC utilisés sont le C_2F_6, C_3F_8, C_4F_{10}, C_5F_{12}, C_6F_{14} et $C_{10}F_{18}$.

Pour des raisons de confidentialité, les émissions de PFC des applications médicales et cosmétiques sont rapportées avec celles des solvants, des fluides de transfert de chaleur et d'autres applications techniques dans la rubrique 2G2 « *Solvents Medical and other use of PFCs* » de la table CRF *Table2(II)B-Hs2*. Les émissions sont rapportées en CO_2e.

4.8.1.3 Autres utilisations de N_2O (2G3)

Ce secteur n'est pas une catégorie clé.

Anesthésie

Selon [228], le marché européen du N_2O médicinal est de 1 800 t dont 90% pour le secteur médical. Le marché pour l'anesthésie en Europe en 2000 est donc évalué à 1620 t.

Crème chantilly

La consommation de N_2O comme gaz propulseur de crème chantilly est à l'origine d'émissions de GES. Les données de ventes d'aérosols de crème chantilly, dans lesquels le N_2O est consommé, sont

transmises par le CFA [561]. Elles sont estimées à environ 25 millions d'unités en France métropolitaine et sont considérées comme étant constantes d'une année à l'autre.

4.8.1.4 Autres utilisations de HFC et solvants (2G4)

Les HFC peuvent être utilisés dans les systèmes de cycles organiques de Rankine qui sont conçus pour convertir la chaleur en électricité. Les HFC y sont utilisés comme fluide de travail. Cette activité est toutefois peu répandue en France. Les HFC-365mfc et HFC-245fa sont utilisés dans cette application.

Concernant les solvants, pour plus de détails, se référer au chapitre 4.5.1.3.

4.8.1.5 Autres utilisations de carbonates (2G4)

Les émissions déterminées dans cette section sont liées au phénomène de décarbonatation induit par l'utilisation de produits carbonés dans les techniques de désulfuration.

Certaines installations de chauffage urbain (3 sites) et certaines centrales thermiques (4 sites) sont équipées d'un système de désulfuration afin de réduire les émissions de SO_2. Ces techniques utilisent comme neutralisant un produit carboné tel que du calcaire ou du bicarbonate de soude. En chauffant, cette matière émet des émissions de CO_2.

Chauffage urbain

L'activité correspond à la consommation de produits utilisés (carbonate de calcium dans un cas depuis 2006, bicarbonate de sodium depuis 2008 dans l'autre et depuis 2013 pour le dernier). Ces consommations sont déterminées site par site [19].

Centrales thermiques

L'activité correspond à la consommation de produits utilisés. Les quantités sont déterminées site par site. Diverses méthodes sont appliquées selon les cas rencontrés comme indiqué ci-dessous.

Centrales thermiques avec mise en œuvre de la désulfuration depuis 1999		Centrales thermiques avec mise en œuvre de la désulfuration de 1990 à 1998
1999-2004	à partir de 2005	Méthode C
Méthode B	Méthode A	

Méthode A : Utilisation des déclarations annuelles de polluants [19].

Méthode B : Les consommations sont déterminées à partir des émissions de CO2 liées à la décarbonatation qui sont connues via les déclarations annuelles de polluants [19] et du facteur d'émission associé à l'utilisation du calcaire, soit 440 kg CO2/t calcaire [348 – tableau 5].

Méthode C : Données communiquées par les sites.

4.8.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

4.8.2.1 Equipements électriques (2G1)

La méthode appliquée est de rang GIEC 2a.

Emissions à la charge

Chaque année le GIMELEC communique les quantités de SF_6 installées et les émissions associées déclarées par les producteurs d'équipements électriques [214]. A partir de 2014, les émissions de SF_6 proviennent des déclarations des industriels [19] et les consommations sont déduites en utilisant un facteur d'émission identique à celui de 2013. Les émissions sont estimées sur chaque site par bilan matière.

Emissions pendant la durée de vie des équipements

Les émissions de l'ensemble du réseau électrique sont estimées par Enedis (anciennement ErDF) [381] et RTE [215] à partir de 2008 et par EDF [773] à partir de 2010 puis déclarées annuellement dans leur rapport Développement Durable. RTE réalise des enquêtes pour déterminer la banque de SF_6 installée, les taux de fuites intrinsèques aux équipements et les taux de fuites à la maintenance. Pour les années antérieures, la quantité de SF_6 présent dans le parc français et le taux d'émission ont été estimés par EDF qui regroupait alors les entités RTE et Enedis. La part d'activité des autres producteurs, transporteurs et distributeurs d'électricité en France est estimée respectivement à 14%, 0% et variable en fonction des années (les données de consommation issues de la Loi de transition énergétique pour la croissance verte sont utilisées à partir de 2012 et varient de 3,4% à 7,6%) [908]. Ainsi, des émissions de SF_6 sont ajoutées pour ces opérateurs en supposant un même rendement au niveau de la maintenance des équipements électriques.

Les émissions des territoires d'Outre-mer sont estimées par territoire au prorata de la production d'électricité et en utilisant le même taux d'émission que celui de la métropole.

Emissions à la fin de vie des équipements

Les équipements électriques en fin de vie sont supposés apparaitre à partir de 2005. L'Observatoire des Fluides Frigorigènes de l'ADEME [688] recense depuis 2014 (relatif à l'année 2013) les quantités récupérées, recyclées et détruites issues des équipements électriques hors d'usage. La fraction de SF_6 restant dans les équipements au moment du retrait est fournie par une entreprise qui traite le SF_6 en fin de vie dans le but de l'envoyer au recyclage ou en destruction [696]. Ainsi, selon l'industriel, les normes imposent que les enveloppes soient vidangées à des pressions inférieures à 20 mbar en pression absolue équivalent à une vidange au minimum à 98,7% pour des équipements classiques. Un taux de perte de 1,3% est donc appliqué aux quantités de SF_6 récupérées. Les émissions de SF_6 sont ainsi estimées à l'aide de ce taux d'émission et des quantités de SF_6 des équipements en fin de vie.

Les émissions de SF_6 des territoires d'Outre-mer sont estimées à l'aide des émissions de la Métropole et d'un ratio basé sur la production d'électricité.

4.8.2.2 Autres utilisations de SF_6 et PFC (2G2)

Le niveau de méthode utilisé dépend des secteurs considérés.

SF_6 utilisé dans les chaussures de sport

Les quantités consommées sont communiquées pour les années 1990 à 1999 par la société commercialisant ce type de produit [216]. Les émissions sont calculées en considérant que l'intégralité du SF_6 est émis en deux ans.

SF_6 utilisé dans le secteur industriel

Les émissions de SF_6 sont estimées par bilan matière et sont déclarées aux DREAL [19] chaque année par les exploitants.

SF_6 utilisé par les AWACS

Les émissions de SF_6 sont fournies par l'Armée [556] ou extraites des déclarations des émissions [19] à partir de 2009 et déduites pour les années antérieures à partir de la moyenne des émissions entre 2009 et 2012. Elles sont calculées à partir des quantités chargées dans les avions et qui ne sont pas récupérées.

SF_6 utilisé par les accélérateurs de particules

Les émissions de SF_6 ont été estimées séparément pour les accélérateurs de particules des secteurs industriels, recherche/université et applications médicales.

Accélérateurs industriels :

Le parc d'accélérateurs de particules industriels est difficilement estimable par l'ASN (Autorité de Sureté Nucléaire). Par conséquent, le nombre d'accélérateurs de particules en France a été estimé à l'aide d'une étude allemande [650]. Il a été considéré en première approximation que le nombre d'accélérateurs industriels en France était identique à celui de l'Allemagne jusqu'en 2010 puis qu'il reste constant pour les années suivantes. Les facteurs d'émission des lignes directrices du GIEC 2006 ont été utilisés afin d'estimer les émissions de ce secteur.

Accélérateurs de recherche/université :

La méthode Tier 2 a été privilégiée. Les consommations et/ou émissions de SF_6 ont été communiquées par différents instituts de recherche et laboratoires en France, membres du réseau RASTA (Réseau d'Aides Scientifiques et Techniques des Accélérateurs) [910]. Ce réseau regroupe des personnels scientifiques et techniques autour des accélérateurs électrostatiques de type Van de Graaff, Pelletron, Tandetron, etc. et comptabilise une petite trentaine de laboratoires francophones sous diverses appartenances : CNRS, CEA et Universités. Lorsque des exploitants ne connaissaient pas le volume chargé ou les rejets de SF_6 à l'atmosphère, les paramètres indiqués dans les lignes directrices du GIEC 2006 ont été appliqués.

Accélérateurs médicaux :

L'approche employée pour calculer les émissions de SF_6 est la méthode Tier 1 de l'IPCC 2006 qui est basée sur le nombre total d'accélérateurs qui consomment du SF_6 dans le domaine médical. Le livre blanc de la radiothérapie en France [557] réalisé en 2013 recense le nombre et le type d'appareils de traitement présents en France en 2011 et donne une prévision pour 2012. L'institut national du cancer a publié l'évolution du nombre d'appareils de traitement de la radiothérapie en France pour les années 2012 et 2016 [969]. Entre 2012 et 2016, il a été considéré une progression linéaire constante du parc d'équipements. En fonction du type d'équipements, le nombre d'appareils utilisant du SF_6 a pu être estimé. Le parc d'accélérateurs utilisés en radiothérapie a été estimé depuis 1990 par la SFPM (Société Française des Physiciens Médicaux). Ce nombre, en constante augmentation, est passé de 146 en 1990 à plus de 500 en 2016.

SF_6 utilisé dans la recherche

Les consommations ont été transmises par les organismes et instituts consommant du SF_6 dans leur activité [558], [651] et [652]. L'intégralité du SF_6 consommé est émis à l'atmosphère, le facteur d'émission utilisé est donc de 100%.

PFC utilisés dans d'autres applications techniques

Les principaux producteurs/fournisseurs de PFC pour des applications techniques [217] et des applications médicales et cosmétiques [648] ont communiqué les ventes annuelles par type de PFC et par type d'application :

- Les applications ouvertes où l'usage est totalement émissif,
- Les applications confinées où les émissions sont plus restreintes (taux de fuite estimé à 5%) [217].

4.8.2.3 Autres utilisations de N_2O (2G3)

Anesthésie

Les émissions sont déterminées proportionnellement à la population [96] en supposant que le cas français est proche du ratio moyen européen.

Crème chantilly

Le taux de N_2O contenu dans un boitier de crème chantilly a été transmis par le CFA [561] et est égal à 6 g N_2O/unité. L'intégralité du N_2O contenu dans les aérosols de crème chantilly est considéré être émis à l'atmosphère en un an. Par conséquent, un taux d'émission de 100% est appliqué. Les émissions sont donc calculées en multipliant le nombre de boitiers de crème chantilly vendus en France par la quantité de N_2O contenue dans un boitier.

4.8.2.4 Autres utilisations de HFC et solvants (2G4)

Pour les systèmes de cycles organiques de Rankine, une première liste des systèmes ORC installés en France a été transmise par Enertime [774]. Certains autres systèmes ont été recensés sur le site internet suivant : https://orc-world-map.org/ et d'autres directement auprès des fabricants d'équipements.

En général, l'année de mise en service, le type de fluide, le secteur d'activité et la puissance installée sont connues pour chaque équipement. Les quantités de HFC installés ont soit été transmises par les opérateurs soit estimées à partir de la puissance installée selon le ratio de 3 tonnes de HFC par MW. Les facteurs d'émission sont tirés du NIR de l'Allemagne (pertes de 2% à la charge et de 4% pendant la durée de vie de l'équipement).

Concernant les solvants, pour plus de détails, se référer au chapitre 4.5.2.3.

4.8.2.5 Autres utilisations de carbonates (2G4)

Chauffage urbain

Trois sites de chauffage urbain mettent en œuvre une technique secondaire de désulfuration respectivement depuis 2006, 2008 et 2013.

Les émissions de CO_2 proviennent des déclarations annuelles de polluants [19].

Centrales thermiques

Quatre centrales thermiques sont équipées de systèmes de désulfuration afin de réduire les émissions de SO_2 (1 site depuis 1990, 1 site depuis 1995 et 2 sites depuis 1999). La technique appliquée utilise comme neutralisant du calcaire.

Les émissions sont déterminées de la même façon que la méthode décrite précédemment pour la consommation de produit.

4.8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2G).

Les incertitudes sur les activités et facteurs d'émission estimées pour la catégorie 2G dépendent du type de gaz à effet de serre puisque les sous-applications sont différentes les unes des autres. Ces valeurs sont basées sur l'avis des experts sectoriels.

Les incertitudes liées à l'activité sont respectivement égales à 5%, 20%, 10%, 20% et 30% pour le CO_2, le N_2O, les HFC, les PFC et le SF_6.

Les incertitudes liées au facteur d'émission sont respectivement égales à 8%, 1%, 20%, 10% et 20% pour le CO_2, le N_2O, les HFC, les PFC et le SF_6.

4.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

La France a participé en 2013/2014 à des échanges de revue bilatérale avec l'Allemagne sur l'inventaire des émissions de gaz fluorés. Lors de ces échanges, de multiples questions ont été posées concernant les grands principes de l'inventaire (complétude, cohérence, transparence). Ainsi, les principes d'assurance qualité ont été contrôlés à travers cette revue croisée. Suite à ces échanges, certaines améliorations et corrections ont pu être effectuées.

Le CITEPA contrôle chaque année s'il y a de nouveaux sites industriels émetteurs de SF_6 ou PFC en France à partir du registre déclaratif français [19] pour assurer l'exhaustivité des émissions des industriels.

Comme recommandé par les lignes directrices du GIEC 2006 pour le CRF 2G1, les facteurs d'émission à la charge, pendant la durée de vie et en fin de vie des équipements électriques de la France ont été comparés à ceux d'autres pays de l'Union européenne pour s'assurer de leur cohérence.

Comme recommandé par les lignes directrices du GIEC 2006 pour le CRF 2G1, les facteurs d'émission à la charge et pendant la durée de vie des équipements électriques ont été comparés aux facteurs d'émission par défaut des lignes directrices du GIEC 2006 afin de s'assurer de leur cohérence.

4.8.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2G

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	2 197	2 504	2 114	1 799	1 739	1 726	1 782	1 654	1 647	1 620	1 677	1 586	1 445	1 416	1 451	
Nouveau	kt CO2e	2 270	2 588	2 192	1 851	1 798	1 798	1 862	1 717	1 748	1 673	1 702	1 601	1 504	1 437	1 479	1 560
Différence	kt CO2e	+73	+84	+78	+52	+60	+72	+80	+63	+101	+54	+26	+15	+59	+22	+28	
	%	+3%	+3%	+4%	+3%	+3%	+4%	+4%	+4%	+6%	+3%	+2%	+1%	+4%	+2%	+2%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Les impacts les plus importants de ces recalculs concernent le CRF 2G4.

4.8.5.1 Equipements électriques (2G1)

Description des recalculs

Légères modifications des émissions à l'usage provenant de la modification de la part attribuée aux distributeurs d'électricité autre que Enedis à l'aide des données mises à jour par les opérateurs pour 2016.

Mise à jour de la consommation de bicarbonate de soude pour un des sites de chauffage urbain pour l'année 2016.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.8.5.2 Autres utilisations de SF_6 et PFC (2G2)

<u>Accélérateurs de particules (2G2b) :</u>

Description des recalculs

- Ajout de certains accélérateurs de particules de la recherche (impact légèrement les émissions de SF_6 à partir de 2007)
- Mise à jour du nombre d'accélérateurs de particules médicaux en France suite à des données disponibles de l'institut du cancer. Ceci impact très légèrement à la baisse les émissions sur les années 2013 à 2016

Raison et justification

Amélioration de l'exhaustivité et de l'exactitude.

4.8.5.3 Autres utilisations de N_2O (2G3)

Description des recalculs

Les légères modifications constatées sur les émissions de N_2O issus des applications médicales (anesthésie) et des aérosols alimentaires (crème chantilly) proviennent de la mise à jour de la population dans les territoires Outre-mer inclus dans l'UE.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

4.8.5.4 Autres utilisations de HFC et solvants (2G4)

Description des recalculs

Les recalculs dans cette rubrique sont multiples :

Un recalcul est engendré par la mise à jour des données utilisées dans l'inventaire de l'utilisation des solvants domestiques (impact les émissions de CO_2) et engendre une augmentation sur toute la période.

Par ailleurs, deux ORC utilisant des gaz fluorés ont été ajoutés à l'inventaire grâce à de nouvelles données (impact sur l'inventaire à partir de 2012).

Les autres recalculs proviennent de la modification du bilan de l'énergie qui impacte les consommations en France de lubrifiants et paraffines. De plus, il y a eu une modification des consommations de lubrifiants pour les 2 temps.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude et de l'exhaustivité.

4.8.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration prévue.

4.9 Autres procédés (CRF 2H)

4.9.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette catégorie ne regroupe que les émissions de CO_2 induites par la décarbonatation dans le secteur de la production de papier, comptabilisées dans le code CRF 2H1.

4.9.1.1 Décarbonatation pour la pâte à papier (2H1)

Ce secteur n'est pas une source clé en 2017.

Cette section ne traite que des émissions engendrées par la décarbonatation lors de la production de papier à l'exclusion des émissions relatives aux éventuelles installations de combustion connexes et des autres procédés spécifiques relatifs à l'industrie du bois.

Un seul site de production de papier en France consomme du bicarbonate de soude.

La consommation de bicarbonate de soude est connue depuis 2014 via les déclarations annuelles [19]. Avant 2014, il est supposé que la consommation est constante.

Ces données de consommation sont confidentielles.

4.9.2 Méthode d'estimation des émissions

Les seules émissions induites dans ce secteur CRF 2H1 sont celles relatives au CO_2.

4.9.2.1 Décarbonatation pour la pâte à papier (2H1)

Les émissions de procédé sont dues à l'utilisation de carbonates comme produits chimiques d'appoint. Bien que les pertes de sodium et de calcium du système de récupération et de la zone de caustification soient généralement compensées par des substances chimiques ne contenant pas de carbonates, du carbonate de calcium ($CaCO_3$) et du carbonate de sodium (Na_2CO_3), qui entraînent des émissions de CO_2, sont parfois utilisés en faibles quantités [257].

Le carbone contenu dans ces substances chimiques est généralement d'origine fossile, mais il peut dans certains cas provenir de la biomasse (Na_2CO_3 acheté à des installations fabriquant du papier mi-chimique à base de soude). Il est émis sous forme de CO_2 par le four à chaux ou le four de récupération.

D'après la profession [257], les quantités de produits chimiques carbonatés utilisées pour la fabrication de papier sont très faibles.

La méthodologie mise en œuvre pour estimer les émissions de CO_2 est de rang GIEC 2.

Les émissions de CO_2 induites par l'utilisation de bicarbonate de soude sont connues pour le seul site concerné depuis 2014 via sa déclaration annuelle [19].

Avant 2014, il est supposé que les émissions de CO_2 sont constantes.

4.9.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 2H).

L'incertitude est de 5% sur l'activité et de 10% sur le facteur d'émission de CO_2.

La cohérence temporelle des séries est respectée. En effet, les données provenant des déclarations des exploitants utilisées pour les années récentes sont prises en compte pour estimer les émissions des années antérieures.

4.9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les émissions provenant des déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) puis validées par le Ministère chargé de l'Environnement. De plus, dans le cadre du SEQE, les émissions de CO_2 sont vérifiées par un organisme agréé avant d'être transmises aux autorités.

4.9.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 2H

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Il n'y a eu aucun recalcul sur la période pour ce code CRF.

4.9.6 Améliorations envisagées

Pas d'améliorations envisagées.

5 AGRICULTURE (CRF 3)

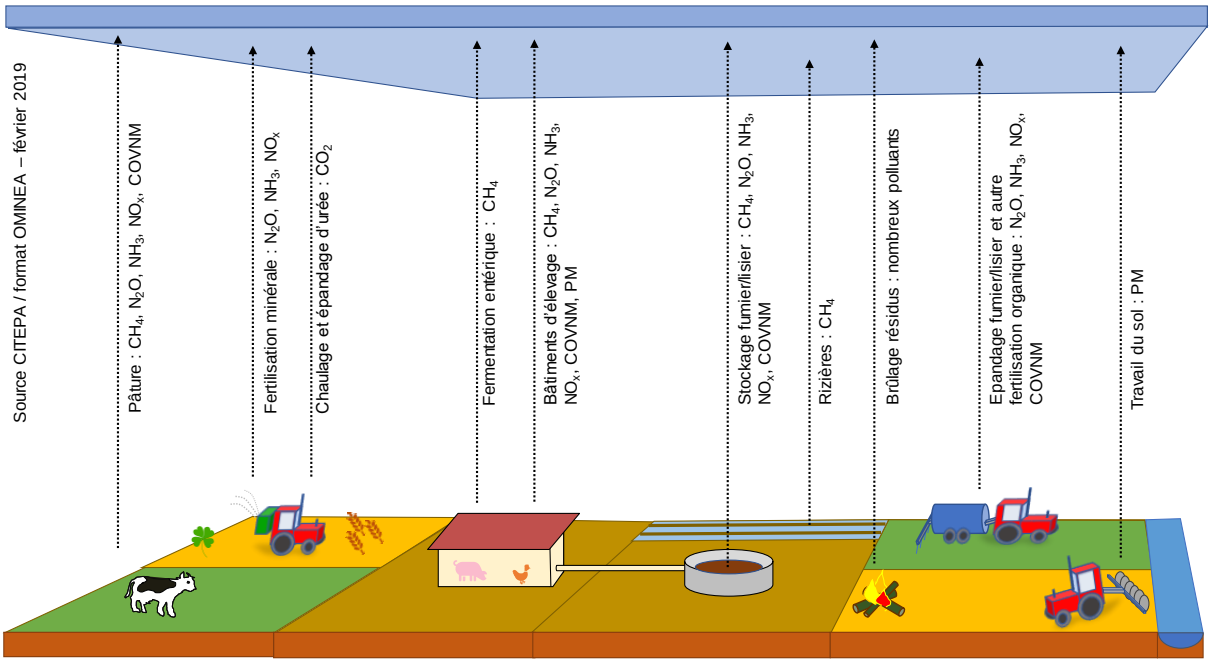
5.1 Présentation générale du secteur

Cette catégorie regroupe l'ensemble des émissions liées à l'agriculture en dehors des émissions liées à la consommation d'énergie (engins agricoles, chauffage des locaux, etc.) incluses dans le secteur CRF 1A4c, et des émissions de CO_2 incluses dans le secteur CRF 4 UTCATF (carbone des sols et biomasse).

Les différents postes d'émission du secteur agricole décrits dans cette partie sont listés ci-dessous et présentés sur le schéma suivant :

- Emissions liées à l'élevage :
  - Fermentation entérique : CH_4
  - Bâtiments d'élevage : CH_4, N_2O *(et à titre informatif : NH_3, NO_x, COVNM, PM)*
  - Stockage fumier/lisier : CH_4, N_2O *(et à titre informatif : NH_3, NO_x, COVNM)*
  - Epandage fumier/lisier : N_2O *(et à titre informatif : NH_3, NO_x, COVNM)*
  - Pâture : CH_4, N_2O *(et à titre informatif : NH_3, NO_x, COVNM)*
- Emissions liées à la fertilisation (autre que l'épandage des fumiers/lisiers précité) :
  - Fertilisation minérale : N_2O *(et à titre informatif : NH_3, NO_x)*
  - Autre fertilisation organique comprenant les boues, les composts et les déjections importées : N_2O *(et à titre informatif : NH_3, NO_x)*
- Emissions liées aux rizières : CH_4
- Emissions liées au travail du sol : *PM (à titre informatif)*
- Emissions liées au brûlage des résidus de récolte : nombreux polluants
- Emissions de CO_2 liées à l'épandage d'urée et d'amendements basiques (chaulage).

Figure 94 : Postes d'émission et polluants associés en agriculture



<u>NB</u> : le calcul des émissions de CH_4 et de N_2O liées à la gestion des déjections selon les lignes directrices du GIEC 2006 regroupe les postes bâtiment et stockage. Ils sont présentés séparément sur

le schéma ci-dessus mais les calculs sont effectués en regroupant ces deux postes (voir section 3.B Gestion des déjections).

La source d'émissions liée au brûlage des savanes, normalement rapportée dans la catégorie CRF 3E, est jugée inexistante en France.

Tableau 55 : Émissions de gaz à effet de serre de l'AGRICULTURE

AGRICULTURE (périmètre Kyoto)				Secteurs-d.xlsx
	1990		2017	
Polluants	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF
CO_2	1 765	0,4%	1 943	0,6%
CH_4	42 303	61,1%	38 544	68,5%
N_2O	38 243	57,8%	35 721	85,1%
HFC	0	0,0%	0	0,0%
PFC	0	0,0%	0	0,0%
SF_6	0	0,0%	0	0,0%
NF_3	0	0,0%	0	0,0%
PRG	82 312	15,0%	76 209	16,4%

Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

L'agriculture est un émetteur prépondérant pour le N_2O et le CH_4 avec, en 2017, respectivement 85,1% et 68,5% des émissions de la France au périmètre Kyoto, ce qui place ce secteur au premier rang pour ces deux gaz à effet de serre. L'agriculture du CRF 3 n'émet que très peu de CO_2, les seules sources de CO_2 étant le chaulage des terres et l'épandage d'urée minérale sur les sols agricoles. La part de l'agriculture pour le N_2O est en augmentation depuis 1990, bien que les émissions soient en baisse, ce qui s'explique par la chute des émissions de N_2O dans les secteurs industriels. Le même constat est fait, dans une moindre mesure, pour le CH_4.

Système PACRETE pour l'élevage

L'estimation précise des émissions liées à l'élevage est un travail complexe qui nécessite notamment de compiler beaucoup d'informations issues de sources différentes. Un système a donc été mis en place au niveau des inventaires français pour gérer au mieux ces calculs : le système PACRETE (Programme Access pour le Calcul Régionalisé des Emissions aTmosphériques de l'Elevage). Le système PACRETE permet d'harmoniser des données régionales, issues de différentes sources, sur les effectifs animaux, l'alimentation, les types de bâtiments d'élevage, les pratiques d'épandage des effluents, le temps passé au pâturage, etc. Il permet ensuite de calculer de manière cohérente l'ensemble des émissions liées à l'élevage. Les explications suivantes font partie intégrante de ce système.

La réforme des régions françaises

En 2015, la division territoriale de la France a été réformée, prenant effet à compter du 1er janvier 2016. Le nombre de régions métropolitaines est passé de 22 à 13 (dont la Corse). Le tableau ci-dessous présente les correspondances entre anciennes et nouvelles régions.

Tableau 56 : Correspondances entre anciennes et nouvelles régions

Nouveau Code	Nouveau Nom	Anciens Code	Anciens Nom
76	Occitanie	91	Languedoc-Roussillon
44	Grand-Est	21	Champagne-Ardenne
28	Normandie	23	Haute-Normandie
27	Bourgogne-Franche-Comté	43	Franche-Comté
01	Guadeloupe	01	Guadeloupe
28	Normandie	25	Basse-Normandie
53	Bretagne	53	Bretagne
02	Martinique	02	Martinique
75	Nouvelle-Aquitaine	54	Poitou-Charentes
84	Auvergne-Rhône-Alpes	82	Rhône-Alpes
52	Pays de la Loire	52	Pays de la Loire
94	Corse	94	Corse
93	Provence-Alpes-Côte d'Azur	93	Provence-Alpes-Côte d'Azur
11	Ile-de-France	11	Ile-de-France
27	Bourgogne-Franche-Comté	26	Bourgogne
75	Nouvelle-Aquitaine	72	Aquitaine
24	Centre-Val de Loire	24	Centre
76	Occitanie	73	Midi-Pyrénées
32	Hauts-De-France	22	Picardie
44	Grand-Est	42	Alsace
06	Mayotte	06	Mayotte
32	Hauts-De-France	31	Nord-Pas-de-Calais
04	La Réunion	04	La Réunion
84	Auvergne-Rhône-Alpes	83	Auvergne
03	Guyane	03	Guyane
75	Nouvelle-Aquitaine	74	Limousin
44	Grand-Est	41	Lorraine

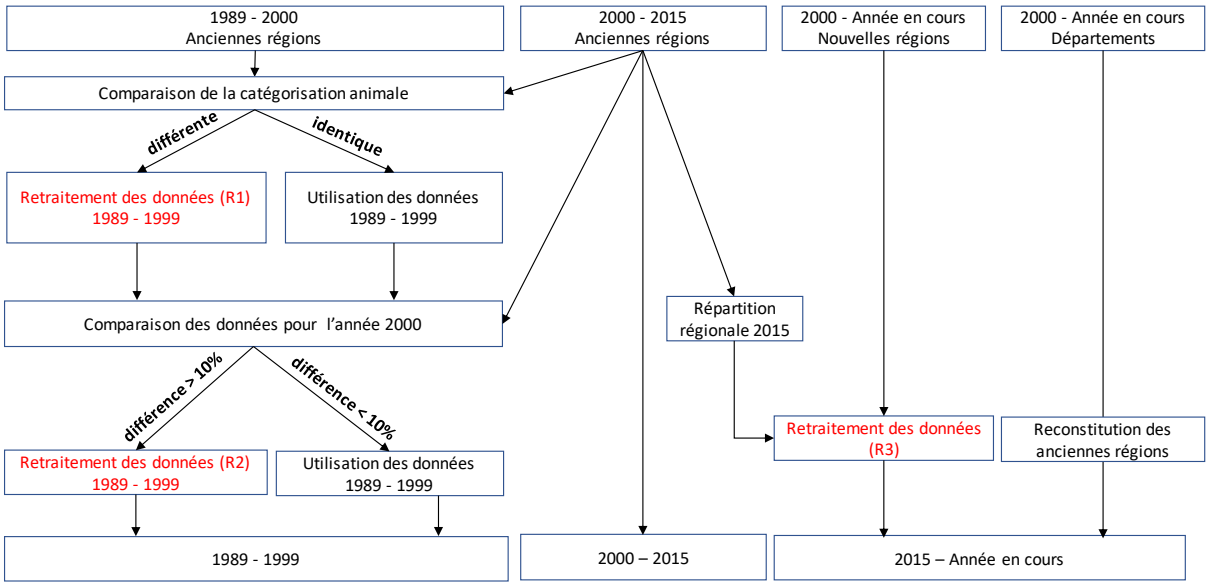
Les calculs d'inventaire au sein du système PACRETE pour l'élevage sont effectués au niveau des anciennes régions, présentant des périmètres plus petits ce qui permet donc d'avoir des données à une échelle plus fine. En revanche, cela implique parfois de retraiter les données d'activité qui, pour certaines d'entre elles, sont désormais disponibles uniquement au périmètre agrégé des nouvelles régions.

Cheptels

Les données de cheptels utilisées dans le cadre de l'inventaire national proviennent de la Statistique Agricole Annuelle (SAA) publiée par le SSP [410], service statistique du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA). Cette statistique est établie chaque année grâce à des sondages aléatoires sur un échantillon représentatif, et complétée grâce aux informations fournies par les recensements agricoles qui ont lieu sur un pas de temps plus long, tous les 10 ans en France, le dernier ayant eu lieu en 2010. Des sources de données additionnelles sont disponibles pour l'Outre-mer [400, 401]. Il est important de préciser que, à l'instar de beaucoup de statistiques, le système statistique agricole a évolué au cours du temps. Un travail de mise en cohérence a été effectué, de manière à garantir une catégorisation stable depuis 1980, comme requis par les exigences de rapportage.

Le schéma ci-dessous représente les différents traitements effectués sur les données de la statistique agricole pour obtenir des séries cohérentes sur la période :

Figure 95 : Récapitulatif des méthodes d'ajustement de la statistique agricole annuelle (SAA)



Mise en cohérence des séries statistiques (de 1989 à 2015)

Suite au dernier recensement agricole, qui a eu lieu en 2010, les données d'effectifs animaux sont disponibles sous la forme de deux séries : de 1989 à 2000 (jeu « historique ») et de 2000 à 2015 (« jeu récent »). L'analyse de chacune des populations animales pour l'année 2000, par ancienne région, a permis de vérifier la cohérence entre ces deux jeux de données.

Un premier retraitement a été effectué dans les cas où les catégorisations animales n'étaient pas identiques entre les deux séries, correspondant au « **Retraitement R1** » sur le schéma ci-dessus. Si une catégorie animale plus détaillée est disponible dans le jeu de données récent (par exemple, pour les bovins autres que les vaches laitières et les vaches nourrices, la série historique ne donne qu'une valeur "ensemble espèce bovine", tandis que le jeu récent fournit 13 catégories bovines différentes hors vaches laitières et nourrices), la répartition des différentes catégories animales de l'année 2000 est appliquée à la valeur agrégée disponible de 1989 à 1999.

Un second retraitement a été effectué pour s'assurer de la cohérence des séries sur la période, en appliquant le protocole suivant, nommé « **Retraitement R2** » sur le schéma ci-dessus :

- Si, pour l'année 2000, les données des deux séries pour une catégorie animale varient de plus de 10%, un retraitement est effectué. Ce retraitement consiste à corriger le jeu de données historiques entre 1989 et 1999 sur la base du pourcentage d'écart observé l'année 2000.
- Si, pour l'année 2000, les données des deux séries pour une catégorie animale varient de moins de 10%, les deux jeux de données sont jugés cohérents. Le jeu historique est utilisé pour la période de 1989 à 1999, le jeu récent pour la période de 2000 à l'année en cours.

Mise en cohérence des séries statistiques (de 2015 à l'année en cours)

Depuis 2016, le nombre de régions métropolitaines est passé de 22 à 13. Des nouvelles séries statistiques ont été publiées suite à cette modification, couvrant la période de l'année 2000 à l'année en cours. Les catégorisations proposées et les données d'effectifs dans ces nouvelles séries sont identiques à celles de la période 2000-2015. En revanche, le **périmètre géographique change**.

Les données pour les bovins, porcins, ovins et caprins sont disponibles par département (échelle territoriale en dessous de celle de la région), ce qui permet de reconstituer les anciennes régions, en agrégeant les départements pertinents. En revanche, pour les équins, volailles et lapins, les données ne sont disponibles qu'au niveau des nouvelles régions. Pour ces catégories, un retraitement, nommé « **Retraitement R3** » sur le schéma ci-dessus, a été effectué. La réforme territoriale ayant conduit à fusionner des régions (voir Tableau 56), pour désagréger la valeur à

partir de 2016, la répartition régionale de l'année 2015 a été utilisée. Ci-dessous un exemple pour le Languedoc-Roussillon :

$$\text{Cheptel_Languedoc-Roussillon}_{2016} = \text{Cheptel_Occitanie}_{2016} \times \text{Cheptel_Languedoc-Roussillon}_{2015} / (\text{Cheptel_Languedoc-Roussillon}_{2015} + \text{Cheptel Midi-Pyrénées}_{2015})$$

Cas particulier des porcins :

Pour les porcins, cinq catégories sont distinguées dans la SAA : porcelets, jeunes porcs de 20 à moins de 50kg, porcs à l'engrais de 50kg et plus, truies de 50kg et plus, et verrats de 50kg et plus. Un travail de vérification de la cohérence entre effectifs et productions a été effectué, en comparant la chaîne d'effectifs « porcelets – jeunes porcs de 20 à moins de 50kg – porcs à l'engrais de 50kg et plus » avec les données de productions fournies par la SAA.

Suite à cette analyse, il est apparu que la catégorie « porcelet » proposée dans la SAA pouvait être surestimée, car la statistique est évaluée à un moment précis de l'année, moment durant lequel une catégorie peut être plus représentée qu'une autre du fait des durées différentes passées par stade d'élevage. Le retraitement suivant a été effectué pour refléter au mieux la situation réelle de l'élevage porcin :

- La catégorisation proposée par la SAA (porcelets, jeunes porcs de 20 à moins de 50kg, porcs à l'engrais de 50kg et plus) a été abandonnée au profit de la suivante, jugée plus pertinente pour l'application, par la suite, des méthodes d'estimation des émissions : porcelets non sevrés (<8kg), porcelets post sevrés (entre 8 et 30kg), porcs à l'engrais supérieur à 30kg.
- Les données d'effectifs des trois anciennes catégories de la SAA ont été sommées, puis réparties au prorata du temps passé par stade, méthode jugée plus fiable pour répartir les effectifs selon les nouvelles catégories définies. Ces temps passés par stade sont évalués à partir d'un outil développé par l'Institut du porc (IFIP) [759] permettant d'obtenir des courbes de croissance selon les poids d'entrée, de sortie et le gain moyen quotidien. Ces trois paramètres, qui varient depuis 1990, sont tirés des documents de Gestion Technico-économiques publiés chaque année par l'IFIP [505].

Tableau 57 : Correspondances entre les catégories SAA et les catégories de l'inventaire pour les porcins

		Catégorisation choisie pour les inventaires*				
		Porcelets non sevrés (<8kg)	Porcelets post sevrés (entre 8 et 30kg)	Porcs à l'engrais supérieur à 30kg	Truies de 50kg et plus	Verrats de 50kg et plus
Catégorisation disponible dans la SAA	Porcelets	14%	27%	59%		
	Jeunes porcs de 20 à moins de 50kg					
	Porcs à l'engrais de 50kg et plus					
	Truies de 50kg et plus				100%	
	Verrats de 50kg et plus					100%

*Les pourcentages d'allocation varient en fonction de l'année, ici ce sont les % de 2017

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Repart_Porcins

Tableau 58 : Evolution du cheptel porcin détaillée par catégories fines (Métropole uniquement)

	Porcelets non sevrés (<8kg)	Porcelets post sevrés (entre 8 et 30kg)	Porcs à l'engrais supérieur à 30kg	Truies de 50kg et plus	Verrats de 50kg et plus
1990	1 691 480	3 242 827	6 043 309	1 211 482	64 977
1991	1 729 474	3 278 183	6 101 237	1 250 484	63 419
1992	1 766 002	3 459 648	6 428 851	1 318 557	61 993
1993	1 830 206	3 575 136	6 656 483	1 330 958	58 102
1994	1 888 311	3 570 740	6 873 941	1 353 282	56 618
1995	1 920 133	3 620 813	6 894 191	1 377 027	51 373
1996	1 924 675	3 752 116	7 207 085	1 422 397	48 626
1997	1 971 058	3 768 602	7 340 334	1 461 480	46 149
1998	2 010 627	3 779 384	7 509 598	1 445 856	45 451
1999	2 027 417	3 859 729	7 426 873	1 416 732	41 242
2000	2 063 296	3 921 353	7 508 692	1 416 393	41 070
2001	2 096 047	3 989 530	7 862 282	1 377 798	37 269
2002	2 089 197	3 905 362	7 931 855	1 347 839	34 407
2003	2 057 207	3 851 871	7 875 525	1 303 733	30 850
2004	2 027 024	3 865 694	7 784 125	1 266 606	28 557
2005	2 002 994	3 758 638	7 801 274	1 243 800	26 435
2006	1 966 962	3 712 028	7 786 172	1 228 652	22 492
2007	1 910 937	3 736 627	7 825 694	1 197 926	21 158
2008	1 908 644	3 739 873	7 774 840	1 170 533	21 693
2009	1 888 588	3 618 949	7 684 063	1 148 992	20 135
2010	1 881 004	3 621 564	7 556 961	1 105 064	19 257
2011	1 826 635	3 516 064	7 349 127	1 088 263	18 295
2012	1 804 056	3 452 223	7 266 295	1 058 524	18 039
2013	1 759 612	3 319 889	7 125 424	1 024 026	17 186
2014	1 734 181	3 266 069	7 058 139	1 017 488	16 642
2015	1 646 059	3 200 755	7 061 241	1 000 418	16 522
2016	1 595 615	3 096 029	6 834 247	982 456	16 298
2017	1 636 480	3 175 322	7 009 280	994 471	15 616

Cheptels utilisés dans l'inventaire français

Ainsi, les différents retraitements effectués permettent de garantir une catégorisation stable depuis 1990, détaillée en 42 catégories, qui sont généralement agrégées par grandes catégories :

Tableau 59 : Catégories et sous-catégories de l'inventaire

Vaches laitières	
Autres bovins	Vaches nourrices
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans
	Mâles de type viande de plus de 2 ans
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans
	Veaux de boucherie
	Autres femelles de moins de 1 an
	Autres mâles de moins de 1 an
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)
	Verrats de 50 kg et plus
	Porcs à l'engrais (>30kg)
Truies de 50 kg et plus	
Caprins	Chevrettes
	Chèvres (femelles ayant mis bas)
	Autres caprins (y compris boucs)
Ovins	Agnelles
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)
	Brebis mères laitières (y c. réforme)
	Autres ovins (y compris béliers)
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course
	Chevaux lourds
Mules et ânes	Anes, mulets, bardots
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver
	Poules pondeuses d'œufs de consommation
	Poulettes
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)
	Canards à gaver
	Canards à rôtir
	Dindes et dindons (au 1er octobre)
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)
	Pintades
	Cailles d'élevage
Autres	Lapines reproductrices
	Cervidés d'élevage *(uniquement en Nouvelle-Calédonie)*

Il faut noter que cette catégorisation, à partir de laquelle les calculs sont effectués au sein de PACRETE, est plus fine que les catégories CRF/NFR, qui correspondent aux catégories agrégées. Cela pourra être à l'origine de variations des facteurs d'émission agrégés d'une année sur l'autre au niveau des catégories CRF/NFR, car les proportions des effectifs des catégories fines peuvent varier au sein d'une catégorie agrégée CRF/NFR.

Figure 96 : Évolution des cheptels agricoles en France (Métropole uniquement)

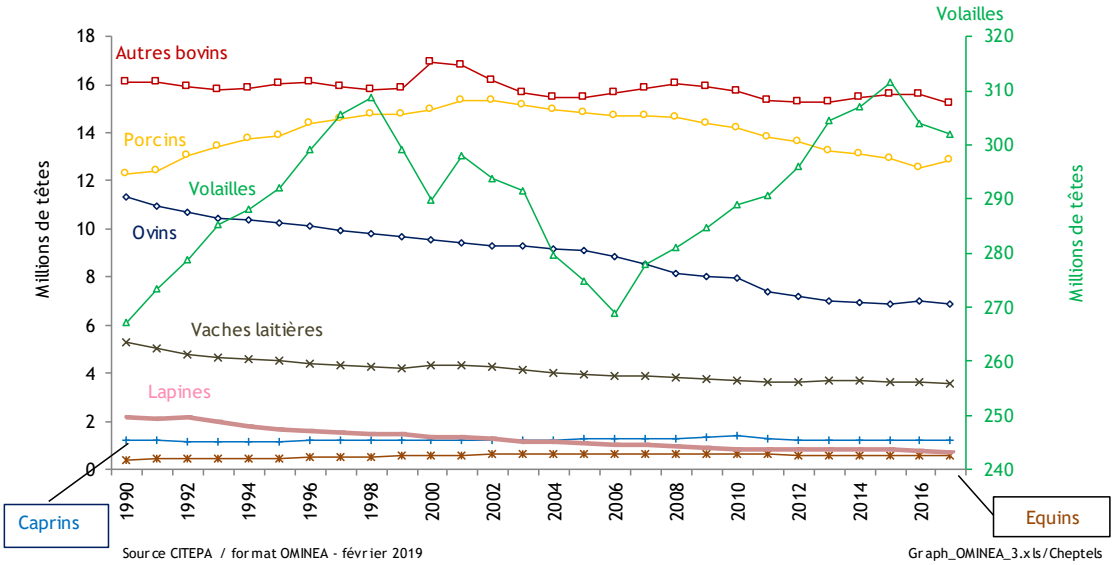


Tableau 60 : Cheptels en France au périmètre Métropole

	Vaches laitières	Autres bovins	Caprins	Ovins	Porcs	Volailles	Equins	Lapines reproductrices
1990	5 303 480	16 097 122	1 232 894	11 334 278	12 254 075	267 165 875	423 607	2 162 000
1991	5 024 233	16 072 905	1 220 332	10 967 469	12 422 798	273 468 143	431 675	2 116 000
1992	4 756 075	15 898 841	1 184 785	10 683 814	13 035 051	278 704 751	441 590	2 144 000
1993	4 633 673	15 812 511	1 161 966	10 428 362	13 450 885	285 294 102	456 682	1 996 000
1994	4 606 370	15 844 120	1 150 612	10 353 781	13 742 893	288 034 035	468 716	1 791 000
1995	4 516 234	16 024 063	1 189 207	10 240 268	13 863 536	292 127 935	487 568	1 662 000
1996	4 425 902	16 081 918	1 202 009	10 117 689	14 354 898	299 013 977	504 565	1 617 000
1997	4 317 576	15 887 464	1 197 454	9 935 593	14 587 623	305 623 812	526 321	1 513 000
1998	4 258 850	15 792 644	1 199 625	9 822 174	14 790 916	308 604 916	542 611	1 461 000
1999	4 217 233	15 849 611	1 196 352	9 681 501	14 771 992	299 048 151	563 272	1 446 000
2000	4 324 327	16 931 920	1 208 937	9 531 789	14 950 804	289 863 000	590 658	1 365 000
2001	4 338 753	16 799 217	1 234 174	9 406 675	15 362 926	298 010 000	594 966	1 324 000
2002	4 267 138	16 194 153	1 243 197	9 317 023	15 308 660	293 890 000	618 364	1 281 000
2003	4 117 743	15 655 537	1 248 051	9 271 897	15 119 187	291 431 000	621 726	1 184 000
2004	4 034 857	15 481 378	1 243 990	9 172 407	14 972 007	279 503 000	625 855	1 169 000
2005	3 972 964	15 448 104	1 263 687	9 092 786	14 833 141	274 680 000	626 984	1 118 000
2006	3 882 195	15 652 493	1 282 616	8 848 397	14 716 306	268 796 000	621 249	1 043 000
2007	3 869 936	15 870 357	1 287 026	8 549 448	14 692 342	277 829 000	623 307	1 044 000
2008	3 849 945	16 014 262	1 299 088	8 146 265	14 615 583	280 951 000	625 415	998 000
2009	3 741 557	15 940 936	1 358 125	8 046 208	14 360 727	284 778 000	627 050	877 000
2010	3 712 082	15 731 461	1 394 482	7 945 548	14 183 850	288 882 000	628 929	860 000
2011	3 660 262	15 314 598	1 308 748	7 415 943	13 798 384	290 609 000	629 517	853 000
2012	3 639 469	15 252 505	1 238 583	7 224 876	13 599 138	295 996 000	612 881	821 000
2013	3 693 627	15 295 532	1 236 440	7 026 006	13 246 137	304 358 000	604 012	813 000
2014	3 694 792	15 447 340	1 233 258	6 972 302	13 092 519	306 996 000	600 172	827 000
2015	3 657 531	15 622 935	1 216 546	6 859 908	12 924 995	311 510 000	587 990	817 000
2016	3 630 695	15 615 766	1 220 270	7 028 610	12 524 645	303 914 000	564 696	755 000
2017	3 587 803	15 220 667	1 229 192	6 887 573	12 831 170	301 861 000	557 340	720 000

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/Cheptels_tableau

Systèmes de gestion des déjections animales – Les enquêtes

L'étude des Systèmes de Gestion des Déjections Animales (SGDA) permet d'obtenir des données essentielles pour la réalisation des inventaires notamment :

- les temps passés en bâtiment et à l'extérieur (pâturages, parcours),
- la répartition des effluents entre systèmes (fumier, lisier, litière accumulée).

Ces informations sont en grande partie issues des enquêtes bâtiments d'élevage [480] et des enquêtes pratiques d'élevage [980] réalisées périodiquement par les services statistiques du MAA.

Les enquêtes bâtiment couvrent les années 1994, 2001 et 2008. Elles concernent les bovins, les porcins, les caprins, les ovins et les volailles et sont disponibles à l'échelle des **anciennes régions. L'enquête pratiques d'élevage** couvre l'année 2015 et s'inscrit dans la continuité de ces enquêtes bâtiment. Elle a été renommée car les aspects couverts sont plus larges (alimentation des animaux, pratiques sanitaires, soins aux animaux, main d'œuvre). Elle concerne les bovins, les porcins, les caprins, les ovins et les volailles et est disponible à l'échelle des **nouvelles régions.**

Ces enquêtes sont réalisées par visite d'un enquêteur dans les élevages et portent notamment sur le mode de construction des bâtiments, le mode de logement, les caractéristiques des ouvrages de stockage des déjections, les modalités d'épandage des effluents, etc. Les résultats de ces enquêtes fournissent ainsi la représentativité des différents modes de stabulation / types de sol pour différentes catégories animales de bovins, porcins, ovins et caprins.

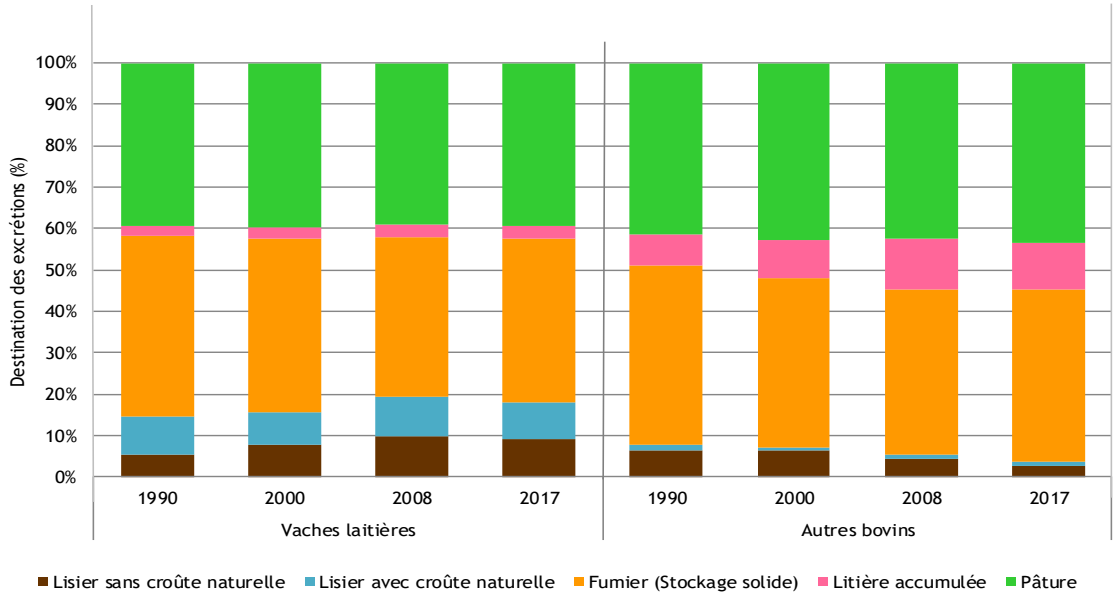
La description détaillée du traitement des données des enquêtes est incluse en Annexe 3.

Systèmes de gestion des déjections animales – Les résultats obtenus

Pour les bovins, 5 grands types de systèmes de gestion des déjections sont distingués :

- Lisier sans croûte naturelle ;
- Lisier avec croûte naturelle ;
- Fumier (stockage solide) ;
- Litière accumulée : pendant moins d'un mois pour les vaches laitières et pendant plus d'un mois pour les autres bovins ;
- Pâture.

Figure 97 : Répartition entre types d'effluents pour les bovins (Métropole*)



*Ne disposant pas de données spécifiques aux DOMCOM, les données de la métropole sont utilisées.

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/SGDA

Tableau 61 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins en France

	Répartition entre types d'effluents par catégories d'animaux									
	1990					2017				
	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Litière accumulée	Pâture	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Litière accumulée	Pâture
Vaches laitières	5%	9%	43%	2%	39%	9%	9%	40%	3%	39%
Autres bovins	7%	1%	43%	7%	42%	3%	1%	42%	11%	43%

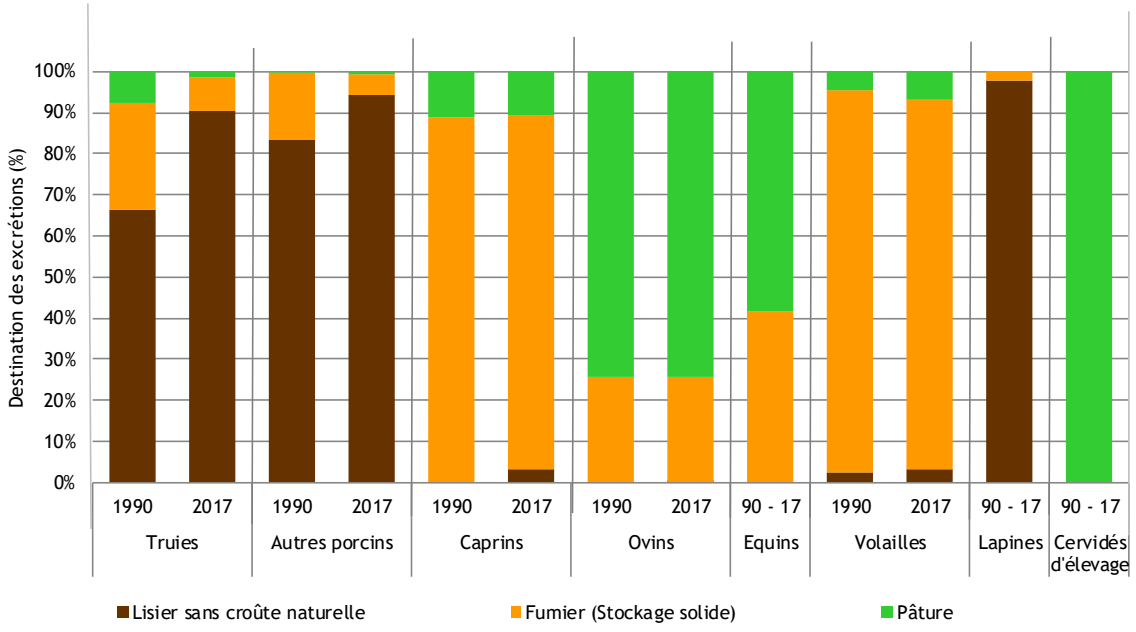
Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/SGDA_tableau

Pour les autres animaux, 3 grands types de systèmes de gestion des déjections sont distingués :

- Lisier sans croûte naturelle ;
- Fumier (stockage solide) ;
- Pâture.

Figure 98 : Répartition entre types d'effluents pour les autres animaux (Métropole*)



*Ne disposant pas de données spécifiques aux DOMCOM, les données de la métropole sont utilisées, à l'exception des cervidés d'élevage *(uniquement en Nouvelle-Calédonie)*

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/SGDA

Tableau 62 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des autres animaux en France

	Répartition entre types d'effluents par catégories d'animaux					
	1990			2017		
	Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Pâture	Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Pâture
Truies	66,4%	26,1%	7,5%	90,4%	8,0%	1,6%
Autres porcins	83,6%	16,2%	0,3%	94,1%	5,3%	0,5%
Caprins	0,0%	89,0%	11,0%	3,1%	86,2%	10,7%
Ovins	0,0%	25,8%	74,2%	0,2%	25,5%	74,3%
Equins	0,0%	41,7%	58,3%	0,0%	41,7%	58,3%
Volailles	2,5%	93,0%	4,5%	3,3%	89,8%	6,8%
Lapines	98,0%	2,0%	0,0%	98,0%	2,0%	0,0%
Cervidés d'élevage	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/SGDA_tableau

Excrétions azotées

Les facteurs d'excrétion azotée (F_{ex}) sont pour la plupart basés sur les travaux du Corpen qui est un groupe de réflexion réunissant tous les organismes concernés par les relations entre agriculture et environnement. Il regroupe des instituts techniques, des établissements publics de recherche, des organisations professionnelles, des organisations d'usagers, des centres techniques agricoles, des agences de l'eau ainsi que des ministères. Les missions du Corpen, essentiellement scientifiques, ont permis la réalisation de nombreuses publications, notamment sur l'azote provenant des élevages.

Pour les ovins, caprins et équins, les excrétions azotées reposent sur une étude menée par l'IDELE en 2015 [983], dont l'objectif était de préciser les flux d'azote selon les régimes alimentaires en France. La méthode de calcul appliquée quantifie l'azote ingéré pour soustraire l'azote fixé par la production de viande et de lait, afin d'aboutir à l'azote excrété par l'animal.

Important : Les facteurs d'excrétion azotée nationaux pour les bovins, ovins et caprins ont été comparés à ceux recalculés par la méthode de Niveau 2 du GIEC 2006. Cette comparaison est incluse en section « 3B_Manure Management ».

Pour les bovins

Les facteurs d'excrétion azotée (F_{ex}) ont été calculés à partir des documents Corpen [468, 469] qui permettent de moduler l'excrétion azotée en fonction de plusieurs paramètres :

- le format des animaux,
- la production laitière (pour les vaches laitières seulement),
- les fourrages consommés (herbe pâturée, foin, herbe conservée, ensilage de maïs).

La part d'herbe pâturée est directement basée, pour tous les bovins, sur les valeurs régionales de temps passés au pâturage (cf. paragraphe ci-avant sur les SGDA).

Concernant les autres fourrages (foin, herbe conservée, ensilage de maïs), leur contribution aux fourrages totaux consommés a été estimée de différentes façons selon la catégorie animale :

- Pour les catégories bovines pour lesquelles l'excrétion associée à chacun des trois types de fourrage (foin, herbe conservée, ensilage de maïs) est bien identifiée dans le Corpen, les rations moyennes, différenciées selon les systèmes lait ou viande, et tirées d'une étude réalisée en 2012 par l'Institut de l'Elevage pour le CIV (Centre d'Information des Viandes) [657], ont été utilisées. L'objectif de cette étude était d'actualiser les connaissances en termes de rationnement des bovins en France, à partir d'une analyse approfondie pour l'année 2008. Faute d'autres données disponibles, les rations sont supposées constantes sur la période.
- Pour les catégories bovines pour lesquelles seule l'excrétion associée à deux types de fourrage est identifiée dans le Corpen, la moyenne est effectuée, ce qui revient à considérer que ces deux fourrages conservés contribuent de façon égale aux fourrages conservés totaux.
- Pour les catégories bovines pour lesquelles seule l'excrétion associée à un seul type de fourrage est identifiée dans le Corpen, c'est cette excrétion qui est directement utilisée.

Pour les bovins hors vaches laitières, l'excrétion azotée par catégorie fine calculée au bâtiment est constante dans le temps, mais diffère de celle calculée à la pâture, également fixe dans le temps. L'excrétion azotée globale résultante (bâtiment + pâture), par catégorie fine, varie au cours du temps du fait des variations des proportions d'animaux gérés à la pâture.

A noter : ces proportions d'animaux gérés à la pâture dépendent à la fois de la population, estimée chaque année par région, et de la part du temps passé au pâturage (cf. plus haut).

Pour les vaches laitières, le même constat concernant les variations obtenues du fait de la gestion à la pâture s'applique. A cela vient s'ajouter une variation supplémentaire du fait de l'évolution de la production laitière, qui est un paramètre intervenant directement dans le calcul de l'excrétion azotée.

Enfin, lorsque les animaux sont agrégés par catégorie CRF/NFR, des variations du facteur d'excrétion sont constatées du fait des évolutions d'effectifs entre catégories fines au sein d'une même catégorie agrégée.

Pour les porcins

Les facteurs d'excrétion azotée (F_{ex}) sont calculés à partir des documents Corpen [470], qui ont été actualisés en 2015 par le RMT Elevage & Environnement [786].

Ces deux documents permettent de moduler l'excrétion azotée en fonction :

- des stades physiologiques : ceux-ci sont encadrés, pour les porcs à l'engrais, par des fourchettes de poids de référence fixes. Si le poids à l'abattage dépasse le poids de référence fixé, une valeur d'excrétion azotée spécifique est fournie par kilogramme de poids vif supplémentaire. Ainsi, l'excrétion azotée reflète l'évolution des pratiques d'élevage. Les poids à l'abattage sont tirés des documents de Gestion Technico-économique (GTE) [505] publiés chaque année par l'IFIP.
- de la conduite alimentaire : standard ou biphase. L'évolution du nombre d'animaux en biphase est connue grâce aux enquêtes bâtiments d'élevage 2001 et 2008 [480].

Sur la période, les données relatives à la conduite alimentaire et aux références d'excrétion azotée sont utilisées de la manière suivante :

- Conduite alimentaire :
  - de 1990 à 2000 : on fait l'hypothèse d'une conduite alimentaire uniquement standard toutes catégories confondues ;
  - en 2001 : les données utilisées sont celles de l'enquête bâtiment 2001,
  - de 2002 à 2007 : interpolation linéaire entre les données de 2001 et celles de 2008 ;
  - de 2008 à l'année en cours : utilisation des données de 2008.
- Référence d'excrétion azotée :
  - de 1990 à 2003 : les références utilisées sont celles du Corpen [470],
  - de 2004 à 2014 : interpolation linéaire entre les données Corpen et celles du RMT [786],
  - de 2015 à l'année en cours : utilisation des données du RMT.

Une fois les F_{ex} définis sur la période, deux approches distinctes sont appliquées :

- l'approche « cheptel » pour les truies et verrats : les F_{ex} sont directement appliqués aux données de population,
- l'approche « production » pour les autres catégories.

L'approche « production » est préférée pour les porcins, hors truies et verrats, car elle permet d'éviter de formuler des hypothèses sur le nombre de rotations par catégorie durant l'année, et est ainsi jugée plus fiable. Les données de production proviennent des statistiques AGRESTE [410]. L'excrétion azotée des porcelets non-sevrés (<8kg) est nulle car déjà comptabilisée chez les truies. L'excrétion azotée globale de la production française, hors truies et verrats, est alors calculée à partir des productions et répartie entre porcelets post sevrés et porcs à l'engrais au prorata de leurs F_{ex} respectifs.

Pour les volailles

Les facteurs d'excrétion azotée (F_{ex}) ont été calculés à partir des documents Corpen [471], [503], [504]. Ces guides fournissent des valeurs d'excrétions pour respectivement 40, 78 et 80 catégories de volailles, alors que la statistique agricole annuelle (SAA) ne compte que 10 catégories. Ainsi, pour calculer les excrétions azotées à partir du Corpen, il faut connaître les effectifs pour chaque catégorie Corpen, puis calculer un facteur d'excrétion pondéré pour les 10 catégories de la SAA. Pour cela, les effectifs nationaux fournis pour 46 catégories de volailles par les enquêtes bâtiments 2008 [480] ont été utilisés, en faisant l'hypothèse, faute de données supplémentaires, que les répartitions entre les 46 populations de volailles sont considérées constantes entre 1996 et 2012. Les catégories de volailles et les périmètres d'étude ayant varié entre les versions, certaines données aberrantes ont été corrigées par une interpolation entre les deux valeurs de 1996 et 2012. Les données sont utilisées de la manière suivante sur la période :

- de 1990 à 1996 : les données utilisées sont celles de 1996 ;
- de 1997 à 2005 : interpolation linéaire entre les données de 1996 et celles de 2006 ;
- en 2006 : les données utilisées sont celles de 2006 ;
- de 2007 à 2011 : interpolation linéaire entre les données de 2006 et celles de 2012 ;
- de 2012 à l'année en cours : les données utilisées sont celles de 2012.

Pour les ovins

Les facteurs d'excrétion azotée (F_{ex}) ont été calculés majoritairement à partir du document de l'IDELE [983]. Les catégories étudiées sont listées ci-dessous.

Brebis laitières. Deux cas types sont proposés dans la publication de l'IDELE : un cas type Roquefort (système spécialisé ovin lait rayon de Roquefort, mont de Lacaune), et un cas type basco béarnais

(système mixte ovin lait - bovin viande, Pyrénées Atlantique). En France, c'est le système type Roquefort qui est le plus représentatif des conditions classiques d'élevage (>60% des effectifs) : la valeur de ce cas type a été retenue pour cette catégorie.

Brebis allaitantes. Deux cas types sont proposés dans la publication de l'IDELE :

- Cas type Culture - ovin de bergerie : production d'agneaux de bergerie (dit « agneaux de Pâques ») des zones céréales - élevage (Midi-Pyrénées, Sud-Ouest, Bassin parisien et Grand est).
- Cas type Ovin herbe : élevage de moutons dans les zones allaitantes françaises (Sud-Ouest, Ouest et Massif Central).

La moyenne des valeurs de ces deux cas types a été retenue pour cette catégorie.

Brebis allaitantes. Deux cas types sont proposés dans la publication de l'IDELE :

- Cas type Culture - ovin de bergerie : production d'agneaux de bergerie (dit « agneaux de Pâques ») des zones céréales - élevage (Midi-Pyrénées, Sud-Ouest, Bassin parisien et Grand est).
- Cas type Ovin herbe : élevage de moutons dans les zones allaitantes françaises (Sud-Ouest, Ouest et Massif Central).

La moyenne des valeurs de ces deux cas types a été retenue pour cette catégorie.

Agnelles de système ovin viande. Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

Agnelles Lacaune (système ovin lait). Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

Agneau engraissé (après sevrage). Trois systèmes de production d'agneaux engraissés sont proposés dans la publication de l'IDELE :

- Système Culture - ovin viande de bergerie (cf. plus haut) ;
- Système Ovin viande herbe (cf. plus haut) ;
- Agneau de type aveyronnais.

D'après [983], les agneaux de type aveyronnais représentent 10% des effectifs. On fait l'hypothèse que les deux autres systèmes sont répartis de manière égale (45% chacun). Les valeurs d'excrétion azotée de ces trois systèmes sont pondérées par ces pourcentages pour obtenir la valeur retenue pour la catégorie « agneaux ».

A noter : les valeurs d'excrétion azotée sont calculées sur la durée de vie de l'animal, ici inférieure à un an. Un retraitement est effectué pour recalculer une valeur d'excrétion azotée sur l'année : l'excrétion azotée est divisée par la durée d'élevage, puis multipliée par 365.

L'objectif est ensuite de pouvoir attribuer ces valeurs d'excrétion azotée par **catégorie animale de la SAA.** Pour les **brebis laitières et allaitantes**, la correspondance est directe. En revanche, pour les **agnelles**, la valeur d'excrétion azotée retenue est calculée en pondérant les valeurs « agnelles de système ovin viande » et « agnelles Lacaune (système ovin lait) » au prorata des effectifs différenciés entre les agnelles laitières (agnelage à 13 mois) et les agnelles allaitantes (agnelage à 15 mois) fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007. La dernière catégorie de la SAA regroupe à la fois **les agneaux et les béliers**, cependant ces derniers ne sont pas inclus dans la publication IDELE [983].

L'objectif est d'estimer l'excrétion azotée des béliers en appliquant les équations du GIEC 2006 [656]. La première étape consiste à appliquer l'équation 10.32 du GIEC 2006 [656] qui permet d'estimer, à partir des énergies brutes ingérées et des teneurs en protéine brute dans les rations, la quantité d'azote consommée quotidiennement par l'animal :

$$N_{consommation}\ (kgN/animal/jour) = EB\ /\ 18{,}45 \times (PB\%\ /\ 100\ /\ 6{,}25)$$

Avec : EB = Energie brute ingérée (MJ/animal/jour) ; PB% : teneur en protéines brutes dans la ration.

L'énergie brute ingérée pour les béliers est tirée du projet MONDFERENT II mené par l'Inra et décrit en section « 3A_Enteric fermentation ». Ce projet a permis de déterminer différents paramètres spécifiques aux animaux des élevages caprins et ovins français, par catégorie animale fine. Parmi ces paramètres, répertoriés dans un fichier de calcul transmis par l'Inra [797], se trouve donc l'énergie brute ingérée en MJ/jour.

La teneur en protéines brutes dans la ration a été estimée en moyennant les teneurs en protéines brutes dans la ration de la publication de l'IDELE [983] des brebis laitières et allaitantes. La valeur obtenue est de 14,9%.

Le paramètre $N_{consommation}$ (kgN/animal/jour) est ensuite multiplié par 365 pour obtenir les quantités annuelles d'azote consommées ($N_{conso_annuelle}$). Enfin, l'équation 10.31 du GIEC 2006 [656] est appliquée pour estimer la quantité d'azote excrétée sur l'année par l'animal :

$$Nex\ (kgN/animal/an) = N_{conso_annuelle} \times (1 - N_{retention})$$

Avec : $N_{conso_annuelle}$ = *Quantité d'azote consommée par an (kgN/animal/an)* ; $N_{retention}$ = *fraction de la consommation annuelle d'azote retenue par l'animal (valeur par défaut proposée par le GIEC 2006 dans le tableau 10.20 pour les chèvres et les moutons = 0,1).*

Le Fex retenu pour la catégorie « **autres ovins (y compris béliers)** » est calculé en pondérant la valeur déjà pondérée « Agneaux », expliquée plus haut, et celle des béliers, calculée à partir des équations du GIEC, au prorata des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007.

A noter : les F_{ex} rapportés pour la catégorie « ovins » varient au cours du temps en fonction des effectifs de chacune des sous-catégories pour l'année considérée.

Pour les caprins

Les facteurs d'excrétion azotée (F_{ex}) ont été calculés majoritairement à partir du document de l'IDELE [983]. Les catégories étudiées sont listées ci-dessous.

Chèvres laitières. Trois systèmes de production sont proposés dans la publication de l'IDELE :

- Un système 0 pâturage (Centre Ouest de la France) avec des rations à base d'ensilage de maïs ;
- Un système 0 pâturage (Centre Ouest de la France) avec des rations à base de foin de luzerne ;
- Un système pastoral avec du pâturage.

La moyenne des valeurs de ces trois systèmes a été retenue pour cette catégorie.

Chevrette de 0 à 12 mois. Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

Chevreaux engraissés. Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

A noter : la valeur d'excrétion azotée est calculée sur la durée de vie de l'animal, ici inférieure à un an. Un retraitement est effectué pour recalculer une valeur d'excrétion azotée sur l'année : l'excrétion azotée est divisée par la durée d'élevage, puis multipliée par 365.

L'objectif est ensuite de pouvoir attribuer ces valeurs d'excrétion azotée par **catégorie animale de la SAA.** Pour les **chèvres laitières et chevrettes**, la correspondance est directe. En revanche, la dernière catégorie de la SAA regroupe à la fois **les chevreaux et les boucs**, cependant ces derniers ne sont pas inclus dans la publication IDELE [983].

L'objectif est d'estimer l'excrétion azotée des boucs en appliquant les équations du GIEC 2006 [656]. La première étape consiste à appliquer l'équation 10.32 du GIEC 2006 [656] qui permet d'estimer, à partir des énergies brutes ingérées et des teneurs en protéine brute dans les rations, la quantité d'azote consommée quotidiennement par l'animal :

$$N_{consommation}\ (kgN/animal/jour) = EB / 18{,}45 \times (PB\% / 100 / 6{,}25)$$

Avec : EB = Energie brute ingérée (MJ/animal/jour) ; PB% : teneur en protéines brutes dans la ration.

L'énergie brute ingérée pour les boucs est tirée du projet MONDFERENT II mené par l'Inra et décrit en section « 3A_Enteric fermentation ». Ce projet a permis de déterminer différents paramètres spécifiques aux animaux des élevages caprins et ovins français, par catégorie animale fine. Parmi ces paramètres, répertoriés dans un fichier de calcul transmis par l'Inra [797], se trouve donc l'énergie brute ingérée en MJ/jour.

La teneur en protéines brutes dans la ration a été estimée en moyennant les teneurs en protéines brutes dans la ration de la publication de l'IDELE [983] des chèvres laitières. La valeur obtenue est de 14,4%.

Le paramètre $N_{consommation}$ (kgN/animal/jour) est ensuite multiplié par 365 pour obtenir les quantités annuelles d'azote consommées ($N_{conso_annuelle}$). Enfin, l'équation 10.31 du GIEC 2006 [656] est appliquée pour estimer la quantité d'azote excrétée sur l'année par l'animal :

$$Nex\ (kgN/animal/an) = N_{conso_annuelle} \times (1 - N_{retention})$$

Avec : $N_{conso_annuelle}$ = Quantité d'azote consommée par an (kgN/animal/an) ; $N_{retention}$ = fraction de la consommation annuelle d'azote retenue par l'animal (valeur par défaut proposée par le GIEC 2006 dans le tableau 10.20 pour les chèvres et les moutons = 0,1).

Le F_{ex} retenu pour la catégorie « **autres caprins (y compris boucs)** » est calculé en pondérant la valeur pour les chevreaux engraissés, mentionnée plus haut, et celle des boucs, calculée à partir des équations du GIEC, au prorata des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007.

A noter : les F_{ex} rapportés pour la catégorie « ovins » varient au cours du temps en fonction des effectifs de chacune des sous-catégories pour l'année considérée.

Pour les équins

Les facteurs d'excrétion azotée (F_{ex}) ont été calculés à partir du document de l'IDELE [983]. Pour chaque catégorie étudiée et listée ci-dessous, une seule valeur d'excrétion azotée est fournie :

- Trait – jument suitée,
- Trait – poulain/pouliche de 12-24 mois,
- Sports et loisirs – jument suitée,
- Sports et loisirs – cheval au travail,
- Sports et loisirs – poney AB (200kg),
- Sports et loisirs – poney CD (200kg),
- Sports et loisirs – cheval au travail.

A noter : pour les juments suitées, l'excrétion azotée proposée dans le document prend également en compte l'excrétion azotée du poulain pendant les 7 premiers mois de sa vie (jusqu'à son sevrage).

L'objectif est ensuite de combiner ces valeurs d'excrétion azotée pour estimer le F_{ex} par **catégorie animale de la SAA,** c'est-à-dire pour les catégories suivantes : chevaux de selle, sport, loisirs et course / chevaux lourds / ânes, mulets, bardot.

Pour cela, les données de l'Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE) ont été consultées [984]. Ces dernières fournissent des informations annuelles concernant

- L'évolution des juments saillies,
- Le nombre d'étalons actifs,
- L'évolution des naissances.

Pour chacune de ces catégories, sont distingués :

- Les chevaux de course (C1),
- Les races françaises de selle (C2),
- Les races étrangères de selle (C3),
- Les poneys (C4),
- Les chevaux de trait (C5),
- Les ânes et mulets (C6).

Ces données sont retraitées pour constituer les quatre catégories suivantes :

- Chevaux de course et de selle (C1+C2+C3), en distinguant les juments, les étalons et les naissances ;
- Poneys (C4), en distinguant les juments, les étalons et les naissances ;
- Chevaux lourds (C5), en distinguant les juments, les étalons et les naissances ;
- Anes et mulets (C6), en distinguant les juments, les étalons et les naissances.

Elles ont ensuite été croisées avec les données disponibles dans les annuaires ECUS publiés par l'IFCE [985]. Seuls les annuaires pour les années 2012 et 2016 ont pu être utilisés. Ils présentent les données d'effectifs équins annuels totaux, classés selon les catégories selle, course, trait, âne et poney. La

connaissance des effectifs totaux permet de recalculer un solde pour la catégorisation précitée (chevaux de course et de selle, poneys, chevaux lourds, ânes). Ainsi, chaque catégorie est alors divisée en sous-catégories (juments, étalons, naissances, solde de la catégorie).

Pour estimer le facteur d'excrétion azotée des **chevaux de trait, des ânes et mulets**, les travaux réalisés par William Martin Rosset, chercheur à l'INRA de Clermont-Theix [473] ont été utilisés. Ces travaux proposent également des méthodes d'estimation de l'excrétion azotée des équins. Les données présentées permettent de calculer les quantités d'azote des fèces et des urines excrétées par jour, par kg de poids vif.

Le calcul a été effectué pour estimer l'excrétion azotée d'un cheval de selle (poids vif moyen de 560 kg tiré du document de l'IDELE) et d'un cheval de trait (poids vif moyen de 778 kg tiré du document de William Martin Rosset), afin de déterminer le ratio entre ces deux catégories. Ce ratio est ensuite utilisé pour pondérer les valeurs de l'IDELE.

Le calcul a également été effectué pour estimer l'excrétion azotée d'un âne (poids vif moyen de 165 kg tiré du document de William Martin Rosset) et d'un mulet (poids vif moyen de 250 kg tiré du document de William Martin Rosset). La pondération entre ces deux sous-catégories est tirée des données de l'IFCE [984].

L'attribution des valeurs d'excrétion azotée par catégorie animale définie dans les données de l'IFCE est résumée dans le tableau suivant.

Tableau 63 : Attribution des valeurs d'excrétion azotée par catégorie animale IFCE

Catégorie agrégée	Chevaux de course et de selle	Poneys	Chevaux lourds	Anes et mulets
Jument	IDELE - Sports et loisirs - Jument suitée	Moyenne des valeurs IDELE : Sports et loisirs – poney AB (200kg) et Sports et loisirs – poney CD (200kg).	IDELE - Trait – Jument suitée	Valeurs tirées de William Martin Rosset, pondérées par les effectifs IFCE.
Etalon	IDELE - Sports et loisirs - Cheval au travail		IDELE - Sports et loisirs - Cheval au travail x Ratio recalculé à partir des données de William Martin Rosset.	
Naissances	Hypothèse CITEPA : pondération de la valeur IDELE (Sports et loisirs - Cheval au travail) pour ne prendre en compte que 5 mois d'excrétion		Hypothèse CITEPA : pondération de la valeur IDELE (Trait – poulain/pouliche de 12-24 mois) pour ne prendre en compte que 5 mois d'excrétion	
Solde de la catégorie	IDELE - Sports et loisirs - Cheval au travail		Valeur recalculée pour l'étalon - chevaux lourds	

Pour estimer l'excrétion azotée des catégories animales de la SAA, un dernier retraitement est effectué :

- Catégorie **chevaux de selle, sport, loisirs et course** : utilisation de la donnée moyenne (2012 ; 2016) calculée en pondérant les catégories « chevaux de course et de selle » et « poneys » au prorata des effectifs IFCE.
- Catégorie **chevaux lourds** : utilisation de la donnée moyenne (2012 ; 2016) calculée en pondérant la catégorie « chevaux lourds » au prorata des effectifs IFCE.
- Catégorie **ânes, mulets, bardot** : utilisation de la donnée moyenne (2012 ; 2016) calculée en pondérant la catégorie « ânes » au prorata des effectifs IFCE.

Pour les lapines reproductrices

Les facteurs d'excrétion azotés (F_{ex}) sont issus des travaux de Aubert et Coutelet [655] et correspondent aux lapines et à leurs suites.

Pour les cervidés d'élevage

Faute de données spécifiques pour les cervidés d'élevage, la valeur définie pour les ovins leur est attribuée.

Le tableau suivant récapitule les différentes sources des F_{ex} par catégorie animale de la SAA :

Tableau 64 : Récapitulatif des sources utilisées pour le calcul des facteurs d'excrétion azotée

Catégorie SAA	Descriptif rapide
Vaches laitières	CORPEN 1999 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Vaches nourrices	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses de boucherie de plus de 2 ans	Hypothèse d'une excrétion azotée égale à celle des génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans
Mâles de type laitier de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Mâles de type viande de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	Hypothèse d'une excrétion azotée égale à celle des génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans
Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Mâles de type viande de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Veaux de boucherie	CORPEN 2001 - Consommation de lait exclusivement
Autres femelles de moins de 1 an	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Autres mâles de moins de 1 an	CORPEN 2001 + Ensilage de maïs exclusivement
Porcelets non sevrés (<8kg)	Excrétion azotée nulle car déjà comptabilisée chez les truies
Porcelets sevrés de 8 à 30 kg	Recalcul à partir des productions, du GTE, du RMT, et de l'évolution de l'alimentation biphase (enquêtes)
Truies de 50 kg et plus	RMT + Evolution de l'alimentation biphase (enquêtes)
Verrats de 50 kg et plus	Hypothèse d'une excrétion azotée égale à celle des truies
Porcs à l'engrais de 30 kg et plus	Recalcul à partir des productions, du GTE, du RMT, et de l'évolution de l'alimentation biphase (enquêtes)
Chevrettes	IDELE 2016
Chèvres (femelles ayant mis bas)	IDELE 2016
Autres caprins (y compris boucs)	IDELE 2016 + MONDFERENT II
Agnelles	IDELE 2016
Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	IDELE 2016
Brebis mères laitières (y c. réforme)	IDELE 2016
Autres ovins (y compris béliers)	IDELE 2016 + MONDFERENT II
Chevaux de selle, sport, loisirs et course	IDELE 2016 + données IFCE
Chevaux lourds	IDELE 2016 + ratio William Martin Rosset + données IFCE
Anes, mulets, bardots	William Martin Rosset + données IFCE
Poules pondeuses d'œufs à couver	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Poules pondeuses d'œufs de consommation	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Poulettes	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Canards à gaver	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Canards à rôtir	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Dindes et dindons (au 1er octobre)	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Pintades	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Cailles d'élevage	CORPEN 1996 - 2006 - 2012
Lapines reproductrices	Aubert et Coutelet

Tableau 65: Evolution des F_{ex} par catégorie animale sur la période 1990-2017

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vaches laitières		102,4	102,9	103,9	104,3	104,9	105,6	105,8	106,3	106,7	107,1	106,6	106,3	107,3	107,6	107,9	109,0	109,0	109,2	110,5	110,1	111,5	113,5	113,2	112,4	114,2	114,8	114,1	114,4
Autres bovins	Vaches nourrices	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3	107,4	107,5	107,6	107,7	107,8	107,9	107,9	107,8	107,8	107,7	107,6	107,4	107,3	107,2	107,2	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3	107,3
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	69,7	69,7	69,7	69,7	69,7	69,7	69,7	69,7	69,7	69,8	69,8	69,9	69,8	69,7	69,6	69,5	69,4	69,3	69,1	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,1
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,1	67,1	67,2	67,2	67,3	67,2	67,1	67,1	67,0	67,0	66,9	66,9	66,8	66,8	66,9	66,9	66,9	66,9	66,8	66,9	66,9	66,9
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,3	44,3	44,3	44,4	44,5	44,3	44,3	44,2	44,0	43,9	43,7	43,6	43,6	43,6	43,6	43,6	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	79,1	79,2	79,2	79,2	79,2	79,1	79,1	79,1	79,1	79,1	79,1	79,2	79,0	78,9	78,8	78,7	78,6	78,4	78,2	78,3	78,3	78,4	78,4	78,4	78,4	78,4	78,4	78,5
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	77,8	77,8	77,9	77,9	77,9	77,9	78,0	78,0	78,1	78,2	78,3	78,4	78,1	78,0	77,9	77,9	77,8	77,7	77,6	77,6	77,7	77,7	77,7	77,7	77,7	77,8	77,7	77,7
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,4	53,4	53,4	53,3	53,3	53,2	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,2	51,2	51,2	51,2	51,3	51,2	51,2	51,2	51,1	51,1	51,0	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,2	43,2	43,2	43,2	43,1	43,1	43,0	43,0	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,7	57,7	57,7	57,7	57,6	57,6	57,5	57,5	57,5	57,6	57,5	57,5	57,5	57,6	57,5	57,6	57,6
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	56,4	56,4	56,4	56,4	56,4	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,4	56,4	56,3	56,2	56,2	56,1	56,2	56,1	56,1	56,1	56,2	56,1	56,2	56,2	56,2
	Veaux de boucherie	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
	Autres femelles de moins de 1 an	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
	Autres mâles de moins de 1 an	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	3,9	3,7	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,1
	Verrats de 50 kg et plus	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,0	23,5	22,9	22,4	21,8	21,7	21,6	21,5	21,5	21,4	21,3	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1
	Porcs à l'engrais (>30kg)	14,1	14,3	14,3	14,4	14,4	14,6	14,4	14,2	14,3	14,8	14,4	13,4	13,4	13,4	13,3	12,9	12,8	12,7	12,8	12,7	12,9	13,1	12,9	12,9	12,9	12,9	13,5	12,9
Truies de 50 kg et plus		24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,0	23,5	22,9	22,4	21,8	21,7	21,6	21,5	21,5	21,4	21,3	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1
Caprins	Chevrettes	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2
	Autres caprins (y compris boucs)	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Ovins	Agnelles	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
	Autres ovins (y compris béliers)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1
	Chevaux lourds	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8
Mules et ânes	Anes, mulets, bardots	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Poulettes	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Canards à gaver	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Canards à rôtir	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	Pintades	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Cailles d'élevage	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Autres	Lapines reproductrices	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	7,7	7,4	7,3	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	8,0	7,7	7,3	7,1	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
	Cervidés d'élevage	10,7	10,7	10,7	10,9	10,9	11,0	11,0	11,1	11,1	11,1	11,1	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,1	11,1	11,1	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,1	11,2

Source CITEPA / format OMINEA 9 février 2018

Graph_OMINEA_3.xls/Nex

Surfaces, productions et rendements des cultures

Les surfaces en culture et les productions végétales associées utilisées dans le cadre de l'inventaire national sont tirées de la SAA. Cependant, elles n'interviennent que très peu dans le calcul des émissions de l'agriculture dans la mesure où les émissions des sols cultivés sont en grande partie estimées à partir des intrants. Elles n'apparaissent que dans le calcul associé aux résidus de culture mais permettent aussi d'appréhender le type de culture et leur évolution en France.

Figure 99 : Évolution des surfaces de culture en France *(Métropole uniquement)*

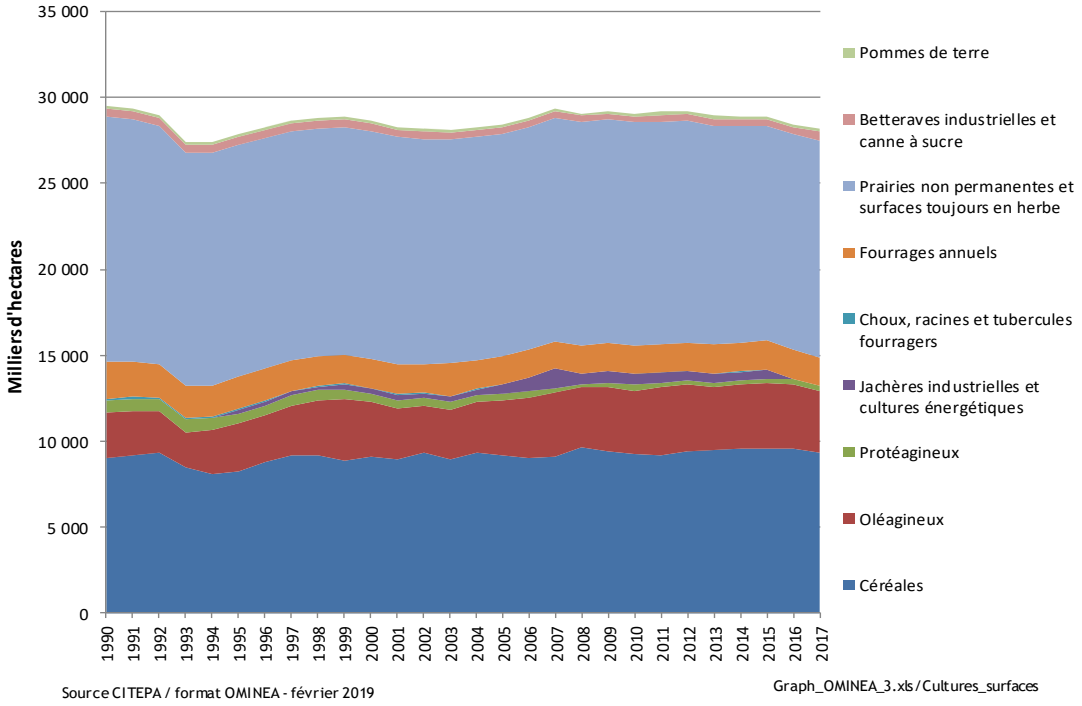
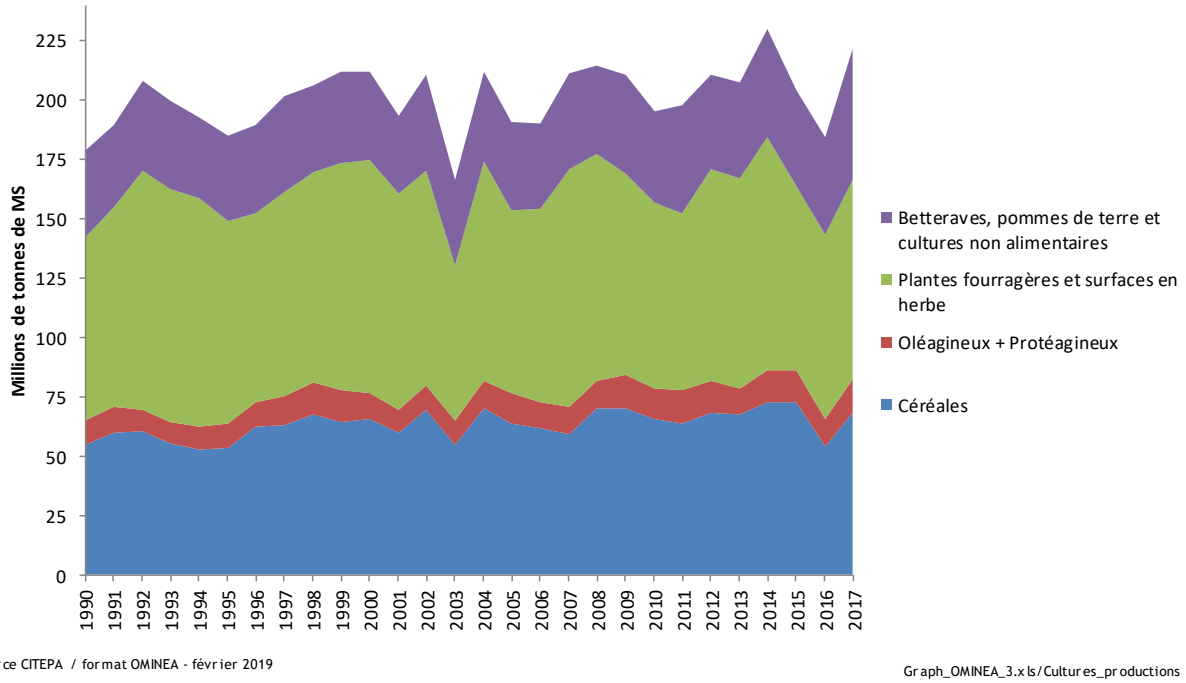


Figure 100 : Évolution des productions en France *(Métropole uniquement)*



En termes de tendances, les surfaces cultivées restent relativement stables sur la période 1990-2017, avec néanmoins, dans les années 1990, un impact visible de la politique agricole commune (PAC). A l'inverse les rendements des cultures sont assez variables d'une année sur l'autre ce qui s'explique notamment par les conditions météorologiques, comme en 2003 où la sécheresse estivale a provoqué une baisse importante des rendements, ou encore l'année 2016 qui a vu un effondrement de la récolte de blé principalement du fait d'un manque d'ensoleillement et des pluies du début de l'été.

5.2 Fermentation entérique (3A)

5.2.1 Caractéristiques de la catégorie

La fermentation entérique est un processus de fermentation microbienne au sein de l'appareil digestif des animaux, menant à l'émission de méthane. Cette production de méthane est beaucoup plus importante chez les ruminants qui mettent à profit cette activité microbienne pour dégrader et assimiler efficacement les fourrages. Les émissions de méthane des animaux d'élevage dépendent très fortement de leur niveau de production et de la digestibilité de leur alimentation.

En 2017, la fermentation entérique est la 2ème catégorie clé (7,5%) en termes de niveau d'émission hors UTCATF au périmètre Kyoto (CH_4). La fermentation entérique est une source très importante de CH_4 en France en raison du cheptel bovin très présent sur une grande partie du territoire. En effet les bovins engendrent la majeure partie des émissions avec 91% des émissions en 2017 (dont environ un tiers pour les vaches laitières) devant celui des ovins et celui des caprins.

5.2.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 ou 3, à l'exception des cervidés d'élevage en Nouvelle-Calédonie pour lesquels on applique une méthode de niveau 1. Pour les autres catégories animales, le niveau de méthode pour la méthode appliquée dans l'inventaire français pour la fermentation entérique n'est pas simple à déterminer car il s'agit de facteurs d'émissions nationaux basés sur deux méthodologies légèrement différentes de celle du GIEC.

Les émissions liées à la fermentation entérique sont calculées à partir des données de cheptels fournis annuellement de façon détaillée dans les publications des services statistiques du Ministère de l'Agriculture [410] (cf. section générale sur l'agriculture).

La méthodologie nationale de quantification des émissions de la fermentation entérique, s'appuie sur les résultats du projet MONDFERENT I (2012) [508] pour les bovins, MONDFERENT II (2015) [796] pour les caprins, ovins et porcins, et sur Vermorel et al. (2008) [362] pour les autres animaux.

L'article exposant les résultats de MONDFERENT I a été accepté en 2018 et publié en 2019 dans la revue « Journal of Environmental Management » [983]. Pour le projet MONDFERENT II, le calendrier de publication des résultats est toujours à l'étude.

Tableau 66 : Récapitulatif des méthodes d'estimation du CH_4 entérique

		Donnée d'activité	Provenance du FE
Vaches laitières		Cheptel	Mondferent I
Autres bovins	Vaches nourrices	Cheptel	Mondferent I
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	Cheptel	Mondferent I
	Veaux de boucherie	Cheptel	Mondferent I
	Autres femelles de moins de 1 an	Cheptel	Mondferent I
	Autres mâles de moins de 1 an	Cheptel	Mondferent I
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	Production	Mondferent II
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	Production	Mondferent II
	Verrats de 50 kg et plus	Cheptel	Vermorel
	Porcs à l'engrais (>30kg)	Production	Mondferent II
Truies de 50 kg et plus		Cheptel	Mondferent II
Caprins	Chevrettes	Cheptel	Mondferent II
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	Cheptel	Mondferent II
	Autres caprins (y compris boucs)	Cheptel	Mondferent II
Ovins	Agnelles	Cheptel	Mondferent II
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	Cheptel	Mondferent II
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	Cheptel	Mondferent II
	Autres ovins (y compris béliers)	Cheptel	Mondferent II
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course	Cheptel	Vermorel
	Chevaux lourds	Cheptel	Vermorel
Mules et ânes	Anes, mulets, bardots	Cheptel	Vermorel
Cervidés d'élevage		Cheptel	GIEC 2006

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Méthode_CH4_ent

Projet MONDFERENT I - Bovins

Pour les bovins, les facteurs d'émissions sont tirés de travaux de l'INRA [508][509]. Plusieurs catégories de vaches laitières et d'autres bovins ont été étudiées, considérées comme représentatives des situations d'élevages en France. A chaque catégorie est associée une race, une masse moyenne, un rendement laitier le cas échéant, ainsi que des besoins énergétiques.

Le tableau ci-dessous répertorie les poids vifs moyens par catégorie bovine fine :

Tableau 67 : Poids vif moyen par catégorie bovine fine

		Poids vif moyen (kg/tête)	
		1990	2017
Vaches laitières		685	677
Autres bovins	Vaches nourrices	655	
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	583	
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	576	
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	606	
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	652	
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	652	
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	422	
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	432	
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	445	
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	486	
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	517	
	Veaux de boucherie	168	
	Autres femelles de moins de 1 an	205	
	Autres mâles de moins de 1 an	205	

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Paramètres_bovins

La méthodologie proposée permet d'estimer les émissions de CH_4 entérique par l'équation de Sauvant et al. 2011 [510] à partir de la Matière Organique Digestible Ingérée (MODI) :

$$CH_4 \text{ (g/kg PV/jour)} = 0{,}083 + 0{,}025 \times \text{MODI (g/kg PV/jour)}$$

Avec : PV = Poids vif moyen sur la période concernée (kg)

La MODI est calculée à partir de l'Energie Métabolisable, selon l'équation suivante :

$$\text{MODI (g)} = \text{EM (kcal)} / \text{(EM/MOD) (kcal/g)}$$

Avec : EM/MOD = Ratio énergie métabolisable sur matière organique digestible (kcal/g).

Le ratio EM/MOD présente l'avantage d'être très constant quelle que soit la situation. Néanmoins il est légèrement variable selon les types de productions et le mode d'alimentation, et a pu être déterminé en utilisant des données de rationnement moyen à l'échelle nationale [657] (qualité de fourrage, niveaux d'ingestion, concentrés et lipides), par grand type de production, combinées avec les caractéristiques de ces différents aliments tirées des tables rouges de l'INRA [658].

A noter : la MODI ainsi obtenue est ensuite corrigée pour tenir compte des interactions digestives liées au pourcentage de concentrés de la ration.

L'EM est quant à elle estimée à partir de l'Energie Nette, divisée par un rendement moyen d'utilisation des rations.

$$\text{EM (kcal)} = \text{EN (kcal)} / \text{Rendement}$$

Avec : Rendement = Rendement moyen d'utilisation de l'EM de la ration

Ce rendement (associé à la perte d'énergie sous forme de chaleur) dépend principalement de la fonction physiologique assurée par l'animal (lait ou viande) et du niveau de concentration énergétique de l'aliment, mais ses variations sont très faibles.

Enfin, l'EN est estimée à partir des besoins énergétiques des animaux (dépendant entre autres du type de production : lait ou viande), calculés en UF (Unité Fourragère) et convertis en EN selon les équations suivantes [658] :

$$EN_{lait}\ (kcal) = UFL\ (kcal) \times 1\ 700$$

$$EN_{viande}\ (kcal) = UFL\ (kcal) \times 1\ 820$$

Les catégories de bovins ainsi étudiées permettent d'obtenir une vision jugée représentative de l'élevage français.

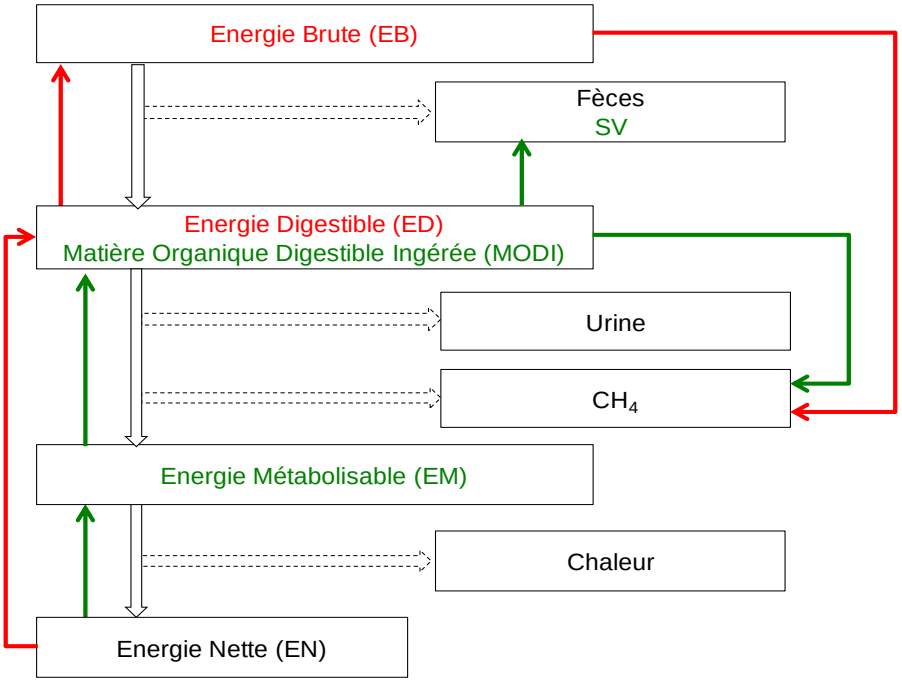
Les données de rationnement moyen à l'échelle nationale [657] combinées avec les caractéristiques des aliments tirées des tables rouges de l'INRA [658], permettent également de calculer les quantités de Matière Organique Non Digestible (MOND), grâce à un ratio MOND/MODI variable selon les types de productions et le mode d'alimentation. Ce ratio MOND/MONDI est appliqué à la MODI pour obtenir la Matière Organique Non Digestible (MOND). La MOND ainsi calculée correspond à la MOND des fèces ($MOND_{fèces}$), et ne tient pas compte de la MOND des urines ($MOND_{urines}$).

Pour le calcul des émissions de méthane issues de la gestion des déjections (3B), le GIEC préconise l'utilisation du paramètre Solides Volatiles (SV), évalué à partir du pourcentage de l'énergie brute perdu dans les fèces et les urines, de la teneur en cendre des fumiers (part non volatile) et d'un facteur de conversion de l'énergie brute du régime alimentaire. La méthode MONDFERENT I diffère également ici de celle du GIEC car elle est fondée sur l'utilisation des MOND et non des énergies. Dans la méthodologie MONDFERENT I, l'hypothèse est faite que la matière organique contenue dans les urines n'émettra que très peu de CH_4 : le SV_{urine} est alors négligé dans les calculs. Des recherches complémentaires sont à effectuer pour estimer les potentiels méthanogènes de la matière organique contenue dans les urines. On obtient donc :

$$SV = SV_{fèces} + SV_{urine},\ \text{avec}\ SV_{fèces} = MOND_{fèces}\ \text{et}\ SV_{urine} = 0$$

Le schéma suivant illustre les principes de cette méthode (en vert), ainsi que celle proposée par le GIEC (en rouge).

Figure 101 : Schéma comparatif de la méthode de la méthode MONDFERENT I (vert) avec la méthode GIEC 2006 (rouge)



Les facteurs d'émission de méthane entérique calculés sont constants dans le temps pour les 14 catégories animales d'autres bovins. Ces facteurs par sous-catégorie sont listés plus bas (section « Récapitulatif - Facteurs d'émission de CH_4 entérique et paramètres associés ») et une comparaison a été effectuée avec les valeurs recalculées par la méthode GIEC 2006 (voir plus bas). Cependant, du fait de la variation annuelle des effectifs de ces catégories animales, le facteur d'émission de méthane entérique pour la catégorie « autres bovins » peut varier annuellement.

Pour les vaches laitières, les facteurs d'émissions tirés de travaux de l'INRA [508] peuvent être simplifiés et exprimés en fonction du rendement laitier à l'aide de l'équation suivante [509] :

$$CH_4 \text{ (kg/animal/an)} = 0{,}0105 \times (\text{rendement laitier (kg/animal/an)}) + 48{,}971$$

Le rendement laitier (kg/animal/an) est disponible au sein de la base de données OMINEA [792], les valeurs pour certaines années ont été extraites et sont listées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 68 : Evolution du rendement laitier *(Métropole uniquement)*

	1990	1995	2000	2005	2010	2017
Rendement laitier moyen (kg/vache laitière/ an)	4 773	5 358	5 519	5 997	6 468	6 964

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Paramètres_bovins

Le rendement laitier étant variable au cours du temps, le facteur d'émission associé l'est aussi. La plage des valeurs 1990-2016 prise par ce facteur d'émission est fournie à la section « Récapitulatif des méthodes employées », et une comparaison a été effectuée avec les valeurs recalculées par la méthode GIEC 2006 (voir plus bas).

Les émissions totales sont calculées en multipliant les facteurs d'émission par les données de cheptels, tirées de la SAA [410].

Projet MONDFERENT II – Ovins et Caprins

La méthodologie appliquée est similaire à celle développée lors du projet MONDFERENT I pour les bovins, car elle est fondée sur une des équations proposées par Sauvant et al. (2011), permettant le calcul du CH_4 à partir de la MODI. Les données sont consignées dans un rapport auquel est associé un outil de calcul [796] [797].

Plusieurs sous-catégories ont été étudiées, de manière à couvrir à la fois les catégories recensées dans la SAA mais aussi à fournir une analyse représentative de la situation de l'élevage français. Pour ces sous-catégories, les calendriers et caractéristiques de l'alimentation sont connus. Les sous-catégories étudiées sont les suivantes :

- Ovins : brebis laitières, brebis allaitantes, agnelles laitières, agnelles allaitantes, agneaux de race rustique, béliers.
- Caprins : chèvres laitières, chevrettes, chevreaux, boucs.

L'équation de Sauvant et al (2011) utilisée dans ce projet permet d'évaluer les émissions de CH_4 entérique à partir de la MODI et de prendre en compte les interactions digestives :

$$CH_4 \text{ (g)} / \text{MODI (kg)} = 45{,}42 - 6{,}66\ NI + 0{,}75\ NI^2 + 19{,}65\ PCO - 35{,}0\ PCO^2 - 2{,}69\ NI \times PCO$$

<u>Avec</u> : NI = Niveau d'ingestion, défini par la quantité de Matière Sèche Ingérée (MSI) exprimée en % du poids vif (MSI%PV) ; PCO = Proportion de Concentré dans la ration.

La MODI de la ration est estimée à partir de la relation suivante :

$$\text{MODI (kg)} = MSI \times MO \times dMO_{corrigée} / 1000$$

<u>Avec</u> : MSI = Matière Sèche Ingérée (kg) ; MO = Matière Organique (g/kgMSI) ; $dMO_{corrigée}$ = digestibilité de la ration corrigée du niveau d'ingestion, de la proportion de concentré dans la ration et de la balance protéique du rumen.

Le type et les ingrédients des rations proviennent des informations relatives aux sous-catégories considérées. Les niveaux d'ingestion et les besoins en nutriments ont eux été estimés à partir de données actualisées dans le cadre d'un programme de l'INRA « Systali » et de bases de données zootechniques obtenues en conditions expérimentales contrôlées.

Dans le projet MONDFERENT II, la Matière Organique Non Digestible (MOND) des fèces, correspondant au **$SV_{fèces}$** utilisé au CRF 3B, est obtenue de la façon suivante :

$$SV_{fèces} = MOND\ (kg) = MSI \times MO\ /\ 1000 - MODI$$

Pour ce projet, l'objectif a été d'être le plus possible en cohérence avec les lignes directrices du GIEC 2006, et l'hypothèse a été faite que la matière organique des urines est également émettrice de CH_4. Le **SV_{urine}** utilisé au CRF 3B, est obtenu de la façon suivante :

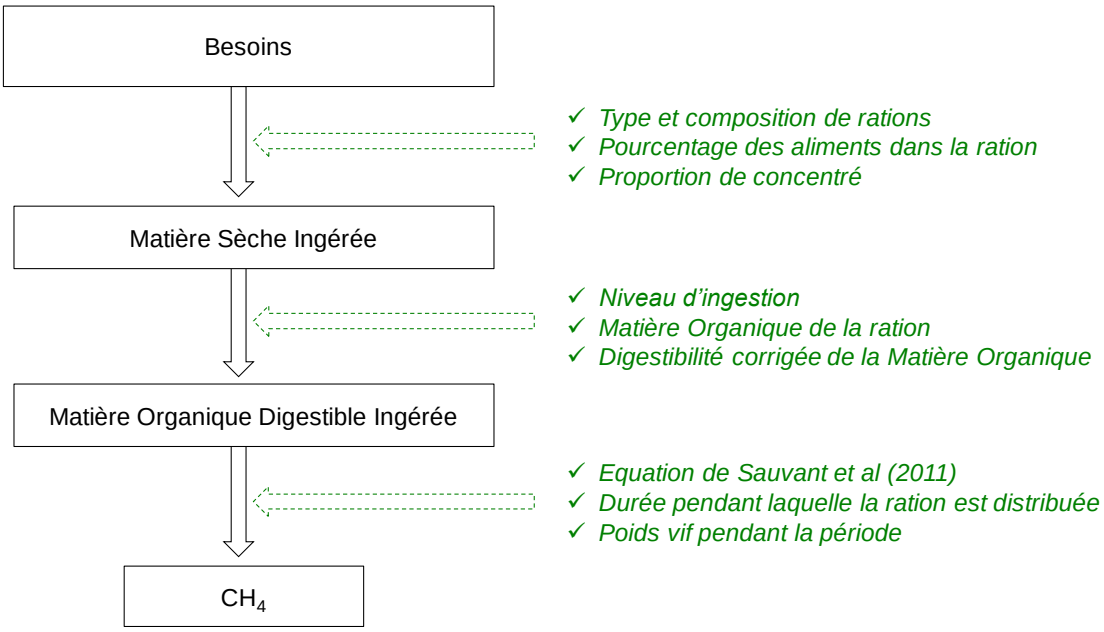
$$SV_{urine}\ (kg) = MSI \times MO\ /\ 1000 \times UE/EB$$

Avec : EU/EB : rapport entre l'énergie urinaire et l'énergie brute.

Le rapport UE/EB est calculé selon l'équation suivante, provenant de Sauvant et Giger-Reverdin (2009) [794]

$$EU/EB = 5{,}7 - 0{,}71\ NI$$

Figure 102 : Schéma récapitulatif de l'évaluation du CH4 entérique par la méthode MONDFERENT II



Les facteurs d'émission de méthane entérique calculés sont constants dans le temps pour les sous-catégories d'ovins et de caprins.

Pour mettre en cohérence les catégories animales étudiées dans MONDFERENT II avec les catégories animales de la SAA, des pondérations ont été faites à partir des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 :

- Catégorie « agnelles » de la SAA : pondération entre agnelles laitières et allaitantes ;
- Catégorie « autres ovins » de la SAA : pondération entre agneaux et béliers ;
- Catégorie « autres caprins » de la SAA : pondération entre chevreaux et boucs.

Ces facteurs par sous-catégorie sont listés plus bas (section « Récapitulatif - Facteurs d'émission de CH_4 entérique et paramètres associés »), et une comparaison a été faite avec les valeurs recalculées par la méthode GIEC 2006. Cependant, du fait de la variation annuelle des effectifs de ces sous-catégories animales, les facteurs d'émission de méthane entérique pour les catégories agrégées « ovins » et « caprins » peuvent varier annuellement.

Les émissions totales sont calculées en multipliant les facteurs d'émission par les données de cheptels, tirées de la SAA [410].

Projet MONDFERENT II – Porcins

Les valeurs fournies par le projet MONDFERENT II concernent les porcelets en post sevrage (entre 8kg et 30kg), les porcs à l'engrais (>30kg) et les truies. On considère que les émissions de CH_4 entérique des porcelets non sevrés (<8kg) sont nulles du fait de leur alimentation faite exclusivement à base de lait. Pour les verrats, la méthodologie Vermorel est appliquée (cf. paragraphe suivant).

Pour les porcins (post-sevrage et engraissement) et **les truies**, la méthodologie appliquée dans le projet MONDFERENT II est celle développée par Rigolot et al [793]. Les émissions de CH_4 entérique sont calculées grâce à l'équation suivante :

$$CH_4 \text{ (kg/tête)} = \text{Aliment} \times (ResD_{intake}1 \times Prop1 + ResD_{intake}2 \times Prop2) \times \text{Perte_Energie} / 55{,}65$$

<u>Avec</u> : Aliment = quantité d'aliment ingérée au cours de la vie de l'animal (kg/tête) ; $ResD_{intake}1$ et $ResD_{intake}2$: teneur en fibres digestibles ingérées de l'aliment ; Prop1 et Prop2 : répartition entre les deux aliments ; Perte_Energie : perte d'énergie sous forme de CH_4 provenant des fibres digérées, égale à 0,67 pour les porcins et 1,34 pour les truies ; 55,65 : contenu énergétique du méthane.

Le paramètre Aliment (kg/animal) pour les porcins (post-sevrage et engraissement) provient des documents de Gestion Technico-économiques publiés chaque année par l'IFIP [505]. Pour les truies, il est fixe dans le temps et provient du projet MONDFERENT II.

Les paramètres $ResD_{intake}$ sont fixes dans le temps mais sont distingués selon le mode d'alimentation : standard ou biphase. Ils ont été obtenus pour des aliments types, représentatifs de ces deux modes d'alimentation. Dans la formule ci-dessus, les paramètres $ResD_{intake}1$; Prop1 ; $ResD_{intake}2$ et Prop2 sont non nuls pour l'alimentation biphase. En revanche, pour l'alimentation standard, seuls les paramètres $ResD_{intake}1$ et Prop1 sont non nuls. Pour l'alimentation biphase, les proportions respectives des aliments sont fixées dans le projet MONDFERENT II à dires d'expert, mais ces paramètres pourront évoluer à l'avenir pour refléter au mieux la progression des conduites alimentaires au sein des élevages français.

L'évolution du nombre d'animaux en biphase est connue grâce aux enquêtes bâtiments d'élevage 2001 et 2008 (voir section générale 3_agriculture).

Pour les catégories porcelets en post sevrage (entre 8kg et 30kg) et les porcs à l'engrais (<30kg), le facteur d'émission de CH_4 entérique par tête ainsi calculé évolue dans le temps du fait de l'évolution du paramètre Aliment et de la proportion d'animaux en biphase sur la période. Pour les truies, l'évolution est liée à la proportion d'animaux en biphase sur la période.

Pour calculer les émissions de CH_4 entérique des porcelets en post-sevrage et des porcs à l'engrais, l'approche mise en place est l'approche production. Cette approche est jugée plus pertinente car les facteurs d'émission sont exprimés par tête, et ces animaux vivant moins d'un an, il est plus réaliste d'utiliser des données de productions que de cheptels. Les données d'abattages bruts sont fournies par la Statistique Agricole Annuelle (SAA) publiée par le SSP [410]. Ces données sont ensuite corrigées pour tenir compte des taux de pertes et saisies, publiés chaque année par l'IFIP au sein de ses documents de Gestion Technico-économiques [505]. Les facteurs d'émission du projet MONDFERENT II sont alors appliqués à ces données de productions corrigées. Les émissions de CH_4 entérique totales ainsi calculées sont ensuite utilisées pour recalculer un facteur d'émission moyen en rapportant ces émissions aux populations tirées de la SAA [410] et retravaillées par le CITEPA (voir section générale 3_agriculture).

Pour les truies, les émissions de CH_4 entérique sont calculées en multipliant le facteur d'émission, qui varie sur la période, par la population, tirée de la SAA [410].

Travaux de Vermorel et al. – Autres animaux

Pour les verrats, les chevaux et les ânes et mules, les facteurs d'émissions de CH_4 entérique sont issus des travaux de Vermorel et al. [362]. La méthode développée permet de prendre en compte les principaux facteurs de variation des émissions de méthane liés à l'animal (espèce, type de production, niveau de production) et à la ration (quantités d'aliments ingérés, composition chimique des aliments, interactions entre aliments au sein d'une ration). La référence [362] fournit une description détaillée des méthodologies employées pour chaque espèce.

Pour les verrats, des équations spécifiques établies par l'INRA ont été utilisées, très proches de celles développées par Rigolot et al [793] car fondées sur les teneurs en résidus digestibles des rations.

Pour les équins, les besoins énergétiques nets ont été convertis en Energie Digestible (ED) puis convertis en émissions de méthane à l'aide d'équations de prédiction des émissions basées sur la composition chimique des rations.

Ces facteurs d'émission sont fixes dans le temps par sous-catégorie. Cependant, ces animaux sont agrégés par catégorie plus large. Ainsi, les facteurs d'émission par grande catégorie peuvent varier annuellement du fait des variations annuelles d'effectifs par sous-catégorie. Les émissions totales sont calculées en multipliant les facteurs d'émission par les données de cheptels, tirées de la SAA [410].

Récapitulatif - Facteurs d'émission de CH_4 entérique et paramètres associés

La méthode française diffère de la méthode proposée dans le GIEC : la principale différence est que la méthode française s'appuie sur la matière organique (ingérée, digestible) alors que le GIEC est fondé sur les énergies (brute, métabolisable, nette). Afin de faciliter la comparaison entre ces deux approches, les paramètres utilisés dans la méthode GIEC (Energie Brute – EB - et facteur de conversion du méthane – Ym) ont été estimés à partir des résultats des projets français.

Energie brute - EB

Pour les bovins, l'énergie brute a été estimée à partir des besoins énergétiques calculés en UF (Unité Fourragère), et du ratio EB/UF. Ce ratio a pu être déterminé en utilisant des données de rationnement moyen à l'échelle nationale [657] (qualité de fourrage, niveaux d'ingestion, concentrés et lipides), par grand type de production, combinées avec les caractéristiques de ces différents aliments tirées des tables rouges de l'INRA [658].

Pour les vaches laitières, l'énergie brute estimée à partir des travaux de l'INRA peut être simplifiée et exprimée en fonction du rendement laitier à l'aide de l'équation suivante :

EB (MJ/animal/jour) = 0,0278 x (rendement laitier (kg/animal/an)) + 109,62

Pour les ovins et les caprins, l'énergie brute est fournie dans l'outil de calcul transmis par l'INRA [797]. Cette dernière est calculée à partir de la Matière Sèche Ingérée (MSI) par catégorie animale étudiée, exprimée en kg MSI/jour, multipliée par le ratio EB/MSI associé à la ration de la catégorie animale étudiée.

A noter : comme pour les facteurs d'émission, pour mettre en cohérence les catégories animales étudiées dans MONDFERENT II avec les catégories animales de la SAA, des pondérations ont été faites à partir des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 :

- *Catégorie « agnelles » de la SAA : pondération entre agnelles laitières et allaitantes ;*
- *Catégorie « autres ovins » de la SAA : pondération entre agneaux et béliers ;*
- *Catégorie « autres caprins » de la SAA : pondération entre chevreaux et boucs.*

Pour les autres catégories animales, c'est à dire pour les porcins, les équins et les cervidés d'élevage, l'énergie brute n'a pas été calculée.

Facteur de conversion du méthane - Ym

Pour les bovins, les ovins et les caprins, le Ym est recalculé en divisant les émissions de CH_4 entérique obtenues par la méthode française (multipliées par 55,65 qui est la valeur énergétique du méthane) par l'énergie brute (voir ci-dessus).

Pour les autres catégories animales, c'est à dire pour les porcins, les équins et les cervidés d'élevage, le Ym n'a pas été calculé.

Le tableau ci-dessous liste, par sous-catégorie, les facteurs d'émission de CH_4 entérique obtenus et les paramètres associés. Pour les sous-catégories dont les facteurs d'émission évoluent dans le temps, la plage 1990-2017 est indiquée (vaches laitières, porcelets en post sevrage, porcs à l'engrais et truies).

Tableau 69 : Récapitulatif des facteurs d'émission CH_4 entérique et paramètres associés

		Donnée d'activité	Valeur du FE (kg CH_4/tête)	Valeur de l'EB (MJ/jour/tête)	Valeur du Ym (%)
Vaches laitières		Cheptel	99,1 - 122,1	242 - 303	6,2 - 6,1
Autres bovins	Vaches nourrices	Cheptel	81,0	190	6,5
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	Cheptel	77,7	181	6,5
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	Cheptel	63,2	142	6,8
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	Cheptel	69,1	155	6,8
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	Cheptel	76,3	172	6,7
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	Cheptel	76,3	172	6,7
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	Cheptel	55,8	130	6,6
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	Cheptel	52,4	122	6,5
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	Cheptel	58,6	138	6,5
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	Cheptel	64,3	159	6,2
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	Cheptel	69,3	176	6,0
	Veaux de boucherie	Cheptel	0,0	NE	6,6
	Autres femelles de moins de 1 an	Cheptel	22,8	54	6,5
	Autres mâles de moins de 1 an	Cheptel	23,8	63	5,7
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	Production	0,0		
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	Production	0,29 - 0,33		
	Verrats de 50 kg et plus	Cheptel	0,8		
	Porcs à l'engrais (>30kg)	Production	0,77 - 0,79		
Truies de 50 kg et plus		Cheptel	3,07 - 3,07		
Caprins	Chevrettes	Cheptel	9,6	25,3	5,5
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	Cheptel	17,5	56,4	4,4
	Autres caprins (y compris boucs)	Cheptel	8,2	24,1	5,0
Ovins	Agnelles	Cheptel	7,9	20,6	5,5
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	Cheptel	15,9	38,7	5,9
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	Cheptel	20,3	54,5	5,3
	Autres ovins (y compris béliers)	Cheptel	2,3	24,7	1,8
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course	Cheptel	21,4		
	Chevaux lourds	Cheptel	21,4		
Mules et ânes	Anes, mulets, bardots	Cheptel	12,1		
Cervidés d'élevage		Cheptel	20		

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/FE_paramètres_CH4_ent

5.2.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 3A).

Sur l'activité, l'incertitude retenue est de 5% car les cheptels français sont régulièrement actualisés par les enquêtes agricoles. Cette donnée est donc bien documentée.

L'incertitude sur le facteur d'émission du CH_4 est de 15%. En effet, d'après le guide des bonnes pratiques du GIEC, pour les facteurs d'émission de la méthode Tier 2, l'incertitude est de l'ordre de 20%. Or, l'utilisation des résultats des projets MONDFERENT I et II permet d'obtenir une estimation plus précise des facteurs d'émissions de méthane entérique des bovins, ovins, caprins et porcins, responsables de la quasi-totalité des émissions de CH_4 entérique.

Pour l'ensemble de la période, les sources statistiques utilisées sont les mêmes afin d'assurer la cohérence temporelle.

5.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Dispositions générales

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur.

Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le temps.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRA, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

Comparaison GIEC 2006 / MONDFERENT I et II

Afin d'éprouver les méthodes MONDFERENT I et II, et conformément aux recommandations des revues précédentes, une comparaison avec la méthode de niveau 2 du GIEC 2006 a été réalisée pour les bovins, ovins et caprins.

La méthode de niveau 2 du GIEC permet d'estimer les émissions de CH_4 entérique ainsi que les émissions de CH_4 liées à la gestion des déjections à partir d'un jeu de paramètres décrivant les caractéristiques d'une sous-catégorie animale.

Ces paramètres ainsi que les sources utilisées sont listés ci-dessous pour les bovins :

Tableau 70 : Paramètres et sources associées pour le calcul du CH_4 entérique des bovins

Abréviation	Paramètre	Source
Cf_i	Coefficient permettant de calculer l'énergie nette nécessaire à la survie	GIEC
Poids	Poids vif de l'animal	Vaches laitières : recalcul à partir des races représentatives de la situation nationale Autres bovins : Mondferent
C_a	Coefficient correspondant aux conditions alimentaires de l'animal	Pondération nationale des données GIEC
C	Coefficient pour le calcul de l'énergie nécessaire à la croissance	GIEC
PM	Poids vif mature de l'adulte	Vaches laitières : recalcul à partir des races représentatives de la situation nationale Autres bovins : Mondferent
PP	Prise de poids moyenne par jour	Mondferent
Lait	Quantité de lait produite	SAA
Matières grasses	Teneur en matières grasses du lait	Recalcul à partir des races représentatives de la situation nationale
Heures	Nombre moyen d'heures de travail par jour	Hypothèse : 0
$C_{gestation}$	Coefficient de gestation	GIEC
$R_{gestation}$	Proportion de femelles en gestation sur l'année	Hypothèse CITEPA
DA%	Energie digestible en % d'énergie brute	Pondération nationale des données GIEC
Y_m	Facteur de conversion du méthane	GIEC

Le tableau ci-dessous répertorie les paramètres ainsi que les sources utilisées pour les ovins et les caprins :

Tableau 71 : Paramètres et sources associées pour le calcul du CH_4 entérique des ovins et caprins

Abréviation	Paramètre	Source
Cf_i	Coefficient permettant de calculer l'énergie nette nécessaire à la survie	GIEC
Poids	Poids vif de l'animal	Mondferent II
C_a	Coefficient correspondant aux conditions alimentaires de l'animal	GIEC
$PP_{agneaux}$	Prise de poids (PV_f-PV_i)	Mondferent II
PV_i	Poids vif au moment du sevrage	Mondferent II
PV_f	Poids vif à un an ou au moment de l'abattage si l'abattage a lieu avant un an	Mondferent II
a,b	Constantes utilisées pour le calcul	GIEC
Lait	Quantité de lait produite	Mondferent II
VE_{lait}	Energie nécessaire à la production d'un kg de lait	GIEC
VE_{laine}	Valeur énergétique de chaque kg de laine produit	GIEC
$Production_{laine}$	Production annuelle moyenne de laine par mouton	IDELE [983]
$C_{gestation}$	Coefficient de gestation	GIEC
$R_{gestation}$	Proportion de femelles en gestation sur l'année	Hypothèse CITEPA
DA%	Energie digestible en % d'énergie brute	Mondferent II
Y_m	Facteur de conversion du méthane	GIEC

Source CITEPA/ format OMINEA - février 2019 IPCC_Tier2_Elevage.xls/Tableaux_paramètres_autres

Le tableau suivant liste d'une part les facteurs d'émission tirés des projets MONDFERENT I et II pour 1990 et 2017, et ceux calculés à partir des paramètres ci-dessus, en suivant la méthodologie GIEC 2006.

Tableau 72 : Comparaison des FE CH_4 entérique – MONDFERENT I et II / GIEC 2006

		Facteurs d'émission MONDFERRNT		Estimation à partir du GIEC 2006		Variation MONDFERENT/GIEC 2006 constatée (%)	
		1990	2017	1990	2017	1990	2017
	Vaches laitières	99,1	122,1	121,5	143,4	-18%	-15%
Autres bovins	Vaches nourrices	81,0	81,0	73,1	73,1	11%	11%
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	77,7	77,7	60,8	60,6	28%	28%
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	63,2	63,2	59,8	59,7	6%	6%
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	69,1	69,1	51,8	51,7	33%	34%
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	76,3	76,3	72,6	72,4	5%	5%
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	76,3	76,3	69,3	69,3	10%	10%
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	55,8	55,8	67,5	67,5	-17%	-17%
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	52,4	52,4	60,3	60,3	-13%	-13%
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	58,6	58,6	65,5	65,5	-11%	-11%
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	64,3	64,3	71,5	71,4	-10%	-10%
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	69,3	69,3	71,8	71,7	-3%	-3%
	Veaux de boucherie	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	0%
	Autres femelles de moins de 1 an	22,8	22,8	47,8	47,9	-52%	-52%
	Autres mâles de moins de 1 an	23,8	23,8	45,6	45,7	-48%	-48%
Caprins	Chevrettes	9,6	9,6	7,0	7,0	37%	37%
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	17,5	17,5	15,0	15,0	16%	16%
	Autres caprins (y compris boucs)	8,2	8,2	2,9	2,9	184%	184%
Ovins	Agnelles	7,9	7,9	5,7	5,7	39%	39%
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	15,9	15,9	8,2	8,2	93%	93%
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	20,3	20,3	14,0	14,0	45%	45%
	Autres ovins (y compris béliers)	2,3	2,3	2,6	2,6	-11%	-11%

Source CITEPA/ format OMINEA - février 2019 IPCC_Tier2_Elevage.xls/Tableaux_FE

Pour mieux comprendre les écarts constatés, les tableaux suivants fournissent les valeurs obtenues pour les paramètres EB et Ym selon les méthodes.

Tableau 73 : Comparaison des EB - MONDFERENT I et II / GIEC 2006

	EB recalculée nationale (MJ/jour/tête)		EB estimée à partir du GIEC 2006 (MJ/jour/tête)		Variation national/GIEC 2006 (%)	
	1990	2017	1990	2017	1990	2017
Vaches laitières	242	303	285	336	-15%	-10%
Vaches nourrices	190	190	171	171	11%	11%
Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	181	181	143	142	27%	27%
Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	142	142	140	140	1%	1%
Génisses de boucherie de plus de 2 ans	155	155	121	121	27%	28%
Mâles de type laitier de plus de 2 ans	172	172	170	170	1%	2%
Mâles de type viande de plus de 2 ans	172	172	163	163	6%	6%
Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	130	130	158	158	-18%	-18%
Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	122	122	141	141	-14%	-14%
Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	138	138	154	154	-10%	-10%
Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	159	159	168	168	-5%	-5%
Mâles de type viande de 1 à 2 ans	176	176	168	168	5%	5%
Veaux de boucherie	NE	NE	87	87	-	-
Autres femelles de moins de 1 an	54	54	112	112	-52%	-52%
Autres mâles de moins de 1 an	63	63	107	107	-41%	-41%
Chevrettes	25,3	25,3	23,8	23,8	6%	6%
Chèvres (femelles ayant mis bas)	56,4	56,4	35,2	35,2	60%	60%
Autres caprins (y compris boucs)	24,1	24,1	8,6	8,6	179%	179%
Agnelles	20,6	20,6	19,3	19,3	7%	7%
Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	38,7	38,7	19,3	19,3	100%	100%
Brebis mères laitières (y c. réforme)	54,5	54,5	32,8	32,8	66%	66%
Autres ovins (y compris béliers)	24,7	24,7	8,6	8,6	186%	186%

Source CITEPA/ format OMINEA - février 2019 IPCC_Tier2_Elevage.xls/Paramètres_EB

Tableau 74 : Comparaison des Ym - MONDFERENT I et II / GIEC 2006

	Ym recalculé national (%)		Ym estimé à partir du GIEC 2006 (%)		Variation national/GIEC 2006 (%)	
	1990	2017	1990	2017	1990	2017
Vaches laitières	6,2	6,1	6,5	6,5	-4%	-6%
Vaches nourrices	6,5	6,5	6,5	6,5	0%	0%
Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	6,5	6,5	6,5	6,5	1%	1%
Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	6,8	6,8	6,5	6,5	5%	5%
Génisses de boucherie de plus de 2 ans	6,8	6,8	6,5	6,5	5%	5%
Mâles de type laitier de plus de 2 ans	6,7	6,7	6,5	6,5	4%	4%
Mâles de type viande de plus de 2 ans	6,7	6,7	6,5	6,5	4%	4%
Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	6,6	6,6	6,5	6,5	1%	1%
Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	6,5	6,5	6,5	6,5	1%	1%
Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	6,5	6,5	6,5	6,5	0%	0%
Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	6,2	6,2	6,5	6,5	-5%	-5%
Mâles de type viande de 1 à 2 ans	6,0	6,0	6,5	6,5	-8%	-8%
Veaux de boucherie	6,6	6,6	0,0	0,0	0%	0%
Autres femelles de moins de 1 an	6,5	6,5	6,5	6,5	0%	0%
Autres mâles de moins de 1 an	5,7	5,7	6,5	6,5	-12%	-12%
Chevrettes	5,5	5,5	4,5	4,5	21%	21%
Chèvres (femelles ayant mis bas)	4,4	4,4	6,5	6,5	-32%	-32%
Autres caprins (y compris boucs)	5,0	5,0	5,1	5,1	-2%	-2%
Agnelles	5,5	5,5	4,5	4,5	23%	23%
Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	5,9	5,9	6,5	6,5	-10%	-10%
Brebis mères laitières (y c. réforme)	5,3	5,3	6,5	6,5	-18%	-18%
Autres ovins (y compris béliers)	1,8	1,8	4,6	4,6	-62%	-62%

Source CITEPA/ format OMINEA - février 2019 IPCC_Tier2_Elevage.xls/Paramètres_Ym

Au niveau des énergies brutes :

Pour les bovins, les variations constatées sont encore à l'étude.

Pour les ovins et les caprins, les énergies brutes fournies par MONDFERENT II sont toujours plus fortes. Cela s'explique sans doute par les conditions françaises d'élevage qui ne sont pas reflétées correctement par les coefficients par défaut utilisés pour le calcul du GIEC 2006.

Au niveau du Ym :

Pour les bovins, les valeurs obtenues par MONDFERENT I et par le GIEC 2006 sont globalement très proches.

Pour les ovins et les caprins, les Ym fournies par MONDFERENT II sont toujours plus faibles, sauf pour les chevrettes et les agnelles. Cela s'explique sans doute par les conditions françaises d'élevage qui ne sont pas reflétées correctement par les coefficients par défaut utilisés pour le calcul du GIEC 2006.

De manière générale, les valeurs développées dans le cadre des projets MONDFERENT I et II ont été privilégiées car jugées plus représentatives de la situation française que celles recalculées à partir de la méthode du GIEC 2006 qui représente plus une moyenne des pays développés.

Comparaison GIEC 2006 / Vermorel et al

Le tableau ci-dessous compare les facteurs d'émissions de méthane entérique pour les porcins (issus d'une part de Vermorel et al. (2008) et d'autre part de MONDFERENT II), pour les chevaux, ânes et mules (issus de Vermorel et al.(2008)), avec ceux proposés par le GIEC 2006 Niveau 1 [656].

Tableau 75 : Comparaison des FE nationaux aux FE Tiers 1 du GIEC 2006

		Facteurs d'émission national (1990-2017)	Estimation à partir du GIEC 2006 Tableau 10.10	Variation National /GIEC 2006 constatée (%)
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,0	1,5	-100%
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,29 - 0,35	1,5	-80% à -78%
	Verrats de 50 kg et plus	0,78	1,5	-48%
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,77 - 0,79	1,5	-49% à -47%
Truies de 50 kg et plus		3,07	1,5	104%
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course	21,4	18	19%
	Chevaux lourds	21,4	18	19%
Mules et ânes	Anes, mulets, bardots	12,1	10	21%

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/FE_CH4_ent_Tier 1

Les données de la SAA ayant été retravaillées, il est désormais possible de distinguer, parmi la population porcine, les porcelets non sevrés (<8kg) dont l'alimentation est exclusivement faite à base de lait. Cette catégorie se voit attribuer un facteur d'émission de CH_4 entérique nul.

Les variations constatées sont difficiles à interpréter du fait des méthodes différentes mises en œuvre pour le calcul entre le national et le GIEC 2006. Tout comme pour les bovins, ovins et caprins, les valeurs nationales ont été privilégiées car jugées plus représentatives de la situation française que celles proposées par le GIEC.

5.2.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 3A

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	38 616	37 447	38 090	35 416	35 463	35 677	36 086	35 740	35 585	35 002	34 633	34 705	35 189	35 336	35 145	
Nouveau	kt CO2e	38 630	37 463	38 104	35 426	35 470	35 687	36 095	35 749	35 593	34 924	34 559	34 641	35 127	35 276	35 137	34 728
Différence	kt CO2e	+15	+17	+14	+10	+7,1	+9,3	+8,8	+8,7	+8,0	-77	-74	-64	-62	-60	-7,6	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description du recalcul

Plusieurs recalculs ont été apportés cette année :

- Mise à jour du facteur d'émission pour les équins ;
- Intégration de l'évolution du biphase sur la période pour la catégorie « autres porcins », permise par l'application des derniers résultats du projet MONDFERENT II ;
- Mise à jour du facteur d'émission pour les truies avec les derniers résultats du projet MONDFERENT II ;
- Mise à jour des cheptels pour certaines catégories, certaines années.

Raison et justification

Selon les recalculs, les raisons et justifications sont les suivantes : ajustement de la prise en compte de facteurs d'émission nationaux, mise à jour de certaines données et amélioration de la méthode (avec intégration des pratiques d'alimentation).

5.2.6 Améliorations envisagées

La méthodologie utilisée pour estimer les émissions de CH_4 est encore en cours d'évolution afin d'améliorer la prise en compte de l'évolution des performances animales et des pratiques d'élevage depuis 1990. Par ailleurs, les comparaisons avec la méthode GIEC 2006 doivent être analysées plus en profondeur de manière à expliquer au mieux les écarts constatés.

5.3 Gestion des déjections (3B)

5.3.1 Caractéristiques de la catégorie

Les effluents d'élevage sont des sources potentiellement importantes d'émissions (CH_4, COVNM, N_2O, NH_3, NO_x) du fait de phénomènes chimiques et biologiques. Ces émissions dépendent principalement des espèces élevées et des pratiques associées (type de bâtiment, temps de stockage, accumulation, traitements), mais leur estimation demeure sujette à de fortes incertitudes du fait de la complexité de prédire parfaitement les interactions possibles entre les cycles de l'azote et du carbone.

En 2017, la gestion des déjections constitue la 24ème catégorie clé (0,8%) en termes de niveau d'émission hors UTCATF au périmètre Kyoto du fait du CH_4 et la 29ème (0,5%) du fait du N_2O.

La gestion des déjections est donc à l'origine de quantités importantes de CH_4 et, dans une moindre mesure, de N_2O. Comme pour la fermentation entérique, le cheptel bovin est le cheptel le plus émetteur mais, la part des émissions liées aux bovins est inférieure. En effet, au niveau des émissions rapportées dans le code CRF 3B correspondant au bâtiment et au stockage des effluents, en 2017, les bovins contribuent à environ 57% des émissions de GES devant les porcins (34%). Le solde est partagé entre les autres catégories animales.

5.3.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

La méthode appliquée correspond à un rang 2 des lignes directrices du GIEC 2006.

Dans la méthode actuelle, les Systèmes de Gestion (SG) des déjections animales et les facteurs d'excrétion azotée sont issus de données nationales. De même, les valeurs prises par le paramètre Solides Volatiles (SV) pour les bovins, porcins, ovins et caprins sont tirés de projets nationaux. Les autres paramètres de calcul proviennent des lignes directrices du GIEC 2006.

Des travaux sont en cours et doivent être approfondis pour développer plus de paramètres nationaux afin de parvenir ainsi à une méthode de niveau 2 encore plus précise.

Les émissions liées à la gestion des déjections sont traitées de manière différente selon les polluants concernés. Les principales données utilisées pour le calcul de ces émissions sont :

- Les cheptels (voir section 3_Agriculture)
- Les systèmes de gestion des déjections (SGDA) (voir section 3_Agriculture)
- Les quantités d'azote et de solides volatils (SV) excrétées (voir section 3_Agriculture et section plus loin)
- Les facteurs d'émissions principalement issus des lignes directrices révisées du GIEC de 2006 [656] et du guide EMEP / EEA 2016 [960],
- Les taux d'application des pratiques de réduction d'émission de NH_3 et les facteurs d'abattement associés.

Important : les méthodes de calcul des émissions de NH_3 et de NO_x sont fournies ici pour faciliter la compréhension du calcul des émissions indirectes de N_2O liées à la redéposition.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 liées à la gestion des déjections correspondent au cycle court du carbone et ne sont pas rapportées dans les inventaires de gaz à effet de serre en cohérence avec les règles de la Convention climat.

Emissions de CH_4

La gestion des déjections est une source clé vis-à-vis des émissions de méthane. Les émissions de CH_4 sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque espèce animale. Ceux-ci sont établis en utilisant la formule proposée par le GIEC 2006 :

$$FE = SV \times 365 \text{ jours/an} \times Bo \times 0{,}67 \text{ kg/m}^3 \times \sum_i (FCM_i \times SG_i)$$

<u>Avec:</u> Bo = Capacité de production maximale de CH_4 (m^3/kg de SV) ; SV = Solides volatils excrétés (kg/jour) ; FCM = facteur de conversion en CH_4 (%) ; SG : Système de gestion des déjections i = type de gestion.

Ce calcul est effectué au niveau régional au sein du système PACRETE (Programme Access pour le Calcul Régionalisé des Emissions aTmosphériques de l'Elevage), décrit en section 3_Agriculture.

<u>Le paramètre SG</u>

La méthodologie d'estimation des systèmes de gestion des déjections (selon les espèces : lisier sans croûte naturelle, lisier avec croûte naturelle, fumier en stockage solide, litière accumulée pendant plus d'un mois, litière accumulée pendant moins d'un mois, pâturage / parcours) est présentée dans la section « 3_Agriculture», commune à toutes les émissions de l'élevage.

Le paramètre SV

Les méthodes d'estimation des SV varient selon les catégories.

Projet MONDFERENT I – Bovins

Pour les bovins, le SV est estimé à partir des travaux de l'INRA [508, 509]. La méthodologie développée est décrite en section « 3A_Enteric fermentation ».

Pour rappel, le projet a permis d'estimer, par sous-catégorie bovine, les quantités de Matière Organique Digestible Ingérées (MODI) utilisées pour calculer le CH_4 entérique. Ensuite, les données de rationnement moyen à l'échelle nationale [657] combinées avec les caractéristiques des aliments tirées des tables rouges de l'INRA [658] permettent de calculer le ratio Matière Organique Non Digestible (MOND) sur MODI (MOND/MODI), variable selon les types de productions et le mode d'alimentation. Ce ratio MOND/MODI est appliqué à la MODI pour obtenir la MOND. La MOND ainsi calculée correspond à la MOND des fèces ($MOND_{fèces}$), et ne tient pas compte de la MOND des urines ($MOND_{urines}$).

Contrairement au GIEC 2006, la méthode MONDFERENT I est fondée sur l'utilisation de la Matière Organique Non Digestible et non des énergies. Dans la méthodologie MONDFERENT I, l'hypothèse est faite que la matière organique contenue dans les urines n'émettra que très peu de CH_4 : le SV_{urine} est alors négligé dans les calculs. Des recherches complémentaires sont à effectuer pour estimer les potentiels méthanogènes de la matière organique contenue dans les urines. On obtient donc :

$$SV = SV_{fèces} + SV_{urine}, \text{ avec } SV_{fèces} = MOND_{fèces} \text{ et } SV_{urine} = 0$$

Les SV calculés sont constants dans le temps pour les 14 catégories animales d'autres bovins, et sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »). Cependant, il est important de noter que du fait de la variation annuelle des effectifs de ces catégories animales, le paramètre SV pour la catégorie « autres bovins » peut varier annuellement.

Dans le cas des vaches laitières, la valeur prise par le paramètre SV est issue d'une équation reliant le SV et le rendement laitier [508] :

$$SV \text{ (kg/animal/jour)} = (0{,}1146 \times (\text{rendement laitier (kg/animal/an)}) + 715{,}77)/365$$

Le rendement laitier (kg/animal/an) est disponible au sein de la base de données OMINEA [792]. Les valeurs pour certaines années ont été extraites et sont incluses en section « 3_Agriculture ». Le rendement laitier étant variable au cours du temps, le SV associé l'est aussi. La plage des valeurs 1990-2017 prise par ce SV est fournie au niveau du tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV ».

Projet MONDFERENT II – Porcins

Les valeurs fournies par le projet MONDFERENT II [966] concernent les porcelets en post sevrage (entre 8kg et 30kg), les porcs à l'engrais (>30kg) et les truies. Le SV des porcelets non sevrés (<8kg) est égal à 0 car on considère qu'il est déjà pris en compte dans celui des truies.

La méthodologie appliquée est celle développée par Rigolot et al [793]. Dans cette méthode, le SV est assimilé à la matière organique excrétée ($OM_{excreted}$). Ce paramètre est estimé à partir de l'ingestion de matière organique et de la digestibilité associée. L'ingestion de matière organique est calculée à partir d'une ration alimentaire moyenne et d'une teneur moyenne en matière organique de la ration. La matière organique excrétée correspond à la fraction non digérée de la matière organique. L'équation suivante est appliquée :

$$OM_{excreted} \text{ (kg/tête)} = \text{Aliment} \times [\ (Feed_{OM1}) \times (1-d_{OM1}) \times Prop1 + (Feed_{OM2}) \times (1-d_{OM2}) \times Prop2\ ]$$

Avec : : Aliment = quantité d'aliment ingérée au cours de la vie de l'animal (kg/tête) ; $Feed_{OM1}$ et $Feed_{OM2}$: teneur moyenne en matière organique des aliments (kg/kg) ; d_{OM1} et d_{OM2} : digestibilité de la matière organique des aliments ; Prop1 et Prop2 : répartition entre les deux aliments.

Le paramètre Aliment (kg/animal) pour les porcins (post-sevrage et engraissement) provient des documents de Gestion Technico-économiques publiés chaque année par l'IFIP [505]. Pour les truies, il est fixe dans le temps et provient du projet MONDFERENT II.

Les teneurs en matière organique des aliments sont fixes dans le temps mais sont distinguées selon le mode d'alimentation : standard ou biphase. Elles ont été formulées à dires d'experts dans le projet MONDFERENT II. Dans la formule ci-dessus, les paramètres $Feed_{OM1}$; d_{OM1} ; Prop1 ; $Feed_{OM2}$; d_{OM2} et Prop2 sont non nuls pour l'alimentation biphase. En revanche, pour l'alimentation standard, seuls les paramètres $Feed_{OM1}$; d_{OM1} et Prop1 sont non nuls. Pour l'alimentation biphase, les proportions respectives des aliments sont fixées dans le projet MONDFERENT II à dires d'expert, mais ces paramètres pourront évoluer à l'avenir pour refléter au mieux la progression des conduites alimentaires au sein des élevages français.

L'évolution du nombre d'animaux en biphase est connue grâce aux enquêtes bâtiments d'élevage 2001 et 2008 (voir section générale 3_agriculture).

Pour les catégories porcelets en post sevrage (entre 8kg et 30kg) et les porcs à l'engrais (<30kg), le paramètre SV ($OM_{excreted}$) ainsi calculé évolue dans le temps du fait de l'évolution du paramètre Aliment et de la proportion d'animaux en biphase sur la période. Pour les truies, l'évolution est liée à la proportion d'animaux en biphase sur la période.

Pour calculer le SV final à appliquer à ces deux sous-catégories porcines, l'approche mise en place est l'approche production. Cette approche est jugée plus pertinente car les SV sont exprimés par tête, et ces animaux vivant moins d'un an, il est plus réaliste d'utiliser des données de productions que de cheptels. Les données d'abattages bruts sont fournies par la Statistique Agricole Annuelle (SAA) publiée par le SSP [410]. Ces données sont ensuite corrigées pour tenir compte des taux de pertes et saisies, publiés chaque année par l'IFIP au sein de ses documents de Gestion Technico-économiques [505]. Les SV du projet MONDFERENT II sont alors appliqués à ces données de productions corrigées. Les quantités totales de SV excrétées ainsi calculées sont ensuite utilisées pour recalculer un SV moyen en rapportant ces quantités aux populations tirées de la SAA [410] et retravaillées par le CITEPA (voir section générale 3_agriculture).

Faute de données spécifiques aux verrats, le SV des truies leur est attribué. Cela pourra évoluer à l'avenir pour être plus représentatif de cette catégorie.

Les SV calculés sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »). En plus des variations annoncées plus haut, du fait de la variation annuelle des effectifs de la sous-catégorie « Autres porcins », le SV pour la catégorie agrégée varie annuellement.

Projet MONDFERENT II – Ovins et Caprins

Pour les ovins et les caprins, le SV est estimé à partir des travaux MONDFERENT II [796,797]. La méthodologie développée est décrite en section « 3A_Enteric fermentation ».

Pour rappel, le projet a permis d'estimer, par sous-catégorie animale, les quantités de Matière Organique Digestible Ingérées (MODI) utilisées pour calculer le CH_4 entérique. Les sous-catégories étudiées sont les suivantes :

- Ovins : brebis laitières, brebis allaitantes, agnelles laitières, agnelles allaitantes, agneaux de race rustique, béliers.
- Caprins : chèvres laitières, chevrettes, chevreaux, boucs.

A partir des types et ingrédients des rations, des niveaux d'ingestion et des besoins en nutriments, la Matière Sèche Ingérée (MSI) et la Matière Organique associée (MO) sont estimées. Puis, la Matière Organique Non Digestible (MOND) des fèces, correspondant au $SV_{fèces}$, est obtenue de la façon suivante :

$$SV_{fèces} = MOND\ (kg) = MSI \times MO\ /\ 1000 - MODI$$

Avec : MSI = Matière Sèche Ingérée (kg) ; MO = Matière Organique (g/kgMSI) ; MODI = Matière Organique Digestible Ingérée (kg).

Pour ce projet, l'objectif a été d'être le plus possible en cohérence avec les lignes directrices du GIEC 2006, et l'hypothèse a été faite que la matière organique des urines est également émettrice de CH_4. Le SV_{urine} est obtenu de la façon suivante :

$$SV_{urine}\ (kg) = MSI \times MO\ /\ 1000 \times UE/EB$$

Avec : MSI = Matière Sèche Ingérée (kg) ; MO = Matière Organique (g/kgMSI) ; EU/EB : rapport entre l'énergie urinaire et l'énergie brute.

Le rapport UE/EB est calculé selon l'équation suivante, provenant de Sauvant et Giger-Reverdin (2009) [794] :

$$EU/EB = 5,7 - 0,71\ NI$$

Les $SV_{fèces}$ et SV_{urine} sont sommés pour obtenir le $SV_{total.}$

Les SV calculés sont constants dans le temps pour les sous-catégories d'ovins et de caprins.

Pour mettre en cohérence les catégories animales étudiées dans MONDFERENT II avec les catégories animales de la SAA, des pondérations ont été faites à partir des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 :

- Catégorie « agnelles » de la SAA : pondération entre agnelles laitières et allaitantes ;
- Catégorie « autres ovins » de la SAA : pondération entre agneaux et béliers ;
- Catégorie « autres caprins » de la SAA : pondération entre chevreaux et boucs.

Ces facteurs par sous-catégorie sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »). Cependant, du fait de la variation annuelle des effectifs de ces sous-catégories animales, le SV pour les catégories agrégées « ovins » et « caprins » peuvent varier annuellement.

Autres animaux

Pour les équins, les lapines et les cervidés d'élevage, le paramètre SV prend les valeurs par défaut fournies par le GIEC 2006 [656].

Pour les volailles, l'estimation du SV faisait partie des objectifs visés par le projet MONDFERENT II. Lors de ce projet, des équations spécifiques ont été établies pour les volailles, en utilisant la digestibilité de l'énergie en première approche de la digestibilité de la matière organique. Dans les conclusions du projet, il n'est pas conseillé d'utiliser les résultats du projet car il est indiqué que la digestibilité de l'énergie ne reflète pas si bien la digestibilité de la matière organique, et les équations proposées conduiraient à une surestimation des SV. Il est plutôt conseillé de moduler les SV par défaut proposés par le GIEC [656] selon le poids des animaux. Dans un second temps, il est indiqué qu'il faudrait pouvoir recalculer ces excrétions carbonées en utilisant la digestibilité réelle de la matière organique, pour améliorer les estimations de ce paramètre. Le tableau ci-dessous présente les retraitements effectués par sous-catégorie de volailles :

Tableau 76 : Attributions et retraitements des valeurs SV pour les sous-catégories volailles

Sous-catégories volailles	Retraitement
Poules pondeuses d'œufs à couver	Valeur par défaut pondeuses sans retraitement
Poules pondeuses d'œufs de consommation	Valeur par défaut pondeuses sans retraitement
Poulettes	Attribution de la valeur pondeuses
Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	Valeur par défaut poulets sans retraitement
Canards à gaver	Valeur par défaut canards sans retraitement
Canards à rôtir	Valeur par défaut canards sans retraitement
Dindes et dindons (au 1er octobre)	Valeur par défaut dindes sans retraitement
Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	Attribution de la valeur dinde
Pintades	Attribution de la valeur dinde
Cailles d'élevage	Pondération de la valeur par défaut poulets (poids à 0,9kg) par le poids moyen des cailles (0,257 kg [504])

Les SV ainsi attribués sont constants dans le temps par sous-catégorie animale, et sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »). Cependant, du fait de la variation annuelle des effectifs des sous-catégories animales, le SV pour les catégories agrégées peut varier annuellement.

Tableau 77 : Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV

		SV (kg SV/jour)	Provenance du SV
Vaches laitières		3,46 - 4,15	Mondferent I
Autres bovins	Vaches nourrices	2,86	Mondferent I
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	2,64	Mondferent I
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	2,18	Mondferent I
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	2,55	Mondferent I
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	2,56	Mondferent I
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	2,56	Mondferent I
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	1,89	Mondferent I
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	1,81	Mondferent I
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	2,07	Mondferent I
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	2,31	Mondferent I
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	2,73	Mondferent I
	Veaux de boucherie	0,85	Mondferent I
	Autres femelles de moins de 1 an	0,82	Mondferent I
	Autres mâles de moins de 1 an	0,87	Mondferent I
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,00	Mondferent II
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,07 - 0,08	Mondferent II
	Verrats de 50 kg et plus	0,38 - 0,40	Mondferent II
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,23 - 0,25	Mondferent II
Truies de 50 kg et plus		0,38 - 0,40	Mondferent II
Caprins	Chevrettes	0,42	Mondferent II
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	1,15	Mondferent II
	Autres caprins (y compris boucs)	0,46	Mondferent II
Ovins	Agnelles	0,39	Mondferent II
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	0,63	Mondferent II
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	1,04	Mondferent II
	Autres ovins (y compris béliers)	0,22	Mondferent II
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course	2,13	GIEC 2006
	Chevaux lourds	2,13	GIEC 2006
Mules et ânes	Anes, mulets, bardots	0,94	GIEC 2006
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver	0,02	GIEC 2006
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	0,02	GIEC 2006
	Poulettes	0,02	GIEC 2006
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	0,01	GIEC 2006
	Canards à gaver	0,02	GIEC 2006
	Canards à rôtir	0,02	GIEC 2006
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	0,07	GIEC 2006
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,07	GIEC 2006
	Pintades	0,07	GIEC 2006
	Cailles d'élevage	0,003	GIEC 2006 pondéré
Autres	Lapines reproductrices	0,10	GIEC 2006
	Cervidés d'élevage	0,39	GIEC 2006

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/SV

Le paramètre Bo

Le paramètre Bo prend les valeurs par défaut fournies par le GIEC 2006 [656]. Les valeurs prises par Bo sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 78 : Paramètres Bo utilisés dans l'inventaire

	Vaches laitières	Autres bovins	Porcins et truies	Caprins	Ovins	Chevaux	Mules et ânes	Poules pondeuses	Autres volailles	Lapines reproductrices	Cervidés d'élevage
Bo	0,24	0,18	0,45	0,18	0,19	0,30	0,33	0,39	0,36	0,32	0,19

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/Bo

Le paramètre FCM

Les paramètres FCM prennent les valeurs par défaut fournies par le GIEC [656], en faisant les correspondances avec les systèmes de gestion des déjections rencontrées en France suivantes :

Tableau 79 : Correspondances MCF et systèmes de gestion

	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier	Litière accumulée	Pâture
Vaches laitières	Liquide/lisier sans écorce terrestre naturelle	Liquide/lisier avec écorce terrestre naturelle	Stockage solide	Litière accumulée < 1 mois	Pâturage/parcours/ parcelles
Autres bovins				Litière accumulée > 1 mois	
Porcins					
Caprins			Valeurs par défaut Tableau 10A-9 Pays développés		Valeurs par défaut Tableau 10A-9 Pays développés
Ovins					
Chevaux					
Mules et ânes					
Poules pondeuses	Fumier de volaille sans litière		Fumier de volaille avec litière		Pâturage/parcours/ parcelles
Autres volailles					
Lapines reproductrices	Valeurs par défaut Tableau 10A-9		Valeurs par défaut Tableau 10A-9		
Cervidés d'élevage					Pâturage/parcours/ parcelles

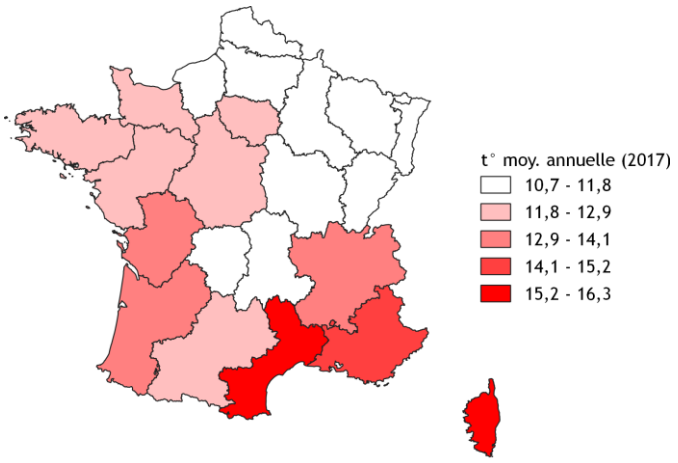
Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/FCM

Les valeurs du FCM varient en fonction de la température moyenne annuelle. Les températures annuelles moyennes régionales issues de Météo France [660] ont été utilisées pour la Métropole. Pour les territoires Outre-Mer, les données Météo France nous permettent de faire l'hypothèse d'une température moyenne annuelle de 25°C. La carte ci-dessous présente la répartition géographique pour l'année 2017.

Figure 103 : Températures moyennes annuelles régionales

	1990	2017
Île-de-France	11,7	11,7
Champagne-Ardenne	11,0	11,0
Picardie	10,7	10,7
Haute-Normandie	10,6	10,6
Centre	11,7	11,7
Basse-Normandie	11,4	11,4
Bourgogne	10,9	10,9
Nord-Pas-de-Calais	10,9	10,9
Lorraine	10,2	10,2
Alsace	10,7	10,7
Franche-Comté	11,2	11,2
Pays de la Loire	12,3	12,3
Bretagne	12,1	12,1
Poitou-Charentes	12,7	12,7
Aquitaine	13,5	13,5
Midi-Pyrénées	12,3	12,3
Limousin	11,3	11,3
Rhône-Alpes	13,0	13,0
Auvergne	10,3	10,3
Languedoc-Roussillon	15,4	15,4
Provence-Alpes-Côte d'Azur	14,2	14,2
Corse	15,8	15,8



Prise en compte de la méthanisation des déjections animales :

La méthanisation des déjections animales permet de réduire les émissions de CH_4. Cette technique de réduction existe en France depuis 1990. A noter : la réduction des émissions grâce à la méthanisation est ici calculée pour le cheptel bovin et porcin uniquement.

La méthodologie de calcul suivie diffère de celle par défaut du GIEC, car les lignes directrices proposent un FCM (facteur de conversion en CH_4 (%)) pour la méthanisation allant de 0% à 100% quelle que soit la température, alors que le FCM du fumier vaut 2% à 12°C. Ainsi, méthaniser le fumier conduirait à une hausse des émissions ce qui est peu probable : ce serait vrai uniquement si le méthane n'était pas efficacement capté, or le processus de digestion anaérobie cherche à maximiser la production de méthane.

Il a été choisi ici d'estimer plutôt la réduction des émissions de CH_4 associée à la méthanisation, à déduire du calcul des émissions totales de CH_4 :

$$Emissions_{totales} = Emissions_{sans_méthanisation} - Emissions_réduites_{méthanisation}$$

Pour estimer les émissions réduites, le choix a été fait d'appliquer un taux de réduction aux émissions de CH_4 liées à la gestion des déjections méthanisées, taux issu de Ecosecurities [661] et **estimé à 85%.** Ainsi, la quantité de CH_4 non émise ($Emissions_réduites_{méthanisation}$ en kg CH_4) grâce aux déjections méthanisées est calculée à partir de l'équation suivante :

$$Emissions_réduites_{méthanisation} = SV \times Nombre_places_{animal\&SG} \times 365 \times B_O \times 0{,}67 \times \sum_i (FCM_i \times SG_i) \times TR$$

Avec : SV = Solides volatils excrétés (kg/animal/jour) ; $Nombre_places_{animal\&SG}$ = Nombre d'emplacements concernés par la méthanisation pour le système de gestion des déjections concerné ; Bo = Capacité de production maximale de CH_4 (m^3/kg de SV) ; FCM = facteur de conversion en CH_4 (%, fumier, lisier) ; SG : Système de gestion des déjections (fumier, lisier) ; TR : Taux de réduction des émissions associé à la méthanisation, ici TR = 85%.

Pour estimer le nombre d'emplacements concernés par la méthanisation, plusieurs données sont utilisées et plusieurs pré-traitements sont effectués :

- La base SINOE de l'ADEME [798] fournit le nombre de méthaniseurs annuels en activité en France. Des données des constructeurs permettent de préciser les quantités d'effluents entrant dans le méthaniseur. Deux types de méthanisation sont pris en compte : méthanisation centralisée et méthanisation à la ferme.
- Par ailleurs, de multiples données provenant des constructeurs ont permis de définir la répartition des types de déjections traitées, exprimée en pourcentages entre lisier bovin, lisier porcin, fumier bovin et fumier porcin, pour un méthaniseur « moyen », représentatif de la situation française.
- L'ADEME a pu fournir, pour 2013 seulement, les tonnages de déjections méthanisées, centralisée ou à la ferme, permettant de calculer le tonnage moyen traité par méthaniseur.

	Nombre d'installations ayant reçu des aides ADEME		Masse d'effluent traité (kg) sur les installations ayant reçu des aides ADEME	
	Centralisée	A la ferme	Centralisée	A la ferme
2013	**18**	**74**	**305 363**	**425 589**

Pour la méthanisation centralisée, pour la méthanisation à la ferme, et pour chaque espèce, on caractérise le type d'effluent traité et les quantités méthanisées au sein de chaque site grâce aux données externes des constructeurs. Ces données vont être corrigées à l'aide du **tonnage moyen traité par méthaniseur**. Ainsi, en appliquant la répartition moyenne des déjections traitées, il est

Tonnages_moyens_année i = tonnages_ADEME_2013 * (nb méthaniseurs année i / nb méthaniseurs ADEME_2013)

possible d'obtenir un tonnage moyen de déjections traitées par catégorie animale et système de gestion des déjections pour un méthaniseur « moyen ».

Le cheptel initial au sein d'un site est une donnée fournie par les constructeurs des sites de méthanisation. Quand ces données ne sont pas disponibles, il est déduit par calcul : on utilise un ratio de l'IDELE qui permet d'estimer le nombre d'animaux d'une exploitation en fonction du volume de lisier ou de fumier du bâtiment.

Exemple : estimation du cheptel de vaches laitières concerné par la méthanisation centralisée

Cheptel_vaches_méthanisation_centralisée_corrigé = cheptel_initial_vaches * tonnages_moyens$_{\text{année i}}$ / tonnages_méthanisation_centralisée_noncorrigés$_{\text{année i}}$

Cheptel_vaches_méthanisation_total_corrigé = cheptel_vaches_méthanisation_centralisée_corrigé + cheptel_vaches_méthanisation_ferme_corrigé

Avec : Cheptel_initial_vaches : cheptel fourni par les constructeurs ou estimé ;
tonnages_moyens$_{\text{année i}}$: tonnages corrigés de l'année i ;
tonnages_méthanisation_centralisée_noncorrigés_année i: tonnages donnés par les constructeurs

On corrige de la même façon les quantités de fumier et lisier méthanisées pour chaque catégorie animale et pour chaque type de méthanisation. Ici, dans l'exemple, on calcule :

- le tonnage_lisier_vache_traité_corrigé

tonnage_lisier_vache_traité_corrigé = tonnage_lisier_vache_initial * tonnages_moyens$_{\text{année i}}$ / tonnages_méthanisation_centralisée_noncorrigés$_{\text{année i}}$

- le tonnage_fumier_vache_traité_corrigé

tonnage_fumier_vache_traité_corrigé = tonnage_fumier_vache_initial * tonnages_moyens$_{\text{année i}}$ / tonnages_méthanisation_centralisée_noncorrigés$_{\text{année i}}$

La répartition du traitement entre les quantités de fumier et lisier méthanisées est alors déduite :

% lisier$_{\text{vache_traité}}$ = Tonnage_lisier_vache_traité_corrigé/(tonnage_lisier_vache_traité_corrigé + tonnage_fumier_vache_traité_corrigé)

Puis on calcule le nombre d'emplacements concerné par la méthanisation pour les vaches laitières :

Nombre_places$_{\text{vaches_lisier}}$ = % lisier$_{\text{vache_traité}}$ * cheptel$_{\text{vache_méthanisation_total_corrigé}}$

Enfin, on calcule la réduction des émissions en kgCH_4/kgVS :

Emissions_réduites $_{\text{vaches lisier}}$ = nombre_ places $_{\text{vaches lisier}}$ * 365 x B_O x 0,67

Ce sont ces émissions qui seront déduites des Emissions totales $CH_{4\ \text{sansméthanisation}}$.

Emissions de N_2O

La méthode de niveau 2 des lignes directrices du GIEC [656] estime les trois sources d'émissions de N_2O de l'élevage :

- les émissions directes au bâtiment et au stockage,
- les émissions indirectes liées à la volatilisation de NH_3 et NO_x au bâtiment et au stockage,
- les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage au stockage.

Les émissions directes

Les émissions directes sont calculées selon l'équation 10.25 des lignes directrices du GIEC 2006 [656]. Ces émissions sont basées sur :

- l'excrétion azotée des animaux (voir section 3_Agriculture) ;
- les modalités de gestion des déjections ;
- les facteurs d'émissions par défaut des lignes directrices du GIEC 2006 [656].

Le calcul effectué est le suivant :

$$N_2O_{directes} = \Sigma_{t,i}\ N_t \times Fex_{t,i} \times SG_{t,i} \times FE_{t,i} \times 44/28$$

Avec : $N_{t,i}$ = Nombre de têtes de la catégorie animale t ; $Fex_{t,i}$ = Excrétion azotée annuelle de la catégorie animale t gérée en système i ; SG = Système de gestion des déjections (liquide, solide) ; $FE_{t,i}$ = Facteur d'émission pour le système de gestion i de la catégorie animale t.

Pour le choix des facteurs d'émission, les correspondances suivantes ont été effectuées avec les systèmes de gestion des déjections rencontrées en France :

Tableau 80 : Correspondances facteurs d'émission et systèmes de gestion

	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier	Litière accumulée	Pâture
Vaches laitières	Liquide/lisier sans croûte naturelle **0 kgN-N_2O/kgNex**	Liquide/lisier avec croûte naturelle **0,005 kgN-N_2O/kgNex**	Stockage solide **0,005 kgN-N_2O/kgNex**	Litière accumulée Pas de mixage **0,01 kgN-N_2O/kgNex**	*Emissions traitées dans la section 3D_Agricultural soils*
Autres bovins					
Porcins					
Caprins					
Ovins					
Chevaux					
Mules et ânes					
Poules pondeuses	Fumier de volaille sans litière **0,001 kgN-N_2O/kgNex**		Fumier de volaille avec litière **0,001 kgN-N_2O/kgNex**		
Autres volailles					
Lapines reproductrices	Liquide/lisier sans croûte naturelle **0 kgN-N_2O/kgNex**		Stockage solide **0,005 kgN-N_2O/kgNex**		
Cervidés d'élevage					

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/N_2O_direct

Les émissions indirectes liées à la volatilisation

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont calculées selon l'équation 10.27 des lignes directrices du GIEC 2006 [656] :

$$N_2O_{indirectes_volat} = N_{volatilisation} \times FE_4 \times 44/28$$

Avec : $N_{volatilisation}$ = Quantité d'azote de fumier perdue en raison de la volatilisation du NH_3 et du NO_x (kgN/an) ; FE_4 = Facteur d'émission du GIEC pour les émissions de N_2O dues au dépôt atmosphérique d'azote sur les sols et des surfaces aquatiques (kg N-N_2O/(kg N-NH_3 + kg N-NO_x)).

La quantité d'azote de fumier perdue en raison de la volatilisation du NH_3 et du NO_x correspond à la somme des émissions suivantes :

$$N_{volatilisation} = N\text{-}NH_{3\ Bâtiment} + N\text{-}NH_{3\ Stockage} + N\text{-}NO_{x\ Stockage}$$

Avec : $N\text{-}NH_{3\ Bâtiment}$ = Emissions de N-NH3 au bâtiment ; $N\text{-}NH_{3\ Stockage}$ = Emissions de N-NH3 au stockage ; $N\text{-}NO_{x\ Stockage}$ = Emissions de N-NO_x au stockage.

Ces émissions d'azote sous forme de NH_3 et NO_x sont calculées conformément à la méthode EMEP/EAA 2016 [960], détaillée en sections « Emissions de NH_3 » et « Emissions de NO_x » plus bas. Ces explications sont également reprises dans le rapport UNECE.

Le facteur d'émission utilisé est tiré du GIEC [799] : **FE_4 = 0,01 kg N-N_2O/kg N-NH_3+kg N-NO_x.**

Les émissions indirectes liées à la volatilisation

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont calculées selon l'équation 10.27 des lignes directrices du GIEC 2006 [656] :

$$N_2O_{indirectes_volat} = N_{volatilisation} \times FE_4 \times 44/28$$

Avec : $N_{volatilisation}$ = Quantité d'azote de fumier perdue en raison de la volatilisation du NH_3 et du NO_x (kgN/an) ; FE_4 = Facteur d'émission du GIEC pour les émissions de N_2O dues au dépôt atmosphérique d'azote sur les sols et des surfaces aquatiques (kg N-N_2O/(kg N-NH_3 + kg N-NO_x)).

La quantité d'azote de fumier perdue en raison de la volatilisation du NH_3 et du NO_x correspond à la somme des émissions suivantes :

$$N_{volatilisation} = N\text{-}NH_{3\ Bâtiment} + N\text{-}NH_{3\ Stockage} + N\text{-}NO_{x\ Stockage}$$

Avec : N-$NH_{3\ Bâtiment}$ = Emissions de N-NH3 au bâtiment ; N-$NH_{3\ Stockage}$ = Emissions de N-NH3 au stockage ; N-$NO_{x\ Stockage}$ = Emissions de N-NO_x au stockage.

Ces émissions d'azote sous forme de NH_3 et NO_x sont calculées conformément à la méthode EMEP/EAA 2016 [960], détaillée en sections « Emissions de NH_3 » et « Emissions de NO_x » plus bas. Ces explications sont également reprises dans le rapport UNECE.

Le facteur d'émission utilisé est tiré du GIEC [799] : **FE_4 = 0,01 kg N-N_2O/kg N-NH_3+kg N-NO_x.**

Les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage

Les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage sont calculées selon l'équation 10.29 des lignes directrices du GIEC 2006 [656].

$$N_2O_{indirectes_lixiv} = N_{lixiv} \times FE_5 \times 44/28$$

Avec : N_{lixiv} = Quantité d'azote de fumier lessivé des systèmes de gestion du fumier (kgN/an) ; FE_5 = Facteur d'émission du GIEC pour les émissions de N_2O de l'azote de lixiviation et écoulements (kg N-N_2O/kg N lessivé et écoulé).

La quantité d'azote de fumier lessivé est calculée conformément à la méthode EMEP/EAA 2016 [960], détaillée en section « Emissions de NH_3 » ainsi que dans le rapport UNECE.

Le facteur d'émission utilisé est tiré du GIEC [799] : **FE_5 = 0,0075 kg N-N_2O/kg N lessivé et écoulé.**

Emissions de NO_x

Les émissions de NO_x (NO exprimé en équivalent NO_2) issues du stockage des déjections sont mal connues. Ces émissions sont estimées conformément à la méthodologie EMEP/EEA 2016 [960], mais rapportées hors total national.

La méthodologie EMEP distingue deux types d'effluents : lisier et solide. Ci-dessous la correspondance avec les systèmes de gestion décrits en section « 5.1_Généralités » :

Tableau 81 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion

	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier	Litière accumulée
Correspondance EMEP	Lisier	Lisier	Solide	Solide

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/EMEP_Correspondances

Les émissions de NO_x (NO exprimé en équivalent NO_2), sont calculées comme suit :

$$NO_2 = [TAN_{stock_lisier} \times FE_stockage_NO_{lisier} + TAN_{stock_solide} \times FE_stockage_NO_{solide}] \times 46/14$$

Avec : TAN_{stock_lisier} = Quantité d'azote ammoniacal totale stockée par catégorie animale, gérée en système lisier ; TAN_{stock_solide} = Quantité d'azote ammoniacal totale stockée par catégorie animale, gérée en système solide.

Les facteurs d'émission utilisés correspondent aux facteurs d'émission par défaut tirés d'EMEP 2016 (Tableau 3-10) et varient selon les modes de gestion des déjections animales (lisier et solide). Ces facteurs d'émission sont exprimés par unité d'azote ammoniacal stocké, dont le calcul est détaillé dans la section « Emissions de NH_3 ». On a :

- $FE_stockage_NO_{lisier}$ = 0,0001 kg N-NO/kg TAN_{stock} ;
- $FE_stockage_NO_{solide}$ = 0,01 kg N-NO/kg TAN_{stock}.

Emissions de NH_3

L'agriculture contribue à la quasi-totalité des émissions d'ammoniac en France, principalement du fait de la gestion des déjections animales (bâtiment, stockage, épandage et pâture) et de la fertilisation minérale.

La méthodologie d'estimation des émissions d'ammoniac de l'élevage est basée sur l'approche Tier 2 développée dans le guide EMEP/EEA 2016 [960]. Toutefois, l'approche développée dans PACRETE pour les inventaires français va parfois plus loin, en utilisant une catégorisation animale plus détaillée que celle d'EMEP pour l'azote excrété.

Par ailleurs, certaines techniques de réduction des émissions de NH_3 sont intégrées dans le calcul :

- Lavage d'air dans les bâtiments porcins et volailles,
- Couverture de fosse des lisiers,
- Traitement des lisiers porcins par nitrification-dénitrification,
- Epandage avec des matériels peu émissifs et enfouissement rapide des déjections.

Les travaux pour améliorer l'intégration de ces pratiques de réduction d'émission de NH_3 vont se poursuivre afin de refléter au mieux l'évolution des pratiques du secteur.

Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction

(1) Lavage d'air dans les bâtiments porcins et volailles

En 2015, une enquête « pratiques d'élevage » a été menée par le service des statistiques du Ministère de l'Agriculture [980], s'inscrivant dans la continuité des enquêtes bâtiment menées en 1994, 2001 et 2008. Elle concerne les bovins, les porcins, les caprins, les ovins et les volailles et est disponible à l'échelle des nouvelles régions. Une description plus détaillée de cette enquête est disponible en section « 3_agriculture ».

Parmi les paramètres rapportés dans les résultats de cette enquête, sont rapportés :

- les pourcentages de « lavage de l'air, brumisation, cooling, biofiltre ou autre » pour les capacités porcines suivantes : truies en gestation, truies en maternité, truies non saillies, porcelets en nurserie, porcelets en post-sevrage et porcs à l'engrais ;
- les pourcentages de « lavage de l'air, cooling, biofiltre ou autre» pour les capacités volailles suivantes : poulets standards, poulets lourds, dindes et poules pondeuses d'œuf pour la consommation, ces dernières étant distinguées selon le mode d'élevage (bio, plein air, sol, cage).

Ces informations ne sont en revanche pas disponibles pour les bovins, ovins et caprins. Pour une définition plus détaillée des capacités, se reporter à la section « 3_agriculture ».

Dans la SAA, les catégories animales peuvent différer des capacités proposées dans l'enquête pratiques d'élevage. Les retraitements suivants ont été apportés :

- Pour les truies : elles sont toutes regroupées en une catégorie dans la SAA, quel que soit leur stade. Les données tirées des enquêtes pratiques d'élevage doivent alors être pondérées. Cette pondération est précisée en section « *3_agriculture* ».

- Pour les verrats : faute de données disponibles dans les enquêtes, les valeurs recalculées pour les truies leur sont attribuées.

- Pour les poulets de chair : ils sont tous regroupés en une catégorie dans la SAA, quel que soit leur type de production (standard ou lourd). La pondération entre les valeurs des poulets standards et celles des poulets lourds a été effectuée à partir de données fournies annuellement par l'ITAVI [987] sur la répartition des effectifs en poulets de chair par mode de production (export, standard, lourd, CCP, bio, label rouge). Ainsi, pour faire le lien avec les capacités des enquêtes pratiques d'élevage, ont été considérés comme « standards » les poulets standards et export, le solde étant considéré comme poulets lourds.

- Pour les poules pondeuses d'œuf pour la consommation : elles sont toutes regroupées en une catégorie dans la SAA, quel que soit leur type de production (bio, plein air, sol ou cage). La pondération entre les valeurs par mode de production a été effectuée à partir de données fournies annuellement par l'ITAVI [987] sur la répartition des effectifs en des poules pondeuses par mode de production (au sol, bio, en cage, label rouge, plein air). Pour faire le lien avec les capacités des enquêtes pratiques d'élevage, les poules label rouge ont été considérées comme élevées au sol. Les autres correspondances sont directes.

On considère que les pourcentages présentés dans les résultats des enquêtes **s'appliquent directement aux effectifs (cheptels) gérés au bâtiment.**

Ces pourcentages sont disponibles au niveau national et pour les nouvelles régions les plus productrices, qui sont :

- En porcins : Bretagne, Pays de la Loire, Hauts-de-France ;

- En volailles de chair : Pays de la Loire, Bretagne, Nouvelle-Aquitaine ;

- En pondeuses : Pays de la Loire, Bretagne.

La distinction régionale n'a pas pu être exploitée en volailles car la répartition des animaux par mode de production estimée à partir des données de l'ITAVI (cf. ci-dessus), n'est connue qu'au niveau national. Les pourcentages d'animaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air estimés au niveau national ont donc été appliqués uniformément entre les régions :

- Pour la catégorie **poulets de chair** : on considère que **1,9% du cheptel** en métropole en 2015 est géré dans des bâtiments avec traitement de l'air ;

- Pour la catégorie **dindes** : on considère que **3,3% du cheptel** en métropole en 2015 est géré dans des bâtiments avec traitement de l'air ;

- Pour la catégorie **poules pondeuses d'œuf pour la consommation** : on considère que **2,8% du cheptel** en métropole en 2015 est géré dans des bâtiments avec traitement de l'air ;

En revanche, la distinction régionale a pu être exploitée pour les porcins. Pour compléter la couverture géographique des résultats et effectuer les calculs au niveau des anciennes régions, les retraitements suivants ont été apportés (pour plus de détails sur le périmètre géographique, se reporter à la section « 3_agriculture ») :

- **Etape 1** : traitement des données pour les nouvelles régions enquêtées. Les pourcentages de traitement de l'air sont connus. Ces pourcentages pour les nouvelles régions, pouvant

regrouper plusieurs anciennes régions, sont appliqués à l'ensemble des anciennes régions pertinentes et permettent ainsi de définir la part des animaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air.

- **Etape 2** : recalcul du solde national. Les animaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air pour les régions connues sont soustraits des effectifs nationaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air.

- **Etape 3** : recalcul des pourcentages de répartition pour les régions manquantes. Les pourcentages d'animaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air sont calculés à partir des effectifs recalculés à l'étape 2. Ces pourcentages sont appliqués pour les régions non enquêtées.

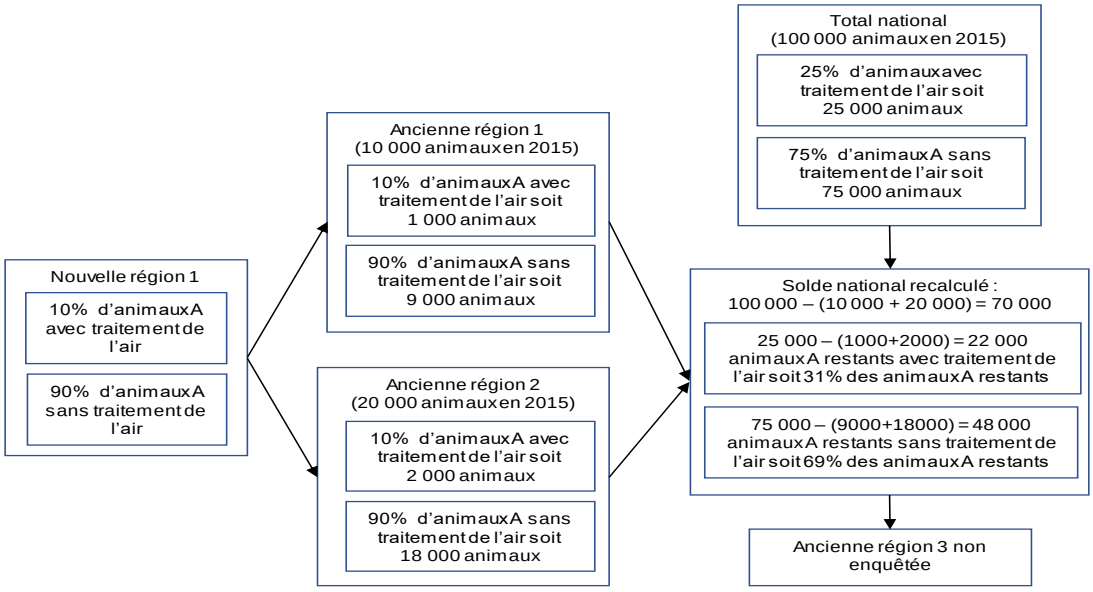


Figure 104 : Illustration fictive du retraitement des données de traitement de l'air en bâtiments porcins effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage

Les résultats des données retravaillées pour les porcins sont les suivants :

Tableau 82 : Pourcentages recalculés des effectifs porcins élevés en bâtiment avec traitement de l'air par grande région productrice et solde national

% des effectifs gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air	Bretagne	Pays de la Loire	Picardie (désormais Hauts-de-France)	Nord-Pas-de-Calais (désormais Hauts-de-France)	Solde national
Porcelets non sevrés (<8kg)	1,2%	3,7%	1,8%	1,8%	1,2%
Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,8%	1,6%	0,9%	0,9%	1,2%
Porcs à l'engrais (>30kg)	0,5%	1,7%	1,3%	1,3%	1,2%
Verrats de 50 kg et plus	1,2%	3,7%	1,8%	1,8%	1,1%
Truies de 50 kg et plus	1,2%	3,7%	1,8%	1,8%	1,1%

Graph_OMINEA_3.xls/Techniques_réduction

Faute de données disponibles avant 2015, des hypothèses ont été formulées pour estimer les taux d'application du traitement de l'air pour le passé :

Tableau 83 : Attribution des taux d'application de traitement de l'air sur la période

	1990	**1991 - 2004**	**2005 - année en cours**
% des effectifs gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air	0%	Interpolation linéaire 1990 - 2005	Données 2015

(2) Traitement des lisiers porcins par nitrification-dénitrification

Pour estimer les abattements liés à la nitrification-dénitrification, il faut pouvoir estimer les quantités d'azote ammoniacal traitées.

Les premières stations de nitrification-dénitrification ont été mises en service en France en 1998 [990]. Depuis, de nombreuses autres stations ont vu le jour. Des données relatives aux quantités traitées peuvent être trouvées au sein de différentes sources. Elles concernent **uniquement les lisiers porcins**.

- Les publications de Levasseur [989] fournissent, pour les années 2003 et 2005, le nombre de stations en Bretagne, et le nombre total de stations en France. Elles fournissent également les quantités d'azote résorbées, mais uniquement pour la Bretagne (2003 et 2005).
- La publication de Lessirard [990] fournit le nombre de stations et les quantités d'azote résorbées en Bretagne pour l'année 2007 ;
- Les publications de l'UGPVB (Union des Groupements de Producteurs de Viande de Bretagne) [991][992] fournissent le nombre de stations et les quantités d'azote résorbées en Bretagne pour les années 2013, 2016 et 2017.

Ces différentes données nous permettent de formuler des hypothèses de manière à estimer le nombre de station de nitrification-dénitrification sur la période :

Tableau 84 : Résumé des modes d'estimation du nombre de stations de traitement par nitrification-dénitrification sur la période

Nombre de stations	**En Bretagne**	**Hors Bretagne**	**Total France**
1990-1997	0	0	0
1998-2002	Interpolation linéaire 1997 - 2003	Calcul du différentiel (France - Bretagne)	Interpolation linéaire 1997 - 2003
2003	Données [989]		Données [989]
2004	Moyenne 2003,2005		Moyenne 2003,2005
2005	Données [989]		Données [989]
2006	Moyenne 2005,2007	Report de la valeur recalculée 2005	Somme des stations Bretagne + Hors Bretagne
2007	Données [990]		
2008- 2012	Interpolation linéaire 2007 - 2013		
2013	Données [991]		
2014-2015	Interpolation linéaire 2013 - 2016		
2016	Données [992]		
2017	Données [992]		

Pour estimer l'abattement obtenu, il est nécessaire de connaître les quantités d'azote résorbées par nitrification-dénitrification. Pour la Bretagne, ces données sont disponibles dans les publications qui fournissent l'évolution du nombre de stations. Pour les stations hors Bretagne, faute de données disponibles, on retient la valeur de 20 tN résorbées par station et par an, correspondant à la valeur observée avant 2005 en Bretagne.

A noter : pour la Bretagne, cette valeur recalculée d'azote résorbé par station a évolué sur la période, passant de 20 tN/station/an en 1997 à 27 tN/station/an en 2017.

Les quantités d'azote résorbées sont estimées de la façon suivante sur la période :

Tableau 85 : Résumé des modes d'estimation de l'azote résorbé par nitrification-dénitrification sur la période

Azote résorbé (tN)	**En Bretagne**	**Hors Bretagne**	**Total France**
1990-1997	0	0	0
1998-2002	Interpolation linéaire 1997 - 2003	Application du ratio moyen (20tN/station/an) au nombre de stations recalculé	Somme des stations Bretagne + Hors Bretagne
2003	Données [989]		
2004	Moyenne 2003,2005		
2005	Données [989]		
2006	Moyenne 2005,2007		
2007	Données [990]		
2008- 2012	Interpolation linéaire 2007 - 2013		
2013	Données [991]		
2014-2015	Interpolation linéaire 2013 - 2016		
2016	Données [992]		
2017	Données [992]		

(3) Couverture de fosse à lisier

En 2015, une enquête « pratiques d'élevage » a été menée par le service des statistiques du Ministère de l'Agriculture [980], s'inscrivant dans la continuité des enquêtes bâtiment menées en 1994, 2001 et 2008. Elle concerne les bovins, les porcins, les caprins, les ovins et les volailles et est disponible à l'échelle des nouvelles régions. Une description plus détaillée de cette enquête est disponible en section « 3_agriculture ».

Parmi les paramètres rapportés dans les résultats de cette enquête, **les pourcentages des fosses couvertes par mode de couverture** (avec toit, avec bâche et mât central, avec bâche flottante, sous dalle, non couverte) sont rapportés pour les **porcins** (toutes catégories confondues), pour les **ovins** (élevages de brebis laitières) et pour les **caprins** (toutes catégories confondues).

Ces informations ne sont en revanche pas disponibles pour les bovins et les volailles.

Parmi les différents modes de couverture proposés dans les enquêtes, seules les couvertures avec **bâche et mât central** et celles avec **bâche flottante** ont été retenues comme pratiques de réduction des émissions de NH_3.

On considère que les pourcentages de fosses couvertes présentés dans les résultats des enquêtes sont une bonne approximation du pourcentage des quantités de lisier (et en particulier d'azote

ammoniacal contenu dans les lisiers) stockées selon les différentes couvertures renseignées. Ainsi, ces pourcentages seront appliqués **directement aux quantités d'azote ammoniacal stockées des lisiers pour les catégories concernées.** De plus, la distinction par sous-catégories n'étant pas disponible, ces pourcentages sont appliqués à **l'ensemble des sous-catégories de l'espèce concernée** (porcins, ovins, caprins).

Ces pourcentages sont disponibles au niveau national et pour les nouvelles régions les plus productrices, qui sont :

- En porcins : Bretagne, Pays de la Loire, Hauts-de-France ;
- En ovins : Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Auvergne – Rhône-Alpes ;
- En caprins : Nouvelle-Aquitaine, Auvergne – Rhône-Alpes, Centre-Val de Loire.

Ces distinctions régionales ont pu être exploitées. Pour compléter la couverture géographique des résultats et effectuer les calculs au niveau des anciennes régions, des **retraitements simplifiés** par rapport à ceux proposés pour le lavage d'air ont été effectués :

- **Etape 1** : traitement des données pour les nouvelles régions enquêtées. Les pourcentages de fosses couvertes (bâche et mât central + bâche flottante) sont connus. Ces pourcentages pour les nouvelles régions, pouvant regrouper plusieurs anciennes régions, sont appliqués à l'ensemble des anciennes régions pertinentes et permettent ainsi de définir la part du lisier stocké dans une fosse couverte par grande catégorie animale.
- **Etape 2** : attribution du pourcentage national aux régions non enquêtées. Les pourcentages de fosses couvertes (bâche et mât central + bâche flottante) sont connus au niveau national. Ces pourcentages nationaux sont attribués aux anciennes régions non enquêtées afin de définir la part du lisier stocké dans une fosse couverte par grande catégorie animale.

Les résultats des données retravaillées pour les porcins sont les suivants :

Tableau 86 : Pourcentages recalculés des lisiers stockés en fosse couverte pour les porcins, caprins et ovins, par grande région productrice et solde national

% des lisiers stockés en fosse couverte (bâche et mât central + bâche flottante)	Porcins	Ovins	Caprins
Bretagne	2,7%		
Pays de la Loire	1,9%		
Picardie (désormais Hauts-de-France)	0,7%		
Nord-Pas-de-Calais (désormais Hauts-de-France)	0,7%		
Languedoc-Roussillon		7,7%	
Poitou-Charentes		0,0%	8,7%
Aquitaine		0,0%	8,7%
Midi-Pyrénées		7,7%	
Limousin		0,0%	8,7%
Rhône-Alpes			8,9%
Centre			16,7%
Auvergne			8,9%
Solde national	**2,6%**	**4,6%**	**8,5%**

Graph_OMINEA_3.xls/Techniques_réduction

Faute de données disponibles avant 2015, des hypothèses ont été formulées pour estimer les taux d'application des couvertures de fosse pour le passé :

Tableau 87 : Attribution des taux d'application de la couverture de fosse sur la période

	1990	**1991 - 2004**	**2005 - année en cours**
% des lisiers stockés en fosse couverte (bâche et mât central + bâche flottante)	0%	Interpolation linéaire 1990 - 2005	Données 2015

(4) Modes d'épandage moins émissifs - Matériel et délais

Pour estimer les abattements liés aux modalités d'épandage, il faut pouvoir estimer les quantités d'azote ammoniacal épandues par type d'association (matériel + délais d'incorporation).

Les données utilisées sont fournies par le service des statistiques du Ministère de l'Agriculture, fondées sur les résultats d'une enquête spécifique sur les pratiques culturales, concernant l'année 2011 [485]. Ces données permettent de connaître, au niveau régional, les quantités d'azote apportées (en tonnes d'azote) par type d'effluent, par matériel et délais d'épandage. Les combinaisons connues sont listées dans le tableau suivant.

A noter : pour rendre le tableau plus lisible, les délais d'incorporation post-épandage en heures sont numérotés de la manière suivante :

- *Délais 1 : < 4 h ;*
- *Délais 2 : 4 < h < 12 ;*
- *Délais 3 : 12 < h < 24 ;*
- *Délais 4 : > 24 h ;*
- *Délais 5 : sans objet.*

Tableau 88 : Combinaisons des pratiques tirées de l'enquête Pratiques Culturales 2011

Catégorie animale	Type d'effluent	Matériel	Délais
Bovins	Lisier	Buse et rampe	1 à 5
		Pendillard	1 à 5
		Enfouisseur	1
		Indifférencié	1 à 5
	Fumier	Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5
Porcins	Lisier	Buse et rampe	1 à 5
		Pendillard	1 à 5
		Enfouisseur	1
		Indifférencié	1 à 5
	Fumier	Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5
Volailles	Fumier	Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5
Autres	Lisier	Buse et rampe	1 à 5
		Pendillard	1 à 5
		Enfouisseur	1
		Indifférencié	1 à 5
	Fumier	Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Pratiques

Grâce à ces données, il est alors possible de répartir les quantités d'azote ammoniacal épandues (appelées $TAN_{épandus}$) par combinaison de pratiques pour l'année 2011.

Pour tous les types d'effluents, à l'exception des lisiers bovins et porcins, la répartition des $TAN_{épandus}$ par combinaison de pratiques de 2011 est maintenue constante sur toute la période, faute d'autres données disponibles.

Pour les lisiers bovins et porcins, des données concernant les matériels d'épandage sont disponibles dans les enquêtes bâtiment 2001 et 2008 [480] mais aucune information n'est fournie sur les délais d'incorporation après épandage. Le choix a été fait d'abandonner les données fournies par l'enquête de 2008 au profit de celles de l'enquête pratiques culturales de 2011, jugées plus pertinentes pour estimer les réductions d'émissions. En revanche, les données 2001 concernant les matériels ont bien été utilisées, en y associant des délais d'incorporation après épandage moyen recalculés à partir des données de 2011. Les données sont utilisées de la façon suivante sur la période :

- de 1990 à 2001 : utilisation des données des enquêtes bâtiments 2001 auxquelles on associe des délais d'incorporation moyen après épandage de 2011 ;
- de 2002 à 2010 : interpolation linéaire entre les données de 2001 (auxquelles on a associé des délais d'incorporation moyen après épandage de 2011) et celles de 2011 ;
- à partir de 2011 : utilisation des données 2011.

Tableau 89 : Attribution des taux d'application des différents modes d'épandage sur la période

	1990-2001	**2002-2010**	**2011 - année en cours**
Lisiers bovins et porcins	Données 2001 avec application des délais 2011	Interpolation linéaire 2001- 2011	Données 2011
Autres déjections	Données 2011		

Méthodologie générale d'estimation des émissions

La méthodologie EMEP est basée sur les flux d'azote ammoniacal et organique pendant la gestion des déjections. Les émissions sont estimées au bâtiment, au stockage, à l'épandage et au pâturage (au parcours pour les porcins et les volailles). Cette méthode prend en compte également les pertes d'azote sous forme de N_2, NO et N_2O au bâtiment et au stockage, et les apports d'azote par la paille.

Les émissions totales de NH_3 correspondent à la somme des émissions des différents postes :

$$NH_{3\ Total} = NH_{3\ Bâtiment} + NH_{3\ Stockage} + NH_{3\ Epandage} + NH_{3\ Pâture}$$

Cependant, les émissions sont rapportées dans des catégories différentes :

- $NH_{3\ Bâtiment}$: émissions rapportées en 3B_Manure management ;
- $NH_{3\ Stockage}$: émissions rapportées en 3B_Manure management ;
- $NH_{3\ Epandage}$: émissions rapportées en 3D_ Agricultural soils ;
- $NH_{3\ Pâture}$: émissions rapportées en 3D_ Agricultural soils ;

Malgré ces rapportages différenciés, nous allons ici décrire les différentes équations utilisées pour estimer ces flux d'azote, en partant du bâtiment pour arriver jusqu'à l'épandage.

Au bâtiment, la méthodologie EMEP distingue deux types d'effluents : lisier et solide. Ci-dessous la correspondance avec les systèmes de gestion décrits en section « 3_Agriculture » :

Tableau 90 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion

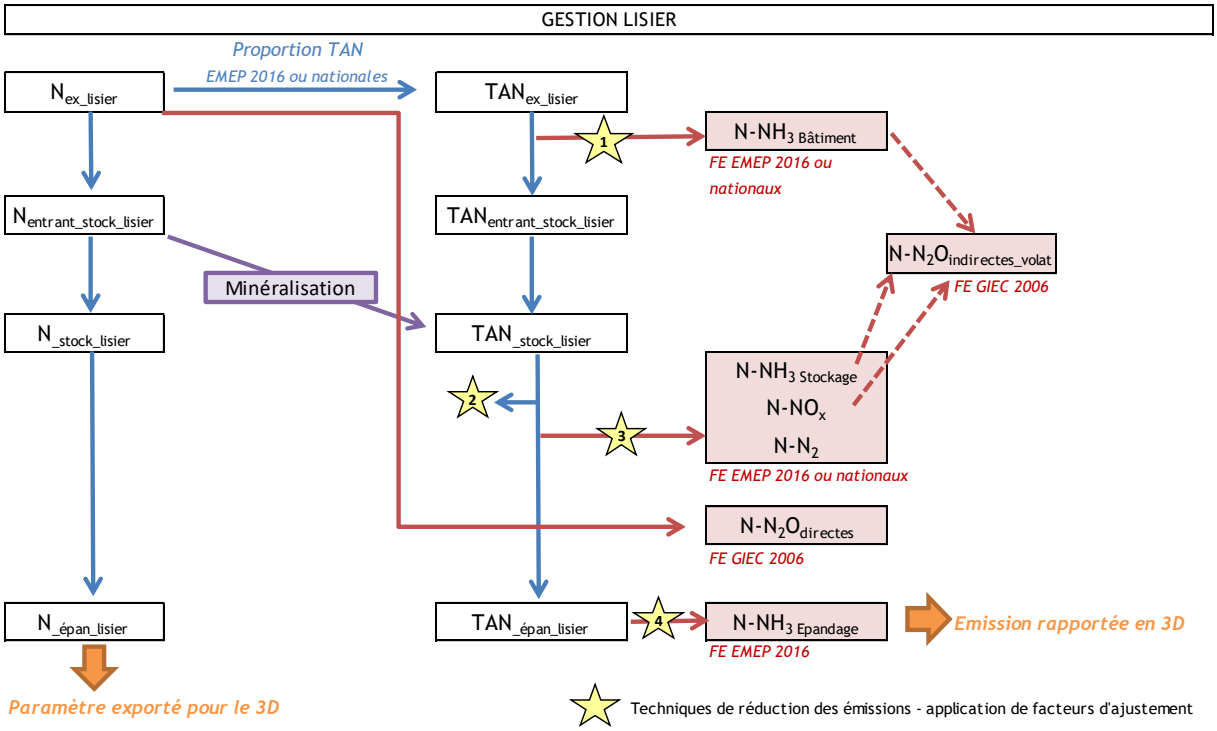
	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier	Litière accumulée
Correspondance EMEP	Lisier	Lisier	Solide	Solide

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/EMEP_Correspondances

Les schémas ci-dessous résument le suivi de l'azote sur la chaîne bâtiment/stockage/épandage, en gestion lisier et en gestion solide.

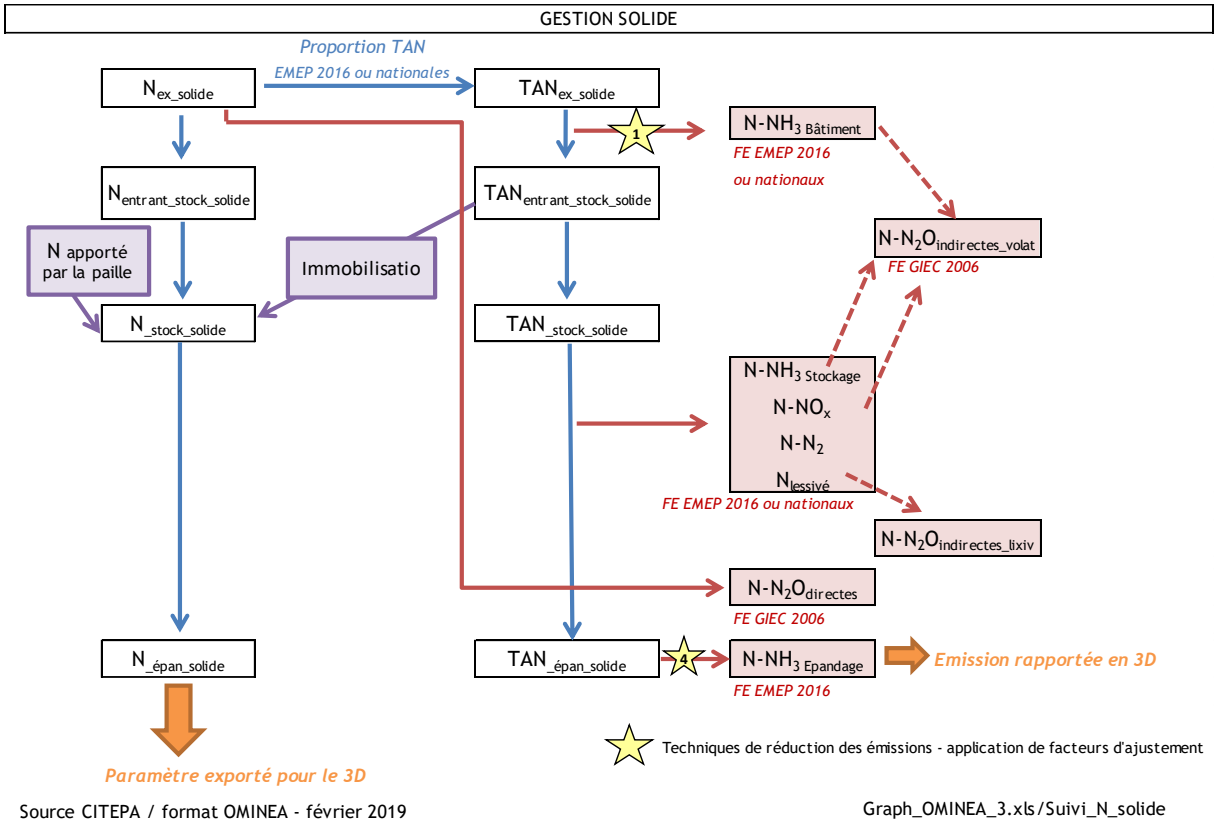
<u>A noter</u> : les chiffres indiqués dans les étoiles correspondent aux techniques de réduction des émissions de NH_3 suivantes : (1) Lavage d'air en bâtiments (porcins et volailles) ; (2) traitement des lisiers porcins par nitrification-dénitrification ; (3) couverture de fosse des lisiers (porcins, ovins, caprins) ; (4) matériel et délais d'épandage permettant la réduction des émissions.

Figure 105 : Suivi de l'azote en gestion lisier



Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Suivi_N_lisier

Figure 106 : Suivi de l'azote en gestion solide



Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/Suivi_N_solide

Poste Bâtiment

La première étape consiste à évaluer l'azote excrété, par catégorie animale, par système de gestion des déjections, à partir de l'équation suivante :

$$N_{ex_i} = Population_{totale} \times SG_i \times F_{ex}$$

Avec : N_{ex_i} = Quantité d'azote totale excrétée par une catégorie animale pour le système de gestion des déjections i (kgN) ; $Population_{totale}$ = Cheptel de la catégorie concernée (tête) ; SG = part de la population gérée en système de gestion des déjections i (lisier, solide) ; F_{ex} = facteur d'excrétion azotée pour la catégorie concernée (kgN/tête).

Les F_{ex} sont nationaux et sont présentés en section 3_Agriculture.

L'azote excrété est ensuite converti en azote ammoniacal (TAN) :

$$TAN_{ex_i} = N_{ex_i} \times TAN$$

Avec : TAN : Proportion d'azote ammoniacal

Les paramètres TAN varient selon les catégories animales et prennent les valeurs par défaut proposées par EMEP 2016, à l'exception de la catégorie équins pour laquelle les valeurs sont tirées d'une publication nationale [473]. La catégorie « cervidés d'élevage » se voit attribuer la même valeur que celle de la catégorie « ovins » faute de données disponibles.

Tableau 91 : Tableau récapitulatif des proportions de TAN utilisées par catégorie animale

	TAN (part du N_{ex})
Vaches laitières	0,60
Autres bovins	0,60
Porcins et truies	0,70
Caprins	0,50
Ovins	0,50
Equins	0,55
Volailles	0,70
Lapines reproductrices	0,60
Cervidés d'élevage	0,50

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/TAN

C'est à partir de l'azote ammoniacal qu'est calculé l'azote volatilisé en NH_3 au bâtiment, selon l'équation suivante :

$$N\text{-}NH_{3\ Bâtiment} = \Sigma_i\ [\ Frac_{Air_i} \times (TAN_{ex_i} \times FE_{i\ Bâtiment} \times FA_{Air}) + (1 - Frac_{Air_i}) \times (TAN_{ex_i} \times FE_{i\ Bâtiment}\ )\ ]$$

Avec : $Frac_{Air_i}$: part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air (ratio) ; $FE_{Bâtiment}$: Facteur d'émission de NH_3 au bâtiment (kg N-NH_3/kg TAN) ; FA_{Air} : facteur d'ajustement associé au lavage d'air (ratio).

L'estimation du paramètre $Frac_{Air}$, représentant la part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air, est présentée dans la section « *Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction* ». Pour rappel, le traitement de l'air est renseigné **uniquement pour les porcins et pour une partie des volailles.**

La valeur du paramètre FA_{Air}, représentant le facteur d'ajustement associé au lavage d'air, a été estimée à partir des données d'une enquête sur les laveurs d'air en Bretagne en 2015 [995]. La valeur retenue est une réduction des émissions de NH_3 de 30%, ce qui signifie un **facteur d'ajustement du facteur d'émission égal à 70%.** *(NB : facteur d'ajustement = 1 - facteur de réduction)*

Les facteurs d'émission de NH_3 au bâtiment prennent les valeurs par défaut proposées par EMEP 2016, à l'exception de certaines catégories de volailles pour lesquelles une réflexion a été menée pour adapter les facteurs par défaut, jugés non représentatifs des élevages avicoles français. Les modifications suivantes ont été apportées :

- Poules pondeuses : le facteur d'émission par défaut EMEP a été adapté pour tenir compte de la cinétique d'hydrolyse de l'acide urique en azote ammoniacal [800], ralentie par la mise en place de certains systèmes de gestion des déjections spécifiques (tapis de pré-séchage, sécheur extérieur) dont le développement en France est connu et fourni par l'Institut Technique de l'Aviculture (ITAVI).

- Poulets de chair, dindes, pintades et cailles : des facteurs d'émissions spécifiques ont été développés par l'ITAVI pour le compte de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) [801].

Les facteurs d'émission par catégorie et système de gestion des déjections sont répertoriés dans le tableau suivant.

A noter : Pour les poules pondeuses et les poulettes, le facteur d'émission recalculé varie dans le temps du fait de la progression des systèmes de gestion des déjections entrainant des réductions. De

même, le facteur d'émission des poulets de chair varie dans le temps car cette catégorie est composée de plusieurs productions (standard, export, lourd) présentant des facteurs d'émission différents. Les valeurs fournies dans le tableau correspondent à la plage 1990-2017.

Tableau 92 : Facteurs d'émission de N-NH3 au bâtiment

		FE N-NH3 Lisier (kg N-NH3/TAN_{ex})	FE N-NH3 Solide (kg N-NH3/TAN_{ex})
Vaches laitières		0,20	0,19
Autres bovins		0,20	0,19
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,28	0,27
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,28	0,27
	Verrats de 50 kg et plus	0,22	0,25
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,28	0,27
Truies de 50 kg et plus		0,22	0,25
Caprins			0,22
Ovins			0,22
Chevaux			0,22
Mules et ânes			0,22
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver		0,41 - 0,23
	Poules pondeuses d'œufs de consommation		0,41 - 0,22
	Poulettes		0,41 - 0,22
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)		0,13 - 0,14
	Canards à gaver	0,24	0,24
	Canards à rôtir	0,24	0,24
	Dindes et dindons (au 1er octobre)		0,19
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,57	0,57
	Pintades		0,19
	Cailles d'élevage		0,19
Autres	Lapines reproductrices	0,27	0,27
	Cervidés d'élevage*		

** gestion uniquement à la pâture*

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/FE_NH3_bât

Les émissions de NH_3 au bâtiment sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3\ Bâtiment} = N\text{-}NH_{3\ Bâtiment} \times 17/14$$

Poste Stockage

Les facteurs d'émission fournis dans EMEP sont toujours basés sur l'azote ammoniacal et par conséquent, il est important de suivre les transferts entre azote ammoniacal et azote organique.

Le suivi de l'azote total et de l'azote ammoniacal entrant au stockage est calculé de la manière suivante :

$$TAN_{entrant_stock_i} = TAN_{ex_i} - N\text{-}NH_{3\ Bâtiment_i}$$

$$N_{entrant_stock_i} = N_{ex_i} - N\text{-}NH_{3\ Bâtiment_i}$$

L'indice i distingue la gestion solide de la gestion lisier.

Pendant le stockage des lisiers, une partie de l'azote organique est minéralisée et rejoint le réservoir d'azote ammoniacal. Ce transfert est traduit par l'équation suivante :

Lisier : $TAN_{_stock_i} = TAN_{entrant_stock_i} + (N_{entrant_stock_i} - TAN_{entrant_stock_i}) \times F_{min}$ (équation a)

Avec : F_{min} = Facteur de minéralisation par défaut proposé par EMEP 2016 (=0,1).

On considère que le phénomène de minéralisation a lieu pour l'ensemble de lisier. En particulier, pour les lisiers porcins, ce phénomène est pris en compte avant le départ d'une partie des lisiers vers les **stations de nitrification dénitrification.** Le calcul de l'azote résorbé dans ces stations est présenté dans la section « *Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction* ». Cet azote est estimé au niveau national, pour l'ensemble des catégories porcines. On fait l'hypothèse que tout l'azote résorbé est de l'azote ammoniacal.

La prise en compte de ce traitement implique de faire **sortir l'azote résorbé du suivi de l'azote** à partir duquel sont estimées les émissions. Pour cela, l'azote résorbé au niveau national toutes catégories porcines confondues est réparti au prorata de la contribution en $TAN_{_stock}$ de chaque catégorie porcine, pour chaque région, aux quantités nationales de $TAN_{_stock}$ pour l'ensemble de la catégorie porcine. Cette estimation est une **première approximation** qui pourra être améliorée par la suite.

$$Frac_{reg,animal} = TAN_{_stock_reg_animal} \ / \ TAN_{_stock_national_porcs}$$

Avec : $TAN_{_stock_reg_animal}$: quantité d'azote ammoniacal au stockage pour l'animal concerné, pour la région concernée ; $TAN_{_stock_national_porcs}$: quantité d'azote ammoniacal au stockage toutes catégories porcines confondues, au niveau national.

L'équation (a) présenté ci-dessus s'applique à l'ensemble des catégories animales, à l'exception donc des porcins qui se voient appliquer l'équation (b) ci-dessous :

Lisier : $TAN_{_stock_i} = [\ TAN_{entrant_stock_i} + (N_{entrant_stock_i} - TAN_{entrant_stock_i}) \times F_{min}\ ] - N_{resorb} \times Frac_{reg,animal}$
(équation b)

Avec : N_{resorb} = Quantité d'azote résorbée au niveau national, toutes catégories porcines confondues (kgTAN/an) ; $Frac_{reg,animal}$: part de l'azote ammoniacal de l'animal concerné, pour la région concernée, par rapport à l'azote ammoniacal national total toutes catégories porcines confondues.

Pour les systèmes solides, la présence de paille favorise l'assimilation de l'azote par les microorganismes de la litière. Ce transfert est traduit par l'équation suivante :

Solide : $TAN_{_stock_i} = TAN_{entrant_stock_i} - Paille \times F_{imm}$

$N_{_stock_i} = N_{entrant_stock_i} + Paille \times T_N$

Avec : Paille = quantité de paille apportée (tonnes de matière sèche) ; F_{imm} = Facteur d'immobilisation par défaut proposé par EMEP 2016 (=0,0067 kg/ kg de matière sèche) ; T_N = taux d'azote contenu dans la paille (kg N/kg de matière sèche).

Les quantités de paille apportées par catégorie animale sont présentées en Annexe 3, au niveau de la définition des systèmes de gestion des déjections animales.

Le taux d'azote contenu dans la paille provient des données de l'INRA [658].

Il faut noter que pour les volailles, l'immobilisation de l'azote ammoniacal par la litière n'a pas été prise en compte car il a été considéré que les facteurs d'émissions d'EMEP 2016 correspondent déjà à un fumier de volailles pour lequel une partie importante de l'azote ammoniacal a été assimilée par les micro-organismes de la litière.

Une fois les transferts liés à la minéralisation et à l'immobilisation effectués, l'azote volatilisé en NH_3 au stockage est calculé selon l'équation suivante :

$$N\text{-}NH_{3\ Stockage} = \Sigma_i\ [\ Frac_{Couv\ i} \times TAN_{stock\ i} \times FE_{i\ Stock} \times FA_{Couv}) + (1 - Frac_{Couv\ i}) \times TAN_{stock\ i} \times FE_{i\ Stock}\ ]$$

Avec : $Frac_{Couv_i}$: part des lisiers stockés dans des fosses couvertes (ratio) FE_{Stock} : Facteur d'émission de NH_3 au stockage (kg N-NH_3/kg TAN), FA_{Couv} : facteur d'ajustement associé à la couverture de fosse (ratio).

L'estimation du paramètre $Frac_{Couv}$, représentant la part des lisiers stockés en fosse couverte est présentée dans la section « *Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques*

de réduction ». Pour rappel, la couverture de fosse est renseignée **uniquement pour les porcins, les ovins et les caprins.**

La valeur du paramètre FA_{Couv}, représentant le facteur d'ajustement associé à la couverture de fosse, est tirée du document d'orientation de l'UNECE [809]. La valeur retenue est celle associée à la modalité couverture flottante (en anglais « Plastic sheeting (floating cover) »). La réduction d'émission de NH_3 associée à cette modalité est estimée à 60%, ce qui signifie un **facteur d'ajustement du facteur d'émission égal à 40%.** *(NB : facteur d'ajustement = 1 - facteur de réduction).*

Les facteurs d'émission de NH_3 au stockage prennent les valeurs proposées par EMEP 2016.

Tableau 93 : Facteurs d'émission de N-NH_3 au stockage

		FE N-NH3 Lisier (kg N-NH3/TAN_{stock})	FE N-NH3 Solide (kg N-NH3/TAN_{stock})
Vaches laitières		0,20	0,27
Autres bovins		0,20	0,27
Porcins et truies		0,14	0,45
Caprins			0,28
Ovins			0,28
Chevaux			0,35
Mules et ânes			0,35
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver		0,14
	Poules pondeuses d'œufs de consommation		0,14
	Poulettes		0,14
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)		0,17
	Canards à gaver	0,24	0,24
	Canards à rôtir	0,24	0,24
	Dindes et dindons (au 1er octobre)		0,24
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,16	0,16
	Pintades		0,24
	Cailles d'élevage		0,24
Autres	Lapines reproductrices	0,09	0,09
	Cervidés d'élevage*		

** gestion uniquement à la pâture*

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/FE_NH3_stock

Les émissions de NH_3 au stockage sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3\ Stockage} = N\text{-}NH_{3\ Stockage} \times 17/14$$

D'autres émissions de composés azotés (N_2O, N_2, NO_x) ont lieu durant le stockage, émissions qu'il est important de comptabiliser ici pour le suivi de l'azote.

Les émissions de N_2O directes sont estimées conformément au GIEC 2006. La méthodologie est détaillée plus haut, dans la section « Emissions de N_2O ».

Les émissions de N_2 sont estimées conformément à la méthodologie EMEP 2016, à partir de l'équation suivante :

$$N\text{-}N_2 = TAN_{stock_i} \times FE_{N2}$$

Avec : FE_{N2}: Facteur d'émission de N_2 au stockage (kg N-N_2/kg TAN).

Les facteurs d'émission utilisés correspondent aux valeurs par défaut tirées d'EMEP 2016 (Tableau 3-10) et varient selon les modes de gestion des déjections animales (lisier et solide) :

- $FE_stockage_N2_{lisier}$ = 0,003 kg N-N_2/kg TAN_{stock} ;
- $FE_stockage_N2_{solide}$ = 0,3 kg N-N_2/kg TAN_{stock}.

Les émissions de NO_x sont estimées conformément à la méthodologie EMEP 2016, à partir de l'équation suivante. Le calcul détaillé est situé à la section « Emissions de NO_x ».

$$N\text{-}NO_x = TAN_{stock_i} \times FE_{NO}$$

Enfin, il faut également estimer les quantités d'azote lixivié et écoulé au cours du stockage. Pour rappel, c'est à partir de ces quantités d'azote lessivé et écoulé que sont calculées les émissions indirectes de N_2O liées à la lixiviation. D'après la méthodologie EMEP 2016, le lessivage de l'azote n'a lieu que pour les systèmes de gestion des déjections solide, à hauteur de 12% du TAN stocké. Le calcul est effectué selon l'équation suivante :

$$N_{lessivé} = TAN_{stock_i} \times Part_N_lixiv$$

Avec : Part_N_lixiv = Part du TAN stocké partant dans les eaux.

Poste Epandage

Afin d'estimer les émissions liées à l'épandage, il faut estimer le TAN disponible pour l'épandage, et donc répertorier les différentes pertes d'azote ayant eu lieu au stockage. On effectue le bilan suivant :

Lisier :

$$TAN_{_épan_lisier} = TAN_{stock_lisier} - [N\text{-}NH_{3\ Stock_lisier} + N\text{-}N_{2\ Stock_lisier} + N\text{-}NO_{Stock_lisier} + N\text{-}N_2O_{Stock_lisier}]$$

$$N_{_épan_lisier} = N_{stock_lisier} - [N\text{-}NH_{3\ Stock_lisier} + N\text{-}N_{2\ Stock_lisier} + N\text{-}NO_{Stock_lisier} + N\text{-}N_2O_{Stock_lisier}]$$

Solide :

$$TAN_{_épan_solide} = TAN_{stock_solide} - [N\text{-}NH_{3\ Stock_solide} + N\text{-}N_{2\ Stock_solide} + N\text{-}NO_{Stock_solide} + N\text{-}N_2O_{Stock_solide} + N_{lessivé}]$$

$$N_{_épan_solide} = N_{stock_solide} - [N\text{-}NH_{3\ Stock_solide} + N\text{-}N_{2\ Stock_solide} + N\text{-}NO_{Stock_solide} + N\text{-}N_2O_{Stock_solide} + N_{lessivé}]$$

Important pour la section 3D_Agricultural soils : la somme de $N_{_épan_lisier}$ et $N_{_épan_solide}$ est utilisée pour le calcul des émissions de N_2O liées à l'épandage des déjections, émissions prises en compte dans la section « 3D_Agricultural soils ».

A l'épandage, les émissions d'ammoniac dépendent à la fois du type de matériel utilisé et des délais d'incorporation post-épandage. Selon les techniques en place, des abattements plus ou moins importants peuvent être appliqués. Les calculs des émissions est alors effectué selon l'équation suivante :

$$N\text{-}NH_{3\ Epandage} = \sum_i Frac_{Epa_i,k} \times TAN_{épan_i,k} \times FE_{Epan,i} \times FA_{i,k}$$

Avec : $Frac_{Epa_i,k}$: part des déjections épandue selon l'association (matériel + délais) concernée ; $FE_{Epan,i}$: Facteur d'émission de NH_3 à l'épandage (kg $N\text{-}NH_3$/kg $TAN_{épan}$) ; $FA_{i,k}$: Facteur d'ajustement de l'association (matériel + délais).

L'estimation du paramètre $Frac_{Epa_i,k}$, représentant la part des déjections épandue par association (matériel + délais) est présentée dans la section « *Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction* ». Pour rappel, toutes les catégories animales sont concernées.

Les facteurs d'abattement liés aux matériels utilisés proviennent de la guidance UNECE [809] mentionnée par EMEP 2016. Ceux liés aux délais d'incorporation après épandage sont tirés d'une étude menée en France par l'ADEME [803].

Ces facteurs d'abattement sont exprimés dans nos équations en facteur d'ajustement du facteur d'émission : plus le facteur d'ajustement est faible, plus la réduction est forte. Dans le cas des pendillards, pour une combinaison (matériel + délais d'incorporation après épandage), le choix a été fait de multiplier les deux facteurs d'ajustement : le matériel est considéré comme technique de réduction du fait de la réduction de **surface de contact** effluent/air, le raccourcissement du délai d'enfouissement est lui considéré comme technique de réduction du fait de la réduction du **temps de**

contact effluent/air. Pour les autres combinaisons (hors pendillard), la question de la combinaison des facteurs ne se pose pas car soit les facteurs d'ajustement des matériels sont égaux à 1 (buse et rampe, épandeurs fumier, indifférencié), soit il n'y a pas de délai distingué (enfouisseur : délai forcément <4h).

Exemple : si du lisier est épandu avec un pendillard mais incorporé dans les 4 heures après épandage, on multiplie le facteur d'ajustement du pendillard par celui du délai.

Le tableau ci-dessous récapitule les différents facteurs d'ajustement par matériel, délais et combinaisons :

Tableau 94 : Facteurs d'ajustement liés aux pratiques d'épandage

Matériel	Facteur d'ajustement matériel	Délais	Facteur d'ajustement délais	Facteur d'ajustement combinaison
Buse et rampe	1	Délai 1 : < 4h	0,3	0,3
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,5
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,75
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,95
		Délai 5 : sans objet	1	1
Pendillard	0,7	Délai 1 : < 4h	0,3	0,21
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,35
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,525
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,665
		Délai 5 : sans objet	1	0,7
Enfouisseur	0,3			0,3
Epandeur fumier	1	Délai 1 : < 4h	0,3	0,3
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,5
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,75
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,95
		Délai 5 : sans objet	1	1
Indifférencié	1	Délai 1 : < 4h	0,3	0,3
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,5
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,75
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,95
		Délai 5 : sans objet	1	1

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Pratiques_FA

Les facteurs d'émission de NH_3 à l'épandage prennent les valeurs proposées par EMEP 2016.

Tableau 95 : Facteurs d'émission de N-NH3 à l'épandage

		FE N-NH3 Lisier (kg N-NH3/TAN$_{épan}$)	FE N-NH3 Solide (kg N-NH3/TAN$_{épan}$)
Vaches laitières		0,55	0,79
Autres bovins		0,55	0,79
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,40	0,81
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,40	0,81
	Verrats de 50 kg et plus	0,29	0,81
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,40	0,81
Truies de 50 kg et plus		0,29	0,81
Caprins			0,90
Ovins			0,90
Chevaux			0,90
Mules et ânes			0,90
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver		0,69
	Poules pondeuses d'œufs de consommation		0,69
	Poulettes		0,69
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)		0,66
	Canards à gaver	0,54	0,54
	Canards à rôtir	0,54	0,54
	Dindes et dindons (au 1er octobre)		0,54
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,45	0,45
	Pintades		0,54
	Cailles d'élevage		0,54
Autres	Lapines reproductrices	0,69	0,69
	Cervidés d'élevage*		

** gestion uniquement à la pâture*

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019

Graph_OMINEA_3.xls/FE_NH3_épan

Les émissions de NH_3 à l'épandage sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3\ Epandage} = N\text{-}NH_{3\ Epandage} \times 17/14$$

<u>Important</u> : ces émissions de NH_3 à l'épandage ne sont pas comptabilisées en « 3B_Manure management » mais en « 3D_Agricultural soils ».

<u>Poste Pâture</u>

Tout comme ce qui a été fait pour le bâtiment, la première étape consiste à évaluer l'azote excrété, par catégorie animale, à la pâture, à partir de l'équation suivante :

$$N_{ex_pâture} = Population_{totale} \times SG_{pâture} \times F_{ex}$$

<u>Avec</u> : $N_{ex_pâture}$ = Quantité d'azote totale excrétée par une catégorie à la pâture (kgN) ; $Population_{totale}$ = Cheptel de la catégorie concernée (tête) ; $SG_{pâture}$ = part de la population gérée à la pâture ; F_{ex} = facteur d'excrétion azotée pour la catégorie concernée (kgN/tête).

Les F_{ex} sont nationaux et sont présentés en section 3_Agriculture.

<u>Important pour la section 3D_Agricultural soils</u> : les quantités d'azote totales excrétées à la pâture ($N_{ex_pâture}$) sont utilisées pour le calcul des émissions de N_2O prises en compte dans la section « 3D_Agricultural soils ».

L'azote excrété est ensuite converti en azote ammoniacal (TAN) :

$$TAN_{ex_i} = N_{ex_i} \times TAN$$

Avec : TAN : Proportion d'azote ammoniacal

Les émissions de NH_3 des animaux à la pâture sont estimées de la façon suivante

$$N\text{-}NH_{3\ Pâture} = TAN_{ex_pâture} \times FE_{Pâture}$$

Avec : $TAN_{ex_pâture}$ = quantités d'azote ammoniacal excrété à la pâture ; $FE_{Pâture}$ = Facteur d'émission de NH_3 à la pâture/parcours (kg N-NH_3/kg TAN).

Les facteurs d'émissions utilisés prennent les valeurs par défaut proposées par EMEP 2016, à l'exception des volailles pour lesquelles il n'y a pas de valeur par défaut au parcours. Le FE « parcours » est donc tiré de MEDA B. et al. [482]. Faute de données concernant les lapines reproductrices, le FE des volailles leur est attribué. La catégorie « cervidés d'élevage » se voit attribuer la même valeur que celle de la catégorie « ovins » faute de données disponibles.

Tableau 96 : Facteurs d'émission de N-NH_3 à la pâture

	FE N-NH3 Pâture (kg N-NH3/$TAN_{ex_pâture}$)
Vaches laitières	0,10
Autres bovins	0,06
Porcins et truies	0,25
Caprins	0,09
Ovins	0,09
Chevaux	0,35
Mules et ânes	0,35
Volailles	0,009
Lapines reproductrices	0,009
Cervidés d'élevage	0,090

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/FE_NH3_pâture

Les émissions de NH_3 à la pâture sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3\ Pâture} = N\text{-}NH_{3\ Pâture} \times 17/14$$

Important : ces émissions de NH_3 à la pâture ne sont pas comptabilisées en « 3B_Manure management » mais en « 3D_Agricultural soils ».

5.3.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 3B).

Sur l'activité, l'incertitude retenue est de 5% car les cheptels français sont régulièrement actualisés par les enquêtes agricoles. Cette donnée est donc bien documentée.

L'incertitude sur le facteur d'émission du CH_4 est de 30%, valeur par défaut fournie par les lignes directrices du GIEC 2006 pour les facteurs d'émission Tier 1. En revanche, l'utilisation des résultats des projets MONDFERENT I et II permet d'obtenir une estimation plus précise des valeurs prises par le paramètre SV pour les bovins, porcins, ovins et caprins, les bovins, étant responsables de la majorité des émissions de CH_4 liés à la gestion des déjections.

L'incertitude sur les facteurs d'émission de N_2O est de 50%, valeur maximale par défaut fournie par les lignes directrices du GIEC 2006 pour les facteurs d'émission Tier 1. En effet, les variables entrant en compte dans l'évaluation des émissions sont nombreuses et complexes à connaître de façon précise.

Pour l'ensemble de la période, les sources statistiques utilisées sont les mêmes afin d'assurer la cohérence temporelle.

5.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Dispositions générales

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3. sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRA, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

Comparaison des SV

Afin d'éprouver les méthodes MONDFERENT I et II, et conformément aux recommandations des revues précédentes, une comparaison avec la méthode de niveau 2 du GIEC 2006 a été réalisée pour le paramètre VS pour les bovins, ovins et caprins.

L'équation proposée par le GIEC 2006 pour estimer les SV est la suivante :

$$SV = [\ EB \times (1 - DA\% / 100) + (EU \times EB)] \times [(1 - CENDRE) / 18{,}45\ ]$$

<u>Avec</u> : EB = Consommation d'énergie brute (MJ/jour) ; DA% : Digestibilité de l'alimentation (%) ; EUxEB = énergie urinaire exprimée en tant que fraction de l'EB ; CENDRE = teneur en cendres du fumier.

Pour estimer le SV, les valeurs d'EB listées dans la section « 3A_Enteric Fermentation » ont été utilisées.

Le tableau ci-dessous récapitule par sous-catégorie les variations constatées entre les deux méthodes :

Tableau 97 : Comparaison des VS – MONDFERENT I et II / GIEC 2006

		VS MONDFERENT		Estimation à partir du GIEC 2006		Variation MONDFERENT/GIEC 2006 constatée (%)	
		1990	2017	1990	2017	1990	2017
Vaches laitières		3,5	4,1	5,3	6,3	-35%	-34%
Autres bovins	Vaches nourrices	2,9	2,9	3,0	3,0	-5%	-5%
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	2,6	2,6	2,7	2,6	0%	0%
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	2,2	2,2	2,5	2,4	-11%	-11%
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	2,6	2,6	2,1	2,1	20%	21%
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	2,6	2,6	3,2	3,2	-19%	-19%
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	2,6	2,6	2,8	2,8	-10%	-10%
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	1,9	1,9	3,0	2,9	-36%	-36%
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	1,8	1,8	2,5	2,5	-27%	-27%
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	2,1	2,1	2,7	2,7	-23%	-23%
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	2,3	2,3	3,1	3,1	-26%	-26%
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	2,7	2,7	2,9	2,9	-7%	-7%
	Veaux de boucherie	0,8	0,8	1,5	1,5	-44%	-44%
	Autres femelles de moins de 1 an	0,8	0,8	2,0	2,0	-60%	-60%
	Autres mâles de moins de 1 an	0,9	0,9	1,9	1,9	-55%	-55%
Caprins	Chevrettes	0,4	0,4	0,4	0,4	9%	9%
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	1,1	1,1	0,6	0,6	82%	82%
	Autres caprins (y compris boucs)	0,5	0,5	0,2	0,2	203%	203%
Ovins	Agnelles	0,4	0,4	0,3	0,3	15%	15%
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	0,6	0,6	0,3	0,3	92%	92%
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	1,0	1,0	0,6	0,6	72%	72%
	Autres ovins (y compris béliers)	0,2	0,2	0,1	0,1	72%	72%

Source CITEPA/ format OMINEA - février 2019 IPCC_Tier2_Elevage.xls/VS_Comp

De manière générale, les valeurs développées dans le cadre des projets MONDFERENT I et II ont été privilégiées car jugées plus représentatives de la situation française que celles recalculées à partir de la méthode du GIEC 2006 qui représente plus une moyenne des pays développés.

Comparaison des Fex

Afin d'éprouver les méthodes MONDFERENT I et II, et conformément aux recommandations des revues précédentes, une comparaison avec la méthode de niveau 2 du GIEC 2006 a été réalisée pour le paramètre Fex pour les bovins, ovins et caprins.

L'équation proposée par le GIEC 2006 pour estimer les F_{ex} est la suivante (noté N_{ex} dans le GIEC) :

$$N_{ex} = N_{consommation} \times (1 - N_{rétention})$$

<u>Avec</u> : $N_{consommation}$ = consommation annuelle de N par tête (kgN/animal/an) ; $N_{rétention}$ = fraction de consommation annuelle de N qui est retenue par l'animal.

Des valeurs $N_{rétention}$ par catégorie sont fournies par défaut par le GIEC 2006 (Tableau 10.20).

Le paramètre $N_{consommation}$ est quant à lui estimé à partir de l'équation proposée par le GIEC 2006 :

$$N_{consommation} = EB / 18,45 \times (PB\% / 100 / 6,25)$$

Avec : EB = consommation d'énergie brute par animal (kgN/animal/an) ; PB% = pourcentage de valeur protéique brute dans le régime alimentaire.

Pour mener la comparaison, les valeurs d'EB listées dans la section « 3A_Enteric Fermentation » ont été utilisées.

Le tableau ci-dessous récapitule par sous-catégorie les variations constatées entre les deux méthodes :

Tableau 98 : Comparaison des Fex - MONDFERENT I et II / GIEC 2006

		F_{ex} nationaux		Estimation à partir du GIEC 2006		Variation national/GIEC 2006 constatée (%)	
		1990	2017	1990	2017	1990	2017
Vaches laitières		102,4	114,4	118,7	140,2	-14%	-18%
Autres bovins	Vaches nourrices	107,3	107,3	68,9	69,0	56%	56%
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	69,7	69,1	69,0	68,9	1%	0%
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	67,0	66,9	56,4	56,4	19%	19%
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	44,2	43,5	48,9	48,7	-10%	-11%
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	79,1	78,5	82,5	82,3	-4%	-5%
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	77,8	77,7	65,4	65,4	19%	19%
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	53,5	53,3	76,7	76,7	-30%	-31%
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	51,1	51,1	56,8	56,9	-10%	-10%
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	43,1	42,9	61,8	61,8	-30%	-31%
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	57,8	57,6	81,3	81,2	-29%	-29%
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	56,4	56,2	67,7	67,6	-17%	-17%
	Veaux de boucherie	12,6	12,6	57,5	57,7	-78%	-78%
	Autres femelles de moins de 1 an	26,5	26,8	49,9	50,0	-47%	-46%
	Autres mâles de moins de 1 an	27,6	27,6	47,6	47,7	-42%	-42%
Caprins	Chevrettes	7,6	7,6	7,7	7,7	-1%	-1%
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	17,2	17,2	14,5	14,5	19%	19%
	Autres caprins (y compris boucs)	9,1	9,1	5,1	5,1	79%	79%
Ovins	Agnelles	7,9	7,9	7,3	7,3	8%	8%
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	12,8	12,8	8,2	8,2	55%	55%
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	17,1	17,1	13,8	13,8	24%	24%
	Autres ovins (y compris béliers)	3,9	3,9	3,6	3,6	10%	10%

Source CITEPA/ format OMINEA - février 2019 IPCC_Tier2_Elevage.xls/Fex_Comp

De manière générale, les valeurs développées dans le cadre des projets MONDFERENT I et II ont été privilégiées car jugées plus représentatives de la situation française que celles recalculées à partir de la méthode du GIEC 2006 qui représente plus une moyenne des pays développés.

5.3.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 3B

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	6 581	6 571	7 029	6 744	6 894	6 865	6 923	6 922	6 590	6 992	6 617	6 546	6 943	6 935	6 699	
Nouveau	kt CO2e	6 334	6 310	6 739	6 429	6 526	6 525	6 573	6 531	6 229	6 554	6 209	6 098	6 454	6 346	6 227	6 198
Différence	kt CO2e	-247	-261	-291	-315	-368	-340	-350	-391	-361	-438	-408	-448	-489	-589	-472	
	%	-4%	-4%	-4%	-5%	-5%	-5%	-5%	-6%	-5%	-6%	-6%	-7%	-7%	-8%	-7%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description du recalcul

Plusieurs recalculs importants ont été apportés cette année :

- **Poursuite de l'amélioration de la caractérisation des effluents bovins**, avec une mise à jour cette année entraînant une hausse de la répartition des effluents vers les modes solides, ce qui entraine une forte révision à la baisse des émissions, en particulier sur le CH_4. Les émissions de N2O sont révisées à la hausse suite à cet ajustement.
- **Révision de l'excrétion azotée à la baisse pour les ovins, les caprins et les équins :** cet ajustement conduit à une révision à la baisse des émissions de N_2O.
- **Révision de l'excrétion azotée à la baisse d'une sous-catégorie bovine** (génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans) **:** cet ajustement conduit à une révision à la baisse des émissions de N_2O.
- Un autre point de recalcul important est la **révision du VS des porcins** pour prendre en compte l'évolution sur la période de l'alimentation biphase. La prise en compte de cette dynamique est désormais possible en appliquant les derniers résultats du projet MONDFERENT II.
- **Le VS des cailles** a été révisé à la baisse cette année.
- **Les résultats des enquêtes pratiques d'élevage (2015)** ont été pris en compte. Parmi les ajustements liés à la prise en compte de ces nouveaux résultats, on peut noter l'apparition des systèmes lisiers en caprins.
- Mise à jour des cheptels pour certaines catégories, certaines années.

Par ailleurs, les émissions de N_2O liées à la redéposition ont été revues à la baisse du fait de la révision à la baisse des émissions de NH_3 et de NO_x (suite à la mise à jour de l'excrétion azotée de certaines catégories animales, à l'intégration de nouvelles pratiques de réduction de NH_3 et à la poursuite de l'amélioration de la caractérisation des effluents bovins).

Les émissions de N_2O liées au lessivage ont été revues à la baisse du fait de la réduction de l'azote excrété de certaines espèces. Cependant, cette baisse est compensée en cours de période du fait de la poursuite de l'amélioration de la caractérisation des effluents bovins qui conduit à une évaluation à la hausse du stockage solide (entrainant une hausse des émissions liées au lessivage).

Raison et justification

Amélioration de la méthode par une meilleure prise en compte de la situation française, par l'intégration de facteurs spécifiques nationaux, par l'affinement de certains paramètres et par la mise à jour de certaines données.

5.3.6 Améliorations envisagées

A l'heure actuelle, il n'y a pas de données rapportées spécifiquement concernant la méthanisation (IE). Il est prévu d'améliorer ce rapportage dans les soumissions futures.

Les données relatives aux projets MONDFERENT I et II devront encore être approfondies, de manière à mieux comprendre les résultats de la comparaison avec la méthode GIEC 2006 et à pouvoir expliquer les écarts constatés.

Par ailleurs, la prise en compte des pratiques existantes pour la réduction des émissions d'ammoniac, commencée cette année, et impactant les émissions indirectes de N_2O, doit se poursuivre.

5.4 Culture du riz (3C)

5.4.1 Caractéristiques de la catégorie

Les conditions anaérobies liées à l'inondation partielle ou continue des rizières donnent lieu à des émissions de méthane potentiellement importantes qui dépendent principalement de ces conditions d'inondation, et des apports organiques. Les surfaces de rizières demeurent très marginales en France, elles se cantonnent à la Camargue avec en moyenne annuelle sur la période 1990 à l'année en cours environ 20 000 ha mis en culture chaque année et à quelques milliers d'hectares en Guyane française.

Ce secteur n'est pas une catégorie clé, les émissions de CH_4 associées sont faibles (0,018% du PRG total en 2017).

5.4.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

La méthode appliquée est de rang 1.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 des rizières liées à l'usage d'amendements basiques et d'urée sont rapportées dans les sections 3G et 3H.

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 provenant des rizières sont estimées en utilisant le facteur d'émission proposé par le GIEC [805], calculé à partir de l'équation 5.2 :

$$EF_i = EF_C \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times SF_{s,r}$$

Avec : EF_i = Facteur d'émission journalier par ha ; EF_C = Facteur d'émission correspondant au niveau de référence, i.e. à une situation de culture inondée en continu, sans amendements organiques ; SF_W = Facteur de correction prenant en compte le système de gestion de l'eau pendant la période de culture ; SF_p = Facteur de correction prenant en compte le système de gestion de l'eau avant la culture ; SF_o = Facteur de correction prenant en compte le type et la quantité d'amendements organiques apportés ; $SF_{s,r}$ = Facteur de correction prenant en compte le type de sol, le type de riz, etc.

Le facteur d'émission EF_c, est issu des lignes directrices [805] et vaut 1,3 kg CH_4/ha/jour.

Les différents facteurs de correction utilisés pour adapter le facteur d'émission de référence à la situation française sont les suivants :

- SF_w : prend la valeur par défaut proposée par le GIEC pour le régime « irrigué », soit 0,78 ;
- SF_p : prend la valeur par défaut agrégée proposée par le GIEC, soit 1,22 ;

- $SF_{s,r}$: égal à 1 faute de données disponibles.

Le facteur de correction SF_o, correspondant à la quantité d'amendements organiques apportés, est calculé selon l'équation du GIEC 2006 suivante :

$$SF_o = (1 + \Sigma_i Tx\ AO_i \times FCAO_i)^{0,59}$$

Avec : Tx AO_i = Taux d'application de l'amendement organique i, en poids sec pour la paille et en poids frais pour les autres, tonnes/ha ; $FCAO_i$ = facteur de conversion de l'amendement organique i (par rapport à son impact relatif sur la paille appliquée peu de temps avant la culture), comme au tableau 5.14 du GIEC 2006.

On considère qu'en France, les seuls amendements organiques apportés sont les pailles de riz. Le taux d'application associé est estimé à partir des quantités de matières sèches des résidus de la riziculture non brûlés (cf. calcul en section 3D_Agricultural soils), moyennées sur la période 1990 à l'année en cours et rapportées à la superficie des rizières. Le taux moyen obtenu est de 0,12 tonnes de matière sèche par hectare. Le facteur de conversion appliqué est celui correspondant à la modalité « paille incorporée longtemps avant la culture » du GIEC 2006, égal à 0,29. En effet, les pailles de riz en Camargue sont généralement enfouies après récolte ou durant l'hiver [964], donc longtemps avant la culture suivante.

La période de culture est supposée s'étaler du 20 avril/mi-mai (semis) jusqu'à mi-septembre/mi-octobre (récolte) [663].

Le facteur d'émission obtenu est de 190 kg CH_4/ha/an. Ce facteur d'émission a été calculé pour la métropole et extrapolé à l'Outre-Mer. Cela pourra être amélioré à l'avenir pour l'Outre-Mer.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O des rizières sont rapportées dans la section 3D sur les sols agricoles.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

5.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 3C).

Les incertitudes associées à cette catégorie sont élevées, notamment celles associées aux facteurs d'émission. Une approche dite "Tier 2" de simulation numérique "Monte Carlo" a été réalisée en 2016 pour le secteur de la riziculture (3.C) sur le CH_4.

La méthodologie utilisée pour évaluer les incertitudes de "Monte Carlo" est celle élaborée par le GIEC au travers du guide des bonnes pratiques (cf. "Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux"- chapitre 6).

Des distributions normales ont été appliquées aux paramètres des activités et des facteurs d'émission (10 000 tirages par variables). Les valeurs moyennes sont les valeurs utilisées pour le calcul des émissions de l'inventaire. Les écarts-types relatifs (incertitude ≈ 2 fois l'écart type d'une distribution normale) aux facteurs d'émissions sont tirés du GIEC 2006. Sur l'activité, l'incertitude retenue est de 5% car les surfaces sont régulièrement actualisées par les enquêtes agricoles. Cette donnée est donc bien documentée.

Les émissions de CH_4 issue du secteur 3.C dans sa globalité ont ainsi une incertitude de ~100%.

Ces résultats d'incertitudes, déterminés par une approche tier 2 "Monte Carlo" à partir d'une simulation fine au niveau des paramètres du calcul des émissions, sont ensuite intégrés, dans une approche mixte tier 1 – tier 2, dans le tableau de calcul tier 1 des incertitudes tout secteur en annexe 6.

Concernant la cohérence temporelle des séries, celle-ci est bien respectée, la même méthodologie est employée pour l'ensemble de la période.

5.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3. sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le temps.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRA, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

5.4.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 3C

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	140	167	137	124	107	102	95	113	112	110	105	97	80	77	80	
Nouveau	kt CO2e	140	167	137	124	107	102	95	113	112	110	105	97	80	77	79	81
Différence	kt CO2e	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,31	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description du recalcul

Pas de recalcul à l'exception de la mise à jour des données d'activité en 2016.

Raison et justification

Mise à jour des données.

5.4.6 Améliorations envisagées

Il est envisagé d'appliquer la méthodologie des lignes directrices du GIEC 2006 directement à l'Outre Mer (Guyane), plutôt qu'extrapoler le facteur d'émission calculé pour la métropole.

5.5 Sols agricoles (3D)

5.5.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette section concerne exclusivement les émissions de N_2O des sols agricoles, elle exclut les émissions de méthane des rizières (section 3C) et les flux de CO_2 traités au sein du secteur 4 sur l'utilisation des terres.

En 2017, les deux sous catégories des sols agricoles sont des catégories clés. Les émissions directes des sols sont les plus importantes et constituent la 4ème catégorie clé (5,8 %) en termes de niveau d'émission hors UTCATF au périmètre Kyoto (N_2O). Les émissions indirectes des sols (comprenant les émissions de N_2O liées à la redéposition de l'ammoniac et à la lixiviation des sols) constituent la 16ème catégorie clé (1,4%) en termes de niveau d'émission hors UTCATF au périmètre Kyoto (N_2O).

Les émissions des sols agricoles sont liées aux quantités d'azote épandues. L'azote épandu peut être dispersé suivant différents modes et sous différentes formes. Une partie de l'azote est volatilisée sous des formes réactives (NH_3, NOx, N_2O principalement) ou non (N_2). Le N_2O est produit dans les sols au cours des processus de nitrification et de dénitrification.

La méthodologie développée dans les lignes directrices du GIEC 2006 [799] permet d'estimer les émissions d'origine anthropiques, c'est-à-dire issues de l'augmentation des quantités nettes d'azote dans les sols gérés suite aux activités humaines (épandage d'engrais minéraux et organiques, excrétions au pâturage, décomposition des résidus de culture, épandage des boues et des composts).

Données d'activité – Origines et quantités d'azote apportées

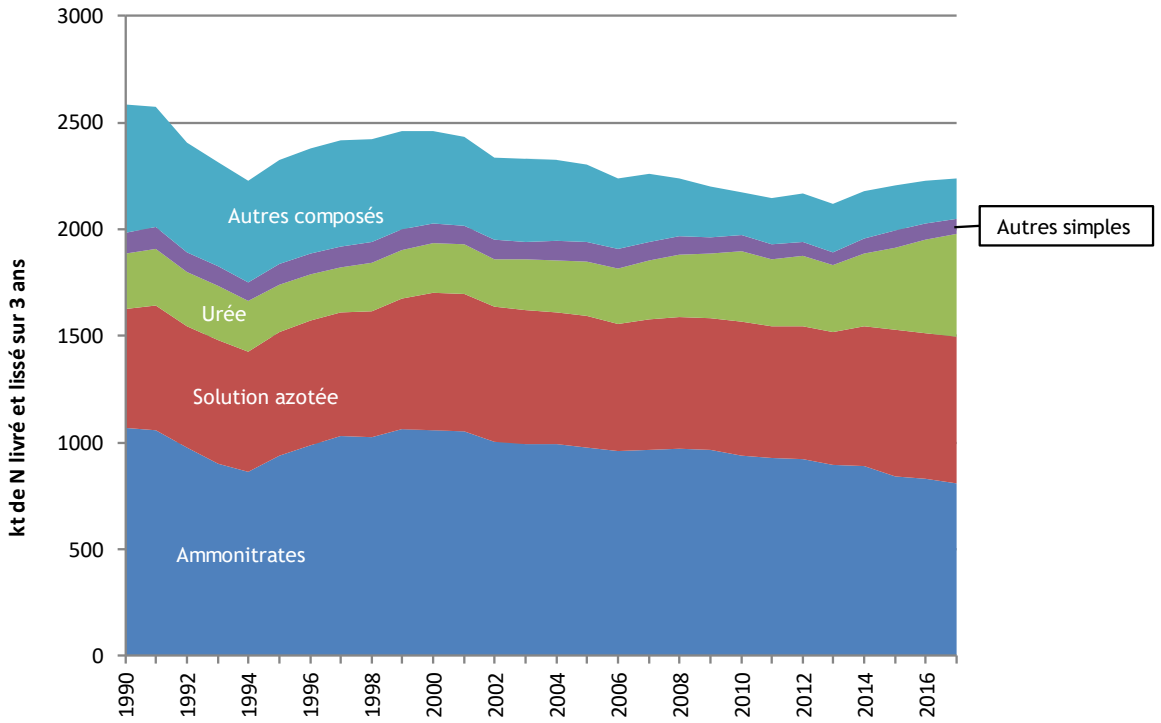
Les sols cultivés reçoivent des quantités d'azote provenant de différentes origines. Les intrants considérés peuvent être synthétiques (fertilisants minéraux), d'origine végétale (résidus de culture), d'origine organique (déjections animales), issus des boues des stations de traitements des eaux, ou de compost. Chaque source est décrite ci-dessous.

Livraisons d'azote minéral

L'azote contenu dans les fertilisants minéraux en Métropole est déterminé à partir des quantités livrées fournies par l'UNIFA [90], syndicat chargé officiellement de cette tâche par l'administration française. Afin de limiter les brusques variations liées aux fluctuations interannuelles du prix des denrées agricoles et de l'azote minéral, les données de livraison annuelles livrées par l'UNIFA sont lissées sur 3 années.

Depuis 2014, un nouveau type d'engrais est considéré pour le calcul des émissions de NH_3 : l'urée avec inhibiteur d'uréase. Les quantités étant, à l'heure actuelle, faibles en comparaison avec l'azote total livré, elles sont comptabilisées avec l'urée classique dans le graphique ci-dessous, mais la distinction est bien mise en œuvre dans les calculs.

Figure 107 : Quantités d'azote lissées issues des engrais minéraux épandues en Métropole



Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Fertilisants

Pour les territoires d'Outre-mer inclus dans l'Union Européenne, des taux de fertilisation moyens par culture sont recalculés et appliqués aux surfaces correspondantes comme suit :

$$\text{Intrants} = \sum_i \text{Surface}_i \times \text{Fertilisation}_i$$

<u>Avec</u> : Intrants = tonnes d'azote totales apportées pour un territoire ; Surface_$_i$ = Surface de la culture i en hectares ; Fertilisation_$_i$ = taux moyen de fertilisation pour la culture i en tonnes d'azote par hectare.

Les données utilisées sont tirées des sources suivantes :

- Les surfaces par type de culture sont disponibles dans la base AGRESTE [410] à partir de l'année 2000, et, faute d'autres données disponibles, sont considérées constantes entre 1990 et 2000.
- Les taux de fertilisation moyens par culture sont recalculés à partir de diverses sources : l'enquête pratiques culturales de 2011 [485] fournissant des données pour la Guadeloupe et la Réunion, les données des Référentiels Technico-Economique agricole de Guyane [806] ou encore les fiches techniques fournies par la Chambre d'Agriculture de Martinique [807]. Généralement, les données concernant une culture ont été étudiées pour un territoire seulement mais sont extrapolées aux autres territoires.

Faute d'autres données disponibles, les livraisons d'azote minéral dans les autres territoires d'Outre-Mer (hors Union Européenne) par hectare de surface épandable sont supposées similaires à celles des territoires d'Outre-mer inclus dans l'Union Européenne.

<u>Déjections animales : épandage et pâture</u>

L'azote contenu dans les déjections animales produites au bâtiment et épandues par la suite est calculé à partir de nombreuses sources. Le calcul détaillé de ces quantités d'azote est décrit en section « 3B_Manure management », et correspond à la somme des paramètres « $N_{_épan_lisier}$ » et « $N_{_épan_solide}$ ».

L'azote contenu dans les déjections animales produites à la pâture est calculé à partir de nombreuses sources. Le calcul détaillé de ces quantités d'azote est décrit en section « 3B_Manure management », et correspond au paramètre « $N_{ex_pâture}$ ».

Imports d'azote des pays frontaliers

Les quantités d'azote contenues dans les déjections importées provenant des pays frontaliers à la métropole (Belgique, Luxembourg, Pays-Bas, Italie et autres pays frontaliers) sont recalculées différemment selon les périodes :

- Pour l'année 1990 : une hypothèse de stabilité a été retenue entre 1990 et 1991.
- De 1991 à 2001 : un rapport du MEDDE de 2002 [591] fournit des données d'importations en provenance d'Italie, des Pays-Bas, de la Belgique-Luxembourg et « Autres », et d'exportations (totales vers tous pays) de déjections pour la période 1991-2001. Les données sont fournies sous la forme de graphique, en Mg/an. Le rapport du MEDDE [591] et le Voortgangsrapport mestbank [592] de 2003 indiquant que la majorité des déjections sont d'origine avicole, le ratio 1 Mg de déjection : 29,489 kg N – d'après [592]- a été utilisé pour convertir les données de masses de déjections en quantités d'azote importées.
- A partir de 2002 : des données d'importations d'azote provenant de Belgique sont disponibles annuellement dans les rapports Voortgangsrapport mestbank [592]. A ces données qui varient annuellement est additionné le solde calculé pour l'année 2001 des importations en provenance d'Italie, des Pays-Bas et « Autres » [591], moins les exportations françaises. Les parts de déjections porcines et de volailles importées sont déterminées à partir des rapports Voortgangsrapport mestbank [592].

Résidus de culture

Les quantités d'azote retournées au sol par les résidus de cultures sont calculées selon la méthodologie proposée par le GIEC 2006 [799], à partir des différentes données :

- les statistiques de production et de superficies publiées dans la base AGRESTE [410] ;
- les résultats des enquêtes pratiques culturales végétales issues du service du service statistique du Ministère de l'Agriculture [485] ;
- divers paramètres de calcul comme les indices de récolte ou encore les teneurs en matière sèches des grains. Ces paramètres sont soit fournis par des instituts techniques français, soit tirés du GIEC 2006.

La méthode de calcul des quantités d'azote issues des résidus est détaillée en annexe.

Epandage des boues

L'azote apporté par l'épandage des boues de traitement des eaux usées est estimé à partir des quantités de boues des stations d'épuration (en MS) épandues en France, tirées de la base de données nationale des eaux résiduaires urbaines [511], et de la quantité d'azote moyenne contenue dans les boues, estimée à environ 4,5% de N par tonne de matière sèche [441]. La méthodologie employée est décrite dans la section sur les déchets « 5D_Waster_water_treatment ».

Il est supposé qu'il n'y a pas de boues épandues en Outre-mer.

Epandage des composts

L'azote contenu dans les déchets compostés est calculé à partir des quantités de déchets traités par compostage (déchets verts, ordures ménagères, bio-déchets, boues etc.), disponibles dans les enquêtes bisannuelles de l'ADEME [32], et de la composition des composts en azote total, issue d'une publication de l'ADEME [537].

La méthodologie employée est décrite dans la section sur les déchets « 5B_Biological_treatments ».

5.5.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

La méthode appliquée correspond au rang GIEC 1 pour les émissions directes et indirectes de N_2O. Plusieurs éléments peuvent néanmoins être assimilés à du rang 2 du fait d'une description fine des cheptels, des occurrences de gestion des déjections et de la méthode pour les quantités de résidus laissés au champ.

Important : les méthodes de calcul des émissions de NH_3 et de NO_x sont fournies ici pour faciliter la compréhension du calcul des émissions indirectes de N_2O liées à la redéposition.

Emissions de CO_2

Aucune émission de CO_2 n'est prise en compte pour ce secteur conformément aux méthodologies des lignes directrices du GIEC 2006 [799]. Toutefois, l'hydrolyse de l'urée dans les sols et la décarbonatation des amendements basiques conduisent à des émissions de CO_2 respectivement rapportées dans les catégories 3G et 3H. En ce qui concerne le carbone contenu dans la matière organique des sols, l'intégralité de ces flux sont couverts dans le secteur sur l'utilisation des terres (UTCATF).

Emissions de N_2O

L'essentiel de la méthodologie et des facteurs d'émissions sont issus des lignes directrices du GIEC 2006 [799]. Sont distinguées :

- les émissions directes de N_2O suite à l'apport d'azote aux cultures ;
- les émissions indirectes de N_2O liées à la volatilisation de l'azote sous diverses formes réactives (NH_3 et NO_x principalement) et la déposition de ces dernières et de leurs produits sur les sols ou les eaux de surface ;
- les émissions indirectes de N_2O liées au lessivage et la lixiviation de l'azote, deux phénomènes à l'origine du transport de diverses formes azotées (organiques ou minérales) sujettes à des processus de nitrification/dénitrification entrainant des émissions de N_2O.

Les émissions directes

Les émissions directes de N_2O exprimées en kg de N-N_2O sont calculées selon l'équation 11.1 du GIEC 2006 :

$$N\text{-}N_2O_{directes} = N\text{-}N_2O_{N_entrées} + N\text{-}N_2O_{SO} + N\text{-}N_2O_{PPP}$$

Avec : $N\text{-}N_2O_{N_entrées}$ = émissions de N-N_2O imputables aux entrées de N sur les sols (kg N-N_2O/an) ; N-N_2O_{SO}= émissions de N-N_2O imputables aux sols organiques gérés (kg N-N_2O/an) ; N-N_2O_{PPP} = émissions de N-N_2O imputables aux entrées d'urine et de fèces (kg N-N_2O/an).

Apports d'azote : Paramètre N-$N_2O_{N_entrées}$

Le paramètre N-$N_2O_{N_entrées}$ concerne les émissions directes liées à l'apport d'engrais minéraux, à l'épandage des déjections animales, des boues et des composts. Il faut noter que l'équation du GIEC distingue spécifiquement les apports aux rizières. Or, cette distinction n'est pas connue à l'heure actuelle, tous les apports sont comptabilisés sans distinction de culture de destination.

$$N\text{-}N_2O_{N_entrées} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{RR} + F_{MOS}) \times FE_1$$

Avec : F_{SN} = quantité annuelle de N des engrais synthétiques appliquée aux sols (kgN/an) ; F_{ON} = quantité annuelle de fumier animal, compost, boues et autres ajouts organiques appliquée aux sols (kgN/an) ; F_{RR} = quantité annuelle de N retourné aux sols dans les résidus de récoltes (aériens et souterrains) (kgN/an) ; F_{MOS} = quantité annuelle de N minéralisé dans les sols minéraux associée aux

pertes de C des sols de la matière organique des sols en raison de changements d'affectation des terres ou de gestion (kgN/an) ; FE_1 = facteur d'émission des émissions de N_2O dues aux entrées de N (kgN-N2O/kgN).

Les paramètres F_{SN}, F_{ON} et F_{RR} ont été présentés plus haut, en section « **Données d'activité – Origines et quantités d'azote apportées** ». Le paramètre F_{ON} couvre à la fois les imports d'azote, l'épandage des déjections, des boues et des composts.

Le paramètre F_{MOS} est à l'heure actuelle négligé car les terres cultivées restant terres cultivées (cultures + prairies) présentent un puits de carbone au niveau des sols. En revanche, pour les terres converties en terres cultivées, l'émission de N_2O liée à la minéralisation est comptabilisée dans le secteur UTCATF.

Le facteur d'émission utilisé est celui proposé par défaut par le GIEC 2006 : **0,01 kg N-N_2O/kg N.**

Sols organiques : Paramètre N-N_2O_{SO}

Le paramètre N-N_2O_{SO} concerne les émissions directes liées aux sols organiques gérés. En France, deux types de sols organiques sont considérés :

- les sols de cultures organiques tempérées et de prairies en Métropole,
- les sols de cultures organiques tropicales et de prairies en Guyane.

L'équation du GIEC 2006 est adaptée de la façon suivante :

$$N\text{-}N_2O_{SO} = F_{SO,CP,Temp} \times FE_{2CP,Temp} + F_{SO,CP,Trop} \times FE_{2CP,Trop}$$

Avec : $F_{SO,CP,Temp}$ = superficie annuelle des sols de cultures organiques tempérées et de prairies (ha) ; $FE_{2CP,Temp}$ = facteur d'émission pour les sols de cultures organiques tempérées et de prairies (kg N-N_2O/ha) ; $F_{SO,CP,Trop}$ = superficie annuelle des sols de cultures organiques tropicales et de prairies (ha) ; $FE_{2CP,Trop}$ = facteur d'émission pour les sols de cultures organiques tropicales et de prairies (kg N-N_2O/ha).

La cartographie des histosols est fournie, pour la France métropolitaine, par l'INRA [719] et pour la Guyane, par une étude spécifique [720]. Pour sélectionner uniquement les surfaces d'histosols cultivées, ces cartes ont été croisées sous SIG avec les couches issues de la base de données Corine Land Cover [808].

Les facteurs d'émission utilisés sont ceux proposés par défaut par le GIEC 2006, à savoir :

- pour les sols de cultures organiques tempérées et de prairies **: 8 kg N-N_2O/ha**,
- pour les sols de cultures organiques tropicales et de prairies : **16 kg N-N_2O/ha**.

Pâture : Paramètre N-N_2O_{PPP}

Le paramètre N-N_2O_{PPP} concerne les émissions directes liées aux entrées d'urine et fèces des pâturages. Ces émissions sont calculées toujours en utilisant l'équation 11.1 du GIEC 2006 :

$$N\text{-}N_2O_{PPP} = F_{PPP,BVS} \times FE_{3PPP,BVS} + F_{PPP,MA} \times FE_{3PPP,MA}$$

Avec : $F_{PPP,BVS}$ = quantité annuelle d'azote des urines et fèces déposée par les bovins, volailles, suidés, au pâturage (kg N/an) ; $FE_{3PPP,BVS}$ = facteur d'émission pour les bovins, volailles et suidés au pâturage (kg N-N_2O/kg N) ; $F_{PPP,MA}$ = quantité annuelle d'azote des urines et fèces déposée par les moutons et autres animaux au pâturage (kg N/an) ; $FE_{3PPP,MA}$ = facteur d'émission pour les moutons et autres animaux au pâturage (kg N-N_2O/kg N).

Les paramètres $F_{PPP,BVS}$ et $F_{PPP,MA}$ ont été présentés plus haut, en section « **Données d'activité – Origines et quantités d'azote apportées** ».

Les facteurs d'émission utilisés sont ceux proposés par défaut par le GIEC 2006, à savoir :

- pour les bovins, volailles et suidés **: 0,02 kg N-N_2O/ kg N**,
- pour les moutons et autres animaux : **0,01 kg N-N_2O/ kg N**.

Emissions de N_2O directes totales

Les émissions de $N\text{-}N_2O$ directes sont converties ensuite en N_2O de la façon suivante :

$$N_2O_{directes} = N\text{-}N_2O_{directes} \times 44/28$$

Les émissions indirectes liées à la volatilisation

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont calculées selon l'équation 11.9 des lignes directrices du GIEC 2006 [799] :

$$N\text{-}N_2O_{DAT} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PPP} + F_{RR} + F_{MOS}\ (F_{SN} \times Frac_{GAZE}) + ((F_{ON} + F_{PPP}) \times Frac_{GAZM})] \times FE_4$$

Avec : $Frac_{GAZE}$ = fraction de N d'engrais synthétique volatilisé sous forme de NH_3 et de NO_x (kg N volatilisé/kg N appliqué) ; $Frac_{GAZM}$ = fraction de N organique (engrais et pâture) volatilisé sous forme de NH_3 et de NO_x (kg N volatilisé/kg N appliqué) ; FE_4 = facteur d'émission de N_2O dues au dépôt atmosphérique de N sur les sols et les surfaces aquatiques (kg $N\text{-}N_2O$/kg $N\text{-}NH_3$ + $N\text{-}NO_x$ volatilisé).

Plutôt que d'utiliser les fractions par défaut proposées par le GIEC, les émissions de NH_3 et de NO_x relatives à l'application d'engrais minéraux, de déjections animales, de boues, de compost et celles liées aux animaux à la pâture, sont calculées conformément à la méthode EMEP/EAA 2016 [900] détaillée en sections « Emissions de NH_3 » et « Emissions de NO_x » plus bas.

On a alors :

$$Frac_{GAZE} = (N\text{-}NH_{3_SN} + N\text{-}NO_{x_SN}) / F_{SN}$$

$$Frac_{GAZdéjections} = (N\text{-}NH_{3_déjections} + N\text{-}NO_{x_déjections}) / F_{déjections}$$

$$Frac_{GAZboues} = (N\text{-}NH_{3_boues} + N\text{-}NO_{x_boues}) / F_{boues}$$

$$Frac_{GAZcompost} = (N\text{-}NH_{3_compost} + N\text{-}NO_{x_compost}) / F_{compost}$$

$$Frac_{GAZpâture} = (N\text{-}NH_{3_pâture} + N\text{-}NO_{x_pâture}) / F_{pâture}$$

Ces fractions recalculées varient dans le temps. A titre indicatif, les valeurs moyennes sur la période 1990-2017 pour la Métropole sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 99 : Principales fractions utilisées dans le calcul des émissions de N_2O des sols

Fraction	Description	Valeur moyenne (1990-2017)
$Frac_{GAZE}$	Fraction de l'azote minéral épandu qui se volatilise sous forme de NH_3 et de NO_x	6,1%
$Frac_{GAZdéjections}$	Fraction de l'azote des déjections animales épandues, produites et importées, qui se volatilise sous forme de NH_3 et de NO_x	17,1%
$Frac_{GAZboues}$	Fraction de l'azote des boues épandues qui se volatilise sous forme de NH_3 et de NO_x	11,1%
$Frac_{GAZcompost}$	Fraction de l'azote des composts épandus qui se volatilise sous forme de NH_3 et de NO_x	7,0%
$Frac_{GAZpâture}$	Fraction de l'azote des déjections des animaux à la pâture qui se volatilise sous forme de NH_3 et de NO_x	4,9%

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/Frac_volat

Le facteur d'émission de N_2O dues au dépôt atmosphérique de N sur les sols et les surfaces aquatiques utilisé est celui proposé par défaut par le GIEC 2006 : **0,01 kg $N\text{-}N_2O$/kg N volatilisé**

Les émissions de $N\text{-}N_2O$ indirectes liées au dépôt atmosphérique sont converties ensuite en N_2O de la façon suivante :

$$N_2O_{DAT} = N\text{-}N_2O_{DAT} \times 44/28$$

Les émissions indirectes liées au lessivage

Les émissions indirectes liées à la lixiviation/écoulements sont calculées selon l'équation 11.10 des lignes directrices du GIEC 2006 [799] :

$$N\text{-}N_2O_L = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PPP} + F_{RR} + F_{MOS}) \times Frac_{Lixi} \times FE_5$$

Avec : $Frac_{Lixi}$ = fraction de tout le N minéralisé/ajouté aux sols gérés dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements ; FE_5 = facteur d'émission de N_2O dues à la lixiviation et aux écoulements (kg $N\text{-}N_2O$/kg N lessivé et écoulé).

Pour rappel, le paramètre F_{MOS} est à l'heure actuelle négligé car les terres cultivées restant terres cultivées (cultures + prairies) présentent un puits de carbone au niveau des sols. En revanche, pour les terres converties en terres cultivées, l'émission de N_2O liée à la minéralisation est comptabilisée dans le secteur UTCATF.

Le paramètre $Frac_{Lixi}$ prend la valeur par défaut proposée par le GIEC 2006, soit **0,3 kg $N_{lessivé}$/kg $N_{apporté}$**. C'est une hypothèse majorante car cette valeur ne devrait s'appliquer qu'aux régions où les capacités en rétention d'eau sont excédées. Or, dans l'inventaire national, il est considéré que tout le territoire est dans cette situation, faute de données disponibles relatives à cette question. Des recherches complémentaires devront être poursuivies pour ajuster l'application d'un tel facteur en France.

Le facteur d'émission de N_2O dues à la lixiviation et aux écoulements (FE_5) utilisé est celui proposé par défaut par le GIEC 2006 dans le tableau 11.3 : **0,0075 kg $N\text{-}N_2O$/kg $N_{lessivé}$.**

Les émissions de $N\text{-}N_2O$ indirectes liées dues à la lixiviation et aux écoulements sont converties ensuite en N_2O de la façon suivante :

$$N_2O_L = N\text{-}N_2O_L \times 44/28$$

Récapitulatif des sources d'azote et émissions de N_2O des sols

Le tableau ci-dessous récapitule les quantités d'azote apportées aux sols par source en Métropole, sur la période 1990-2017.

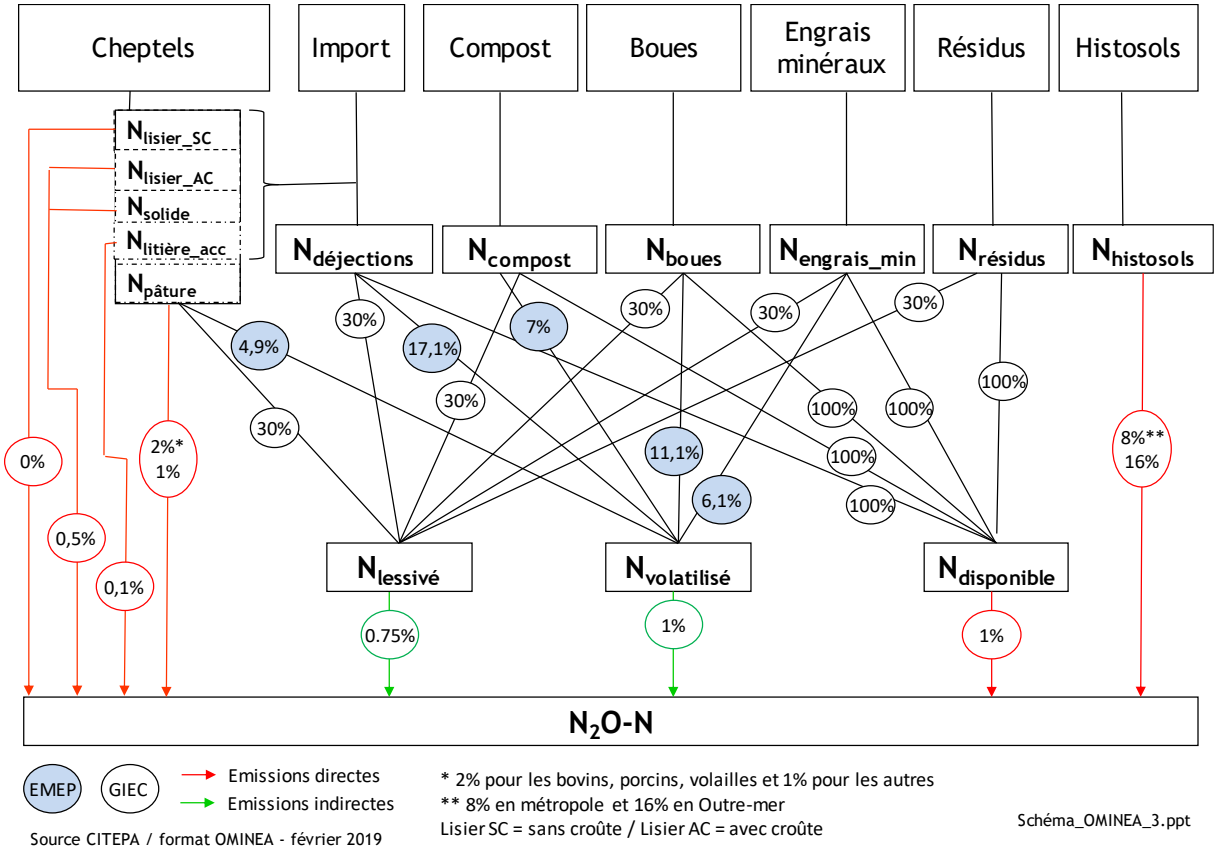
Tableau 100 : Azote apportés aux sols cultivés par source en Métropole (tonnes d'azote)

	Engrais minéraux	Déjections (produites et importées)	Pâture	Résidus	Boues	Compost
1990	2 585 531	600 092	983 454	876 507	17 123	21
1991	2 573 824	593 481	973 925	952 145	18 040	21
1992	2 405 223	588 154	970 376	1 012 877	19 006	22
1993	2 314 802	587 641	965 097	970 627	20 024	22
1994	2 228 047	591 178	968 013	950 166	21 096	27
1995	2 322 412	594 742	974 992	904 349	22 225	32
1996	2 379 336	596 534	978 393	942 215	23 712	41
1997	2 416 246	593 361	970 998	990 163	25 198	49
1998	2 419 426	593 719	966 246	1 027 235	26 685	57
1999	2 461 287	591 389	968 466	1 034 339	25 012	79
2000	2 460 034	604 785	999 282	1 036 315	23 339	87
2001	2 431 488	599 271	1 006 492	984 988	21 666	98
2002	2 337 830	591 553	978 069	1 061 640	20 803	111
2003	2 331 374	578 551	949 637	840 033	19 941	124
2004	2 326 416	568 639	932 758	1 090 205	19 078	136
2005	2 301 779	563 418	923 816	986 196	19 267	147
2006	2 235 824	561 309	924 759	971 544	19 455	162
2007	2 262 135	566 520	930 667	1 045 750	19 644	169
2008	2 240 721	581 515	927 725	1 088 902	19 832	176
2009	2 201 452	571 620	923 793	1 050 543	20 021	181
2010	2 170 509	569 726	918 543	970 232	24 144	185
2011	2 145 885	565 482	894 964	953 508	22 598	202
2012	2 167 047	557 892	886 388	1 039 642	22 602	219
2013	2 119 894	557 566	891 956	1 021 479	19 644	237
2014	2 180 973	564 022	900 330	1 130 470	21 883	256
2015	2 206 777	565 113	905 961	1 020 099	27 273	268
2016	2 225 515	560 003	905 588	873 663	22 602	281
2017	2 238 884	553 179	895 458	1 043 226	22 682	291

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/N_sources

La figure ci-dessous illustre la méthodologie globale mise en place pour estimer les émissions de N_2O des sols agricoles.

Figure 108 : Schéma de la méthodologie d'estimation des émissions pour le N_2O des sols



Emissions de CH_4

Aucune émission de CH_4 n'est prise en compte pour ce secteur conformément aux méthodologies des lignes directrices du GIEC, les émissions de CH_4 des rizières sont traitées dans la section 3C.

Emissions de gaz fluorés

Aucune émission n'est attendue pour ce secteur.

Emissions de NOx

Des émissions de NO sont estimées au niveau des sols agricoles. Elles sont associées à la présence d'azote réactif du fait de la fertilisation et de la présence des animaux mais sont actuellement rapportées hors total dans les inventaires d'émissions (dans la section mémo NFR 6B). Ces émissions sont par ailleurs utilisées pour le calcul des émissions indirectes de N_2O.

Les émissions de NOx sont déterminées de la façon suivante :

$$N\text{-}NO = \sum_i (F_{SN_i} \times FE_i) + (F_{ON} + F_{PPP}) \times FE_{org}$$

Avec : F_{SN_i} = *quantité annuelle de N d'engrais synthétique i appliquée aux sols (kgN/an)* ; FE_i = *facteur d'émission de NO associé à l'engrais i (kg N-NO/kg N)* ; F_{ON} : *quantité annuelle de fumier animal, compost, boues et autres ajouts organiques appliquée aux sols (kgN/an)* ; FE_{org} = *facteur d'émission de NO associé aux apports organiques (kg N-NO/kg N).*

Les paramètres F_{ON} et F_{PPP} sont décrits dans la section « **Données d'activité - Origines et quantités d'azote apportées** ». Le paramètre F_{ON} couvre à la fois les imports d'azote, l'épandage des déjections (produites et importées), des boues et des composts.

Le paramètre F_{SN_i} désigne les quantités d'azote apportées par type d'engrais synthétique. Les livraisons UNIFA [90] permettent de distinguer différentes catégories d'engrais : ammonitrates, sulphate d'ammoniaque, cynamide calcique et nitrate de chaux, urée, solutions azotées, ammoniac anhydre, autres simples et autres composés.

Les facteurs d'émissions utilisés proviennent d'une publication de l'IFA-FAO [706], qui distingue des facteurs spécifiques, exprimé en % N épandu volatilisé en N-NO :

- pour les ammonitrates et l'ammoniac anhydre : 0,5% du N épandu ;
- pour les autres engrais synthétiques : 0,6% du N épandu ;
- pour les apports organiques : 0,4% du N épandu

Les émissions sont converties en équivalent NO_2 de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-}NO \times 46/14$$

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 liées aux sols agricoles sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = \Sigma_i (F_{SN_i} \times FE_i) + NH_{3\ Epandage} + NH_{3\ Pâture} + F_{boues} \times FE_{boues} + F_{compost} \times FE_{compost} + F_{import_déjections} \times FE_{déjections}$$

<u>Avec</u>: F_{SN_i} = quantité annuelle de N d'engrais synthétique i appliquée aux sols (kgN/an) ; FE_i = facteur d'émission de NH_3 associé à l'engrais i (kg NH_3/kg N) ; $NH_{3\ Epandage}$ = émissions de NH_3 liées à l'épandage des déjections ; $NH_{3\ Pâture}$ = émissions de NH_3 liées aux animaux à la pâture ; F_{boues} = quantité annuelle de N des boues appliquée aux sols (kgN/an) ; FE_{boues} = facteur d'émission de NH_3 associé aux boues (kg NH_3/kg N) ; $F_{compost}$ = quantité annuelle de N des composts appliquée aux sols (kgN/an) ; $FE_{compost}$ = facteur d'émission de NH_3 associé au compost (kg NH_3/kg N) ; $F_{import_déjections}$ = quantité annuelle de N des déjections importées appliquée aux sols (kgN/an) ; $FE_{déjections}$ = facteur d'émission de NH_3 associé aux déjections (kg NH_3/kg N).

Nous allons détailler ci-dessous l'estimation des différents termes de l'équation.

<u>Engrais synthétiques</u>

Les quantités d'azote apportées en Métropole fournies par l'UNIFA [90] distinguent différentes catégories d'engrais : ammonitrates, sulphate d'ammoniaque, cynamide calcique et nitrate de chaux, urée, solutions azotées, ammoniac anhydre, autres simples et autres composés.

Le guide méthodologique EMEP 2016 [900] propose désormais des facteurs d'émission par défaut pour chacun des types de fertilisants minéraux, par grande zone climatique, en distinguant les sols à pH inférieur ou égal à 7, des sols à pH supérieur à 7.

En Métropole, la majeure partie des régions est en zone « froide » (température moyenne <15°C) à l'exception de la Corse et de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur pour certaines années (climat « tempéré », compris entre 15°C et 25°C). Un extrait des températures moyennes annuelles régionales (pour 1990 et 2017) est fourni en section « 3B_Manure management ». L'approximation d'un climat « froid » appliqué à toutes les régions a été effectuée.

Les pH des sols sont disponibles par cantons (résolution fine) dans la Base de Données d'Analyse des Terres (BDAT)[965]. Une simulation a été menée en prenant en compte ces pH de manière à différencier les FE EMEP 2016. Cette simulation a donné des résultats très similaires à ceux obtenus en appliquant le FE moyennés entre les deux gammes de pH disponibles dans EMEP 2016, pour un climat « froid ». Le choix a été fait de conserver cette approche simplifiée, à savoir l'application des facteurs d'émission moyennés pour la gamme de pH en climat « froid », pour le calcul d'émission d'ammoniac des engrais minéraux.

Les facteurs résultants utilisés dans l'inventaire national sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 101 : Facteurs d'émission de NH_3 pour les engrais minéraux

Type de fertilisant	kg NH_3 / kg de N épandu
Ammoniac anhydre	0,027
Nitrate d'ammonium (Ammonitrates)	0,024
Sulphate d'ammonium	0,128
Solutions azotées	0,097
Urée	0,160
Autres simples N	0,015
Autres composés	0,071

Source CITEPA / format OMINEA - février 2019 Graph_OMINEA_3.xls/FE_minéral

Depuis 2014, un nouveau type d'engrais est considéré pour le calcul des émissions de NH_3 : l'urée avec inhibiteur d'uréase. Pour ces quantités d'engrais, le facteur d'émission par défaut EMEP est adapté avec le facteur de réduction proposé par la guidance UNECE [809], qui indique une réduction de 70% des émissions d'ammoniac.

Par ailleurs, les enquêtes pratiques culturales 2011 menées par le MAA [485] ont permis d'estimer les quantités d'urée et de solution azotée enfouies directement dans les 12h. Pour ces quantités enfouies, le facteur d'émission par défaut EMEP est adapté avec la plage des facteurs de réduction proposée par la guidance UNECE [809], qui indique une réduction des émissions d'ammoniac entre 50% et 80%. La valeur retenue est la moyenne de ces valeurs, soit 65% de réduction des émissions d'ammoniac.

Pour les territoires Outre-mer, le détail des formes d'engrais appliquées n'est pas connu, seule la quantité totale d'azote recalculée l'est (voir section Données d'activité – Origines et quantités d'azote apportées). Par simplification, un facteur d'émission moyen annuel, tout engrais confondu, est recalculé au niveau de la Métropole, et appliqué à l'azote minéral épandu en Outre-mer.

Epandage des déjections

Le calcul des émissions de NH_3 liées à l'épandage des déjections est décrit en section « 3B_Manure management ».

Pâture

Le calcul des émissions de NH_3 liées aux animaux gérés à la pâture est décrit en section « 3B_Manure management ».

Boues

D'après EMEP 2016, 13% de l'azote des boues épandues est volatilisée sous forme de NH_3.

Compost

Pour les composts, le facteur d'émission utilisé est celui proposé par défaut par EMEP 2016 [900], pour les « other organic wastes ». Ce facteur d'émission est égal à 0,008 kg NH3/kg N.

Déjections importées épandues

Le calcul des quantités d'azote importées épandues est présenté dans la section « **Données d'activité - Origines et quantités d'azote apportées** », et la répartition des déjections entre porcins et volailles est connue.

Les facteurs d'émission proposés par EMEP 2016 sont exprimés à partir de l'azote ammoniacal (TAN). Faute de données précises sur ces déjections, leurs teneurs en TAN ont été recalculées à partir de données françaises. Pour les déjections d'origines porcines, un document de l'Institut du Porcs a été utilisé [901]. Pour les volailles, des recalculs et hypothèses ont été faits à partir de données bibliographiques [800] et d'informations fournies par l'Institut Technique Aviculture (ITAVI).

Cas des résidus de culture

Voir Annexe 3.

5.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

Les incertitudes associées à cette catégorie sont élevées, notamment celles associées aux facteurs d'émission. En effet, la méthodologie employée est complexe car il y a un grand nombre de variables impactant les émissions et des difficultés pour déterminer chacune d'elles sont observées.

Une approche dite "Tier 2" de simulation numérique "Monte Carlo" a été réalisée en 2013 et mise à jour depuis, pour le secteur des sols agricoles (3.D) sur le protoxyde d'azote N_2O. Plus précisément, une simulation "Monte Carlo" a été effectuée pour estimer les incertitudes de chacune des trois activités du 3.D (3.D.a, 3.D.b) en tenant compte des lignes directrices du GIEC2006.

L'activité 3.D.a, relatives aux émissions directes des sols, comprend l'épandage de fertilisants synthétiques et des déjections animales (hors excrétion), des résidus de culture, des boues et du compost et des animaux à la pâture. L'activité 3.D.2 concerne les redépositions atmosphériques et dans l'eau.

La méthodologie utilisée pour évaluer les incertitudes de "Monte Carlo" est celle élaborée par le GIEC au travers du guide des bonnes pratiques (cf. "Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux"– chapitre 6).

Des distributions normales ont été appliquées aux paramètres des activités et des facteurs d'émission (10 000 tirages par variables). Les valeurs moyennes sont les valeurs utilisées pour le calcul des émissions de l'inventaire. Les écarts-types relatifs (incertitude ≈ 2 fois l'écart type d'une distribution normale) aux activités et aux facteurs d'émissions sont déterminés à partir d'une étude bibliographique comprenant les différentes lignes directrices et guides du GIEC pour les facteurs d'émission et de l'UNIFA (Union des Industries de la Fertilisation) pour les activités.

Des corrélations ont été prises en compte pour certains facteurs d'émission qui ont la même valeur pour des sources d'émissions différentes. Par exemple le facteur d'émission utilisé concernant la fraction d'azote émise sous forme de NOx et de NH_3 liée à l'épandage des déjections animales est aussi utilisé pour la pâture. Le même tirage de ce facteur d'émission a donc été utilisé pour le calcul des émissions associées.

Les émissions directes de N_2O issue du secteur 3.D.a ont ainsi une incertitude de 150%. Les émissions indirectes de N_2O issues du secteur 3.D.b ont une incertitude de 300%.

Ces résultats d'incertitudes, déterminés par une approche tier 2 "Monte Carlo" à partir d'une simulation fine au niveau des paramètres du calcul des émissions, sont ensuite intégrés, dans une approche mixte tier 1 – tier 2, dans le tableau de calcul tier 1 des incertitudes tout secteur en annexe 6.

Concernant la cohérence temporelle des séries, celle-ci est bien respectée, la même méthodologie est employée pour l'ensemble de la période.

5.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3. sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le temps.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRA, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

5.5.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 3D

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	35 787	34 256	36 182	33 887	33 407	34 085	34 301	33 734	33 016	32 533	33 021	32 669	33 817	33 393	32 697	
Nouveau	kt CO2e	35 351	33 855	35 785	33 468	32 990	33 682	33 894	33 326	32 650	32 139	32 644	32 295	33 444	33 073	32 273	33 194
Différence	kt CO2e	-436	-400	-397	-419	-417	-404	-406	-407	-366	-394	-378	-374	-374	-320	-424	
	%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description du recalcul

Plusieurs recalculs ont été fait au niveau du CRF 3D pour cette soumission, et sont listés ci-dessous.

Révision à la baisse de l'azote épandu sur toute la période liée aux modifications apportées en 3B : les principales modifications impactant l'azote épandu sont la révision à la baisse de l'excrétion azotée des ovins et des caprins et la prise en compte des techniques de réduction des émissions de NH_3 (principalement le traitement des lisiers porcins par nitrification-dénitrification à partir de 1998).

Révision à la baisse de l'azote excrété à la pâture pour les ovins : cette modification entraîne une révision à la baisse des émissions de N_2O.

Mise à jour de l'azote épandu des boues et composts : à partir de 2005 pour les boues, et 2015 pour les composts.

Mise à jour des productions : à partir de 2000, la mise à jour des productions impacte le calcul des résidus de culture et les émissions associées.

Par ailleurs, les émissions indirectes de N_2O liées à la redéposition ont été revues à la baisse sur la période car les émissions de NH_3 et de NO_x ont été revues à la baisse (en lien avec la révision à la baisse de l'azote excrété par certaines catégories animales).

Enfin, les émissions indirectes de N_2O liées au lessivage ont été revues à la baisse sur la période car les modifications apportées en amont ont entraîné une révision à la baisse de l'azote épandu et de l'azote excrété à la pâture.

Raison et justification

Résultant de l'amélioration de la méthode par une meilleure prise en compte de la situation française, par l'intégration de facteurs spécifiques nationaux, par l'affinement de certains paramètres et par la mise à jour de certaines données.

5.5.6 Améliorations envisagées

Des travaux sont en cours pour tenter de mettre au point une méthode plus précise d'estimation des émissions de N_2O des sols. Ce projet doit encore être approfondi car les résultats n'ont pour l'instant pas été jugé suffisamment robustes pour une intégration dans les inventaires nationaux.

A l'heure actuelle, le paramètre $FRAC_{leach}$ prend la valeur haute par défaut du GIEC 2006 (30% de l'azote lessivé) à titre conservatif. Il est prévu d'essayer d'améliorer l'estimation de ce paramètre afin qu'il reflète mieux la situation nationale.

5.6 Brûlage de résidus agricoles (3F)

5.6.1 Caractéristiques de la catégorie

Le brûlage de résidus de culture est une pratique interdite en France, sauf dans le cas de dérogations préfectorales pour des raisons agronomiques ou sanitaires. Certaines surfaces sont donc encore brûlées mais cette pratique demeure peu répandue. Les principales cultures brûlées sont le lin et le riz (pailles riches en silice qui usent le matériel et possèdent un potentiel de dégradation faible). Une part significative des émissions rapportée provient du brûlage des sarments de vigne dont l'activité est tolérée et des surfaces de canne à sucre en Outre-mer pour lesquelles le brûlage fait encore partie des pratiques agronomiques.

En 2017, le brûlage de résidus agricoles n'est pas une catégorie clé.

5.6.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

La méthodologie utilisée correspond à une méthode GIEC de rang 2 du fait d'une estimation fine des quantités de résidus (biomasse et matière sèche).

Les émissions sont calculées à partir de l'estimation des superficies brûlées par culture, des quantités de résidus présentes après récolte pour ces cultures et des quantités de matière sèche contenue dans ces résidus. La description complète de la méthode d'estimation des résidus est présentée en annexe de la section 3D sur les sols agricoles. Pour les vignes, l'estimation des quantités de sarments brûlées est basée sur le taux de restitution des sarments à la parcelle qui est fournie dans les enquêtes pratiques culturales du SSP [707]. Pour la canne à sucre, l'estimation des surfaces brûlées est basée sur des publications de l'AMADEPA [708] et du CIRAD [709].

Emissions de CO_2

Conformément aux règles de la Convention Climat, les émissions de CO_2 de la biomasse non ligneuse ne sont pas rapportées dans les inventaires nationaux car considérés inclus dans un cycle court du carbone.

Emissions de CH_4, N_2O

La méthodologie utilisée est celle des lignes directrices GIEC 2006 [656]. L'équation utilisée est l'équation 2.27, chapitre 2 [656], et peut être réécrite de la manière suivante :

$$\text{Emissions} = MS_{brulée} * FE$$

Avec :

$MS_{brulée}$: Matière sèche des résidus brûlés en kg,
FE : facteur d'émission (0,0027 kg CH_4 / kg MS brûlée et 0,00007 kg N_2O / kg MS brûlée, tableau 2.5 des lignes directrices du GIEC [656])

5.6.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 3F).

Les incertitudes associées à cette catégorie sont élevées, notamment celles associées aux facteurs d'émission (respectivement 80% et 95% pour le CH_4 et le N_2O). En effet, les émissions liées au brûlage de résidus agricoles sont fortement dépendantes des conditions d'humidité des résidus et donc très variables. Les incertitudes des facteurs d'émission sont recalculées à partir de valeur par défaut du GIEC 2006 et majorées. L'incertitude de la donnée d'activité est quant à elle estimée à 30%.

La cohérence temporelle est bien respectée, la même méthodologie est employée pour l'ensemble de la période.

5.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3. sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le temps.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRA, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

5.6.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 3F

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	91	89	97	61	60	58	64	66	64	64	65	61	63	64	57	
Nouveau	kt CO2e	91	89	97	61	60	58	64	66	64	64	65	61	63	64	57	64
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,18	
	%	0%	0%	0%	0%	0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Mise à jour des productions : à partir de 2000, la mise à jour des productions impacte le calcul des résidus de culture et les émissions associées.

Raison et justification

Amélioration de l'exactitude.

5.6.6 Améliorations envisagées

A court terme aucune amélioration significative n'est prévue sur ce poste.

5.7 Chaulage des terres (3G)

5.7.1 Caractéristiques de la catégorie

Le chaulage, c'est-à-dire l'apport au sol d'amendements basiques (roche calcaire broyée, chaux vive, scorie) est pratiqué depuis très longtemps en agriculture. Il permet de lutter contre l'acidification, phénomène qui diminue la fertilité du sol. Les apports sont de plusieurs types : calcaire broyé, dolomie, chaux vive chaux, magnésienne ou chaux éteinte. Les apports sous forme de calcaire et de dolomie entraînent des émissions de CO_2 lors de la décarbonatation des carbonates.

En 2017, le chaulage des terres n'est pas une catégorie clé.

5.7.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

La méthode appliquée est de rang GIEC 1.

Les livraisons d'amendements basiques sont fournies par l'ANPEA (Association nationale professionnelle pour les engrais et amendements) [332]. Sont considérés les amendements crus (calcaire + dolomie + Maërl), les amendements mixtes, les amendements engrais, les écumes de sucreries et les autres amendements.

Suite à la revue CCNUCC de septembre 2012, la méthodologie de comptabilisation des émissions de CO_2 liées aux écumes de sucreries a été ajustée. Les écumes de sucreries constituent un co-produit lié au procédé de raffinage du sucre utilisé en tant qu'amendement basique en agriculture. Des recherches sur ces produits ont montré que les écumes de sucreries contiennent une part importante d'eau qu'il est donc nécessaire de prendre en compte pour estimer la quantité réelle de carbonate de calcium contenue dans les écumes épandues. Après une recherche bibliographique, il a été considéré que les écumes de sucreries sont en moyenne composées de 24% de CaO ce qui correspond à 43% de $CaCO_3$ [535] (et non 100% comme cela était supposé antérieurement). Les émissions de CO_2 associées à l'épandage d'écumes de sucrerie ont donc été modifiées en conséquence. Il est également intéressant de noter que, suite à cette revue, des émissions de CO_2 ont été prises en compte au niveau des sites de production de sucre (auto-producteur de chaux). Ces émissions ne constituent pas un double-compte dans les inventaires, les émissions au niveau des sites de production et les émissions au niveau des terres agricoles constituant des émissions distinctes.

Les formats de rapportage exigent d'effectuer une séparation entre les amendements calcaires et dolomitiques. Cependant, certains amendements épandus en France sont mixtes : mélange de calcaire et de dolomie, ou mélange d'amendement cuits et crus.

Les quantités d'amendements sont réparties de la façon suivante :

Tableau 102 : Répartition des amendements carbonés

	Calcaire	Dolomie
Amendement calcaire pulvérisé, broyé ou concassé	100%	
Amendement calco-magnésien pulvérisé, broyé ou concassé	50%	50%
Maërl pulvérisé, broyé ou concassé	100%	
Amendement calcique mixte	50%	
Amendement magnésien mixte		50%
Amendements engrais	25%	25%
Carbonate de calcium issu de la production de pâte à papier	100%	
Dolomie pulvérisée, broyée ou concassée		100%
Ecumes de sucreries	100%	

Le total de l'allocation n'est pas de 100% pour les amendements engrais car ils sont constitués pour moitié d'amendements cuits. Pour les écumes de sucreries, ce sont bien les quantités de $CaCO_3$ recalculées comme expliqué précédemment qui sont rapportées dans la catégorie calcaire.

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 liées à l'épandage d'amendements carbonés sont estimées grâce au GIEC 2006 [799].

$$\Delta C_{Lime} = M_{Limestone} \times EF_{Limestone} + M_{Dolomite} \times EF_{Dolomite}$$

Avec :

ΔC_{Lime} = Emission annuelle de carbone due à l'application d'amendements carbonés, t C/an
M = Quantité d'amendements calcaires ($CaCO_3$) ou dolomitique ($CaMg(CO_3)_2$), t C/an
EF = Facteur d'émission, t C/t amendement (12% pour $CaCO_3$, 13% pour $CaMg(CO_3)_2$)

Emissions de CH_4

Aucune émission n'est attendue pour cette catégorie.

Emissions de N_2O

Aucune émission n'est attendue pour cette catégorie.

Emissions de Gaz fluorés

Aucune émission n'est attendue pour cette catégorie.

5.7.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 3G).

L'incertitude liée aux données d'activité est évaluée à 5%, sur la base de la variabilité interannuelle des livraisons. L'incertitude du facteur d'émission est égale à 1 car il correspond à la conversion des masses molaires [IPCC 2006 - Volume 4-Ch1].

Pour l'ensemble de la période, les sources statistiques utilisées sont les mêmes afin d'assurer la cohérence temporelle.

5.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3. sont appliquées.

5.7.5 Recalculs

Aucun recalcul pour ce poste.

5.7.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration sectorielle n'est prévue pour ce sous-secteur.

5.8 Epandage d'urée minérale (3H)

5.8.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette catégorie concerne les émissions de CO_2 liées l'hydrolyse de l'urée consécutive à l'épandage d'engrais sous forme uréique en agriculture. La forme uréique est contenue dans les engrais granulés de type urée et dans les engrais nommés solutions azotés qui contiennent 50% de leur azote sous forme uréique.

En 2017, les émissions liées à l'épandage d'urée minérale constituent la 42ème catégorie clé (0,3 %) en termes de niveau d'émission hors UTCATF au périmètre Kyoto (CO_2).

5.8.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

La méthodologie utilisée correspond à une méthode de rang 1 du GIEC.

Emissions de CO_2

Afin d'estimer les quantités d'urée épandues, on utilise les données de livraisons de l'UNIFA [90] d'urée (tN) et de solutions azotées (tN) moyennées sur 3 ans. On suppose une répartition 50-50 entre l'urée et l'ammonitrate au sein de la solution azotée. On convertit ensuite ces livraisons (tN) en tonnes, à l'aide des masses molaires de l'urée et de l'azote, pour pouvoir appliquer des facteurs d'émissions du GIEC. L'équation 11.13 des lignes directrices GIEC 2006 [799] est utilisée avec un facteur d'émission de 0,2 kgC-CO_2/kg [799].

$$E_{CO2} = M \times EF \times 44/12$$

Avec :

E_{CO2} : Emissions annuelles de CO_2 liées à l'épandage d'urée (t CO_2/an)
M : Masse d'urée (t/an)
EF : Facteur d'émission (tC-CO_2/t)
44/12 : Conversion des tC-CO_2 en tCO_2.

Emissions de CH_4

Aucune émission n'est attendue pour cette catégorie.

Emissions de N_2O

Les émissions de N_2O sont rapportées et décrites dans la section 3D sols agricoles.

Emissions de Gaz fluorés

Aucune émission n'est attendue pour cette catégorie.

5.8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 3H).

L'incertitude liée aux données d'activité est évaluée à 5%, sur la base de la variabilité interannuelle des livraisons. L'incertitude du facteur d'émission est égale à 1 car il correspond à la conversion des masses molaires [IPCC 2006 - Volume 4-Ch11].

Pour l'ensemble de la période, les sources statistiques utilisées sont les mêmes afin d'assurer la cohérence temporelle.

5.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3. sont appliquées.

5.8.5 Recalculs

Aucun recalcul pour ce poste.

5.8.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration sectorielle n'est prévue pour ce sous-secteur.

6 UTCATF (CRF 4)

6.1 Présentation générale du secteur

Composition du secteur UTCATF

L'UTCATF traite toutes les questions relatives au carbone, depuis la biomasse vivante jusqu'à la matière organique des sols, et quelques émissions associées (émissions du brûlage sur site non agricole, etc.). Ce secteur intègre aussi désormais une catégorie à part : les produits ligneux récoltés (produits bois), pour lesquels des flux de carbone et donc de CO_2 sont rapportés.

De son côté, le secteur Agriculture conserve les émissions des sols liées à la fertilisation et à l'élevage ainsi que les émissions de particules liées au travail du sol. Avec l'application des lignes directrices du GIEC 2006, le secteur agricole intègre aussi les émissions de CO_2 liées à la décarbonatation des amendements agricoles autrefois rapportés en UTCATF.

Ces deux secteurs excluent les émissions liées à l'utilisation énergétique aussi bien en sylviculture et en agriculture, ces dernières étant prises en compte dans la catégorie CRF 1A4c du secteur Energie.

Le secteur UTCATF a la grande particularité de pouvoir constituer des puits de carbone, et de compenser ainsi une partie des émissions de CO_2. Il se distingue également des autres secteurs de l'inventaire par le fait qu'il n'est pas centré sur des processus d'émission bien matérialisés comme des usines, des bâtiments, des véhicules, etc.[13] mais sur des unités géographiques telles que les forêts, les cultures, les prairies, les zones humides, etc. En pratique, ces unités géographiques conduisent à considérer de nombreux paramètres comme l'occupation, l'utilisation, l'historique des terres ou encore le climat.
Les substances visées sont les gaz à effet de serre direct (CO_2, CH_4, N_2O) et les polluants ayant un effet indirect (NOx, CO en particulier) car cette section est essentiellement concernée par l'impact de ces activités sur les changements climatiques. Toutefois, les émissions de COVNM biotiques sont également considérées.

Evolution du bilan net du secteur UTCATF

Le secteur UTCATF présente de fortes incertitudes et l'interprétation de son évolution interannuelle doit se faire avec prudence. En France, le bilan net du secteur UTCATF est un puits net : les absorptions (croissance de la biomasse en forêt, boisement…) compensent les émissions (mortalité et prélèvement de la biomasse en forêt, déboisement, artificialisation…).

Ce puits net a tendance augmenter depuis 1990, principalement en raison de la hausse du puits forestier. La croissance des arbres et un taux de récolte peu intensif explique une capitalisation des arbres sur pied. A cette croissance en volume s'ajoute une croissance en surface de la forêt française. Néanmoins, cette hausse générale du puits est à nuancer par deux éléments :

- les tempêtes de 1999 et de 2009, qui expliquent des baisses ponctuelles du puits (forte mortalité en forêt) ;
- une stagnation voire une diminution du puits dans les années récentes, dues à une hausse du prélèvement de bois (principalement de bois énergie) alors que la croissance nette en forêt (croissance et mortalité) stagnent.

[13] Il est à noter que ce mode de comptabilisation date du guide des bonnes pratiques UTCF 2003, il existait un autre mode de comptabilisation auparavant qui s'appuyait sur des processus (gestion forestière, conversion des terres, abandon de terres cultivées, etc.).

Figure 109 : Bilan net total de l'UTCATF en métropole, ktCO2e

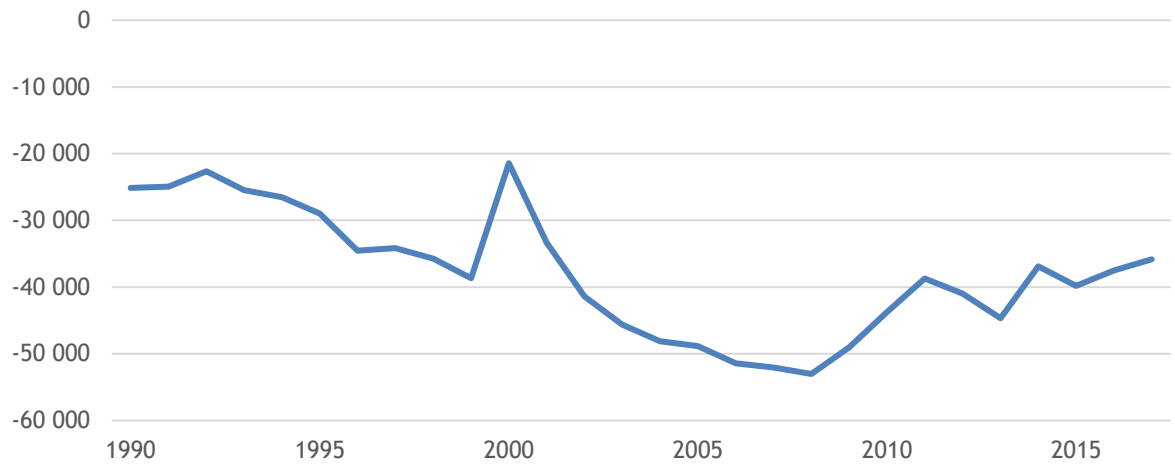


Tableau 103 : Catégories du secteur UTCATF estimées (O = Oui / N = Non) dans l'inventaire français

		Forêt	Cultures	Prairies	Zones humides	Artificiel	autres terres	Produits ligneux récoltés	Autres
		4A	4B	4C	4D	4E	4F	4G	4H
()	Variation des stocks de différents réservoirs de carbone	O	O	O	O	O	N		
(I)	Emissions directes de N_2O liées à la fertilisation	N	O*	O*	N	N	N		
(II)	Emissions de CH_4 et N_2O liées au drainage ou à la remise en eau	N	O	O	N	N	N		
(III)	Emissions de N_2O liées à la minéralisation des sols	O	O**	O**	N	O	N		
(IV)	Emissions indirectes de N_2O	O	O**	O**	N	N	N		
(V)	Emissions de CO_2, CH_4 et N_2O liées au brûlage sur site	O	O**	O**	O	O	N		
	Produits ligneux récoltés							O	
	Autres								O

O* : Emissions intégralement rapportées dans le secteur agriculture

O** : Emissions partiellement rapportées dans le secteur agriculture

Pour un maximum de clarté, ce document méthodologique présente une section commune détaillée sur la représentation des terres, les réservoirs de carbone et les méthodes communes à l'ensemble des terres. Les méthodes spécifiques aux types de terres sont présentées dans les autres parties à la suite.

Sections spécifiques basées sur les catégories CRF :

- Forêts (section 4A),
- Terres cultivées (section 4B),
- Prairies (section 4C),
- Terres humides (section 4D),
- Zones urbanisées (section 4E),
- Autres terres (section 4F),
- Produits ligneux récoltés (section 4G),
- Autres (section 4H).

6.2 Définitions des types de terres

6.2.1 Forêts

Définitions

Définition de « Forêt »

En application des accords de Marrakech de 2001 [189], la France retient, pour sa définition de la forêt, les valeurs minimales suivantes :

	Couverture du sol par les houppiers d'essences ligneuses	Superficie	Hauteur des arbres à maturité	Largeur
Seuil	10 %	0,5 ha	5 m	20 m

Formations incluses et exclues de la définition de « Forêt »

Une forêt peut être constituée soit de formations denses dont les divers étages arborés couvrent une forte proportion du sol, soit de formations claires. Les jeunes peuplements naturels et toutes les plantations composées d'essences ligneuses susceptibles d'atteindre 5 mètres de hauteur à maturité mais dont le houppier ne couvre pas encore 10% de la superficie sont classées dans la catégorie « Forêt », de même que les zones faisant normalement partie des terres forestières, temporairement déboisées par suite d´une intervention humaine ou de phénomènes naturels, mais qui devraient redevenir des forêts dans la limite de 5 ans suivant le déboisement.

Le terme « forêt » inclut les routes qui traversent les forêts, les pare-feux et les autres ouvertures de faible superficie, dont la largeur est inférieure à 20 m. Les haies brise-vent, les rideaux-abris arborés et les couloirs d'arbres ayant une superficie supérieure à 0,5 ha et une largeur de plus de 20 m sont également inclus dans la définition de forêt.
En revanche, les peuplements d'arbres respectant les seuils définis mais dont l'affectation est majoritairement non-forestière (vergers, parcs urbains, jardins etc.) sont exclus de la catégorie « Forêt ».

Cette définition de la forêt est conforme à celle communiquée antérieurement à l'Organisation de l'ONU pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), dans le cadre notamment des enquêtes FRA 205, FRA 2010, FRA 2015.

Définitions de « Gestion forestière » et « Forêt gérée »

Pour la France, une forêt est **gérée** au sens de la CCNUCC lorsqu'elle fait l'objet d'opérations de gestion forestière visant à administrer ses fonctions écologiques, économiques et sociales. Le terme « opération de gestion forestière » recouvre les actions de coupes ou de travaux forestiers mais également les actions de planification forestière, d'accueil du public en forêt ou de protection des écosystèmes forestiers.

Seules les forêts exclusivement soumises aux processus naturels, en raison notamment d'une accessibilité limitée, sont considérées comme **non gérées**, elles sont estimées à partir des surfaces des « autres forêts » définies par l'IGN qui représentent environ 5% des forêts métropolitaines et sont considérées stables dans le temps

Définitions de « forêts restant forêts » et « terres devenant forêts »

La catégorie des forêts restant forêts correspond à l'ensemble des terres en forêt depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des terres devenant forêts correspond à l'ensemble des terres en forêt depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.2.2 Cultures

Définition de « terres cultivées »

La catégorie des « terres cultivées » comprend les terres cultivées et labourées ainsi que les parcelles en agroforesterie pour lesquelles la définition de forêt ne s'applique pas.

Cette catégorie comprend :

- Les cultures annuelles (céréales, racines et tubercules, cultures industrielles, légumes secs, légumes frais, fleurs),
- Les prairies temporaires (une prairie est dite temporaire lorsque le semis date d'au maximum 5 ans lors de l'enquête ce qui représente un maximum de 6 récoltes),

Les cultures permanentes qui restent en place pendant plus d'une campagne agricole (arbres fruitiers, baies, vignes, oliviers, pépinières, etc.)

Définition de « terres cultivées restant terres cultivées» et « terres devenant terres cultivées »

La catégorie des terres cultivées restant terres cultivées correspond à l'ensemble des terres en cultures depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des terres devenant terres cultivées correspond à l'ensemble des terres en cultures depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.2.3 Prairies

Définition de « Prairie »

Superficies toujours en herbe, il s'agit des zones couvertes d'herbe d'origine naturelle ou qui ont été semées il y a plus de 5 ans (contrairement aux prairies temporaires comptées en terres cultivées). La catégorie prairie inclut également les surfaces arborées ou recouvertes d'arbustes qui ne sont correspondent pas à la définition de la forêt et ne rentrent pas dans les catégories culture ou zone artificialisée comme la plupart des haies et des bosquets (surface boisée < 0,5 ha).

Définition de « prairies restant prairies » et « terres devenant prairies »

La catégorie des prairies restant prairies correspond à l'ensemble des terres en usage prairie au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des terres devenant prairies correspond à l'ensemble des terres en prairie depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.2.4 Zones humides

Définition de « terres humides »

Il s'agit des terres recouvertes ou saturées d'eau pendant tout ou une partie de l'année et qui n'entrent pas dans l'une des autres catégories (hormis la catégorie "Autres terres"). Cette catégorie inclut les retenues d'eau, les rivières et les lacs.

Définition de « terres humides restant terres humides » et « terres devenant terres humides »

La catégorie des « terres humides restant terres humides » correspond à l'ensemble des terres en usage « terres humides » au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des « terres devenant terres humides » correspond à l'ensemble des terres en usage « terres humides » au sens du GIEC depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.2.5 Zones urbaines

Définition de « zone urbanisée »

Terres bâties incluant les infrastructures de transport et les zones habitées de toutes tailles, sauf si celles-ci sont comptabilisées dans une autre catégorie. Cette catégorie peut donc inclure des terres enherbées ou boisées si leur utilisation principale n'est ni agricole ni forestière, c'est le cas des jardins, des parcs ou des terrains de sport.

Définition des « zones urbanisées restant zones urbanisées » et « terres devenant zones urbanisées »

La catégorie des « zones urbanisées » restant « zones urbanisées » correspond à l'ensemble des terres en usage « zones urbanisées » au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des « terres devenant zones urbanisées » correspond à l'ensemble des terres en usage « zones urbanisées » au sens du GIEC depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.2.6 Autres terres

Définition des Autres terres

Terres pour lesquelles aucune des catégories précédentes ne convient : sol nu, roche, glacier, et autres terres non gérées non comptabilisées ailleurs.

Définition de « autre terres restant autres terres » et « terres devenant autres terres »

La catégorie des « autres terres » restant « autres terres » correspond à l'ensemble des terres en usage « autres terres » au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.2.7 Produits bois

Définition du guide GIEC 2006 [710] : « Les PLR incluent tous les matériaux ligneux (y compris l'écorce) extraits des sites de récoltes. Les rémanents et autres matériaux laissés sur le site des récoltes doivent être considérés comme de la matière organique morte et non pas des PLR »

Définition de la décision UE n° 529/2013 du 21/05/13 : « produit ligneux récolté », tout produit issu de la récolte du bois, qui a quitté un site où le bois est récolté.

6.2.8 Autres

Cette section traite spécifiquement des émissions du barrage de Petit-Saut, seul barrage pris en compte dans l'inventaire français du fait de ses spécificités :

- Une surface importante de 30 000 ha,
- Un climat tropical,
- Une mise en eau sans déforestation préalable.

6.3 Description des méthodes et données utilisées

6.3.1 Méthodes génériques

Suivi des terres

Suivi des terres en France

Approche

La méthodologie de suivi des terres mise en œuvre en France, présentée dans la suite du document, correspond à une **approche 2** du GIEC (utilisation de matrices de changement d'utilisation des terres établies sur la base d'un échantillon statistique extrapolé à l'ensemble du territoire). Elle couvre de manière exhaustive le territoire et permet de suivre l'évolution des terres par échantillonnage statistique, mais ne permet pas une représentation géographique fine des changements d'utilisation des terres.

Pour l'inventaire français, le suivi du territoire est réalisé au niveau régional (22 anciennes régions administratives métropolitaines et 5 territoires d'Outre-Mer). Des matrices annuelles de changement d'utilisation des terres sont réalisées pour chacune de ces 27 régions, et à compter de l'année 1970 (afin de réaliser des matrices de changement sur 20 ans dès l'année 1990) jusqu'à l'année d'inventaire.

Contexte : lignes directrices du Giec

Dans le cadre de la CCNUCC, le guide UTCATF du GIEC [672] propose 3 approches de précision et de difficulté croissantes pour évaluer les changements d'utilisation des terres :

- Approche 1 : représentation basique des terres sans suivi de l'évolution de chaque catégorie de terre,
- Approche 2 : utilisation de matrices de changement d'utilisation des terres établies sur la base d'un échantillon statistique extrapolé à l'ensemble du territoire
- Approche 3 : utilisation de matrices de changement d'utilisation des terres avec une couverture exhaustive et la possibilité de représenter spatialement une carte des changements d'utilisation des terres. L'approche 3 est le plus souvent issue de travaux à partir d'images satellites mais peut aussi en théorie être mise en œuvre à partir d'un échantillonnage statistique.

Sources de données utilisées selon le territoire couvert

Selon la région considérée, ces matrices n'ont pas les mêmes sources d'information.

Tableau 104 : Sources d'information utilisée pour le suivi des terres en fonction de la région

Périmètre	Région	Données
Métropole	22 régions*	Enquêtes TERUTI [197]
Outre-Mer (Kyoto)	Guyane	ONF-IGN [327, 382, 673]
	Guadeloupe	ONF-IGN [383]
	Martinique	ONF-IGN [384]
	Réunion	ONF-IGN [385]
	Mayotte	RGA [389], SDGAGE [390], FRA [391]
Autres territoires d'Outre-Mer		Voir section 1.1.4

(*Alsace, Aquitaine, Auvergne, Basse-Normandie, Bourgogne, Bretagne, Centre, Champagne-Ardenne, Corse, Haute-Normandie, Franche-Comté, Île-de-France, Languedoc-Roussillon, Limousin, Lorraine, Midi-Pyrénées, Nord-Pas-de-Calais, Pays de la Loire, Picardie, Poitou-Charentes, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes).

Suivi des terres en France métropolitaine

En France métropolitaine, le calcul des émissions/absorptions du secteur UTCATF fait intervenir des matrices d'occupation des terres basées sur une enquêtes nationale, présentée ci-dessous.

Données

L'enquête de suivi de l'utilisation des terres par visite de points d'échantillonnage « TerUti » [197] est utilisée pour estimer les changements d'utilisation des terres en métropole entre 1982 et l'année la plus récente disponible. Les données sont découpées en plusieurs séries, présentant certaines ruptures méthodologiques.

Méthode de construction des données TerUti

Le service statistique du ministère de l'agriculture (SSP) réalise annuellement une enquête, dite « TERUTI » sur l'occupation physique et l'utilisation fonctionnelle du territoire, à l'échelle de la France métropolitaine [197]. Cette enquête est utilisée pour établir les matrices de changements d'utilisation des terres requises pour le calcul des émissions et absorptions du secteur UTCATF. Les résultats de cette enquête sont fournis chaque année au Citepa par le SSP. Trois séries statistiques TERUTI distinctes sont disponibles au cours du temps, elles comportent des différences de nomenclature mais diffèrent principalement du fait du changement de l'échantillon observé.

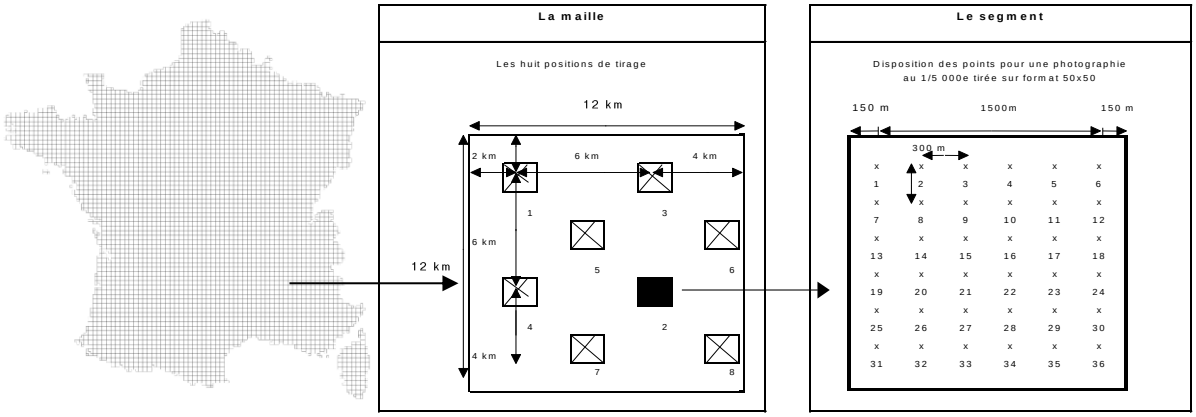
Série TERUTI (1982-1989)

Série TERUTI (1992-2004)

Série TERUTI-LUCAS (2005 - … en cours)

Les enquêtes TERUTI suivent une méthode statistique annuelle basée sur la détermination de points d'échantillonnage répartis sur tout le territoire. Selon un protocole établi, chacun des points de l'échantillon choisi est visité sur le terrain par un enquêteur qui détermine, par observation, la nature de l'occupation du sol. Il détermine également son utilisation fonctionnelle (traduisant le rôle socio-économique du territoire observé), ce qui est très utile pour les inventaires UTCATF qui sont plus focalisés sur l'utilisation des terres que sur leur occupation proprement dite. L'observation répétée tous les ans des mêmes points permet d'appréhender l'évolution du territoire [197].
Jusqu'en 2004, cet échantillonnage est réalisé à partir de 15 600 photographies aériennes environ couvrant la France métropolitaine suivant un réseau composé de 4 700 mailles de 12 x 12 km de côté, composées chacune de 8 segments. Ces photographies servent à la détermination de 555 900 points de sondage. En 2004, ce nombre est descendu à 155 000 pour des raisons budgétaires

Figure 110 : Représentation schématique de l'échantillonnage TERUTI



Ramené à la surface nationale, un point de l'enquête correspond à 50 ha pour Paris, sa couronne et le territoire de Belfort et à 100 ha pour le reste de la métropole (en 2004, la valeur du point est passée à 360 ha).

Depuis 2005 et TERUTI-LUCAS, le principe utilisé reste similaire mais l'échantillonnage est géo référencé et mieux harmonisé avec les autres pays européens. En France, les points d'échantillonnage de TERUTI-LUCAS représentent de manière approximative 94 ha pour Paris, sa couronne et le territoire de Belfort et 178 ha pour les autres départements métropolitains (sauf en 2005 où le nombre de points enquêtés a été réduit de moitié).

En 2011, aucune donnée TERUTI-LUCAS n'a été produite en raison du recensement agricole qui s'est déroulé la même année et depuis 2012, des modifications importantes ont été apportées à l'enquête. En effet, dans l'optique de limiter le travail des enquêteurs de terrain, les données du Registre parcellaire graphique (RPG) qui sont des données déclaratives des agriculteurs ont été exploitées. Ces données concernent des îlots agricoles, elles se sont substituées depuis 2012 aux données issues des enquêtes de terrain pour les points inclus dans des îlots déclarés au RPG. Cette modification entraine des traitements spécifiques de la part du SSP en charge de l'enquête pour conserver une information cohérente sur la série commencée en 2005.

Tableau 105 : Source ou méthode utilisée pour le suivi des terres en Métropole en fonction de la période

Période	Source	Commentaire
1970-1982		Les taux de changements observés entre 1982 et 1989 ont été extrapolés à la période 1970-1982.
1982-1989	Série TERUTI (1982-1989)	L'année 1981 est également couverte par l'enquête mais présente des résultats incohérents avec le reste de la série, cette année de suivi a été supprimée de l'analyse.
1989-1992		Les taux de changements de la période 1989-1992 sont estimés par interpolation linéaire à partir des changements observés en 1989 et en 1993.
1992-2004	Série TERUTI (1992-2004)	Série de 12 années consécutives soit la série cohérente la plus longue dans les enquêtes TERUTI.
2004-2006		Les taux de changements de la période 2004-2006 sont estimés par interpolation linéaire à partir des changements observés en 2004 et en 2007.
2006-2010	Série TERUTI-LUCAS 1	La série TERUTI-LUCAS est basée sur des points d'enquêtes différents de ceux de l'enquête précédente.
2010-2011		Année non enquêtée. Les changements sont déduits des résultats obtenus l'année suivante.
2011-2015	Série TERUTI-LUCAS 2	Cette série est dans la continuité de la série TERUTI-LUCAS 1 sauf pour les points inclus dans des îlots de déclaration du registre parcellaire graphique (RPG) qui sert de source de remplacement.
2015-2017		Années non disponibles actuellement

Traitements

Plusieurs traitements sont effectués afin d'obtenir des matrices de changement d'utilisation des terres homogènes, entre des catégories d'utilisation des terres compatibles avec les catégories du Giec, et couvrant toute la période (1970 à l'année inventoriée).

Mise en correspondance de la nomenclature

D'abord, les catégories de TerUti sont converties dans le système de catégories finales. Les 6 catégories requises par le GIEC pour le calcul des émissions (forêts, terres cultivées, prairies, zones humides, zones urbanisées et autres terres) sont découpées selon une nomenclature plus fine, en 16 catégories, afin de préciser le calcul des flux de gaz à effet de serre (notamment pour le suivi de la biomasse) et de mieux comprendre l'évolution des différents types de terre.

A noter que du fait des définitions retenues pour la forêt au sens de la CCNUCC, les dénominations de terres "GIEC" peuvent recouvrir des ensembles plus larges que le sens commun (ou suivant TERUTI). Par exemple, les espaces boisés n'atteignant pas les critères minimums de définition d'une forêt (avec un taux de couvert de 10% par exemple) sont classées dans la catégorie des prairies.

L'intégralité des correspondances utilisées est fournie en annexe (cf Annexe sur les correspondances TERUTI-inventaire).

Tableau 106 : Extrait de la correspondance entre les codes TERUTI et les sous-catégories du CITEPA

			Catégorie d'utilisation TerUti										
			Productions végétales	Jachère	Elevage	Activités agricoles …	Sylviculture …	Pisciculture	Mines, carrières	Production d'énergie	Produits alimentaires…	Produits textiles,…	Etc.
			111	112	113	114	120	130	140	210	221	222	
Catégorie d'occipation TerUti	Forêt secondaire, feuillus ouverte	3114	Forêt de feuillus										
	Peupleraie en plein (+ de 0,5 Ha)	3115	Forêt de peupliers										
	Forêt de résineux fermée y c. sapin noël	3121	Forêt de résineux										
	Forêt résineux ouverte y c. sapin noël	3122											
	Forêt mixte fermée (>40%)	3131	Forêt mixte										
	Forêt mixte ouverte (10 à 40%)	3132											
	Bosquet de feuillus hors peupliers	3211	Prairie arborée						Terres urbanisées Avec arbres				
	Peupleraie en plein (- de 0,5 Ha)	3212											
	Bosquet de résineux	3220											
	Bosquet mixte	3230											
	Haie arbustive, feuillus y. c. peuplier	3311	Prairie arbustive										
	Etc.												

Tableau 107 : Les 16 sous-catégories d'utilisation des terres

Code niveau 1	Catégorie Giec	Sous-catégorie Citepa	Code niveau 2
100	Forêts	Feuillus	111
		Conifères	112
		Mixte	113
		Peuplier	114
200	Prairies	Prairie en herbe	212
		bosquet	213
		Haies	214
		Végétation arbustive	215
300	Cultures	Cultures	312
		Vergers	313
		Vignes	314
400	Zones humides	Zones humides	400
500	Zones artificielles	Artificiel nu, bâti	511
		Artificiel en herbe	512
		Artificiel arboré	513
600	Autres terres	Autres terres	600

Retraitement et homogénéisation des séries

Il n'est pas possible d'utiliser directement les données brutes pour générer des matrices annuelles de changements d'utilisation des terres. En effet, les séries TerUti présentent des différences de nomenclature et d'échantillonnage. Plusieurs traitements de données sont mis en place pour concilier les séries de données, conserver des superficies cohérentes au cours du temps et estimer les surfaces de changements avec le maximum de précision.

Justification des retraitements des séries TerUti

Les difficultés majeures qui apparaissent lors de la réalisation de matrices sont :

- Les **discontinuités** des superficies de chaque catégorie de terre entre les séries statistiques. Pour diminuer cet impact, les correspondances entre les nomenclatures TERUTI et la classification avec 16 catégories ont été adaptées et certaines terres reclassées. La principale discontinuité corrigée concerne une partie des prairies temporaires qui apparaissaient dans un code prairie dans la série TERUTI 1982-1989. Les surfaces en question ont été corrigées pour apparaître de manière correcte en cultures.
- Les **effets d'oscillation**. Les terres peuvent changer régulièrement d'utilisation et apparaître comme des changements d'utilisation alors qu'il s'agit en vérité de rotations. L'exemple type concerne les changements entre cultures et prairies. Il n'est pas évident de différencier les prairies temporaires classées en culture des prairies permanentes classées en prairie. Pour diminuer cet impact les surfaces de changement estimées annuellement sont calées et ajustées sur les périodes de suivi les plus longues disponibles.
- Les **effets de récolte**. L'une des principales difficultés observées concerne les surfaces forestières qui ont subi une coupe rase, car il est difficile de déterminer s'il s'agit d'un défrichement (changement d'utilisation) ou de gestion forestière (terre qui reste en forêt). C'est notamment dans ces cas que l'information sur l'utilisation de la terre, disponible dans la base TERUTI, est très utile, la seule information sur l'occupation de la terre ne suffisant pas. Ainsi les terres forestières qui perdent leur couverture forestière mais qui demeurent en utilisation sylvicole ou sans usage sont reclassées en forêt et n'apparaissent logiquement pas dans les défrichements.
- Les **effets de seuil**. Beaucoup de terres sont à la limite de deux classes, c'est par exemple le cas des petites surfaces boisées qui peuvent être déclarées comme forêt une année (>0,5 ha) puis comme prairie l'année suivante (<0,5 ha) sans subir de changement réel. Elles peuvent donc apparaître successivement dans les deux catégories et être comptabilisées comme des changements d'utilisation. C'est pour diminuer l'impact de ces effets de seuil, que les catégories GIEC ont été subdivisées en 17 catégories en prenant en compte les quantités de biomasse

Elaboration des matrices complètes à partir de l'année de référence 2007

Les données TerUti retraitées permettent d'élaborer des matrices 1 an et 20 ans, depuis 1970 jusqu'à l'année d'inventaire.

Règles du Giec : matrices »

Deux types de matrices de changements sont nécessaires pour le calcul des émissions/absorptions du secteur UTCATF :

- des **matrices annuelles** de changements pour évaluer les variations de surfaces mettant en jeu des phénomènes à cinétique rapide (déforestation),
- des **matrices couvrant une période de 20 ans** pour les phénomènes dont la cinétique est plus lente (par ex : constitution des stocks de carbone du sol, des
- des **matrices couvrant une période de 20 ans** pour les phénomènes dont la cinétique est plus lente (par ex : constitution des stocks de carbone du sol, des litières). Cette période de 20 ans correspond à la valeur par défaut du GIEC. Bien qu'elle ne soit pas idéalement adaptée aux cinétiques en milieu tempéré pour lesquelles la période serait plus proche de 50 ans, d'évidentes limites sur la disponibilité des données conduisent à retenir cette valeur.

Les années de 1970 à 1982 sont reportées ou interpolées sur la base des années les plus proches de manière avoir une série complète depuis 1970 jusqu'à l'année d'inventaire.

Les matrices 20 ans nécessaires au calcul des émissions/absorptions du secteur UTCATF peuvent être élaborées en appliquant de manière itérative les taux annuels de changement d'utilisation à une année de référence (l'année 2007 a été choisie). Les matrices complètes de changement d'utilisation des terres sont ainsi conçues à partir des surfaces de l'année 2007 grâce aux équations suivantes illustrées par le schéma ci-après.

Équation 1 (UTCATF)

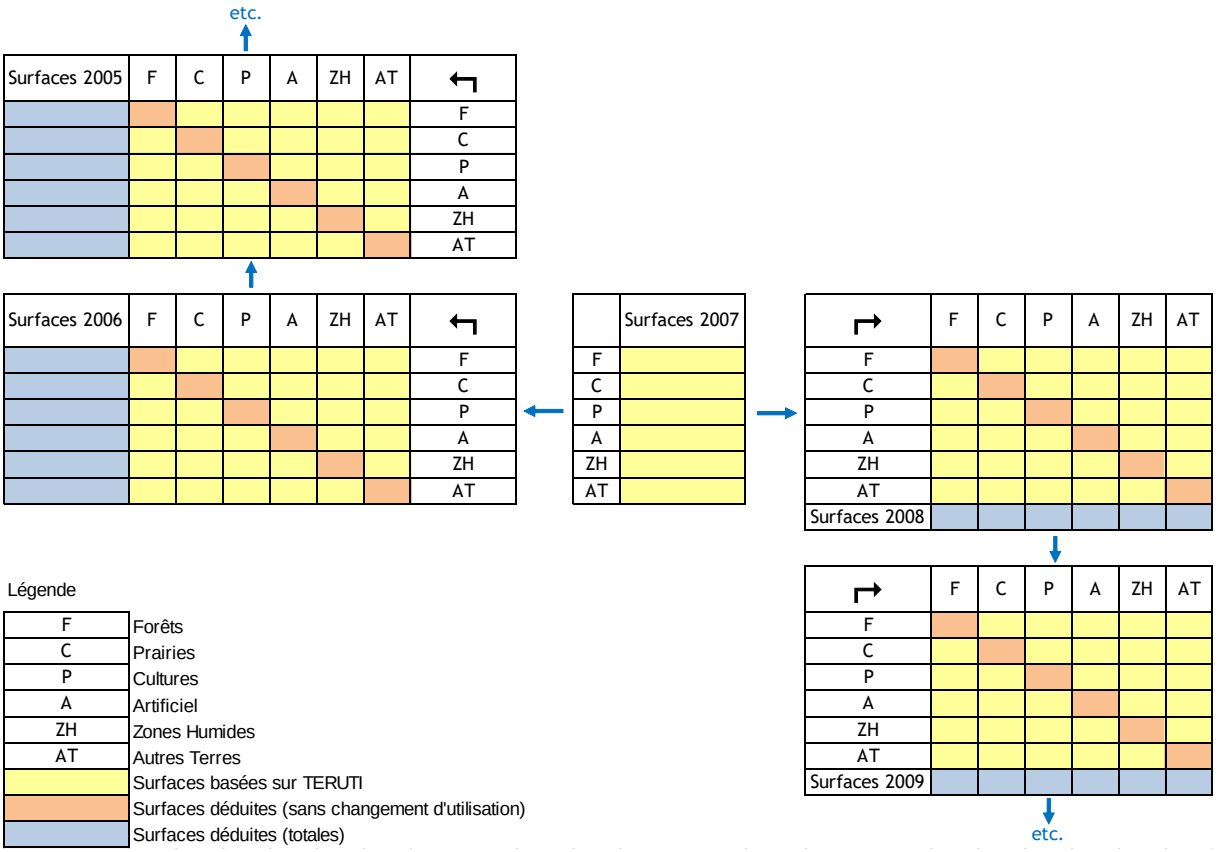
Avant 2007 : $A_{i,a} = A_{i,a+1} - \Sigma_j [A_Gains_{i,j,a}] + \Sigma_j [A_Pertes_{i,j,a}]$

Après 2007 : $A_{i,a} = A_{i,a-1} + \Sigma_j [A_Gains_{i,j,a}] - \Sigma_j [A_Pertes_{i,j,a}]$

Avec :

$A_{i,a}$	=	Surfaces pour l'occupation i, à la fin de l'année a
$A_{i,a-1}$	=	Surfaces pour l'occupation i, à la fin de l'année a-1
$A_{i,a+1}$	=	Surfaces pour l'occupation i, à la fin de l'année a+1
$A_Gains_{i,j,a}$	=	Surfaces gagnée par l'occupation i, au dépend de l'occupation j, durant l'année a
$A_Pertes_{i,j,a}$	=	Surfaces perdues par l'occupation i, au profit de l'occupation j, durant l'année a

Tableau 108 : Illustration du protocole d'estimation des surfaces à partir des surfaces de l'année 2007



Les matrices annuelles d'occupation des terres pour la France au périmètre Kyoto sont disponibles de 1990 à la dernière année dans les tables CRF (table 4.1) fournies à la CCNUCC.

Suivi des terres en Outre-mer (inclus dans l'UE et le Protocole de Kyoto)

En Outre-mer, les systèmes de collecte de données diffèrent de la métropole : des travaux spécifiques sont donc réalisés pour chacun des territoires couverts. Le suivi des territoires d'Outre-mer périmètre Kyoto est réalisé à partir de travaux de télédétection.

Données

Guyane

Des travaux spécifiquement menés pour les besoins de l'inventaire [327, 382, 673] sont utilisés comme données sources. Ils permettent de quantifier les changements d'utilisation des terres entre 1989 et 2008, en particulier les défrichements liés aux abattis (culture itinérante sur brûlis) et à l'orpaillage. Ces travaux se basent sur la classification de points d'échantillonnage par interprétation visuelle d'images satellitaires datées de 1989, 2008 et 2012, avec une stratification conforme aux recommandations du Giec. La nomenclature du Giec, en 6 catégories, est utilisée.

Méthode de construction des données d'occupation du sol de la Guyane

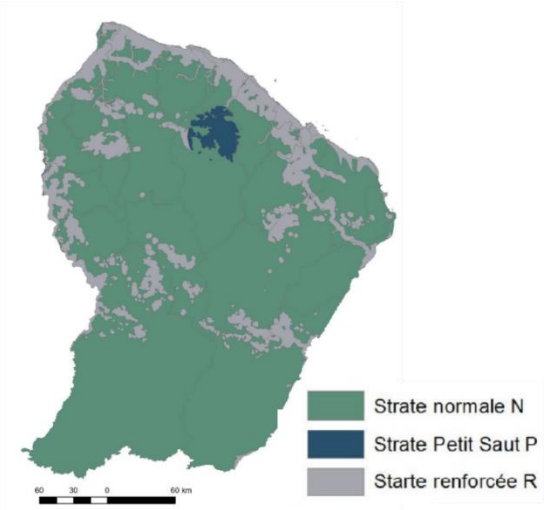
Ces études sont basées sur la photo-interprétation d'images LANDSAT et SPOT qui ont donc préalablement été acquises puis traitées (spatio-triangulation, orthorectification, dénuagement, mosaïquage). En raison de la petite taille des surfaces à observer (entre 0,5 et 1,5 ha) au vu de la surface forestière guyanaise et de la définition des images satellites, une **stratification** a également été réalisée. Trois strates ont ainsi été créées [673] :

- Une strate dite « renforcée » (R) qui réunit l'ensemble des zones où la pression anthropique est forte et où la probabilité d'une modification de l'occupation du sol est la plus élevée. Les mangroves sont incluses dans cette strate qui possède un taux de sondage élevé.
- Une strate dite « normale » (N) dans laquelle les changements d'occupation du sol sont très rares, voire absents. Cette strate possède un taux de sondage faible mais néanmoins suffisant pour détecter avec plus de neuf chances sur dix des changements de surface supérieurs à 10 000 hectares.
- Une strate P dite « de Petit Saut » afin de traiter le cas particulier du barrage de Petit Saut. Ce barrage a été mis en eau en 1995, ce qui a eu pour conséquence une surface déboisée exceptionnelle. Ainsi, afin d'individualiser les changements d'affectation des terres consécutifs à cette mise en eau, une strate spécifique a été constituée, avec un taux de sondage équivalent à celui de la strate renforcée.

Le schéma d'échantillonnage mis en place est ainsi conforme aux recommandations du GIEC sur trois points : i. échantillonnage systématique ; ii. placettes d'observation permanentes (le même échantillon est observé et interprété en 1990, 2006 et 2008) ; iii. stratification de l'échantillonnage à l'aide de données auxiliaires.

Le suivi d'occupation des sols et de changement d'occupation des sols est réalisé par interprétation visuelle (photo-interprétation) des images satellitaires de 1989, 2008 et 2012 (soit 16 786 points interprétés). Ainsi, pour chaque point du plan d'échantillonnage, une classe d'occupation du sol parmi les 6 classes définies par le GIEC, est attribuée, pour chacune des années (1990 en utilisant l'imagerie Landsat et 2006 et 2008 en utilisant les données SPOT). La surface prise en compte pour l'appréciation de l'utilisation du sol autour d'un point est une placette circulaire de 0.5 ha centrée autour du point échantillon.

Figure 111 : Représentation des 3 strates d'échantillonnage pour le suivi des terres en Guyane français



En complément des classes d'occupation des terres classiques définies par les lignes directrices les cas suivants particuliers à la Guyane ont été pris en compte : **i.** la mangrove a été incluse dans la catégorie « Forêt » puisqu'elle en a les caractéristiques (taux de couvert et dimension des arbres la constituant) ; **ii.** les zones d'orpaillage, ont été affectées à la classe « Infrastructure » qui inclut toutes les terres affectées par des aménagements humains quelles que soient leurs dimensions ; **iii.** la ligne de côte de la Guyane est soumise à des fluctuations temporaires très importantes de plusieurs centaines de mètres du fait des dépôts de sédiments et des phénomènes d'érosion. Aussi, une partie du territoire peut passer, dans le temps, des terres émergées à la mer et inversement. Afin de comptabiliser une surface constante du territoire entre 1989 et 2008, l'inventaire a porté sur les limites administratives de la Guyane selon la BD CARTO © IGN. Il en résulte que certains points de l'échantillon ont pu se situer dans la mer à une des deux dates. Les points tombant en mer ont été affectés à la catégorie d'utilisation du sol « Autre terres ».

Tableau 109 : Représentativité d'un point d'enquête dans chaque strate [673]

	Strate		
	N	P	R
Surface (ha)	6 794 498	125 109	1 486 820
Dimension de la maille (m)	8 388 x 4 194	932 x 932	932 x 932
Effectif échantillon	1 926	1 443	17 130
Surface d'extension réelle d'un point	3 527,8	86,7	86,7

Guadeloupe, Martinique et La Réunion
Pour la Guadeloupe [383] et la Réunion [385], des images issues du satellite SPOT, sont utilisées pour déterminer visuellement l'occupation du sol en 1990 sur l'emplacement des points d'échantillonnage de l'enquête TerUti-LUCAS, disponible à partir de 2005. Pour la Martinique, le fort ennuagement des images disponibles en 1990 rendaient la photo-interprétation impossible. A la place, les images issues de la mission de Prises de Vue Aérienne (PVA) de 1988, (date disponible la plus proche), ont été interprétées visuellement. La nomenclature du Giec est utilisée, en incluant la mangrove dans la catégorie Forêt car elle en a les caractéristiques (taux de couvert et dimension des arbres).

L'occupation de l'année 2008 est déterminée directement à partir des résultats de l'enquête TerUti-Lucas, en réaffectant les catégories de la nomenclature initiale vers les six catégories Giec, en cohérence avec la table de correspondances utilisée pour la Métropole.

Mayotte
Il n'existe pas de travaux de suivi d'occupation des terres par télédétection et photo interprétation à Mayotte. Les matrices d'occupation des terres de Mayotte ont donc été construites en combinant plusieurs sources d'information [789, 790 et 791].

Traitements

Les données décrites ci-dessus fournissent des résultats sous forme de matrices de changement, pour les 6 catégories d'utilisation du Giec. Les traitements consistent à générer des matrices sur l'ensemble de la période couverte par les inventaires (1970 à l'année d'inventaire). Entre deux dates d'observation, les changements sont supposés constants et sont donc annualisés en divisant les surfaces de changement par le nombre d'années de la période.

Guyane
En Guyane, les changements d'utilisation entre 1987 et 1989 ont extrapolés en appliquant les taux de changement observés entre 1989 et 2008. Les changements d'utilisation entre 1970 et 1987 ont été négligés. Après 2012, les changements d'utilisation des terres ont également été estimés en reportant les taux de changements observés entre 2008 et 2012.

Guadeloupe, Martinique et La Réunion
Pour la Guadeloupe [383], Martinique [384] et la Réunion [385], les matrices sont basées sur une étude par télédétection et photo interprétation [383] suivant le modèle de ce qui a été fait sur la Guyane permettant de déterminer les changements d'utilisation des terres entre 1989 et 2008 (période de 19 ans). Pour ces trois territoires, une seule période de suivi est disponible (1989 - 2008), les taux de changements annuels moyens de cette période sont appliqués à la série temporelle complète depuis 1970.

Mayotte
Plusieurs sources d'information [789, 790 et 791] permettent de reconstituer l'évolution des surfaces depuis 1970. Le taux de changements estimés ne sont donc pas constants au court du temps, La matrice 20 ans 1989-2009 est présentée ci-après à titre d'exemple.

Résultats

Les travaux de photo-interprétation en Outre-Mer ont mené aux résultats présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 110 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha)

	↱	2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	7 989 172	25 073	28 311	3 823	37 650	10 651	8 094 679
	Artificiel	910	16 009	637	273	0	0	17 829
	Culture	3 004	273	18 844	364	0	0	22 485
	Prairie	182	182	91	5 735	91	0	6 281
	Zone humide	4 734	546	1 365	273	234 082	3 368	244 369
	Autre	8 830	0	0	0	91	11 864	20 785
TOTAL 2008		8 006 832	42 083	49 248	10 469	271 914	25 882	8 406 427

Tableau 111 : Matrice 2008-2012 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha)

	↱	2012						TOTAL 2008
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
2008	Forêt	7 992 006	4 630	6 918	1 092	1 001	1 183	8 006 832
	Artificiel	1 634	40 084	91	273	0	0	42 083
	Culture	1 912	91	45 425	1 548	0	273	49 248
	Prairie	182	91	273	9 922	0	0	10 469
	Zone humide	2 458	273	91	182	268 728	182	271 914
	Autre	3 186	0	0	182	0	22 514	25 882
TOTAL 2012		8 001 378	45 169	52 798	13 200	269 729	24 153	8 406 427

Tableau 112 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guadeloupe (ha)

	↱	2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	61 453	2 007	2 389	5 161	430	48	71 488
	Artificiel	0	14 001	573	239	0	143	14 956
	Culture	96	1 673	22 412	7 025	48	0	31 254
	Prairie	48	3 536	3 966	41 621	96	191	49 458
	Zone humide	287	0	96	239	1 625	0	2 247
	Autre	0	0	48	48	96	908	1 100
TOTAL 2008		61 884	21 217	29 484	54 333	2 295	1 290	170 503

Tableau 113 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Martinique (ha)

	↱	2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	33 608	1 145	1 461	10 466	79	592	47 351
	Artificiel	79	10 782	0	237	0	158	11 256
	Culture	79	474	9 636	2 291	39	0	12 519
	Prairie	1 619	4 621	5 687	22 629	158	869	35 583
	Zone humide	553	79	39	79	711	0	1 461
	Autre	0	39	0	0	39	750	828
TOTAL 2008		35 938	17 140	16 823	35 702	1 026	2 369	108 998

Tableau 114 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation pour La Réunion (ha)

	↱	2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	95 463	1 218	1 948	5 033	0	568	104 230
	Artificiel	0	16 722	325	893	81	122	18 143
	Culture	325	4 749	32 795	2 354	81	81	40 385
	Prairie	1 502	5 520	3 085	58 569	0	4 221	72 897
	Zone humide	0	41	203	81	1 664	0	1 989
	Autre	284	325	0	1 258	203	11 486	13 556
TOTAL 2008		97 574	28 575	38 356	68 188	2 029	16 478	251 200

Tableau 115 : Matrice 1989-2009 produite en combinant plusieurs sources d'information pour Mayotte (ha)

	↱	2009						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	14 009	0	3 878	0	0	0	17 887
	Artificiel	0	1 650	0	0	0	0	1 650
	Culture	0	1 469	12 179	94	0	0	13 742
	Prairie	0	0	384	636	0	0	1 020
	Zone humide	0	0	0	0	22	0	22
	Autre	0	0	0	514	0	2 566	3 080
TOTAL 2009		14 009	3 119	16 440	1 244	22	2 566	37 400

Suivi des terres dans les territoires français hors périmètre Kyoto

Données

Nouvelle-Calédonie

En Nouvelle-Calédonie, une estimation par l'ONFi en 2009 des surfaces des différentes formations végétales est utilisée [976]. Le reste du territoire est réparti entre les autres catégories d'après des hypothèses.

Saint Martin et Saint-Barthélémy

Les surfaces de Saint-Martin (partie française) et Saint-Barthélémy ne sont actuellement pas estimées.

Saint Pierre et Miquelon
Les surfaces de Saint-Pierre-et-Miquelon sont estimées en partie d'après un rapport de 2008 sur les bois de ce territoire [977] et le reste du territoire est réparti entre les autres catégories d'après des hypothèses.

Polynésie Française
En Nouvelle-Calédonie, une estimation de l'ONF de 2009 des surfaces des différentes forêts et plantations est utilisée [978]. Le reste du territoire est réparti entre les autres catégories d'après des hypothèses.

Wallis et Futuna
Un travail de cartographie de l'occupation du sol à Wallis-et-Futuna réalisé en 2008 [979]. Ces cartes sont issues de l'interprétation de photographies aériennes de 2004 et permettent l'estimation de différentes catégories (forêt dense, forêt claire, cocotiers, zones habitées et autres, cultures vivrières, toafa, tarodière…).

Clipperton
Pour Clipperton, aucune donnée précise n'a été identifiée. Seule des hypothèses générales sont utilisées pour répartir l'îlot entre « autres terres »et « zones humides ».

Terres Australes et Antarctiques
Pour les Terres Australes et Antarctiques françaises (TAAF), aucune donnée précise n'a été identifiée. L'hypothèse est faite que la totalité du territoire est en « autres terres ».

Traitements

Pour le moment, les surfaces des autres territoires d'Outre-Mer sont considérées sans changement. Ainsi, les surfaces estimées sont les mêmes pour toutes les années de la période de rapportage. Les données disponibles, complétées ci-besoin d'hypothèses, sont utilisées pour estimer les surfaces annuelles (sans évolution). Les catégories initiales sont converties dans le système des catégories Giec, en précisant le type de forêt, d'après les tables de correspondance suivantes :

Nouvelle-Calédonie

Catégorie initiale	Catégorie finale
Forêt dense sempervirente	Forêt feuillue
Formation à Niaoulis	Forêt feuillue
Formations forestières diverses	Forêt mixte
Maquis	Prairies
Fourrés	Prairies
Savane	Prairies
Autres	Réparti dans les autres catégories (Artificiel, Cultures, Zones humides, Autres terres) selon des hypothèses distinguant Grande Terres et autres îles.

Wallis et Futuna

Catégorie initiale	Catégorie finale
Forêt dense, Vao	Forêt feuillue
Cocotiers	Forêt feuillue
Forêt claire	Forêt feuillue
Toafa ("désert" et landes)	Autres Terres
Pinus (dont plantations)	Forêt résineux
Vivrier	Cultures
Tarodière	Cultures
Autres (Zones habitées…)	Artificiel
Sols nus	Autres Terres
Lacs	Zones Humides
Mangroves	Zones Humides

Polynésie française

Catégorie initiale	Catégorie finale
Plantation coco	Forêt feuillue
Plantation Pin	Forêt résineux
Plantation protection	Forêt mixte
Plantation f. précieux	Forêt feuillue
Forêts I et II	Forêt mixte
Solde	Réparti dans les autres catégories (Artificiel, Cultures, Zones humides, Autres terres)

Résultats

Les surfaces annuelles (sans changement) de 1970 à l'année inventoriée, pour chaque territoire d'Outre-Mer hors UE, sont les suivantes :

en ha	Nouvelle-Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie	St-Pierre et Miquelon	Clipperton	TAAF	St-Barth. et St-Martin	*Total*
Forêt feuillue	602 595	10 190	50 391	0	0	0	NE	*663 176*
Forêt résineux	0	452	6 096	3 000	0	0	NE	*9 548*
Forêt mixte	114 000	0	195 276	0	0	0	NE	*309 276*
Cultures	33 925	570	25 084	0	0	0	NE	*59 579*
Prairies	999 150	0	0	3 630	0	0	NE	*1 002 780*
Zones humides	6 613	61	0	7 260	7 200	0	NE	*21 134*
Artificiel	23 863	1 321	25 084	1 210	0	0	NE	*51 478*
Autres Terres	67 850	1 702	50 169	9 100	1 700	439 677	NE	*570 198*
Total	1 847 995	14 296	352 100	24 200	8 900	439 677	NE	*2 687 168*

Méthodes et définitions des réservoirs de carbone

Approches

L'inventaire UTCATF de la France estime les flux de gaz à effet de serre entre tous les réservoirs de carbone définis par les lignes directrices du Giec.

Contexte : lignes directrices du Giec

Pour l'inventaire UTCATF il est demandé d'estimer l'ensemble des flux de carbone intervenant entre différents réservoirs de carbone afin d'estimer les flux de CO2 qui ont lieu entre les terres et l'atmosphère. Ces réservoirs sont :

- la biomasse vivante aérienne,
- la biomasse vivante souterraine,
- le bois mort,
- la litière,
- le carbone organique du sol
- les produits ligneux récoltés

Pour appréhender ce système, le GIEC présente deux méthodes :

- **la méthode des flux.** Elle nécessite d'estimer directement les flux bruts entrant et sortant d'un réservoir, ce qui revient par exemple à estimer les accroissements forestiers (flux entrant du réservoir biomasse vivante) et les récoltes (flux sortant du réservoir biomasse vivante). Cette méthode permet de connaître également l'évolution du réservoir en question, la biomasse vivante dans cet exemple.

Équation 2 (UTCATF)
(inspirée de l'équation 2.7 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta C = \Sigma_{ijk} [A_{ijk} \bullet (CI - CL)_{ijk}]$$

Avec :
ΔC = Variation de stock de carbone du réservoir, t C/an
A = Surface de la terre, ha
ijk = Indices correspondant aux climat *i*, type de forêt *j*, type de gestion *k*, etc.
CI = Gain en carbone, t C/ha/an
CL = Perte de carbone, t C/ha/an

- **La méthode des variations de stocks.** A partir de valeurs de stocks connues à deux moments différents pour un réservoir de carbone, il est possible de déterminer le flux net de carbone pour ce réservoir. Cette méthode permet de manière indirecte de connaître les flux bruts mais nécessite de faire des hypothèses complémentaires.

Équation 3 (UTCATF)
(inspirée de l'équation 2.8 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta C = \Sigma_{ijk} (Ct_2 - Ct_1) / (t_2 - t_1)_{ijk}$$

Avec :
Ct_1 =*Stock de carbone à l'instant t1, t C*
Ct_2 =*Stock de carbone à l'instant t2, t C*

Dans l'inventaire français, l'une et l'autre des méthodes sont utilisées en fonction de la disponibilité des données et de l'importance des flux en question.

Biomasse vivante aérienne

Définition

La biomasse vivante aérienne inclut les parties aériennes de tous les organismes vivants, néanmoins, en forêt, seules les essences arborées recensables (diamètre > 7,5 cm à la hauteur de 1,3 m) sont prises en compte dans l'inventaire, cela exclut les essences ligneuses du sous-bois, la flore herbacée et les plantes annuelles.

La biomasse vivante aérienne est évidemment un des réservoirs clé du secteur UTCATF. Elle peut constituer des stocks très importants en particulier dans le bois des arbres forestiers et peut fluctuer de manière rapide en fonction de la gestion associée.

Données

Biomasse forestière

Dans l'inventaire français, la majorité des informations relatives à la biomasse vivante aérienne forestière provient de l'inventaire forestier national réalisé par l'IGN.

L'IGN fournit ainsi des données de flux, en tonnes, de la production, mortalité, et prélèvements en forêt. Ces données sont présentées dans la section forêt (section § 2.2.2).

Par ailleurs, pour estimer les émissions liées aux défrichements, des valeurs de stocks forestiers moyens perdus lors de défrichements sont utilisés. Il ne s'agit pas des stocks moyens en forêt mais des stocks perdus lors d'un défrichement. Pour la métropole, ils sont issus de données IFN [202] qui estiment, pour les années 1990 à 2006, le stock de carbone dans la biomasse sur les terres qui ont ensuite été défrichées. Ces données n'étant plus disponibles, les valeurs de stock de 2006 sont ensuite utilisées pour les années suivantes.

Tableau 116 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne des terres forestières

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
France métropolitaine (5 interrégions)	Centre-est	66	52	56	44	Inventaire forestier national (IGN) [202]
	Nord-est	59	52	56	37	
	Nord-ouest	61	52	56	37	
	Sud-est	34	52	56	35	
	Sud-ouest	48	52	56	24	
Outre-mer inclus dans le Protocole de Kyoto (5 régions)	Guyane	166	n.d	n.d	n.d	ONF-CIRAD [328]
	Guadeloupe	49	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Martinique	48	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Réunion	5	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Mayotte	75	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

Biomasse non-forestière

Les flux de carbone (croissance, mortalité, prélèvements) en biomasse hors forêt pour les terres sans changement sont estimés à l'équilibre en métropole et en Outre-mer (voir section 2.1.1.1).

En métropole, les stocks de carbone en biomasse hors forêt sont estimés à partir de différentes sources :

- les stocks de zones arborées (« 213-bosquet » ; « 513-zone artificielle arborée ») sont assimilés à ce ceux de la forêt mixte de la même région.

- en prairie en herbe (« 212 ») et en culture annuelle (« 312 »), les stocks de biomasse sont estimés à zéro.

- en prairie arbustive (landes, maquis, garrigue…« 215 »), pour la biomasse non ligneuse la valeur issue du Giec (2006, vol 4. Chap 6, table 6.4) de 13,5 t MS/ha est utilisée :

Prairie arbustive : 13,5 t MS/ha * 0.5 tC/tMS / 1,3 (aérien/total) = 5,2 tC aérien/ha

Pour les cultures pérennes ou ligneuses (vergers, vignes), une étude de 2009 commandée par l'Ademe et réalisée par l'IFN, le FCBA et Solagro [493] fournit les données suivantes : « *en verger semi intensif (1 000 à 1 500 arbres/ha), le plus répandu en France, le poids unitaire de la partie aérienne est d'environ 45 kg de bois frais en fin de cycle, soit une quantité de bois évaluée à 25 tMS/ha* ». [493, p. 61]. « *Nous retiendrons la valeur de 2 kg de bois par cep à 15% d'humidité* [soit 85% de MS] (…) *Nous avons retenu la densité moyenne de 5 000 ceps/ha* » [493, p. 60]. Ces valeurs et sont ainsi converties en tC/ha :

Vergers : 25 tMS aérienne /ha * 0,5tC/tMS = 12,5 tC aérien /ha.

Vignes : 5000 ceps * 2kg/cep * 85% MS * 0.5tC/tMS = 4,3 tC aérien /ha

Tableau 117 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne hors forêt (Métropole)

	Zone arborée	Zone arbustive	Zone herbacée	Zone nue	Source de données
Prairies	Idem forêt	5	0		Estimation
Cultures	12 (vergers)	4 (vignes)	0 (cultures annuelles)		[493]
Zones humides				0	Estimation
Zones artificialisées	Idem forêt		0	0	Estimation
Autres terres	n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

En Outre-mer, le stock de biomasse vivante est estimé à partir du Giec (2006) :

- en culture : 10 tC/ha (Giec, 2006, Table 5.9)

- en prairie : 16,1 tMS/ha (2006, Table 6.4) * 0.5 (tC/tMS) = 7.6 tC/ha

Ces valeurs sont utilisées pour les territoires d'Outre-Mer sauf pour la Réunion, où la valeur de stock de biomasse forestière est tellement basse (5 tC/ha, tableau 63) que les stocks hors forêt sont estimés à 0.

Tableau 118 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne hors forêt (Outre-Mer)

	Culture	Prairie boisée	Prairie non boisée	Zone urbanisée	Zone humide	Source de données
Guyane	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006
Guadeloupe	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006
Martinique	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006
Réunion	0	0	0	0	0	hypothèse
Mayotte	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006

Biomasse vivante souterraine

Définition

La biomasse vivante souterraine inclut l'ensemble des racines à l'exception des racines fines prises en compte dans la litière et le carbone organique du sol.

Données

Aucune donnée spécifique à la biomasse racinaire n'est utilisée. La fraction souterraine de la biomasse vivante est estimée indirectement à partir de la fraction aérienne, à l'aide de facteurs d'expansion racinaire provenant de l'étude Carbofor [204] pour la métropole; et de l'ONF [386] pour l'Outre-Mer.

Résultats

Les valeurs obtenues avec les facteurs d'expansion sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 119 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante racinaire des terres forestières

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
France métropolitaine (5 interrégions)	Centre-est	20	16	17	13	Inventaire forestier national (IGN) [202]
	Nord-est	18	16	17	11	
	Nord-ouest	18	16	17	11	
	Sud-est	10	16	17	11	
	Sud-ouest	14	16	17	7	
Outre-mer inclus dans le Protocole de Kyoto (5 régions)	Guyane	26	n.d	n.d	n.d	ONF-CIRAD [328]
	Guadeloupe	11	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Martinique	10	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Réunion	1	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Mayotte	17	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

Tableau 120 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante racinaire des terres non forestières

	Zone arborée	Zone arbustive	Zone herbacée	Zone nue	Source de données
Prairies	Idem forêt	2	0		Estimation
Cultures	4 (vergers)	1 (vignes)	0 (cultures annuelles)		[493]
Zones humides				0	Estimation
Zones artificialisées	Idem forêt		0	0	Estimation
Autres terres	n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

Bois mort

Définition

On considère trois origines au bois mort : la mortalité naturelle des arbres sur pied, la mortalité exceptionnelle en cas de tempêtes (chablis) et l'abandon des résidus de récolte de bois lors de l'exploitation des parcelles forestières. La création ou la disparition d'un stock de bois mort lors d'un boisement ou d'un déboisement est aussi comptabilisée.

Données

Les données de l'IGN [202] de mesures des stocks de bois mort, combiné à une estimation de leur date de mortalité permettent d'estimer la mortalité des arbres sur pied en forêt en Métropole. Le bois mort reste principalement, d'après l'IGN, lié à la compétition (élagage naturel) et non à la sylviculture. Aucune donnée n'est mobilisée pour les flux de mortalité de l'Outre-Mer.

Les données de l'IGN ont permis de quantifier la mortalité exceptionnelle liée aux tempêtes de 1999 et 2009 qui ont modifié fortement les stocks de bois mort en forêt.

Le Guide du Giec [1996 5.31 ; 2006 [672] ch.4 encadré 4.2, valeur par défaut pour les feuillus] permet d'estimer à 10% la part de la biomasse aérienne récoltée qui est abandonnée sur le site d'exploitation. Cette valeur a été jugée pertinente par les experts forestiers français.

Les stocks de bois mort, utilisés pour estimer la création ou la disparition d'un stock de bois mort lors d'un boisement ou d'un déboisement, est estimé en métropole à 1t tC/ha pour les peuplements feuillus et mixtes et à 2,5 tC/ha sous résineux et dans les peupliers [206]. En Guyane et dans les

autres territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE, ce stock de bois mort est estimé de manière spécifique grâce aux études des données dendrométriques [328, 386].

Tableau 121 : Stocks de carbone (tC/ha) dans le bois mort des terres forestières

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
France métropolitaine		1,0	1,0	2,5	2,5	[206]
Outre-mer inclus dans le Protocole de Kyoto (5 régions)	Guyane	8,8	n.d	n.d	n.d	[328]
	Guadeloupe	1,2	n.d	n.d	n.d	[386]
	Martinique	1,2	n.d	n.d	n.d	[386]
	Réunion	0,1	n.d	n.d	n.d	[386]
	Mayotte	1,9	n.d	n.d	n.d	[386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

Litière

Définition

La litière forestière est constituée : des branches mortes au sol de diamètre inférieur au seuil de recensabilité de l'IFN (donc exclues du réservoir bois mort) ; des couches humiques et fumiques et des feuilles mortes (exclues du réservoir sol) ; des petites racines (exclues du réservoir biomasse vivante souterraine).

Données

Métropole

Peu d'études quantifient le stock moyen de carbone en litière forestière en France métropolitaine. Ce stock fragile est difficile à estimer. D'après Dupouey et al. (1999) [206], « *le stock total des sols forestiers est de* (…) *79 tC/ha.* […]. *La litière comprend 11 % de ce stock* […] », soit une valeur de :

$$79 \text{ tC/ha} * 11\% = 8{,}7 \text{ tC/ha} \approx 9 \text{ tC/ha}.$$

Outre-Mer

En Guyane, le stock de litière est estimé par l'ONF [328, p.22] d'après les travaux de Puig et al. (1988) [997] à :

$$4{,}203 \text{ tMS/ha} * 0{,}5\text{tC/tMS} = 2{,}1 \text{ tC/ha} \approx 2 \text{ tC/ha}.$$

Dans les autres territoires d'Outre-mer, le stock de litière est estimé de manière spécifique grâce aux études des données dendrométriques de l'ONF [386].

Tableau 122 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la litière des terres forestières

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
France métropolitaine		9,0	9,0	9,0	9,0	[206]
Outre-mer inclus dans le Protocole de Kyoto (5 régions)	Guyane	2,0	n.d	n.d	n.d	[328]
	Guadeloupe	1,2	n.d	n.d	n.d	[386]
	Martinique	0,7	n.d	n.d	n.d	[386]
	Réunion	0,1	n.d	n.d	n.d	[386]
	Mayotte	0,9	n.d	n.d	n.d	[386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

Le carbone du sol

Définition

Ce réservoir est constitué du carbone organique dans l'horizon 0-30 cm des sols. Le GIEC [672] subdivise les sols en deux grands types : minéraux et organiques. Les sols minéraux constituent la très grande majorité des sols de France. Les sols organiques sont assimilés aux sols en zone humide. Par ailleurs, les sols organiques (histosols) cultivés sont estimés en complément afin de calculer les émissions liées à leur drainage.

Les méthodes et données mises en œuvre pour le carbone des sols sont détaillées dans les sections suivantes ainsi que dans les parties spécifiques à chaque catégorie de terres.

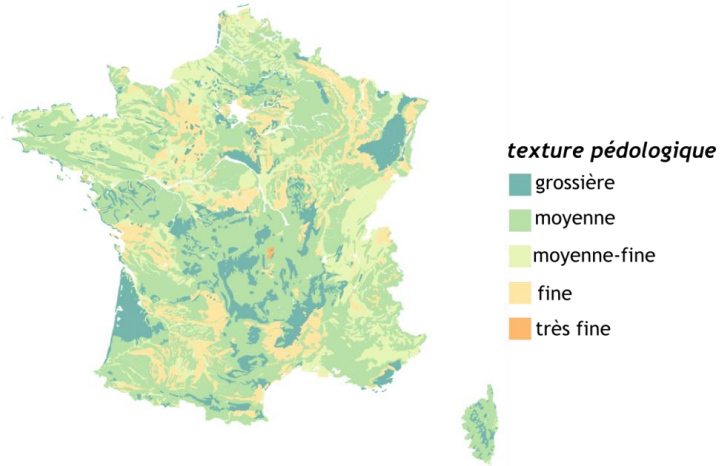
Données

Mesure des stocks de carbone du sol (RMQS)
La France bénéficie d'un réseau de mesures de la qualité des sols nommé Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS), construit à l'initiative du groupement d'intérêt scientifique Sol (GIS Sol), qui regroupe les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, l'ADEME, le SOeS et l'INRA. Le réseau RMQS repose sur le suivi de 2200 sites répartis uniformément sur le territoire français, selon une maille carrée de 16 km de côté. Des prélèvements d'échantillons de sols, des mesures et des observations sont effectués tous les dix à quinze ans au centre de chaque maille. L'ensemble des opérations réalisées sur un site est détaillé dans le Manuel RMQS. La première campagne de prélèvement en métropole s'est déroulée de 2000 à 2009. Dans le cadre de l'inventaire, les données de stock de carbone des sites RMQS, fournies par l'unité Infosol de l'INRA, ont pu être exploitées à différents niveaux [424].

Carte des types de sol (BDGSF)
La Base de Données Géographique des Sols de France (BDGSF [719]) au 1/1 000 000, fournie par l'Inra (Unité InfoSol d'Orléans) provient de la Base de Données Géographique des Sols d'Europe au 1/1 000 000, réalisée en plusieurs étapes (correction, numérisation, harmonisation, structuration) entre 1974 et 1998 (en partie par l'Inra, à partir de la typologie internationale des sols proposée par la FAO. Cette terminologie a été adaptée pour prendre en compte des spécificités européennes. Chaque type de sol identifié a été groupé au sein d'unités paysagère, dont la délimitation a fait appel à des jugements d'experts plutôt qu'à des mesures. Parmi les champs descriptifs des sols, on trouve la texture dominante. Cette information est utilisée dans l'inventaire comme critère de définition d'un zonage pédologique (voir § 1.2.5.3.3).

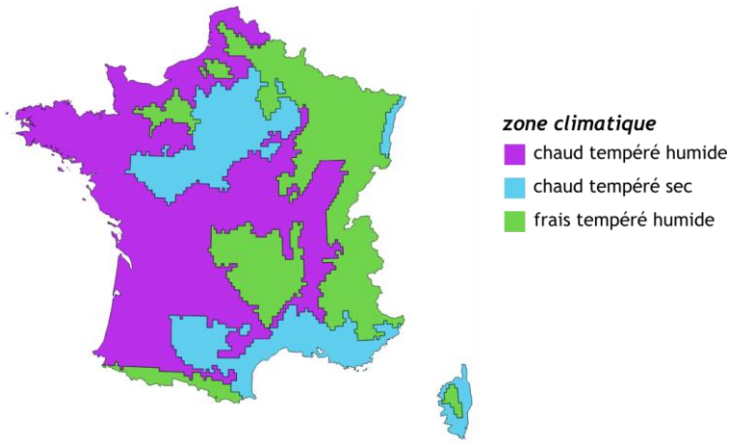
Données sur les sols en Outre-mer
En Outre-mer, des estimations spécifiques sur les stocks de carbone du sol sont disponibles grâce aux études de l'ONF, aussi utilisées pour la biomasse [328, 386].

Figure 112 : Cartographie des zones pédologiques (basée sur la texture des sols) [719]



Carte des zones climatiques (JRC)
Le JRC a réalisé une cartographie des zones climatiques [722] en Europe pour l'ensemble des Etats-membres de l'Union européenne, pour les aider à améliorer leur méthodologie des inventaires, selon la classification Giec (2006), en prenant en compte divers paramètres : température, précipitation, potentiel d'évapotranspiration, relief. La carte pour la France réalisée dans ce cadre a été simplifiée par le Citepa avec un critère surfacique de manière à supprimer les pixels ou groupes de pixels isolés. Ainsi, les zones « frais tempéré sec » et « polaire humide » (quelques pixels en haute montagne) ont été intégrées à des ensembles plus larges.

Figure 113 : Cartographie des zones climatiques [722]



Méthode

Equation générale
Pour estimer la variation de stock de carbone organique du sol pour les sols minéraux, une méthode de variation de stock grâce à l'équation générique du GIEC [672] est appliquée :

Équation 4 (UTCATF)
inspirée de l'équation 2.25 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta C_{Mineraux} = COS_0 - COS_{(0-20)} / 20$$

$$COS = COS_{REF} \times F_{UT} \times F_{RG} \times F_A \times Surface$$

Avec :

ΔC = Variation de stock de carbone du réservoir, tC/an

$\Delta C_{Minéraux}$= Variations annuelles des stocks de carbone des sols minéraux, tC / an

COS =Stock de carbone organique du sol l'année d'inventaire, tC

COS_{REF} =Stock de carbone de référence, tC/ha

F_{UT} =Facteur de variation de stock lié à l'utilisation des terres

F_{RG} =Facteur de variation de stock lié au régime de gestion (travail du sol principalement)

F_A=Facteur de variation de stock lié aux apports (organiques principalement)

Surface=Surface de la catégorie de terre concernée, ha

Stocks de carbone de référence (COSREF)
Les stocks de carbone du sol de référence (COSREF) correspondent aux stocks de carbone natifs, sous végétation indigène, soit, en France, sous forêt. Les COSREF utilisés correspondent donc aux stocks moyens régionaux observés sous forêt par le RMQS [424] pour la métropole et par l'ONF [328, 386] pour l'Outre-Mer.

Tableau 123 : Stocks de carbone de référence pour les sols (sols forestiers)

Périmètre	Région	tC/ha	Région	tC/ha	Source
France métropolitaine (22 régions)	Alsace	53	Île-de-France	49	Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) [424]
	Aquitaine	60	Languedoc-Roussillon	94	
	Auvergne	80	Limousin	87	
	Basse-Normandie	97	Lorraine	80	
	Bourgogne	77	Midi-Pyrénées	73	
	Bretagne	70	Nord-Pas-de-Calais	79	
	Centre	57	Pays de la Loire	59	
	Champagne-Ardenne	61	Picardie	59	
	Corse	81	Poitou-Charentes	61	
	Franche-Comté	88	Provence-Alpes-Côte d'Azur	84	
	Haute-Normandie	70	Rhône-Alpes	78	
Outre-mer inclus dans le Protocole de Kyoto (5 régions)	Guyane	100			[328]
	Guadeloupe	15			[386]
	Martinique	14			[386]
	Réunion	2			[386]
	Mayotte	64			[386]
Autres territoires		Non estimé			

Facteur de variation de stock lié à l'utilisation des terres (FUT)

Le GIEC propose des valeurs par défaut pour le paramètre F_{UT} pour les cultures (F_{UT}= 0.69) et les prairies (F_{UT} =1). Ces valeurs par défaut ne sont cependant pas utilisées pour estimer l'impact des changements d'utilisation des terres dans l'inventaire français. En effet le paramètre F_{UT} est estimé de manière beaucoup plus précise à partir des données du réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS) pour les cultures et les prairies. L'approche utilisée pour estimer ce réservoir correspond donc à une méthode de niveau 2.

Pour les cultures et les prairies, les F_{UT} sont calculés à partir des stocks de carbone des sols observés par le RMQS en forêts, cultures et prairies sur des zones pédoclimatiques homogènes.

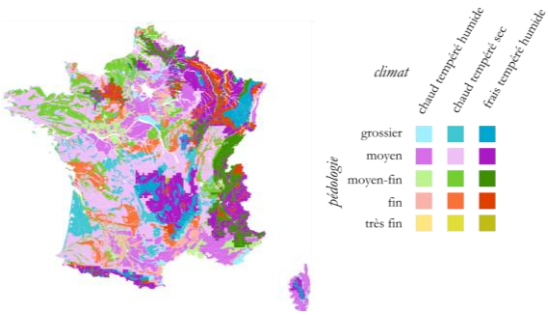
Méthode de construction des zones pédoclimatiques par le Citepa

Ces zones pédoclimatiques ont été définies selon les principes du GIEC [672], en croisant :

- la cartographie des types de sols [719] distinguant 5 niveaux de texture (1 = grossière ; 2 = moyenne ; 3 = moyenne fine ; 4 = fine ; 5 = très fine) (§1.2.5.2.2)
- la cartographie des zones climatiques [722] distinguant 3 types de climats (1 = chaud tempéré humide ; 2 = chaud tempéré sec ; 3 = frais tempéré humide) (§1.2.5.2.3)

En croisant ces trois cartes, une cartographie avec 15 zones pédoclimatiques, redécoupées par région administrative, a donc été construite :

Figure 114 : Cartographie des zones pédoclimatiques



Pour chacune des 15 zones pédoclimatiques, l'INRA calcule à partir du RMQS [424] le stock moyen pour les occupations suivantes : Cultures, Prairies et Forêt. Au sein de chaque zone pédoclimatique, la différence de stock entre deux occupations différentes est essentiellement liée à cette différence d'occupation et non pas à des critères pédoclimatiques.

Tableau 124 : Stocks de carbone moyens selon les caractéristiques des zones pédoclimatiques (tC/ha)

Texture	Climat	Occupation		
		Culture	Prairie	Foret
Grossiere	chaud tempéré humide	47	74	68
	chaud tempéré sec	36	49	47
	frais tempéré humide	71	96	82
Moyenne	chaud tempéré humide	50	69	60
	chaud tempéré sec	43	55	83
	frais tempéré humide	52	89	79
Moyenne-fine	chaud tempéré humide	51	75	66
	chaud tempéré sec	39	63	56
	frais tempéré humide	55	97	93
Fine	chaud tempéré humide	48	84	83
	chaud tempéré sec	39	37	68
	frais tempéré humide	54	87	81

Les différentiels de stock observés dans les zones pédoclimatiques dans chacune des régions sont ensuite combinés pour estimer un paramètre F_{UT} spécifique à chaque région pour les cultures et les prairies à partir de l'équation suivante.

Équation 5 (UTCATF)

$$F_{UT(o,r)} = \Sigma_Z (Surface_{z,r} \times (COS_{o,z}/COSforet_z) / Surface_r)$$

Avec :

$F_{UT(o,r)}$ =Facteur de variation pour l'occupation *o* (culture / prairie) dans la région *r*, sans dimension

$Surface_{z,r}$=Surface de la zone pédoclimatique z dans la région r, ha

$Surface_r$=Surface de la région r, ha

$COS_{o,z}$ =Stock de carbone pour l'occupation o (culture / prairie) dans la zone pédoclimatique z, tC/ha

$COSforet_z$=Stock de carbone pour la forêt dans la zone pédoclimatique z, tC/ha

Pour les « terres urbanisées », les terres humides et les « autres terres », le RMQS ne dispose pas de mesures représentatives., Le paramètre FUT est donc estimé différemment sur ces catégories de terres. Pour les sols urbains (sols nus et revêtus, enherbés, arborés), des valeurs spécifiques de stock de carbone issues de la littérature scientifique sont utilisés [721]. Aucun stock spécifique n'est pris en compte pour les « zones humides » et les « autres terres » (roches, sable, etc.).

Facteurs de variation liés à la gestion (FRG) et aux apports (FA)

Pour les terres sans changement d'utilisation, des variations de stock de carbone du sol sont calculées pour les « terres cultivées restant terres cultivées » et les « prairies restant prairies ». Les méthodes associées et les paramètres F_{RG} et F_A utilisés sont présentés de manière détaillée dans les parties relatives aux terres cultivées et aux prairies. Pour les autres terres sans changement d'utilisation les stocks de carbone du sol sont considérés à l'équilibre et aucune émission n'est calculée.

Pour les terres avec changement d'utilisation des terres, l'équation de base est simplifiée pour ne prendre en compte que les effets liés au changement d'utilisation des terres. Par conséquent, pour ces terres avec changement, F_{RG} = 1 et F_A = 1.

Méthode de calcul pour les sols organiques drainés

Les émissions liées au drainage des sols organiques sont estimées en culture et en prairie sur la base du GIEC 2013 [923] avec des facteurs d'émissions différents pour la métropole et l'Outre-mer du fait des différences de climat.

Tableau 125 : Paramètres de calcul pour les sols organiques (histosols) drainés

	Métropole		Outre-Mer	
	Culture	Prairie	Culture	Prairie
FE CO2 direct	7,9 tC-CO2/ha/an	3,6 tC-CO2/ha/an	14 tC-CO2/ha/an	9,6 tC-CO2/ha/an
FE CO2 indirect	0,1 tC-CO2/ha/an (0.21*1,6*0.31)			
FE CH4	0 kgCH4/ha/an	39 kgCH4/ha/an	0 kgCH4/ha/an	39 kgCH4/ha/an
Surfaces	80 280 ha	58 457 ha	159 ha	159 ha

Sources : IPCC 2013, tables 2.1, 2.2, 2.3. Note : le N_2O est rapporté en agriculture

Résultats

Tableau 126 : Moyenne des F_{UT} régionaux utilisés (Minimum et Maximum entre parenthèses)

↱	Artificiel (nu, revêtu, bâti)	Cultures	Forêt, vergers et artificiel arboré	Prairie et artificiel enherbé	Zones humides	Autres terres
Artificiel (nu, revêtu, bâti)	1	1.71 (1.36-1.92)	2.24 (1.82-2.72)	2.41 (1.60-3.02)	1	1
Cultures	0.59 (0.52-0.74)	1	1.45 (1.24-1.73)	1.46 (1.18-1.61)	1	1
Forêt, vergers et artificiel arboré	0.45 (0.37-0.55)	0.70 (0.58-0.81)	1	1.03 (0.71-1.15)	1	1
Prairie et artificiel enherbé	0.42 (0.33-0.62)	0.69 (0.62-0.84)	0.98 (0.87-1.41)	1	1	1
Zones humides	1	1	1	1	1	1
Autres terres	1	1	1	1	1	1

6.3.2 Améliorations envisagées

L'UTCATF est un secteur complexe et beaucoup d'améliorations sont encore envisageables pour augmenter la précision des estimations.

Suivi des terres

Les données TerUti présentent des artefacts importants qui nécessitent des retraitements et corrections. La pertinence des surfaces de changements d'utilisation des terres actuellement estimée présente donc de fortes incertitudes (Robert, 2016) [721]. Une approche spatialement explicite pourrait utiliser une ou plusieurs sources de données à haute résolution spatiale et thématique, tirant parti des avancées technologiques dans ce domaine et des nouvelles données d'occupation du sol disponibles (Corine Land Cover 1990, 2000, 2006, 2012, 2018 ; Urban Atlas 2006 et 2012 ; OSO 2011 à 2018…). L'enquête TerUti ne permet pas de réaliser le suivi de l'utilisation des terres avec une approche spatialement explicite. Or, une approche spatialement explicite permettrait d'améliorer la cohérence de l'inventaire UTCATF (notamment en superposant des données sur les sols, la biomasse, etc. aux surfaces d'utilisation des terres et de changement d'utilisation des terres), d'identifier précisément les surfaces des activités du Protocole de Kyoto (afforestation, déforestation…), de clarifier les forêts gérées et non gérées… Des réflexions sont en cours : une thèse (Robert, 2016 [721]) et un mémoire (Sampère, 2017 [988]) ont permis d'avancer dans les pistes envisageables. Il s'agit d'un chantier important. L'intégration de ces nouvelles estimations en données d'entrée de l'inventaire est envisagée pour les prochaines éditions mais génère de nombreuses interrogations. Il est probable que cette intégration prenne plusieurs années.

Suivi des surfaces de forêt – cohérence entre TerUti et l'IFN

Le système de suivi des terres basé sur les données Teruti utilise un dispositif d'échantillonnage différent de celui de l'Inventaire Forestier National (IFN). Par conséquent, les surfaces de forêt ne sont pas exactement les mêmes entre ces deux sources. Afin de concilier les résultats de l'inventaire de gaz à effet de serre et les résultats de l'inventaire forestier, ce sont les surfaces forestières issues de l'IFN qui sont utilisées pour estimer les principaux paramètres de calcul des flux de carbone forestier, bien que soient les surfaces issues du suivi TerUti qui soient rapportées dans les tables CRF de résultats pour assurer la cohérence de l'ensemble des surfaces rapportées.

Suivi des surfaces de forêts gérées et non gérées

Le système de suivi des terres permet d'être représentatif de l'ensemble du territoire, et de suivre les changements d'occupation des terres. Néanmoins il ne permet pas de distinguer les terres gérées et non gérées. Comme présenté dans la partie forêt, la surface de forêt non gérée est estimée à 5% de la forêt métropolitaine, en considérant que tous les changements d'occupation (déforestation et afforestation) ainsi que les perturbations naturelles (tempêtes exceptionnelles…) concernent les forêts gérées.

Suivi des terres en Outre-mer inclus dans l'UE

Catégories d'utilisation

En Outre-Mer, seules les 6 catégories d'usage du Giec sont appliquées et non les 16 sous-catégories utilisées en Métropole. Il n'est ainsi pas possible d'estimer les flux de biomasse liés aux cultures pérennes avec ces données.

Cohérence avec la métropole

L'utilisation de l'enquête TerUti-Lucas en 2008 et l'utilisation des mêmes points d'échantillonnage pour la photo-interprétation de 1990 assure une cohérence méthodologique générale entre le suivi des terres en Métropole et en Outre-Mer (sauf pour la Guyane où les points TerUti sont insuffisant car ils ne couvrent que la bande littorale) Même si la nomenclature utilisée pour l'Outre-Mer (6 classes Giec) est moins fine que la Métropole, les deux sont cohérentes car les 16 classes de la Métropole ne font que préciser les 6 classes Giec.

Suivi des terres en Outre-mer non inclus dans l'UE

Amélioration des estimations

L'intégration de ces territoires dans l'inventaire UTCATF relève d'une approche encore simplifiée, sans estimation de changement d'utilisation des terres. Des données plus précises, notamment pour la Nouvelle-Calédonie, pourraient être utilisées. Néanmoins, la priorité reste l'amélioration des estimations pour la Métropole puis pour l'Outre-Mer inclus dans l'UE.

Cohérence avec la Métropole

Compte tenu des données disparates pour ces territoires, et de leurs particularités, il n'est pas possible de réaliser un suivi qui soit cohérent avec celui de la Métropole et de l'Outre-Mer inclus dans l'UE.

Distinction de Saint-Martin et Saint-Barthélémy de la Guadeloupe

Actuellement, la partie française de Saint-Martin (53 km²) et Saint-Barthélémy (24 km²) sont considérés comme inclus en Guadeloupe (1628 km²). Néanmoins, ces territoires ne sont pas pris en

compte dans le suivi de l'occupation du sol de Guadeloupe et de ses dépendances. Une première estimation simplifiée est donc envisagée.

Sol

Clarification de l'estimation des sols organiques

L'identification des sols organiques et l'estimation des flux de carbone associés pourrait être améliorée. En identifiant de façon restreinte les sols organiques (périmètre plus petit que toutes les les « zones humides » au sens du Giec et que les zones avec histosols), par exemple en se concentrant sur les tourbières, la distinction entre sols organiques et minéraux serait clarifiée.

Suivi spatialement explicite

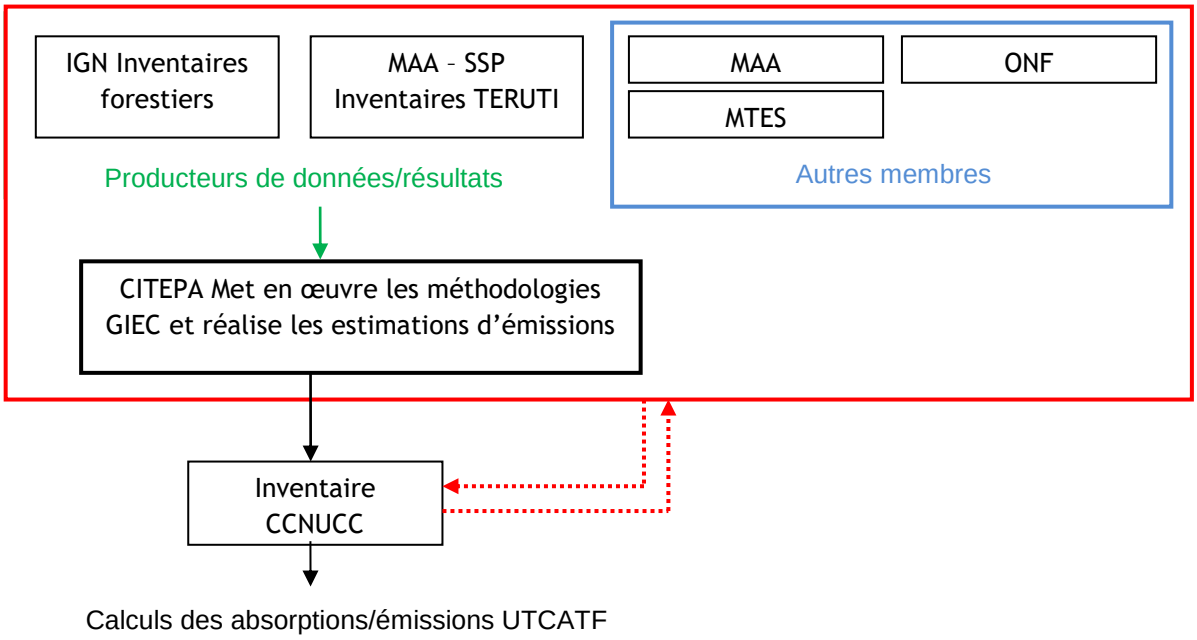
Un suivi spatialement explicite de l'utilisation des terres permettrait d'associer dans l'espace et le temps l'occupation du sol et les changements d'occupation du sol avec une cartographie des types de sols (minéral ou organique ; puis par type de sol minéral).

6.3.3 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le temps.

Le schéma suivant présente les relations entre les différentes entités du groupe de travail UTCATF, principal acteur de l'élaboration et désormais de l'amélioration des méthodologies de calculs mises en place pour l'UTCATF. Ce groupe dédié à l'UTCATF est un sous-groupe créé par le GCIIE (cf section 1.2 pour plus d'informations sur le rôle du GCIIE).



Vérification des estimations nationales pour les stocks de carbone dans le sol

Les valeurs spécifiques au pays utilisées ici (tier 2) n'ont pas encore été comparées aux valeurs par défaut du Giec (tier 1). La qualité et la représentativité des stocks obtenus à partir du RMQS sont des garanties que cette donnée est plus adaptée à la France que des données par défaut. La méthode appliquée correspond aux lignes directrices du Giec. La vérification des résultats par comparaison avec des données externes, comme par exemple la carte de Meersmans, et al. (2012 [998]).

6.4 Forêts (CRF 4A)

6.4.1 Caractéristiques de la catégorie

Généralités

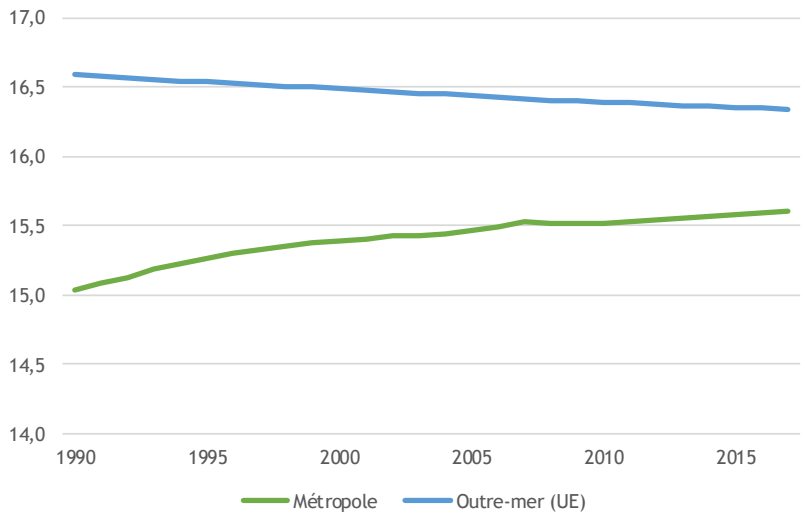
Le tableau suivant présente les surfaces en forêt depuis 1990. Pour l'Outre-Mer inclus dans l'UE 98% de la surface de forêt est en Guyane.

Tableau 127 : Surfaces en Forêt (en Millions d'ha)

RapportageUTCATF.xlsx/NIR

	Forêt restant forêt (4A1)				Terres devenant forêt (4A2)				Total Forêt (4A)			
	Métro-pole	Outre-mer (UE)	Outre-Mer (reste)	Total France	Métro-pole	Outre-mer (UE)	Outre-Mer (reste)	Total France	Métro-pole	Outre-mer (UE)	Outre-Mer (reste)	Total France
1990	14,1	8,3	1,0	23,4	0,9	8,3	0,0	9,2	15,0	16,6	1,0	**32,61**
1991	14,1	8,3	1,0	23,4	1,0	8,3	0,0	9,3	15,1	16,6	1,0	**32,64**
1992	14,1	8,3	1,0	23,4	1,0	8,3	0,0	9,3	15,1	16,6	1,0	**32,68**
1993	14,1	8,3	1,0	23,4	1,1	8,3	0,0	9,3	15,2	16,6	1,0	**32,72**
1994	14,1	8,3	1,0	23,4	1,1	8,3	0,0	9,4	15,2	16,5	1,0	**32,76**
1995	14,1	8,3	1,0	23,4	1,1	8,3	0,0	9,4	15,3	16,5	1,0	**32,79**
1996	14,1	8,3	1,0	23,4	1,2	8,3	0,0	9,4	15,3	16,5	1,0	**32,82**
1997	14,1	8,3	1,0	23,4	1,2	8,3	0,0	9,4	15,3	16,5	1,0	**32,83**
1998	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,3	0,0	9,5	15,4	16,5	1,0	**32,85**
1999	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,3	0,0	9,5	15,4	16,5	1,0	**32,85**
2000	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,3	0,0	9,5	15,4	16,5	1,0	**32,86**
2001	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,2	0,0	9,5	15,4	16,5	1,0	**32,87**
2002	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,2	0,0	9,5	15,4	16,5	1,0	**32,87**
2003	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,2	0,0	9,5	15,4	16,5	1,0	**32,87**
2004	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,2	0,0	9,4	15,4	16,4	1,0	**32,87**
2005	14,3	8,2	1,0	23,4	1,2	8,2	0,0	9,4	15,5	16,4	1,0	**32,89**
2006	14,2	8,2	1,0	23,4	1,2	8,2	0,0	9,5	15,5	16,4	1,0	**32,90**
2007	14,2	8,2	1,0	23,4	1,3	8,2	0,0	9,5	15,5	16,4	1,0	**32,93**
2008	14,2	8,2	1,0	23,4	1,3	8,2	0,0	9,5	15,5	16,4	1,0	**32,92**
2009	14,2	8,2	1,0	23,4	1,3	8,2	0,0	9,5	15,5	16,4	1,0	**32,90**
2010	14,3	8,2	1,0	23,4	1,2	8,2	0,0	9,4	15,5	16,4	1,0	**32,89**
2011	14,3	8,2	1,0	23,5	1,2	8,2	0,0	9,4	15,5	16,4	1,0	**32,90**
2012	14,4	8,2	1,0	23,5	1,2	8,2	0,0	9,4	15,5	16,4	1,0	**32,90**
2013	14,4	8,2	1,0	23,6	1,1	8,2	0,0	9,3	15,6	16,4	1,0	**32,91**
2014	14,5	8,2	1,0	23,6	1,1	8,2	0,0	9,3	15,6	16,4	1,0	**32,92**
2015	14,5	8,2	1,0	23,7	1,1	8,2	0,0	9,2	15,6	16,4	1,0	**32,92**
2016	14,6	8,2	1,0	23,7	1,0	8,2	0,0	9,2	15,6	16,3	1,0	**32,92**
2017	14,6	8,2	1,0	23,7	1,0	8,2	0,0	9,2	15,6	16,3	1,0	**32,93**

Figure 115 : Evolution des surfaces forestières (en Millions d'ha)



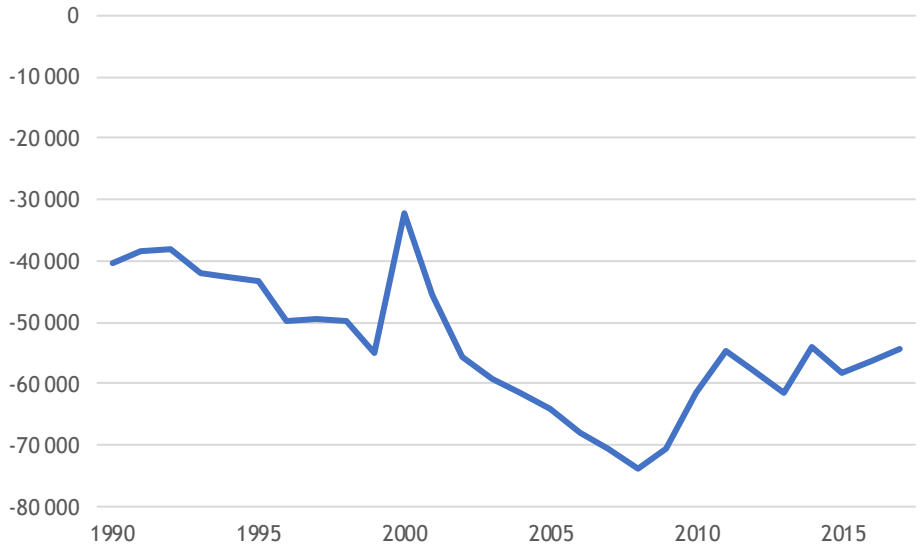
Le bilan de gaz à effet de serre en forêt est présenté dans le tableau ci-dessous. La forêt constitue la plus grande partie du bilan de l'UTCATF.

Tableau 128 : Bilan en CO_2e de la forêt (MtCO_2e), (hors feux de forêt; brûlage de résidus de récolte; N_2O des sols)

RapportageUTCATF.xlsx/NIR

	Forêt restant forêt (4A1)				Terres devenant forêt (4A2)				Total Forêt (4A)			
	Métro-pole	Outre-mer (UE)	Outre-Mer (reste)	Total France	Métro-pole	Outre-mer (UE)	Outre-Mer (reste)	Total France	Métro-pole	Outre-mer (UE)	Outre-Mer (reste)	Total France
1990	-35 642	0	0	-35 642	-4 592	-29	0	-4 621	-40 233	-29	0	-40 263
1991	-33 618	0	0	-33 618	-4 920	-34	0	-4 954	-38 538	-34	0	-38 572
1992	-32 774	0	0	-32 774	-5 274	-39	0	-5 313	-38 048	-39	0	-38 087
1993	-36 220	0	0	-36 220	-5 651	-44	0	-5 694	-41 870	-44	0	-41 914
1994	-36 745	0	0	-36 745	-6 029	-48	0	-6 077	-42 774	-48	0	-42 822
1995	-36 846	0	0	-36 846	-6 369	-53	0	-6 422	-43 215	-53	0	-43 268
1996	-43 145	0	0	-43 145	-6 729	-58	0	-6 787	-49 873	-58	0	-49 931
1997	-42 408	0	0	-42 408	-6 999	-63	0	-7 062	-49 408	-63	0	-49 470
1998	-42 522	0	0	-42 522	-7 259	-67	0	-7 327	-49 782	-67	0	-49 849
1999	-47 322	0	0	-47 322	-7 540	-72	0	-7 613	-54 862	-72	0	-54 934
2000	-24 668	0	0	-24 668	-7 696	-77	0	-7 772	-32 363	-77	0	-32 440
2001	-37 690	0	0	-37 690	-7 898	-82	0	-7 980	-45 589	-82	0	-45 670
2002	-47 480	0	0	-47 480	-8 068	-86	0	-8 155	-55 548	-86	0	-55 634
2003	-51 215	0	0	-51 215	-8 147	-91	0	-8 238	-59 362	-91	0	-59 453
2004	-53 553	0	0	-53 553	-8 114	-96	0	-8 210	-61 667	-96	0	-61 763
2005	-55 874	0	0	-55 874	-8 312	-100	0	-8 413	-64 187	-100	0	-64 287
2006	-59 636	0	0	-59 636	-8 542	-105	0	-8 647	-68 178	-105	0	-68 283
2007	-61 713	0	0	-61 713	-8 953	-110	0	-9 063	-70 665	-110	0	-70 775
2008	-65 371	0	0	-65 371	-8 611	-115	0	-8 725	-73 982	-115	0	-74 097
2009	-62 094	0	0	-62 094	-8 696	-130	0	-8 826	-70 791	-130	0	-70 921
2010	-53 324	0	0	-53 324	-8 095	-145	0	-8 240	-61 419	-145	0	-61 565
2011	-47 099	0	0	-47 099	-7 544	-161	0	-7 705	-54 643	-161	0	-54 804
2012	-50 352	0	0	-50 352	-7 517	-176	0	-7 693	-57 869	-176	0	-58 045
2013	-54 201	0	0	-54 201	-7 311	-191	0	-7 503	-61 512	-191	0	-61 704
2014	-47 498	0	0	-47 498	-6 670	-207	0	-6 877	-54 168	-207	0	-54 375
2015	-51 722	0	0	-51 722	-6 562	-222	0	-6 784	-58 284	-222	0	-58 506
2016	-50 027	0	0	-50 027	-6 292	-237	0	-6 529	-56 319	-237	0	-56 556
2017	-48 352	0	0	-48 352	-6 135	-253	0	-6 388	-54 487	-253	0	-54 739

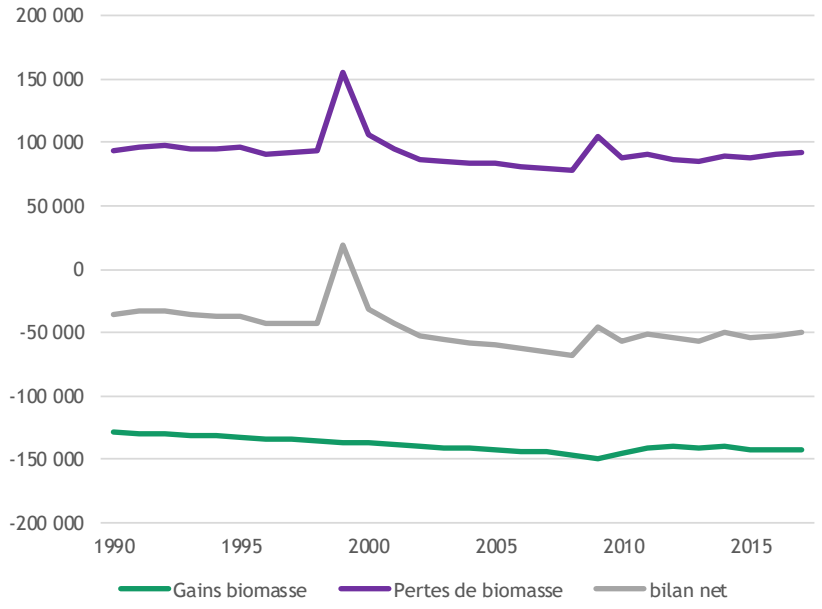
Figure 116 : Evolution du puits forestier en Métropole en $MtCO_2$ (hors feux de forêt ; brûlage de résidus; N_2O des sols)



Le puits a connu une augmentation importante au cours des années 1990 et 2000 (avec une baisse ponctuelle après la tempête de 1999), du fait des évolutions combinées de la séquestration et des prélèvements. Cette tendance s'explique par une surface forestière à la hausse depuis 1990, les défrichements estimés dans l'inventaire étant en partie compensés par les superficies nouvellement boisées. Sur ces terres forestières, l'accroissement ligneux est actuellement supérieur à l'exploitation de la ressource forestière à des fins de grumes, de trituration et d'usages énergétiques. Il est important de noter que la récolte forestière a augmenté ponctuellement les années suivant les épisodes des tempêtes en 1999, et dans une moindre mesure en 2009 et que tous les réservoirs de carbone sont fortement impactés par ces perturbations.

Depuis 2010, le puits forestier a tendance à stagner, du fait d'une stagnation de la production brute notamment en biomasse (voir graphique ci-dessous).

Figure 117 : Evolution du bilan biomasse en Métropole en MtCO2



Définitions

Définition de « Forêt »

En application des accords de Marrakech de 2001 [189], la France retient, pour sa définition de la forêt, les valeurs minimales suivantes :

	Couverture du sol par les houppiers d'essences ligneuses	Superficie	Hauteur des arbres à maturité	Largeur
Seuil	10 %	0,5 ha	5 m	20 m

Formations inclues et exclues de la définition de « Forêt »

Une forêt peut être constituée soit de formations denses dont les divers étages arborés couvrent une forte proportion du sol, soit de formations claires. Les jeunes peuplements naturels et toutes les plantations composées d'essences ligneuses susceptibles d'atteindre 5 mètres de hauteur à maturité mais dont le houppier ne couvre pas encore 10% de la superficie sont classées dans la catégorie « Forêt », de même que les zones faisant normalement partie des terres forestières, temporairement déboisées par suite d´une intervention humaine ou de phénomènes naturels, mais qui devraient redevenir des forêts dans la limite de 5 ans suivant le déboisement.

Le terme « forêt » inclut les routes qui traversent les forêts, les pare-feux et les autres ouvertures de faible superficie, dont la largeur est inférieure à 20 m. Les haies brise-vent, les rideaux-abris arborés et les couloirs d'arbres ayant une superficie supérieure à 0,5 ha et une largeur de plus de 20 m sont également inclus dans la définition de forêt.
En revanche, les peuplements d'arbres respectant les seuils définis mais dont l'affectation est majoritairement non-forestière (vergers, parcs urbains, jardins etc.) sont exclus de la catégorie « Forêt ».

Cette définition de la forêt est conforme à celle communiquée antérieurement à l'Organisation de l'ONU pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), dans le cadre notamment des enquêtes FRA 205, FRA 2010, FRA 2015.

Définitions de « Gestion forestière » et « Forêt gérée »

Pour la France, une forêt est **gérée** au sens de la CCNUCC lorsqu'elle fait l'objet d'opérations de gestion forestière visant à administrer ses fonctions écologiques, économiques et sociales. Le terme « opération de gestion forestière » recouvre les actions de coupes ou de travaux forestiers mais également les actions de planification forestière, d'accueil du public en forêt ou de protection des écosystèmes forestiers.

Seules les forêts exclusivement soumises aux processus naturels, en raison notamment d'une accessibilité limitée, sont considérées comme **non gérées**, elles sont estimées à partir des surfaces des « autres forêts » définies par l'IGN qui représentent environ 5% des forêts métropolitaines et sont considérées stables dans le temps

Définitions de « forêts restant forêts » et « terres devenant forêts »

La catégorie des forêts restant forêts correspond à l'ensemble des terres en forêt depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

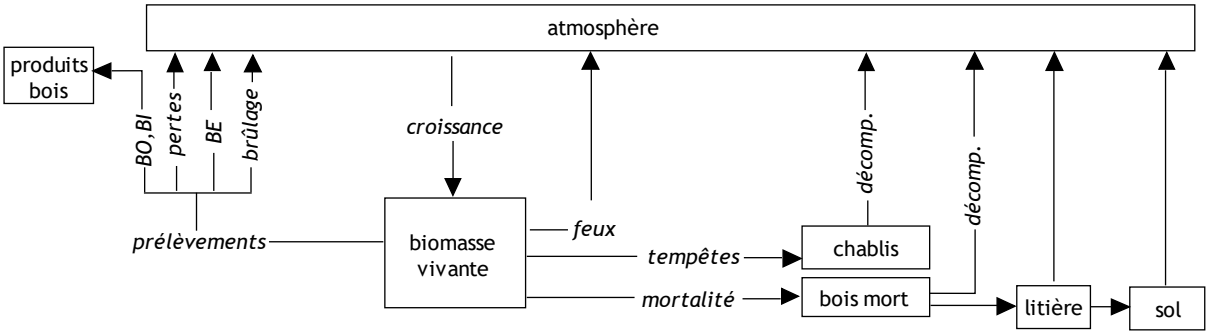
La catégorie des terres devenant forêts correspond à l'ensemble des terres en forêt depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

Approche et données

Approche générale

En forêt, les estimations se font en partie avec une approche gains-pertes et en partie avec une approche par variation de stock.

Figure 118 : Schéma récapitulatif des flux et stocks de carbone pour la forêt



Parmi ces stocks et ces flux, certains sont connus directement (donnée d'entrée), d'autres sont estimés indirectement à partir de données d'entrée et d'hypothèses, et enfin certains ne sont pas estimés. La méthode des flux permet d'estimer directement les flux entre compartiments mais ne permettent pas de connaître l'état des stocks. La méthode de variation de stock permet d'estimer indirectement ces flux.

Approche en métropole

Méthodologie de l'inventaire forestier

Les flux de carbone estimés pour la forêt sont en grande partie dérivés des travaux de l'IGN qui produit l'inventaire forestier de la France. Le protocole pour la production des résultats d'inventaire forestier de l'IGN est décrit en détail sur le site internet de l'IGN [594]. L'inventaire forestier repose sur un système d'échantillonnage systématique comportant annuellement environ 80 000 points d'inventaire.

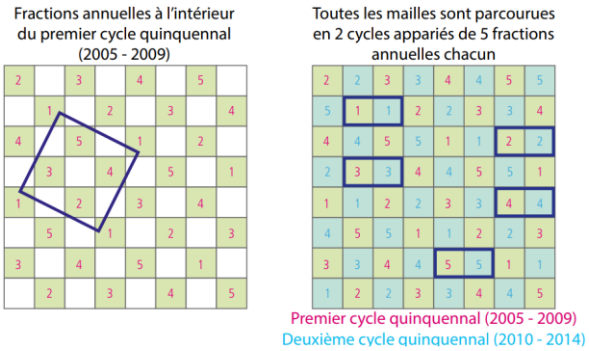
Deux grandes étapes peuvent ensuite être distinguées : la photo-interprétation de tous ces points d'inventaire (classification par couverture et usage et estimation des surfaces) ; la visite de terrain sur une partie des points d'inventaire classés en forêt ou landes (estimation de plusieurs dizaines de caractéristiques qualitatives et quantitatives) (voir encadré ci-dessous).

Méthodologie de l'IFN

« Depuis 2005, une méthode statistique par sondage systématique est appliquée annuellement sur l'ensemble du territoire métropolitain. L'avantage de cette méthode est d'être souple et de s'adapter facilement à de multiples découpages spatiaux et à de nombreuses thématiques. Elle permet de produire annuellement des résultats nationaux et régionaux précis par agrégation de données issues de cinq campagnes annuelles.

Chaque année, un échantillon représentatif de l'ensemble du territoire est visité. Il est cumulable avec les échantillons des années adjacentes pour produire des résultats plus précis fondés sur plusieurs échantillons annuels, selon le principe de la fenêtre glissante. Les résultats standards portent ainsi sur cinq années successives et fournissent des estimations pour l'année médiane de la fenêtre. L'inventaire forestier repose sur une grille à maille carrée de 1 km de côté, mise en place pour construire dix échantillons annuels différents. Cette grille décennale est séparée en deux sous-ensembles quinquennaux, dont les fractions annuelles sont juxtaposées : la fraction 1 du premier cycle quinquennal est juxtaposée à la fraction 1 du second cycle, etc.

Ainsi, une grille formée de cinq ensembles de mailles rectangulaires de 2 km² se dessine, ce qui permet une optimisation logistique entre les points « première visite » et les points « deuxième visite ». En effet, depuis 2010, le plan d'échantillonnage est composé de points revisités systématiquement cinq ans après le passage initial.

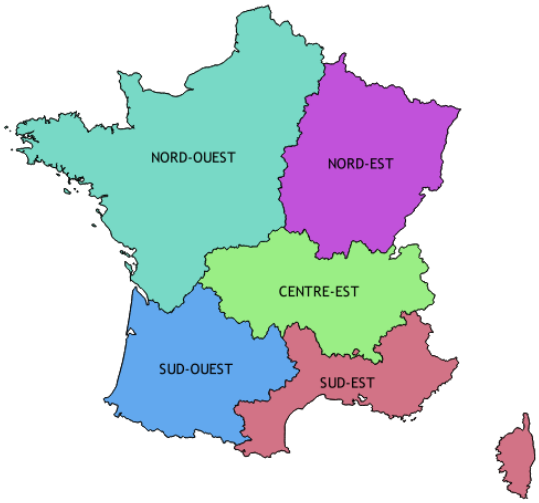


Chaque année, la première phase statistique de l'inventaire est la photo-interprétation ponctuelle. À partir de l'orthophotographie départementale de référence en infrarouge couleur (BD ORTHO®), des informations relatives à la couverture du sol, à son utilisation et à la taille des formations ligneuses sont notées sur des placettes de 25 mètres de rayon entourant les points d'inventaire. La photo-interprétation ponctuelle est composée de deux échantillons différents, pour un travail de photointerprétation à réaliser de manière homogène :
un premier échantillon de points nouveaux, constitués de points photointerprétés pour la première fois, et un deuxième échantillon de points re-photo-interprétés, constitué de points déjà photo-interprétés cinq ans auparavant. Ce sont désormais environ 100 000 points qui sont photo- interprétés chaque année. Les résultats de ce travail initial contribuent à une première estimation de la surface du territoire selon la couverture et l'utilisation du sol.
La seconde phase consiste à tirer un sous-échantillon parmi les points de la première phase : les couvertures boisées et les landes font l'objet d'un inventaire sur le terrain (soit environ 7 000 points visités chaque année), les couvertures agricoles et en improductif n'en font pas l'objet. Au cours des travaux de terrain, des observations et mesures portant sur le milieu et la végétation (arborée ou non) sont effectuées sur les placettes concentriques entourant le point. Cela permet de qualifier plusieurs dizaines de caractéristiques qualitatives et quantitatives, concernant le peuplement forestier, la végétation, les conditions stationnelles et les arbres (hauteur, diamètre, accroissement, âge, etc.). Des données sur le bois mort au sol sont également collectées, par inventaire des pièces de bois mort au sol qui intersectent le transect de 12 m de long centré sur la placette. L'espèce concernée, le diamètre de la pièce, ainsi que son état de décomposition sont relevés. De plus, un suivi des habitats forestiers est mis en place. Il s'appuie sur des clés régionalisées par domaine biogéographique ou grande région écologique et est basé sur des indicateurs écologiques et floristiques. Profitant de la proximité des mailles des échantillons n et n-5, depuis la campagne 2010, la visite des points d'un nouvel échantillon n permet un retour sur les points de l'échantillon n-5 (plus de 7 000 points par an). Depuis la campagne 2015, une grande majorité des informations sont ressaisies. Ce retour est destiné à estimer de manière précise et fiable les évolutions (flux) en forêt, comme l'accroissement des peuplements, la mortalité des arbres ou les prélèvements de bois. Les placettes initiales acquièrent ainsi un caractère « semi-permanent », puisqu'elles font l'objet d'une nouvelle mesure, cinq ans après leur mise en place. » [594]

Accroissement (ou production brute)

En France métropolitaine, l'IGN fournit des estimations de la production brute au sein des forêts de production par type de peuplement et par interrégion (regroupement des 22 anciennes régions en 5 interrégions). Le protocole de terrain de l'inventaire forestier de l'IGN pour estimer ce paramètre de production est décrit sur le site internet de l'IGN [594].

Figure 119 : Carte des interrégions IGN



La production brute annuelle totale de la forêt est estimée en sommant la production des arbres recensables depuis 5 ans (accroissement en volume des 5 dernières années), le recrutement (volume des arbres recensables depuis moins de 5 ans) et la production sur la période précédant leur mort des arbres coupés ou morts durant les 5 dernières années. La production annuelle brute est donc basée sur une estimation de la production sur une période de 5 ans en raison du protocole de collecte des données de terrain. Cette approche se justifie également par la forte variabilité interannuelle de l'accroissement des arbres qui peut ainsi être lissée dans les inventaires d'émission.

La production brute des arbres est estimée à partir des mesures de terrain notamment la circonférence, la hauteur, et l'accroissement radial des arbres présents. Elle est ensuite extrapolée à l'ensemble de la forêt française grâce aux travaux réalisés par photo-interprétation. Pour les arbres recensables depuis 5 ans la production en volume (en m3 de bois fort tige IGN) est estimée par arbre grâce à l'équation suivante :

Équation 6 (Forêts)

$$\text{Production} = V_t - V_{t-5} = V''_t \times (1 - V'_{t-5}/V'_t)$$

Avec :

Production	=	Volume de production brute sur 5 ans entre l'année t et l'année t-5
V_t	=	Volume de l'arbre l'année t
V_{t-5}	=	Volume de l'arbre l'année t-5
V''_t	=	Volume de l'arbre l'année t estimé par un tarif de cubage à 2 entrées (circonférence, hauteur)
V'_t	=	Volume de l'arbre l'année t estimé grâce un tarif de cubage à 1 entrée (circonférence)
V'_{t-5}	=	Volume de l'arbre l'année t-5 estimé grâce un tarif de cubage à 1 entrée (circonférence)

Les volumes V''t, V't, V't-5 (exprimés en bois fort tige IGN) sont estimés à partir de tarifs de cubage spécifiques développés par l'IGN (IGN, 2010) :

V''t est fonction de la circonférence à 1,30 m et de la hauteur de l'arbre l'année t.

V'_t et V'_{t-5} sont estimés par des tarifs de cubage à une seule entrée qui est la circonférence l'année t-5 (déduit de la mesure de l'accroissement radial).

Les tarifs de cubage à une entrée sont moins précis que ceux à deux entrées mais ils permettent de s'affranchir de la hauteur de l'arbre à t-5 qui est inconnue. L'utilisation du ratio $V1_{t-5}/V1_t$ permet d'atténuer le biais que représente l'usage de tarifs de cubage à une seule entrée.

Méthodologie de l'IFN : mesure de l'accroissement

« L'accroissement radial des cinq dernières années est mesuré sur tous les arbres vifs inventoriés de la placette. Pour ce faire, les agents de terrain utilisent une tarière de Pressler qui permet d'obtenir une carotte de bois prise à une hauteur de 1,30 m. Cette carotte est ensuite examinée et mesurée à la loupe pour disposer d'un accroissement radial en dixièmes de millimètres sur les cinq dernières années. Le cerne de l'année t n'est marqué qu'à la fin de la saison de végétation, c'est-à-dire vers la fin de l'été ou le début de l'automne. La campagne d'inventaire de l'année t débute en novembre de l'année t-1 à un moment où le cerne t-1 est pleinement constitué. C'est celui-ci qui est mesuré, ainsi que les quatre précédents, tout au long de la campagne de l'année t. Le cerne mis en place l'année t n'est pas mesuré. Les mesures de l'année n concernent donc bien les années de croissance t-5 à t-1 exactement. » [594]

Il est important de souligner que les méthodes d'inventaire de l'IGN ont changé en 2005 de manière à pouvoir produire des résultats nationaux tous les ans, ce qui n'était pas le cas auparavant. Du fait de ces changements et de la nécessité d'avoir une information fiable et représentative, les résultats d'inventaire forestiers sont actuellement fournis sur des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc.).

L'IGN produit des résultats de production brute en volume de bois fort tige IGN ce qui correspond à une unité traditionnellement utilisée dans les inventaires forestiers. Mais il fournit également ces résultats en biomasse total et en carbone total grâce à l'utilisation de tarifs de cubage et de facteurs de conversion spécifiques. Pour les résultats de production en biomasse totale, l'équation UTCATF 6 est également utilisée en revanche le paramètre V''t est exprimé en biomasse totale et est estimé grâce à des tarifs de cubage différents [595] de ceux utilisés pour estimer les volumes en bois fort tige (IGN, 2010). Les données de production fournies par l'IGN sur des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc.). Ces données sont traitées par l'IGN pour correspondre aux années médianes 2007, 2008, 2009, etc. dans l'inventaire de GES. Certaines années médianes correspondent donc à des périodes incluant ou non les impacts de la tempête Klaus qui a eu lieu en 2009.

Tableau 129 : Production brute annuelle de biomasse totale aérienne et racinaire (ktC/an) détaillée par interrégion telle qu'elle est fournie par l'IGN (exemple pour l'année 2007)

	PUREMENT FEUILLU	MIXTE	PUREMENT CONIFERE	PEUPLERAIE	**TOTAL**
CENTRE-EST	4 120	1 370	2 707	73	8 270
NORD-EST	7 964	1 352	1 828	127	11 272
NORD-OUEST	7 719	716	1 177	383	9 996
SUD-EST	1 882	557	1 523	19	3 981
SUD-OUEST	4 480	553	2 827	133	7 993
FRANCE	**26 165**	**4 549**	**10 062**	**736**	**41 512**

Les données transmises par l'IGN concernent actuellement les années de 2007 à 2012. Ensuite grâce à des données complémentaires, issues de l'IFN, sur la tendance des accroissements depuis 1990 et sur les jeunes peuplements, les accroissements et la mortalité sont estimés sur toute la période depuis 1990 pour les jeunes peuplements et les peuplements matures.

Mortalité

La mortalité annuelle correspond au volume des arbres qui sont morts durant l'année. Il s'agit donc du flux annuel de carbone entre le compartiment biomasse vivante et le compartiment bois mort. Il s'agit de la mortalité de fond, hors tempêtes exceptionnelles qui font l'objet d'un traitement particulier (voir plus bas). Ce flux est directement comptabilisé comme une émission vers l'atmosphère. En pratique l'IGN estime ce paramètre en mesurant les volumes des arbres morts depuis moins de cinq ans précédant la visite sur le terrain. La mortalité annuelle est estimée à partir des mesures de terrain notamment la circonférence et la hauteur des arbres morts présents. Elle est ensuite extrapolée à l'ensemble de la forêt française grâce aux travaux réalisés par photo-interprétation.

Dans le GIEC 2006, cette grandeur n'est pas clairement présentée elle est supposée incluse dans le paramètre $L_{disturbances}$ de l'équation 2.11 du GIEC 2006 [672] traitant des pertes de carbone des terres forestières.

L'IGN produit des résultats de mortalité en volume de bois fort tige IGN mais également en biomasse total et en carbone total grâce à l'utilisation de tarifs de cubage (Vallet, 2006) et de facteurs de conversion spécifiques. Les données de mortalité fournies par l'IGN concernent des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc.). Ces données sont traitées par l'IGN pour fournir une mortalité « de fond » hors tempête Klaus (la mortalité liée à la tempête Klaus est traitée de manière distincte cf. paragraphe sur les tempêtes). Les résultats obtenus pour ces périodes sont appliqués aux années médianes (2007, 2008, 2009, etc.). dans l'inventaire de GES. La mortalité est extrapolée sur toute la période depuis 1990 sur la base de la tendance estimée pour la production.

Tableau 130 : Mortalité annuelle de biomasse totale aérienne et racinaire (ktC/an) détaillée par interrégion telle qu'elle est fournie par l'IGN (exemple pour l'année 2007)

	PUREMENT FEUILLU	MIXTE	PUREMENT CONIFERE	PEUPLERAIE	**TOTAL**
CENTRE-EST	628	152	290	2	1 071
NORD-EST	372	76	78	5	531
NORD-OUEST	658	81	61	2	801
SUD-EST	360	116	257	0	732
SUD-OUEST	512	52	51	1	616
FRANCE	**2 529**	**478**	**735**	**10**	**3 752**

Prélèvements

Les prélèvements annuels de bois correspondent au volume des arbres qui sont récoltés durant l'année. Ils constituent des pertes de carbone pour les réservoirs de biomasse vivante. Dans le GIEC 2006, cette grandeur correspond aux paramètres $L_{fellings}$ et $L_{fuelwood}$ de l'équation 2.11 traitant des pertes de carbone des terres forestières.

Équation 7 (Forêts) (basée sur l'équation 2.11 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF_L = L_{wood\text{-}removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbances}$$

Avec :

ΔCFF_L = Perte annuelle de carbone due à la perte de biomasse dans les forêts restant forêts, t C/an
$L_{wood\text{-}removals}$ = Perte annuelle de carbone due aux récoltes commerciales de bois, t C/an
$L_{fuelwood}$ = Perte annuelle de carbone due aux récoltes de bois énergie, t C/an
$L_{disturbances}$ = Pertes de carbone liées aux perturbations (pertes sans récolte), t C/an

Les prélèvements de bois sont actuellement déterminés en combinant deux sources :

- D'une part des données de prélèvement de bois sont produites de façon directe par l'IGN lors de son inventaire forestier national (source « directe »)
- D'autre part, le GIEC propose un modèle qui permet d'évaluer indirectement ces prélèvements, à partir des statistiques de ventes de bois d'œuvre et d'industrie (source « modèle »)

Ces deux sources, « directe » et « modèle », sont ensuite combinées pour évaluer le volume des prélèvements (cf. section sur les méthodes d'estimation des émissions pour plus de détails).

Bilan forestier

Tableau 131 : Paramètres et bilan pour la biomasse forestière totale en métropole (ktC/an)

	Accroissement	Mortalité	Prélèvements	Bilan
1990	35 895	-3 250	-21 974	10 671
1991	36 196	-3 275	-22 937	9 984
1992	36 514	-3 302	-23 428	9 784
1993	36 848	-3 331	-21 912	11 605
1994	37 175	-3 361	-21 811	12 003
1995	37 505	-3 394	-21 898	12 213
1996	37 845	-3 425	-21 131	13 289
1997	38 180	-3 455	-21 437	13 288
1998	38 516	-3 484	-21 097	13 935
1999	38 830	-3 512	-38 406	-3 088
2000	39 166	-3 544	-24 815	10 807
2001	39 493	-3 574	-21 861	14 058
2002	39 802	-3 603	-19 664	16 535
2003	40 128	-3 631	-18 966	17 531
2004	40 492	-3 663	-19 227	17 602
2005	40 824	-3 692	-19 248	17 884
2006	41 160	-3 722	-18 558	18 880
2007	41 512	-3 752	-18 301	19 459
2008	41 886	-4 268	-17 320	20 298
2009	42 797	-4 185	-18 722	19 889
2010	41 497	-3 969	-20 279	17 249
2011	40 169	-4 681	-20 160	15 328
2012	39 956	-4 604	-19 204	16 147
2013	40 325	-4 573	-18 661	17 091
2014	39 661	-4 775	-19 842	15 044
2015	40 322	-4 520	-19 674	16 127
2016	40 322	-4 520	-20 239	15 562
2017	40 322	-4 520	-20 773	15 028

Outre-mer

Approche

En Outre-mer (zone Kyoto), il n'existe pas de résultats similaires issus d'inventaires forestiers en raison de la faible exploitation forestière et du type de forêt. Des estimations ont donc été produites à partir des données par défaut du GIEC sur les accroissements forestiers. Ces résultats donnent un accroissement supérieur aux pertes dans tous les territoires, il a donc été choisi de manière conservative de conserver une hypothèse de stabilité de la biomasse forestière dans ces territoires en considérant que l'accroissement permet seulement de compenser les récoltes et ne génère pas de puits supplémentaire.

Données

Cette hypothèse de neutralité s'appuie sur l'expertise de Guitet et al. (2006) [328]. L'accroissement est donc indirectement estimé à partir du taux de prélèvement, et s'élève à 0.02tC/ha (aérien + racinaire). Pour les terres ayant été boisées depuis moins de 20 ans, la valeur de 1tC/ha comme en

métropole est utilisée, en cohérence avec Guitet et al. 2006 (valeur d'accroissement après récolte entre 1.5tC et 2tC/ha).

Incertitudes le rôle de puits de la forêt guyanaise

Le bilan carbone de l'écosystème forestier en Amazonie est incertain. Certaines études tendent à montrer que la forêt amazonienne en général auraient un rôle de puits, d'autres montrent qu'il s'agirait plutôt d'une source. Ces résultats dépendent de multiples paramètres (périmètre, mesure ou estimation, région, échantillonnage, période…).

La prise en compte des phénomènes de surmortalité liée à la variabilité pluvio-climatique ainsi qu'à la dégradation forestière (au-delà de la déforestation) induit des estimations qui remettent parfois en question le rôle de puits de carbone de la forêt amazonienne. Au niveau mondial, à partir de mesures satellitaires couplées aux données de terrain, Baccini et al. (2017) concluent que les espaces forestiers tropicaux seraient une légère source, et non un puits. La croissance ne compenserait pas la déforestation ni la dégradation et perturbation (69% des pertes).

L'analyse des données forestières historiques montre que si l'Amazonie joue un rôle de puits de carbone, une tendance au déclin de cette accumulation est observée à long terme (Brienen et al., 2015). Le taux d'accroissement dans la biomasse aérienne a diminué de 2/3 entre les années 1990 et les années 2010. On observer un récent phénomène de stagnation (atteinte d'un plateau) dans la croissance, alors que la mortalité a continué d'augmenter.

D'après Philips et Brienen (2017), en Amazonie, la forêt constitue un puits persistant, même s'il s'est affaibli depuis les années 2000. En Guyane, ce puits serait d'ampleur à compenser l'intégralité des émissions générées, y compris par la déforestation et les changements d'occupation des terres. Les forêts de Guyane n'ont pas forcément la même sensibilité aux hausses de mortalité que celles du reste de la région amazonienne. Cette sensibilité reste corrélée à la quantité de biomasse aérienne présente (Johnson, et al. 2016).

Equations générales

Equation générale pour la variation de stock en forêt restant forêt (ΔCFF)

La catégorie des forêts restant forêts correspond à l'ensemble des terres en forêt depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC). Cette section vise essentiellement l'estimation des variations de stock de carbone pour chacun des réservoirs de carbone identifié par le GIEC. Cette estimation est illustrée par l'équation suivante inspirée du GIEC 2006 [672].

Équation 8 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.3 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF = (\Delta CFF_{LB} + \Delta CFF_{DOM} + \Delta CFF_{Soils})$$

Avec :

ΔCFF	=	Variation de stock annuelle dans l'ensemble des stocks de carbone des forêts restant forêts, t C/an
ΔCFF_{LB}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, t C/an
ΔCFF_{DOM}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse morte (bois mort et litière inclus) des forêts restant forêts, t C/an
ΔCFF_{Soils}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la matière organique du sol des forêts restant forêts, t C/an

Equation générale pour la variation de stock en terres devenant forêt (ΔCLF)

Comme pour les forêts restant forêt, les variations de stocks de carbone de la biomasse vivante des terres devenant forêts sont estimées par la méthode des flux.

Équation 9 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.3 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF = (\Delta CLF_{LB} + \Delta CLF_{DOM} + \Delta CLF_{Soils})$$

Avec :

ΔCLF	=	Variation de stock annuelle dans l'ensemble des stocks de carbone des terres devenant forêts, t C/an
ΔCLF_{LB}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante (aérienne et souterraine) des terres devenant forêts, t C/an

ΔCLF_{DOM}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse morte des terres devenant forêts, tC/an ($\Delta CLF_{DOM} = \Delta CLF_{DW} + \Delta CLF_{LT}$ soit bois mort + litière)
ΔCLF_{Soils}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la matière organique du sol des terres devenant forêts, t C/an

6.4.1.1 Forêts restant forêts (4A1)

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie est la 2ème catégorie clé (8,4%) de l'inventaire national français en termes de niveau de flux (CO2) et est 10ième en termes d'évolution des émissions (3,1%). Il s'agit bien ici de l'importance des flux, et non des émissions, car cette sous-catégorie est un puits.

Biomasse vivante (Forêts restant forêts)

Calcul des variations de stock de carbone dans la biomasse vivante des forêts restant forêts (ΔCFF_{LB})

Le stock de carbone de ce réservoir évolue au cours du temps, dans l'inventaire français ses variations sont estimées à partir des accroissements, de la mortalité, des prélèvements forestiers et prennent en compte certains événements exceptionnels comme les tempêtes ou les feux de forêts (cf. la partie qui précède *Caractéristiques de la catégorie*). Les variations de stocks de carbone de la biomasse vivante des forêts restant forêts sont estimées par la méthode des flux.

Équation 10 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.4 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF_{LB} = (\Delta CFF_G - \Delta CFF_L)$$

Avec :

ΔCFF_{LB}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, t C/an
ΔCFF_G	=	Gain annuel en carbone de la biomasse vivante, t C/an
ΔCFF_L	=	Perte annuelle en carbone de la biomasse vivante, t C/an

Calcul des gains pour la biomasse vivante des forêts restant forêts (ΔCFF_G)

Pour estimer l'accroissement des arbres ; en forêts restant forêts, le GIEC propose la méthode suivante.

Équation 11 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.9 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF_G = \Sigma_{ij} (A_FF_{ij} \bullet GTOTAL_FF_{ij}) \bullet CF$$

Avec :

ΔCFF_G	=	Accroissement annuel en carbone dans les forêts restant forêts, t C/an
A_FF_{ij}	=	Surfaces de forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), ha
$GTOTAL_FF_{ij}$	=	Accroissement moyen annuel en matière sèche (MS) sur les forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Cette équation est appliquée dans l'inventaire français avec n = 4 types de forêt (feuillus, résineux, mixtes et peupliers) et m = 5 régions climatiques (Nord-Ouest, Nord-Est, Centre-Est, Sud-Ouest, Sud-

Est). A partir des accroissements sur la forêt totale, sont calculés les accroissements pour les deux sous-catégories de forêt de l'inventaire : les terres devenant forêt et les forêts restant forêt.

Équation 12 (Forêts)

$$GTOTAL_FF_{ij} = GTOTAL_{ij} \bullet A_FF_{ij} \bullet Acc_FF_{ij} \ / \ (A_FF_{ij} \bullet Acc_FF_{ij} + A_LF_{ij} \bullet Acc_LF_{ij})$$

Avec :

$GTOTAL_FF_{ij}$	=	Accroissement normalisé moyen annuel en matière sèche (MS) sur les forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), t MS/ha/an
$GTOTAL_{ij}$	=	Accroissement moyen annuel en MS sur les forêts, tMS/an
A_FF_{ij}	=	Surfaces des forêts restant forêts, ha
A_LF_{ij}	=	Surfaces des terres devenant forêts, ha
Acc_FF_{ij}	=	Accroissement moyen annuel en MS sur les forêts restant forêt, t MS/ha/an
Acc_LF_{ij}	=	Accroissement moyen annuel en MS sur les terres devenant forêt, t MS/ha/an

Calcul des pertes pour la biomasse vivante des forêts restant forêts (ΔCFF_L)

Pour les pertes de carbone de biomasse vivante en forêt restant forêt l'équation suivante est utilisée.

Équation 13 (Forêts)

$$\Delta CFF_L = \Sigma_{ij} \ (P_FF_{ij} + Mortalité_FF_{ij}) \bullet CF$$

Avec :

ΔCFF_L	=	Pertes totales
P_FF_{ij}	=	Prélèvements de bois (bois matériau et bois énergie)
$Mortalité_FF_{ij}$	=	Mortalité moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Calcul des prélèvements de bois des forêts restant forêts (P_FF_{ij})

Dans l'inventaire français, il est considéré que tous les prélèvements ont lieu sur les forêts restant forêt, les prélèvements de bois ne sont donc pas répartis entre forêts restant forêts et terres devenant forêts.

Méthode « directe » de mesure des prélèvements par l'IGN

Les prélèvements sont estimés dans un premier temps avec une donnée issue de l'IGN : l'estimation des « prélèvements directs » en forêt [202], disponibles en volume (bois fort tige IGN), en biomasse totale et en carbone total (grâce à l'utilisation de tarifs de cubage (Vallet, 2006) et de facteurs de conversion spécifiques)., et sur des périodes de 5 ans.

Méthodologie de l'IFN : mesure des prélèvements

« Pour estimer les prélèvements, l'IGN revient sur toutes les placettes « forêt » et « peupleraie » inventoriées cinq ans auparavant et sur lesquelles des arbres vivants avaient été observés. Le choix du pas de temps de cinq ans correspond à la période d'évaluation des autres flux (croissance des arbres et mortalité). […] Sur les points où au moins un prélèvement de moins de 5 ans est signalé, chaque arbre qui était vivant et inventorié au passage précédent est noté comme coupé ou non. Un arbre est noté coupé, que la grume soit vidangée ou non et que la souche soit déracinée ou non. » [594]

Cette donnée n'est disponible que depuis la mise à jour méthodologique de l'IFN de 2005, et donc est disponible pour des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc). Elle comptabilise les arbres prélevés en forêt entre deux campagnes d'inventaire forestiers et permet d'évaluer, avec une incertitude faible, les volumes de bois récoltés en forêt.

Ces données de prélèvement concernent à la fois les forêts restant forêt que les forêts qui seront finalement défrichées. La part des prélèvements issue défrichements (P_Défrichement IGN), d'environ 1,5 Mm3 de bois fort tige sur les années couvertes est ainsi retranchée de ce niveau de prélèvement général en forêt. Ainsi, la perte de biomasse n'est pas double-comptée avec celle des défrichements.

Équation 14 (Forêts)

$$P_Foret_IGN = P_Total_IGN - P_Défrichement_IGN$$

Avec :

P_Foret_IGN	=	Prélèvement dans les forêts, t C/an
P_Total_IGN	=	Prélèvement dans les forêts et sur les terres défrichées selon l'IGN, t C/an
P_Défrichement_IGN	=	Prélèvement sur les terres défrichées selon l'IGN, t C/an

Ce niveau général de prélèvement (P_Foret_IGN) est utilisée en complément de données statistiques sur les récoltes de bois, obtenues via la méthode « modèle » (§ 2.3.3.1.2). En effet, cette donnée IGN sert uniquement, comme donnée de calage », à fixer le niveau général de prélèvement pour toutes les années disponibles depuis 2005, pour chacune des 5 interrégions (§2.2.2.2). Ce niveau général est calculé avec une moyenne pondérée, en prenant en compte le fait que les années centrales participent au calcul de plusieurs périodes quinquennales et donc « pèsent » davantage que les années extrêmes. Ces données ne sont donc pas encore utilisées pour estimer la tendance des prélèvements en forêt ni pour estimer le type de forêt dans lequel ont lieu les prélèvements.

Méthode « modèle » - approche générale

En second temps, le niveau de prélèvement annuel est estimé à partir de différentes statistiques de vente de bois d'œuvre et de consommation de bois énergie, via un modèle qui permet d'estimer la récolte de bois et sa destination. Cette approche « modèle » est ensuite recalé sur le niveau général de prélèvement mesuré en forêt via la méthode « directe » (§ 2.3.2.3.1.2). L'approche modèle est toujours nécessaire car elle permet d'estimer les prélèvements depuis 1990 et appréhender le devenir du bois prélevé (savoir s'il est récolté, brûlé sur site, laissé en décomposition), la méthode directe servant de valeur de référence pour les années les plus récentes. Les prélèvements de bois en forêt rapportés dans l'inventaire UTCATF sont donc cohérents avec les résultats de l'IGN obtenus par la méthode « directe », mais il est nécessaire de conserver la méthode « modèle » pour avoir un ensemble cohérent sur l'ensemble de la période inventaire et des données adaptées au rapportage dans les inventaires d'émissions. La méthode « modèle » correspond à la méthode GIEC d'estimation des prélèvements.

Équation 15 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.12 du GIEC 2006 [672])

$$L_{wood\text{-}removals} = H \bullet D \bullet BEF_R \bullet (1+R) \bullet CF$$

Avec :

$L_{wood\text{-}removals}$	=	Perte annuelle de carbone due aux récoltes de bois commercial, tC/an
H	=	Volume de bois commercial récolté annuellement, m^3/an
D	=	Densité du bois, t MS/m^3
BEF_R	=	Facteur d'expansion applicable aux volumes récoltés, sans unité
R	=	ratio racine/aerien, sans unité
f_{BL}	=	fraction laissée en décomposition
CF	=	Fraction en carbone de la matière sèche, t C/t MS

Équation 16 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.13 du GIEC 2006 [672])

$$L_{fuelwood} = FG \bullet D \bullet BEF_R \bullet (1+R) \bullet CF$$

Avec :

$L_{fuelwood}$	=	Perte annuelle de carbone due aux récoltes de bois énergie, t C/an
FG	=	Volume de bois énergie récolté annuellement, m^3/an
D	=	Densité du bois, t MS/m^3
BEF_R	=	Facteur d'expansion applicable aux volumes récoltés, sans unité
R	=	ratio racine/aérien, sans unité
CF	=	Fraction en carbone de la matière sèche, t C/t MS

La méthode « modèle » est basée sur l'estimation de deux valeurs : les récoltes commerciales (bois d'œuvre et d'industrie principalement) et les récoltes non commerciales (bois de feu principalement).

Méthode « modèle » - Récoltes commerciales – Bois d'œuvre et d'industrie

Les récoltes commerciales sont issues des statistiques de ventes de bois d'œuvre et d'industrie. En métropole, l'enquête annuelle de branche sur « exploitation forestière et scierie » du SSP (EAB) fournit les volumes de récoltes commerciales de bois à l'échelle régionale [200].

Méthode « modèle » - Récoltes non commerciales – Bois énergie

Il s'agit essentiellement de prélèvement pour le **bois de feu**, (soit une partie du prélèvement de bois énergie), qui doit spécifiquement être estimée, bien que l'évaluation des volumes transitant par cette filière soit difficile de par la nature diffuse de l'activité.

Utilisation du bilan de l'énergie.

L'utilisation de bilans de consommation de biomasse à des fins énergétiques (résidentiel, tertiaire, chauffage urbain, industrie, etc.) permet de disposer d'une estimation réaliste des volumes prélevés. Ainsi, la consommation globale de bois énergie est fournie par le SOeS [1] mais cette donnée doit être adaptée pour estimer la récolte de bois énergie sur les terres forestières.

Retranchement du bois énergie provenant de produits bois recyclés

Tout d'abord une partie du bois utilisé comme bois de feu provient d'une seconde vie d'un bois commercial (par exemple, brûlage d'une table en bois), une estimation du taux de recyclage des produits bois est donc prise en compte afin de ne pas effectuer de double comptage. Ce taux est estimé à 5% du bois énergie consommé dans le résidentiel sur la base d'une étude réalisée en 2000 pour l'Ademe [596].

Distinction entre bois de feu provenant de forêt et d'autres origines

L'étude Andersen (1999) [596] estime également que 70% du bois de feu consommé par les ménages est issu de forêt, les 25% restant représentant un prélèvement sur une autre ressource (agriculture, etc.). Combinées avec des résultats de l'INESTENE [201], il a été possible de ventiler les quantités en fonction de leur provenance (forêts, bosquets ou haies, vergers et vignes) par région [493].

Retranchement du bois énergie consommé en industrie provenant de produits connexes de scieries

Ensuite, dans le bilan de l'énergie, pour le bois-énergie consommé dans l'industrie, on distingue :

- une part, majoritaire, correspondant à des produits connexes de scieries (écorces, sciures, copeaux, plaquettes de scierie…). On considère que la totalité du bois énergie consommé en industrie provient de cette source jusqu'en 2007. Ce bois n'est donc pas décompté de la récolte en forêt pour éviter un double compte.

- une part correspondant à un prélèvement de bois en forêt, qui correspond à un surplus de consommation de bois énergie en industrie observée depuis 2007, due à l'usage croissant de plaquettes forestières.

Correction de l'effet de décalage entre récolte et consommation de bois de feu

Enfin il existe un décalage entre la consommation de bois dans le résidentiel et sa récolte en forêt. En moyenne on considère que le bois énergie est conservé entre 2 et 3 ans

Méthode (non appliquée) d'estimation de la récolte de bois prenant en compte ce décalage

La récolte de bois de feu d'une année i pourrait être estimée en fonction de la consommation de bois de feu des années suivante, selon l'équation ci-après :

Équation 17 (Forêts)

Frac2	=	Part de la consommation de l'année i+3 correspondant à du bois récolté l'année i
Conso_BE(i+2)	=	consommation de bois énergie de l'année i+2, tep

$Récolte_BE_{(i)} = (Frac_1 \bullet Conso_BE_{(i+2)} + Frac_2 \bullet Conso_BE_{(i+3)}) \bullet FCV$	$Conso_BE_{(i+3)}$ = consommation de bois énergie de l'année i+3, tep
Avec :	FCV = Facteur de conversion en volume, m^3/tep
Récolte_BE(i) = Récolte de bois énergie l'année i, m3	Malheureusement, Il n'est pas possible aux exploitants forestiers de prévoir quelle sera la consommation de bois énergie dans les années futures i+2 ou i+3, cette méthode ne permet donc pas d'estimer la récolte de bois énergie de manière fiable. Par conséquent, une autre approche a été privilégiée.
Frac1 = Part de la consommation de l'année i+2 correspondant à du bois récolté l'année i	

Il a été supposé que les exploitants forestiers constituent des stocks permettant d'assurer deux années successives avec des consommations de bois très fortes. Ces stocks leur permettent donc de satisfaire la demande en bois et de reconstituer ces derniers en fonction de la consommation de l'année en cours et de l'année précédente. Il a ainsi été estimé que la récolte annuelle de bois énergie pouvait être approchée en moyennant les deux dernières années de consommation de bois énergie.

Équation 18 (Forêts)

$$Récolte_BE_{(i)} = (Conso_BE_{(i)} + Conso_BE_{(i-1)}) / 2 \bullet FCV$$

Avec :

$Récolte_BE_{(i)}$ = Récolte de bois énergie l'année i
$Conso_BE_{(i)}$ = consommation de bois énergie de l'année i
$Conso_BE_{(i-1)}$ = consommation de bois énergie de l'année i-1
FCV = Facteur de conversion en volume, m^3/tep

Dans l'inventaire actuel, le facteur de conversion en volume (FCV) est estimé à 4,5 m^3/tep sur la base des estimations suivantes pour le bois énergie : 18GJ/t et 0.147 tep/stère et un facteur de densité moyen de 0.51 t/m3 obtenu à partir de CARBOFOR [204].Pour l'industrie la consommation de bois est supposée essentiellement composée de sous-produits de l'industrie du bois (déjà pris en compte dans les récoltes de bois (grumes et industrie) sauf sur les années récentes pour lesquelles le développement du bois énergie génère un prélèvement additionnel sur la ressource.

- les récoltes de bois d'œuvre et le bois énergie ne sont pas indépendantes (une partie des arbres coupés pour produire du bois d'œuvre ou d'industrie part en bois énergie)
- les statistiques de récolte de bois ne différencient pas les récoltes de bois issues de terres forestières ou de terres défrichées,
- les statistiques de consommation de bois énergie ne distinguent pas la source du bois énergie consommé.

Tableau 132 : Récoltes de bois matériau et de bois énergie en Métropole depuis 1990.

rapportageUTCATF.xls /OMINEA

ANNEE	BOIS D'OEUVRE (feuillus) (1000 m³)	BOIS D'OEUVRE (résineux) (1000 m³)	BOIS D'INDUSTRIE (feuillus) (1000 m³)	BOIS D'INDUSTRIE (résineux) (1000 m³)	BOIS ENERGIE (ktep)
1990	10 156	15 260	5 194	5 808	7 965
1991	9 724	14 077	5 435	6 283	8 452
1992	9 043	13 340	5 459	6 513	9 231
1993	8 033	12 509	4 732	5 901	9 356
1994	8 131	13 767	5 479	6 876	8 807
1995	8 290	14 374	5 523	7 271	8 155
1996	7 771	13 649	4 820	6 130	8 100
1997	7 845	14 245	5 342	6 495	8 237
1998	7 863	15 107	5 228	6 342	7 899
1999	7 952	15 240	5 366	6 503	7 544
2000	9 598	22 619	5 342	8 561	7 245
2001	7 642	18 952	4 788	8 477	6 981
2002	6 002	16 631	4 913	7 146	6 826
2003	5 719	15 120	5 142	6 283	6 726
2004	5 671	15 240	5 355	6 826	6 851
2005	6 076	14 803	5 413	6 805	6 948
2006	5 854	15 633	5 166	6 818	6 977
2007	6 343	16 427	5 344	6 840	6 606
2008	6 086	15 048	4 983	6 384	6 677
2009	5 228	17 216	4 113	8 235	6 863
2010	5 164	15 922	4 411	9 819	7 514
2011	5 479	15 427	4 418	7 857	7 717
2012	4 924	13 216	4 636	6 414	7 328
2013	4 809	13 624	4 089	5 716	7 791
2014	5 209	14 135	4 726	6 395	8 195
2015	5 127	13 785	4 663	6 039	7 892
2016	5 393	13 696	4 615	6 215	8 200
2017	5 304	14 127	4 584	6 206	8 768

Les prélèvements sont estimés par la méthode « modèle » avec l'équation suivante.

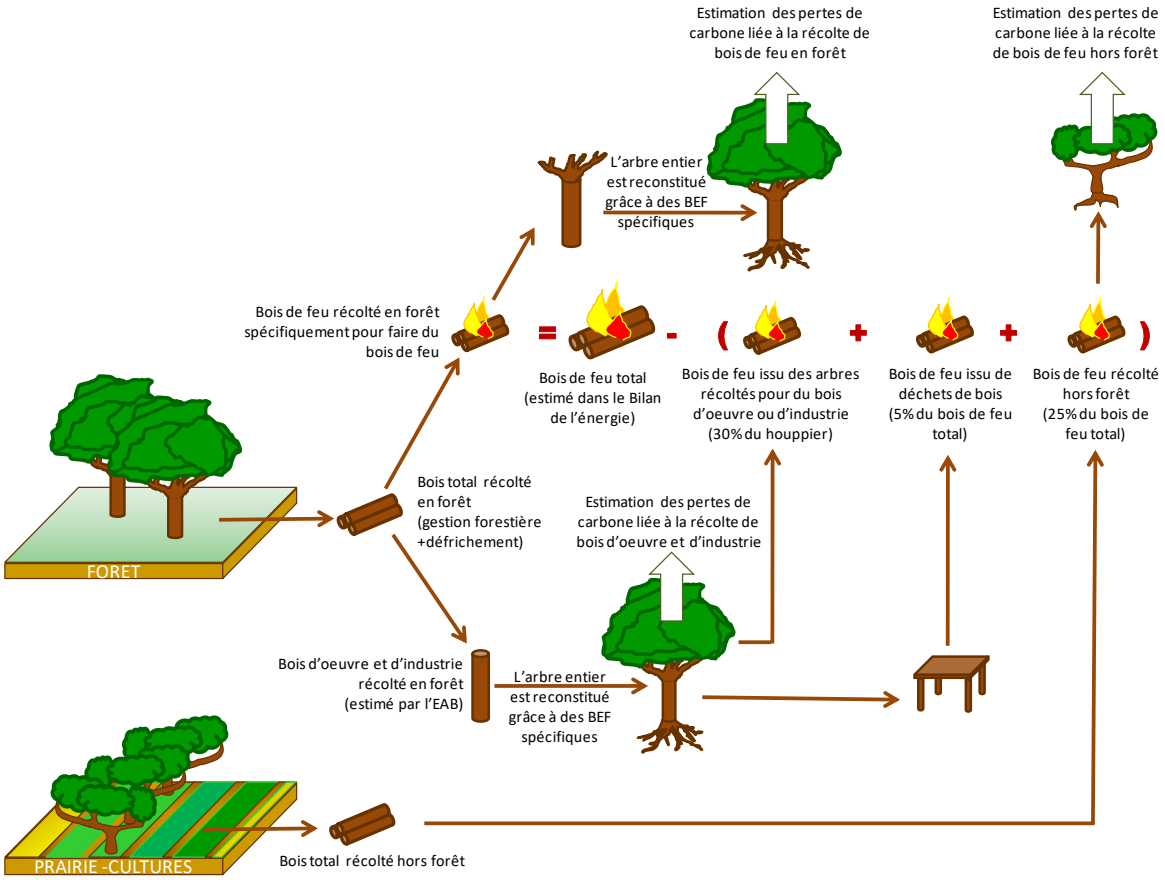
Équation 19 (Forêts)

$$P_modèle_i = Récoltes_SSP_i \bullet BEF + Récolte_BE_{(i)} \bullet (1 - \%hors_forêt - \%houppiers) \bullet BEF_BE - R_Défrichement_Modele_i$$

Avec :

$P_modèle_i$	=	Prélèvement de bois l'année i estimé par la méthode « modèle »
Récoltes_SSPi	=	Récoltes commerciale de bois matériau estimée par le SSP pour l'année i
BEF	=	Facteur d'expansion de biomasse applicable aux récoltes de bois matériau
$Récolte_BE_{(i)}$	=	Récolte de bois énergie estimée pour l'année i
%hors_forêt	=	Part du bois énergie récolté en forêt
%houppiers	=	Part des houppiers exploités pour du bois énergie
BEF_BE	=	Facteur d'expansion de biomasse applicable aux récoltes de bois énergie
$R_Défrichement_Modele_i$	=	Prélèvement de bois estimé pour l'année i sur les terres défrichées par la méthode basée sur les matrices de changement d'utilisation des terres

Figure 120 : Représentation schématique de la méthode (dite « modèle ») d'estimation des émissions liées aux récoltes de bois)



Méthode « modèle » - facteurs d'expansion et de conversion du bois

Pour les résultats produits par l'IGN, les volumes de biomasse totale sont obtenus par des tarifs de cubage [595] à savoir des équations qui peuvent s'appliquer aux caractéristiques de chaque arbre (espèce, circonférence, hauteur). Dans la méthode « modèle » il n'est pas possible d'utiliser ces tarifs de cubage, le GIEC propose donc l'utilisation de facteurs d'expansion de biomasse (BEF). Malheureusement ces BEF sont très difficiles à appliquer en dehors de leur propre périmètre d'étude. Pour cette raison, dans la méthode « modèle » les BEF utilisés sont des BEF spécifiques à la forêt française calculés à partir de la ressource sur pied et des tarifs de cubage utilisés par l'IGN. Les facteurs actuellement utilisés dans l'inventaire sont fournis par l'IGN, ils sont très proches des résultats disponibles dans le rapport CARBOFOR [204].

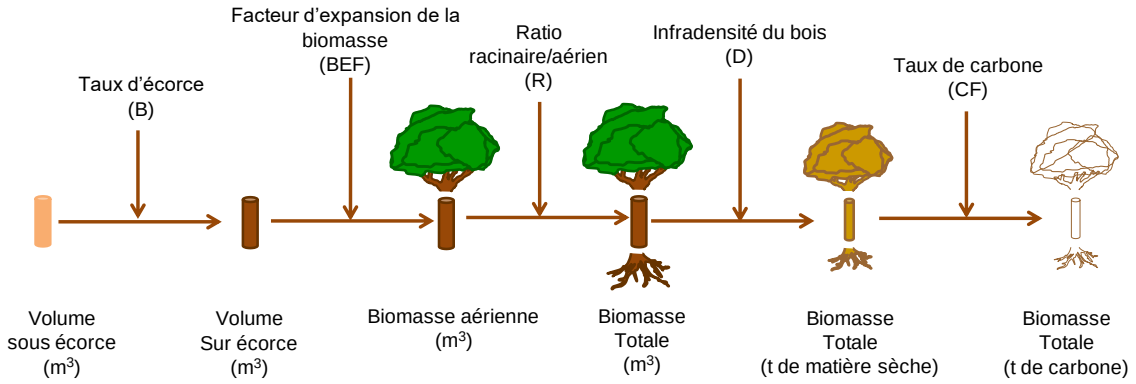
Tableau 133 : Facteurs d'expansion utilisés pour les prélèvements de bois matériau

	PUREMENT FEUILLU	MIXTE	PUREMENT CONIFERE	PEUPLERAIE
CENTRE-EST	1.65	1.45	1.27	1,42
NORD-EST	1.56	1.47	1.25	1,42
NORD-OUEST	1.59	1.53	1.30	1,42
SUD-EST	1.94	1.62	1.39	1,42
SUD-OUEST	1.66	1.52	1.31	1,42
FRANCE	**1.63**	**1.50**	**1.30**	1,42

Pour les facteurs d'expansion souterraine, plusieurs classes sont également distinguées. Les valeurs de 1,28 et 1,30 ont respectivement été retenues pour les peuplements anciens de feuillus et de conifères et les valeurs de 1,48 et 1,37 pour les jeunes peuplements de feuillus et de conifères [204].

Dans le cas du bois de feu, dans la mesure où la composition des essences récoltées n'est pas connue, les facteurs d'expansion retenus sont une valeur moyenne pondérée des facteurs d'expansion pour les feuillus et les conifères. Ces valeurs sont sensiblement variables suivant les années et valent approximativement 1,5 pour le facteur d'expansion branches et 1,29 pour le facteur d'expansion racine. Il en est de même pour la valeur d'infradensité.

Figure 121 : Conversion de volumes de bois commercialisés en carbone



Les données sur l'infradensité de la biomasse sont spécifiques à chaque essence, aussi bien pour l'estimation de l'accroissement que pour les prélèvements.

Tableau 134 : Infradensité utilisées pour les principales essences [598]

Essence	Densité en tMS/m³	Essence	Densité en tMS/m³
chêne	0.56	sapin, épicéa	0.38
hêtre	0.56	douglas	0.41
châtaignier	0.50	pin maritime	0.44
peuplier	0.36	pin sylvestre	0.43

Les travaux conduits dans le cadre du projet CARBOFOR ont également permis de retenir une valeur de teneur en carbone de la biomasse ligneuse plus adaptée au cas français. La valeur retenue dans les inventaires est de 0,475 très poche de la valeur de 0.47 retenue par le GIEC 2006 par défaut.

Combinaison de l'approche « modèle » et de l'approche « directe »

Il existe donc deux méthodes pour estimer les prélèvements en forêt, la méthode « modèle » basée sur les lignes directrices du GIEC 2006 et la méthode « directe » de mesure des prélèvements par l'IGN. Ces deux méthodes sont combinées dans l'inventaire de GES actuel et les prélèvements sont estimés à partir de l'équation suivante.

Équation 20 (Forêts)

$$Prélèvement_i = P_modèle_i \bullet P_Foret_IGN_{2005/20xx} / P_modèle_{2005/20xx}$$

Avec :

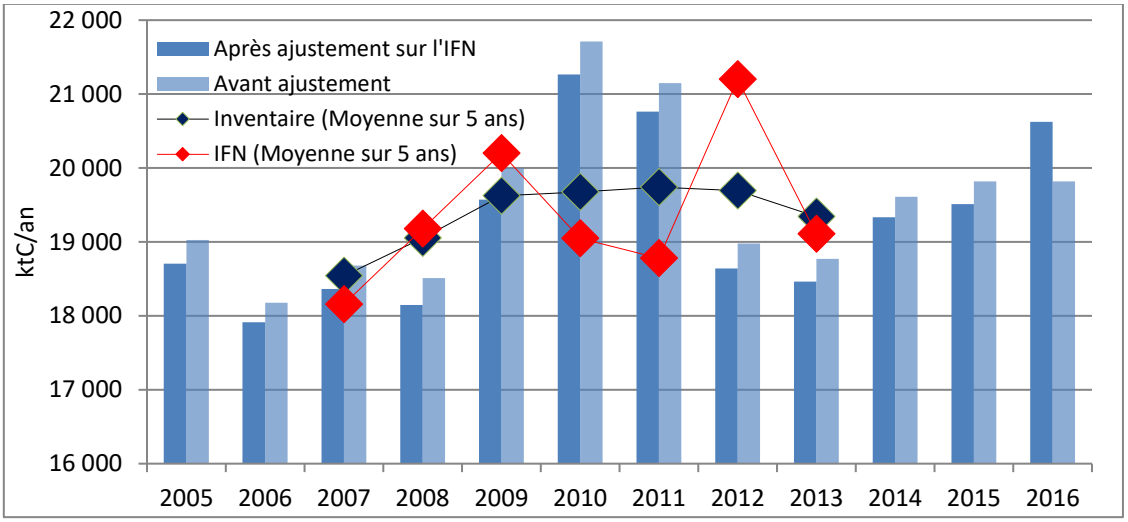
$Prélèvement_i$ = Prélèvement de bois estimé pour l'année i

$P_modèle_i$ = Prélèvement de bois estimé pour l'année i à partir des données commerciales de bois matériau et des consommations de bois énergie

$P_Foret_IGN_{2005/20xx}$ = Prélèvement de bois estimé sur la période 2005-20xx par la méthode directe de l'IGN

$P_modèle_{2005/20xx}$ = Prélèvement de bois estimé sur la période 2005-20xx à partir des données commerciales de bois matériau et des consommations de bois énergie.

Figure 122 : Représentation de l'ajustement sur la base des données de prélèvement direct issues de l'IFN



Équation 21 (Forêts)

$$P_FF_{ij} = Prélèvement_{ij}$$

Avec :

P_FF_{ij} = Prélèvement de bois estimé en forêt restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m)

$Prélèvement_{ij}$ = Prélèvement de bois estimé, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m)

Prélèvements de bois en Outre-mer

En Guadeloupe, Martinique et Réunion, la forêt représente moins de 1% de la superficie forestière française totale et est très peu exploitée, avec environ 13 000 m³ de récolte annuelle pour les années récentes. En Guadeloupe et Martinique il n'y a presque pas d'exploitation forestière et la récolte très faible provient de plantations d'acajou. A la Réunion l'exploitation forestière est également très faible et essentiellement basée dans les plantations de Cryptomeria. Selon les experts forestiers de l'Office National des Forêts (ONF) [533] et de l'Inventaire forestier national [534], les flux de carbone liés à la gestion des forêts sont négligeables dans ces îles.

A l'inverse, en Guyane, la forêt occupe une surface très importante avec environ un tiers de la superficie totale de la forêt française. Elle reste néanmoins peu exploitée aussi, avec environ 90 000 m³ de récolte en 1990 et environ 73 000 m³ pour les années récentes. En Guyane française, la situation est un peu différente car la superficie de la forêt est très importante, mais le faible niveau de l'exploitation forestière peut s'expliquer par plusieurs raisons : la faible densité de la population, la faible valeur du bois en Guyane française comparés au bois asiatiques ou africains, la difficulté d'accéder à la forêt, la difficulté pour transporter du bois flottant (la densité des arbres en Guyane française est souvent supérieure à 1).

Tableau 135 : Données forestières pour les départements d'Outre-mer

	Guadeloupe	Martinique	Guyane	La Réunion	Métropole
Surface (1000 ha)	64	49	8 082	88	15 500
Stock (1000 m³)	26 000	15 000	2 829 000	17 000	2 500 000
Récolte (1000 m³)	<0.5	2	73	11	45 000

Sources : Mémento Agreste Filière Forêt-Bois édition 2012 [532], IGN/IFN [202]

Cette faible exploitation des forêts ultramarines est illustrée par l'absence d'inventaire forestier et par les quelques données de récolte disponibles. Pour les années les plus récentes, la récolte annuelle

sur ces quatre territoires cumulés est estimé à 86 000 m^3 de bois. A titre de comparaison la récolte dans la partie métropolitaine est estimée à environ 45 000 000 m^3, ce qui signifie que la récolte dans les territoires d'outre-mer correspond à environ 0,2% de la récolte totale. Ramené au stock de biomasse en forêt, le pourcentage de prélèvement est encore plus faible dans la mesure où les stocks de carbone par hectare sont très élevés en Guyane française.

Considérant que le niveau de récolte est très faible et qu'il est difficile actuellement d'estimer précisément les accroissements dans les territoires d'Outre-mer, il a été jugé préférable, par les experts forestiers français [533, 534], d'appliquer un principe de prudence et de considérer que la croissance de la forêt permet seulement de compenser la récolte.

Calcul de la mortalité des forêts restant forêts (Mortalité_FF_{ij})

Equation générale de calcul de la mortalité en forêt restant forêt

La mortalité est répartie entre les forêts restant forêts et les terres devenant forêt grâce à l'équation suivante.

Équation 22 (Forêts)

$$Mortalité_FF_{ij} = Mortalité_{ij} \bullet A_FF_{ij} \bullet Mort_FF_{ij} \ / \ (A_FF_{ij} \bullet Mort_FF_{ij} + A_AF_{ij} \bullet Mort_AF_{ij})$$

Avec :

Mortalité_FF_{ij}	=	Mortalité normalisée moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), t MS/ha/an
Mortalité$_{ij}$	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts, t MS/an
A_FF_{ij}	=	Surfaces des forêts restant forêts, ha
A_AF_{ij}	=	Surfaces des terres devenant forêts, ha
Mort_FF_{ij}	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts restant forêt, t MS/ha/an
Mort_AF_{ij}	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les terres devenant forêt, t MS/ha/an+

Mortalité normale des forêts restant forêt

La mortalité normale, de fond, des forêts est estimée directement par l'IGN dans son inventaire forestier. Elle est fournie par interrégion et estimée pour l'année médiane de chaque campagne de cinq ans de l'IFN (§2.2.2.3).

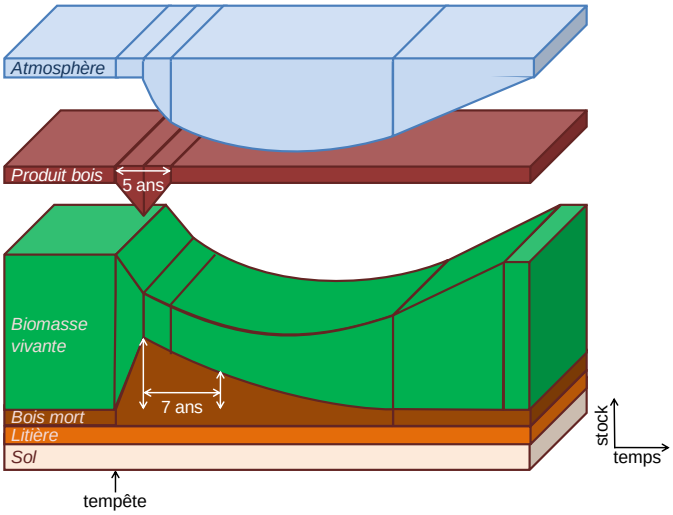
Mortalité exceptionnelle - tempêtes

En plus de la mortalité « normale » des forêts, les tempêtes exceptionnelles affectent brusquement et souvent durablement les stocks de carbone forestier. Depuis 1990, la France a été touchée deux fois par des épisodes de tempêtes importants :

- En décembre 1999, les tempêtes Lothar et Martin ont touché quasi intégralement le territoire métropolitain et ont provoqué d'énormes dégâts notamment en Aquitaine et en Lorraine. Le bilan global s'élève à environ 175 Mm^3 de chablis (en bois fort) selon les estimations de l'IFN.
- En janvier 2009, la tempête Klaus a également détruit de nombreuses surfaces forestières ; elle a touché le sud-ouest de la France et en particulier le massif forestier des Landes. Le bilan global s'élève à environ 42,5 Mm^3 de bois à terre (en bois fort).

L'équation 2.14 du GIEC 2006 [672] qui se base sur les superficies affectées par les perturbations naturelles n'est pas utilisée pour prendre en compte l'effet des tempêtes exceptionnelles car il existe des données statistiques qui renseignent directement les volumes de chablis (IGN) et sur les volumes de chablis prélevés (SSP et IGN). Les volumes de chablis prélevés sont donc inclus dans les prélèvements de bois.

Figure 123 : Représentation de l'évolution des stocks de carbone suite à une tempête



Suite aux tempêtes, l'ensemble des chablis ne peut être mobilisé : ces tempêtes génèrent donc une augmentation brusque du bois mort en forêt. Ce bois mort se dégrade au cours du temps et génère un flux de CO_2 vers l'atmosphère qui tend à rétablir un niveau d'équilibre pour le stock de bois mort en forêt. Contrairement à la mortalité de fond où le flux est annuel, dans l'inventaire français cette dégradation du bois mort est supposée suivre une cinétique classique d'ordre 1 à partir d'une durée de dégradation moyenne de 10 ans pour le bois mort. Cela correspond, pour le stock de bois mort excédentaire, à une valeur de demi-vie (temps pour que le stock diminue de moitié) de l'ordre de 7 ans (cf. schéma ci-dessus sur l'évolution des stocks de carbone suite à une tempête). Cette cinétique est néanmoins bornée à une durée de 20 ans ce qui signifie qu'au bout de 20 ans l'équilibre du réservoir bois mort est retrouvé et l'ensemble du bois mort lié à la tempête a été converti en émission sur la cette période de 20 ans.

Équation 23 (Forêts)

$$L_{disturbances} = (Chablis - Chablis_{prélevé}) \bullet \exp(-k \bullet n)$$

Avec :

$L_{disturbances}$	=	Pertes de carbone annuelle, tC/an
Chablis	=	Quantité de carbone dans les chablis, tC
$Chablis_{prélevé}$	=	Quantité de carbone dans les chablis récoltés après tempête, tC
k	=	0,1 an^{-1}(=1/10 ans)
n	=	Nombre d'années écoulées depuis la tempête

Calcul des émissions liées au brûlage des résidus de récolte

Le brûlage sur site réalisé au cours de la récolte de bois est pris en compte et génère différents gaz à effet de serre directs et indirects (N_2O, NOx, CO et CH_4) en plus du CO_2. Le volume de bois brûlé sur site est mal connu il est donc estimé à partir des données par défaut du GIEC en supposant que 10% de la biomasse aérienne est laissée en décomposition et que le reste des rémanents est brulé ce qui correspond à une fourchette de 4% à 15% de la biomasse aérienne totale selon les essences. Ces émissions sont encore estimées à partir des facteurs d'émission du GIEC 2006.

Équations 24 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.27 du GIEC 2006 [672])

$$Emissions = Quantité_brulée \bullet Facteur_oxydation \bullet Facteur_Emission$$

Avec :

Emissions	=	Emissions de CH_4, N_2O, CO et NOx, t
Quantité_brulée	=	Quantité de matière sèche mise à brûler, t MS
Facteur_oxydation	=	Part de la matière sèche réellement brûlée (valeur utilisée : 90%)
Facteur_Emission	=	Facteur d'émission en kg / t brûlée (CH_4 = 4.7 // CO = 107 // NOx = 3 // N_2O = 0.26)

Calcul des émissions liées aux incendies de forêt

Les feux de forêts génèrent des perturbations importantes des stocks de carbone forestier. Ils provoquent des flux très variables et parfois importants de CO_2 de la biomasse vivante vers l'atmosphère ainsi que l'émission de nombreux polluants liés à la combustion. Ces émissions sont rapportées dans la catégorie CRF 5A1 pour le format CCNUCC et sous l'article 3.4 option « gestion forestière » pour le Protocole de Kyoto. En France métropolitaine, pour estimer les émissions des incendies de forêt, on considère séparément deux grandes zones : la zone méditerranéenne, qui est plus sujette aux incendies de forêt que le reste du territoire, et qui présente une densité de biomasse inférieure aux autres forêts métropolitaines. Pour cette zone, les surfaces brûlées annuellement proviennent de la base PROMETHEE [297]. Pour le reste de la France, les surfaces brûlées proviennent du Ministère chargé de l'agriculture [298].

En Outre-mer (périmètre Kyoto), différentes sources sont utilisées pour estimer les surfaces brûlées : la BDIFF [723], la DRAAF Réunion [601] pour cette île qui est le seul territoire d'Outre-Mer fréquemment sujette à des incendies ; et divers documents officiels [724, 725, 726] pour tenir compte de la particularité de ces territoires (cultures sur brûlis, feux de brousse).

Tableau 136 : Surfaces incendiées en France depuis 1990

rapportageUTCATF.xls /OMINEA

ANNEE	METROPOLE (Zone Prométhée)	METROPOLE (Zone hors Prométhée)	OUTRE-MER (Zone Kyoto)
1990	53 897	18 728	1 055
1991	6 549	3 581	1 036
1992	12 765	3 828	1 055
1993	11 901	4 797	1 043
1994	22 605	2 390	1 033
1995	9 988	8 149	1 067
1996	3 119	8 281	1 502
1997	12 250	9 331	1 015
1998	11 243	8 039	1 111
1999	12 782	3 124	1 808
2000	18 860	5 218	1 021
2001	17 965	2 677	1 094
2002	6 298	23 871	1 080
2003	61 424	11 576	1 013
2004	10 596	3 104	1 018
2005	17 356	5 044	1 068
2006	5 483	1 917	1 082
2007	6 485	2 015	1 013
2008	3 746	2 260	1 052
2009	11 113	5 887	1 065
2010	5 453	4 847	1 989
2011	4 492	4 908	3 729
2012	4 392	4 208	1 826
2013	1 922	1 308	731
2014	4 113	3 327	1 574
2015	3 111	8 049	1 414
2016	12 128	3 972	1 312
2017	20 825	3 675	1 094

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques à chacune de ces deux zones pour refléter dans la mesure du possible les différences de type de végétation et leur densité. La combustion lors des incendies de forêt n'étant par nature pas maîtrisée, la représentation des

émissions reste imprécise. La variabilité des émissions dans l'espace et dans le temps est donc à l'origine d'une incertitude élevée que l'utilisateur de ces données s'efforcera de conserver à l'esprit.

Equation 25 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.14 du GIEC 2006 [672])

$$L_{wild_fires} = \Sigma_i A_{burnt(i)} \bullet BW_i \bullet Frac_burn_i \bullet CF$$

Avec :

L_{wild_fires}	=	Pertes de carbone annuelle liée aux feux, t C/an
$A_{burnt(i)}$	=	Surface brûlée annuelle dans la zone géographique i, ha
i	=	Zone géographique (*Zone méditerranéenne dite Prométhée* et *Autres*)
BW_i	=	Stock de biomasse sur les surfaces brûlées dans la zone géographique i, t MS/ha
Frac_burn	=	Fraction de la biomasse effectivement brûlée dans la zone géographique i
CF	=	Fraction en carbone de la biomasse, t C/t MS

Tableau 137 : Paramètres utilisés

Zone géographique (i)	Stock de biomasse aérienne (en tMS/ha)	Efficacité de la combustion (Frac_burn)
Zone « Prométhée » = Méditerranée	30	0,25
Autres zones en Métropole	150	0,2
La Réunion	103	0,25
Guyane	350	0,25
Martinique	256	0,25
Guadeloupe	189	0,25
Mayotte	159	0,25

L'estimation des pertes de carbone lors des feux de forêt ne prend pas en compte les réservoirs de litière et de bois mort. Les feux de végétation hors forêt ne sont pas estimés en Métropole. Ils le sont en Outre-Mer.

Biomasse morte (Forêts restant forêts)

Calcul des variations de stock de carbone dans la biomasse morte des forêts restant forêts (ΔCFF_{DOM})

Les variations de stock de carbone pour la biomasse morte sont ensuite décomposées entre bois mort et litière.

Équation 26 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.17 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF_{DOM} = \Delta CFF_{DW} + \Delta CFF_{LT}$$

Avec :

ΔCFF_{DOM}	=	Variation annuelle de stock dans la biomasse morte dans les forêts restant forêts, t C/an
ΔCFF_{DW}	=	Variation de stock dans le bois mort dans les forêts restant forêts, t C/an
ΔCFF_{LT}	=	Variation de stock dans la litière dans les forêts restant forêts, t C/an

Bois mort

Méthode des flux

Pour calculer les flux de carbone liés au bois mort, la méthode des flux est appliquée.

Équation 27 (Forêts) (Méthode des flux inspirée de l'équation 2.18 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF_{DW} = [A \bullet (B_{into} - B_{out})] \bullet CF$$

Avec:

ΔCFF_{DW}	=	Variation annuelle du stock de carbone dans le bois mort pour les forêts restant forêt, tC/an
A	=	Surface de forêt gérée restant forêt, ha
B_{into}	=	Flux moyen entrant pour le réservoir bois mort, t MS/ha/an
B_{out}	=	Flux moyen sortant pour le réservoir bois mort, t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Données et hypothèses

Dans les inventaires français, le paramètre B_{into} est estimé, il correspond à la mortalité, mais le paramètre B_{out} n'a pas pu être estimé de manière pertinente, il a donc été considéré équivalent à la mortalité ce qui correspond à une stabilité du stock de carbone dans le bois mort. On considère donc dans l'inventaire actuel que $B_{into}= B_{out}$, que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps. Cette hypothèse de stabilité est appliquée pour toutes les terres en forêt gérée restant forêt sauf après les tempêtes (voir § 2.4.1.2.3).

Cas des tempêtes

Les tempêtes exceptionnelles (voir §2.3.3.3.3) génèrent des augmentations brusques et temporaires du stock de bois mort (chablis). Dans ces cas une méthode des flux est appliquée avec une estimation du paramètre B_{into} basée sur les dégâts observés après tempête et B_{out} sur le stock de bois mort supplémentaire associé à une cinétique de décomposition mort.

Litière

Approche appliquée

Pour la litière le constat est proche de celui observé sur le bois mort, les équations sont similaires avec tout de même la possibilité d'intégrer l'évolution de l'intensité sylvicole dans l'estimation des stocks de carbone. En pratique aucune donnée n'a été identifiée permettant de traduire un niveau d'intensité sylvicole. Comme pour le bois mort il a donc été considéré que le stock de carbone de la litière n'évolue pas au cours du temps dans les forêts restant forêts, et que les flux entrants sont égaux aux flux sortants.

Discussion

Une étude [602] a également été réalisée par l'ONF et l'université de Louvain sur les placettes du réseau de suivi forestier RENECOR pour connaître l'évolution du stock de carbone dans la litière et dans les sols. Cette étude a été lancée par le ministère de l'Agriculture français en vue de répondre aux exigences de rapportage du Protocole de Kyoto sur le suivi de certains réservoirs de carbone. Pour la litière, cette étude conclut que les stocks de carbone sont significativement à la hausse même si elle ne permet pas de définir quantitativement l'amplitude de cette hausse sur la période d'étude. Cette étude permet de justifier que l'hypothèse de stabilité des litières dans l'inventaire français est une hypothèse conservative.

Matière organique des sols (Forêts restant forêts)

Calcul de la variation de stock de carbone organique du sol des forêts restant forêts (ΔCFF_{Soils})

Le GIEC propose une estimation des stocks de carbone sur la base de stocks de référence associé à des facteurs correcteurs liés à la gestion. Aucune information n'a été identifiée permettant de traduire l'évolution de ces modes de gestion en forêt, les stocks de carbone des sols sont donc stables au cours du temps en l'absence de changement d'utilisation des terres. Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

Le caractère conservateur de cette hypothèse a été renforcée par une étude [602] menée par l'ONF et l'université de Louvain sur les placettes du réseau de suivi forestier RENECOR. Cette étude a été lancée par le ministère de l'Agriculture français en vue de répondre aux exigences de rapportage du Protocole de Kyoto sur le suivi des différents réservoirs de carbone du sol. Cette étude conclut que les sols forestiers français peuvent être considérés de manière significative comme des puits de carbone même si elle ne permet pas d'élaborer des facteurs d'absorption qui auraient pu être exploités dans les inventaires de GES.

6.4.1.2 Terres devenant forêts (4A2)

Analyse en catégories-clés (Key categories analysis)

En 2017, cette sous-catégorie est la 21ème catégorie clé (1,1%) de l'inventaire national français en termes de niveau de flux (CO_2) et est 46ème en termes d'évolution (0,4%). Il s'agit bien ici de l'importance des flux, et non des émissions, car cette sous-catégorie est un puits.

Calcul des variations de stock de carbone des terres devenant forêts (ΔCLF)

Biomasse vivante (terres devenant forêts)

Calcul des variations de stock de carbone dans la biomasse vivante des terres devenant forêts (ΔCLF_{LB})

Le stock de carbone de ce réservoir évolue au cours du temps : ses variations sont estimées à partir des accroissements et de la mortalité. Il est considéré que les terres dont l'usage forêt est inférieur à 20 ans ne font pas l'objet de récoltes.

Équation 28 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.4 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF_{LB} = (\Delta CLF_G - \Delta CLF_L)$$

Avec :

ΔCLF_{LB}	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, t C/an
ΔCLF_G	=	Gain annuel en carbone de la biomasse vivante, t C/an
ΔCLF_L	=	Perte annuelle en carbone de la biomasse vivante, t C/an

Calcul des gains pour la biomasse vivante des terres devenant forêts (ΔCLF_G)

Approche appliquée

Pour estimer l'accroissement des arbres sur les terres devenant forêts, le GIEC distingue deux cas :

- les terres gérées de manière intensive incluant les plantations,
- les terres gérées de manière extensive.

Dans l'inventaire français il n'a pas été possible de distinguer ces deux cas. Les gains de carbone sur ces terres sont donc calculés grâce à l'équation suivante.

Équation 29 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.9 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF_G = \Sigma ij\ (A_{ij} \bullet GTOTAL_LF_{ij}) \bullet CF$$

Avec :

ΔCLFG	=	Accroissement annuel en carbone dans les terres devenant forêts, t C/an
Aij	=	Surfaces de terres devenant forêts, par type de forêt (i = 1 à ***n***) et par zone climatique (j = 1 à ***m***), ha
GTOTAL_LFij	=	Accroissement moyen annuel en matière sèche (MS) sur les terres devenant forêts, par type de forêt (i = 1 à ***n***) et par zone climatique (j = 1 to m), t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Cette équation est appliquée dans l'inventaire français avec *n* = 4 types de forêt (feuillus, résineux, mixtes et peupliers) et *m* = 5 régions climatiques (Nord-Ouest, Nord-Est, Centre-Est, Sud-Ouest, Sud-Est).

Données

Les données d'accroissement disponibles pour les terres devenant forêt sont issues de l'inventaire forestier mais sont plus incertaines que les données les plus récentes fournies par l'IGN relatives à la forêt totale. Ces données sont donc retraitées pour être mises en cohérence avec les données les plus récentes grâce à l'équation suivante.

Équation 30 (Forêts)

$$GTOTAL_LF_{ij} = GTOTAL_{ij} \bullet A_LF_{ij} \bullet Acc_LF_{ij}\ /\ (A_FF_{ij} \bullet Acc_FF_{ij} + A_LF_{ij} \bullet Acc_LF_{ij})$$

Avec :

$GTOTAL_LF_{ij}$	=	Accroissement normalisé moyen annuel en matière sèche (MS) sur les terres devenant forêt, par type de forêt (i = 1 à ***n***) et par zone climatique (j = 1 à ***m***), t MS/ha/an
$GTOTAL_{ij}$	=	Accroissement moyen annuel en MS sur les forêts, t MS/an
A_FF_{ij}	=	Surfaces des forêts restant forêts, ha
A_LF_{ij}	=	Surfaces des terres devenant forêts, ha
Acc_FF_{ij}	=	Accroissement moyen annuel en MS sur les forêts restant forêt, t MS/ha/an
Acc_LF_{ij}	=	Accroissement moyen annuel en MS sur les terres devenant forêt, t MS/ha/an

Calcul des pertes pour la biomasse vivante des terres devenant forêts (ΔCLF_L)

Pour les pertes de carbone sur les terres devenant forêts l'équation suivante est utilisée. Cette équation est appliquée dans l'inventaire français avec *n* = 4 types de forêt (feuillus, résineux, mixtes et peupliers) et *m* = 5 régions climatiques (Nord-Ouest, Nord-Est, Centre-Est, Sud-Ouest, Sud-Est).

Équation 31 (Forêts)

$$\Delta CLF_L = \Sigma_{ij}\ (Mortalité_LF_{ij}) \bullet CF$$

Avec :

ΔCFF_L	=	Pertes totales
$Mortalité_LF_{ij}$	=	Mortalité moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les terres devenant forêts, par type de forêt (i = 1 à n) et par zone climatique (j = 1 à m), t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Calcul de la mortalité des terres devenant forêts (Mortalité_LF_{ij})

Dans l'inventaire français, il est considéré que tous les prélèvements ont lieu sur les forêts restant forêt, aucun prélèvement de bois n'est donc comptabilisé pour les terres devenant forêts. Seule la mortalité naturelle du peuplement est estimée dans les pertes associées à des terres devenant forêt. Les données de mortalité sur les terres devenant forêt sont fournies par l'inventaire forestier mais elles sont plus incertaines que les données de mortalité les plus récentes relatives à la forêt entière. Ces données sont donc retraitées pour être mises en cohérence avec les données les plus récentes grâce à l'équation suivante.

Équation 32 (Forêts)

$$Mortalité_LF_{ij} = Mortalité_{ij} \bullet A_LF_{ij} \bullet Mort_LF_{ij} \ / \ (A_FF_{ij} \bullet Mort_FF_{ij} + A_LF_{ij} \bullet Mort_LF_{ij})$$

Avec :

Mortalité_LF_{ij}	=	Mortalité normalisée moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les forêts devenant forêt, par type de forêt (i = 1 à ***n***) et par zone climatique (j = 1 à ***m***), t MS/ha/an
$Mortalité_{ij}$	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts, t MS/an
A_FF_{ij}	=	Surfaces des forêts restant forêts, ha
A_LF_{ij}	=	Surfaces des terres devenant forêts, ha
Mort_FF_{ij}	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts restant forêt, t MS/ha/an
Mort_LF_{ij}	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les terres devenant forêt, t MS/ha/an

Biomasse morte (terres devenant forêts)

Calcul des variations de stock de carbone pour la biomasse morte des terres devenant forêts (ΔCLF_{DOM})

Les variations de stock de carbone pour la biomasse morte sont ensuite décomposées entre bois mort et litière.

Équation 33 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.17 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF_{DOM} = \Delta CLF_{DW} + \Delta CLF_{LT}$$

Avec :

ΔCLF_{DOM}	=	Variation annuelle de stock dans la biomasse morte dans les terres devenant forêts, t C/an
ΔCLF_{DW}	=	Variation de stock dans le bois mort dans les terres devenant forêts, t C/an
ΔCLF_{LT}	=	Variation de stock dans la litière dans les terres devenant forêts, t C/an

Calcul des variations de stock de carbone pour le bois mort des terres devenant forêts (ΔCLF_{DW})

Le passage en usage forêt d'une terre s'accompagne de la création du réservoir litière et donc d'un stockage de carbone dans ce réservoir. Dans l'inventaire français actuel, ce stockage est estimé par la méthode de la variation de stock.

Équation 34 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.19 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF_{LT} = A \bullet C \ / \ T$$

Avec :

ΔCLF_{LT}	=	Variation annuelle du stock de carbone dans le bois mort pour les terres devenant forêt, t C/an
A	=	Surface de terres devenant forêts, ha
C	=	Stock de carbone de référence pour la litière des forêts, t C/ha

T = Durée pour atteindre le stock de carbone de référence pour la litière des forêts, an (T= 20 ans dans l'inventaire français)

Calcul des variations de stock de carbone pour la litière des terres devenant forêts (ΔCLF_{LT})

Le passage en usage forêt d'une terre s'accompagne de la création du réservoir litière et donc d'un stockage de carbone dans ce réservoir. Dans l'inventaire français actuel, ce stockage est estimé par la méthode de la variation de stock.

Équation 35 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.19 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF_{LT} = A \bullet C / T$$

Avec :

ΔCLF_{LT} = Variation annuelle du stock de carbone dans le bois mort pour les terres devenant forêt, t C/an
A = Surface de terres devenant forêts, ha
C = Stock de carbone de référence pour la litière des forêts, t C/ha
T = Durée pour atteindre le stock de carbone de référence pour la litière des forêts, an (T= 20 ans dans l'inventaire français)

Matière organique des sols (terres devenant forêts)

Calcul des variations de stock de carbone organique du sol des terres devenant forêts (ΔCLF_{soil})

Les variations du stock de carbone des sols sont estimées selon la méthode décrite dans la partie générique et commune à toutes les terres avec changement.

6.4.2 Méthode d'estimation des émissions

Emissions de CO_2

Emissions de CO_2 liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les flux de CO_2 sont directement estimés à partir des flux de carbone observés entre les différents réservoirs de carbone des terres définis par le GIEC.

Emissions de CO_2 liées au brûlage

Les émissions de CO_2 provenant des feux de forêts sont estimées au moyen de facteurs d'émission de 50 tCO_2/ha (zone tempérée) et de 12 tCO_2/ha (zone méditerranéenne) issus de la littérature scientifique [795]. Ils sont très proches de ceux proposés par le GIEC 2006. Ces facteurs d'émission sont associés aux surfaces incendiées.

Pour l'Outre-mer, les stocks de biomasse spécifique de chaque territoire ont été pris en compte ce qui revient à des émissions de CO2 de 42 t/ha pour La Réunion et 105 t/ha pour la Martinique.

Emissions de CH_4

Emissions de CH_4 liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées en forêt

Emissions de CH_4 liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CH_4 issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Les émissions des feux de forêts sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 141 kg/ha (zone tempérée) et de 35 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Emissions de N_2O

Emissions de N2O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Les émissions de N_2O liées à la fertilisation des terres forestières sont actuellement négligées dans l'inventaire français.

Emissions de N_2O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées en forêt

Emissions de N_2O liées à la minéralisation des sols

Les émissions de N_2O liées à la minéralisation des sols sont estimées dans l'inventaire français pour les terres forestières dans tous les cas où la conversion vers une terre forestière entraine une perte de carbone des sols ce qui ne se rencontre que dans quelques régions dans l'inventaire actuel et uniquement sur des terres de prairies converties en forêt.

Emissions de N_2O liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de N_2O issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].Les émissions des feux de forêts sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 7,8 kg/ha (zone tempérée) et de 2 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

6.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas).

Depuis l'édition d'inventaire 2016, l'incertitude du secteur UTCATF est estimée à partir d'une méthode de type Monte-Carlo permettant d'intégrer un maximum les interdépendances entre les

catégories de terres. Sur le secteur 4A l'incertitude estimée sur l'émission de CO_2 atteint la valeur de 21%. Les phénomènes mis en jeu, la complexité des échanges entre milieux ainsi que le caractère diffus et non immédiat des émissions/absorptions engendrées expliquent cette valeur.

Les incertitudes sur les émissions de CH_4 et de N_2O sont de 100% pour chaque polluant. Ceci est basé sur l'avis des experts sectoriels.

La méthodologie employée est la même tout au long de la période afin de garantir la cohérence temporelle. Les changements méthodologiques, lorsqu'ils adviennent, sont reportés sur l'ensemble de la période pour conserver cette cohérence.

6.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Forêt en métropole

Les valeurs utilisées dans cette catégorie de l'inventaire sont pour la plupart issues de l'inventaire forestier national, qui comprend un travail d'assurance qualité et de vérification de la représentativité des statistiques produites.

Forêt en Outre-Mer

L'hypothèse de neutralité peut être comparée avec une approche Giec de niveau 1.

Surfaces

Les données de surface en forêt prises en compte dans les calculs de flux sont obtenues par télédétection (études IFN [6, 7, 8]) sauf pour la Guyane pour laquelle la surface de forêt en exploitation est fournie par l'ONF [5].

Tableau 138 : Surface de forêt par DOM (ha)

	Surface forêt (ha)			
	Réunion	**Martinique**	**Guadeloupe**	**Guyane**
1990	101658	44298	70529	2 425 034
1991	101307	43697	70023	2 425 034
1992	100957	43096	69518	2 425 034
1993	100607	42496	69012	2 425 034
1994	100256	41895	68507	2 425 034
1995	99906	41294	68001	2 425 034
1996	99556	40694	67496	2 425 034
1997	99205	40093	66991	2 425 034
1998	98855	39492	66485	2 425 034
1999	98505	38892	65980	2 425 034
2000	98154	38291	65474	2 425 034
2001	97804	37690	64969	2 425 034
2002	97454	37089	64463	2 425 034
2003	97103	36489	63958	2 425 034
2004	96753	35888	63452	2 425 034
2005	96403	35287	62947	2 425 034
2006	96053	34687	62441	2 425 034
2007	95702	34086	61936	2 425 034
2008	95352	33485	61430	2 425 034
2009	95002	32885	60925	2 425 034
2010	94651	32284	60419	2 425 034
2011	94301	31683	59914	2 425 034
2012	93951	31083	59408	2 425 034

Accroissements

La formule utilisée pour calculer l'accroissement de la biomasse en tonnes de carbone par hectare est l'équation 3.2.5 du GIEC 2003 multipliée par la fraction de carbone dans la matière sèche :

$$GTOTAL = Gw * (1+R) * CF$$

Avec :
GTOTAL = accroissement annuel de la biomasse (tMS/ha/an).
Gw = accroissement aérien annuel de la biomasse (tMS/ha/an).
R = ratio racinaire / aérien (sans dimension).
CF = fraction de carbone de la matière sèche (tC/tMS).

Tableau 139 : Paramètres d'accroissement de la biomasse forestière.

Paramètres	Guyane	Source	Réunion	Source	Martinique	Source	Guadeloupe	Source
Gw	1,9. Forêt tropicale, pluvieuse d'Amérique de classe d'âge supérieure à 20 ans.	GIEC 2003, Table 3A.1.5	1,0. Forêt tropicale montagnarde humide d'Afrique de classe d'âge supérieure à 20 ans.	GIEC 2003, Table 3A.1.5	1,0. Forêt tropicale humide d'Amérique à saison sèche longue	GIEC 2003, Table 3A.1.5	1,0. Forêt tropicale humide d'Amérique à saison sèche longue1.	GIEC 2003, Table 3A.1.5
R	0,22. Forêt primaire, tropicale et humide.	GIEC 2003, Table 3A.1.8.	0,22. Forêt primaire, tropicale et humide.	GIEC 2003, Table 3A.1.8.	0,22. Forêt primaire, tropicale et humide.	GIEC 2003, Table 3A.1.8.	0,22. Forêt primaire, tropicale et humide.	GIEC 2003, Table 3A.1.8.
CF	0,475	Carbofor. INRA [4]	0,475	Carbofor. INRA [4]	0,475	Carbofor INRA. [4]	0,475	Carbofor INRA. [4]

** Dans une première approche la durée de la saison sèche n'ayant pas été déterminée pour ces territoires, la valeur la plus conservative correspondant à une longue saison sèche longue a été retenue.*

Tableau 140 : Résultats intermédiaires pour l'accroissement en Outre-Mer

	Accroissement (tC)			
	Réunion	Martinique	Guadeloupe	Guyane
1990	58911	26091	41 541	2532202
1991	58708	25738	41 244	2532202
1992	58505	25384	40 946	2532202
1993	58302	25030	40 648	2532202
1994	58099	24676	40 351	2532202
1995	57896	24322	40 053	2532202
1996	57693	23969	39 755	2532202
1997	57490	23615	39 457	2532202
1998	57287	23261	39 160	2532202
1999	57083	22907	38 862	2532202
2000	56880	22553	38 564	2532202
2001	56677	22200	38 267	2532202
2002	56474	21846	37 969	2532202
2003	56271	21492	37 671	2532202
2004	56068	21138	37 373	2532202
2005	55865	20784	37 076	2532202
2006	55662	20430	36 778	2532202
2007	55459	20077	36 480	2532202
2008	55256	19723	36 182	2532202
2009	55053	19369	35 885	2532202
2010	54850	19015	35 587	2532202
2011	54647	18661	35 289	2532202
2012	54444	18308	34 992	2532202

Prélèvements

La formule utilisée pour calculer les prélèvements de biomasse forestière en tonnes de carbone est l'équation 3.2.3 du GIEC 2003.

$$C = V * D * BEF2*(1+R)*CF$$

Avec :
C = prélèvements (tC).
V = volumes prélevés commercialisables (m3)
D = densité (tMS/m3)
BEF2 = facteur d'expansion aérien (sans dimension).
R = rapport racinaire / aérien (sans dimension).
CF = fraction de carbone de la matière sèche (tC/tMS).

Paramètre	Guyane	Source	Réunion	Source	Martinique	Source	Guadeloupe	Source
V	Volumes de grumes prélevés + pertes additionnelles.	IEDOM [1] + Rapport ONF Guyane. CIRAD [4]	Volumes de grumes prélevés.	IEDOM [1]	Volumes de grumes prélevés.	IEDOM [1]	Volumes de grumes prélevés.	IEDOM [1]
	Volumes de bois de chauffe+ autres bois industriels	FAOSTAT [2]	Bois de chauffe+ Autres bois industriels.	FAOSTAT [2]	Bois de chauffe+ Autres bois industriels.	FAOSTAT [2]	Bois de chauffe+ Autres bois industriels.	FAOSTAT [2]
			Récoltes dans les forêts gérées par ONF(2010).	Agreste 2012 [3]	Récoltes dans les forêts gérées par ONF(2010).	Agreste 2012 [3]	Récoltes dans les forêts gérées par ONF(2010).	Agreste 2012 [3]
D	0,73.	Rapport ONF Guyane. CIRAD [4]	0,5.Valeur de défaut du GIEC. Cohérent avec la densité du Tamarin et Cryptomeria.	GIEC 2003	0,5.Valeur de défaut du GIEC. Correspond à la densité de l'acajou.	GIEC 2003	0,5.Valeur de défaut du GIEC.	GIEC 2003
BEF2	3,4. Valeur pour forêts tropicales à feuilles larges.	GIEC 2003. Table 3A.1.10	1,3.Valeur pour forêts tropicales de conifères.	GIEC 2003. Table 3A.1.10	1,3. Valeur pour forêts tropicales de conifères. *	GIEC 2003. Table 3A.1.10	1,3. Valeur pour forêts tropicales de conifères.	GIEC 2003. Table 3A.1.10
CF	0,475	Carbofor. INRA [4]	0,475	Carbofor. INRA [4]	0,475	Carbofor INRA. [4]	0,475	Carbofor INRA. [4]

Pour déterminer les volumes prélevés, on utilise les données IEDOM [1], pour les années disponibles, qui sont plus précises que les statistiques de la FAO [2]. On complète si nécessaire avec les données du mémento Agreste [3] et on extrapole entre les deux si c'est possible sinon on assume un prélèvement constant à partir de la dernière année connue. On ajoute aux volumes de grumes les volumes de bois de chauffe et les autres bois industriels [2] pour connaitre le volume total prélevé.

Pour déterminer la densité de ces essences prélevées, on utilise la valeur par défaut du GIEC faute de données précises sur la composition des forêts de ces territoires mais on peut voir que cette valeur est cohérente avec les espèces majoritairement exploitées en Martinique et à la Réunion.

Tableau 141 : Densité des espèces majoritairement exploitée en Martinique et à la Réunion

Essence	Densité. GIEC 2003.Tableau 3A.1.9-2 (tMS/m3)
Cryptomeria	0.43 ; 0.44
Tamarin	0.75
Acajou	0.55

Tableau 142 : Résultats intermédiaires pour les prélèvements en Outre-Mer

	Prélèvements (tC)			
	Réunion	Martinique	Guadeloupe	Guyane
1990	15521	6873	7259	2017622
1991	15521	6873	8882	2015473
1992	16191	6873	8498	2136754
1993	15808	6873	6533	2219049
1994	16040	6873	6533	2189341
1995	15866	6873	6533	2124282
1996	15609	6873	6533	2120911
1997	16108	6873	6533	2130678
1998	16845	6873	6533	2092437
1999	15856	6873	6533	2119582
2000	15456	6214	6533	2155834
2001	15713	6178	6533	2144159
2002	15970	6082	6533	2135726
2003	16226	5986	6533	2092862
2004	16483	5890	6533	2072120
2005	16740	5795	6533	2089208
2006	16997	5699	6533	2110059
2007	17254	5603	6533	2107884
2008	17510	5507	6533	2025188
2009	17767	5412	6533	1964561
2010	18024	5316	6533	2012363
2011	18024	5220	6533	1990890
2012	18024	5124	6533	1978872

Bilan

Le bilan d'émission des forêts restant forêts des départements d'Outre-mer en tonnes de CO2 est calculé de la manière suivante :

$$B= (C - GTOTAL)*(44/12) = [(V * D * BEF2*(1+R)*CF) - (GTOTAL*CF*S)]*(44/12)$$

Avec :
C = prélèvements (tC).
GTOTAL = accroissement annuel de la biomasse (tMS/ha/an).
CF = fraction de carbone de la matière sèche (tC/tMS).
V = volumes prélevés commercialisables (m3)
D = densité (tMS/m3)
BEF2 = facteur d'expansion aérien (sans dimension).
R = rapport racinaire / aérien (sans dimension).
R = ratio racinaire / aérien (sans dimension).
S = surface exploitée (ha).

Tableau 143 : Bilan d'émission des forêts des DOM (tCO2)

	Bilan (tCO2)			
	Réunion	**Martinique**	**Guadeloupe**	**Guyane**
1990	-159095	-70469	-125701	-7397946
1991	-158350	-69172	-118659	-7390069
1992	-155150	-67874	-118977	-7834766
1993	-155811	-66577	-125088	-8136514
1994	-154213	-65280	-123996	-8027585
1995	-154110	-63983	-122904	-7789033
1996	-154306	-62685	-121813	-7776674
1997	-151732	-61388	-120721	-7812488
1998	-148284	-60091	-119629	-7672271
1999	-151168	-58793	-118538	-7771800
2000	-151890	-59909	-117446	-7904724
2001	-150204	-58746	-116354	-7861917
2002	-148518	-57800	-115263	-7830994
2003	-146832	-56854	-114171	-7673826
2004	-145146	-55908	-113080	-7597774
2005	-143460	-54962	-111988	-7660430
2006	-141774	-54016	-110896	-7736883
2007	-140088	-53070	-109805	-7728910
2008	-138402	-52124	-108713	-7425691
2009	-136716	-51177	-107621	-7203390
2010	-135031	-50231	-106530	-7378664
2011	-134286	-49285	-105438	-7299930
2012	-133542	-48339	-104346	-7255865

Références :

[1] IEDOM. Rapports annuels de l'Institut d'Emission des Départements d'Outre-mer.
[2] FAOSTAT. Plateforme internet de statistique. http://faostat.fao.org/.
[3] Agreste. Forêt-Bois. Memeto 2012.
[4] Rapport CARBOFOR. Juin 2004.

[5] IFN- Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane par télédétection satellitaire – Rapport final, janvier 2008.

[6] IFN- Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 1 – Guadeloupe –Rapport final, août 2009.

[7] IFN- Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 1 – Martinique –Rapport final, août 2009.

[8] IFN- Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 1 – Réunion –Rapport final, août 2009

6.4.5 Améliorations envisagées

Les nouvelles données de l'Inventaire forestier national, d'ores et déjà incorporées dans l'inventaire, seront encore ajustées et complétées suite aux campagnes de mesure futures. Il est donc important de s'assurer que ces données pourront être intégrées dans l'inventaire tous les ans mais il s'agit de données complexes dont la prise en compte progressive nécessite la mise en place de nouveaux protocoles. Un des enjeux les plus importants à court terme est encore de formaliser la prise en compte des nouvelles données issues de l'inventaire forestier français.

Il est en particulier prévu de revoir les paramètres de croissance et de mortalité pour les années historiques (de 1990 à 2005), et de consolider l'évolution du stock forestier grâce à une méthode globale de variation de stock (actuellement les résultats sont obtenus par méthode des flux).

Pour les sols forestiers, différentes études donnent des puits de carbone dans les sols forestiers (en lien avec l'augmentation des stocks de biomasse), il est donc probable que cette dynamique soit intégrée dans les années qui viennent, mais cela ne sera réellement pertinent que lorsque les résultats de la seconde campagne de mesure du RMQS (Réseau de mesure de la qualité des sols) seront disponibles. Les données actuellement disponibles ne remplissent pas suffisamment les critères de représentativité jugé nécessaires à une inclusion dans l'inventaire national.

En termes de problématiques forestières, certaines réflexions portent sur les pratiques forestières et notamment la part des résidus de récolte brûlés en forêts, ramassés ou bien laissés en décomposition. Des modifications sur la prise en compte de ces pratiques forestières ne sont néanmoins pas attendues à court terme.

Concernant les feux de forêt, une collaboration entre l'IGN et le CITEPA est envisagée afin d'exploiter les données de la base PROMETHEE recensant la localisation géographique des incendies forestiers de la zone méditerranéenne. L'utilisation des données de cette base permettrait d'affiner le calcul des types de forêts brulées et donc d'améliorer la précision de l'inventaire. En outre, le CITEPA a entamé une demande d'accès aux données de la base de données sur les incendies de forêt (BDIFF).

Amélioration du suivi des terres entre métropole et outre-mer

Une réflexion est engagée au niveau national pour consolider le système d'information géographique dans les territoires d'Outre-mer notamment en étendant le domaine d'intervention de l'IGN aux forêts ultramarines ce qui permettra la collecte de nouvelles données sur les zones forestières qui sont les plus importantes pour le secteur. La France a conduit deux études en 2017 avec pour objectif d'améliorer la régularité de la production de données forestières dans les territoires ultramarins et de répondre au besoin de rapportage en lien avec les accords internationaux en matière de politique climatique en particulier aux engagements climat :

- *Productions régulières et planifiées de données forestières sur les territoires ultramarins. État des lieux et perspectives* (IGN/MAA-Janvier 2017). L'étude propose différentes solutions de production de données homogènes permettant de mieux appréhender les milieux forestiers des territoires ultra-marins et de mieux répondre aux politiques publiques. Les éléments de cadrage de cette étude visent deux exercices de rapportage forestier, l'évaluation des ressources forestières (FRA) dans le cadre de la FAO et les indicateurs de gestion durable des

forêts françaises (IGD), mais n'incluent pas explicitement le rapportage climatique.

- *Carthaforum- Missions sur la faisabilité d'une cartographie régulières des habitats forestiers ultramarins et du suivi des évolutions* (Ecofor-MTES- juin 2017) Cette étude fait suite à la loi n°2014-1170 du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture et la forêt (LAAF, article 86 § 2), qui a modifié le Code forestier en introduisant un article L-151-3 ainsi rédigé: « L'inventaire permanent des ressources forestières nationales prend en compte les particularités des bois et forêts situés en Guadeloupe, en Guyane, en Martinique, à La Réunion, à Mayotte, à Saint-Barthélemy, à Saint-Martin et à Saint-Pierre-et-Miquelon. »

Suite à la récente réalisation de ces études, la France analyse actuellement les différentes solutions proposées.

Suivi des stocks de biomasse forestière

Actuellement il n'est pas possible d'estimer directement l'évolution des stocks de biomasse forestière. Les valeurs de stock de carbone à l'hectare de la biomasse vivante forestière perdue lors de défrichements ne correspondent pas aux stocks moyens en forêt. Une approche par différentiel de stock en forêt restant forêt est envisagée à partir de travaux de l'IGN en cours.

Une approche par variation de stock est envisageable, en complément de l'approche des flux actuellement appliquée. Un travail de l'IGN pourrait permettre une première estimation de la variation de stock de carbone en forêt restant forêt, qui pourra être comparée avec le bilan des flux mesurés jusqu'ici.

Biomasse racinaire

Les valeurs utilisées issues de l'étude Carbofor [204] de 0.3 pour les feuillus et de 0.28 pour les résineux. sont cohérente avec les valeurs proposées par le Giec (2006, vol 4, chap. 4, table 4.4), allant pour la zone tempérée de 0.2 à 0.4.

Bois mort

Pour le bois mort, une approche par variation de stock pourrait aussi être envisagée.

Méthode (non appliquée) d'estimation de la variation de stock du bois mort

La méthode de variation de stock du bois mort, d'après les lignes directrices du Giec [672] peut être résumée par l'équation ci-après :

Équation 27 (Forêts)
inspirée de l'équation 2.19 du GIEC 2006 [672]

$$\Delta CFF_{DW} = [A \bullet (B_{t2} - B_{t1}) / T] \bullet CF$$

Avec :

ΔCFFDW =Variation annuelle du stock de carbone dans le bois mort pour les forêts restant forêt, t C/an

A=Surface de forêt gérée restant forêt, ha

Bt1=Stock de carbone dans le bois mort à l'instant t1 pour les forêts gérées restant forêt, t MS/ha

Bt2=Stock de carbone dans le bois mort à l'instant t2 pour les forêts gérées restant forêt, t MS/ha

T =Période (t2 – t1), an

La méthode par variation de stock n'a pu encore être mise en place en raison de l'absence d'une série temporelle cohérente pour le suivi des stocks de carbone du bois mort. Cette information pourra sans doute être estimée à l'avenir grâce aux nouvelles données récoltées par l'inventaire forestier.

Comparaison avec une approche de niveau 1 du Giec
Le Giec (2006 [672], vol 4. Chap 2, table 2.2) ne donne pas de stock par défaut pour le bois mort, quelle que soit la zone climatique considérée.

Estimation de la variation de stock du bois mort en forêt restant forêt
Le stock de bois mort évolue et une estimation peut être faite à partir des données de l'IGN sur les flux de mortalité (déjà mobilisées pour les flux en forêt) ou celles sur le stock (non mobilisées pour

l'instant). La valeur de 10MtCO2/an dans Roux, et al. (2016 [994]) parait trop forte pour l'IGN. Une approche par variation de stock ou bien par flux avec un flux d'entrée (la mortalité) et des sorties définies par une durée de vie (10 ans a priori, comme pour l'étude Roux & Dhôte 2016) sont possibles. La deuxième approche est envisagée.

Litière

Comparaison avec une approche tier 1 du Giec
Les valeurs par défaut du Giec (2006 [672], vol 4. Chap. 2 table 2.2) sont de 28.2 tC/ha et 20.3 tC/ha respectivement pour feuillus et conifères, sous climat chaud tempéré humide ; et de 28.2 tC/ha et 20.3 tC respectivement pour feuillus et conifères sous climat chaud tempéré sec. Les valeurs du Giec apparaissent donc surestimer ce stock par rapport aux données nationales.

Amélioration de la valeur de stock de litière
La valeur de 9 tC/ha pourrait être précisée, par exemple par région ou par type de forêt, ou simplement améliorée par une revue de littérature. Par exemple, d'après Pignard et al. (2000) [997] "[…] *the mean carbon stock in the forest litter, humus + soils between 0 and 0.4 m depth was estimated to 92 t C.ha-1, litter and humus layers accounting for 9%* […]", soit une valeur de: 92 tC/ha * 9% = 8,3 tC/ha) ≈ 8 tC/ha.

6.4.6 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 4A

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	-39 453	-46 074	-34 704	-64 787	-69 533	-69 352	-69 887	-66 271	-56 424	-51 013	-58 668	-60 407	-60 821	-60 077	-56 168	
Nouveau	kt CO2e	-37 474	-41 509	-30 668	-62 777	-67 152	-69 643	-73 020	-69 501	-60 165	-53 325	-56 645	-60 728	-53 058	-56 952	-55 113	-53 181
Différence	kt CO2e	+1 979	+4 565	+4 036	+2 009	+2 382	-291	-3 133	-3 229	-3 740	-2 312	+2 022	-321	+7 763	+3 125	+1 055	
	%	-5%	-10%	-12%	-3%	-3%	+0%	+4%	+5%	+7%	+5%	-3%	+1%	-13%	-5%	-2%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

- Les surfaces changent très légèrement du fait de l'incorporation d'un nouveau jeu de données TerUti pour 2015 ce qui modifie très légèrement les résultats sur l'ensemble de la période couverte. C'est cette modification sur les surfaces qui entraine une très légère modification des gains sur la période avant 2014. Après 2014, les données sont significativement mises à jour grâce à l'ajout d'une nouvelle campagne de l'IGN.
- Cette mise à jour impacte également les années après 2014 qui sont obtenues par moyenne des cinq années précédentes. Sur toute la série les pertes ont été modifiées à la baisse ou à la hausse selon les cas du fait principalement du lissage des données de consommations de bois énergie sur 3 années qui rentrent en compte dans le calcul des prélèvements (elles n'étaient lissées que sur 2 ans auparavant).
- Les prélèvements sont également légèrement impactés par l'ajout d'une campagne supplémentaire de prélèvements
- Le brûlage de résidus de récolte a été légèrement mis à jour en lien avec l'ajustement des prélèvements sur toute la série.
- Des feux de forêts ont été ajoutés en Outre-Mer hors UE (Nouvelle-Calédonie))
- Afforestation (4A2) : Changements principalement dus à la mise à jour des surfaces jusqu'en 2014, puis à partir de 2014 la mise à jour des données de l'inventaire forestier contribue fortement dans les impacts.

Raisons et justifications

Amélioration de l'exactitude et de l'exhaustivité.

6.5 Cultures (CRF 4B)

6.5.1 Caractéristiques de la catégorie

Les surfaces en cultures couvrent 17,9 millions d'hectares en France en 2017 en métropole. Les émissions de CO_2 estimées sont dues aux conversions des prairies en cultures qui s'accompagnent le plus souvent d'une perte de carbone du sol et donc d'émissions de CO_2 de la part du réservoir sol. Pour la matière ligneuse, présente dans les vignes et vergers sur ces terres, il est considéré que l'accroissement compense la récolte.

Définitions

Définition de « terres cultivées » et sous-catégories

La catégorie des « terres cultivées » comprend les terres cultivées et labourées ainsi que les parcelles en agroforesterie pour lesquelles la définition de forêt ne s'applique pas.

Cette catégorie comprend les sous-catégories suivantes :

- Les ***cultures annuelles*** (céréales, racines et tubercules, cultures industrielles, légumes secs, légumes frais, fleurs),
- Les ***prairies temporaires*** (une prairie est dite temporaire lorsque le semis date d'au maximum 5 ans lors de l'enquête ce qui représente un maximum de 6 récoltes),
- Les ***cultures permanentes*** qui restent en place pendant plus d'une campagne agricole (arbres fruitiers, baies, vignes, oliviers, pépinières, etc.)

*Définition de « Gestion des cultures » (*Cropland Management *ou* CM*)*

Dans le cadre de l'article 3.4 du Protocole de Kyoto, l'activité de Gestion des Cultures n'a pas été élue par la France. Néanmoins un rapportage de cette activité est présenté à l'Union Européenne dans le cadre de la décision EU/529/2013. Cette activité inclut les surfaces de la sous-catégorie « Cultures annuelles » ; et prend en compte l'ensemble des types de gestions.

Définition de « terres cultivées restant terres cultivées» et « terres devenant terres cultivées »

La catégorie des terres cultivées restant terres cultivées correspond à l'ensemble des terres en cultures depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des terres devenant terres cultivées correspond à l'ensemble des terres en cultures depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.5.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Aperçu

Emissions de CO_2

Emissions de CO_2 liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les flux de CO_2 sont directement estimés à partir des flux de carbone observés entre les différents réservoirs de carbone des terres définis par le GIEC.

Emissions de CO_2 liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions directes et indirectes de CO_2 liées au drainage des sols organiques (histosols) cultivés sont estimées sur la base des surfaces d'histosols issues de cartes pédologiques ([719] pour la Métropole, [720] pour la Guyane) croisées avec des cartes d'occupation des sols [Corine Land Cover ; RPG]. Les facteurs d'émission proviennent du Supplément 2013 du GIEC sur les Zones Humides ([923] chap.1 table 2.1) : 7,9 tCO2/ha/an en Métropole et 14t CO2/ha/an pour la Guyane ; ainsi que et 0,1 tCO2/ha/an dans les deux zones pour les émissions indirectes.

Emissions de CO_2 liées au brûlage

Les émissions de CO_2 liées au brûlage sont incluses dans les estimations liées à la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Aucune émission supplémentaire n'est calculée.

Emissions de CH_4

Emissions de CH_4 liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions de CH_4 liées au drainage des sols organiques (histosols) cultivés sont estimées sur la base des surfaces d'histosols issues de cartes pédologiques ([719] pour la Métropole, [720] pour la Guyane) croisées avec des cartes d'occupation des sols [Corine Land Cover ; RPG]. Les facteurs d'émission proviennent du Supplément 2013 du GIEC sur les Zones Humides ([923] chap.1 table 2.3) : 0 tCO2/ha/an en Métropole et en Guyane.

Emissions de CH_4 liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CH4 issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].Emissions de N2O

Emissions de N_2O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Les émissions de N_2O liées à la fertilisation des terres agricoles sont intégralement rapportées dans le secteur agriculture.

Emissions de N_2O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions de N_2O liées au drainage des sols organiques (histosols) cultivés sont estimées et rapportées dans le secteur Agriculture.

Emissions de N_2O liées à la minéralisation des sols

Conformément aux recommandations du GIEC, si une conversion d'une terre en Culture s'accompagne d'une perte de carbone (exemple : Forêt vers Culture ou Prairie vers Culture), alors elle entraine une émission de N_2O liée à la minéralisation de l'azote. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672]. Ces émissions sont rapportées en UTCATF.

Pour les terres cultivées sans changement d'utilisation des terres, les flux associés à la minéralisation doivent être rapportés dans le secteur Agriculture. Ces flux sont nuls car les terres cultivées restant terres cultivées présentent un puits de carbone au niveau des sols.

Emissions de N_2O liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de N2O issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

6.5.2.1 Terres cultivées restant terres cultivées (4B1)

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie est la 33ème catégorie clé (0,5%) de l'inventaire national français en termes de niveau d'émission (CO_2) et est 21ème en termes d'évolution des émissions (1,2%).

Biomasse vivante (terres cultivées restant terres cultivées)

Conformément aux lignes directrices du GIEC [672], seule la biomasse ligneuse est prise en compte. La biomasse non ligneuse provenant des cultures fait partie d'un cycle court qui présente un bilan neutre vis-à-vis du stockage de carbone : fréquemment stockage et déstockage de carbone ont lieu au cours de la même année. La biomasse considérée concerne en particulier les vignes, vergers et les arbres ou groupement d'arbres situés sur des parcelles agricoles et ne respectant pas les critères de définition de la forêt.

Terres avec changements entre sous-catégorie de terres cultivées

Les flux de biomasse sur les terres cultivées restant terres cultivées sont estimés sur la base des changements d'affectation entre les trois sous-catégories de terres cultivées (cultures annuelles, vignes et vergers) par méthode de variation de stock basée sur les changements sur 20 ans.

Équation 36 (cultures) (inspirée de l'équation 2.8 du GIEC 2006 [672)

$$\Delta C = (C_0 - C_{(0\text{-}20)}) / 20$$

Avec :

ΔC = Variation de stock de biomasse, t C / an
C_0 = Stock de carbone à l'instant 0, t C
$C_{(0\text{-}20)}$ = Stock de carbone à l'instant 0-20, t C

Les stocks de carbone de la biomasse vivante ligneuse sont supposés nuls pour les cultures annuelles, ils sont estimés à 5 tC/ha (aérien et racinaire) pour les vignes et 16 tC/ha pour les vergers.

A titre d'exemple, la conversion d'un verger en culture annuelle génère une émission et inversement la conversion d'une culture annuelle en vigne génère un puits de carbone dans la biomasse vivante ligneuse.

Tableau 144 : Flux de CO2 liés aux changements entre catégories de cultures (cultures annuelles et pérennes), biomasse aérienne et racinaire, en métropole

↱	Cultures annuelles	Vergers	Vignes
Cultures annuelles	*Cf. section suivante*	+16,3tC / 20y = -3tCO_2/an	+5,5tC / 20y = -1tCO_2/an
Vergers	-16,3tC / 20y = +3tCO_2/an	*Cf. section suivante*	-10,7tC / 20y = +2tCO_2/an
Vignes	-5,5tC / 20y = +1tCO_2/an	+10,7tC / 20y = -2tCO_2/an	*Cf. section suivante*

Terres sans changement entre sous-catégorie de terres cultivées

Sur les « vergers restant vergers » ou « vignes restant vignes », la méthode par variation de stock n'est pas mise en place car il n'existe pas de données suffisamment précises pour suivre les stocks de ces surfaces dans le temps.

L'IFN ne couvrant pas ces terres dans son inventaire, il n'existe pas non plus de données précises sur l'accroissement annuel ou les prélèvements de la biomasse ligneuse des terres cultivées qui permettrait d'appliquer une véritable « méthode des flux » (gains - pertes). Il est donc considéré que l'accroissement compense le prélèvement sur la récolte pour les terres de cette catégorie. La biomasse récoltée est supposée être uniquement à destination du bois de feu laquelle est estimée au travers de statistiques de consommation énergétique.

Tableau 145 : Flux de CO2 liés pour les cultures (cultures annuelles et pérennes), biomasse aérienne et racinaire, en métropole et en outre-mer

↱	Cultures annuelles	Vergers	Vignes
Cultures annuelles	0 tCO_2/an	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*
Vergers	*Cf. section précédente*	0 tCO_2/an	*Cf. section précédente*
Vignes	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*	0 tCO_2/an

Bois mort (terres cultivées restant terres cultivées)

Le stock de bois mort est négligé sur l'ensemble des terres cultivées restant terres cultivées.

Litière (terres cultivées restant terres cultivées)

Le stock de litière est négligé sur l'ensemble des terres cultivées restant terres cultivées.

Matière organique du sol (terres cultivées restant terres cultivées) – sols minéraux

Les variations de stock de carbone de sols minéraux des terres cultivées sont estimées grâce à la méthode GIEC de niveau 1, grâce aux équations suivantes :

Équation 37 (cultures) (inspirée de l'équation 2.25 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta C_{Mineraux} = COS_0 - COS_{(0-20)} / 20$$

$$COS = COS_{REF} \times F_{UT} \times F_{RG} \times F_A \times Surface$$

Avec :

ΔC = Variation de stock de carbone du réservoir, tC/an

$\Delta C_{Minéraux}$ = Variations annuelles des stocks de carbone des sols minéraux, tC / an

COS = Stock de carbone organique du sol l'année d'inventaire, tC

COS_{REF} = Stock de carbone de référence, tC/ha

F_{UT} = Facteur de variation de stock lié à l'utilisation des terres

F_{RG} = Facteur de variation de stock lié au régime de gestion (travail du sol principalement)

F_A = Facteur de variation de stock lié aux apports (organiques principalement)

Surface = Surface de la catégorie de terre concernée, ha

Les lignes directrices du GIEC [672] permettent ainsi d'estimer les flux de carbone des sols à partir de facteurs associés aux pratiques (utilisation du sol, travail du sol, type et quantité d'apport).

Choix du paramètre de stock de référence (COS_{REF})

Pour mettre en œuvre cette méthode il est nécessaire de catégoriser les terres selon ces différents paramètres. Cette catégorisation n'est pas possible à partir des seules matrices de changement d'utilisation des terres qui ne fournissent une information que sur le type d'occupation. D'autres sources de données, notamment les enquêtes pratiques culturales, sont mobilisées pour répondre à ce besoin. Or ces données ne sont pas utilisables à des niveaux de résolution spatiale fine. Pour cette raison les calculs sont actuellement produits de manière globale au niveau de la France métropolitaine afin de bénéficier de données quantitatives sur l'évolution des pratiques. Le paramètre COS_{REF} choisi correspond à la médiane des stocks forestiers régionaux issus du RMQS [424] et utilisés dans l'inventaire : il est estimé à 73 tC/ha. Cette valeur impacte peu les estimations produites car ce sont les variations de stock qui sont visées dans les calculs.

La méthode détaillée sur l'estimation des stocks de carbone dans les sols se trouve en section UTCATF générale.

Catégorisation selon le facteur d'utilisation des terres (F_{UT})

La valeur proposée par le GIEC [672] pour le paramètre F_{UT} est de 0,69 pour les cultures de long terme. Dans l'inventaire français cette valeur du GIEC a été utilisée pour toutes les terres cultivées restant terres cultivées, quelle que soit la sous-catégorie (culture annuelle, vigne ou verger). Combinée avec le paramètre COS_{REF}, un stock de référence pour les cultures a été estimé pour la France métropolitaine à 50 tC/ha (73 tC/ha x 0,69).

Catégorisation selon le facteur lié au travail du sol (F_{RG})

Le travail du sol est un des paramètres les plus importants pour l'estimation des flux de carbone des sols en France. En effet le travail du sol influe fortement les stocks de carbone du sol selon le GIEC et les pratiques associées ont significativement évolué durant la période couverte par l'inventaire avec une forte diminution du labour au profit des techniques culturales simplifiées.

En termes de travail du sol, trois modalités ont été identifiées en lien avec les facteurs correcteurs proposés par le GIEC : le labour, les techniques culturales simplifiées (TCS) et le semis direct (Semis d.). La part des cultures concernée par chaque pratique est estimée à partir des enquêtes Pratiques culturales disponibles pour les années 1994, 2001, 2006 et 2011 [485]. Ces données concernent les cultures principales en France. Les données d'enquêtes relatives à l'année 2016 sont en cours de traitement elles n'ont pas encore pu être exploitées dans les inventaires.

Tableau 146 : Répartition des surfaces de culture selon le travail du sol

		Blé tendre	Blé dur	Orge d'hiver	Orge de printemps	Autres céréales	Maïs grain	Maïs fourrage	Colza	Tournesol	Autres oléagineux	Pois	Autres protéagineux	Betterave	Pomme de terre	Autres cultures
1994	Labour	88%	63%	95%	95%	88%	98%	98%	82%	94%	82%	98%	98%	85%	89%	88%
	TCS	12%	37%	5%	5%	12%	2%	2%	18%	6%	18%	2%	2%	15%	11%	12%
	Semis d.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2001	Labour	74%	51%	85%	83%	74%	87%	92%	78%	92%	78%	91%	91%	85%	89%	74%
	TCS	26%	49%	15%	17%	26%	13%	8%	22%	8%	22%	9%	9%	15%	11%	26%
	Semis d.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2006	Labour	56%	42%	72%	72%	56%	84%	84%	53%	75%	53%	87%	87%	85%	92%	56%
	TCS	44%	55%	28%	28%	44%	16%	16%	47%	24%	47%	13%	13%	15%	8%	44%
	Semis d.	1%	3%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
2011	Labour	56%	42%	69%	69%	56%	82%	85%	49%	72%	49%	70%	70%	86%	86%	56%
	TCS	40%	54%	30%	30%	40%	18%	15%	51%	27%	51%	28%	28%	14%	14%	40%
	Semis d.	4%	4%	1%	1%	4%	0%	0%	0%	1%	0%	2%	2%	0%	0%	4%

Entre les années d'enquêtes les données sont extrapolées linéairement. Avant 1994 elles sont supposées équivalentes à l'année 1994 et après 2011 elles sont supposées équivalentes à 2011.

Les surfaces de cultures annuelles sont issues des statistiques agricoles annuelles, elles sont disponibles sur toute la période d'inventaire.

Les surfaces sont ensuite combinées aux facteurs d'ajustement adaptés. Le tableau ci-dessous récapitule les différents facteurs d'ajustement associés au travail du sol, utilisés dans l'inventaire :

Tableau 147 : Valeurs par défaut du GIEC associées au travail du sol

Pratique (GIEC)		Facteur d'ajustement (GIEC)
Travail du sol (F_{RG})	Total (Labour)	1
	Réduit (TCS)	1.08
	Aucun (semis direct)	1.15

Catégorisation selon le facteur lié aux apports (F_A)

Les apports (intrants) sont un paramètre clé dans l'estimation des variations du carbone du sol. Il s'agit en premier lieu des apports organiques mais les engrais minéraux peuvent également être intégrés car la fertilisation permet d'augmenter la production de biomasse et donc potentiellement les retours de carbone au sol.

Le GIEC propose de caractériser le niveau d'apport selon quatre modalités qualitatives : apports faibles, apports moyens, apports élevés sans fumier, apports élevés avec fumier. Pour caractériser les surfaces de culture selon cet axe, trois paramètres ont pu être exploités au niveau français : le taux de retour des résidus de culture au sol, l'apport de fumure organique et la présence d'une culture intermédiaire durant l'interculture.

Le taux de retour des résidus au sol a pu être pris en compte grâce aux enquêtes 2001, 2006 et 2011. Le devenir des résidus de la culture précédente étant connu (résidus récoltés, brûlés, laissé sur place), des valeurs pour les années 2000, 2005 et 2010 ont pu être estimées.

De même de informations qualitatives sur les surfaces ayant reçu des amendements organiques ou ayant mis en place des cultures intermédiaires ont pu être intégrées dans la catégorisation des terres selon la classification GIEC. Les terres ont été classées selon le protocole d'allocation suivant :

Tableau 148 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC

Résidus laissés au champ ?	Culture intermédiaire ?	Fumure organique ?	Apports			
			A. faibles	A. moyens	A. élevés	A. élevés + Fumier
OUI	OUI	OUI				X
		NON			X	
	NON	OUI		X		
		NON		X		
NON	OUI	OUI		X		
		NON	X			
	NON	OUI	X			
		NON	X			

Grâce à ce protocole d'allocation les terres ont pu être réparties selon les catégories GIEC de la manière suivante :

Tableau 149 : Répartition des surfaces de culture selon le niveau d'apport

		Blé tendre	Blé dur	Orge d'hiver	Orge de printemps	Autres céréales	Maïs grain	Maïs fourrage	Colza	Tournesol	Autres oléagineux	Pois	Autres protéagineux	Betterave	Pomme de terre	Autres cultures
2000	A. faibles	56%	35%	76%	50%	56%	1%	5%	3%	1%	3%	15%	15%	2%	6%	56%
	A. moyens	44%	64%	24%	48%	44%	81%	82%	97%	96%	97%	67%	67%	50%	61%	44%
	A. élevés	0%	1%	0%	2%	0%	12%	2%	0%	3%	0%	18%	18%	24%	17%	0%
	A. élevés+	0%	0%	0%	0%	0%	5%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	15%	0%
2005	A. faibles	38%	23%	43%	39%	38%	0%	5%	3%	2%	3%	9%	9%	2%	9%	38%
	A. moyens	62%	76%	57%	59%	62%	82%	82%	97%	95%	97%	72%	72%	50%	60%	62%
	A. élevés	0%	1%	0%	2%	0%	12%	2%	0%	3%	0%	19%	19%	24%	16%	0%
	A. élevés+	0%	0%	0%	0%	0%	6%	11%	0%	0%	0%	1%	1%	24%	14%	0%
2010	A. faibles	50%	34%	50%	50%	50%	0%	5%	3%	2%	3%	8%	8%	2%	11%	50%
	A. moyens	50%	66%	46%	46%	50%	80%	74%	97%	82%	97%	58%	58%	25%	37%	50%
	A. élevés	0%	0%	4%	4%	0%	13%	4%	0%	14%	0%	31%	31%	32%	33%	0%
	A. élevés+	0%	0%	1%	1%	0%	7%	17%	0%	3%	0%	3%	3%	41%	18%	0%

Entre les années d'enquêtes les données sont extrapolées linéairement. Avant 2000 elles sont supposées équivalentes à l'année 2000 et après 2010 elles sont supposées équivalentes à 2010.

Les surfaces de cultures annuelles sont issues des statistiques agricoles annuelles, elles sont disponibles sur toute la période d'inventaire.

Les surfaces sont ensuite combinées aux facteurs d'ajustement adaptés. Le tableau ci-dessous récapitule les différents facteurs d'ajustement associés au travail du sol, utilisés dans l'inventaire.

Tableau 150 : Valeurs par défaut du GIEC associées aux apports

Pratique (GIEC)		Facteur d'ajustement (GIEC)
Apports (F_A)	Faibles	0.92
	Moyens	1
	Elevés sans fumier	1.11
	Elevés avec fumier	1.44

Matière organique du sol (terres cultivées restant terres cultivées) - sols organiques

Les sols organiques cultivés génèrent des émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O liées à leur drainage. Les surfaces de sols organiques sont connues à partir de cartes pédologiques pour la métropole [719] et, en Outre-Mer, pour la Guyane [720]. Ces cartes sont croisées avec des cartes d'occupation du sol pour connaître la part de ces sols organiques qui sont cultivés. A ces surfaces sont appliquées des facteurs d'émissions provenant du Supplément du GIEC sur les Zones Humides [923] (voir plus bas).

6.5.2.2 Terres devenant terres cultivées (4B2)

La catégorie des terres devenant terres cultivées correspond à l'ensemble des terres en cultures depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie est la 6ème catégorie clé (3,3%) de l'inventaire national français en termes de niveau (CO_2) et est 38ème en termes d'évolution (0,6%). En termes de niveau, elle est aussi 46e pour le N2O (0,3%).

Biomasse vivante (terres devenant terres cultivées)

Comme pour les terres cultivées restant terres cultivées les flux de biomasse sont estimés sur la base des surfaces de changement et par méthode de variation de stock. Pour tous les changements, les flux sont estimés sur une période de 20 ans sauf pour les défrichements (forêts devenant terres cultivées) pour lesquels on utilise une période de 1 an.

Les stocks de carbone de la biomasse vivante ligneuse sont supposés nuls pour les cultures annuelles, ils sont estimés à 5 tC/ha (aérien et racinaire) pour les vignes et 16 tC/ha pour les vergers. Les stocks de carbone de la biomasse vivante des autres catégories de terre sont présentés dans la partie introductive sur les réservoirs de carbone.

Bois mort (terres devenant terres cultivées)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir bois mort sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de bois mort.

Litière (terres devenant terres cultivées)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir litière sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de litière.

Matière organique du sol (terres devenant terres cultivées)

Le passage en usage culture d'une terre s'accompagne de flux au niveau du réservoir sol estimé à partir du stock de carbone initial et du stock de carbone final par méthode de variation de stock. Il peut s'agir, selon les cas, d'une émission ou d'une absorption de carbone. La méthode de calcul des

flux sur les sols lors des changements d'utilisation des terres est décrite plus en détail dans la partie générique.

S'il s'agit d'une perte de carbone, elle s'accompagne également d'une perte de l'azote contenu dans le sol sous forme de N_2O (Guide UTCF [672]). Cette émission de N_2O n'est pas liée à l'utilisation de fertilisants azotés en agriculture mais à la symbiose des cycles de l'azote et du carbone dans les sols. On notera que dans le cas d'une transition inverse (passage d'une terre cultivée vers un autre usage), le gain en carbone n'est pas associé à un puits de N_2O.

6.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas).

Depuis l'édition d'inventaire 2016, l'incertitude des émissions de CO_2 du secteur des cultures est estimée à partir d'une méthode de type Monte-Carlo permettant d'intégrer un maximum les interdépendances entre les sous-catégories. Sur le secteur dans son ensemble l'incertitude estimée sur ces émissions atteint la valeur de 41%, car les flux sont fortement incertains et les flux observés dépendent surtout des changements de prairies vers cultures. La majorité de l'incertitude est associée à l'impact du changement sur les stocks de carbone du sol

Les incertitudes sur les émissions de CH_4 et de N_2O sont de 100% pour chaque polluant. Ceci est basé sur l'avis des experts sectoriels.

La méthodologie employée est la même tout au long de la période afin de garantir la cohérence temporelle. Les changements méthodologiques, lorsqu'ils adviennent, sont reportés sur l'ensemble de la période pour conserver cette cohérence.

6.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les valeurs utilisées dans cette catégorie de l'inventaire sont pour la plupart issues de travaux nationaux. Les données source font l'objet, en amont, de validation statistique.

Une comparaison entre ces données nationales et des valeurs par défaut serait envisageable. Par exemple, Le stock de biomasse non ligneuse en culture est estimé à zéro. Néanmoins, le Giec fournit des valeurs par défaut (Giec, 2006, vol 4. Chap 5, Table 5.9, chap 6 Table 6.4). Il n'est actuellement pas prévu d'améliorer ce point.

6.5.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 4B

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	23 311	22 851	21 339	18 537	18 642	19 056	20 365	19 679	19 347	18 625	18 487	18 125	18 054	18 506	18 453	
Nouveau	kt CO2e	23 307	22 856	21 346	18 818	19 090	19 691	21 002	20 325	20 044	19 093	18 645	18 047	17 860	17 963	17 830	17 731
Différence	kt CO2e	-4,7	+4,7	+6,5	+281	+449	+635	+637	+646	+697	+468	+158	-77	-194	-543	-623	
	%	-0%	+0%	+0%	+2%	+2%	+3%	+3%	+3%	+4%	+3%	+1%	-0%	-1%	-3%	-3%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Cultures restant cultures

- La mise à jour ne concerne que les surfaces. Les modifications sont liées à la prise en compte des données TERUTI 2015.
- Brûlage : Légers ajustements sur le bois énergie et donc des récoltes affectées aux prairies-cultures

Terres devenant cultures

- La mise à jour ne concerne que les surfaces. Les modifications sont liées à la prise en compte des données TERUTI 2015.
- Emissions de N_2O : La mise à jour ne concerne que les surfaces ce qui impacte le carbone du sol et donc les émissions de N_2O. Les modifications sont liées à la prise en compte des données TERUTI 2015.
- Brûlage : Mise à jour liée à la mise à jour des surfaces défrichées. Mise à jour de TERUTI 2015.

Raisons et justifications des recalculs

Amélioration de l'exactitude.

6.5.6 Améliorations envisagées

Sols

Le chantier le plus important pour les terres cultivées concerne les sols. Actuellement les flux de carbone sur les sols agricoles sont estimés grâce une méthode de niveau 1 du Giec. L'estimation de l'évolution des stocks de carbone du sol en cultures et prairie est un enjeu majeur dans le cadre de la décision EU/529/2013 et de l'initiative 4 pour 1000. Plusieurs projets sont en cours pour mieux appréhender la dynamique de carbone des sols en France (Etude C-SOPRA [962] [14] , Etude 4 pour 1000 [963]) : il est possible que ces travaux permettent d'élaborer des méthodes plus complexes et plus précises pour estimer le carbone des sols cultivés. Cependant, actuellement, la piste la plus sure de progrès reste la prochaine campagne de mesure du réseau de la qualité des sols (RMQS). Cette campagne devrait fournir des éléments précis d'évolution du carbone des sols agricoles sur la dernière décennie, et de tester une approche par variation de stock. Ce sont sans doute ces résultats qui permettront de réaliser une véritable amélioration méthodologique de l'inventaire. Ces résultats sont espérés pour dans quelques années. Au-delà de ces études qui permettront de mieux connaître les facteurs d'émissions ou de déstockage des sols agricoles, les données d'activité sur l'évolution des pratiques restent un frein à l'élaboration d'une approche de niveau 2 robuste.

Conclusions de l'étude CSOPRA [962]

Le projet Csopra, dont l'objectif principal est d'ordre méthodologique, a été conçu pour tester diverses méthodes d'inventaire des terres cultivées et définir les étapes futures -ional présentaient un niveau d'incertitude raisonnable et des tendances similaires pour chaque modèle mécaniste, lorsque ceux-ci sont corrigés par une fonction d'erreur

[14] Martin, M., Dimassi, B., Millet, F., Picaud, C., Bounoua, E.-M., Bardy, M., Bispo, A., Boulonne, L., Bouthier, A., Duparque, A., Eglin, T., Guenet, B., Huard, F., Mary, B., Mathias, E., Mignolet, C., Robert, C., Saby, N., Sagot, S., Schott, C., Toutain, B., Trochard, R., 2019. Méthodes de comptabilisation du stockage de carbone organique des sols sous l'effet des pratiques culturales (CSopra). 308p.

de la mise en œuvre des approches dites de Tier 3 pour la France. Notre approche mobilise à la fois une base de données de suivis long terme la base AIAL et et la base de données d'un réseau de surveillance des sols, le Réseau de Mesure de la qualité des sols (RMQS). Nous avons, dans ce cadre, évalué les modèles Century, RothC, AMG et ORCHIDEE et les avons comparés à l'approche Tier 1. Nous avons montré que i) les modèles mécanistes les plus simples donnaient de meilleurs résultats que les modèles plus complexes et que ii) le forçage de carbone dans les sols, basé sur des statistiques agricoles de rendement était plus efficace que la simulation explicite de ces entrées dans des modèles. Les estimations au niveau nat- calibrée sur la base AIAL. Nous soulignons la nécessité d'intégrer les données des systèmes de surveillance à différentes échelles, à la fois des suivis long terme et des réseaux de surveillance, avec des modèles mécanistes et statistiques, afin de produire des estimations nationales dont l'incertitude est quantifiée. Parmi les résultats du projet Csopra figurent des recommandations sur le type de modèles mécanistes pouvant être utilisés pour les inventaires nationaux, la cartographie à haute résolution des évolutions passées et futures du COS et une méthode permettant de proposer de nouvelles estimations des facteurs d'émission utilisables dans les approches Tier 2.

Au-delà de ces études qui permettront de mieux connaître les facteurs d'émissions ou de déstockage des sols agricoles, les données d'activité sur l'évolution des pratiques restent un frein à l'élaboration d'une approche de niveau 2 robuste.

Biomasse

Des pistes de progrès ont également été identifiées pour la biomasse ligneuse agricole (vergers, vignes, haies). En particulier, Pour l'ensemble des cultures pérennes (vignes, vergers), uniquement pour les régions méditerranéennes (Provence Alpes-Côte-d'Azur, Languedoc-Roussillon, Corse) il est possible d'utiliser les valeurs issues du projet européen « Medinet » (Projet LIFE n°15 PRE IT/732295) (Canaveira, et al. 2018 [993]. Pour les vignes, il est possible de varier la valeur de stock de biomasse en faisant varier le paramètre de nombre de cep à l'ha de 8 000 pieds/ha en Champagne-Ardenne, 4 500 pieds/ha en Pays de la Loire, 6 000 pieds/ha en Aquitaine et conserver la valeur de 5000 pieds/ha pour les autres régions, d'après [493 p.60].
Enfin, l'estimation de stocks de biomasse en cultures pérennes en Outre-Mer pourrait être améliorée. Néanmoins, le suivi des terres en Outre-Mer inclus dans l'UE ne permet pas de distinguer les cultures des cultures pérennes (voir § 1.1.3.4.1), donc des hypothèses et des données supplémentaires seraient nécessaires.

6.6 Prairies (CRF 4C)

6.6.1 Caractéristiques de la catégorie

Les surfaces en prairies couvrent 13,9 millions d'hectares en France métropolitaine en 2017.

Pour la matière ligneuse, présente dans les haies et les bosquets sur ces terres, il est considéré que l'accroissement compense la récolte.

Définitions

Définition de « Prairie » et sous-catégories

La catégorie des « Prairies » inclut les superficies en herbe et des surfaces arborées ou recouvertes d'arbustes qui ne sont correspondent pas à la définition de la forêt et ne rentrent pas dans les catégories culture ou zone artificialisée ; et comprend les sous-catégories suivantes :

- Superficies toujours en herbe, il s'agit des zones couvertes d'herbe d'origine naturelle ou qui ont été semées il y a plus de 5 ans (contrairement aux prairies temporaires comptées en terres cultivées).
- les haies
- les bosquets (surface boisée < 0,5 ha).

*Définition de « Gestion des pâturages » (*Grazing Land Management *ou GM)*

Dans le cadre de l'article 3.4 du Protocole de Kyoto, l'activité de Gestion des Pâturages n'a pas été élue par la France. Néanmoins un rapportage de cette activité est présenté à l'Union Européenne dans le cadre de la décision EU/529/2013. Cette activité inclut les surfaces de la sous-catégorie « Prairie en herbe » ; et prend en compte l'ensemble des types de gestions.

Définition de « prairies restant prairies » et « terres devenant prairies »

La catégorie des prairies restant prairies correspond à l'ensemble des terres en usage prairie au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des terres devenant prairies correspond à l'ensemble des terres en prairie depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.6.2 Méthode d'estimation des émissions

Emissions de CO_2

Emissions de CO_2 liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les flux de CO_2 sont directement estimés à partir des flux de carbone observés entre les différents réservoirs de carbone des terres définis par le GIEC.

Emissions de CO_2 liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions directes et indirectes de CO_2 liées au drainage des sols organiques (histosols) en prairie sont estimées sur la base des surfaces d'histosols issues de cartes pédologiques ([719] pour la Métropole, [720] pour la Guyane) croisées avec des cartes d'occupation des sols [Corine Land Cover ; RPG]. Les facteurs d'émission proviennent du Supplément 2013 du GIEC sur les Zones Humides ([923] chap.1 table 2.1) : 3,6 tCO2/ha/an en Métropole et 9,6 t CO2/ha/an pour la Guyane ; ainsi que et 0,1 tCO2/ha/an dans les deux zones pour les émissions indirectes.

Emissions de CO_2 liées au brûlage

Les émissions de CO_2 liées au brûlage sont incluses dans les estimations liées à la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Aucune émission supplémentaire n'est calculée.

Emissions de CH_4

Emissions de CH_4 liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions de CH_4 liées au drainage ou à la remise en eau de prairies sont actuellement négligées dans l'inventaire français.

Emissions de CH_4 liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CH_4 issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Emissions de N_2O

Emissions de N_2O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Les émissions de N_2O liées à la fertilisation des terres agricoles sont intégralement rapportées dans le secteur agriculture.

Emissions de N_2O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement négligées dans l'inventaire français.

Emissions de N_2O liées à la minéralisation des sols

Les émissions de N_2O liées à la minéralisation des sols sont actuellement négligées dans l'inventaire français pour les prairies.

Emissions de N_2O liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de N_2O issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

6.6.2.1 Prairies restant prairies (4C1)

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie n'est pas une catégorie-clé.

Biomasse vivante (prairies restant prairies)

Conformément aux lignes directrices du GIEC [672], seule la biomasse ligneuse est prise en compte. La biomasse non ligneuse provenant des cultures fait partie d'un cycle court qui présente un bilan neutre vis-à-vis du stockage de carbone : fréquemment stockage et déstockage de carbone ont lieu au cours de la même année. La biomasse considérée concerne en particulier les bosquets, haies et la végétation arbustive sur des parcelles ne respectant pas les critères de définition de la forêt.

Terres avec changements entre sous-catégorie de prairies

Les flux de biomasse sur les prairies restant prairies sont estimés sur la base des changements d'affectation entre les quatre sous-catégories de prairies (prairies en herbe, prairies arbustives, haies et bosquets) par méthode de variation de stock basée sur les changements sur 20 ans.

Équation 38 (prairies) (inspirée de l'équation 2.8 du GIEC 2006 [672)

$$\Delta C = (C_0 - C_{(0-20)}) / 20$$

Avec :

ΔC = Variation de stock de biomasse, t C / an
C_0 = Stock de carbone à l'instant 0, t C
$C_{(0-20)}$ = Stock de carbone à l'instant 0-20, t C

Les stocks de carbone de la biomasse vivante ligneuse sont supposés nuls pour les prairies en herbe, ils sont estimés à 7 tC/ha (aérien et racinaire) pour les prairies arbustives et identiques à la forêt pour les surfaces de haies et de bosquet.

A titre d'exemple, la conversion d'un bosquet en prairie arbustive génère une émission et inversement la conversion d'une prairie en herbe en haie génère un puits de carbone dans la biomasse vivante ligneuse.

Tableau 151 : Flux de CO2 liés aux changements entre catégories de prairies, biomasse aérienne et racinaire, en métropole

↱	herbe	bosquet	haie	arbustive
herbe	*Cf. section suivante*	+58tC / 20y = - 11tCO_2/an	+58tC / 20y = - 11tCO_2/an	+7tC / 20y = - 1,2tCO_2/an
bosquet	-58tC / 20y = 11tCO_2/an	*Cf. section suivante*	-10,7tC / 20y = +2tCO_2/an	-51tC / 20y = +9,4tCO_2/an
haie	-58tC / 20y = +11tCO_2/an	+10,7tC / 20y = - +2tCO_2/an	*Cf. section suivante*	-51tC / 20y = +9,4tCO_2/an
arbustive	-7tC / 20y = +1,2tCO_2/an	+51tC / 20y = - 9,4tCO_2/an	+51tC / 20y = - 9,4tCO_2/an	*Cf. section suivante*

Terres sans changement entre sous-catégorie de prairies

Sur les « bosquets restant bosquets » ou « haies restant haies » ou « prairie arbustive restant prairie arbustive », la méthode par variation de stock n'est pas mise en place car il n'existe pas de données suffisamment précises pour suivre les stocks de ces surfaces dans le temps.

L'IFN ne couvrant pas ces terres dans son inventaire, il n'existe pas non plus de données précises sur l'accroissement annuel ou les prélèvements de la biomasse ligneuse des prairies qui permettrait d'appliquer une véritable « méthode des flux » (gains - pertes). Il est donc considéré que l'accroissement compense le prélèvement sur la récolte pour les terres de cette catégorie. La biomasse récoltée est supposée être uniquement à destination du bois de feu laquelle est estimée au travers de statistiques de consommation énergétique.

Tableau 152 : Flux de CO2 liés pour les prairies, biomasse aérienne et racinaire, métropole et Outre-mer

↱	herbe	bosquet	haie	arbustive
herbe	0 tCO_2/an	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*
bosquet	*Cf. section précédente*	0 tCO_2/an	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*
haie	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*	0 tCO_2/an	*Cf. section précédente*
arbustive	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*	*Cf. section précédente*	0 tCO_2/an

Bois mort (prairies restant prairies)

Le stock de bois mort est négligé sur l'ensemble des prairies restant prairies.

Litière (prairies restant prairies)

Le stock de litière est négligé sur l'ensemble des prairies restant prairies.

Matière organique du sol (prairies restant prairies) – sols minéraux

Comme pour les terres cultivées, les flux de carbone des sols minéraux sont estimés grâce aux équations suivantes :

Équation 39 (prairies) (inspirée de l'équation 2.25 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta C_{Mineraux} = COS_0 - COS_{(0-20)} / 20$$

$$COS = COS_{REF} \times F_{UT} \times (F_{RG} \times F_A) \times Surface$$

Avec :

ΔC	=	Variation de stock de carbone du réservoir, t C/an
$\Delta C_{Minéraux}$	=	Variations annuelles des stocks de carbone des sols minéraux, tC / an
COS	=	Stock de carbone organique du sol l'année d'inventaire, tC
COS_{REF}	=	Stock de carbone de référence, tC/ha
F_{UT}	=	Facteur de variation de stock lié à l'utilisation des terres
$(F_{RG} \times F_{A})$	=	Facteur de variation de stock lié au régime de gestion et aux apports
Surface	=	Surface de la catégorie de terre concernée, ha

Les lignes directrices du GIEC [672] permettent ainsi d'estimer les flux de carbone des sols à partir de facteurs associés aux pratiques (utilisation du sol, travail du sol, type et quantité d'apport).

Choix du paramètre de stock de référence (COS_{REF})

Comme pour les terres cultivées, le paramètre COS_{REF} choisi correspond à la médiane des stocks forestiers régionaux issus du RMQS [424] et utilisés dans l'inventaire, il est estimé à 73 tC/ha. Cette valeur impacte peu les estimations produites car ce sont les variations de stock qui sont visées dans les calculs.

Catégorisation selon le facteur d'utilisation des terres (F_{UT})

La valeur proposée par le GIEC [672] pour le paramètre F_{UT} est de 1 pour les prairies. Dans l'inventaire français cette valeur du GIEC a été utilisée pour toutes les prairies restant prairies, quel que soit la sous-catégorie (prairies en herbe, prairies arbustives, haies et bosquets). Combinée avec le paramètre COS_{REF}, un stock de référence pour les prairies a été estimé pour la France métropolitaine à 73 tC/ha (73 tC/ha x 1).

Catégorisation selon le facteur lié à la gestion et aux apports ($F_{RG} \times F_A$)

Pour les prairies, il n'est pas facile de distinguer la gestion et les apports ils sont donc traités conjointement.

En termes de gestion, cinq modalités graduelles ont été définies par le GIEC : prairie fortement dégradées, prairies moyennement dégradées, prairies gérées nominalement, prairies améliorées, prairie améliorée avec apports de gestion supplémentaires. Ces catégories ne recoupent pas de classification connue des prairies, il est donc difficile de catégoriser les prairies françaises selon ces définitions.

Les enquêtes pratiques culturales présentes en France proposent des résultats relatifs aux prairies pour les années 2006 et 2011 [485] permettant d'identifier des pratiques ayant changé sur cette période. Les données d'enquêtes relatives à l'année 2016 sont en cours de traitement elles n'ont pu être exploitées dans les inventaires. Dans l'inventaire actuel, seule la fertilisation minérale et la fertilisation organique ont été identifiées comme paramètres permettant de classer les prairies selon

la catégorisation GIEC et de témoigner des changements de pratique. Ces données ont donc été exploitées pour répartir les surfaces de prairies françaises dans les différentes catégories grâce au protocole suivant.

Tableau 153 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC

fertilisation minérale ?	Fumure organique ?	Prairie				
		Fortement dégradée	Moyennement dégradée	Gérée nominalement	Améliorée	Améliorée ++
<50 kgN/ha/an	OUI				X	
	NON		X			
Entre 50 et 100 kgN/ha/an	NON			X		
Supérieure à 100 kgN/ha/an	NON				X	

Grâce à ce protocole d'allocation les terres ont pu être réparties selon les catégories GIEC de la manière suivante.

Tableau 154 : Répartition des surfaces de prairie par catégorie GIEC

	Prairie				
	Fortement dégradée	Moyennement dégradée	Gérée nominalement	Améliorée	Améliorée ++
2006	0%	22%	50%	29%	0%
2011	0%	29%	40%	31%	0%

Entre les années d'enquêtes les données sont extrapolées linéairement. Avant 2006 elles sont supposées équivalentes à l'année 2006 et après 2011 elles sont supposées équivalentes à 2011.

Les surfaces sont ensuite combinées aux facteurs d'ajustement adaptés. Le tableau ci-dessous récapitule les différents facteurs d'ajustement associés aux différents types de prairies, utilisés dans l'inventaire.

Tableau 155 : Valeurs par défaut du GIEC associées aux types de prairie

Catégorie GIEC	Facteur d'ajustement (GIEC)
Prairie fortement dégradée	0,70
Prairie moyennement dégradée	0,95
Prairie gérée nominalement	1
Prairie améliorée	1,14
Prairie améliorée ++	1,27

Matière organique du sol (prairies restant prairies) - sols organiques

Les sols organiques en prairie génèrent des émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O liées à leur usage. Les surfaces de sols organiques sont connues à partir de cartes pédologiques pour la métropole [719] et, en Outre-Mer, pour la Guyane [720]. Ces cartes sont croisées avec des cartes d'occupation du sol pour connaître la part de ces sols organiques qui sont sous prairie. A ces surfaces sont appliquées des facteurs d'émissions provenant du Supplément du GIEC sur les Zones Humides [923] (voir plus bas).

Matière organique du sol : évolutions méthodologiques

L'estimation de l'évolution des stocks de carbone du sol en cultures et prairie est un enjeu majeur L'estimation de l'évolution des stocks de carbone du sol en cultures et prairie est un enjeu majeur dans le cadre de la décision EU/529/2013 et de l'initiative 4 pour 1000. L'approche méthodologique

présentée ci-dessous relève du niveau 1 du GIEC. Des travaux sont en cours afin d'améliorer l'état des connaissances pour la France et améliorer ces estimations, notamment les projets en cours C-SOPRA [962] ainsi que l'étude 4 pour 1000 [963] menés avec l'INRA.

Au-delà de ces études qui permettront de mieux connaître les facteurs d'émissions ou de déstockage des sols agricoles, les données d'activité sur l'évolution des pratiques restent un frein à l'élaboration d'une approche de niveau 2 robuste.

6.6.2.2 Terres devenant prairies (4C2)

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie est la 17ème catégorie clé (1,4%) de l'inventaire national français en termes de niveau (CO_2) et est 9ème en termes d'évolution (3,5%).

Biomasse vivante (terres devenant prairies)

Comme pour les prairies restant prairies les flux de biomasse sont estimés sur la base des surfaces de changement et par méthode de variation de stock. Pour tous les changements, les surfaces sont estimées sur une période de 20 ans sauf pour les défrichements (forêts devenant prairies) pour lesquels on utilise une période de 1 an.

Les stocks de carbone de la biomasse vivante ligneuse sont supposés nuls pour les prairies en herbe, ils sont estimés à 7 tC/ha (aérien et racinaire) pour les prairies arbustives et identiques à la forêt pour les surfaces de haies et de bosquet (voir section UTCATF Générale). Les stocks de carbone de la biomasse vivante des autres catégories de terre sont présentés dans la partie introductive sur les réservoirs de carbone.

Bois mort (terres devenant prairies)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir bois mort sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de bois mort.

Litière (terres devenant prairies)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir litière sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de litière.

Matière organique du sol (terres devenant prairies)

Le passage en usage prairie d'une terre s'accompagne de flux au niveau du réservoir sol estimé à partir du stock de carbone initial et du stock de carbone final par méthode de variation de stock. Il peut s'agir, selon les cas, d'une émission ou d'une absorption de carbone. La méthode de calcul des flux sur les sols lors des changements d'utilisation des terres est décrite plus en détail dans la partie générique.

6.6.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas).

Depuis l'édition d'inventaire 2016, l'incertitude des émissions de CO_2 du secteur des prairies est estimée à partir d'une méthode de type Monte-Carlo permettant d'intégrer un maximum les interdépendances entre les sous-catégories. Sur le secteur dans son ensemble l'incertitude estimée sur ces émissions atteint la valeur de 51%, car les flux sont fortement incertains et les flux observés dépendent surtout des changements de cultures vers prairies et de forêt vers prairies pour lesquels le faible différentiel de stock de carbone dans les sols entraîne une incertitude forte sur le résultat.

Les incertitudes sur les émissions de CH_4 et de N_2O sont de 100% pour chaque polluant. Ceci est basé sur l'avis des experts sectoriels.

La méthodologie employée est la même tout au long de la période afin de garantir la cohérence temporelle. Les changements méthodologiques, lorsqu'ils adviennent, sont reportés sur l'ensemble de la période pour conserver cette cohérence.

6.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les valeurs utilisées dans cette catégorie de l'inventaire sont pour la plupart issues de travaux nationaux. Les données source font l'objet, en amont, de validation statistique.

Une comparaison entre ces données nationales et des valeurs par défaut serait envisageable. Par exemple, Le stock de biomasse non ligneuse en prairie est estimé à zéro. Néanmoins, le Giec fournit des valeurs par défaut (Giec, 2006, vol 4. Chap 5, Table 5.9, chap 6 Table 6.4). Il n'est actuellement pas prévu d'améliorer ce point.

6.6.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 4C

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	-13 554	-14 748	-14 093	-9 503	-8 786	-8 128	-8 967	-9 258	-9 911	-11 034	-10 826	-10 660	-10 409	-10 268	-10 145	
Nouveau	kt CO2e	-13 557	-14 737	-14 087	-9 496	-8 717	-7 984	-8 455	-9 073	-9 788	-10 568	-10 120	-9 734	-9 245	-8 879	-8 531	-8 266
Différence	kt CO2e	-2,3	+11	+6,1	+6,8	+69	+145	+512	+185	+123	+466	+706	+926	+1 164	+1 389	+1 615	
	%	+0%	-0%	-0%	-0%	-1%	-2%	-6%	-2%	-1%	-4%	-7%	-9%	-11%	-14%	-16%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

- Carbone des sols : La mise à jour ne concerne que les surfaces. Les modifications sont liées à la prise en compte des données TERUTI 2015. Cela impacte aussi les émissions de N2O.
- Brûlage : Légers ajustements sur le bois énergie et donc des récoltes affectées aux prairies-cultures

Raisons et justifications

Toutes les modifications sont effectuées pour intégrer les nouvelles données disponibles.

6.6.6 Améliorations envisagées

Le chantier le plus important pour les prairies concerne les sols. Actuellement les flux de carbone sur les sols agricoles sont estimés grâce une méthode de niveau 1 du Giec. Pour les prairies, cette méthode montre clairement ses limites car le suivi des pratiques sur prairies (base de la méthode

Giec) est un véritable défi. Plusieurs méthodes ont été imaginées pour aller plus loin que la méthode Giec, la modélisation, le suivi des prairies par tours à flux et le suivi du carbone des sols par variation de stock. Pour l'instant aucune méthode n'a été jugée transposable dans l'inventaire national. Cependant, comme pour les terres cultivées, la piste la plus sure de progrès reste la prochaine campagne de mesure du réseau de la qualité des sols (RMQS). Cette campagne devrait fournir des éléments précis d'évolution du carbone des sols agricoles sur la dernière décennie. Ce sont sans doute ces résultats qui permettront de réaliser une véritable amélioration méthodologique de l'inventaire. Ces résultats sont espérés pour dans quelques années.

Les projets évoqués pour l'amélioration de la partie culture (CSOPRA, 4 pour 1000) sont aussi valables pour les prairies (voir section 6.5.6)

6.7 Zones humides (CRF 4D)

6.7.1 Caractéristiques de la catégorie

Les terres humides couvrent seulement 0,9 million d'hectares en 2017 en métropole.

Définitions

Définition de « terres humides »

Il s'agit des terres recouvertes ou saturées d'eau pendant tout ou une partie de l'année et qui n'entrent pas dans l'une des autres catégories (hormis la catégorie "Autres terres"). Cette catégorie inclut les retenues d'eau, les rivières et les lacs.

Définition de « terres humides restant terres humides » et « terres devenant terres humides »

La catégorie des « terres humides restant terres humides » correspond à l'ensemble des terres en usage « terres humides » au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des « terres devenant terres humides » correspond à l'ensemble des terres en usage « terres humides » au sens du GIEC depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

6.7.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Aperçu

Emissions de CO_2

Emissions de CO_2 liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les flux de CO_2 sont directement estimés à partir des flux de carbone observés entre les différents réservoirs de carbone des terres définis par le GIEC.

Emissions de CO_2 liées au brûlage

Les émissions de CO_2 liées au brûlage sont incluses dans les estimations liées à la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Aucune émission supplémentaire n'est calculée.

Emissions de CH_4

Emissions de CH_4 liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées en zones humides.

Emissions de CH_4 liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CH_4 issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Emissions de N_2O

Emissions de N_2O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Aucune fertilisation n'est supposée sur les terres humides.

Emissions de N_2O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées en zones humides.

Emissions de N_2O liées à la minéralisation des sols

Les émissions de N_2O liées à la minéralisation des sols sont actuellement négligées dans l'inventaire français pour les terres humides.

Emissions de N_2O liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de N_2O issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois pris en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

6.7.2.1 Terres humides restant terres humides (4D1)

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie n'est pas une catégorie clé.

Biomasse vivante (terres humides restant terres humides)

Bien que ces surfaces puissent porter de la biomasse ligneuse, les informations disponibles ne permettent pas d'en évaluer l'accroissement, le prélèvement ou la variation de stock. Le bilan est donc supposé neutre pour ces terres.

Bois mort (terres humides restant terres humides)

Le stock de bois mort est négligé sur l'ensemble des terres humides restant terres humides.

Litière (terres humides restant terres humides)

Le stock de litière est négligé sur l'ensemble des terres humides restant terres humides.

Matière organique du sol (terres humides restant terres humides)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

6.7.2.2 Terres devenant terres humides (4D2)

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie n'est pas une catégorie-clé.

Biomasse vivante (terres devenant terres humides)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte du stock de biomasse vivante.

Bois mort (terres devenant terres humides)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir bois mort sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de bois mort.

Litière (terres devenant terres humides)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir litière sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de litière.

Matière organique du sol (terres devenant terres humides)

En raison de la difficulté à caractériser les sols des terres humides, les flux de carbone des sols sur les terres devenant terres humides sont négligés

6.7.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas).

Depuis l'édition d'inventaire 2016, l'incertitude des émissions de CO_2 du secteur des zones humides est estimée à partir d'une méthode de type Monte-Carlo permettant d'intégrer un maximum les interdépendances entre les sous-catégories. Sur le secteur dans son ensemble l'incertitude estimée sur ces émissions atteint la valeur de 72%, car les surfaces de changements relatives aux zones humides sont faibles et par conséquent incertaines.

Les incertitudes sur les émissions de CH_4 et de N_2O sont de 100% pour chaque polluant. Ceci est basé sur l'avis des experts sectoriels.

La méthodologie employée est la même tout au long de la période afin de garantir la cohérence temporelle. Les changements méthodologiques, lorsqu'ils adviennent, sont reportés sur l'ensemble de la période pour conserver cette cohérence.

6.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

6.7.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 4D

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	394	238	258	532	708	862	402	478	363	509	508	508	508	508	508	
Nouveau	kt CO2e	394	238	258	545	726	888	347	492	364	530	530	530	530	529	529	529
Différence	kt CO2e	0	0	0	+13	+19	+26	-55	+14	+1,1	+22	+22	+22	+21	+21	+21	
	%	0%	0%	0%	+2%	+3%	+3%	-14%	+3%	+0%	+4%	+4%	+4%	+4%	+4%	+4%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Modification liée à la mise à jour des changements TERUTI 2015, et notamment les surfaces défrichées.

Raisons et justifications

Amélioration de l'exactitude.

6.7.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration envisagée.

6.8 Zones urbanisées (CRF 4E)

6.8.1 Caractéristiques de la catégorie

Les zones urbanisées couvrent 5,7 millions d'hectares en 2017 en métropole, contre 4,1 millions d'hectares en 1990, soit une hausse de 38%.

Les émissions de CO_2 se situent selon les années entre 9 et 12 Mt, elles sont en grande partie dues à l'artificialisation des prairies et des cultures en métropole et aux défrichements liés à l'orpaillage en Guyane. Elles correspondent en grande majorité à la perte de carbone estimée pour le réservoir sol.

Définitions

Définition de « zone urbanisée »

Terres bâties incluant les infrastructures de transport et les zones habitées de toutes tailles, sauf si celles-ci sont comptabilisées dans une autre catégorie. Cette catégorie peut donc inclure des terres enherbées ou boisées si leur utilisation principale n'est ni agricole ni forestière, c'est le cas des jardins, des parcs ou des terrains de sport.

Définition des « zones urbanisées restant zones urbanisées » et « terres devenant zones urbanisées »

La catégorie des « zones urbanisées » restant « zones urbanisées » correspond à l'ensemble des terres en usage « zones urbanisées » au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

La catégorie des « terres devenant zones urbanisées » correspond à l'ensemble des terres en usage « zones urbanisées » au sens du GIEC depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

Analyse en catégories clés (Key Categories Analysis)

En 2016, cette sous-catégorie est la 14ème catégorie clé (1,9%) de l'inventaire national français en termes de niveau (CO_2) et est 18ème en termes d'évolution (1,4%).

6.8.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Aperçu

Emissions de CO_2

Les flux de CO_2 sont directement estimés à partir des flux de carbone observés entre les différents réservoirs de carbone des terres définis par le GIEC.

Emissions de CH_4, N_2O

Conformément au guide UTCF, la génération de CH4 et de N2O issus de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, il est estimé que 13% environ de la biomasse aérienne est brûlée sur site, les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

6.8.2.1 Zones urbanisées restant zones urbanisées (4E1)

Biomasse vivante (zones urbanisées restant zones urbanisées)

Bien que ces surfaces puissent porter de la biomasse ligneuse, les informations disponibles ne permettent pas d'en évaluer l'accroissement, le prélèvement ou la variation de stock. Le bilan est donc supposé neutre pour ces terres.

Bois mort (zones urbanisées restant zones urbanisées)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

Litière (zones urbanisées restant zones urbanisées)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

Matière organique du sol (zones urbanisées restant zones urbanisées)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

6.8.2.2 Terres devenant zones urbanisées (4E2)

Biomasse vivante (terres devenant zones urbanisées)

Biomasse vivante (terres devenant zones urbanisées)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de biomasse vivante.

Bois mort (terres devenant zones urbanisées)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir bois mort sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de bois mort.

Litière (terres devenant zones urbanisées)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir litière sauf s'il s'agit d'un défrichement, ce dernier génère alors une perte brusque du stock de litière.

Matière organique du sol (terres devenant zones urbanisées)

Le passage en zone urbanisée d'une terre s'accompagne de flux au niveau du réservoir sol estimés à partir du stock de carbone initial et du stock de carbone final par la méthode de variation de stock. Les stocks de carbone du sol dans les zones urbanisées sont estimés à partir d'une revue de littérature menée dans le cadre des travaux de thèse de C. Robert [721]. D'après ces travaux, les sols nus, revêtus ou artificialisés ont un stock moyen de 30 tC/ha ; les sols urbanisés en herbe ont un stock similaire, en moyenne, au stock sous prairie et les sols urbanisés arborés ont un stock similaire, en moyenne, au stock sous forêt. Dans ces deux derniers cas, les stocks régionaux des prairies et des forêts sont utilisés.

Il est important de souligner que, en Guyane, il est considéré que l'intégralité du carbone du sol est perdue suite aux défrichements vers zones urbanisées. En effet, une grande partie des défrichements correspond à de l'orpaillage, et dans ces cas le sol est clairement décapé ce qui entraîne une perte importante de carbone pour ce réservoir.

6.8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas).

Depuis l'édition d'inventaire 2016, l'incertitude des émissions de CO_2 du secteur des zones artificielles est estimée à partir d'une méthode de type Monte-Carlo permettant d'intégrer un maximum les interdépendances entre les sous-catégories. Sur le secteur dans son ensemble l'incertitude estimée sur ces émissions atteint la valeur de 32%, car les flux sont principalement dus à l'artificialisation des terres et l'incertitude est surtout due au manque de références sur les sols artificialisés et le comportement des stocks existants lors d'une artificialisation.

Les incertitudes sur les émissions de CH_4 et de N_2O sont de 100% pour chaque polluant. Ceci est basé sur l'avis des experts sectoriels.

La méthodologie employée est la même tout au long de la période afin de garantir la cohérence temporelle. Les changements méthodologiques, lorsqu'ils adviennent, sont reportés sur l'ensemble de la période pour conserver cette cohérence.

6.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

6.8.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 4E

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	9 767	9 892	9 734	11 061	11 741	12 323	13 278	13 028	12 234	12 030	11 952	11 850	11 687	11 626	11 578	
Nouveau	kt CO2e	9 778	9 896	9 735	11 259	12 001	12 614	13 667	13 324	12 492	12 325	12 231	12 114	11 934	11 856	11 790	11 723
Différence	kt CO2e	+12	+3,4	+1,5	+198	+260	+290	+389	+297	+258	+295	+279	+263	+247	+230	+213	
	%	+0%	+0%	+0%	+2%	+2%	+2%	+3%	+2%	+2%	+2%	+2%	+2%	+2%	+2%	+2%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

- Carbone des sols : La mise à jour ne concerne que les surfaces. Les modifications sont liées à la prise en compte des données TERUTI 2015. Cela impacte aussi les émissions de N_2O.

Raisons et justifications

Amélioration de l'exactitude.

6.8.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration envisagée.

6.9 Autres terres (CRF 4F)

6.9.1 Caractéristiques de la catégorie

Les autres terres (roches affleurantes, etc.) couvrent 0,9 millions d'hectares en 2017 et constituent la source la plus faible d'émissions compte tenu des faibles perturbations des sols. Il s'agit de terres sans stock de carbone significatif, ni dans les sols, ni dans la biomasse.

Définition des Autres terres

Terres pour lesquelles aucune des catégories précédentes ne convient : sol nu, roche, glacier, et autres terres non gérées non comptabilisées ailleurs.

Définition de « autre terres restant autres terres » et « terres devenant autres terres »

La catégorie des « autres terres » restant « autres terres » correspond à l'ensemble des terres en usage « autres terres » au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

Analyse en catégories clés (Key Categories Analysis)

En 2016, cette catégorie n'est pas une catégorie-clé.

6.9.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Aperçu

Emissions de CO_2

Emissions de CO_2 liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les variations de stock de carbone sont négligées sur les autres terres et par conséquent les éventuels flux de CO_2 également.

Emissions de CO_2 liées au brûlage

Aucun brûlage n'est pris en compte sur les autres terres, les émissions liées aux éventuels brûlages sont donc négligées.

Emissions de CH_4

Emissions de CH_4 liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées sur les autres terres.

Emissions de CH_4 liées au brûlage

Aucun brûlage n'est pris en compte sur les autres terres, les émissions liées aux éventuels brûlages sont donc négligées.

Emissions de N_2O

Emissions de N_2O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Aucune fertilisation n'est supposée sur les autres terres.

Emissions de N_2O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées sur les autres terres.

Emissions de N_2O liées à la minéralisation des sols

Les émissions de N_2O liées à la minéralisation des sols sont actuellement négligées dans l'inventaire français pour les autres terres.

Emissions de N_2O liées au brûlage

Aucun brûlage n'est pris en compte sur les autres terres, les émissions liées aux éventuels brûlages sont donc négligées.

6.9.2.1 Autres terres restant autres terres

La catégorie des « autres terres » restant « autres terres » correspond à l'ensemble des terres en usage « autres terres » au sens du GIEC depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC).

Biomasse vivante (autres terres restant autres terres)

Bien que ces surfaces puissent porter de la biomasse ligneuse, les informations disponibles ne permettent pas d'en évaluer l'accroissement, le prélèvement ou la variation de stock. Le bilan est donc supposé neutre pour ces catégories.

Bois mort (autres terres restant autres terres)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

Litière (autres terres restant autres terres)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

Matière organique du sol (autres terres restant autres terres)

Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

6.9.2.2 Terres devenant autres terres

Biomasse vivante (terres devenant autres terres)

Les terres devenant autres terres sont difficiles à traiter, car il s'agit de processus censés être rares : conversion de surfaces auparavant boisées, cultivées… en zones minérales (sable, roches, terres nues, glaciers…). Il peut s'agir d'artefacts dans le système de suivi des changements d'utilisation des terres. Il parait improbable d'avoir des flux de carbone importants liés à de tels phénomènes.

Pour cette raison, une hypothèse de précaution est appliquée : il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

Bois mort (terres devenant autres terres)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir bois mort.

Litière (terres devenant autres terres)

Aucun flux de carbone n'est considéré sur le réservoir litière.

Matière organique du sol (terres devenant autres terres)

Il n'existe pas de données suffisamment robustes sur la teneur en carbone organique de cette catégorie de terres, du fait en particulier de la grande variabilité des sous-types pouvant être définis au sein de cette catégorie (liée pour partie à la définition des catégories de terres selon le GIEC). Les émissions/absorptions de transitions à destination de l'usage « autres terres » sont négligées. Cette absence de prise en compte n'apparaît pas déterminante dans le calcul des flux car les transitions à destination des « autres terres » sont du même ordre de grandeur que les transitions depuis un état « autres terres ». Le bilan des deux flux apparaissant proche de l'équilibre (du fait des définitions retenues pour cette catégorie de terres).

6.9.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas).

Depuis l'édition d'inventaire 2016, l'incertitude des émissions de CO_2 du secteur des autres terres est estimée à partir d'une méthode de type Monte-Carlo permettant d'intégrer un maximum les interdépendances entre les sous-catégories. Sur le secteur dans son ensemble l'incertitude estimée sur ces émissions atteint la valeur de 82%, car les surfaces de changements relatives aux autres terres sont faibles et par conséquent incertaines.

La méthodologie employée est la même tout au long de la période afin de garantir la cohérence temporelle. Les changements méthodologiques, lorsqu'ils adviennent, sont reportés sur l'ensemble de la période pour conserver cette cohérence.

6.9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

6.9.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 4F

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Pas de recalcul.

Raisons et justifications

Pas de recalcul.

6.9.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration envisagée.

6.10 Produits bois (CRF 4G)

6.10.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette section concerne les absorptions et les émissions de CO_2 par les produits ligneux récoltés (PLR) aussi désignés par l'expression produits bois.

Définition du guide GIEC 2006 [710] : « Les PLR incluent tous les matériaux ligneux (y compris l'écorce) extraits des sites de récoltes. Les rémanents et autres matériaux laissés sur le site des récoltes doivent être considérés comme de la matière organique morte et non pas des PLR »

Définition de la décision UE n° 529/2013 du 21/05/13 : « produit ligneux récolté », tout produit issu de la récolte du bois, qui a quitté un site où le bois est récolté.

Analyse en catégories clés (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie est la 52ème catégorie clé (0,2%) de l'inventaire national français en termes de niveau (CO_2) et est 12ème en termes d'évolution (1,9%).

6.10.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

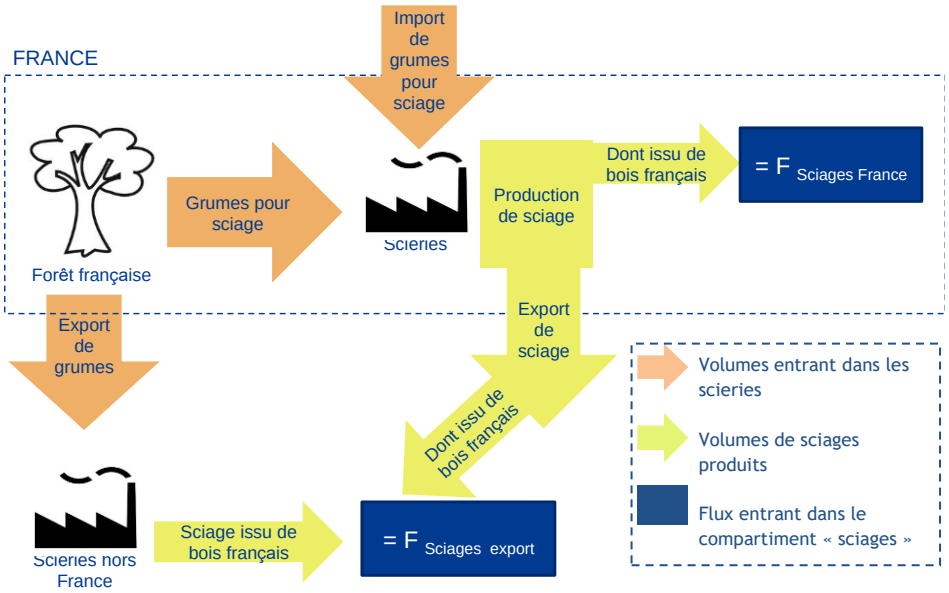
Emissions de CO_2

Les produits bois sont estimés dans l'inventaire sur la base des travaux menés au niveau national spécifiquement pour l'inventaire de GES de la France [674] et avec l'aide des lignes directrices du GIEC 2006 [710] et du guide révisé du GIEC 2013 [804].

Les produits bois sont comptabilisés selon une approche de production, qui prend en compte les produits bois fabriqués avec la récolte française, qu'ils soient destinés au marché français ou exportés. Les importations ne sont pas prises en compte. Les données d'activité (production aux différentes étapes de la chaine industrielle) proviennent notamment des enquêtes de branche du SSP, du ministère de l'Agriculture. Afin de prendre en compte les produits bois produits avant 2008, mais encore en cours de décomposition pendant les périodes d'engagement du Protocole de Kyoto, la comptabilisation des PLR démarre dès 1900. De plus, lors de la première période d'engagement les flux de carbone provenant des PLR produits entre 2008 et 2012, comptabilisés par la méthode d'oxydation instantanée, sont exclus du stock de produits bois en cours de décomposition.

Le schéma général des flux pour le compartiment sciages est représenté sur la figure ci-dessous. Le flux entrant total correspond à la somme des deux flux représentés par les rectangles bleu marine. A noter que seuls les PLR produits en France sont pris en compte, les PLR importés sont eux retranchés de la production :

Figure 124 : Flux considérés dans la formulation concernant le compartiment "sciages"



Données

Les données de production de bois sont issues principalement des statistiques du Ministère de l'Agriculture, mais aussi d'Eurostat, du FCBA et de la Copacel. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Donnée	Source
Sciage	
Production de sciages de feuillus par les scieries françaises	DISAR Scieries
Production de sciages de résineux par les scieries françaises	DISAR Scieries
Exportation de sciages de feuillus	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Exportation de sciages de résineux	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Récolte de bois d'œuvre destiné au sciage, feuillus	DISAR Exploitations forestières
Récolte de bois d'œuvre destiné au sciage, résineux	DISAR Exploitations forestières
Récolte de chablis, bois d'œuvre, feuillus	DISAR Exploitations forestières
Récolte de chablis, bois d'œuvre, résineux	DISAR Exploitations forestières
Récolte de bois d'œuvre, feuillus	DISAR Exploitations forestières
Récolte de bois d'œuvre, résineux	DISAR Exploitations forestières
Exportation de bois d'œuvre, feuillus	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Exportation de bois d'œuvre, résineux	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Importation de bois d'œuvre pour sciage, feuillus	DISAR Scieries
Importation de bois d'œuvre pour sciage, résineux	DISAR Scieries
Panneaux de process	
Production annuelle de panneaux	EUROSTAT
Exportation annuelle de panneaux	EUROSTAT

Exportation de bois rond destiné à la trituration	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Exportation de produits connexes de scierie	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Réception de bois de trituration par les usines de panneaux	Memento FCBA
Réception de bois de trituration par les usines de pâte à papier	Memento FCBA
Production de trituration comme produits connexes de scierie	DISAR Scieries
Production de produits connexes de scierie	DISAR Scieries
Importation de bois rond destiné à la trituration	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Importation de produits connexes de scierie	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Récolte de bois de trituration par les exploitations forestières	DISAR Exploitations forestières
Récolte de chablis, trituration	DISAR Exploitations forestières
Contreplaqués	
Récolte de bois d'œuvre destiné au placage	DISAR Exploitations forestières
Exportation de bois d'œuvre destiné au placage	Calcul
Rendement grumes -> contreplaqués	Memento FCBA
Récolte totale de bois d'œuvre	DISAR Exploitations forestières
Papiers et cartons	
Rendement trituration -> papier 1	COPACEL
Production de trituration comme produits connexes de scierie	DISAR Scieries
Exportation de produits connexes de scierie	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Réception de bois de trituration par les usines de panneaux	Memento FCBA
Réception de bois de trituration par les usines de pâte à papier	Memento FCBA

Méthode

Ces données permettent de reconstituer les flux entrants de produits bois issus de la forêt française et issus d'importation.

Reconstitution des flux entrant

Récupération des données disponibles

Dans un premier temps, les données d'entrée disponibles dans les différentes bases de données source sont directement recopiées, dans l'unité correcte.

Estimation des valeurs non disponibles

Certaines valeurs ne sont plus disponibles. Des estimations sont faites à partir de ratio d'évolution à l'aide des autres données.

Facteurs de conversion et paramètres

Ces données sources sont combinées et converties avec différents paramètres :

- facteurs de conversion (0,675 t de bois de trituration/m3 de bois brut ; 0,5t de panneaux /m3) [674]

- taux de rendement (0,5 m3 sciage/m3 de bois rond sur écorce ; 0,47m3 de contreplaqué /m3 de grume ; 50% de rendement pour le papier journal et 25% pour le papier ramette) [674] ;

- répartition entre feuillus et résineux des produits issus du sciage [674] ;

- répartition des papiers entre journal (65%) et ramette (35%) [674].

Durée de demi-vies

Tableau 156 : Durées de demi-vie des produits bois

Catégorie	Demi-vie	Source
Panneaux	25 ans	Décision (UE) n°529/2013 du 21/05/2013
Contreplaqués	30 ans	IPCC, 2003
Papier journal et ramette	7 ans	Calcul Carbone 4 prenant en compte le recyclage, d'après IPCC, 2006 et COPACEL
Emballages	3 ans	IPCC, 2003
Ameublement	10 ans	Carbone 4 d'après la durée de vie moyenne (FCBA 2008)
Agencement et menuiseries	15 ans	
Couverture/Charpente	50 ans	
Parquets/lambris	30 ans	

Gestion des imports et des exports

Les flux entrants permettent de distinguer :

- les produits bois issus de bois récolté en France.

- les produits bois issus de bois importé

- le bois exporté.

Les statistiques de récolte de bois traitent de l'ensemble du bois commercial récolté, qu'il s'agisse de bois en forêt ou hors forêt. Les statistiques de récolte de bois et de sciages sont cohérentes avec les statistiques de récolte de bois utilisés pour estimer les prélèvements en Forêt.

Série temporelle des produits bois

Le tableau ci-dessous présente la quantité de produits bois, exprimée en carbone, par grande catégorie, produits à partir de la récolte de bois intérieure.

Tableau 157 : Production de produits bois issus des prélèvements intérieurs

	Sciages (tC)	Panneaux, (tC)	Contreplaqués (tC)	Papier (tC)
1990	2 538 451	1 395 508	250 860	1 088 783
1991	2 450 269	1 412 203	234 914	1 112 500
1992	2 336 930	998 563	220 944	1 086 982
1993	2 165 964	934 529	202 765	1 018 549
1994	2 286 052	982 186	216 122	1 129 900
1995	2 342 108	1 029 565	223 680	1 137 259
1996	2 229 913	1 125 814	211 400	1 043 759
1997	2 286 499	1 209 937	218 000	1 094 304
1998	2 386 178	1 326 644	226 684	1 099 679
1999	2 393 210	1 371 276	228 838	1 154 973
2000	2 489 899	1 447 061	318 004	1 279 122
2001	2 489 932	1 518 019	262 528	1 201 214
2002	2 276 838	1 486 187	219 609	1 117 375
2003	2 240 698	1 537 732	216 322	1 094 001
2004	2 296 313	1 609 060	220 494	1 152 027
2005	2 310 345	1 719 438	200 139	1 110 247
2006	2 351 028	1 722 458	209 368	1 134 650
2007	2 308 778	1 837 490	229 850	1 110 556
2008	2 194 690	1 668 194	226 436	1 053 126
2009	1 942 725	1 364 837	246 791	997 959
2010	2 118 773	1 613 082	186 990	1 204 968
2011	2 223 645	1 679 908	195 967	1 108 775
2012	2 028 311	1 576 723	170 428	1 045 929
2013	1 988 802	1 538 758	171 439	996 119
2014	1 927 916	1 452 160	187 875	1 035 066
2015	1 913 373	1 395 159	183 324	953 200
2016	1 917 745	1 369 391	197 989	896 735
2017	2 048 729	1 365 535	210 380	710 978

Estimation des flux sortants : fonction de décomposition et durées de vie des produits bois

La fonction de décomposition de 1er ordre proposée par le Giec (2006) est utilisée. La fonction Gamma, utilisée dans les précédentes éditions d'inventaire, n'est plus utilisée. L'approche préconisée par le Giec est appliquée, notamment dans le cadre du règlement EU 2018/841.

Discussion

Différence entre l'approche Giec (appliquée) et l'approche Gamma (non utilisée)

La fonction plus évoluée, à deux paramètres, qui s'appuie sur la fonction de distribution Gamma présentait notamment l'intérêt de corriger l'erreur intrinsèque portée par la fonction de décomposition de 1er ordre, qui considère que la décomposition maximale d'une catégorie de produits a toujours lieu la première année. C'est en effet incorrect dans les faits pour les produits bois à longue durée de vie, par exemple.

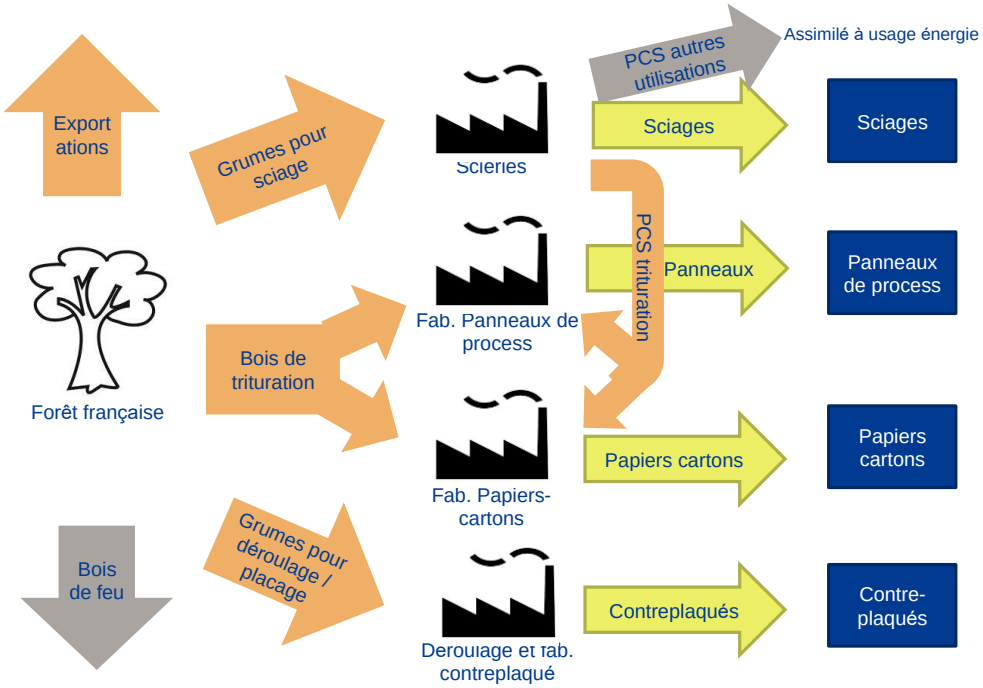
PLR obtenus via l'article 3.3 ou via l'article 3.4 :

Il est normalement prévu que les PLR provenant d'activités de déboisements soient comptabilisés via la méthode d'oxydation instantanée. Au vu des données statistiques disponibles sur l'évolution des prélèvements, qui ne distinguent par le bois par son origine en termes de gestion forestière (gestion ou déboisement), et sachant que les terres déboisées représentent actuellement moins de 5% du total formé par les terres forestières gérées et les terres déboisées, les PLR provenant de l'activité déboisement sont traités au même titre que les PLR provenant d'une activité de gestion forestière.

Bois énergie et déchets :

Les PLR entrant dans ces deux catégories sont comptabilisés dans des secteurs séparés (respectivement secteur énergie, et secteur traitement des déchets) par la méthode d'oxydation instantanée. La figure ci-dessous procure une vision d'ensemble (simplifiée) des flux principaux qui structurent l'ensemble de la méthode. En gris figurent les flux non pris en compte dans la méthode, ici parce qu'ils concernent une utilisation énergétique :

Figure 125 : Vision d'ensemble des flux utilisés dans la méthode



Emissions de CH_4

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances provenant des produits bois.

Emissions de N_2O

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances provenant des produits bois.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances provenant des produits bois.

6.10.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes associées au secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 4G).

L'incertitude estimée pour les données d'activité est de 10%, et de 100% pour les facteurs d'émission de CO_2. Ceci est basé sur l'avis des experts sectoriels.

6.10.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

6.10.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 4G

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	-6 802	-4 240	-6 165	-4 898	-5 054	-5 293	-4 223	-2 076	-4 044	-4 054	-2 935	-2 404	-2 214	-1 898	-1 563	
Nouveau	kt CO2e	-5 098	-3 039	-5 154	-4 124	-4 273	-4 485	-3 423	-1 333	-3 435	-3 441	-2 302	-1 765	-1 642	-1 091	-829	-1 195
Différence	kt CO2e	+1 704	+1 201	+1 012	+774	+782	+808	+800	+743	+609	+614	+633	+638	+572	+806	+734	
	%	-25%	-28%	-16%	-16%	-15%	-15%	-19%	-36%	-15%	-15%	-22%	-27%	-26%	-42%	-47%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Choix d'une cinétique de décomposition d'ordre 1, conformément à l'approche préconisée par le Giec, à la place de la fonction Gamma.

Quelques données sources du modèle utilisé ont été mises à jour sur l'ensemble de la période.

Raisons et justifications

Cohérence avec le Giec et avec le règlement UE 2018/841

Amélioration de l'exactitude.

6.10.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration envisagée.

6.11 Autres (CRF 4H)

6.11.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette catégorie comporte le barrage de Petit Saut en Guyane mis en eau en 1994 qui s'étend sur 30 000 ha.

Analyse en catégorie clé (Key Categories Analysis)

En 2017, cette sous-catégorie n'est pas une catégorie-clé.

6.11.2 Méthode d'estimation des émissions

La mise en eau d'un barrage est une source potentielle de CH_4 et CO_2 par dégradation de la biomasse immergée. La mise en eau en 1994 du barrage de Petit Saut en Guyane a conduit à inonder 300 km^2 de forêt tropicale, ces émissions ont pu être estimées par plusieurs travaux successifs notamment des

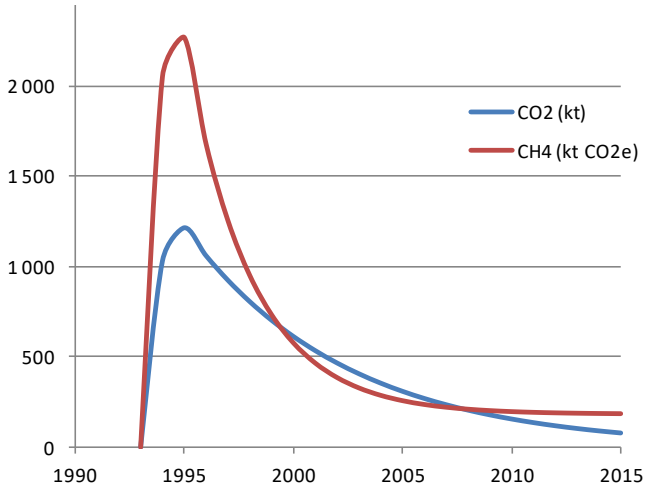
thèses [425, 599, 600] et ajoutées de manière spécifique à l'inventaire français. Les émissions associées sont rapportées sous la catégorie 4H pour plus de transparence et prises en compte dans le cadre de l'article 3.3 pour le Protocole de Kyoto.

Emissions de CO_2, CH_4

Les émissions de CH_4 et de CO_2 du barrage de Petit-Saut ont récemment été mises à jour sur la base des dernières données disponibles dans la publication de DESCLOUX [600], telles que présentées dans le tableau ci-dessous :

Figure 126 : Emissions de CH_4 et de CO_2 dues au barrage de Petit-Saut en Guyane

année	CH_4 (t)	CO_2 (kt)
1994	97 587	1 034
1995	107 904	1 217
1996	79 807	1 062
1997	59 668	926
1998	45 233	808
1999	34 887	704
2000	27 471	614
2001	22 155	536
2002	18 345	467
2003	15 613	408
2004	13 656	355
2005	12 253	310
2006	11 248	270
2007	10 527	236
2008	10 011	206
2009	9 640	179
2010	9 375	156
2011	9 184	136
2012	9 048	119
2013	8 951	104
2014	8 880	90
2015	8 829	79
2016	8793	69



Emissions de N_2O

Aucune émission n'est attendue pour ce secteur.

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

6.11.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 7. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes associées au secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 4H).

L'incertitude estimée pour les données d'activité est de 5%, et de 30% pour les facteurs d'émission de CO_2. L'incertitude des émissions de CH_4 est de 100%. Ceci est basé sur l'avis des experts sectoriels.

6.11.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

6.11.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 4H

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	0	3 915	1 301	616	552	499	456	420	391	366	345	328	312	300	289	
Nouveau	kt CO2e	0	3 915	1 301	616	552	499	456	420	391	366	345	328	312	300	289	279
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Pas de recalcul.

Raisons et justifications

Pas de recalcul.

6.11.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration envisagée.

7 DECHETS (CRF 5)

7.1 Présentation générale du secteur

Déchets solides

Les différents procédés de traitement des déchets mis en œuvre engendrent des rejets parfois significatifs de polluants comme le CH_4 des Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND), certains métaux lourds et polluants organiques persistants en ce qui concerne l'incinération.

Les déchets solides de toute nature sont générés par les ménages, les collectivités et les entreprises (commerces, industries, BTP, installations agricoles etc.). Une partie des déchets des collectivités et des entreprises est traitée dans des installations recevant des déchets ménagers et est assimilée à des déchets ménagers.

Tous les deux ans, le service statistique du ministère de l'environnement (SDES[15]) publie un bilan de la production et du traitement de déchets [979] à partir des données rapportées à Eurostat dans le cadre du règlement n°849/2010 relatif aux statistiques sur les déchets.

Tableau 158 : Production de déchets en France en 2014 (source : SDES) [979]

En millions de tonnes	Agriculture Pêche		Industrie		Construction		Traitement déchets eau assainissement dépollution		Tertiaire		Ménages		Total	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Déchets minéraux			4,0	4,5	231,2	212,3	1,1	3,2	1,2	0,8	2,8	2,8	240,3	223,5
Déchets non minéraux non dangereux	1,0	1,0	19,2	18,5	13,1	12,5	13,5	15,4	19,3	17,4	27,0	25,4	93,1	90,2
Déchets dangereux	0,3	0,3	2,8	2,7	2,4	2,9	4,0	3,3	1,6	1,4	0,2	0,2	11,3	10,8
Total	**1,3**	**1,3**	**26,0**	**25,7**	**246,7**	**227,6**	**18,6**	**21,8**	**22,1**	**19,6**	**30,0**	**28,4**	**344,7**	**324,5**

Source : *SOeS, février 2017*

Tableau 159 : Traitement de déchets en France en 2014 (source : SDES) [979]

En millions de tonnes	Incinération avec récupération d'énergie		Incinération sans récupération d'énergie		Recyclage matière et organique		Stockage		Épandage		Total	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Déchets minéraux					154,2	154,3	81,6	64,7			235,8	219,0
Déchets non minéraux non dangereux	10,5	12,3	5,7	4,6	33,7	37,6	19,8	19,5	0,8	0,8	70,5	74,8
Déchets dangereux	1,1	1,0	1,4	1,5	3,5	2,4	2,8	2,7			8,8	7,6
Total	**11,6**	**13,3**	**7,1**	**6,1**	**191,4**	**194,3**	**104,2**	**86,9**	**0,8**	**0,8**	**315,1**	**301,4**

Source : *SOeS, février 2017*

Les quantités traitées en 2014 (301 millions de tonnes) sont inférieures de 7 % aux quantités produites. Cette différence récurrente a plusieurs causes d'après le SDES : solde des exportations et des importations, effets de stock, détermination en poids sec ou humide des déchets, mais également imprécision de la mesure (quantités évaluées en poids, parfois en volume) [978].

En raison du poids du secteur de la construction en France, les déchets minéraux représentent plus des 2/3 des déchets produits : 223,5 millions de tonnes. Ces déchets minéraux regroupent les catégories « déchets minéraux » (déchet 40 de la liste CED-stat), les autres minéraux non dangereux (déchet 42 de la liste CED-stat) et les terres (déchet 46 de la liste CED-stat), Les déchets minéraux sont

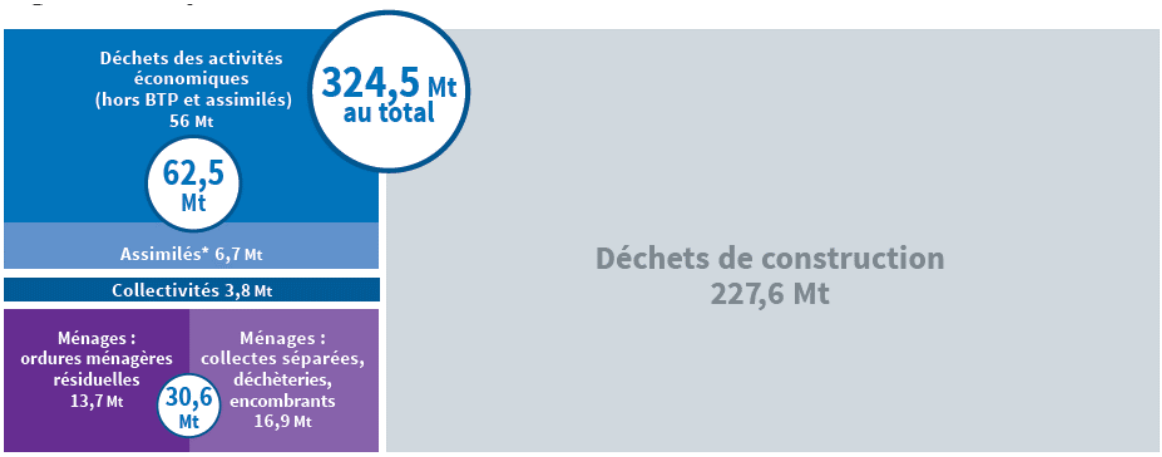
[15] SDES : Service de la Données et des Etudes Statistiques (ex : SDES)(Service statistique des ministères en charge des transports et de l'environnement)

des déchets inertes et en particulier les déchets de bois en sont exclus. Il n'y a donc aucune émission de GES associée à ces déchets lors du stockage ou du remblaiement de carrière (considéré comme une opération de valorisation).

Par ailleurs, l'ADEME[16] réalise une enquête tous les 2 ans, dite ITOM (Installations de Traitement des Ordures Ménagères), auprès de toutes les installations de traitement qui accueillent au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets (centres de tri, traitements thermiques et biologiques, stockage des déchets non dangereux). L'ADEME réalise également tous les 2 ans une enquête sur la collecte des déchets (publique, organisée par les entreprises et les filières REP[17]), dite enquête COLLECTE.

La dernière synthèse réalisée en 2017 par l'ADEME sur les quantités de déchets produits concerne l'année 2015. Elle s'appuie sur les enquêtes ITOM et COLLECTE et sur le bilan du SDES.

Tableau 160 : Production de déchets en France (périmètre Kyoto) en 2015(Source : ADEME [978])



** Déchets des activités économiques (DAE) collectés par le service public*

Source : ADEME. RSD. 2014 - Enquête Collecte 2015 - Estimations IN NUMERI

Sur les 301 Mt de déchets traités en 2014 en France, environ 27% (82,5 Mt) sont des déchets non minéraux [979], dont environ 60% sont des déchets des activités économiques (DAE) et 40 % sont des déchets ménagers et assimilés (DMA) [978].

Les DAE, sont des déchets, dangereux ou non, dont le producteur initial n'est pas un ménage. Ils regroupent l'ensemble des secteurs de la production (agriculture-pêche, construction, tertiaire, industrie…).

Les DMA englobent les déchets des collectivités, les déchets des ménages et une partie des déchets non dangereux des entreprises collectés selon les mêmes modes que les deux types de déchets précédents.

Les installations de traitement recevant des DMA font l'objet du recensement ITOM de l'ADEME. L'enquête distingue les modes de traitement suivants en 2014 :

- Stockage en ISDND (221 centres)
- Incinération avec et sans récupération d'énergie (126 centres)
- Compostage dont certains avec tri mécano-biologique (TMB) en amont (618 centres)

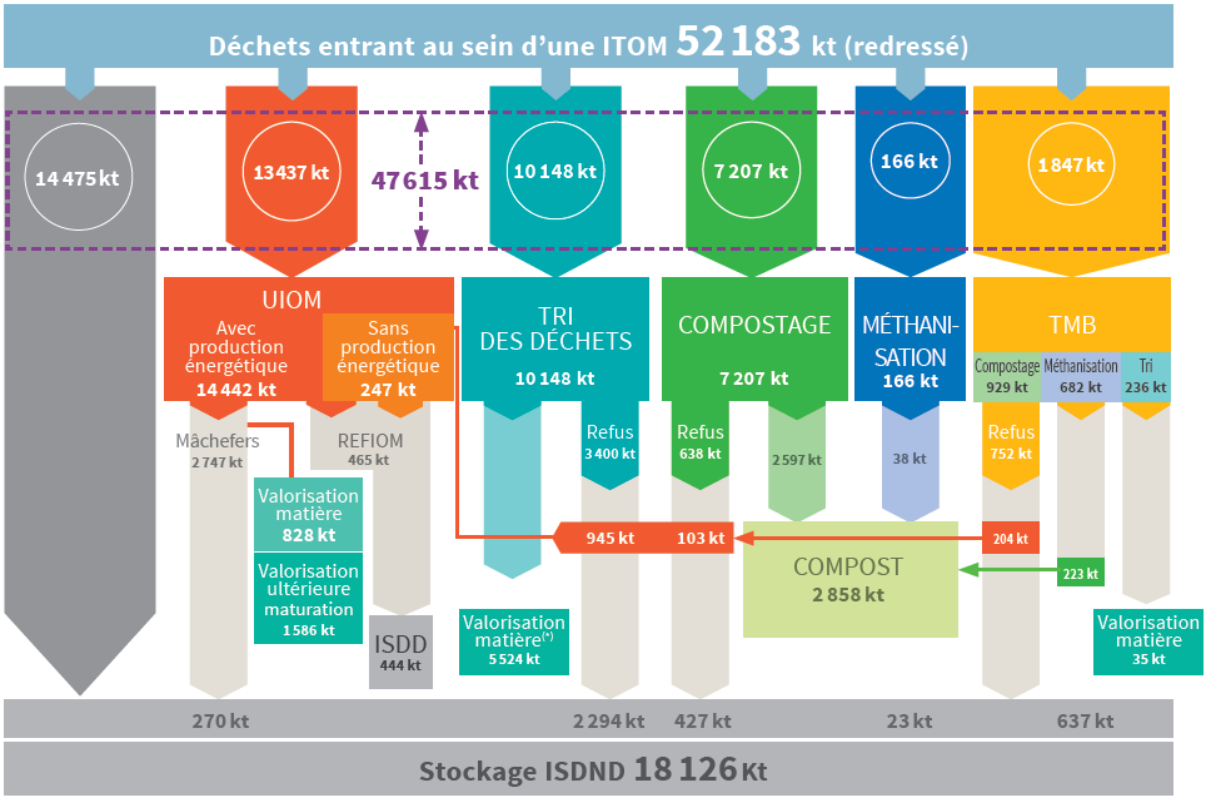
[16] ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (établissement public national sous tutelle du ministère français en charge de l'environnement)
[17] REP :Responsabilité Elargie des Producteurs (collecte séparée d'une vingtaine de types de déchets : emballages, piles et accumulateurs, papier, textiles, ameublement, gaz fluorés, automobiles …)

- Méthanisation (12 centres[18])
- Tri (397 centres)

Une partie importante des déchets DAE est traitée en ITOM avec les DMA, qu'ils soient l'objet d'une collecte public commune avec les déchets des ménages (on dit alors qu'ils sont « assimilés ») ou séparée via un prestataire de l'entreprise les produisant.

Sur les 82,5 Mt de déchets non minéraux traités en 2014, plus de 52 Mt sont traités en ITOM.

Figure 127 : Bilan des tonnages entrant dans les ITOM en 2014 (source : ITOM 2014, ADEME [979])



(*) Hors verre

Source : ADEME. Enquête ITOM 2014

Les déchets non traités en ITOM (environ 30 Mt) sont par ailleurs traités dans des installations dédiées, notamment :

- Environ 8 Mt de déchets exportés vers l'étranger après leur collecte.
- Environ 6 Mt de déchets dangereux (DD) sont traitée hors des ITOM. Selon le panorama de l'observatoire des déchets dangereux du SYPRED [737], les autres filières de traitement des déchets dangereux sont l'incinération en sites spécifiques, incinération in-situ, la co-incinération, le stockage après inertage, les traitements physico-chimiques et l'évapo-concentration, la décontamination, la régénération et la valorisation.
- Environ 5 Mt de déchets non dangereux co-incinérés d'après le registre national des émissions polluantes (pour la production de chaux et de ciment notamment) [19].
- Environ 4 Mt sont triés et recyclés dans des centres de tri réservés aux Déchets Non Dangereux des Activités Economiques (DNDAE) (184 centres en 2014) [978].

[18] Donnée 2015

- Environ 2 Mt de boues de dragage [979], dont 95% sont immergées en mer.
- Environ 2 Mt de déchets agricoles sont traités dans des centres de méthanisation dédiés aux déchets agricoles (à la ferme ou centralisés).
- Environ 1,5 Mt de véhicules hors d'usage et de pneumatiques, faisant l'objet d'une filière REP[19] sont collectés et recyclés sur des sites dédiés [978].
- Environ 1 Mt de boues d'épuration sont traitée hors des ITOM. Ces boues sont soit méthanisées sur site, soit épandues, soit envoyées sur les centres de méthanisation centralisés (hors ITOM)

En France, les déchets (DMA et DAE hors inertes) sont donc éliminés au travers des filières de traitement suivantes :

- **Le stockage en Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)** ; les émissions liées du stockage des déchets non inertes non dangereux (ménagers et industriels) sont pris en compte dans l'inventaire (5A). Les boues stockées en ISDND sont prises en compte. Aucune émission n'est associée au stockage des déchets minéraux. Aucune émission n'est associée au stockage des déchets industriels dangereux car ils sont inertés avant stockage.
- **L'incinération** ; les émissions liées à l'incinération des déchets non dangereux, des déchets dangereux, des déchets de soins et des boues d'épuration sont prises en compte dans l'inventaire (5C1, 1A1a), que ce soit dans les ITOM, les sites spécifiques, les installations in-situ ou dans les installations de co-incinération.
- **Le brûlage** de déchets ; les émissions liées aux feux ouverts de déchets (déchets agricoles, feux de déchets verts) sont prises en compte dans l'inventaires (5C2) ainsi que les émissions liées aux feux de véhicules et de bâtiments.
- **Le compostage** ; les émissions liées au compostage des déchets non dangereux dans les ITOM sont prises en compte dans l'inventaire (5B1).
- **La méthanisation** ; les émissions liées à la méthanisation des déchets organiques dans les ITOM sont prises en compte dans l'inventaire (5B2), ainsi que celles liées à la méthanisation des boues dans les stations d'épuration urbaine (5D1) ou sur les sites industriels (5D2). Les émissions liées à la méthanisation des déchets agricoles à la fermes ou dans des installations centralisées sont également prises dans en compte dans l'inventaire (3B).
- **L'épandage** ; les émissions liées à l'épandage des boues d'épuration sont prises en compte dans l'inventaire (3D).
- **Le transit, le tri et le recyclage** ; aucune émission n'est associée à ces activités.

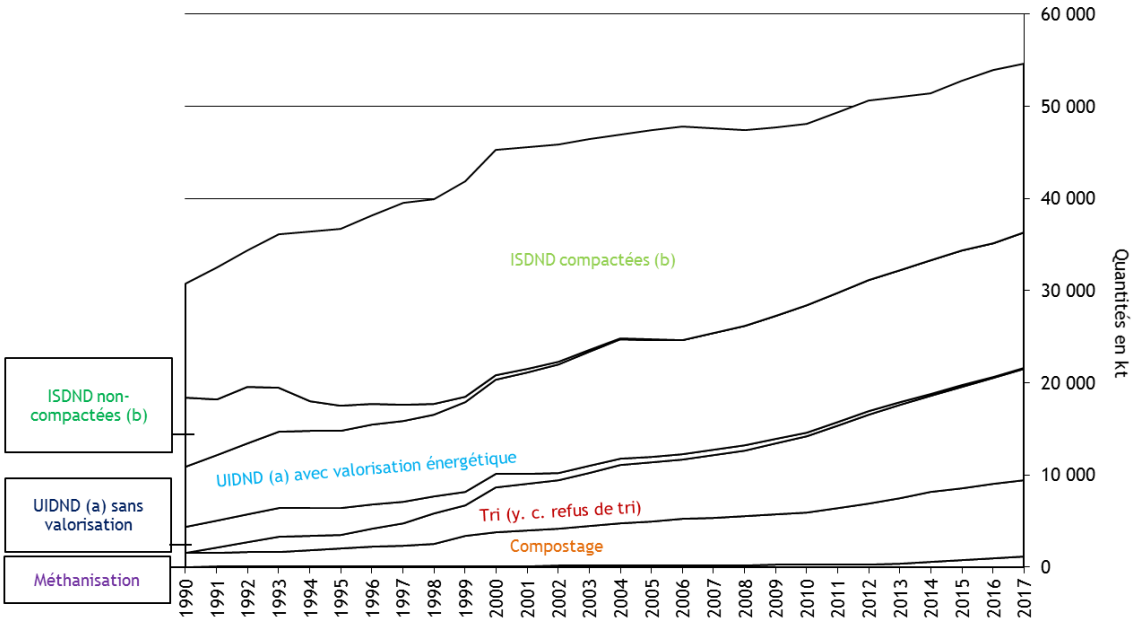
Dans le cadre de l'inventaire national d'émissions, l'ADEME intervient principalement en tant que fournisseur de données privilégié, au travers de la publication régulière des résultats des travaux et enquêtes qu'elle finance.

D'autres rapports d'études sectoriels (déchets hospitaliers, traitements biologiques etc.), techniques et économiques, sont exploités aussi bien pour définir les activités que certains facteurs d'émission de l'inventaire.

La part des déchets traités en ITOM par filière de traitement a évolué depuis 1990. La part du stockage a diminué et est passée d'environ 65% en 1990 à moins de 35% de nos jours. La part de l'incinération est restée relativement stable autour de 30%, sur la période l'incinération sans récupération d'énergie disparaissant peu à peu au profit de l'incinération avec récupération d'énergie. La part des procédés biologiques, en particulier du compostage, augmente régulièrement et est maintenant de plus de 15%.

[19] REP : à Responsabilité Elargie du Producteur

Figure 128 : Evolution des quantités de DMA traitées par filière de traitement - périmètre Kyoto



(a) UIDND = Usine d'Incinération de Déchets Non Dangereux

(b) ISDND = Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux

(*) DMA = déchets ménagers et assimilés

Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

Graph_5.xlsx/DMA

Eaux usées

Les eaux domestiques et industrielles sont traitées au moyen de filières de traitement collectives ou individuelles ou, de façon marginale, sont rejetées sans traitement.

Les boues issues des filières de traitement des eaux usées sont traitées au travers des filières de traitement des déchets solides (stockage, incinération, procédés biologiques).

Le traitement des déchets contribue principalement aux émissions de CH_4 en France avec près de 25% des émissions nationales hors UTCATF en 2016. Il participe également aux émissions de CO_2 et de N_2O à hauteur de 0,5% et 1,8% en 2016. Il faut noter, conformément aux règles comptables de la CCNUCC, que les émissions des incinérateurs avec récupération d'énergie sont incluses dans la catégorie « ENERGIE » (CRF 1) et que les émissions de CO_2 d'origine biomasse sont hors total.

Tableau 161 : Émissions de gaz à effet de serre des DECHETS (CRF 5)

DECHETS (périmètre Kyoto)			Secteurs-d.xlsx	
	1990		2017	
Polluants	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF	Emissions en CO_2 eq (kt)	% du total national hors UTCATF
CO_2	2 209	0,6%	1 572	0,5%
CH_4	14 150	20,4%	14 847	26,4%
N_2O	904	1,4%	790	1,9%
HFC	0	0,0%	0	0,0%
PFC	0	0,0%	0	0,0%
SF_6	0	0,0%	0	0,0%
NF_3	0	0,0%	0	0,0%
PRG	17 263	3,1%	17 208	3,7%

Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019

7.2 Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) (5A)

7.2.1 Caractéristiques de la catégorie

En 2017, les ISDND occupent la 10ème catégorie clé (2,7%) de l'inventaire national français en termes de niveau d'émission (CH_4) et 30ième en termes d'évolution des émissions (0,8%).

Les ISDND sont utilisées pour le stockage des déchets non dangereux (déchets ménagers, déchets industriels banals, boues d'épuration, etc.). En métropole et dans les territoires d'outre-mer inclus dans l'UE, les ISDND sont de type gérées compactées et gérées non compactées. Dans les territoires d'outre-mer non inclus dans l'UE, des sites de stockage non gérés sont également considérés.

Au début des années 90, la France (métropole et territoires d'outre-mer inclus dans l'UE) comptait près de 500 ISDND de plus de 3000 tonnes/an en exploitation, dont environ 315 de type compacté (recevant plus de 80% des déchets stockés) [516]. L'ADEME[20] comptabilise actuellement environ 240 installations en exploitation, toutes de type compacté.
Les sites de stockage gérés non-compactés ont peu à peu été fermés au profit des ISDND anaérobies, cependant les sites fermés continuent à émettre du fait de la cinétique de la réaction de dégradation de la matière organique.

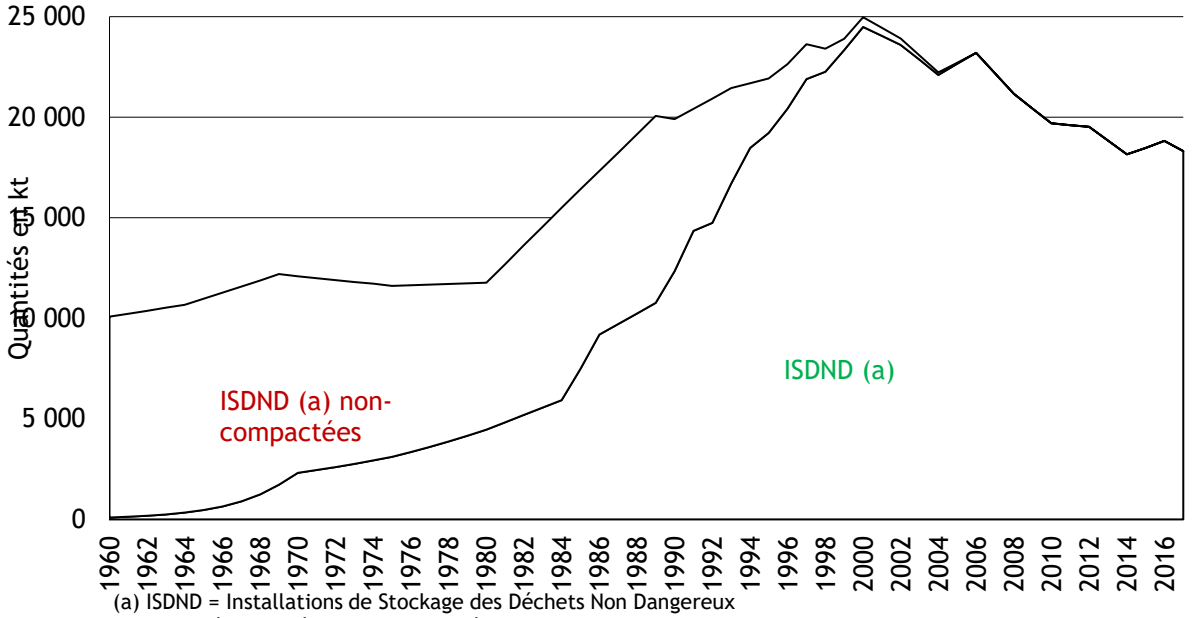
Les données sur les quantités de déchets non dangereux stockés sont disponibles au travers d'enquêtes menées a minima tous les 2 ans par l'ADEME auprès des ISDND [32]. Les données les plus anciennes disponibles auprès de l'ADEME datent de 1960 concernant les déchets ménagers et 1975 concernant les déchets assimilés (déchets d'activité des entreprises).

Les données nécessaires à l'inventaire national (essentiellement les quantités traitées par type de déchets pour chaque installation) sont maintenant obtenues sous forme d'une base de données auprès de l'ADEME.

[20] ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie ((établissement public national sous la tutelle du ministère de l'environnement)

Les résultats de l'enquête ITOM font, en outre, l'objet d'un rapport public tous les 2 ans.

Figure 129 : Evolution des quantités de déchets non dangereux stockés en ISDND en kt en France (périmètre Kyoto)



(a) ISDND = Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux
(*) DMA: Déchets ménagers et assimilés

Source CITEPA / format CCNUCC- mars 2019 Graph_5.xlsx/ISDND

Type gestion des ISDND

En France, au cours du temps on peut distinguer 3 principaux types de gestion des décharges : les décharges non contrôlées, les décharges contrôlées non compactées et les décharges contrôlées compactées.

Les décharges non contrôlées :

Les décharges non contrôlées, aussi appelées « décharges brutes » ou « décharges sauvages » correspondent à un déversement de déchets sur le sol, dans une cavité, un ravin ou dans tout autre dépression de terrain. En France, c'était l'unique type de décharge jusqu'en 1935 (date d'ouverture de la première décharge dite « contrôlée »). En 1973, la circulaire du 22/02/1973 en a planifié la disparition progressive. On considère que l'apport de déchets dans ce type de décharges a définitivement cessé en 2005.

Les décharges contrôlées :

La décharge dite « contrôlée » est un mode de gestion introduit en France depuis l'Angleterre en 1935 pour limiter les multiples nuisances des décharges brutes. La gestion consistait à prendre quelques précautions élémentaires pour limiter les proliférations d'animaux (mouches, rats…) et de germes pathogènes. A l'origine, le but de ces pratiques de gestion était de favoriser la fermentation aérobie des déchets mais peu à peu les pratiques ont changé vers une gestion anaérobie en raison des pratiques de compaction des déchets. La circulaire de 1973 [949] spécifie alors 3 types de décharges contrôlées : la décharge contrôlée non compactée (avec l'introduction

du terme « décharge traditionnelle »), la décharge contrôlée compactée et la décharge simplifiée (décharge temporaire non considérée ci-après).

- **La décharge contrôlée non compactée (ou « décharges traditionnelles »)**

Dans la circulaire du 14/04/1962, une décharge est dite « contrôlée » quand des « dispositions sont prises pour que son épaisseur, sa compacité et une couverture de terre permettent d'y réaliser de bonnes conditions pour une fermentation aérobie rapide des ordures » [949] car la fermentation aérobie permet d'éviter les germes pathogènes qui sont généralement anaérobiques. Après déversement des déchets, les couches sont très perméables à l'air. La fermentation aérobie se développe et, favorisée par l'aération et une humidité suffisante, la température augmente jusqu'à atteindre plus de 50°C. Les dispositions à prendre par les opérateurs pour assurer les conditions aérobies sont décrites dans la circulaire [949] :

- Les déchets sont déversés en couches successives de 1,5 à 2,5 mètres. Il est recommandé aux opérateurs d'assurer l'aération en agissant sur la hauteur des couches ;
- Une nouvelle couche n'est disposée que quand la température de la couche précédente est redescendue à celle du sol.

Des règles complémentaires doivent cependant être respectées pour éviter les animaux, les feux et les envols (fine couverture, concassage des bouteilles, écrasage des emballages…).

- **La décharge contrôlée compactée**

Dans les années 70, il y a une évolution des pratiques de gestion des décharges du fait de la combinaison de plusieurs aspects :

- Les volumes de déchets générés et stockés augmentent considérablement du fait du développement des emballages ;
- Les emplacements pour construire de nouvelles décharges sont de plus en plus difficiles à trouver (syndrome NIMBY) ;
- La composition des déchets évolue et la fraction de papiers, cartons, plastiques et encombrants augmente (déchets légers mais volumineux) ;
- De nouveaux équipements sont disponibles et en particulier les camions et les autres équipements roulants deviennent plus lourd et moins chers comparativement aux coûts humains.

En conséquence, il y a eu une nécessité croissante de réduire le volume des déchets stockés et l'utilisation de matériel de compactage est devenue rentable dans les grandes décharges.

Le tableau suivant récapitule l'historique des types d'installations de stockage en France.

TYPE D'INSTALLATIONS DE STOCKAGE				CATEGORIE IPCC	MCF	OX	Explications
	Type de gestion	Status	Couverture				
Contrôlé	Contrôlé - Compacté	En activité	Oui	Managed - anaerobic	1	0,1	La réglementation nationale prévoit un captage à l'avancement et la couverture après comblement des casiers.
	Contrôlé - Compacté	Post-exploitation	Oui	Managed - anaerobic	1	0,1	
	Contrôlé - Non compacté	En activité	Non	Managed - semi-aerobic	0,5	0	Ces décharges devaient être gérées en assurant une aération passive (limitation de l'épaisseur des couches de déchets et dépôt suivant après montée en température)
	Contrôlé - Non compacté	Post-exploitation	Oui	Managed - semi-aerobic	0,5	0,1	
Non contrôlé	Non contrôlé	En activité	Non	Uncategorised	0,4	0	Nombreuses décharges sauvages de petites tailles (cas de l'Outre-mer)
	Non contrôlé	Post-exploitation	Non	Uncategorised	0,4	0	

	1914	...	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Contrôlé - Compacté (En activité)			10	19	22	31	39	63	81	103	122	148	165	208	224	230	237	237	237	261	273	280	290	311	343	345	345	384	389	403	403	403	403	403	403	403	336	323	310	303	303	296	296	244	244	238	233	228	228	228	228
Contrôlé - Compacté (Post-exploitation)																																																				
Contrôlé - Non compacté (En activité)	1		9	12	15	23	42	63	81	99	112	133	159	191	197	197	197	197	197	205	197	189	180	174	156	135	115	101	91	84	76	69	63	58	54	49	45	42	39	0												
Contrôlé - Non compacté (Post-exploitation)																																																				
Non contrôlé (En activité)	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615	1,615												
Non contrôlé (Post-exploitation)																																																				

Noir : valeurs disponibles dans des enquêtes (ASTEE, ADEME)
Gris: Valeurs estimées

Graph_5.xlsx/Historique_Stockage

Source : CITEPA, Graphes_5.xls/Historique_Stockage

7.2.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Les déchets mettent plusieurs années à se décomposer, essentiellement en CH_4 et CO_2, et en faible proportion d'autres polluants (COVNM, H_2S…).

Une loi cinétique d'ordre 1 est utilisée pour calculer les quantités de CH_4 et de CO_2 générées par le massif de déchets sur la base des quantités de chaque type de déchets stockés chacune des années précédentes, de leur composition et du mode d'exploitation des ISDND (niveau d'anaérobiose du massif, récupération du biogaz ou non).

Emissions de CO_2

Le CO_2 étant d'origine biogénique, il fait l'objet d'une comptabilisation particulière par rapport aux autres substances. Ces règles conduisent à ne pas prendre en compte dans le total de l'inventaire national les émissions de CO_2 des ISDND dans les formats de rapport CRF (catégorie 5A).

Les émissions de CO_2 biogéniques sont comptabilisées sur la base des quantités générées et des quantités de CH_4 non captées oxydées en CO_2 lors de la traversée de la couverture.

Emissions de CH_4

Méthodologie :

Les émissions nationales de méthane des Installations de Stockage des déchets Non Dangereux (ISDND) proviennent des installations de stockage de type géré compacté, des installations de stockage de type géré non compacté et des sites de stockage non gérés (dans le cas des territoires d'outre-mer inclus dans l'UE uniquement).

$$EM_{CH4} = EM_{CH4_controlé_compacté} + EM_{CH4_controlé_non_compacté} + EM_{CH4_non_controlé}$$

Les émissions de CH_4 sont estimées selon la méthodologie préconisée dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC.

L'outil mis à disposition par le GIEC (IPCC Waste Tool [731]) est utilisé pour faire les calculs de la cinétique d'ordre 1.

- les quantités totales stockées utilisées en entrée des feuilles de calcul sont issues des données statistiques nationales,

- les feuilles de calcul du GIEC [731] ont été démultipliées afin de répondre au besoin de rapportage de la CCNUCC :
  - chaque territoire dispose de ses propres feuilles de calcul (métropole, territoires d'outre-mer inclus dans l'UE, territoires d'outre-mer non inclus dans l'UE) avec un paramétrage adapté à la zone climatique,
  - chaque type de site dispose de ses propres feuilles de calcul (contrôlé compacté, contrôlé non compacté, non contrôlé).

Le calcul des émissions se fait donc au sein d'un « système de calcul » composé :

- De fichiers contenant les données d'entrée par territoire (quantités, composition)
- De 7 feuilles de calculs (copies de l'IPCC Waste Tool [731]) correspondant aux usages suivants :
  - 1 dédié aux ISDND contrôlées compactées de métropole
  - 1 dédié aux ISDND contrôlées s non compactées de métropole
  - 1 dédié aux ISDND contrôlées compactées des territoires d'OM inclus dans l'UE
  - 1 dédié aux ISDND contrôlées non compactées des territoires d'OM inclus dans l'UE
  - 1 dédié aux ISDND contrôlées compactées des territoires d'OM non inclus dans l'UE
  - 1 dédié aux ISDND contrôlées non compactées des territoires d'OM non inclus dans l'UE
  - 1 dédié aux décharges non contrôlées des territoires d'OM non inclus dans l'UE
- D'un fichier de compilation et d'export vers la base de données d'inventaire nationale.

Quantités traitées :

Les données sur les quantités de déchets non dangereux stockés sont essentiellement disponibles au travers d'enquêtes menées par l'ADEME auprès des ISDND (dites ITOM [32]). Ces données permettent de remonter à 1960 sur la base d'estimations effectuées par l'ADEME et de distinguer les quantités stockées en métropole des quantités stockées dans les territoires inclus dans l'UE. Les quantités sont rétropolées jusqu'à 1950 pour un usage dans l'IPCC Waste Tool.

Tous les sites de stockage en service recevant des déchets municipaux sont enquêtés dans l'enquête. Mais les données collectées concernent tous les déchets stockés quelle que soit leur origine (déchets ménagers ou industriels), leur nature (y compris les encombrants, les boues etc.) et leur type (dangereux, non dangereux).

La répartition des quantités stockées annuellement par type d'installation de stockage est issue de données historiques de l'ADEME.

Composition des déchets :

L'IPCC Waste Tool considère les catégories de déchets suivantes des lignes directrices 2006 du GIEC (Volume 5, Chapitre 2) : déchets alimentaires, déchets de parcs et jardins, papier/carton, bois, textiles et textiles sanitaires, plastiques…

La composition des déchets mis en ISDND selon ces catégories nécessaires à l'IPCC Waste Tool est estimée sur la base :

- d'enquêtes de caractérisation des déchets ménagers (dites MODECOM [368]) réalisée en 1993 et 2007,
- d'enquêtes de caractérisation des déchets industriels selon l'activité, la nature des déchets et le type de traitement [733],
- d'enquêtes bisannuelles caractérisant les déchets mis en ISDND réalisées par l'ADEME(dites ITOM [32]) depuis 1995.

Les enquêtes **ITOM de l'ADEME** permettent d'obtenir les quantités de déchets traitées dans les installations (dont les ISDND) par type de déchets selon une nomenclature en plusieurs dizaines de catégories, qui sont ensuite allouées aux catégories des déchets de l'IPCC. La nomenclature des déchets de l'ADEME contient cependant deux catégories complexes : ordures ménagères résiduelles et déchets banals en mélange. Ces catégories complexes sont allouées aux catégories des déchets de l'IPCC sur la base respectivement des enquêtes de caractérisation des déchets ménagers de l'ADEME (MODECOM) et des enquêtes de caractérisation des déchets de l'industrie de l'INSEE. Les refus de traitement (dont de compostage) sont alloués de la même façon que les ordures ménagères.

Les enquêtes **MODECOM de l'ADEME** permettent en particulier de caractériser les ordures ménagères résiduelles (OMR), aussi appelées « poubelle grise », c'est-à-dire les déchets des ménages en mélange ne faisant pas l'objet d'une collecte sélective. Ces déchets finissent en stockage ou en incinération. Dans cette enquête les déchets sont caractérisés en 12 catégories dont certaines sont attribuables directement aux catégories du GIEC. Les autres catégories sont allouées au catégories GIEC de la façon suivante : les composites sont alloués à la catégorie « Papier/carton » du GIEC, les combustibles Non Classifiés (combustibles NC), qui correspondent au bois, cuir et caoutchouc sont alloués à la catégorie « Bois » du GIEC et les incombustibles Non Classifiés (incombustibles NC) correspondent à des matériaux inertes (pots en argile, grès, pierres, poteries, céramiques, faïence, coquilles, etc.).

Tableau 162 : Composition des ordures ménagères entre 1993 et 2007

	Ordures ménagères résiduelles (OMR)					Gisement après intégration des collectes sélectives	
	OMR (sans ventilation des éléments fins)		Intervalle de confiance	OMR (avec ventilation des éléments fins)		OMR et collectes sélectives (avec ventilation des éléments fins)	
CATÉGORIES Données en %	1993	2007		1993	2007	1993	2007
Déchets putrescibles	20 %	30,9 %	3,8 %	30 %	39,6 %	28,6 %	32,2 %
Papiers	16 %	10,3 %	1,1 %	16 %	10,5 %	16,1 %	14,6 %
Cartons	10 %	5,7 %	0,5 %	10 %	5,7 %	9,3 %	6,9 %
Composites	1 %	1,7 %	0,3 %	1 %	1,7 %	1,4 %	1,7 %
Textiles	3 %	2,3 %	0,5 %	3 %	2,3 %	2,6 %	1,9 %
Textiles sanitaires	3 %	10,5 %	1,1 %	3 %	10,6 %	3,1 %	8,7 %
Plastiques	11 %	11,4 %	0,6 %	12 %	11,7 %	11,1 %	11,2 %
Combustibles NC	3 %	2,4 %	0,5 %	3 %	2,6 %	3,3 %	2,1 %
Verre	7 %	5,8 %	0,7%	10 %	6,3 %	13,1 %	12,5 %
Métaux	4 %	2,9 %	0,3 %	4 %	3,0 %	4,1 %	3,0 %
Incombustibles NC	2 %	2,6 %	0,6 %	7 %	5,3 %	6,8 %	4,3 %
Déchets dangereux	1 %	0,8 %	0,3 %	1 %	0,8 %	0,5 %	0,7 %
Eléments fins < 20 mm	19 %	12,7 %	0,9 %	0 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %
TOTAL	100 %	100 %		100 %	100 %	100 %	100 %

Source : ADEME, MODECOM 2007

Les enquêtes de **production de déchets de l'industrie de l'Institut National de la Statistique et des études économiques (INSEE)**, réalisées tous les 2 à 4 ans, **permettent** d'obtenir la répartition de la composition des déchets banals triés de l'industrie manufacturière par type de traitement (dont le stockage) selon des catégories directement allouables aux catégories du GIEC : métaux, verre, plastiques, papier/cartons, textiles caoutchouc et bois.

Les inventaires des installations de traitement des déchets (dont les installations de stockage) ont un long historique (le premier datant de 1975) et ont été réalisés d'abord par l'Association Technique pour l'eau et l'Environnement (ASTEE, anciennement Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux AGHTM) puis par l'ADEME à partir de 1995. Les enquêtes permettent de collecter des données sur la quantité de déchets et, dans le cas **des enquêtes ITOM de l'ADEME**, sur le type de déchets stockés. Dans les premières enquêtes la composition des déchets correspondait à une quinzaine de catégories : déchets verts, ordures ménagères, boues et déchets organiques, déchets industriels banals, résidus de traitement/déchets secondaires (tels que les refus de compostage), déchets dangereux, déblais/gravats, mâchefers, matériaux recyclables équipement hors d'usage et autres. Depuis 2006, la collecte des données se fait selon une nomenclature plus détaillée comportant plus de 120 catégories, dont près de 40 sont présentes dans les installations de

stockage. Mais une part importante des déchets sont dans les catégories « ordures ménagères résiduelles » (environ 30%) et « déchets industriels banals en mélange » (plus de 25%). Ces catégories sont respectivement allouées aux catégories GIEC selon les résultats de l'enquête MODECOM et de l'enquête de l'INSEE.

En outre, deux catégories supplémentaires de déchets peuvent être considérées dans l'IPCC Waste Tool : les boues d'assainissement et les déchets industriels. Les émissions liées au stockage des boues d'assainissement en ISDND, non explicitement considérées dans les lignes directrices 2006 du GIEC (Volume 5, Chapitre 2), sont donc estimées séparément dans l'inventaire national. La catégorie « déchets industriels » de l'outil IPCC Waste Tool est utilisée pour prendre en compte les déchets de construction et de démolition et les déchets dangereux stockés en ISDND.

Cependant, on note que les catégories de déchets considérées dans l'IPCC Waste Tool ne couvrent pas l'intégralité des catégories des lignes directrices 2006 du GIEC (Volume 5, Chapitre 2). En particulier, la catégorie « caoutchouc et cuir » n'est pas considérée dans l'outil. Les quantités de « caoutchouc et cuir » ont été attribuées à la catégorie « papier/carton » qui présente une teneur en Carbone Organique Dégradable (COD) similaire.

Les catégories de déchets considérées dans l'inventaire national sont donc les suivantes :

- Déchets alimentaires (via la composition des déchets stockés),
- Déchets verts (via la composition des déchets stockés),
- Papier/carton (via la composition des déchets stockés),
- Bois (via la composition des déchets stockés),
- Textiles (via la composition des déchets stockés),
- Textiles sanitaires (via la composition des déchets stockés),
- Boues d'assainissement (via la catégorie dédiée),
- Déchets de construction et de démolition (via la catégorie « déchets industriels ») et déchets dangereux.

Tableau 163 : Composition des déchets stockés en installation de stockage recevant des déchets ménagers (yc déchets industriels, hors boues) en Métropole

Année	Déchets alimentaires (%)	Déchets verts (%)	Papier/carton* (%)	Bois (%)	Textile (%)	Textile sanitaire (%)	Plastiques et autres inertes (%)	
							Total	*dont combustibles*
1950	16%	4%	28%	16%	2%	1%	33%	*8%*
1960	16%	4%	28%	16%	2%	1%	33%	*8%*
1970	16%	4%	28%	16%	2%	1%	33%	*8%*
1980	16%	4%	28%	16%	2%	1%	33%	*8%*
1990	16%	4%	28%	16%	2%	1%	33%	*8%*
1995	18%	4%	25%	16%	2%	3%	31%	*8%*
2000	18%	8%	21%	12%	2%	4%	35%	*12%*
2005	18%	4%	20%	8%	2%	5%	44%	*18%*
2010	19%	4%	15%	4%	3%	7%	49%	*22%*
2011	18%	4%	14%	4%	3%	7%	51%	*24%*
2012	18%	4%	13%	4%	3%	7%	52%	*26%*
2013	18%	4%	12%	3%	3%	7%	52%	*25%*
2014	19%	4%	12%	3%	3%	7%	53%	*25%*
2015	19%	4%	11%	3%	3%	7%	53%	*25%*
2016	19%	4%	11%	3%	3%	7%	53%	*25%*
2017	19%	4%	11%	3%	3%	8%	53%	*25%*

** et cuir et caoutchouc*

Graph_5.xlsx/Composition_stockage

Zone climatique :

Pour la métropole, la zone climatique « tempérée humide » a été retenue.

Pour tous les territoires d'OM, la zone climatique « tropicale humide » a été retenue car elle correspond à la situation des territoires les plus peuplés (St Pierre et Miquelon, seul territoire situé en dehors d'une zone tropicale humide, ne représente que 0.2% de la population d'Outre-Mer).

Constantes de vitesse (k) :

Les constantes de vitesse proposées par défaut par les lignes directrices 2006 du GIEC (et reprises dans l'IPCC Waste Tool) pour les zones climatiques sélectionnées ont été appliquées, excepté pour la catégorie « déchets industriels ».

Pour les « déchets industriels » les constantes proposées par défaut par l'IPCC Waste Tool ont été modifiées pour correspondre à celles proposées dans les lignes directrices 2006 pour les déchets de démolition et de construction.

Carbone Organique dégradable (DOC):

Les valeurs du carbone organique dégradable proposées pour chaque catégorie de déchets dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC [732] sont appliquées.

Fraction décomposée du DOC (DOCf) :

La fraction de carbone organique dégradable se décomposant (DOCf) de 0,5 recommandée par défaut dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC est appliquée.

Facteurs de correction du méthane (MCF):

Les facteurs de correction du méthane (MCF) proposés par défaut dans les lignes directrices 2006 [607] ont été attribués aux 3 types d'installation de stockage existant en France.

Les ISDND contrôlées non compactées correspondent aux décharges anaérobies (MCF = 1) définies dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC.

Du fait de pratiques visant à favoriser les conditions aérobies, les décharges contrôlées non compactées sont attribuées à la catégorie des décharges semi-aérobie (MCF = 0,5) des Lignes Directrices 2006 du GIEC.

Les décharges non contrôlées d'Outre-mer sont considérées avec un MCF de 0,4. Les décharges non contrôlées existaient historiquement en Métropole. Cependant, ne pouvant pas les distinguer des décharges contrôlées non compactées, elles sont considérées dans une même catégorie.

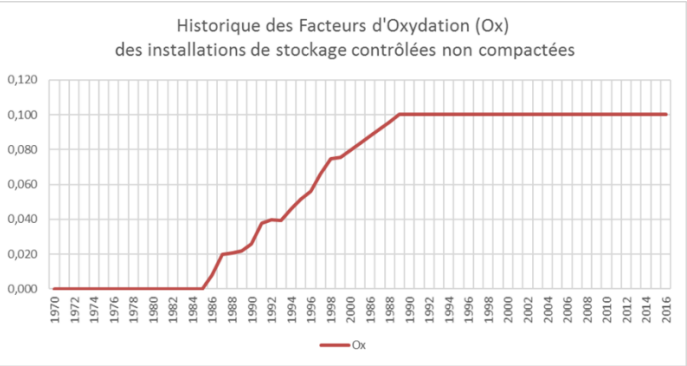
Facteur d'oxydation (Ox)

Le facteur d'oxydation (Ox) de 0,1 recommandé par défaut dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC pour les décharges anaérobies est appliqué pour les ISDND contrôlées compactées, qu'elles soient encore en activité ou non.

Concernant les installations de stockage contrôlées non compactées et les décharges non gérées, le facteur d'oxydation national dépend de la part des sites encore en activité, correspondant à l'usage de la valeur 0 pour les sites en activité et 0,1 pour les sites en post-exploitation.

Tableau 164 : Historique du facteur d'oxydation des sites contrôlés non compactés

Année	Ox	Année	Ox	Année	Ox
1970	0	1986	0,008	2002	0,088
1971	0	1987	0,020	2003	0,092
1972	0	1988	0,021	2004	0,096
1973	0	1989	0,022	2005	0,100
1974	0	1990	0,026	2006	0,100
1975	0	1991	0,038	2007	0,100
1976	0	1992	0,040	2008	0,100
1977	0	1993	0,039	2009	0,100
1978	0	1994	0,046	2010	0,100
1979	0	1995	0,052	2011	0,100
1980	0	1996	0,056	2012	0,100
1981	0	1997	0,066	2013	0,100
1982	0	1998	0,075	2014	0,100
1983	0	1999	0,075	2015	0,100
1984	0	2000	0,079	2016	0,100
1985	0	2001	0,084	2017	0,100



Source : CITEPA, Graphes _5.xls/Historique_Stockage

Pour les décharges non gérées présentes dans les territoires d'OM non inclus dans l'UE, un facteur d'oxydation de 0 est retenu.

Fraction de CH_4 dans le biogaz capté (F)

La fraction de CH_4 dans le biogaz généré (F) de 0,5 recommandée par défaut dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC est appliquée.

CH_4 capté :

Le biogaz capté est, soit torché, soit valorisé, soit mis sur le réseau de gaz naturel.

A des fins de rapportage des émissions nationales de GES dans le cadre du Protocole de Kyoto, la France a été amenée à mettre en place un système pérenne de collecte de l'information relative aux ISDND. En 2013, l'interface du registre déclaratif français [19] (destiné en premier usage au rapportage EPRTR) a été adaptée et permet notamment aux exploitants d'ISDND de déclarer les quantités de CH_4 torché et/ou valorisé sur leur site. Des informations sur la méthodologie d'estimation des quantités sont également à déclarer par les exploitants d'ISDND, notamment la fréquence des mesures des différents paramètres (débits, teneur en CH_4) utilisés pour estimer les flux annuels de CH_4 torché et valorisés. Les quantités de CH_4 mis sur le réseau de transport et/ou distribution de gaz naturel (après concentration et épuration du biogaz) sont également à déclarer dans le registre par les exploitants d'ISDND. Les quantités annuelles de CH_4 capté dans les ISDND depuis 2012 sont donc estimées selon une approche bottom-up basée sur des quantités mesurées conformément aux exigences des Lignes Directrices 2006 du GIEC.

Les données relatives à la période 2008-2011 ont été obtenues au travers d'un questionnaire aux exploitants.

Les quantités torchées et valorisées ont été rétropolées sur la période 1990-2008 sur la base de données relatives à la part des déchets stockés dans des installations équipées d'un système de captage et de système de combustion du biogaz [19, 32, 515].

Emissions de N_2O

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance.

7.2.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 5A).

Les incertitudes estimées pour le secteur 5A sont les suivantes pour 2016 :

- L'incertitude sur les quantités stockées est estimée à 15%. En effet, bien que les données rapportées dans l'enquête ITOM par les opérateurs soient issues de mesures (pesées des camions), les données relatives à 2015 sont basées sur les données 2014 provisoires.
- L'incertitude sur la composition des déchets est estimée à 30% dans la mesure où, bien qu'une catégorisation soit disponible dans l'enquête, elle ne correspond pas aux catégories de la méthodologie IPCC et des études complémentaires périodiques doivent être utilisées en complément,
- L'incertitude sur le facteur d'émission du CH_4 est estimée à 175%. En effet, les émissions de ce secteur obéissent à des lois cinétiques complexes. De plus, les émissions s'étalent dans le temps, rendant nécessaire une estimation des quantités stockées depuis de nombreuses années, ce qui ne permet pas d'obtenir une grande précision.

La cohérence temporelle est respectée, la méthodologie utilisée est appliquée à l'ensemble de la période et les sources statistiques de données et leur traitement sont les mêmes sur l'ensemble de la série temporelle.

7.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries temporelles.

La nouvelle méthodologie basée sur les lignes directrices 2006 du GIEC est soumise, à partir de 2016, à un groupe de réflexion regroupant des experts d'horizons variés (institutions, entreprises, recherche). Le but est de renforcer la qualité des données d'entrée, d'identifier des valeurs nationales là ou des valeurs par défaut sont utilisées, de confronter l'inventaire à d'autres méthodologies (en particulier celles basées sur la mesure).

Un contrôle sur le bouclage des quantités traitées prise en compte dans chacun des fichiers de calcul a été ajouté. Il a permis d'identifier une anomalie qui a été corrigée dans la soumission 2017.

7.2.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 5A

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	12 594	15 342	16 970	16 993	16 735	16 515	16 255	15 632	15 611	15 085	14 399	13 893	13 366	12 481	11 447	
Nouveau	kt CO2e	12 594	15 343	16 971	16 994	16 735	16 516	16 255	15 633	15 612	15 085	14 400	13 893	13 367	12 483	12 229	12 333
Différence	kt CO2e	+0,0069	+0,48	+0,90	+0,77	+0,72	+0,65	+0,61	+0,64	+0,68	+0,68	+0,75	+0,71	+0,99	+1,1	+782	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+7%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Suite à la mise à disposition de la BDD ITOM 2016 par l'ADEME :

- Mise à jour des données de quantités stockées en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016)

- Mise à jour de la composition des déchets stockés en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016)

La mise à jour des quantités stockées et de la composition de 2015, impacte les émissions à partir de 2016.

Raisons et justifications

Activité : amélioration de l'exactitude.

7.2.6 Améliorations envisagées

En outre, l'amélioration du calcul des incertitudes est planifiée à long terme par la mise en œuvre d'une méthodologie Tier 2 (approche Monte Carlo).

7.3 Traitement biologique (5B)

7.3.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette section se rapporte aux installations de **compostage** de déchets ménagers et aux installations de **méthanisation** de déchets ménagers.

En 2016, elle ne constitue pas une catégorie clé que ça soit en niveau d'émission ou en évolution.

7.3.1.1 Production de compost (5B1)

Le compostage consiste en un traitement biologique de matières organiques fermentescibles en milieu aérobie. Les principaux déchets traités par compostage sont les **déchets verts** (tontes de pelouses, feuilles…) parfois en mélange avec des **boues d'épuration** urbaines ou industrielles, les **déchets agro-alimentaires, déchets de cuisine, effluents d'élevage** (fientes, fumiers…), ainsi que la fraction fermentescible des **déchets ménagers**.

Le compostage permet de produire un compost pouvant servir d'amendement organique ou de matière fertilisante.

7.3.1.2 Production de biogaz (5B2)

La méthanisation consiste en un traitement de matières organiques en milieu anaérobie. Tous les déchets organiques peuvent être traités par méthanisation, à l'exception des déchets ligneux (déchets de bois). Les principaux déchets traités sont les **effluents industriels** et les **boues d'épuration** urbaines ou industrielles, la fraction fermentescible des **déchets ménagers**, les déchets agricoles.

La méthanisation de matières organiques permet de produire du biogaz (55 à 60% CH_4) et du digestat (comportant une fraction solide et une fraction liquide) pouvant servir de matière fertilisante.

7.3.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Activité

Les quantités de déchets traités par compostage et méthanisation en métropole et dans les territoires d'OM inclus dans l'UE sont disponibles dans les enquêtes bisannuelles ITOM de l'ADEME[1] [32]. Les valeurs des années non disponibles sont interpolées.

La répartition de ces déchets entre différentes catégories de déchets (déchets verts et organiques, ordures ménagères en mélange, biodéchets, boues et autres), est également disponible dans l'enquête ITOM de l'ADEME [32].

Emissions

Emissions de CO_2

Le CO_2 étant d'origine biogénique, il fait l'objet d'une comptabilisation particulière par rapport aux autres substances. Ces règles conduisent à ne pas prendre en compte dans le total de l'inventaire national les émissions de CO_2 issues des traitements biologiques dans les formats de rapport CRF (catégorie 5B).

Emissions de CH_4

Concernant le compostage, le facteur d'émission de chaque catégorie de déchets (déchets verts et organiques, ordures ménagères en mélange, biodéchets, boues et autres) est issu d'une étude ADEME[1]/CEMAGREF[21]/INRA[22] sur les impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets réalisée en 2006 sur la base de mesures de terrain et de recherche bibliographique [237] sur les émissions atmosphériques des installations de traitements biologiques.

Concernant la méthanisation, une méthode nationale est appliquée. Elle consiste d'abord à estimer les taux de génération de biogaz (320 m3/ tonne de matière brute) sur les centres de méthanisation d'ordures ménagères français sur la base de l'état des lieux de la filière méthanisation en France réalisé par l'ADEME, l'ATEE[23] et le Club biogaz[563] en 2011. Les émissions de CH_4 sont ensuite calculées sur la base de la teneur en CH_4 du biogaz issu de la méthanisation de déchets (60% [237]) et d'un taux de fuite du biogaz produit. Ce taux de fuite (de 5%) est la valeur par défaut proposé dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC [359].

Le facteur d'émission moyen (toutes catégories de déchets confondues) du compostage et de la méthanisation évolue du fait des quantités respectives de chaque catégorie de déchets entrants dans les installations de traitement.

Emissions de N_2O

La production de compost émet du N_2O. Le facteur d'émission de chaque catégorie de déchets (déchets verts et organiques, ordures ménagères en mélange, biodéchets, boues et autres) est issu d'une étude ADEME/CTBA[24] basée sur des mesures de terrain et des recherche bibliographiques réalisée en 2006 [237] sur les émissions atmosphériques des installations de traitements biologiques. Le facteur d'émission moyen (toutes catégories de déchets confondues) évolue du fait des quantités respectives de chaque catégorie de déchets entrants dans les installations de traitement.

[21] CEMAGREF : Centre d'Étude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts (institut public de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement), actuellement nommé IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture)
[22] INRA : Institut National de Recherche Agronomique
[23] ATEE : Association Technique Energie Environnement

7.3.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

Concernant la cohérence temporelle des séries, la même méthodologie est utilisée sur l'ensemble de la période ; les données manquantes certaines années sont estimées à partir des années connues (interpolation linéaire).

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 5B).

Les incertitudes estimées pour le secteur 5B sont les suivantes :

- L'incertitude sur les quantités totales compostées ou méthanisés est estimée à 15%. En effet, bien que les données rapportées l'enquête ITOM par les opérateurs soient issues de mesures (pesées des camions), les données relatives à 2016 sont basées sur les données 2014 provisoires.

L'incertitude sur les facteurs d'émission est estimée à 100% pour le CH_4 et 100% pour le N_2O.

7.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Production de compost (5B1)

Les facteurs d'émission nationaux sont dans la fourchette de ceux proposés dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC (30 à 8000 g de CH_4/ tonne de déchets compostés et 60 à 600 g N_2O / tonne).

Méthanisation (5B2)

Le facteur d'émission national déduit est dans la fourchette de ceux proposés dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC (0 à 8000 g de CH_4/ tonne de déchets méthanisés).

7.3.5 Recalculs

Impacts des recalculs du CRF 5B

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	134	178	247	306	322	327	333	348	372	390	411	446	480	508	536	
Nouveau	kt CO2e	134	178	247	306	322	327	333	348	372	390	411	446	480	516	553	581
Différence	kt CO2e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+8,2	+17	
	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	+2%	+3%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Suite à la mise à disposition de la BDD ITOM 2016 par l'ADEME :

- Mise à jour des données de quantités de déchets compostés et méthanisés en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016)

- Mise à jour de la composition de déchets compostés et méthanisés en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016)

Raisons et justifications

Compostage/méthanisation : amélioration de l'exactitude.

7.3.6 Améliorations envisagées

Cas du compostage :

La mise à jour des FE sur la base de l'actualisation en 2012 de l'étude ADEME/CTBA [736] est prévue à court terme. Sur la base de nouvelle informations collectées dans l'enquête ITOM, l'usage de biofiltres dans les installations de compostage en bâtiments fermés sera pris en compte dans l'estimation à court ou moyen terme.

Cas de la méthanisation :

Aucune amélioration méthodologique n'est prévue à court terme.

7.4 Incinération des déchets (5C)

Cette section se rapporte aux installations d'incinération de déchets et aux feux ouverts de déchets.

En 2016, l'incinération et feux ouverts est une catégorie clé pour le CO_2 : 38ième catégorie clé en niveau (0,3%).

Incinération

Les déchets incinérés peuvent être issus des ménages, de l'activité économique et des collectivités.

Ces déchets peuvent être de diverses natures :

- ordures ménagères résiduelles,
- déchets banals en mélange,
- boues d'assainissement,
- résidus de traitement,
- déchets dangereux.

En France, on peut distinguer plusieurs catégories d'incinérateurs en fonction des déchets traités :

- unités d'incinération de déchets non dangereux (UIDND ou UIOM),
- unités d'incinération de déchets dangereux (UIDD).

Certains incinérateurs vont traiter des déchets de diverses natures, alors que d'autres sont exclusivement dédiés à une catégorie de déchets (par exemple aux boues d'assainissement, aux déchets hospitaliers ou aux déchets dangereux).

Ces incinérateurs peuvent être sur des sites industriels exclusivement dédiées à l'incinération, sur les sites de production des déchets incinérés (dits « in-situ ») ou encore sur des sites mixtes de traitement des déchets.

On distingue des incinérateurs avec récupération d'énergie et des incinérateurs sans récupération d'énergie.

La co-incinération de déchets (par exemple en cimenteries) est également pratiquée en France.

En complément, la France dispose de crématoriums dédiés à l'incinération des corps.

Feux ouverts

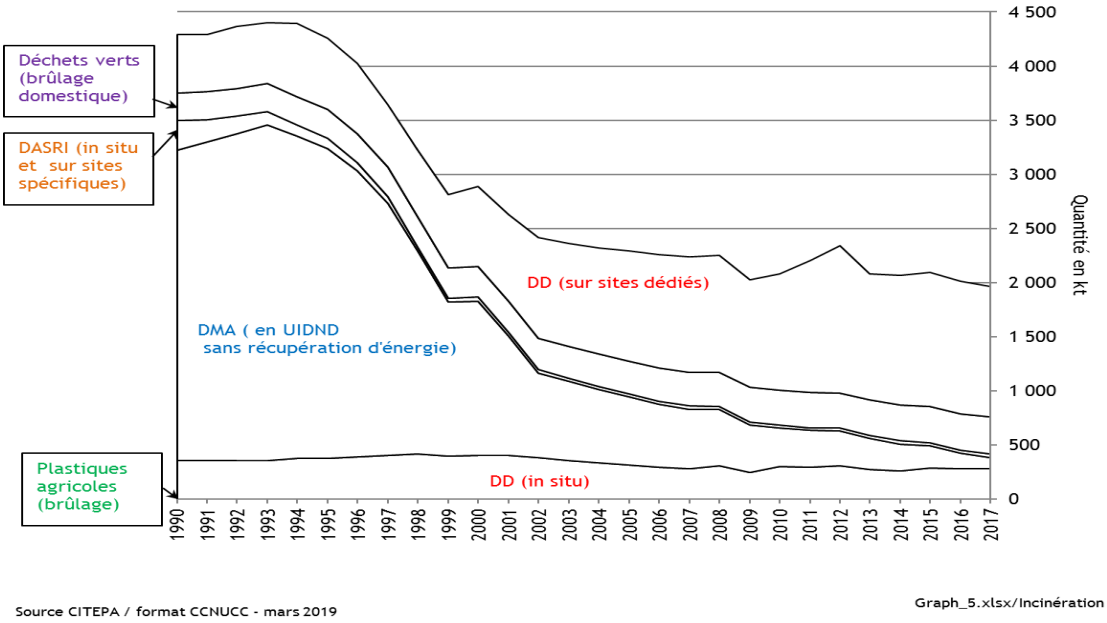
Bien que ce soient des activités illicites, plusieurs types de feux sont pratiqués en France et pris en compte dans l'inventaire national :

- feux de plastiques agricoles,
- feux de déchets verts,
- brûlage de câbles électriques.

En complément, les feux de véhicules sont également considérés dans l'inventaire national.

Les deux figures ci-dessous illustrent l'évolution des quantités de déchets incinérés selon leur type ainsi que leur contribution aux émissions exprimées en CO_2 équivalent de la catégorie 5C.

Figure 130 : Evolution des quantités de déchets incinérés et brûlés selon leur type (en kt) - (Périmètre Kyoto)



Particularité du rapportage de l'incinération :

Seules les émissions liées à l'incinération de déchets sans récupération d'énergie sont à rapporter dans la catégorie « 5C – incinération des déchets ».

Les émissions associées aux installations de production d'énergie à des fins de distribution sont rapportées dans la catégorie « 1A – Production d'énergie ».

Les émissions associées à l'incinération de déchets avec production d'énergie dans l'industrie (cimenteries etc.) sont rapportées dans le secteur industriel correspondant.

7.4.1 Caractéristiques de la catégorie

En 2015, la catégorie incinération et feux ouverts de déchets est la 41ème catégorie clé en termes de niveau d'émission du fait du CO_2 émis (0,3%).

7.4.1.1 Incinération de déchets (5C1)

Incinération des déchets non dangereux (5C1.1a et 5C1.2a)

Environ 125 sites d'incinération de déchets non dangereux recevant des déchets ménagers étaient recensés en métropole dont 2 sites en Outre-mer (Martinique et St Barthélemy). Parmi ces sites, un peu plus d'une dizaine sont sans récupération d'énergie, et traitent moins de un demi-million de déchets [32], soit moins de 2,5% des quantités totales de déchets non dangereux incinérés. L'incinération de déchets sans récupération d'énergie continue à disparaitre peu à peu au profit notamment de l'incinération avec récupération d'énergie et ne devrait plus exister à partir de 2025 [608].

Données d'activité

L'ADEME réalise périodiquement, depuis plusieurs décennies, les enquêtes ITOM [32]. Ces enquêtes contiennent des données relatives à tous les sites recevant au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets, implantés en Métropole et dans les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE. Les données collectées sont nombreuses : il s'agit, pour chaque installation, des quantités traitées par type de déchets selon la nomenclature ITOM, de l'énergie produite et son usage (vendue ou autoconsommée), des refus etc. Les données nécessaires à l'inventaire national (essentiellement les quantités traitées par type de déchets pour chaque installation) sont obtenues sous forme d'une base de données auprès de l'ADEME.

Les résultats de l'enquête ITOM font en outre l'objet d'un rapport public tous les 2 ans.

Règle de rapportage

La distinction entre « avec » ou « sans » récupération d'énergie se fait selon la classification effectuée par l'ADEME dans le cadre des enquêtes ITOM [32], c'est-à-dire sans prendre en compte le rendement énergétique de l'incinérateur.

Les émissions de CO_2 issues de la part organique des déchets est comptabilisée hors total.

Incinération des boues de stations d'épuration (5C1.1b)

Le traitement des eaux conduit à la production de boues résiduelles en quantité très importante. Les données les plus récentes [511] indiquent une quantité supérieure à un million de tonnes de matière sèche (MS) générée par les stations d'épuration urbaines. Leurs destinations se répartissent comme suit en 2012 :

- Epandage agricole (41%),
- Compostage (30%),
- Incinération en UIOM, STEP ou site dédié (20%),
- Mise en décharge (4%),
- Autres (4%).

Les émissions présentées pour l'incinération sont les émissions à la sortie de la cheminée.

Les émissions des stocks de boues en attente d'être incinérées ne sont pas comptabilisées.

Incinération des déchets dangereux (5C1.2b)

Les Déchets Dangereux (DD) correspondent à une catégorie des déchets, d'origine industrielle ou domestique, nécessitant un traitement spécifique en raison de leur potentiel de toxicité. L'incinération de déchets dangereux est caractérisée par une grande diversité qualitative et quantitative des déchets traités, qui peuvent induire des facteurs d'émission évoluant beaucoup d'une année à l'autre.

L'incinération des déchets dangereux s'effectue, d'une part, dans des installations spécifiques (incinération et évapo-incinération) et, d'autre part, sur les sites où ces déchets sont générés (incinération in-situ).

Incinération spécialisée des déchets hospitaliers (5C1.2b)

Les déchets hospitaliers recouvrent les déchets anatomiques humains, les déchets contaminés par des bactéries ou des virus ainsi que les déchets hospitaliers généraux tels que les instruments en plastiques, le textile etc. Ils sont incinérés pour réduire leur volume et donc pour économiser les coûts de mise en décharge. L'incinération permet également de prévenir toute fuite de substances toxiques ou contaminées dans l'environnement [17].

En France, une partie des déchets est incinérée dans les usines d'incinération de déchets non dangereux ou d'incinération de déchets industriels [32]. Le solde est incinéré, soit in-situ dans les centres hospitaliers (historiquement), soit dans des unités spécifiques qui sont très peu nombreuses [261] :

Incinération in-situ

En 1990, l'incinération in-situ concernait 200 000 à 300 000 t de déchets de soins à risque pour environ 1 350 incinérateurs. En 1996, la quantité incinérée in-situ n'est plus que de 40 000 t pour 200 incinérateurs. Elle chute à 25 000 t en 1997 pour 40 à 50 incinérateurs. La réduction de l'incinération in-situ provient du fait que, suite à l'enquête du Ministère de la santé de 1990, il a été demandé aux hôpitaux de mettre leurs incinérateurs en conformité, ce qui représente un coût trop important pour la plupart d'entre eux [261].

En l'absence de données, la quantité de déchets incinérés in situ est indexée sur la population au carré entre 1960 et 1989 car le taux d'équipement est supposé avoir plus fortement cru que la population.

Il n'y a plus d'incinération in-situ depuis 2004.

Incinération en centre spécifique

L'incinération en centre spécifique n'a débuté qu'en 1988. Auparavant, il n'y avait que de l'incinération in-situ.

Parmi les cinq sites d'incinération spécifiques de déchets hospitaliers qui ont fonctionné [261], deux sont toujours en fonction, dont une ligne dédiée située dans une UIDND.

Incinération en UIDND ou en usine d'incinération de déchets industriels

Ces deux catégories sont traitées respectivement dans les sections « 5C_non hazardous waste incineration » et « 5C_hazardous waste incineration ».

Crémation

La crémation est la transformation du corps en cendres dans des incinérateurs conçus spécialement à cet effet. En France, la part de l'incinération est passée de 1 % des obsèques en 1979 à plus de 30% aujourd'hui. Environ 170 000 crémations sont opérées chaque année dans près de 160 crématoriums.

7.4.1.2 Feux ouverts de déchets (5C2)

Feux ouverts des déchets verts (5C2.1)

Cette section se rapporte aux feux ouverts de déchets verts. Cette activité est interdite en France mais reste pratiquée.

Feux ouverts des déchets non-organiques (5C2.2)

Feux de véhicules

Cette section se rapporte aux feux de véhicules dont les causes peuvent être volontaires ou accidentelles.

Brûlage de films plastiques agricoles usagés

Les films plastiques agricoles sont utilisés comme films de serre, pour le paillage, l'enrubannage et l'ensilage. Ils sont parfois brûlés en bout de champ par les agriculteurs. Cette activité est interdite en France mais reste pratiquée.

D'après l'ADEME [264], environ 75 000 tonnes de films sont achetées chaque année. Selon le Comité des Plastiques Agricoles (CPA), la quasi-totalité des plastiques agricoles n'est plus brulée conformément à la législation en vigueur. Les quantités brulées (brûlage sauvage) tendent à disparaître, notamment parce que des filières de recyclage se sont mises en place.

7.4.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

7.4.2.1 Incinération de déchets (5C1)

Incinération des déchets non dangereux (5C1.1a et 5C1.2a)

Emissions de CO_2

Les émissions de CO_2 sont déterminées selon la méthodologie recommandée dans les lignes Directrices 2006 du GIEC [743] au moyen de facteurs d'émission calculés sur la base du contenu en carbone des déchets (FC), de la composition des déchets traités en UIDND (WF), du facteur d'oxydation de l'incinération (OF) et du ratio de carbone d'origine biomasse (CFC).

La composition des déchets incinérés selon les catégories nécessaires à l'application de la méthodologie du GIEC (déchets alimentaires, déchets verts, papier/carton, bois, textiles, textiles sanitaires et incombustibles) est estimée sur la base, d'une part, d'enquêtes de caractérisation des déchets ménagers (dites MODECOM [368]), d'enquêtes de caractérisation des déchets industriels selon l'activité, la nature des déchets et le type de traitement [733] et, d'autre part, d'enquêtes bisannuelles caractérisant les déchets incinérés réalisées par l'ADEME [32].

Figure 131 : Composition des déchets incinérés en UIDND (yc déchets industriels, hors boues) en Métropole

Année	Déchets alimentaires (%)	Déchets verts (%)	Papier / carton (%)	Bois (%)	Textile (%)	Textile sanitaire (%)	Cuir et caoutchouc (%)	Plastiques et autres inertes combustibles (%)		Boues (%)	Construction et démolition (%)	Déchets Dangereux (%)
								total	*dont combustibles*			
1990	24%	4,4%	24%	7%	2,7%	4%	0,0%	*32,1%*	*14%*	0,6%	0,1%	1,1%
1995	24%	4,4%	24%	7%	2,7%	4%	0,0%	*32,1%*	*14%*	0,6%	0,1%	1,1%
2000	27%	4,8%	21%	9%	2,4%	6%	0,0%	*28,3%*	*13%*	0,9%	0,0%	1,2%
2005	28%	6,3%	17%	10%	2,1%	8%	0,1%	*26,2%*	*13%*	1,2%	0,0%	1,2%
2010	31%	5,6%	14%	11%	1,9%	11%	0,1%	*23,7%*	*13%*	0,9%	0,1%	1,3%
2011	30%	5,5%	13%	13%	1,8%	11%	0,2%	*23,1%*	*13%*	1,1%	0,0%	1,4%
2012	30%	5,4%	12%	14%	1,7%	11%	0,2%	*22,5%*	*13%*	1,2%	0,0%	1,5%
2013	31%	5,8%	12%	13%	1,7%	12%	0,2%	*22,4%*	*13%*	1,0%	0,0%	1,8%
2014	31%	6,1%	11%	12%	1,7%	12%	0,3%	*22,3%*	*14%*	0,8%	0,0%	2,0%
2015	32%	6,0%	11%	12%	1,6%	13%	0,2%	*22,3%*	*14%*	0,8%	0,0%	2,0%
2016	33%	5,9%	10%	11%	1,6%	13%	0,2%	22,3%	*14%*	0,8%	0,0%	2,1%
2017	33%	5,9%	10%	11%	1,6%	13%	0,2%	22,3%	*14%*	0,8%	0,0%	2,1%

Graph_5.xlsx/Composition_uidnd

Les valeurs par défaut de contenu en carbone des déchets (FC) proposées par le GIEC sont appliquées [617][618].

La valeur par défaut du facteur d'oxydation de l'incinération proposée par le GIEC est appliquée [618].

Les valeurs par défaut du ratio de carbone d'origine biomasse (FCF) proposées par le GIEC sont appliquées [617][618].

Emissions de CH_4

Le facteur d'émission de CH_4 dépend du type de technologie d'incinération (four à grille ou à lits fluidisés).

Pour une technologie à grille, le facteur d'émission est de 0,2 kg CH_4 / kt de déchets [619].

Pour une technologie à lits fluidisés, le facteur d'émission du CH_4 est nul [619].

La répartition des usines par type de four en France, en proportion de la capacité installée, est connue pour 2005 au travers de l'enquête de l'ADEME [335]. Elle est composée de 97,2% de fours à grille (grilles fixes, grilles mobiles et fours rotatifs) et de 2,8% de lits fluidisés.

Le facteur d'émission moyen déduit est de 0,19 g / t de déchets.

Emissions de N_2O

Le facteur d'émission de 31 g / t déchets ménagers issu d'une campagne de mesure de la FNADE [310] est appliqué sur toute la série temporelle.

Incinération des boues de stations d'épuration (5C1.1b)

L'activité correspond aux masses (en matière brute) de boues incinérées.

Les facteurs d'émission se rapportent à des matières brutes. Quand les facteurs d'émission de la littérature se rapportent à de la matière sèche, ils sont convertis en considérant une siccité des boues incinérées de 40%.

Emissions de CO_2

Les émissions sont calculées au moyen d'un facteur d'émission de 1650 kg/t de boues basé sur la composition des boues (teneur en Carbone de 45%) issu des lignes directrices du GIEC 2006 [432].

Ces émissions sont considérées être en totalité d'origine biomasse et ne sont pas rapportées dans le total national pour le rapportage CRF.

Emissions de CH_4

Les émissions sont calculées au moyen d'un facteur d'émission de 9,7 g/t de boues (humide) proposé par défaut dans les lignes directrices 2006 du GIEC [738].

Emissions de N_2O

Les émissions sont calculées au moyen d'un facteur d'émission de 990 g/t de boues tiré des Lignes Directrices 2006 du GIEC [432].

Incinération des déchets industriels dangereux (5C1.2b)

<u>Données d'activité</u>

Les quantités incinérées dans les centres spécifiques sont connues via l'ADEME [157] pour les données historiques, via les déclarations des exploitants [19] entre 2004 et 2012 et via le panorama de la gestion des déchets dangereux pour les années récentes [737].

Les quantités incinérées in-situ sont connues annuellement via les déclarations des sites concernés [19].

Règle de rapportage
Les émissions liées à l'incinération de déchets dangereux dans des cimenteries sont traitées dans la section « 1A2f_cement ».

Emissions :

Emissions de CO_2
Le facteur d'émission du CO_2 est calculé sur la base des déclarations des sites spécifiques et in-situ [19]. Pour les années antérieures à 1994, en l'absence de données, le facteur d'émission retenu est celui de 1994.

Emissions de CH_4
A partir de 2004, les données des déclarations annuelles des sites industriels [19] sont utilisées et permettent de calculer un facteur d'émission de CH_4 moyen représentatif des conditions effectives de fonctionnement et de leur variabilité interannuelle. En l'absence d'autres données disponibles, le facteur d'émission moyen de 2004 est appliqué entre 1990 et 2003.

Emissions de N_2O
A partir de 2004, les données des déclarations annuelles des sites industriels [19] sont utilisées et permettent de calculer un facteur d'émission de N_2O moyen représentatif des conditions effectives de fonctionnement et de leur variabilité interannuelle. En l'absence d'autres données disponibles, le facteur d'émission moyen de 2004 est appliqué entre 1990 et 2003.

Incinération spécialisée des déchets hospitaliers (5C1.2b)

Données d'activité
Les quantités incinérées par année sont déduites des valeurs des sites d'incinération spécifiques [19, 261, 262] ainsi que des estimations concernant l'incinération in-situ [261].

Rapportage
Les émissions sont rapportées dans la catégorie 5C sur toute la série temporelle.

Emissions :

Emissions de CO_2
Les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 880 kg/t de déchets calculé à partir du taux de carbone dans les déchets hospitaliers, du ratio de carbone d'origine fossile et du facteur d'oxydation fournis dans les lignes directrices 2006 du GIEC [621]. Cette valeur concerne à la fois l'incinération in-situ et l'incinération en centre spécifique.

Emissions de CH_4
Les émissions de CH_4 sont estimées au moyen du même facteur d'émission proposé pour les déchets municipaux dans les lignes directrices 2006 du GIEC, en utilisant le facteur d'émission le plus élevé pour les fours à grille de 0,20 g/t de déchets [619].

Emissions de N_2O
Les émissions de N_2O sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 100 g/t de déchets fourni dans les lignes directrices 2006 du GIEC [620]. Cette valeur concerne à la fois l'incinération in situ et l'incinération en centre spécifique.

Crémation

Données d'activité
Le niveau d'activité correspond au nombre de corps incinérés annuellement. Cette information est fournie par la fédération française de la crémation [224].

L'activité est interpolée pour les années où la donnée n'est pas disponible.

Emissions

Emissions de CO_2
Les émissions sont supposées 100% être d'origine organique (les accessoires qui brûlent contiennent en fait une faible part de carbone d'origine non organique).

Il n'est donc pas pris en compte dans les rapportages réalisés dans le cadre de la CCNUCC.

Emissions de CH_4
Les émissions sont supposées négligeables.

Emissions de N_2O
Les émissions sont supposées négligeables.

7.4.2.2 Feux ouverts de déchets (5C2)

Feux ouverts des déchets verts (5C2.1b)

Activité
Les voies de gestion des déchets domestiques appliquées en France (gestion domestique, dépôt en déchetterie, etc.) par type de déchets (déchets de potager, déchets de cuisine, feuilles, tontes, etc.) ont été estimées à l'aide d'une étude réalisée en 2008 par l'ADEME [489]. Cette étude a notamment permis de caractériser les pratiques de gestion domestique (brulage, compostage en tas, épandage, etc.) en termes de quantités de déchets.

En première approche, l'évolution temporelle sur la période d'inventaire est réalisée en indexant les quantités de déchets verts brulés par les particuliers sur le nombre de maisons principales en France.

Emissions

Emissions de CO_2
Ces émissions sont considérées être en totalité d'origine biomasse et ne sont pas rapportées dans le total national pour le rapportage CRF.

Emissions de CH_4
Le facteur d'émission provient d'une étude de l'INERIS sur les feux de déchets [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et de feuilles.

Emissions de N_2O
Les émissions ne sont pas estimées.

Feux ouverts des déchets non-organiques - Feux de véhicules (5C2.2b)

Activité
L'activité correspond au nombre de véhicules brulés annuellement. Il existe plusieurs sources de statistiques relatives aux incendies de véhicules dont les causes peuvent être volontaires ou

accidentelles. La source retenue est celle des pompiers [566] qui présente l'avantage d'être publique et mise à jour annuellement depuis 2002. Cependant, elle concerne un nombre d'interventions (et non de le nombre de véhicules brûlés) et ne fournit pas d'indication (dans sa version publique du moins) sur le type de véhicule (la gamme), ni sur la part des matières combustibles du véhicule ayant brûlé.

Il a donc été posé comme hypothèse que le nombre d'interventions correspond à un nombre de véhicules et que l'intégralité des matières combustibles du véhicule est brûlée comme dans le cas des essais menés par l'INERIS.

En outre, faute de données plus détaillées sur le parc de véhicules brûlés, il est considéré un poids moyen de 1383 kg par véhicule brûlé (moyenne des poids des véhicules brûlés lors des essais) et une perte de poids moyenne de 18,2% (moyenne des essais réalisés) [567].

Emissions

Emissions de CO_2
Le facteur d'émission provient d'une étude réalisée par l'INERIS pour le compte de l'ADEME sur les feux de véhicules [567].

Emissions de CH_4
Les émissions ne sont pas estimées.

Emissions de N_2O
Les émissions ne sont pas estimées.

Feux ouverts des déchets non-organiques - Brûlage de films plastiques agricoles usagés (5C2.2b)

Activité
Les émissions sont calculées sur la base de la quantité de films agricoles brûlés et d'un facteur d'émission spécifique au type de plastique.

Le Comité des Plastiques Agricoles a fourni des données sur les tonnages de plastiques (en polyéthylène pur) brulés en 1990, 2000 et 2010 [434]. Les années intermédiaires sont interpolées, et une hypothèse de stabilité a été retenue depuis 2010.

Emissions

Emissions de CO_2
Les films plastiques incinérés étant en polyéthylène, un facteur d'émission de 3 143 kg/t de plastiques est retenu correspondant à une combustion totale du carbone contenu dans les films.

Emissions de CH_4
En l'absence d'informations fiables et en raison des faibles niveaux supposés, les émissions de CH_4 sont actuellement négligées.

Emissions de N_2O
En l'absence d'informations fiables et en raison des faibles niveaux supposés, les émissions de N_2O sont actuellement négligées.

7.4.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 5C).

Pour l'ensemble du secteur 5C, l'incertitude moyenne considérée pour l'activité est de l'ordre de 20%, et celle retenue pour les facteurs d'émission est de 20% pour le CO_2, 50% pour le CH_4 et 30% pour le N_2O.

Concernant la cohérence temporelle des séries, la même méthodologie est utilisée pour estimer les émissions sur toute la série temporelle. Les éventuelles données d 'activité manquantes sont estimées à partir des années connues (interpolation linéaire).

7.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le temps.

Incinération des déchets (5C1)

Les émissions obtenues dans les déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DRIRE/DREAL) puis validées par le Ministère chargé de l'Ecologie (MTES). Les FE des différents sites sont comparés avant leur prise en compte dans le calcul du FE moyen national. Les éventuelles valeurs anormales sont vérifiées avec l'exploitant.

7.4.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 5C

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	2 321	2 353	1 832	1 679	1 743	1 608	1 653	1 623	1 701	1 741	1 627	1 609	1 866	1 614	1 661	
Nouveau	kt CO2e	2 321	2 352	1 831	1 678	1 741	1 605	1 650	1 618	1 711	1 743	1 635	1 613	1 870	1 636	1 586	1 643
Différence	kt CO2e	-0,54	-0,73	-0,87	-1,3	-2,0	-2,7	-3,4	-5,4	+11	+2,7	+7,8	+4,6	+3,7	+22	-75	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	+1%	+0%	+0%	+0%	+0%	+1%	-5%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

<u>Incinération des boues (5C1.1)</u>

Suite à la mise à disposition de la BDD ITOM 2016 par l'ADEME :

- Mise à jour des données de quantités de déchets incinérés en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016)

- Mise à jour de la composition de déchets incinérés en 2016 (impact sur 2015 qui est une interpolation 2014-2016) qui impacte sur le FE CO2 de 2016 (et 2015)

<u>Incinération des déchets non dangereux (5C2)</u>

Le nombre de feux de véhicules et le nombre de feux de bâtiments de 2016 a été mis à jour suite à la publication du rapport annuel des services des secours.

Raisons et justifications

Incinération des déchets ménagers : amélioration de l'exactitude via l'usage de données d'activité mises à jour.

Feux ouverts : amélioration de l'exactitude via l'usage de données d'activité mises à jour.

7.4.6 Améliorations envisagées

Pas d'amélioration prévue.

7.5 Traitement des eaux (5D)

7.5.1 Caractéristiques de la catégorie

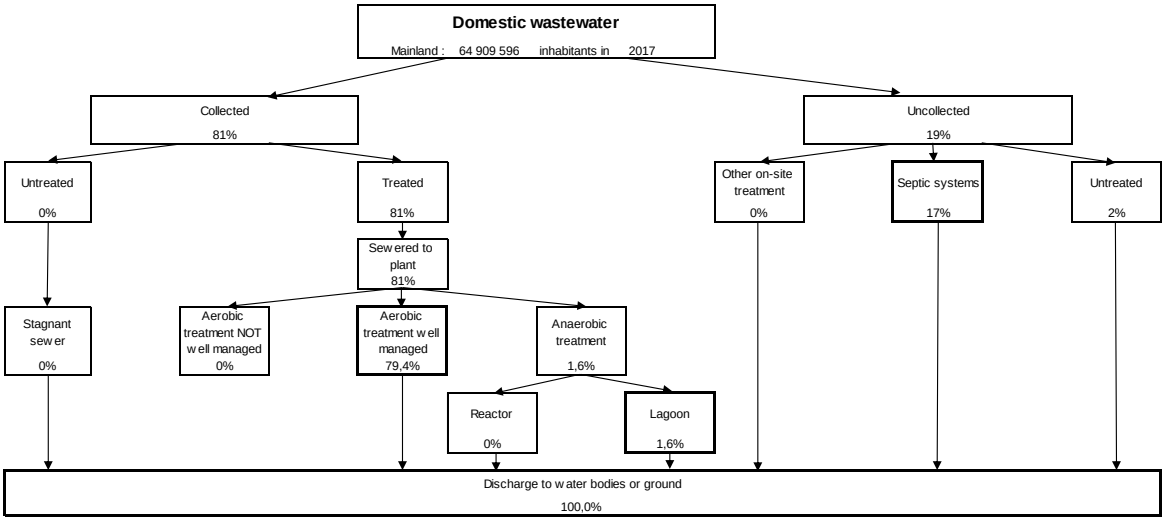
En 2016, le traitement des eaux usées est une catégorie clé pour le CH_4 : 33ième catégorie clé en niveau (0,5%) et 39ième catégorie clé en évolution (0,4%).

Les eaux usées résidentielles et les eaux usées industrielles sont abordées distinctement.

En France, les **eaux usées domestiques** sont soit traitées en Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU), soit traitées de façon autonome en fosses septiques (voir très rarement par filtres biologiques), soit rejetées directement dans le milieu naturel. La France compte plus de 19500 stations d'épuration d'eaux usées (dites STEU ou STEP) recevant des eaux résidentielles, commerciales et industrielles. Des informations descriptives relatives à ce parc de STEU (capacité, type, conformité, commune d'implantation…) sont mises à jour annuellement dans la Base de Données sur les Eaux Résidentielles Urbaines (BD ERU) publiée par le Ministère de l'Environnement [752].

Le tableau suivant présente la part de la population dont les eaux sont traitées via les différents types de traitement en 2017.

Tableau 165 : Répartition de la population pat type de traitement/rejet des eaux usées domestiques en Métropole



Le tableau suivant présente la part de la population pour les principaux types de traitement (STEU, fosses septiques et rejets directs) au cours du temps.

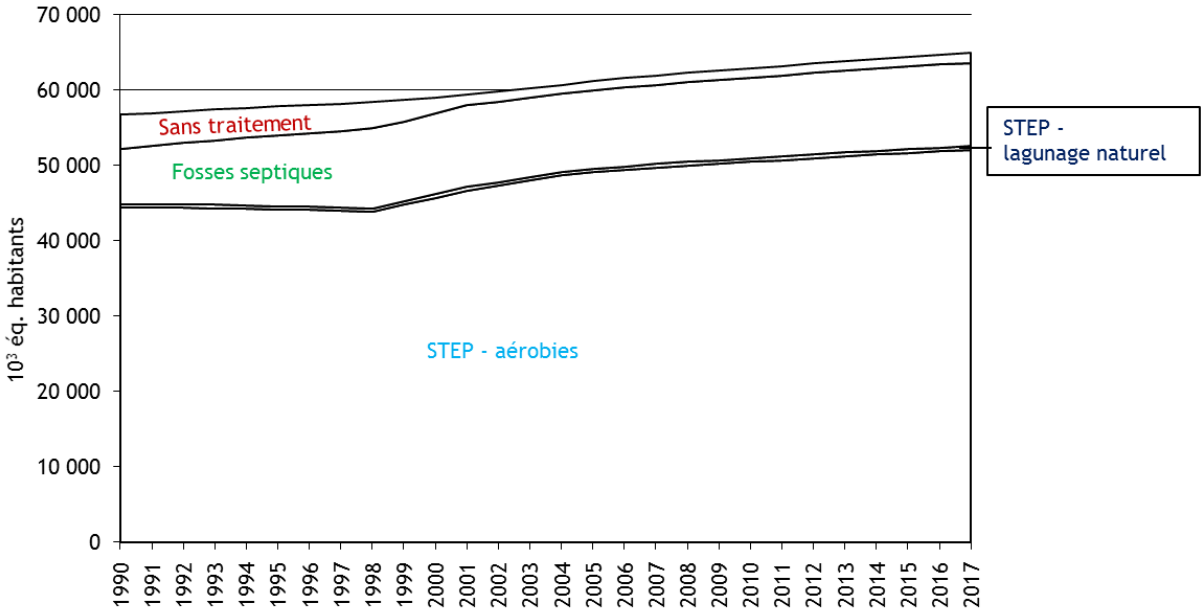
Tableau 166 : Répartition du type de traitement des eaux usées domestiques en Métropole

Année	1990	1995	2000	2005	2010	…	2017
Part de la population connectée à une STEP (%)	79	77	78	81	81	81	81
Part de la population connectée à une fosse septique (%)	13	16	18	17	17	17	17
Part de la population avec rejet direct (%)	8	7	4	2	2	2	2

L'évolution des taux de collecte à ces STEU entre 1990 et 2005 est liée à la Loi sur l'eau de 1992 qui rend obligatoire la collecte et le traitement des eaux usées domestiques. Le transfert de la population avec rejets directs s'est d'abord effectué vers les traitements autonomes, puis de la population non raccordée à un système collectif vers les STEU. Toutes les eaux usées collectées sont traitées.

Le développement des fosses septiques a notamment entraîné une augmentation de près de 45% des émissions de CH_4 de la catégorie 5D1 alors que les émissions de CH_4 dues aux STEU sont restées stables (phase anaérobie du lagunage naturel). Les émissions de N_2O ont chuté de 40% sur la même période en raison d'une meilleure efficacité dans l'élimination de l'azote des STEU.

Figure 132 : Pollution traitée par système en Métropole



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 Graph_5.xlsx/Eaux

Dans le traitement en STEU, les traitements aérobies représentent près de 98% de ces traitements et sont distingués du lagunage naturel qui représente la part restante.

Dans les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE, la part de la population connectée à une fosse septique dépend du territoire (entre 40% et 50%).

La quantité d'azote rejetée par habitant dépend de la consommation en protéines. La consommation en protéines de la FAO est utilisée pour la métropole et pour les territoires d'OM.

Tableau 167 : Evolution de la consommation journalière de protéines d'un habitant français

Année	1990	1995	2000	2005	2010	2014	…	2017
Consommation en protéines (g/hab./jour)	116	114	118	114	114	113	113	113

Les eaux usées **industrielles** sont traitées soit en stations d'épuration collectives (recevant ou non des eaux domestiques), soit en stations d'épuration in situ. Les eaux traitées sont ensuite rejetées dans le milieu naturel (rivières, mer).

7.5.2 Méthode d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea

Emissions de CO_2

Le CO_2 étant d'origine biogénique, il fait l'objet d'une comptabilisation particulière par rapport aux autres substances. Ces règles conduisent à ne pas prendre en compte dans le total de l'inventaire national les émissions de CO_2 issues du traitement de l'eau dans les formats de rapportage CRF (catégorie 5B). Ces émissions de CO_2 ne sont pas estimées dans l'inventaire national.

Emissions de CH_4

Les émissions de CH_4 lors du traitement et du rejet des eaux usées et du traitement des boues dépendent essentiellement de 2 paramètres :

- l'existence de conditions anaérobies du procédé de traitement ou du milieu dans lequel les eaux sont rejetées (avec ou sans traitement). Ce paramètre est traduit par le facteur de conversion en méthane (ou MCF) du système/milieu.

- et la charge organique des eaux/boues traitées ou rejetées. Ce paramètre est généralement traduit par la demande biologique en oxygène à 5 jours (ou DBO5) pour les eaux domestiques et demande chimique en oxygène (ou DCO) pour les eaux industrielles.

Les émissions nationales sont donc calculées séparément pour chaque procédé de traitement des eaux et des boues et type de rejet, d'une part pour les eaux domestiques et, d'autre part, pour les eaux industrielles.

a. Traitement des EAUX

a.1/ Traitements des eaux usées résidentielles

Les émissions de CH_4 sont estimées pour les procédés de traitement spécifiés dans les lignes directrices 2006 du GIEC [615] présents en France et pour lesquels un MCF non nul est proposé.

DEVENIR DES EAUX USEES RESIDENTIELLES			CH_4	N_2O
Collectées	Sans traitement		0	**X (rejet)**
	Transfert via les égouts		Non estimé	Non estimé
	Avec traitement	Traitement primaire	0	**X (rejet)**
		Traitement secondaire physico-chimique		
		Traitement biologique secondaire aérobie		
		Traitement secondaire avancé (nitrification/dénitrification)		**X (procédé)** **X (rejet)**
		Lagunes peu profondes (< 2m)	**X**	0
		Lagunes profondes (> 2m)	Absent en France	Absent en France
Non collectées	Sans traitement		0	**N_2O (rejet)**
	Avec traitement	Fosses septiques	**X**	**N_2O (rejet)**
		Traitement aérobies in situ	0	
		Latrines / toilettes sèches	Négligé	
		Lagunes peu profondes (< 2m)	Absent en France	Absent en France

0: considéré comme nul (MCF =0) *Graphes_OMINEA_5.xls*

X: estimé et non nul

Les émissions associées au rejet d'eaux usées dans le milieu naturel sont considérées comme nulles. En effet, les conditions climatiques françaises et la réglementation s'appliquant aux rejets dans les milieux naturels assurent que les eaux usées (traitées ou non) ne sont pas rejetées dans des eaux stagnantes ou déjà chargées en matières organiques.

Pour les types de traitement présentant des conditions anaérobies (MCF non nul spécifié dans les lignes Directrices 2006 du GIEC [615]), les émissions sont calculées selon une méthodologie similaire à celle proposée par le GIEC [374]. Les émissions de CH_4 pour chaque type de traitement j sont calculées selon l'équation (1) suivante :

$$E_j = (TOW_j - S_j) \times Bo \times MCF_j - R_j$$

Avec :

j : type de système de traitement /rejet

TOW_j : charge organique en entrée du système j (kg DBO_5/an)

S_j :charge organique dans les boues extraites (kg DBO_5/an)

B_0 : quantité de CH_4 émise par kg de BOD

MCF_j : taux de conversion en CH_4 du système x (conditions anaérobies)

R_j : quantité de CH_4 capté (kg CH_4/an) sur le système j

Dans cette équation, le facteur d'émission de chacun des types de traitement correspond alors à B_0 x MCF_j.

La valeur de B_0 par défaut proposée par les Lignes Directrices 2006 du GIEC [615] est appliquée (B_0 = 0,6 kg CH_4 / kg DBO_5 et 0,25 kg CH_4/kg DCO).

La charge organique issue de la population est estimée pour chaque type de traitement et milieu de rejet selon l'équation (2) suivante :

$$TOW_j = P_j \times BOD \times 365 / 1000$$

Avec :

TOW_j : Charge organique en entrée du procédé j (kg DBO_5/an)

P_j : Population connectée aux STEU utilisant majoritairement le procédé j

BOD : charge organique unitaire (g DBO_5/hab/jour)

La valeur de BOD par défaut proposée par les Lignes Directrices 2006 du GIEC [615] est appliquée (BOD = 60 g DBO_5/habitant/jour).

a.1.1/ Cas des stations collectives urbaines

En France, environ 82% de la population a ses eaux usées collectées et traitées en STEU.

La base de données sur les eaux résiduaires urbaines [752] fournit une description du parc de STEU en termes de type de traitement et de capacités associées. Plus d'une vingtaine de types de STEU est identifiée dont la très grosse majorité sont des traitements biologiques aérobies (boues activées à forte – moyenne – faible charge, lits bactériens, biofiltres…) ou physicochimiques.

Dans l'inventaire français, les procédés biologiques aérobies sont considérés comme bien gérés et les procédés physicochimiques ne sont pas considérés comme des sources de CH_4. Donc, seules les stations de type lagunage naturel présentent les conditions d'anaérobies nécessaires à l'émission de CH_4 (MCF non nul).

La part des capacités des STEU de type lagunage naturel décroit lentement depuis 2010 et représente environ 2%. Dans l'inventaire national, l'hypothèse est faite que 2% des capacités STEU correspondent à 2% de la population raccordée. La charge organique en entrée des lagunes est calculée sur la base de la population connectée à des lagunes et de la charge organique unitaire (BOD) selon l'équation (2).

En France, les stations de type lagunage naturel ont une profondeur de l'ordre de 1 mètre [751]. La valeur par défaut proposée par les Lignes Directrices 2006 du GIEC [615] pour les lagunes peu profondes est appliquée (MCF = 0,2). Le facteur d'émission, correspondant à B_0 x MCF_j des stations d'épuration de type lagunage naturel, est donc égal à 0,12 kg CH_4 / kg DBO_5.

La charge organique des boues extraites n'est pas connue et est considérée comme nulle (S_j = 0).

Aucun CH_4 n'est capté au niveau des lagunes (R_j = 0).

a.1.2/ Cas des eaux usées non raccordées au réseau de collecte

En France, environ 18% de la population a ses eaux usées non raccordées au réseau de collecte des STEU. Les eaux usées non raccordées au réseau de collecte sont en très grande majorité traitées par traitement autonomes (17% de la population), et une faible part est rejetée dans le milieu naturel sans traitement (2% de la population).

Ces traitements autonomes ont recours, pour la plupart des cas, à des fosses septiques dont le fonctionnement est majoritairement anaérobie. La valeur par défaut proposée par les Lignes Directrices 2006 du GIEC [615] pour les fosses septiques est appliquée (MCF = 0,5).

Le facteur d'émission, correspondant à B_0 x MCF_j des fosses septiques, est égal à 0,3 kg CH_4 / kg DBO_5.

Le MCF proposé dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC [615] pour les fosses septiques (MCF = 0,5) intègre déjà le fait qu'une partie (50%) de la boue est extraite. La charge organique des boues extraites est considérée comme nulle (S_j = 0).

Aucun CH_4 n'est capté au niveau des fosses septiques.

Les rejets directs dans le milieu naturel sont réalisés dans des eaux vives (conditions aérobies) et ne sont donc pas à l'origine d'émission de CH_4.

a.2/ Traitement des eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont traitées soit en stations d'épuration collectives (recevant ou non des eaux domestiques), soit en stations d'épuration présentes sur le site industriel (dites in situ). Aucun rejet d'eaux industrielles sans traitement n'est considéré.

Les émissions de CH_4 sont estimées pour les procédés de traitement spécifiés dans les lignes Directrices 2006 du GIEC [615] présents en France et pour lesquels un MCF non nul est proposé.

DEVENIR DES EAUX USEES INDUSTRIELLES			CH_4	N_2O
Collectées	Sans traitement		Absent en France	Absent en France
	Transfert via les égouts		Non estimé	Non estimé
	Avec traitement	Traitement primaire	0	**X (rejet)**
		Traitement secondaire physico-chimique		
		Traitement biologique secondaire aérobie		
		Traitement secondaire avancé (nitrification/denitrification)		**X (procédé)** **X (rejet)**
		Lagunes peu profondes (< 2m)	Absent en France	Absent en France
		Lagunes profondes (> 2m)	Absent en France	Absent en France
Non collectées (in situ)	Sans traitement		Absent en France	Absent en France
	Avec traitement	Fosses septiques	Absent en France	Absent en France
		Traitement aérobies	0	**N_2O (rejet)**
		Latrines	Absent en France	Absent en France
		Lagunes peu profondes (< 2m)	**X**	**N_2O (rejet)**

0: considéré comme nul (MCF =0) *Graphes_OMINEA_5.xls*

X: estimé et non nul

a.2.1/ Traitement en STEU

Il est considéré que, contrairement aux effluents provenant du secteur résidentiel, les effluents industriels et commerciaux reçus en stations collectives sont intégralement traités dans des conditions aérobies.

Donc aucune émission n'est associée au traitement des eaux industrielles/commerciales en STEU.

a.2.2/ Traitement in situ

De façon similaire à l'approche présentée pour les eaux résidentielles, seules les procédés de traitement des eaux ayant un MCF non nul sont sources d'émissions de CH_4. Les stations d'épuration in-situ sont considérées comme bien gérées. Donc seules les stations d'épuration de type lagunage naturel présentent un MCF non nul et sont considérées. Les lagunes sont peu profondes et le MCF associé est 0,2.

Les plus gros industriels déclarent leurs émissions de DCO dans l'eau en sortie d'usine, qu'il s'agisse d'un rejet après traitement in-situ vers le milieu naturel (dit rejet direct) ou d'un rejet vers une STEU (dit rejet indirect) [436]. D'après ces données, les industries présentes en France les plus émettrices en DCO en sortie d'usine sont l'agroalimentaire et l'industrie du "bois, papier, carton" mais l'usage du lagunage naturel n'est pas adapté aux concentrations élevées en DCO. L'industrie du papier n'utilise pratiquement pas le lagunage naturel, car non en accord avec les meilleurs techniques Disponibles (MTD) définies dans les BREFS, et seules certaines industries agro-alimentaires traitant leurs eaux résiduelles peu chargées in-situ sont susceptibles de recourir à cette technique. Sur la base du registre des émissions polluantes [19], les industries agroalimentaires représentent en 2016 plus de 30% des rejets directs en DCO des sites industriels [19].

Faute de données en entrée des stations in-situ (DCO générée par les procédés industriels), les données de DCO en sortie des sites sont utilisées.

En outre, faute de données détaillées sur la part représentée par le lagunage naturel dans le traitement des eaux usées de l'industrie agroalimentaire, on la considère égale à celle dans STEU.

L'équation (1) est appliquée pour les eaux industrielles (en fonction de DCO) avec B_0 = 0,25 kg/kg DCO.

La charge organique des boues extraites n'est pas connue et est considérée comme nulle (S_j = 0).

Aucun CH_4 n'est capté au niveau des lagunes (R_j = 0).

b. Traitement des BOUES d'assainissement

Les boues d'assainissement ont plusieurs destinations :

- la méthanisation sur la station d'épuration
- la méthanisation en mélange avec d'autres déchets organiques dans des installations de production de biogaz dédiées
- le compostage en mélange avec d'autres déchets organiques dans des installations de production de compostage dédiées
- le stockage dans les Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)
- l'incinération dans des incinérateurs de boues
- l'incinération en mélange avec d'autres déchets non dangereux

Seule la méthodologie relative à la méthanisation des boues sur la station d'épuration est présentée ci-après. Les émissions associées à l'ensemble des autres destinations sont prises en compte dans l'inventaire et les méthodologies sont présentées dans les secteurs respectifs.

<u>b.1/ Cas de la méthanisation des boues issues du traitement des eaux usées traitées en STEU</u>

La Base de Données sur les Eaux Résidentielles Urbaines (BD ERU) publiée par le Ministère de l'Environnement [752] contient pour chacune des STEU des informations sur la quantité de boues produites et leur destination de traitement.

Sur les STEU, seul le traitement des boues par le procédé de digestion anaérobie (ou méthanisation) présente des conditions favorables à la production de biogaz.

Sur la base de 2 études sur l'état des lieux de la filière méthanisation, un taux de production de biogaz de 225 m^3/tonne de MS traitée jusqu'en 2001 [372] et de 380 m^3/tonne de MS traitée à partir de 2010 [564] sont retenus. Une teneur de 68% en CH_4 est prise en compte [372].

Le GIEC propose un taux de fuite de 5% lié aux aléas de fonctionnement du digesteur [373]. Ce taux de fuite est utilisé pour estimer les émissions de CH_4.

Le facteur d'émission déduit évolue de 5 kg CH_4/t de MS avant 2001 à 8,6 kg CH_4/t de MS traitée après 2010.

<u>b.2/ Cas de la méthanisation des boues issues du traitement des eaux usées traitées en STEU</u>

La méthode appliquée est similaire à celles appliquées aux boues méthanisées sur les STEU.

Sur la base de 2 études sur l'état des lieux de la filière méthanisation, un taux de production de biogaz de 382 m^3/tonne de MS traitée [372] dans le cas des stations industrielles in-situ. Une teneur de 68% en CH_4 identique à celle des méthaniseurs de boues de STEU est retenue.

Le taux de fuite de 5% lié aux aléas de fonctionnement du digesteur [373] est utilisé pour estimer les émissions de CH_4.

Le facteur d'émission déduit est égal à 8 617 g CH_4/t de MS traitée.

Emissions de N_2O

1/ Traitements des eaux usées résidentielles

1.1/ Rejet dans le milieu naturel

Les émissions liées au rejet des eaux usées dans le milieu naturel sont calculées de la façon suivante [374] :

$$E_j = N_{effluent_j} \times FE_{N2O-N} \times 44 / 28$$

avec :

j : type de système de traitement

$N_{effluent_j}$: Quantité d'azote rejetée dans le milieu naturel par le système j (en kg)

FE_{N2O-N} : Facteur d'émission (0,005 kg N_2O-N/kg N [616])

La quantité d'azote rejetée par les habitants dans les eaux usées ($N_{influent}$) dépend de leur consommation en protéines [435] et de la teneur en azote des protéines. La teneur en azote des protéines recommandée par les lignes directrices du GIEC 2006 [374] (0,16 g N / g protéines) est appliquée.

1.1.1/ Cas des stations collectives

Les stations d'épuration éliminent une grande partie de l'azote sous forme de N_2. Le rendement d'élimination de l'azote (R) a évolué avec le temps, de 37% en 1990 à 82% depuis 2011 [234] avec pour conséquence une diminution des émissions liées au rejet des eaux traitées au fil des ans.

$$N_{effluent} = N_{influent} \times (1 - R_{STEU})$$

avec :

R_{STEU} : Taux moyen d'abattement en azote des STEU

$N_{effluent}$: Quantité d'azote rejeté dans le milieu naturel par les STEU

$N_{influent}$: Quantité d'azote rejeté par la population dans les eaux usées

1.1.2/ Autres traitements et rejet direct

Pour les autres traitements et pour le rejet direct, on considère :

$$N_{effluent} = N_{influent} - N_{sludge}$$

avec :

$N_{effluent}$: Quantité d'azote rejeté dans le milieu naturel par les STEU

$N_{influent}$: Quantité d'azote rejeté par la population dans les eaux usées

N_{sludge} : Quantité d'azote dans les boues extraites

La valeur par défaut proposée pour N_{sludge} dans les Lignes Directrices 2006 du GIEC (N_{sludge} =0) est utilisée.

1.2/ Traitements des STEU « avancées »

La part des capacités des STEU disposant d'un traitement « dénitrification » ou « dénitrification poussée » est disponible dans la Base de Données sur les Eaux Résidentielles Urbaines (BD ERU) publiée par le Ministère de l'Environnement [752]. Cette proportion est appliquée à la population raccordée à des STEU pour estimer la population dont les eaux sont traitées dans des STEU de type « avancé ».

Le facteur d'émission de 3,2 g N_2O/hab proposé par les Lignes Directrices 2006 du GIEC 2006 [374] est appliqué (bien qu'il soit peu documenté et paraisse incohérent car inférieur à celui des rejets dans le milieu naturel).

2/ Traitement des eaux usées industrielles

2.1/ Rejet dans le milieu naturel des eaux industrielles traitées en STEU

Une méthodologie similaire à celle appliquée pour le traitement des eaux usées résidentielles est utilisée pour les eaux industrielles traitées en STEU collectives.

La quantité d'azote par les industries raccordées aux STEU ($N_{influent}$) est issue des déclarations annuelles des émissions dans l'eau rapportées par les exploitants (rejets dit « indirects ») [436].

2.2/ Rejet dans le milieu naturel des eaux industrielles traitées in-situ

Pour les eaux industrielles traitées in-situ les émissions sont calculées sur la base de la charge sortante en azote des sites non raccordés à une STEU (dits « isolés ») et du facteur d'émission du GIEC (0,005 g $N\text{-}N_2O$/g N) [616].

La quantité d'azote par les industries non raccordée aux STEU ($N_{efluent}$) est issue des déclarations annuelles des émissions dans l'eau rapportées par les exploitants (rejets dit « directs ») [245, 375, 436].

2.3/ Traitements des eaux industrielles stations d'épuration in situ « avancées »

Les sites industriels sont considérés comme ne disposant pas de stations d'épuration « avancées » avec des étapes de nitrification/dénitrification.

7.5.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'analyse complète des incertitudes est présentée à l'annexe 6. Une description de la méthodologie appliquée par tier 1 selon les lignes directrices du GIEC est incluse dans la section 1.6 Evaluation des incertitudes.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes du secteur est effectuée au 2ème niveau de la catégorie (i.e. 5D).

Concernant l'incertitude sur l'activité de la catégorie 5D, elle est évaluée à 35%, au vu de la difficulté d'estimer précisément les différents paramètres de l'équation utilisée.

Pour les mêmes raisons, l'incertitude sur les facteurs d'émission est également élevée, 100% que ce soit pour le CH_4 ou pour le N_2O.

La cohérence temporelle est respectée, la méthodologie utilisée est appliquée à l'ensemble de la période et le périmètre et les sources statistiques de données sont les mêmes.

7.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées. Certains paramètres, en particulier le rendement en azote des STEU, ont été soumis au MTES pour validation.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le CITEPA effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries dans le temps.

7.5.5 Recalculs

Impact des recalculs du CRF 5D

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ancien	kt CO2e	2 256	2 629	2 847	2 669	2 679	2 650	2 661	2 669	2 676	2 629	2 630	2 626	2 595	2 594	2 598	
Nouveau	kt CO2e	2 214	2 606	2 814	2 650	2 663	2 636	2 647	2 654	2 688	2 637	2 647	2 649	2 623	2 658	2 643	2 650
Différence	kt CO2e	-42	-24	-34	-18	-16	-14	-14	-15	+13	+8,2	+18	+23	+28	+63	+45	
	%	-2%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	+0%	+0%	+1%	+1%	+1%	+2%	+2%	

Des recalculs à un niveau CRF plus fin sont disponibles en annexe électronique dans le fichier « Rapport_CRF-d.xlsm ».

Description des recalculs

Les recalculs suivants ont été réalisés concernant les eaux domestiques :

5D1 / CH_4 : L'évolution interannuelle est liée à la mise à jour des quantités de DCO rejetée (rejets directs ou vers une station d'épuration) suite à la mise à jour de la BDD dans laquelle les exploitants rapportent leurs rejets (BDREP).

5D2 / N_2O : L'évolution interannuelle est liée à la mise à jour des quantités de N rejetée directement dans le milieu par les sites industriels suite à la mise à jour de la BDD dans laquelle les exploitants rapportent leurs rejets (BDREP).

Raisons et justifications

Amélioration de l'exactitude via l'usage de données d'activité mises à jour.

7.5.6 Améliorations envisagées

L'amélioration suivante est envisagée à moyen terme :

Prise en compte des émissions de CH_4 d'autres types de lagunes (filtres plantés notamment) et si possible sur la base d'études nationales.

8 AUTRES

Ce chapitre donne des informations sur le gaz à effet de serre : isobutane.

8.1 Caractéristiques de la catégorie

L'isobutane (R600a) est de plus en plus utilisé dans le froid domestique en remplacement du HFC-134a. Pendant la revue de l'inventaire français de septembre 2012, l'ERT a encouragé la France à rapporter les émissions d'isobutane dans son inventaire bien que cette substance ne soit pas couverte dans l'IPCC GPG 2000 ou l'IPCC 1996. L'impact de cette substance sur le climat n'est pas neutre et un PRG de 3 est utilisé (source : REGULATION (EU) No 517/2014 of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases).

Les émissions d'isobutane sont estimées mais pas rapportées dans le CRF Reporter. Elles sont décrites dans la présente section à titre informatif.

8.2 Méthode d'estimation des émissions

Les émissions d'isobutane proviennent de l'inventaire des émissions de fluides frigorigènes réalisé par Armines ParisTech. La méthodologie de calcul est donc identique à celle employée pour calculer les émissions de HFC-134a dans le froid domestique (cf. chapitre 4.7). Les émissions sont en augmentation continue sur la période, passant de 0 tonne en 1990 à 32 tonnes en 2017.

8.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

L'incertitude sur l'activité et le facteur d'émission est estimée à 20%.

8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.3 sont appliquées.

8.5 Recalculs

Pas de recalcul.

8.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration envisagée.

9 EMISSIONS INDIRECTES DE CO_2 ET N_2O

9.1 Caractéristiques de la catégorie

Suite à une recommandation du WG1 de l'UE, les émissions indirectes de CO_2 issues des émissions de COVNM des solvants sont comptabilisées dans le CRF 2D3.

Les émissions indirectes de N_2O ne sont pas estimées hormis celles des sols agricoles intégrées dans le secteur agriculture (CRF 3).

9.2 Méthode d'estimation des émissions

Non concerné

9.3 Incertitudes et cohérence temporelle des séries

Non concerné

9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Non concerné

9.5 Recalculs

Non concerné

9.6 Améliorations envisagées

L'estimation des émissions indirectes de N_2O seraient envisageables en fonction des discussions futures du comité Changement Climatique de l'UE, dans l'optique d'une position commune des Etats membres de l'UE.

10 RECALCULS ET AMELIORATIONS

Suite à la demande des revues CCNUCC, des efforts réguliers sont réalisés par la France pour rendre son rapport d'inventaire plus transparent. Ainsi, l'intégralité des méthodologies de calculs se trouve dans le NIR et il n'y a plus de référence méthodologique au rapport OMINEA. De plus, une base de données comportant les facteurs d'émission et les données d'activités est fourni en annexe électronique du NIR. Dans certaines parties sectorielles, des paramètres et données ont été ajoutées afin d'améliorer la compréhension des calculs réalisés dans l'inventaire. Enfin, des tableaux de recalculs à un niveau fin du CRF sont générés afin de pouvoir justifier les modifications apportées à l'inventaire.

Récapitulatif des principaux changements dans les descriptifs méthodologiques et les chapitres de l'édition NIR 2019 comparé au NIR 2018.

Tableau 168 : Résumé des modifications des descriptions méthodologiques et des recalculs

Member State:	France		
Reporting year:	2019		
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	DESCRIPTION OF METHODS	RECALCULATIONS	REFERENCE
	Please **mark the relevant cell** where the latest NIR includes major changes in methodological descriptions compared to the NIR of the previous year	Please **mark the relevant cell** where this is also reflected in recalculations compared to the previous years' CRF	If the cell is marked please provide a reference to the relevant section or pages in the NIR and if applicable some more detailed information such as the sub-category or gas concerned for which the description was changed.
Total (Net Emissions)			
1. Energy			
A. Fuel Combustion (sectoral approach)	X	X	Cf. section 3.2.4.2 (specific CO2 emission factor for gasoli and gasoline)
1. Energy industries			
2. Manufacturing industries and construction			
3. Transport			
4. Other sector			
5. Other			
B. Fugitive emissions from fuels			
1. Solid fuels			
2. Oil and natural gas and other emissions from energy production			
C. CO2 transport and storage	X		Cf. section 3.4.1
2. Industrial processes and product use			
A. Mineral industry			
B. Chemical industry	X	X	Cf. section 4.3 (CRF 2B10)
C. Metal industry			
D. Non-energy products from fuels and solvent use	X	X	Cf. section 4.5 for methodology 2D3 (recalculation are included in CRF 2G4, section 4.8)
E. Electronic industry			
F. Product uses as substitutes for ODS	X	X	Cf. section 4.7 (CRF 2F1)
G. Other product manufacture and use			
H. Other			
3. Agriculture			
A. Enteric fermentation	X	X	Cf. section 5.2
B. Manure management	X	X	Cf. section 5.3
C. Rice cultivation			
D. Agricultural soils			
E. Prescribed burning of savannahs			
F. Field burning of agricultural residues			
G. Liming			
H. Urea application			
I. Other carbon containing fertilisers			
J. Other			

Member State:	France		
Reporting year:	2019		
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	DESCRIPTION OF METHODS Please **mark the relevant cell** where the latest NIR includes major changes in methodological descriptions compared to the NIR of the previous year	RECALCULATIONS Please **mark the relevant cell** where this is also reflected in recalculations compared to the previous years' CRF	REFERENCE If the cell is marked please provide a reference to the relevant section or pages in the NIR and if applicable some more detailed information such as the sub-category or gas concerned for which the description was changed.
4. Land use, land-use change and forestry			
A. Forest land	X		Cf. section 6.4
B. Cropland	X		Cf. section 6.5
C. Grassland	X		Cf. section 6.6
D. Wetlands			
E. Settlements			
F. Other land			
G. Harvested wood products	X	X	Cf. section 6.10
H. Other			
5. Waste	X		Cf. section 7.1
A. Solid waste disposal			
B. Biological treatment of solid waste			
C. Incineration and open burning of waste			
D. Wastewater treatment and discharge	X		Cf. section 7.5.2
E. Other			
6. Other (as specified in Summary 1.A)			
KP LULUCF			
Article 3.3 activities			
Afforestation/reforestation			
Deforestation			
Article 3.4 activities			
Forest management			
Cropland management (if elected)			
Grazing land management (if elected)			
Revegetation (if elected)			
Wetland drainage and rewetting (if elected)			

NIR Chapter	DESCRIPTION Please mark the cell where the latest NIR includes major changes in descriptions compared to the previous year NIR		REFERENCE If the cell is marked please provide some more detailed information for example reference to pages in the NIR
Chapter 1.2 Description of national inventory arrangements			

10.1 Explications et justifications concernant les nouveaux calculs

Chaque année, un certain nombre de révisions sont apportées aux résultats des inventaires, elles sont de deux ordres : d'une part, méthodologiques et, d'autre part, statistiques. Ces modifications répondent à la fois aux exigences des Nations unies et s'inscrivent dans un processus d'amélioration continue permettant de réduire les incertitudes et d'apporter une meilleure fiabilité aux inventaires.

En 2018, le SDES a réalisé une refonte de son bilan de l'énergie. Cette refonte a notamment été l'occasion d'opérer plusieurs changements méthodologiques dans la comptabilisation de certains flux, afin de rapprocher les concepts utilisés dans le bilan national de ceux retenus par l'Agence internationale de l'énergie. Dans le cadre de l'utilisation de ces données dans l'inventaire, cette refonte présente des résultats plus détaillés que ceux utilisés auparavant avec des découpages par secteur plus proche de ceux imposés par les tables CRF. Ainsi, cette mise à jour du bilan de l'énergie a engendré des recalculs, notamment sur les émissions du CRF 1.

Les principales justifications motivant les révisions annuelles sont :

- les mises à jour rétroactives des statistiques : la dernière année de l'inventaire correspond à l'année n-2 pour une soumission le 15 avril de l'année n aux Nations unies. Or, quelques statistiques (e.g. enquêtes sur le chauffage urbain) ne sont pas disponibles pour l'année n-2 lors de la compilation de l'inventaire au dernier trimestre de l'année n-1. Dans certains cas,

pour les données relatives à l'agriculture ou à l'UTCATF, les séries statistiques historiques peuvent être révisées entièrement. Dans d'autres cas, tel que pour les quantités de déchets traités par filière, les enquêtes ont lieu tous les deux ans ;

- les ruptures statistiques : dès l'arrêt de la diffusion d'une statistique, une méthode alternative est développée ;
- les améliorations méthodologiques consécutives :
  - aux décisions prises par le Groupe de concertation et d'information sur les inventaires nationaux d'émissions piloté par le Ministère chargé de l'Environnement,
  - aux remarques faites lors des revues officielles des Nations unies et de la Commission européenne sur l'inventaire de la France (voir tableau en annexe 8),
  - aux conclusions des procédures d'assurance qualité,
  - à la disponibilité de nouvelles règles d'estimation et/ou de notification des émissions,
  - à la disponibilité de nouvelles informations ;
- les corrections d'erreurs et d'anomalies ;
- la prise en compte d'une nouvelle source d'émission.

Après chaque soumission de l'inventaire, le programme d'amélioration continue est révisé en traitant prioritairement les catégories clés.

Les modifications apportées sont appliquées rétrospectivement à l'ensemble de la série historique des émissions depuis 1990, année de référence des inventaires, ceci permettant d'assurer la cohérence des émissions sur l'ensemble de la période étudiée conformément aux exigences de la CCNUCC.

Toutes les révisions effectuées lors d'une nouvelle édition de l'inventaire sont au préalable soumises à l'approbation du Groupe de concertation et d'information sur les inventaires nationaux d'émissions piloté par le Ministère chargé de l'Ecologie.

La nature des révisions (recalculs) apportées à cette nouvelle édition de l'inventaire est précisée en détails dans les chapitres relatifs à chaque catégorie CRF (cf. chapitres 3 à 9). Les comparaisons sont réalisées entre la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019. Ainsi, des différences peuvent exister entre les résultats indiqués dans les tables 8 du CRF qui comparent deux éditions successives des tables CRF (pouvant contenir, par exemple, des modifications engendrées par un Saturday Paper identifié lors d'une revue annuelle).

La nature des révisions (recalculs) apportées à cette nouvelle édition de l'inventaire est précisée en détails dans les chapitres relatifs à chaque catégorie CRF (cf. chapitres 3 à 9). Les impacts des recalculs par grand secteur CRF sont présentés dans l'annexe 5.

10.2 Incidences sur les niveaux d'émissions

L'impact de l'ensemble des révisions est récapitulé dans les tableaux suivants. Seules les années 1990 et 2016 (dernière année de l'édition précédente des inventaires) sont présentées bien que les changements puissent affecter l'ensemble de la période selon les cas.

Remarque importante : Les comparaisons sont réalisées entre la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019. Ainsi, des différences peuvent exister entre les résultats indiqués dans les tables 8 du CRF qui comparent deux éditions successives des tables CRF (pouvant contenir, par exemple, des modifications engendrées par un Saturday Paper identifié lors d'une revue annuelle, ceci n'a cependant pas été le cas en 2018).

Les changements introduits entre les soumissions CCNUCC de mars 2019 et mars 2018 donnent globalement au périmètre Kyoto :

- pour les émissions de CO_2 hors UTCATF, un écart de +0,6% en 1990 et +0,7% en 2016, et de +1,6% en 1990 et +1,8% en 2016 sur le CO_2 UTCATF inclus,
- pour le CH_4, les différences varient de -0,2% (en 1990) et +0,7% (en 2016), hors UTCATF,
- les variations sur les émissions de N_2O hors UTCATF varient de -0,7% (1990) et -0,9% (2016),
- les émissions de HFC ne varient pas en 1990 et diminue de -0,1% en 2016,
- les émissions de PFC ne varient pas, ni en 1990, ni en 2016,
- les émissions de SF_6 ne varient pas en 1990 et augmentent de +0,02% en 2016,
- enfin, les émissions de NF_3 n'ont pas été modifiées en 1990 et en 2016,
- Au total, les émissions exprimées en CO_2 équivalent hors UTCATF sont corrigées de +0,3% en 1990 et de +0,5% en 2016. Ces corrections sont encore plus visibles UTCATF inclus où les émissions en CO_2 équivalent sont corrigées de +1,0% en 1990 et de +1,3% en 2016

Tableau 169 : Écart en émissions entre la version de mars 2018 et celle de mars 2019 (pour les années 1990 et 2016) - périmètre Kyoto

EMISSIONS DES GAZ A EFFET DE SERRE EN FRANCE
(périmètre Kyoto(***))

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2019 — serre/comp-méth.xlsx

Substance	année 1990[d]		année 2016[d]		1990	2016
	en mars 2018	en mars 2019	en mars 2018	en mars 2019	écart entre les deux versions (%)	
Gaz à effet de serre direct						
CO_2 hors UTCATF[c] dont CO_2 indirect	398	401	340	343	0,6%	0,7%
CO_2 net[a]	368	374	300	305	1,6%	1,8%
CH_4 hors UTCATF[c]	2 777	2 771	2 251	2 267	-0,2%	0,7%
CH_4 net[a]	2 817	2 811	2 299	2 314	-0,2%	0,7%
N_2O hors UTCATF[c]	224	222	138	136	-0,7%	-0,9%
N_2O net[a]	235	233	148	147	-0,7%	-0,9%
HFC	4,4	4,4	19	19	0,00%	-0,13%
PFC	5,2	5,2	0,7	0,7	0,00%	0,00%
SF_6	97	97	22	22	0,00%	0,02%
NF_3	1,0	1,0	0,3	0,3	0,000%	0,000%
PRG hors UTCATF[b][c]	546	548	458	461	0,3%	0,5%
PRG net[a][b]	521	526	422	427	1,0%	1,3%

(a) puits, changement d'utilisation des sols et sylviculture inclus

(b) pouvoir de réchauffement global intégré sur une période de 100 ans et calculé sur la base des coefficients suivants :

CO_2 = 1 ; CH_4 = 25 ; N_2O = 298 ; SF_6 = 22800 ; NF_3 = 17200 ; HFC et PFC = valeurs variables dépendantes de la part relative des différentes molécules.

(c) utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (LULUCF en anglais)

(d) unités des émissions CO_2 et PRG en Mt, CH_4 et N_2O en kt, HFC et PFC en Mt CO2e, SF_6 et NF_3 en t

(*) Les émissions du trafic maritime international et du trafic aérien international sont exclues.

	année 1990		année 2016		1990	2016
	en mars 2018	en mars 2019	en mars 2018	en mars 2019	écart entre les deux versions (%)	
Population (1000 hab.)[e]	58 248	58 248	66 762	66 853	0,0%	0,1%
PIB (10^9 € courants)[e]	1 054	1 054	2 222	2 223	0,0%	0,1%

(e) source INSEE

10.3 Incidences sur l'évolution d'émissions

En comparant les évolutions observées entre l'année de référence 1990 et la dernière année commune aux deux dernières éditions des inventaires, à savoir l'année 2016, les observations suivantes sont émises :

- Dans cette nouvelle édition, de 1990 à 2016, les évolutions des émissions nettes exprimées en CO_2 équivalent changent très légèrement (-18,8% actuellement vs -19,0% dans l'édition précédente),
- Les changements sont également très faibles sur les émissions hors UTCATF dont l'évolution 1990-2016 est actuellement de -16,0% (vs. -16,1% dans l'édition précédente).

Tableau 170 : Écart en évolution entre la version de mars 2018 et celle de mars 2018 - périmètre Kyoto

EMISSIONS DES GAZ A EFFET DE SERRE EN FRANCE
(périmètre Kyoto(***))

source CITEPA / format CCNUCC (*) - mars 2019 — serre/comp-méth.xlsx

Substance	Ecart 2016/1990 en mars 2018	Ecart 2016/1990 en mars 2019
Gaz à effet de serre direct		
CO_2 hors UTCATF[(c)] dont CO_2 indirect	-14,6%	-14,4%
CO_2 net[(a)]	-19%	-19%
CH_4 hors UTCATF[(c)]	-19%	-18%
CH_4 net[(a)]	-18%	-18%
N_2O hors UTCATF[(c)]	-39%	-39%
N_2O net[(a)]	-37%	-37%
HFC	339%	338%
PFC	-87%	-87%
SF_6	-77%	-77%
PRG hors UTCATF[(b)(c)]	-16,1%	-16,0%
PRG net[(a)(b)]	-19,0%	-18,8%

(a) puits, changement d'utilisation des sols et sylviculture inclus
(b) pouvoir de réchauffement global intégré sur une période de 100 ans et calculé sur la base des coefficients suivants :
CO_2 = 1 ; CH_4 = 25 ; N_2O = 298 ; SF_6 = 22800 ; NF_3 = 17200 ; HFC et PFC = valeurs variables dépendantes de la part relative des différentes molécules.
(c) utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (LULUCF en an
(d) unités des émissions en kt sauf CO_2 et PRG en Mt
(*) Les émissions du trafic maritime international et du trafic aérien international sont exclues.
(***) Outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, St-Martin (partie française), Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte)

10.4 Améliorations transversales envisagées

Un inventaire d'émission est toujours perfectible. C'est dans ce sens que s'inscrit la démarche sous-jacente à l'élaboration de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre.

En début d'année, dans le cadre du système de management de la qualité, un plan d'amélioration, élaboré sur la base des éléments précédents, est mis en place (cf. section 1.2.3 de ce rapport). Ce plan est présenté dans le tableau ci-dessous. Les éventuelles améliorations spécifiques prévues dans les différents secteurs sont décrites dans les chapitres 3 à 9.

Tableau 171 : Suivi des améliorations méthodologiques envisagées sur les inventaires

Action	SECTEUR	Modifications / améliorations envisagées	GES	PA	Impact		déc-18	déc-19
					source	inventaire		
G-13		Disponibilité et prise en compte de données import-export des douanes			-	-	X	X
	ENERGIE							
1-1	Bilan de l'énergie	Consolidation des consommations d'énergie dans l'industrie en concertation avec le SDES en particulier sur les produits pétroliers et les gaz industriels	x	x	moyen	faible	X	X
1-20	Combustion essence/diesel	Travaux d'affinage des FE CO2 liés à la combustion du gazole et de l'essence et, par extension	xCO2		faible	faible	X	
1-39	EMNR industrie/BTP	Echanges avec CISMA syndicat EMNR qui a des données de parc EMNR et investigations pour analyser la possibilité de passer de FE tier 1 vers tier 2/3	x	x	fort	moyen	X	X (si données)
1-53 Nouv	Captage et stockage du CO2	Investigations sur les émissions de GES du site de captage de CO2 de Lacq	x		faible	faible	X	X
1-56nouv	Aérien - données APU	Intégration dans TARMAAC du calcul des émissions des APU avec calcul selon court / long courrier versus vol domestique / international.	x	x	faible	faible	X	
1-57nouv	Aérien - Conso croisière	Affinement des consommations croisière pour certains avions	x	x	faible	faible	X	
1-58nouv	Routier - Km annuel moyen GPL et GNV	Afin de réduire l'écart entre le calcul des consommations par COPERT et les ventes de carburants pour le GNV et le GPLc, les kilométrages initiaux du modèle vont être ajustés	x	x	faible	faible	X	
	PROCEDES INDUSTRIELS							
2-23	Sidérurgie	Etude de l'évolution de la méthode mise en œuvre dans le secteur sidérurgique (compatibilité avec le SEQE et les LD 2006 du GIEC pour rapportage) + SP suite à la revue CCNUCC 2017	xCO2	x	faible	faible	X	
2-27	Climatisation mobile	Améliorer le facteur d'émission utilisé dans l'inventaire pour la fin de vie des véhicules en améliorant les connaissances du taux de récupération du HFC-134a en France dans la filière VHU	xHFC		faible	faible	X	X
2-36 Nouv	Utilisation GF en applications domestiques	MàJ de la base historique et prise en compte des sèche-linges thermodynamiques et des caves à vin dans le secteur domestique	x		faible	faible	X	
2-40 Nouv	Fluides frigorigènes	MàJ de la base historique pour les secteurs du froid autres que le secteur domestique	x		faible	faible		X
	AGRICULTURE							
4-2	Ecobuage	Recherche de données d'activité afin de prendre en compte l'écobuage	x	x	nd	nd	X	X
4-5a	Elevage (3A & 3B)	Mise à jour des facteurs d'émission pour la fermentation entérique et la gestion des déjections sur la base des travaux du projet MONDFERENT II.	x CH4		fort	moyen	X	X
4-5a (bis)	Elevage (3A & 3B)	En complément de l'action ci-dessus : mise à jour de l'excrétion azotée des ovins et caprins (à la base liée à MONDFERENT mais finalemnet nouvelle source de données).	x N2O				X	
4-6a	Sols agricoles (3D) - N2O des sols	Mise au point de facteurs d'émission nationaux pour les émissions de N2O des sols sur la base du programme de recherche NOGAS2	x N2O		fort	fort	(X)	X
4-9	Bovins (3A1, 3B1, 3D)	Besoin d'affiner les estimations des émissions des bovins (tier 3 national) (incertitudes fortes sur un des postes les plus importants des inventaires) : caractérisation plus précise des cheptels, amélioration de la répartition fumier/lisier et affinement des types de fumiers, amélioration des estimations des émissions liées aux pratiques d'épandage.	N2O, CH4	x (NH3)	fort	fort	X	X
4-10	Elevage (3B)	Veille sur les FE des porcins (en particulier travaux récent CORTEA et BDD ELFE)	N2O, CH4	x (NH3)	fort	moyen	(X)	X
4-14 Nouv	Emissions indirectes de N2O liées au lessivage	Améliorer l'estimation de l'azote lessivé (GT agri)	x N2O					X?
	UTCF							
5-1	DOMCOM	Amélioration de la méthodologie pour le suivi des forêts dans les DOM	x CO_2		faible	faible	X	X
5-3	Suivi des terres	Mise à jour du suivi des terres : préparation de l'après TERUTI (pas d'enquête 2016…)	x CO2		fort	fort	X	X
5-7b	Bilan Forêt	Recalcul et intégration des données historiques IGN corrigées	x CO2		fort	fort	X (si données)	X (si données)
5-8	Feux de Forêt	Exploitation de données plus fines (MAAF et IGN) pour les incendies	x CO2	x	moyen	faible	X (si données)	X (si données)
5-9	Suivi des terres en Outre-mer non UE	Le bilan UTCF pour l'OM non UE est jusqu'à présent supposé à l'équilibre, faute de données de suivi des terres sur ces territoires. Il s'agirait si possible de pouvoir estimer les flux de carbone sur ces territoires.	x CO2		faible	faible		X?
5-10 Nouv	Bilan forêt - Prélèvements	Mise en cohérence du bilan forêts pour les années récentes : prélèvement versus croissance et mortalité. Attention particulière sur le bois énergie.	x CO2		fort	moyen	X	X
5-11 Nouv	Bilan forêt – Cinétique racinaire	Suite au GT forêt du 20/06/2018, il a été proposé de tester l'application d'une cinétique d'ordre 1 pour la biomasse racinaire en forêt.	x CO2				testé mais reporté	X
5-12 Nouv	Bilan forêt – Cinétique bois mort	Suite au GT forêt du 20/06/2018, il a été proposé de tester l'application d'une cinétique d'ordre 1 pour le bois mort en forêt.	x CO2				testé mais reporté	
5-13 Nouv	Produit bois	Suite au GT forêt du 20/06/2018, il a été demandé de revenir à une cinétique d'ordre 1 pour les produits bois et d'abandonner ainsi la loi gamma utilisée depuis quelques années avec le travail de Carbone4.	x CO2				réalisé	
	DECHETS							
6-7	Compostage individuel	Rechercher les données pour estimer les émissions de cette activité	x CH4 N2O		-	nd	(X)	X
6-8b	Barbecues	Rechercher les données pour estimer les émissions de cette activité	x	x	-	fort		X?
6-20	Valorisation et torchage du biogaz issu des déchets	Les émissions de la combustion du biogaz lors de sa valorisation / torchage sont à prendre en compte. Déjà fait pour les ISDND, mais pas pour les méthaniseurs de déchets OM, de boues de STEP in situ, et boues des IAA.	x	x	moyen	faible	X	X
6-22	Traitement des eaux	Exploitation des données site à site des STEU (convention à créer pour accès BDD)	x		nd	nd		X?
6-27	Traitement des eaux/N2O des procédés	Suite GT ASTEE : il y a des émissions de N2O venant de procédés de traitement (boues activées, filtres plantés etc.) alors qu'ils ne sont pas prévus dans les LD2006. Il y a des élements de FE dans le supplémént 2013 (constructed wetlands) et dans les études IRSTEA	x		fort	faible		X?
	(X) Action présentée mais non mise en œuvre				(*) Impact qualitatif			

De plus, les remarques formulées lors des revues internationales constituent également un axe d'amélioration privilégié. Le tableau en annexe 9 résume les différents points soulevés lors des dernières revues, et statue sur l'état de leur prise en compte. Les recommandations en cellules bleues sont celles pour lesquelles il n'y a pas eu d'action encore réalisé et celles en vert représentent les recommandations qui ont été partiellement réalisées. Enfin, les cellules transparentes sont les recommandations qui ont été corrigées et prises en compte par la France. Ainsi, la France trace les recommandations qui n'ont pas encore été soldées en totalité et pour lesquelles des actions devront être menées. Ces améliorations vont au-delà du plan d'action méthodologique et concerne tous les aspects de l'inventaire (QA/QC, analyse des catégories clés, incertitudes, transparence, etc.).

2ème PARTIE

Informations supplémentaires requises dans le cadre de l'article 7.1 du Protocole de Kyoto

MTES / DGEC : Pascale Vizy, Elizabeth Pagnac-Farbiaz
MINEFI / DGtresor : Jérémy Lauer-Stumm
CDC : Yves Andre
CITEPA : Etienne Mathias, Colas Robert, Jean-Pierre Chang

11 UTCATF dans le cadre du Protocole de Kyoto (« KP-LULUCF »)

11.1 Informations générales

L'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCATF[25]) est un secteur particulier dans le cadre des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre (GES) notamment parce que le captage de GES peut être supérieur à l'émission de GES. Ainsi, contrairement à la plupart des autres secteurs de l'inventaire, le bilan émission-captage de ce secteur peut constituer un puits et non une source de GES. De ce fait, l'UTCATF a actuellement un statut particulier dans le cadre des accords internationaux et est régi par des règles spécifiques. En effet, le total UTCATF ne fait pas partie des objectifs fixés pour le Protocole de Kyoto dans les « quantités attribuées ». Par contre, l'UTCATF est incorporé via les articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto, qui permettent une prise en compte partielle de ce secteur.

La définition des activités 3.3 et 3.4 apparait dans les accords de Marrakech de novembre 2001, ceux de Montréal de décembre 2005, ceux de Durban de 2011 et dans les lignes directrices de rapportage UTCATF de 2003 et leur complément de 2013, établies par le groupement intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC). De manière simplifiée, il est dit :

- **Sont rapportées sous l'article 3.3**, les terres ayant subi depuis le 1er janvier 1990, soit un boisement-reboisement[26], soit un défrichement. Le rapportage sous cet article est obligatoire.
- **Sont rapportées sous l'article 3.4**, les terres qui ne sont pas rapportées sous l'article 3.3 et qui sont ou ont été gérées (forêt, culture, prairie, zone humide) durant une des périodes d'engagement. Au niveau international, pour la seconde période d'engagement, le rapportage sous cet article est obligatoire pour la forêt (Annexe à la décision 2/CMP.7, para7) et pour les terres rapportées pendant la première période d'engagement, mais par pour les autres types de terres.

Les estimations fournies concernent les premières années de la seconde période d'engagement :

Tableau 172 : Emissions et absorptions dans le cadre des articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto

Gg CO_2e	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Activités article 3.3	2 359	2 329	1 884	1 625	1 319			
A.1. Boisement-reboisement	-9 664	-9 652	-10 143	-10 451	-10 726			
A.2. Défrichement	12 023	11 980	12 027	12 076	12 045			
Activités article 3.4	-56 152	-48 830	-51 393	-48 766	-46 683			
B.1. Gestion forestière sans PLR	-50 966	-44 107	-47 508	-45 393	-43 160			
B.1 Produits Ligneux Récoltés (PLR)	*-5 185*	*-4 724*	*-3 884*	*-3 373*	*-3 523*			
B.3. Gestion des prairies	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*
B.2. Gestion des cultures	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*
B.4. Revégétalisation	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*
B.5 Drainage/remise en eau des z. hum.	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*	*NA*

[25] LULUCF en anglais : Land use Land-use change and forestry

[26] Selon la définition donnée dans les accords de Marrakech, il est question de boisement lorsque la terre n'était plus en forêt depuis plus de 50 ans et de reboisement lorsqu'elle n'était pas en forêt en 1990

S'appuyant sur la définition fournie dans la Décision 11/CP.7 des accords de Marrakech, la France a choisi les paramètres suivants pour la définition de la forêt. Cette définition est la même que celle utilisée par l'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Tableau 173 : Sélection des paramètres pour la définition de « Forêt » pour le Protocole de Kyoto

Paramètre	Fourchette	Valeur sélectionnée
Surface minimale	0,05 - 1 ha	0,5 ha
Couverture minimale du houppier	10 - 30 %	10 %
Hauteur minimale	2 - 5 m	5 m

Définition de la forêt extraite de l'annexe 1, Décision 11/CP.7, Accords de Marrakech

a) On entend par «forêt» une terre d'une superficie minimale comprise entre 0,05 et 1,0 hectare portant des arbres dont le houppier couvre plus de 10 à 30 % de la surface (ou ayant une densité de peuplement équivalente) et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de 2 à 5 mètres. Une forêt peut être constituée soit de formations denses dont les divers étages et le sous-bois couvrent une forte proportion du sol, soit de formations claires. Les jeunes peuplements naturels et toutes les plantations composées d'arbres dont le houppier ne couvre pas encore 10-30% de la superficie ou qui n'atteignent pas encore une hauteur de 2 à 5 mètres sont classés dans la catégorie des forêts, de même que les espaces faisant normalement partie des terres forestières qui sont temporairement déboisés par suite d'une intervention humaine telle que l'abattage ou de phénomènes naturels mais qui devraient redevenir des forêts.

Il est à préciser que la France a décidé que les peupliers étaient inclus dans la catégorie « forêt » ainsi que les taillis à courte rotation (TCR) dans la mesure où ils répondent aux critères de surface, couverture et hauteur présentés ci-dessus.

11.1.1 Activités retenues dans le cadre de l'article 3.4 du Protocole de Kyoto

Pour la première période d'engagement, la France a choisi de prendre en compte l'activité « Gestion des forêts » au titre de l'article 3, paragraphe 4 du Protocole de Kyoto. Cette activité est devenu ensuite obligatoire pour la seconde période d'engagement.

Les autres activités (gestion des prairies, gestion des cultures, restauration du couvert végétal, drainage des zones humides et réhumidication) n'ont pas été retenues, pour les deux périodes d'engagement.

11.1.2 Description de la manière dont les définitions de chaque activité retenue au titre de l'article 3.3 et de l'article 3.4 ont été mises en œuvre et appliquées de manière cohérente au fil du temps

Afin de s'assurer de la continuité des définitions dans le temps, les données utilisées sont autant que possible issues des mêmes sources statistiques (données forestières de l'IFN, statistiques de récoltes du SSP/AGRESTE, consommation énergétique des bilans du SDES, changements d'affectation des sols issus des enquêtes TERUTI du SSP) ce qui assure une homogénéité dans les méthodes de collecte et les formats de restitution.

Afin de ne réaliser aucun double-compte, les activités 3.4 et 3.3 sont calculées en cohérence, de manière à ce que les surfaces en Gestion Forestière, Boisements/Reboisements et Déforestation comptées dans un article soient bien exclues des autres.

11.1.3 Description des conditions de priorité et / ou de hiérarchie entre les activités de l'Article 3.4, et cohérence dans la classification des terres

La France a élu uniquement l'option Gestion Forestière de l'article 3.4. Cette option est prioritaire sur les autres options, si une terre est reconnue en gestion forestière et qu'elle n'appartient pas au cadre de l'article 3.3 alors elle est reportée sous l'article 3.4 option Gestion Forestière.

Pour les autres options, la hiérarchie n'est pas établie car elles ne sont pas retenues.

11.2 Information sur les terres

11.2.1 Unités spatiales utilisées pour le rapportage des surfaces relatives à l'article 3.3

Comme pour les autres secteurs d'activités, le périmètre géographique concerné par le Protocole de Kyoto est constitué de la France métropolitaine et des territoires français d'Outre-mer faisant partie de l'UE.

La spécificité du secteur UTCATF consiste dans la nécessité (Décision 16/CMP.1) de rapporter les estimations des résultats pour les articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto par « régions ».

Extrait de la Décision 16/CMP.1, Accords de Montréal

20. Les systèmes d'inventaires nationaux prévus au paragraphe 1 de l'article 5 doivent permettre de **localiser les parcelles (*areas*)** faisant l'objet d'activités liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie visées aux paragraphes 3 et 4 de l'article 3 et des informations sur ces parcelles sont communiquées par chaque Partie visée à l'annexe I dans ses inventaires nationaux conformément à l'article 7. Ces informations sont examinées conformément à l'article 8.

La notion de parcelle traduisant l'anglais « area » n'est pas adaptée à un rapportage par unité administrative mais ce dernier est bien en accord avec les lignes directrices UTCATF (LULUCF Guidance 4.2.2.2).

La France a choisi de rapporter ces estimations par région administrative ce qui correspond aux 22 anciennes régions métropolitaines et aux 4 régions d'Outre-Mer (cf. § 11.2.3).

L'unité de surface utilisée pour déterminer les superficies de boisement, de reboisement et de déboisement est le point d'échantillonnage, dont le coefficient d'extrapolation varie selon les années et les régions (entre environ 100 et 300ha).

11.2.2 Méthodologie utilisée pour la construction des matrices de transitions

La méthodologie est similaire à celle adoptée pour le rapportage à la Convention et est détaillée dans la section UTCATF de ce rapport. Quelques points sont cependant rappelés ou précisés dans les paragraphes suivants :

- **Matrices de durées différentes** : il est important de noter que, en plus des matrices de transition de 20 ans adoptées pour la Convention, le rapportage pour le Protocole de Kyoto nécessite soit des matrices de changement entre 1990 et l'année d'inventaire soit des matrices de 19 ans pour l'année de rapportage 2008, de 20 ans pour l'année 2009, de 21 ans pour l'année 2010, etc.
- **Matrices régionalisées** : il faut également rappeler qu'en vue de l'application du Protocole de Kyoto, une approche géographique fine a été mise en place pour la France depuis la soumission en avril 2009 pour la Convention (au niveau de la région administrative). Cette échelle est donc désormais utilisée aussi bien pour les résultats à rapporter à la Convention que pour le Protocole de Kyoto.

Figure 133 : Résolution géographique pour l'estimation des résultats pour le Protocole de Kyoto

11.2.3 Cartes et/ou base de données pour identifier les emplacements géographiques

L'ensemble des émissions et absorptions sont estimées à une échelle régionale pour le rapportage au titre du Protocole de Kyoto, à l'exception de l'estimation des produits bois. Le rapportage était réalisé à ce même niveau géographique lors de la première période d'engagement mais la difficulté de maintenir ce système lors de la seconde période d'engagement a entrainé une simplification, les tableaux sont désormais fournis sans leur détail géographique dans les tables CRF de rapportage.

11.3 Informations spécifiques aux activités

11.3.1 Méthodes de variation du stock de carbone et d'estimation des émissions et absorptions de GES

11.3.1.1 Description des méthodologies et des hypothèses prises en compte

La méthodologie est similaire à celle adoptée pour le rapportage à la Convention, cf. section 7 UTCATF du rapport et autres éléments plus détaillés dans la section UTCATF de ce rapport.

Concernant les réservoirs de carbone, la France considère les réservoirs biomasse vivante (aérienne et souterraine), biomasse morte (bois mort et litière) et sol.

Spécifiquement pour le Protocole de Kyoto, conformément aux lignes directrices, le réservoir de carbone « biomasse morte » a été séparé en deux réservoirs « litière » et « bois mort », ce qui n'a pas nécessité de modifications méthodologiques, ces deux réservoirs étant estimés séparément puis agrégés pour le rapportage au format Convention.

11.3.1.2 Justification pour l'absence d'estimation de certains flux de GES ou de variation de certains réservoirs de carbone sous l'article 3.3 et 3.4.

Sur les terres forestières sans changement, concernées par l'article 3.4 pour les réservoirs de carbone « sol » et « litière », aucune variation de stock n'est considérée, les données existantes étant encore trop incertaines. Cette hypothèse est conservatrice dans la mesure où les premières estimations disponibles tendent à mesurer un puits.

Les réservoirs de carbone sols et litière en forêt semblent s'accroitre en même temps que la biomasse vivante, ce qui correspond aux estimations faites en 2008 et 2009 pour le ministère de l'agriculture dans le cadre des projections à l'horizon 2020 pour la 5e communication nationale et constituent donc un puits. Par mesure « conservatoire », pour ces réservoirs « sol » et « litière » il a été décidé de ne pas rapporter de variation de stock, ce qui correspond à une méthode de niveau 1.

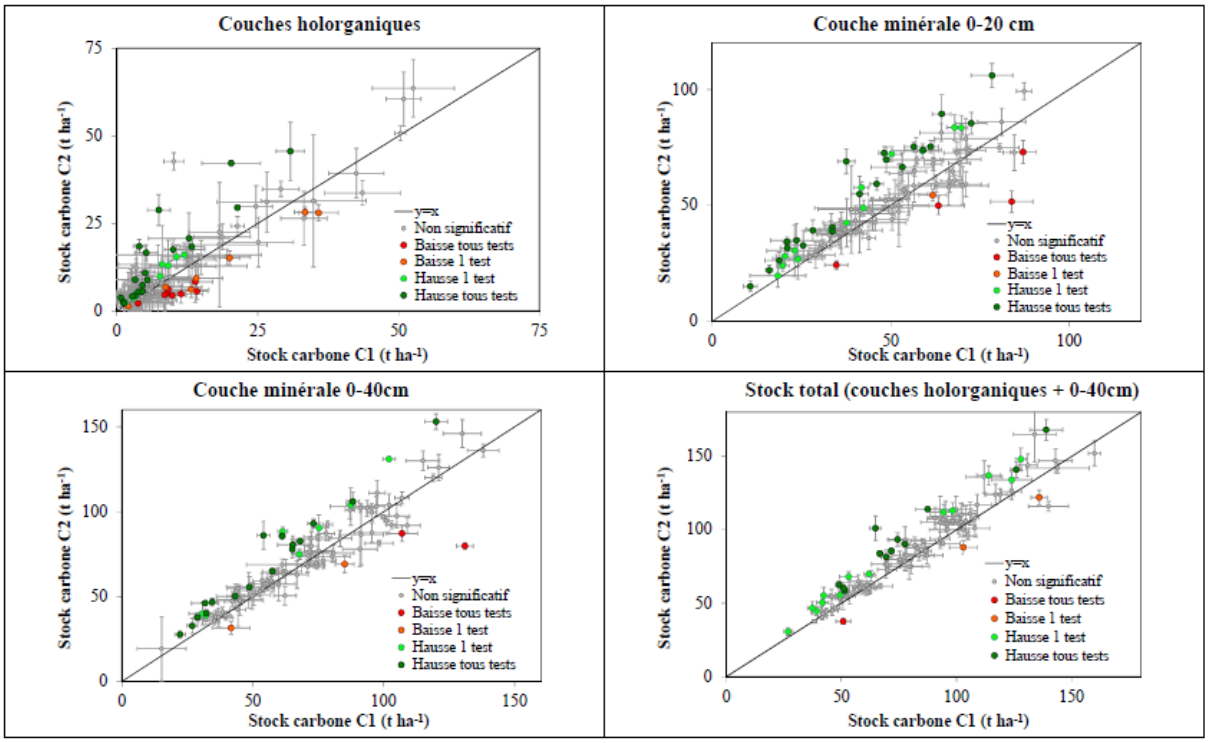
Des travaux concernant les sols et la biomasse morte se sont achevés courant l'année 2013 pour confirmer ces justifications au niveau français sur la base de mesures observées en forêt (Évolution du carbone des sols forestiers de France métropolitaine – Détection et quantification à partir des données mesurées sur le réseau RENECOFOR, Rapport final – juillet 2013, ONF / Université Catholique de Louvain). Cette étude conclut ainsi « Au terme de cette étude, il apparaît que les sols des placettes du réseau RENECOFOR se sont en moyenne comportés comme des puits de carbone durant les 15 dernières années et que cette tendance est nettement plus prononcée pour les placettes résineuses (à l'exception de celles en douglas) que pour les placettes feuillues ».

L'étude fournit de très nombreux résultats et analyses sur l'évolution du carbone du sol et de la litière pour la centaine de parcelles du réseau de suivi des forêts RENECOFOR, cette étude a donné lieu à une publication scientifique[27] récemment.

Les graphiques ci-après donnent un aperçu graphique des hausses et baisses observées sur chacune des parcelles d'étude et concluent à une hausse significative des stocks de carbone en forêt aussi bien dans la litière que dans la matière organique du sol des forêts françaises.

[27] Jonard M., Nicolas M., Coomes D.A., Caignet I., Saenger A., Ponette Q., 2017. Forest soils in France are sequestering substantial amounts of carbon. Science of the Total Environment, 574:616-628, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.028

Figure 134 : Représentation de l'évolution du stock de carbone des sols forestiers



Représentation du stock de carbone à la deuxième campagne en fonction de celui de la première campagne pour les différentes couches et mise en évidence des placettes pour lesquelles des différences significatives ont été détectées par un ou tous les tests. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Ces travaux confirment avec beaucoup plus de poids les estimations déjà produites antérieurement sur d'autres travaux basés sur la modélisation. Mais d'autres travaux au niveau Européen montraient également, pour la France, qu'en moyenne, les sols forestiers ont été des puits de carbone depuis la 2e moitié du 20e siècle et vont le rester dans les prochaines décennies (cf. Liski et al. 2002[28], Ciais et al. 2008[29] et Luyssaert et al. 2010[30]), basés sur des mesures de productions nettes et de modèles.

Il est intéressant de noter que cette étude a permis des recherches très abouties sur les causes des évolutions du carbone du sol ce qui est permis grâce aux très nombreuses informations compilées par placettes sur la météorologie, la pédologie, les pratiques sylvicoles sans pour autant pouvoir conclure quelles étaient ces principales causes. Ce constat tend à laisser penser que les approches par modélisation peuvent difficilement appréhender la réelle dynamique des sols forestiers et que des travaux supplémentaires seront nécessaires pour modéliser ces flux de manière fiable, une approche basique étant d'ores et déjà à exclure au vu de ces résultats.

Sur les terres converties en forêt il est donc considéré que le changement n'induit pas de perte de carbone pour les réservoirs « bois mort » et « litière » (réservoirs dont les stocks de carbone ne sont estimés que pour les terres forestières) mais au contraire un gain puisque les stocks sont constitués lors de cette conversion. Pour les « sols » les flux sont estimés de la même manière que pour toutes les conversions, il peut s'agir d'une perte ou d'un gain de carbone selon l'utilisation initiale et la zone géographique concernée.

---

[28] Liski, J., Perruchoud, D., Karjalainen, T., 2002. Increasing carbon stocks in the forest soils of Western Europe. For. Ecol. Manag. 169, 159–175.

29 Ciais, P., Schelhaas, M.J., Zaehle, S., Piao, S.L., Cescatti, A., Liski, J., Luyssaert, S., Le-Maire, G.,Schulze, E.D., Bouriaud, O., Freibauer, A., Valentini, R., Nabuurs, G.J., 2008. Carbon accumulation in European forests. Nat. Geosci. 1, 425–429.

[30] Luyssaert, S., Ciais, P., Piao, S.L., Schulze, E.D., Jung, M., Zaehle, S., Schelhaas, M.J., Reichstein, M., Churkina, G., Papale, D., Abril, G., Beer, C., Grace, J., Loustau, D., Matteucci, G., Magnani, F., Nabuurs, G.J., Verbeeck, H., Sulkava, M., van der Werf, G.R., Janssens, I.A., 2010. The European carbon balance. Part3: forests. Glob. Chang. Biol. 16, 1429–1450.

11.3.1.3 Questions relatives à la distinction de la part « indirecte » ou « naturelle » des émissions et absorptions de GES

Les flux de GES de l'inventaire français pour le secteur UTCATF sont estimés à partir d'inventaires et d'enquêtes de terrain, il n'est donc pas possible de séparer la part « naturelle » ou « indirecte » des flux estimés sur les terres gérées. Les perturbations naturelles ou anthropiques sont donc incluses dans l'inventaire national mais la méthode ne permet pas de distinguer les causes des flux.

11.3.1.4 Recalculs depuis la précédente soumission

Les modifications apportées aux résultats pour la CCNUCC impactent de manière logique et directe les résultats au format Kyoto. Pour rappel, les principales améliorations sont les suivantes :

- Prise en compte des derniers résultats disponibles de l'inventaire forestier national, qui met à jour l'accroissement de biomasse et la mortalité ;
- Modification de l'extrapolation des paramètres forestiers d'accroissement et de mortalité pour les années récentes ;
- Modification des émissions de N_2O liées à la minéralisation des sols lorsque les conversions entrainent une perte de carbone des sols.

11.3.1.5 Estimations des incertitudes

L'estimation des incertitudes relatives aux émissions/absorptions liées aux variations de stock de carbone de l'UTCATF est présentée dans la section UTCATF, par sous-secteur (voir aussi annexe 7).

11.3.1.6 Information supplémentaire sur la méthodologie

Aucune information supplémentaire.

11.3.1.7 Informations sur l'année d'apparition d'une activité, si après 2008

Les activités de boisement et de déboisement associés à l'article 3.3 ainsi que l'activité gestion forestière sont traitées annuellement dans l'inventaire français et rapportées dans les tables de rapportages CRF. Les surfaces sont notamment présentées dans les tables NIR 2.

Tableau 174 : surfaces rapportées au titre du protocole de Kyoto depuis 1990

rapportageUTCATF.xls /NIR_KP

Année	Article 3.3				Article 3.4
	Déforestation (D) (1000 ha)		**Boisement/Reboisement (AR) (1000 ha)**		**Gestion forestière (FM) (1000 ha)**
	Nouvelle surface	Surface cumulée depuis 1990	Nouvelle surface	Surface cumulée depuis 1990	Surface
1990	47	47	72	72	22 538
1991	45	92	77	150	22 498
1992	43	135	81	231	22 460
1993	41	176	85	316	22 425
1994	78	254	79	395	22 354
1995	37	291	70	466	22 321
1996	37	328	66	532	22 290
1997	39	366	53	585	22 257
1998	35	402	52	636	22 226
1999	46	447	52	688	22 186
2000	26	474	35	723	22 164
2001	36	509	48	772	22 133
2002	35	545	41	813	22 102
2003	29	574	28	841	22 076
2004	41	615	46	887	22 039
2005	51	665	64	951	21 993
2006	60	725	80	1 031	21 939
2007	67	792	95	1 126	21 878
2008	67	859	52	1 177	21 801
2009	60	919	52	1 229	21 743
2010	44	964	36	1 265	21 700
2011	38	1 002	47	1 312	21 664
2012	38	1 040	47	1 359	21 627
2013	38	1 078	46	1 405	21 591
2014	38	1 116	46	1 451	21 554
2015	38	1 154	45	1 496	21 518
2016	38	1 192	45	1 541	21 482
2017	38	1 230	45	1 586	21 445

11.3.1.8 Information sur le calcul des perturbations naturelles (ND)

Tel qu'indiqué dans le rapport initial (*initial report*) de 2015, la France souhaite élire les perturbations naturelles suivantes : tempêtes (*storms*), feux (*wildfires*), maladies (*pests*) et épisodes de sécheresse (*droughts*). Le calcul du niveau de fond (background level ou BL) prend unqiuement en compte les feux de forêts, seules perturbations naturelles pour lesquelles nous disposons de données fiables. Ce niveau de fond (BL) est cohérent avec le niveau de référence forestier (FMRL). Ce niveau de fond (BL) est calculé pour la Gestion Forestière (FM, sous l'article KP 3.4) et pour les boisements-reboisements (AR, sous l'article KP 3.3), en appliquant la méthode indiquée dans le par.33 de l'annexe à la décision 2/CMP.7, note 7, c'est-à-dire en excluant les valeurs extrêmes par un processus itératif. Le BL ainsi calculé reflète tous les types de perturbations naturelles élus.

France's Initial Report (2015) reflects its will to prepare for all possible Natural Disturbances (ND) that could affect its territories and may induce exceptional levels of emissions. France chose to elect

all the ND types. This BL is consistent with the FMRL. This calculated BL takes into account wildfires, the only ND for which sufficient data is available. ND Background Level (BL) for FM (Forest Management under KP 3.4) and AR (Afforestation and Reforestation under KP 3.3) is calculated using the method mentioned in Par.33 in Annex to Decision 2/CMP.7, note 7, i.e. excluding outliers with an iterative process.

11.4 Article 3.3

11.4.1 Éléments démontrant que les activités relevant de l'article 3.3 ont débuté le ou après le 1 Janvier 1990 et avant le 31 Décembre 2012 et sont directement induites par l'homme

Les données de suivi d'occupation des terres sont issues d'une enquête annuelle pour la France métropolitaine. Les changements sont estimés pour chaque année et ne sont rapportés dans le cadre le de l'article 3.3 que les terres qui ont subi des changements depuis l'année 1990. Pour les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE pour lesquels le suivi des terres est réalisé à partir d'études par télédétection, l'année 1990 est moyennée à partir d'images collectées sur plusieurs années.

Sur la question des changements directement induits ou non par l'homme, il est tout d'abord considéré que tous les défrichements sont directement induits par l'homme.

Pour les boisements, la question est plus complexe et extrêmement discutée au niveau international notamment pour les terres boisées suite à la déprise agricole. La France a décidé, en s'appuyant sur la définition fournie dans la Décision 11/CP.7 des accords de Marrakech, que les boisements et reboisements des accrus naturels dus à la déprise agricole sont inclus dans l'article 3.3, dans la mesure où ces terres deviennent des forêts gérées. Ces transitions sont dues à des décisions politiques, donc induites par l'homme et ces nouvelles forêts, lorsqu'elles sont gérées, sont le résultat de la promotion par l'homme d'un ensemencement naturel. Cette définition n'inclut pas tous les boisements observés sur le territoire : en effet, les boisements situés sur zones humides et sur les autres terres ne sont pas considérés directement induits par l'homme et sont donc exclus du total. Les boisements rapportés sous l'article 3.3 et donc considérés comme directement induits par l'homme représentent près de 90% des boisements totaux estimés sur le territoire français.

Définitions des boisements - reboisements extraits de l'annexe 1, Décision 11/CP.7, Accords de Marrakech

b) On entend par «boisement» la conversion anthropique directe en terres forestières de terres qui n'avaient pas porté de forêts pendant au moins 50 ans par plantation, ensemencement et/ou promotion par l'homme d'un ensemencement naturel

c) On entend par «reboisement» la conversion anthropique directe de terres non forestières en terres forestières par plantation, ensemencement et/ou promotion par l'homme d'un ensemencement naturel sur des terrains qui avaient précédemment porté des forêts mais qui ont été convertis en terres non forestières. Pour la première période d'engagement, les activités de reboisement seront limitées au seul reboisement de terres qui ne portaient pas de forêts à la date du 31 décembre 1989

11.4.2 Information sur la distinction entre récolte, dégradation et déforestation

En métropole, l'enquête TERUTI utilisée pour le suivi des terres relève deux paramètres importants, l'occupation et l'utilisation du sol. Lors d'une coupe franche (récolte), l'occupation ne correspond plus à des arbres mais l'utilisation demeure forestière. Il est ainsi possible de différencier des zones défrichées de surfaces récoltées.

En Outre-mer, le suivi des terres est réalisé par télédétection satellite sur la base d'images satellites correspondant aux années 1990, 2006 et 2008, il n'est donc pas facile de déterminer si une perte de couverture forestière correspond à une récolte, une dégradation ou une déforestation. La plupart du temps l'occupation après la coupe est clairement visible s'il s'agit d'une zone d'orpaillage, de culture ou d'urbanisation. Lorsque le changement n'est pas clairement visible, de manière conservative, la superficie ayant perdu les arbres est classée en prairies ce qui signifie qu'elle est considérée comme un défrichement, cette hypothèse étant raisonnable en raison de la faiblesse des prélèvements en forêt sur tous ces territoires.

11.4.3 Information sur la taille et l'emplacement géographique des terres forestières ayant perdu leur couverture arborée, mais qui ne sont pas encore classées comme défrichées

En métropole, les terres ayant perdu leur couverture arborée sont classées en défrichement si le paramètre « utilisation des terres » relevé par l'enquête TERUTI indique aussi un changement d'utilisation.

En Outre-mer, toutes les terres ayant perdu leur couverture arborée sont directement classées en défrichement, cette approche étant conservative.

11.4.4 Information sur les provisions pour les perturbations naturelles

Aucune surface n'a été exclue au titre des provisions pour les perturbations naturelles.

11.4.5 Information sur les Produits Ligneux Récoltés (PLR)

Le bilan de l'évolution du stock de carbone dans les Produits Ligneux Récoltés est intégralement estimé au titre de l'activité 3.4 Gestion forestière. Le résultat sur les produits ligneux rapportés au format Kyoto diffère de celui rapporté pour la Convention car la contribution des récoltes entre 2008 et 2012 est artificiellement retirée de la comptabilisation de manière à respecter les règles de comptabilité en place lors de la première période d'engagement.

L'ensemble des produits ligneux récoltés sur les terres déboisées au titre de l'article 3.3 sont considérés intégralement en oxydation immédiate.

Aucune récolte n'est prise en compte sur les terres boisées rapportées sous l'article 3.3.

11.5 Article 3.4

11.5.1 Éléments démontrant que les activités relevant de l'article 3.4 ont eu lieu depuis le 1 Janvier 1990 et sont d'origine humaine

De même que pour l'article 3.3, les données de suivi d'occupation des terres sont issues d'une enquête annuelle pour la France métropolitaine qui fournit l'occupation et l'utilisation des terres tous les ans. Les surfaces de forêt concernées par l'article 3.4 sont les forêts gérées, elles sont estimées de manière statistique à partir d'un taux régional de surface forestière gérée. Ces forêts existent et sont gérées au moins depuis 1990, elles sont régies par le code forestier français. Les surfaces forestières non gérées sont supposées constantes au cours du temps.

11.5.2 Informations relatives à la gestion forestière

Conformément aux définitions des lignes directrices, sont rapportés en gestion forestière, les terres en forêt depuis 1990 qui sont sujettes à une gestion forestière et les terres nouvelles boisées, également sujettes à une gestion forestière mais qui ne répondent pas à la définition des terres rapportées au sein de l'article 3.3. Cet ensemble recoupe quasiment l'ensemble des forêts à l'exception de quelques formations boisées inexploitables (inaccessibilité, forte pente, rôle de protection exclusif, usage récréatif, esthétique, culturel ou en zone militaire).

11.5.2.1 Conversion de forêts naturelles en forêts plantées

Actuellement aucune conversion n'est prise en compte.

11.5.2.2 Niveau de Référence pour la Gestion Forestière (FMRL)

Le Niveau de Référence de gestion forestière (FMRL) pour la France, ainsi que pour de nombreux Etats membres de l'Union européenne, est déterminé par le *Joint Research Center* (JRC). Pour l'établir, le JRC s'appuie sur deux approches : un modèle de croissance forestière basé sur les inventaires forestiers des Etats membres, et la méthode gain-perte du GIEC basé sur les données historiques des caractéristiques des forêts. Le Niveau de référence de la France soumis en 2011 est disponible sur le site de la CCNUCC[31]. Des informations sur la méthode de calcul et les paramètres se trouvent dans ce document ainsi que dans le rapport d'évaluation de 2011 (TAR[32]).

Construction du FMRL et calibration avec l'inventaire – cohérence entre FM et FMRL

Le FMRL repose sur des données de modélisation forestière différente des données forestières utilisées dans l'inventaire. Néanmoins, une procédure de calibration (dite aussi *postadjustment*) permet de remettre en cohérence le FM historique et le FMRL. Cette approche est mentionnée dans le rapport d'évaluation (TAR[33]) du FMRL français (paragraphes 9 et 10) [34].

Prise en compte des perturbations naturelles (ND) au sein du FMRL

Le FMRL prend en compte les émissions associées à l'ensemble des perturbations naturelles (voir note 4 p.1 et page 5 de la soumission) : tempêtes, feux de forêt, maladies et sécheresse.

[31] http://unfccc.int/files/meetings/ad_hoc_working_groups/kp/application/pdf/awgkp_france_2011.pdf

[32] http://unfccc.int/resource/docs/2011/tar/fra01.pdf

[33] http://unfccc.int/resource/docs/2011/tar/fra01.pdf

[34] *[Data and models] used for the construction of the FMRL are different from those used in the GHG inventory. (…) In order to make [FMRL] consistent with the historical data, a postadjustment/calibration was applied. Historical data from reporting on forest land remaining forest land under the Convention are used for post-calibration of the model results (…) by using the average of the period 2000 to 2008 from the 2010 national GHG inventory*. (§9 and 10 of the TAR).

Recalcul du FMRL

Il n'est pas prévu de recalculer complètement le FMRL sur la base d'une nouvelle modélisation. La modification des paramètres de calcul n'est donc pas prévue pour améliorer la cohérence entre l'activité FM et le FMRL, notamment pour ce qui est de la structure en classes d'âge et des surfaces. Néanmoins, la modélisation du FMRL est remise en cohérence globale avec l'inventaire à l'aide d'une correction technique.

11.5.2.3 Correction technique du FMRL

Actuellement une correction technique a été réalisée. Elle a été apportée en 2015, et baisse de 21 795 kt CO_{2e} le niveau de référence initialement proposé.

11.5.2.4 Informations concernant la provision pour les perturbations naturelles de l'article 3.4

Aucune surface n'a été exclue au titre des provisions pour les perturbations naturelles.

11.5.2.5 Information sur les Produits Ligneux Récoltés de l'article 3.4

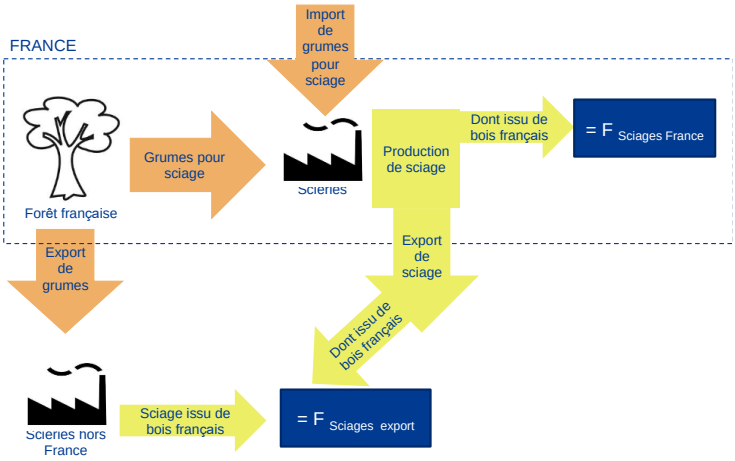
Présentation générale :

Les produits bois sont comptabilisés selon une approche de production, qui prend en compte les produits bois fabriqués avec la récolte française, qu'ils soient destinés au marché français ou exportés. Les importations ne sont pas prises en compte. Les données d'activité (production aux différentes étapes de la chaine industrielle) proviennent notamment des enquêtes de branche du SSP, du ministère de l'Agriculture. Afin de prendre en compte les produits bois produits avant 2008, mais encore en cours de décomposition pendant les périodes d'engagement du Protocole de Kyoto, la comptabilisation des PLR démarre dès 1900. De plus, lors de la première période d'engagement les flux de carbone provenant des PLR produits entre 2008 et 2012, comptabilisés par la méthode d'oxydation instantanée, sont exclus du stock de produits bois en cours de décomposition.

Le schéma général des flux pour le compartiment sciages est représenté sur la Figure **135** ci-dessous Orange : *volumes entrant dans les scieries ; jaune : volumes de sciages produits ; bleu : flux entrant dans le compartiment « sciages ».*

Le flux entrant total correspond à la somme des deux flux représentés par les rectangles bleu marine. A noter que seuls les PLR produits en France sont pris en compte, les PLR importés sont eux retranchés de la production :

Figure 135: flux considérés dans la formulation concernant le compartiment "sciages".



Orange : volumes entrant dans les scieries ; jaune : volumes de sciages produits ; bleu : flux entrant dans le compartiment « sciages ».

Fonction de décomposition utilisée, et demi-vie :

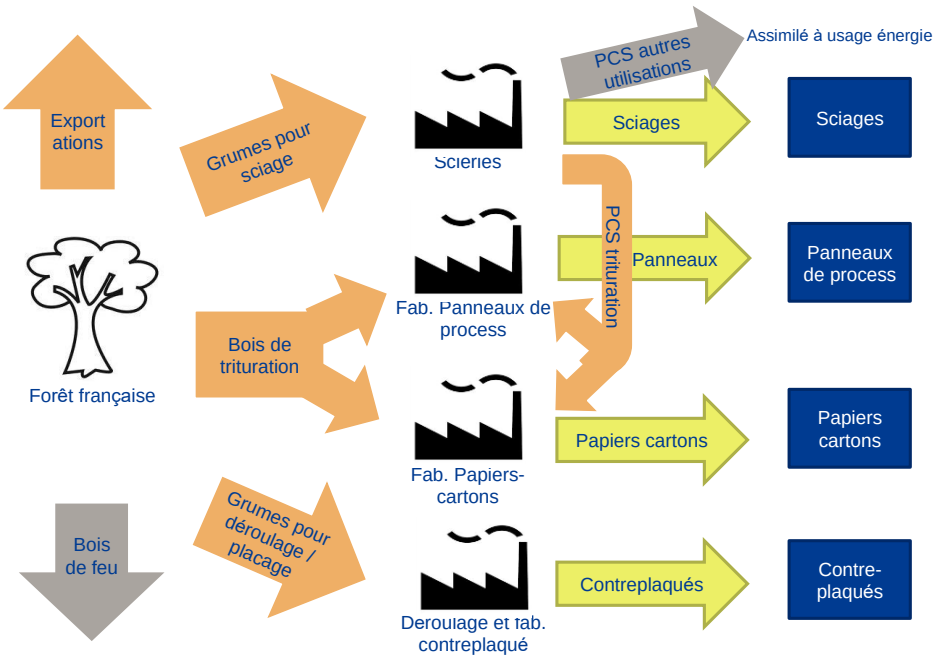
Le calcul des produits ligneux récoltés se base sur la fonction de décomposition au 1er ordre proposée par le GIEC dans ses lignes directrices de 2006 (et non plus une fonction gamma comme dans des éditions précédentes de l'inventaire).

Bois énergie et déchets :

Les PLR entrant dans ces deux catégories sont comptabilisés dans des secteurs séparés (respectivement secteur énergie, et secteur traitement des déchets) par la méthode d'oxydation instantanée.

La figure ci-dessous procure une vision d'ensemble (simplifiée) des flux principaux qui structurent l'ensemble de la méthode. **En gris figurent les flux non pris en compte dans la méthode, ici parce qu'ils concernent une utilisation énergétique** :

Figure 136: vision d'ensemble des flux utilisés dans la méthode



11.5.3 Informations pour l'année de base relative à la gestion des cultures, des prairies, à la restauration du couvert végétal et le drainage des zones humides et la réhumidication (si ces options ont été choisies)

Les options gestion des cultures, gestion des prairies, restauration du couvert végétal, drainage et remise en eau des zones humides n'ont pas été choisies par la France pour la première et la seconde période d'engagement.

11.6 Autres informations

11.6.1 Analyse en catégories clés des activités de l'article 3.3 et de toute activité choisie pour l'article 3.4

L'analyse en catégorie clé est établie par analogie avec l'analyse en catégorie clé de la convention. La plus petite catégorie clé de l'analyse avec UTCATF s'élève à 1,2 $MtCO_2e$ donc toutes les émissions de CO_2 des activités des articles 3.3 et 3.4 sont catégories clés. Les émissions des autres composés (CH_4 et N_2O) sont en revanche en dessous de ce seuil.

Par ordre décroissant d'importance on trouve donc :

- CO_2 de la Gestion Forestière (3.4) qui contribue à 17% des flux totaux de CO_2 en 2017
- CO_2 des défrichements (3.3) qui contribue à 2% des flux totaux de CO_2 en 2017
- CO_2 des boisements reboisements (3.3) qui contribue à 2% des flux totaux de CO_2 en 2017

Même si quelques différences de définition existent, il est possible de faire une correspondance entre les catégories Convention et les catégories du Protocoles de Kyoto, cette correspondance permet de confirmer le statut de catégorie clé des flux de CO_2 des articles 3.3 et 3.4.

Tableau 175 : Correspondance entre catégories Convention et activités au titre du Protocole de Kyoto

Activités au titre du Protocole de Kyoto	Format Convention
Gestion Forestière	**Forêts restant forêts**
Défrichement	**Forêts devenant Cultures** **Forêts devenant prairies** Forêts devenant Zones Humides **Forêts devenant Zones artificielles** Forêts devenant Autres terres
Boisements Reboisements	**Cultures devenant Forêts** **Prairies devenant Forêts** Zones Humides devenant Forêts Zones artificielles devenant Forêts Autres terres devenant Forêts

*Les catégories clés apparaissent **en gras**.*

Voir le tableau complet des catégories-clés avec Activités du Protocole de Kyoto dans l'Annexe 1.

11.7 Information relative à l'article 6

La France, à ce jour, n'a pas de projet de « mise en œuvre conjointe » (MOC) sur l'UTCATF, il n'y a donc pas d'information spécifique supplémentaire concernant l'article 6 du Protocole de Kyoto.

Un arrêté permettant la mise en place de tels projets en France, a été publié dans le Journal officiel fin 2012 (arrêté du 27 décembre 2012 pris pour l'application du III de l'article R. 229-40 du code de l'environnement et relatif à l'agrément des activités de projet mises en œuvre sur le territoire national résultant de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres ou d'activités forestières).

12 Information sur la comptabilisation des unités Kyoto

12.1 Informations de base

Par décret n°2004-1412 du 23 décembre 2004, l'Etat a confié à la Caisse des Dépôts la gestion d'une mission de service public incluant la prise d'actes de police administrative environnementale. Ce texte a été modifié par le décret 2012-1343 du 3 décembre 2012 qui intègre les évolutions des directives européennes, notamment le remplacement des registres nationaux par un système unique développé par la Commission et qui confirme la délégation de service confiée à la Caisse des dépôts pour la période 2013-2020.

Le groupe Caisse des Dépôts est un groupe public, investisseur de long terme au service de l'intérêt général et du développement économique du pays. La Caisse des Dépôts a été désignée par le décret n°2004-1412 pour administrer le registre et développer des systèmes d'informations destinés à exploiter le registre et leur sécurisation.

Depuis la migration du 20 juin 2012 dans le registre de l'Union européenne, c'est la Commission européenne qui assure la fourniture, la maintenance et la sécurisation du système d'information du registre national au titre des engagements des Etats Membres européens en tant que Parties au protocole de Kyoto (registre PK) et en tant que participants au Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission de gaz à effet de serre du système européen (Registre EU-ETS) piloté par la Commission européenne.

- ***Nom et coordonnées de l'administrateur du registre désigné par la Partie pour gérer le registre national***

Depuis le 1er mars 2011, le teneur du registre français est :

  - M. Yves André, +33 1 58 50 11 87, yves.andre@caissedesdepots.fr.

- ***Noms des autres Parties avec lesquelles la Partie coopère pour gérer leur registre national grâce à un système consolidé***

Depuis le 20 juin 2012, les registres nationaux (et européen) des Etats Membres de l'Union européenne sont gérés au moyen du logiciel développé, maintenu et sécurisé par la Commission européenne.

- ***Description de la structure de la base de données et de la capacité du registre national***

Depuis le 20 juin 2012, il n'y a qu'un seul registre européen pour tous les Etats Membres. Une description complète du registre unique a été fournie à l'ITL (Independent Transaction Log) dans la documentation générale et spécifique en vue du démarrage du registre national de l'UE et des registres nationaux consolidés. La structure de la base des données, fournie par la Commission européenne, est présentée en Annexe A CSEUR.

- ***Description des moyens mis en œuvre par le registre national pour se conformer aux DES (Data Exchange Standard) dans l'objectif d'assurer des échanges d'informations précis, transparents entre les registres nationaux, le registre des mécanismes de développement propre et le journal des transactions (décision 19/CP.7, paragraphe 1)***

Depuis la migration informatique de juin 2012, les opérations visant à conformer aux DES les registres nationaux des Etats Membres de l'UE sont traitées par la Commission européenne.

- ***Adresse internet du registre national***

L'adresse URL de la partie française du système consolidé est la suivante :

https://unionregistry.ec.europa.eu/euregistry/FR/index.xhtml;

- ***Adresse internet du site de communication du registre national***

Depuis le 9 janvier 2013, l'adresse internet du site de communication et d'information du registre est : http://www.seringas.caissedesdepots.fr

12.2 Résumé des informations contenues dans les tables SEF

Le Rapport SEF présenté ci-après a été établi à partir des informations fournies par le logiciel développé par la Commission européenne.

Tableau 176 : Synthèse tables SEF 2018, unités de période 2

Libellé	Table SEF	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	lCERs
Quantité totale des unités Kyoto de période 2 en début 2018	1	Aucune	Aucune	Aucune	163 323	Aucune	Aucune
Quantité totale des unités Kyoto de période 2 à la fin 2018	4	Aucune	Aucune	Aucune	508 246	Aucune	Aucune
Total annuel des flux créditeurs d'unités Kyoto de période 2 en 2018	2 (b)	Aucun	Aucun	Aucun	344 923	Aucun	Aucun
Total annuel des flux débiteur d'unités Kyoto de période 2 en 2018	2 (b)	Aucun	Aucun	Aucun	0	Aucun	Aucun
Synthèse des retraits des unités Kyoto de période 2 en 2018	2 (a)	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
Expiration, annulation et remplacement de tCERS ou lCERS	3	Aucun					
Opération corrective concernant des transactions, retraits, ou remplacements	6 (a), 6 (b), 6 (c)	Aucune					

Pour plus de détails, les rapports SEF CP2 et CP1 sont fournis en annexes.

12.3 Notifications et erreurs

- Aucun écart n'est survenu en 2018. Le rapport R-2 est donc vide, et en conséquence non soumis.
- Pas de notification du registre MDP (CDM) n'est survenue. Le rapport R-3 est donc vide, et en conséquence non soumis.
- Il n'y a pas eu de transactions de remplacements en 2018. Le rapport R-4 est donc vide, et en conséquence non soumis.
- Aucune unité invalide n'est présente au 31 décembre 2018. Le rapport R-5 est donc vide, et en conséquence non soumis.

Comme il n'y a pas eu d'écarts à rapporter (erreurs) en 2018, aucune action corrective n'a été nécessaire.

12.4 Informations accessibles au public

Les informations publiques sont accessibles sur le site du registre :

https://ets-registry.webgate.ec.europa.eu/euregistry/FR/public/reports/publicReports.xhtml

Parallèlement à ce site, nous avons également un site d'information du registre français :

http://www.seringas.caissedesdepots.fr/-rapports-publics-.html

12.5 Calcul de la réserve de la partie pour la période d'engagement (CPR)

Les résultats d'inventaire 2017 de la France au périmètre Kyoto (hors UTCATF) sont égaux à 464 592 511,5 tonnes CO_2e, le calcul de la CPR sur cette base est donc égal à 8*464 592 511,5 soit 3 716 740 092 tonnes CO_2e.

La valeur calculée sur la base de la quantité attribuée (90/100 * 2 948 688 161 est égale à 2 653 819 345 tonnes CO_2e. Cette valeur étant inférieure à la valeur calculée sur la base de l'inventaire, cette dernière est retenue pour la CPR.

Selon la décision 11/CMP.1, paragraphe 6, appliquée avec 8 années d'engagement pour la 2e période Kyoto, la CPR de la France par rapport aux émissions de 2017 est donc égale à 2 653 819 345 tonnes CO_2 e.

12.6 Comptabilisation du secteur UTCATF

Pour la deuxième période d'engagement, conformément à la décision 2/CMP7 la France prend en compte l'activité « Gestion des forêts » au titre de l'article 3, paragraphe 4 du Protocole de Kyoto.

Les trois autres activités (gestion des terres cultivées, gestion des pâturages et restauration du couvert végétal) n'ont pas été retenues.

En France, la gestion forestière est encadrée juridiquement par le Code Forestier qui prévoit les droits et obligations afférents aux forêts publiques et privées.

Au sens du paragraphe 4 de l'article 3 du protocole de Kyoto, une forêt fait l'objet de l'activité

« gestion forestière » lorsqu'elle fait l'objet d'opérations de gestion forestière visant à administrer les fonctions écologiques, économiques et sociales de la forêt. Le terme « opération de gestion forestière » recouvre, entre autres, les actions de coupe ou de travaux forestiers, les actions de planification forestière, d'accueil du public en forêt ou de protection des écosystèmes forestiers.

C'est pourquoi, au sens du paragraphe 4 de l'article 3 du protocole de Kyoto, seules les forêts exclusivement soumises aux processus naturels, en raison notamment d'une accessibilité limitée, sont considérées comme non-gérées.

La France comptabilisera les émissions et les absorptions résultant des activités de gestion des forêts (FM) par comparaison à leur niveau de référence (FMRL) établi conformément à la décision 2/CMP.7. Cette valeur de référence a fait l'objet en 2015 d'une correction technique pour tenir compte d'une évolution méthodologique concernant les inventaires réalisés par l'IGN. Le FMRL ainsi corrigé s'établit à -45 615 kt CO2 e.

Pour toutes les activités relatives aux articles 3.3 et 3.4, la France choisit une comptabilisation en fin de période dans le cadre de la deuxième période du protocole de Kyoto. Le niveau de référence pour les produits bois est calculé sur la base des niveaux de récolte projetés du niveau de référence de la gestion forestière réactualisé (voir annexe I). Les calculs ont été effectués avec le calculateur WoodCarbonMonitor (2015). Ce calculateur intègre les exigences des lignes directrices supplémentaires du GIEC de 2013. Les calculs sont basés sur une méthodologie de Tier 2 avec les données de base fournies par la FAO et données de récolte fournies par la France (IGN data) et l'utilisation de facteurs de conversion par défaut (cf. Table 2.8.1, supplément GIEC 2013) et des valeurs de demi-vie par défaut.

L'équation 2.8.6 du supplément du GIEC 2013 a été appliquée avec To =1990 dans le but de diminuer les incertitudes. Pour les taux de recyclage du papier, les valeurs ont été fournies par la France à partir de 2003. Une interpolation linéaire a été construite pour 1990-2002. Cette méthodologie est une mise à jour de la méthodologie développée en 2011 par S. Ruter (Rüter, S. (2011) Projection des émissions nettes de produits ligneux récoltés dans les pays européens : pour la période 2013-2020. Thünen-Institut de recherche sur le bois).

Les résultats du niveau de référence pour les produits ligneux pour la France sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 177 : Niveau de référence pour les produits ligneux

année	**Contribution des HWP révisée (émissions / absorptions) pour le niveau FMRL**	
	in kt C	En Mt éq.CO_2
2013	-169,97	-0,652
2014	-122,08	-0,468
2015	-80,60	-0,309
2016	20,66	0,079
2017	110,98	0,425
2018	193,18	0,741
2019	269,30	1,032
2020	340,76	1,306
moyenne 2013-2020	**70,28**	**0,269**

13 Information sur les changements concernant le système national d'inventaire

Les dispositions institutionnelles du système national d'inventaire décrites dans le précédent rapport d'inventaire NIR (édition mars 2017) restent valables.

13.1 Nom et coordonnées du responsable du système national d'inventaire désigné par la Partie

La responsabilité de la définition et de la maîtrise d'ouvrage du système national d'inventaire des émissions dans le cadre du SNIEBA appartient au Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (MTES). Mme Pascale Vizy de la Direction Générale Energie et Climat (DGEC), au sein du MTES, a la responsabilité de l'inventaire national de la France,
+33 (0)1 40 81 93 46, Pascale.Vizy@developpement-durable.gouv.fr.

13.2 Répartition des rôles et des responsabilités au sein du système national d'inventaire

Les responsabilités sont réparties comme suit :

- La **maîtrise d'ouvrage de la réalisation des inventaires et la coordination d'ensemble du système** sont assurées par le **MTES**.
- **D'autres ministères et organismes publics** contribuent aux inventaires d'émissions par la mise à disposition de **données et statistiques** utilisées pour l'élaboration des inventaires.
- L'**élaboration des inventaires d'émission** en ce qui concerne les **méthodes** et la préparation de leurs **évolutions**, la **collecte et** le **traitement des données**, l'**archivage**, la **réalisation des rapports et divers supports**, la gestion du **contrôle** et de la **qualité**, est confiée au **CITEPA** (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) par le MTES. Le CITEPA assiste le MTES dans la coordination d'ensemble du système national d'inventaire des émissions de polluants dans l'atmosphère. A ce titre, il convient de mentionner tout particulièrement la coordination qui doit être assurée entre les inventaires d'émissions et les registres d'émetteurs tels que l'E-PRTR et le registre des quotas d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission (SEQE), sans oublier d'autres aspects (guides publiés par le MTES, système de déclaration annuelle des rejets de polluants, etc.) pour lesquels il est important de veiller à la cohérence des informations.
- Le MTES met à disposition du CITEPA toutes les informations dont il dispose dans le cadre de la réglementation existante, comme les déclarations annuelles de rejets de polluants des Installations Classées, ainsi que les résultats des différentes études permettant un enrichissement des connaissances sur les émissions qu'il a initiées tant au sein de ses services que d'autres organismes publics comme l'INERIS. Par ailleurs, le MTES établit dans l'arrêté SNIEBA du 24 août 2011 une liste des statistiques et données émanant d'organismes publics ou ayant une mission de service public, utilisées pour les inventaires d'émission (cf. tableau suivant relatif à l'annexe II de l'arrêté SNIEBA).
- Le MTES pilote le **Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission** (GCIIE) qui a notamment pour mission de :
  - **donner un avis sur les résultats** des estimations produites dans les **inventaires**,
  - **donner un avis sur les changements** apportés dans les **méthodologies** d'estimation,

- **donner un avis sur le plan d'action d'amélioration** des inventaires pour les échéances futures,
- **émettre des recommandations** relativement à tout sujet en rapport direct ou indirect avec les inventaires d'émission afin d'assurer la cohérence et le bon déroulement des actions, favoriser leurs synergies, etc.,
- **recommander des actions d'amélioration** des estimations des émissions vers les **programmes de recherche**,Le GCIIE est composé de représentants :
  - § du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) notamment de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), de la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN), de la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM), de la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) et des services statistiques du MTES notamment le SDES,
  - § du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (MAA), notamment le Service de la statistique et de la prospective (SSP) et la Direction générale de la performance économique (DGPE),
  - § du Ministère de l'économie et des finances, notamment de la Direction générale de l'INSEE et de la Direction générale du Trésor,
  - § de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME),
  - § de l'Institut National de l'EnviRonnement industriel et des rISques (INERIS).

➢ La **diffusion des inventaires d'émission** est partagée entre plusieurs services du MTES qui reçoivent les inventaires approuvés transmis par la DGEC :

- La **DGEC** assure la diffusion des **inventaires d'émissions** qui doivent être **transmis à la Commission européenne** en application des directives, notamment **l'inventaire des Grandes Installations de Combustion** (GIC) au titre de la directive 2001/80/CE ainsi que les inventaires au titre de la directive 2001/81/CE relative aux **Plafonds d'Emission Nationaux**. Elle assure également la diffusion des **inventaires** relatifs à la **Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies relative à la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance** (CEE-NU – CPATLD). Hormis les responsabilités attribuées spécifiquement au Service de l'Observation et des Statistiques (CGDD / SDES) décrites ci-dessous, la **DGEC** assure la diffusion de tous les inventaires d'émissions à **tous les publics** et en particulier aux Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (**DREAL**).
- La DGEC assure également la diffusion de **l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre** établi au titre de la **Décision communautaire sur le mécanisme de suivi des gaz à effet de serre auprès de la Commission européenne** ainsi que la diffusion de cet inventaire au titre de la **Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques** (CCNUCC) et en particulier relativement au Protocole de Kyoto auprès du **Secrétariat de la Convention**.

A la demande du MTES, le **CITEPA** assure la diffusion de tous les inventaires qu'il réalise par, notamment, la **mise en accès public libre des rapports** correspondants à l'adresse Internet https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions. Certains de ces rapports sont parfois également présents sur d'autres sites ou diffusés sous différentes formes par d'autres organismes. Le CITEPA est également chargé de diffuser des informations techniques relatives aux méthodes d'estimation et est notamment désigné comme **correspondant technique des institutions internationales** citées ci-dessus. A ce titre, le CITEPA est le **Point Focal National** désigné par le MTES dans le cadre de **l'évaluation de la modélisation intégrée** pour ce qui concerne les **émissions**. Le CITEPA assure conjointement avec le MTES la diffusion de l'inventaire d'émission dit « SECTEN » qui présente d'une manière générale des séries longues et des analyses spécifiques des sources émettrices en France.

14 Information sur les changements concernant le registre national

Depuis juin 2012, la plate-forme unique qui assure la tenue des registres européens et nationaux (y compris celui de l'UE) est appelée système consolidé de registres européens (Consolidated System of European Registries - CSEUR). Cette plateforme est développée et maintenue par la Commission européenne. La version actuelle de l'application se conforme aux exigences du dernier règlement européen du registre en vigueur : n°389/2013/CE du 2 mai 2013.

Des modifications ont été apportées aux registres de manière coordonnée au niveau européen en 2018. Le résumé des modifications effectuées, qui s'appliquent notamment au registre national de la France, est présenté dans le tableau suivant :

Reporting Item	Description
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(a) Change of name or contact	No change. The National Administrator is Mr. Yves ANDRE. + 33 1 58 50 11 87 yves.andre@caissedesdepots.fr
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(b) Change regarding cooperation arrangement	No change of cooperation arrangement occurred during the reported period.
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(c) Change to database structure or the capacity of national registry	The versions of the EUCR released after 8.0.8 (the production version at the time of the last Chapter 14 submission) introduced minor changes in the structure of the database. These changes were limited and only affected EU ETS functionality. No change was required to the database and application backup plan or to the disaster recovery plan. The database model is provided in Annex A. No change to the capacity of the national registry occurred during the reported period.
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(d) Change regarding conformance to technical standards	Changes introduced since version 8.0.8 of the national registry are listed in Annex B. Each release of the registry is subject to both regression testing and tests related to new functionality. These tests also include thorough testing against the DES and were successfully carried out prior to the relevant major release of the version to Production (see Annex B). No other change in the registry's conformance to the technical standards occurred for the reported period.

Reporting Item	Description
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(e) Change to discrepancies procedures	No change of discrepancies procedures occurred during the reported period.
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(f) Change regarding security	No changes regarding security occurred during the reported period.
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(g) Change to list of publicly available information	No change to the list of publicly available information occurred during the reported period.
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(h) Change of Internet address	The registry internet address changed during the reported period. The new URL is : https://unionregistry.ec.europa.eu/euregistry/FR/index.xhtml.
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(i) Change regarding data integrity measures	No change of data integrity measures occurred during the reported period.
15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(j) Change regarding test results	Changes introduced since version 8.0.8 of the national registry are listed in Annex B. Both regression testing and tests on the new functionality were successfully carried out prior to release of the version to Production. The site acceptance test was carried out by quality assurance consultants on behalf of and assisted by the European Commission.

Rapport SIAR 2018

Les rapports R2 à R5 sont vides.

15 Information sur la minimisation des effets adverses sur les pays en développement des politiques et mesures mises en œuvre par la France (article 3.14)

15.1 Description des externalités potentielles des politiques et mesures de la France

Les parties doivent selon l'article 3.14 du protocole de Kyoto faire en sorte que la mise en œuvre de leurs politiques nationales dans le cadre du protocole de Kyoto ne nuise pas aux autres parties. De nouvelles actions entreprises ont été menées en 2015.

Impacts des politiques et mesures

La France met en oeuvre chaque année de nombreuses actions de renforcement de capacité des pays en développement et de transfert de technologie. Ces actions permettent de minimiser les effets adverses des politiques et mesures. Elles sont présentées de façon détaillée dans ce rapport bisannuel mais également chaque année dans le rapport national d'inventaire.

En plus du transfert de technologie et d'expertise, la France aide les pays en développement à renforcer et à enrichir leurs systèmes d'observation du changement climatique via son réseau d'observation du climat mais également ses projets de recherche et de coopération (voir le chapitre VIII de la septième communication nationale).

Concernant les politiques et mesures mises en place dans le cadre de politiques européennes, la France en tant qu'État membre de l'Union européenne se doit de transposer le droit européen dans son système législatif. Dans le processus d'adoption de politiques européennes, l'Europe a mis en place un système permettant d'estimer les impacts positifs et négatifs de celles-ci, dont les effets sur les autres pays dans le cadre des études d'impact. La prise en compte de ces études d'impact est un élément clef de la décision finale de la définition de la politique et mesure. Elles permettent de s'assurer que les impacts négatifs d'une politique européenne sur les pays en développement soient minimisés et d'assurer ainsi que les dispositions législatives françaises issues du droit européen respectent bien l'engagement pris dans le cadre du protocole de Kyoto en accord avec son article 3.14. Toutes ces études d'impacts sont rendues publiques sur le site : http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/?fuseaction=ia.

Le tableau ci-dessous liste les effets directs et indirects estimés de certaines politiques et mesures climatiques de la France.

Le tableau à l'adresse Internet suivante liste les effets directs et indirects estimés de certaines politiques et mesures climatiques de la France, page 24 :

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/10138.php

Renforcement de capacité

Le spectre thématique du renforcement de capacité de la France s'élargit avec les années. La septième communication nationale et le troisième rapport bisannuel de la France, publiés en janvier 2018, sont l'occasion de mettre en avant les progrès réalisés en matière d'échanges et de partages sur les cadres et outils d'atténuation et d'adaptation aux effets du changement climatique. Les principaux éléments sont repris ici et dans le NIR.

L'adaptation au changement climatique et l'intégration des questions climatiques dans les politiques nationales

La lutte contre le changement climatique est une priorité nationale et les mesures nécessaires pour limiter son ampleur, par la baisse de nos émissions de gaz à effet de serre (i.e. l'atténuation du changement climatique), font l'objet du Plan climat de la France, mis à jour régulièrement, la dernière version a été publié en juillet 2017. Préparé à la demande du Président de la République et du Premier ministre, le Plan Climat vise à mobiliser l'ensemble du gouvernement sur les mois et années à venir pour faire de l'Accord de Paris une réalité pour les Français, pour l'Europe et pour l'action diplomatique de la France. Avec le Plan Climat, la France accélère l'application opérationnelle de l'Accord de Paris.

La France est engagée dans différentes coalitions qui participent au renforcement des capacités des pays en développement, pour les aider à monter en compétence et élaborer et mettre en œuvre des politiques de réduction des émissions et d'adaptation au changement climatique. Par exemple, dans le cadre de l'Alliance mondiale pour le bâtiment et la construction (GABC), le programme pour l'efficacité énergétique dans les bâtiments (PEEB), lancé par l'Agence Française de Développement, la GIZ et l'ADEME à la COP22, vise à créer une nouvelle facilité internationale dédiée à l'efficacité énergétique dans les bâtiments, pour les pays en développement et émergents. D'autres exemples illustrent le soutien financier et la contribution au renforcement de capacités, tels que l'initiative « Mobilise your City », qui soutient des Etats et villes de pays en développement dans l'élaboration de stratégies de mobilité urbaine durable, ou encore l'initiative sur les systèmes d'alerte précoce pour la résilience au changement climatique (CREWS), qui agit pour l'amélioration des systèmes d'alertes précoces face aux catastrophes naturelles dans les pays les moins avancées, avec pour objectif la mobilisation de 100 millions de dollars d'ici 2020 pour ce sujet peu représenté dans les aides multi ou bilatérales.

La France a participé (et participe encore) à plusieurs projets visant à renforcer les capacités d'adaptation au changement climatique de ses membres. Des exemples figurent dans le tableau ci-dessous.

Bénéficiaire Pays/ Région	Champ	Programme ou titre du projet	Description du programme ou du projet
Bénin, Gabon, Ouganda, Kenya	Mitigation, adaptation, INDC	Africa4Climate	Appui à l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies de développement sobres en carbone et résilientes aux changements climatiques en Afrique, financé par l'AFD et le FFEM et mis en œuvre par Expertise France.
Océan indien occidental	Adaptation	Indian Ocean Commission	Appui de l'Onerc en 2014 à la définition d'un réseau d'échange de données dans la zone de l'Océan Indien ouest auprès de toutes les délégations nationales de la zone.
Afrique	Multiple Areas	AMMA	Concernant le SMOC en Afrique, l'expérience internationale AMMA s'est prolongée depuis 2010. AMMA-CATCH, système d'observation pour un suivi à long terme des impacts de la mousson en Afrique de l'Ouest a été maintenu. Il avait été initié par le MESR et il bénéficie du soutien de l'IRD (Institut de recherche pour le développement) et de l'INSU (L'Institut national des sciences de l'Univers).

Bassin méditerranéen	Multiple Areas	MISTRALS	Lancé en 2008 pour une durée prévue jusqu'en 2020, MISTRALS a pris de l'ampleur sur le terrain en 2010. C'est un méta-programme international de recherches fondamentales et d'observations interdisciplinaires et systématiques dédié à la compréhension du fonctionnement et de l'évolution de l'environnement dans le bassin méditerranéen sous les pressions du changement global anthropique pour en prédire l'évolution future. Au-delà de sa vocation académique, MISTRALS a également pour ambition de transformer les objectifs et résultats de recherche en concepts et données accessibles aux décideurs, acteurs territoriaux et gestionnaires, afin d'identifier les besoins et nécessités nationaux et transnationaux et de répondre aux enjeux sociétaux, environnementaux et économiques pour le développement durable des pays et des populations partageant l'aire méditerranéenne.
			http://www.mistrals-home.org/spip/spip.php?rubrique39
Afrique, SIDS	Mitigation, Adaptation	Facilité française de préparation aux INDC	Préparation des INDC d'une trentaine de pays
Europe du Sud, Bassin méditerranéen, Europe, Vietnam	Adaptation	Bilateral and multilateral cooperations	L'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, a participé à différents travaux :
			- l'adaptation steering group installé par la Commission européenne pour l'élaboration d'une stratégie communautaire d'adaptation au changement climatique (2013-2014-2015) ;
			- dans le cadre des travaux de l'agence européenne de l'Environnement :
			- Mise à jour de la plate-forme Climate-Adapt
			- Participation à la rédaction des rapports thématiques
			- Rencontre multilatérale de pays d'Europe pour le partage d'expériences en matière d'évaluation des politiques publiques d'adaptation (Copenhague, 2015) ;
			- Interventions nombreuses à des séminaires et conférences organisées dans le cadre de la COP21, dont par exemple :
			Oslo, Prague, Sofia, Bucarest, Zagreb, Alger...
			- Accueil de délégations de pays tels que Bosnie, Japon, Turquie,
			a. dialogue multilatéral avec les pays riverains de l'arc alpin dans le cadre de la convention alpine (Vienne, 2013, 2014 et 2015) ;
			b. atelier de travail bilatéral sur les politiques d'adaptation Pologne-France (Varsovie, 2014) ;

			c. Co-présidence du groupe franco-chinois d'experts de haut niveau sur le changement climatique (Paris Juin 2014, Pékin Avril 2015)
			Météo-France et les ministères concernés participent aux travaux de mise en place du cadre mondial pour les services climatiques dans le cadre de l'OMM.
Afrique	Cities, Mitigation and adaptation	CICLIA	Décidé en 2016, financement en partie par l'AFD ainsi qu'en délégation à l'AFD de fonds de l'Union Européenne et de SECO d'activités
			- d'accompagnement technique à la planification Climat des villes
			- de préparation de projets à co-bénéfices Climat
			- d'assistance et de renforcement de capacité auprès des maîtrises d'ouvrage locales
Océan indien occidental	Adaptation	Maurice	Projet ACCION (Adaptation to Climate Change actION in Mauritius) porté par l'AFD en septembre 2016
Afrique subsaharienne	Planification énergie-climat, adaptation	Convention des Maires en Afrique subsaharienne	Projet de l'Union européenne auquel l'ADEME participe sur les aspects méthodologiques et de renforcement de capacités des 13 villes africaines engagées pour l'élaboration de leurs stratégies énergie-climat

- **Mise en place d'un système national de rapportage (inventaire de GES, projections, préparation de NAMA's)**

La France participe depuis 2014, techniquement et financièrement, aux activités du « cluster francophone » en cofinançant avec la Belgique et l'Allemagne des ateliers de renforcement de capacité à l'intention des pays en développement francophones. Le Cluster francophone est une initiative du Partenariat International sur l'Atténuation et le MRV. Il a été créé en 2013. Il a pour but de permettre des échanges d'informations, d'expertises et d'expériences entre partenaires francophones, pays en voie de développement et pays développés, concernant les inventaires de GES, le développement de NAMA, le processus MRV et la formulation des contributions prévues déterminées au niveau national (INDC en anglais). Plusieurs ateliers ont été organisés entre 2013 et 2015 (voir http://mitigationpartnership.net/cluster-francophone). Un side event de présentation du retour d'expérience de ces ateliers a eu lieu lors de la COP 21 de Paris. En 2016, deux nouveaux ateliers ont été organisés, le premier en avril à Abidjan et le second en décembre à Casablanca. En 2017, un nouvel atelier a été organisé à Rome. Un atelier dédié à l'adaptation a eu lieu à Douala en 2018, avec la participation de l'ONERC.

Critères de choix des projets MDP

Les critères de choix retenus pour les projets au titre du mécanisme pour un développement propre (MDP) constituent également un moyen de réduire les conséquences néfastes pour les pays en développement. Dans le cadre de la mise en place de projets MDP, la France a délivré en 2016 des lettres d'autorisation pour des projets de traitement par torchage de méthane issu des déchets au Brésil.

15.2 Ressources financières

Lors de l'Assemblée Générale des Nations Unies, en septembre 2015, la France a annoncé une augmentation de ses financements climat annuels de 3 Md€ en 2015 à 5 Md€ en 2020, dont 1 Md€ seront consacrés au financement de l'adaptation aux changements climatiques. Fin 2017, la France a annoncé le rehaussement de la part consacrée à l'adaptation au changement climatique, qui a été portée à 1,5 Md€ en 2020. Le Comité interministériel de la coopération internationale et du développement (CICID) du 8 février 2018 inscrit l'aide publique au développement (APD) parmi les priorités du **gouvernement jusqu'en 2022 et réaffirme l'objectif général de l'éradication de la pauvreté, la mise en oeuvre des** Objectifs de développement durable (ODD), de l'Accord de Paris et la protection des biens communs mondiaux**. Il réaffirme également l'orientation prioritaire de l'aide au développement française vers l'Afrique.**

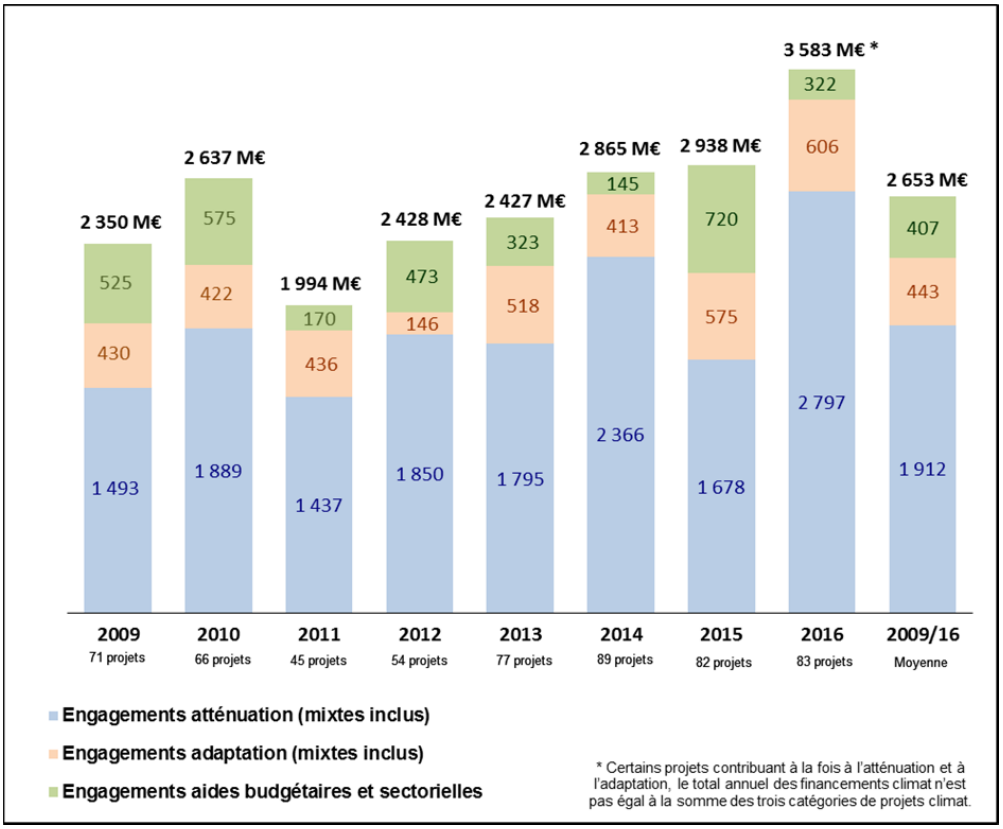
Entre 2013 et 2017, la France a augmenté de 67% ses financements publics pour l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques dans les pays en développement, à travers des sources bilatérales et multilatérales. En 2017, le volume total de financements fournis par la France s'établissait ainsi à près 4,4 milliards d'euros (4,9 md USD), contre 2,6 milliards d'euros en 2013 (3,5 md USD).

Coopération bilatérale

Soutien financier fourni par le groupe Agence française de développement

La France est un acteur majeur de l'aide bilatérale au développement dans le domaine du climat avec un champ d'intervention très vaste, un niveau d'expertise reconnu et un engagement financier substantiel.

Ses engagements en matière de financement du climat sont mis en œuvre principalement à travers le canal bilatéral de l'Agence Française de Développement (AFD) et de sa filiale pour le secteur privé PROPARCO. Ils permettent de poursuivre l'ambitieuse politique en faveur du climat assignée à l'AFD dans le cadre de sa stratégie 2017-2022, qui prévoit notamment l'engagement d'assurer une activité du groupe AFD **compatible** à **100** % avec l'**Accord de Paris**. L'objectif d'atteinte d'au moins 50 % des engagements ayant un co-bénéfice climat est en outre confirmé et étendu à PROPARCO (contre 30 % auparavant). En 2017, le groupe AFD a engagé 4 Md€ pour le climat, contre 3,6 Md€ en 2016.



Les engagements du groupe AFD en matière de lutte contre les changements climatiques représentaient en 2017 un montant cumulé de 4,1 Md€, soit un niveau d'engagement en hausse de 14,5 % par rapport à 2016 (3,58 Md€). Ce volume représente en 2017 un ratio de 50 % des engagements de l'AFD (52 % en 2016) et 47 % des crédits de Proparco (36 % en 2016). Les financements du Groupe octroyés en 2017 en faveur de l'atténuation atteignent près de 2,8 Mds€. Les octrois dans le domaine de l'adaptation représentent 832 M€ (+37% par rapport à 2016) et représentent 20 % de l'activité « climat » totale de l'AFD (hors projets mixtes atténuation/adaptation), en hausse par rapport à 2016.

L'outil d'évaluation de l'impact carbone des projets, mis en place en 2007, permet d'estimer *ex-ante* que les projets d'atténuation cofinancés par le groupe AFD en 2017 devraient permettre d'éviter l'émission de 4,8 millions de tonnes équivalent CO_2 par an tout au long de leur durée de vie.

Afin de s'assurer que les financements fournis répondent aux besoins des pays récipiendaires en matière d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques, les agences locales de l'AFD identifient les projets et besoins des pays récipiendaires en lien avec les partenaires et maîtrise d'ouvrage assurée par ces pays. Elle s'appuie également sur la signature de contrats de financement avec les autorités nationales et locales des pays d'intervention. En outre, l'AFD a déployé, à la suite de la COP21, plusieurs instruments spécifiques permettant d'accompagner la mise en œuvre des engagements climatiques des pays en développement, à l'exemple d'une « facilité CDN », d'un montant de 30 M€, visant à accompagner une quinzaine de pays dans la traduction de leurs engagements volontaires de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation en plans d'investissement, avec une concentration sur l'Afrique et l'adaptation. Plusieurs autres facilités, faisant appel à des cofinancements de l'Union Européenne, visent également à accompagner la mise en œuvre des engagements climatiques des pays en développement. On notera à titre d'exemple une facilité pour les énergies renouvelables en Afrique de 24 M€ ou encore le « fonds CICLIA », doté de 12 M€, visant à accompagner les villes d'Afrique dans la mise en œuvre de leurs politiques de lutte contre le changement climatique, dont le déploiement est en cours jusqu'en 2020.

Soutien financier fourni par le fonds français pour l'environnement mondial

Le Fonds Français pour l'Environnement mondial (FFEM) est un fonds public bilatéral créé en 1994 et destiné à favoriser la protection de l'environnement dans les pays en développement, autour de six thématiques : changements climatiques, biodiversité, eaux internationales, dégradation des terres incluant la désertification et la déforestation, polluants organiques persistants et protection de la couche d'ozone. Il intervient dans le respect des engagements stratégiques de la France et des accords multilatéraux environnementaux qu'elle a signés, et se distingue d'autres initiatives publiques nationales en mettant l'innovation au cœur de son action.

Les priorités thématiques et géographiques du FFEM correspondent aux orientations définies par le gouvernement français dans le cadre du Comité interministériel de la coopération internationale et du développement (CICID).

Les axes thématiques fondamentaux du FFEM, correspondant à la production de biens publics mondiaux tels que définis dans les grandes conventions internationales ou forums internationaux y afférents, concernent :

- la lutte contre le changement climatique, avec, entre autres, une spécificité pour l'adaptation (au moins 35% des engagements totaux) ;
- la préservation et la gestion de la biodiversité et des ressources naturelles (au moins 35% des engagements) ;
- la protection des eaux internationales continentales et marines ;
- la lutte contre la désertification et la dégradation des terres, y compris la déforestation ;
- la lutte contre les polluants chimiques, en particulier le mercure ;
- l'élimination des substances qui appauvrissent la couche d'ozone stratosphérique.

Les priorités géographiques du FFEM incluent l'Afrique et la Méditerranée. Pour la période 2015-2018, l'objectif fixé est d'engager au moins deux tiers des ressources du Fonds sur ces régions.

Depuis 1994, il a financé 301 projets pour un montant total de plus de 354 millions d'euros, avec près de 3,5 milliards d'euros de cofinancements. Sur ce total, la part du changement climatique représente 103 projets pour un total d'engagement de 129 millions d'euro, répartis comme suit :

- Afrique et Méditerranée : 69%
- Amérique latine et Caraïbes : 16%
- Asie-Pacifique : 11%
- Europe de l'Est : 4%.

La reconstitution des engagements financiers du FFEM s'effectue par périodes quadriennales. Sur la période 2015-2018, le FFEM mobilise 90 M€ de financements, avec un objectif d'allouer au moins 35 % de ses fonds à la lutte contre les changements climatiques, dont la moitié sur la thématique spécifique de l'adaptation. En 2017, le FFEM a engagé un volume total de 6,4 M€, dont 3,1 M€ relatifs à des projets d'atténuation ou d'adaptation aux changements climatiques. Sa reconstitution pour la période de 2019-2022 et la refonte de son cadre stratégique d'intervention ont été finalisés fin 2018.

Soutien financier fourni sous forme de dons (FASEP) et de prêts par le Trésor français

La France contribue, sous forme de dons, au financement d'études de faisabilité, d'assistance technique et de démonstrateurs de technologies innovantes dédiés à l'environnement et au développement durable, dans le cadre du Fonds d'études et d'aide au secteur privé (FASEP). Cet instrument finance des prestations réalisées par des bureaux d'études ou entreprises innovantes français et bénéficie à des entités publiques dans des pays s'inscrivant dans les cibles prioritaires de l'aide publique au développement française (soit près d'une centaine de pays récipiendaires) et pour des projets de développement économique durable répondant aux besoins de ces pays (meilleur accès à l'eau, à l'électricité, amélioration de l'offre de transports, etc.).

Le ministère de l'économie et des finances soutient également, par l'intermédiaire des prêts du Trésor concessionnels (élément-don d'au moins 35 % par rapport à un taux de marché de référence), des projets d'infrastructures portés par des entités publiques dans des pays à revenu intermédiaire tranche inférieure (soit une trentaine de pays récipiendaires) et ayant un co-bénéfice « climat ». Des prêts directs peuvent également être octroyés depuis 2015 sur de nombreuses géographies. Les secteurs concernés visent essentiellement le développement durable et la thématique du changement climatique (transports de masse, eau et environnement, énergies renouvelables, etc.).

En 2017, 128 M€ ont été engagés sous forme de prêt du Trésor concessionnel en faveur du climat et 9,5 M€ sous forme de dons dans le cadre de FASEP (21 projets au total). A titre de comparaison, sur la période 2013-2016, 342 M€ ont été engagés sous forme de prêts du Trésor ayant un co-bénéfice climat et 21,5 M€ sous forme de dons dans le cadre de FASEP[35].

Coopération multilatérale

Avec une contribution de près de 11,5 milliards de dollars en 2017, la France est le cinquième bailleur mondial en volume parmi les pays de l'OCDE en matière d'aide publique au développement multilatérale[36] et se situe au troisième rang des pays du G7 en termes de contribution rapportée au revenu national brut. Elle considère que le système multilatéral se doit d'être exemplaire et moteur en matière de lutte contre les changements climatiques, avec notamment pour finalité d'appuyer la mise en œuvre des contributions déterminées au niveau national par les pays en développement signataires de l'accord de Paris. A ce titre, la France est l'un des principaux contributeurs aux institutions financières et fonds multilatéraux dédiés au financement du climat.

Une part importante de l'action de la France est dédiée à sa participation aux banques de développement et aux fonds multilatéraux de développement, tels l'Association internationale de développement (AID), guichet concessionnel de la Banque mondiale, le Fonds africain de développement (FAD), le guichet concessionnel de la Banque africaine de développement, le Fonds asiatique de développement (FAsD), le fonds spécial de la banque interaméricaine de développement et le fonds international de développement agricole (FIDA). Ces banques et fonds consacrent une partie de leurs ressources à la lutte contre les effets du changement climatique. En 2016, la France a rapporté pour la première fois la part « climat » imputable à sa contribution dans ces fonds concessionnels. En 2017, la part « climat » des décaissements réalisés dans ces instruments concessionnels est estimée représenter 99M€ (111 M US$).

35 La Biélorussie, la Turquie et l'Ukraine, qui sont des pays éligibles à l'APD, et donc aux Prêts concessionnels du Trésor et au FASEP, mais qui sont considérés comme des pays développés au sein de la CCNUCC (pays Annexe I), ne sont pas considérés dans le cadre du rapportage à la CCNUCC.

36 Source : http://www2.compareyourcountry.org/oda?cr=oecd&lg=fr

Contribution au Fonds vert pour le climat

Le Fonds vert pour le climat, décidé à la conférence climat de Copenhague en 2009, est le principal fonds multilatéral consacré au financement de l'atténuation et l'adaptation des pays en développement vers des économies sobres en carbone et résilientes. Sa mobilisation initiale de ressources est de 10,3 Mds USD. Il vise une répartition équilibrée entre atténuation et adaptation et une allocation minimale de 50 % de ses ressources consacrées à l'adaptation pour les pays les moins avancés, les Etats africains et les petits Etats insulaires en développement.

A fin 2017, 54 projets pour un montant total de plus de 2,6 milliard de dollars avaient été approuvés. A fin 2018, ce portefeuille s'est étoffé et représente actuellement 4,6 MdUS$ engagés au bénéfice de 93 projets. Les financements au bénéfice de projets d'atténuation représentent 40% du portefeuille, les projets d'adaptation 25% et les projets mixtes 36%. L'Agence française de développement (AFD) et sa filiale Proparco, spécialisée dans le financement du secteur privé, ont été accréditées au Fonds vert. Trois projets présentés par l'AFD au conseil de fonds ont été approuvés à ce jour.

L'Agence française de développement (AFD) et sa filiale Proparco, spécialisée dans le financement du secteur privé, ont été accréditées au Fonds vert. Trois projets présentés par l'AFD au conseil de fonds ont été approuvés à ce jour.

La France contribue à hauteur d'un milliard de dollars au Fonds vert pour le climat, soit la quatrième contribution en montant et la cinquième en équivalent-don. Cette contribution inclut 489 M€ en don pur et 285 M€ en prêt concessionnel garanti par l'Etat français. Après un premier versement de 104 M€ de don en 2015, un second versement de 62 M€ a été réalisé en 2016, en avance sur les engagements pris. Conformément au calendrier prévu pour les versements, en 2017, la France a poursuivi son engagement à hauteur de 162 M€ en don et a décaissé l'intégralité du prêt concessionnel. En 2018, la France a finalisé le versement intégral de sa contribution annoncée en 2015. Le fonds vert pour le climat vise un équilibre entre les financements dédiés à l'atténuation aux changements climatiques et ceux dédiés à l'adaptation. La France est en outre impliquée activement dans le cadre des travaux en cours de préparation de la reconstitution de ce fonds.

Contribution au Fonds pour l'environnement mondial

Créé en 1991, le Fonds pour l'environnement mondial, dont la France a été l'un des promoteurs principaux aux côtés de l'Allemagne, est l'un des principaux instruments multilatéraux en matière de préservation de l'environnement mondial. Ce fonds intervient, outre la réduction des émissions de gaz à effet de serre, dans les domaines de la protection de la biodiversité, de la protection des eaux internationales, des luttes contre l'appauvrissement de la couche d'ozone, contre la dégradation des sols et contre les polluants organiques persistants.

Le FEM est le mécanisme financier pour cinq conventions :

- Convention sur la diversité biologique (CDB) ;
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) ;
- Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP) ;
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULD) ;
- Convention de Minamata sur le Mercure

La France contribue à hauteur de 300 M$ (216 M€) au Fonds pour l'environnement mondial pour la période 2019-2022, après une contribution similaire en dollars pour 2015-2018. La France apporte la quatrième contribution en valeur à ce fonds. Sur cette période, ce fonds a mobilisé 28,4% de ses ressources à des projets de lutte contre le changement climatique,. L'intégralité des financements climat du FEM correspond à des projets d'atténuation aux changements climatiques. Si

la fenêtre climatique du FEM doit être réduite sur la période 2019-2022, les co-bénéfices climat des projets financés par cette institution seront en hausse.

En outre, le Fonds multilatéral du Protocole de Montréal relatif à la préservation de la couche d'ozone (FMPM)37, dont la contribution française s'élève à 34,04 M€ pour la période 2018-2020, inclut depuis 2018 l'élimination de substances à fort pouvoir de réchauffement climatique.

Contribution au Fonds pour les pays les moins avancés

Le fonds pour les pays les moins avancés (Least Developed Countries Fund – LDCF) est dédié à l'adaptation et aux transferts de technologies dans les pays en développement, hébergés et gérés par le FEM. La France y a apporté **25 M€ en dons en 2016-2017 et a annoncé lors de la COP24 en décembre 2018 une contribution additionnelle de 20 M€ pour 2018-2019.**

Contribution au Fonds d'adaptation

Le Fonds d'adaptation a été institué en 2007 et est placé sous le protocole de Kyoto. Il a mobilisé environ 800 MUSD depuis sa création. Il est dédié au financement exclusif de projets d'adaptation dans les pays en développement, ciblant en particulier les plus vulnérables. Depuis sa création, le fonds a financé 66 projets, dont 22 en Afrique, 20 en Amérique latine et Caraïbes, 18 en Asie, 5 dans le Pacifique et un projet en Europe de l'Est. 27% des bénéficiaires figurent parmi les pays les moins avancés et 18% sont des Petits Etats insulaires en développement (PEID). La France a contribué à hauteur de 5 millions d'euros en 2015 et a annoncé lors de la COP24, en décembre 2018, une nouvelle contribution à hauteur de 15 M€.

15.3 Transfert de technologie

Depuis la sixième communication nationale, le contexte technologique a fortement évolué. On a vu se développer et se déployer à grande échelle des filières bas-carbone, particulièrement dans le secteur des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Les pays sont de plus en plus nombreux à vouloir mettre en œuvre ces technologies, au Nord comme au Sud, puisqu'on estime à plus de 164 le nombre de pays s'étant dotés d'un objectif de production d'énergie renouvelable38, dont la moitié parmi les pays en développement.

Au plan bilatéral, cette coopération passe par le biais de travaux avec l'Afrique notamment, mais également de pays comme le Brésil, l'Indonésie ou la Chine. Il s'agit notamment de coopérations stratégiques dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Dans cette phase de mise en œuvre des politiques publiques, le secteur privé et la coopération décentralisée jouent un rôle particulièrement important en tant qu'acteurs opérationnels développant sur le terrain les capacités nécessaires à implanter les projets bas-carbone et portant ces transferts de technologie. Les entreprises et collectivités françaises sont particulièrement actives en la matière et développent des projets aussi bien matures qu'innovants dans un nombre grandissant

38 REN 21, 2015
176

de pays. Le 21 mai 2015, M. Laurent Fabius, Ministre des Affaires étrangères et du développement international, et M. Matthias Fekl, secrétaire d'Etat chargé du commerce extérieur, de la promotion du tourisme et des Français de l'étranger, ont nommé M. Jean Ballandras, Secrétaire général d'AKUO ENERGY, Fédérateur Export « Energies renouvelables » (remplacé depuis par Michel Crémieux, Directeur général adjoint de Voltalia). Celui-ci a pour mission de promouvoir la filière française des énergies renouvelables à l'international et d'accélérer le déploiement de solutions concrètes sur le terrain. Cette action permet de renforcer la coopération technologique avec un certain nombre de pays dans le domaine des énergies renouvelables.

Sur le plan multilatéral, la coopération technologique de la France se fait au travers des grands partenariats énergétiques internationaux, comme l'Agence internationale de l'énergie (AIE), et notamment au sein de la plate-forme internationale de l'AIE sur les technologies sobres en carbone établie en octobre 2010, la CEM (Clean Energy Ministerial) ou encore l'IPEEC (International Partnership for Energy Efficiency Cooperation). Dans un contexte plus large d'opérationnalisation de la démarche SE4All (Sustainable Energy for All), la montée en puissance de l'IRENA (International Renewable Energy Agency), agence récente ayant une vocation forte d'appui aux pays et dans laquelle la France est le sixième contributeur, mérite d'être saluée. Il convient également d'évoquer les traités multilatéraux de grande ampleur, au premier rang desquels la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) permettant l'appui et l'accélération des transferts de technologie et le partage d'expériences, sous laquelle un Mécanisme en faveur du transfert de technologies en appui à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique vers les pays en développement a été créé et est maintenant pleinement opérationnel. Les travaux du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) ou de la FAO (Food and Agriculture Organisation) favorisent aussi le partage d'expérience et d'outils utiles à la transition bas-carbone.

La coopération technologique telle que représentée dans la table CTF ci-dessous doit être comprise au sens large, et intègre notamment des transferts de savoir-faire, de méthodes, ou d'outils, nécessaires à la mise en œuvre des technologies de la transition bas-carbone. Le tableau CTF présenté n'a aucune vocation à être exhaustif, mais vise plutôt à montrer via quelques exemples comment les secteurs publics et privés français se sont saisis de la question à tous les niveaux. Ceci permet de générer une coopération technologique de grande ampleur allant au-delà des canaux bilatéraux et multilatéraux classiques de l'aide publique au développement.

Déclarations relatives à d'autres informations pertinentes pour le changement climatique

Adoption de la Stratégie Nationale Bas-Carbone de la France

Le niveau des émissions de gaz à effet de serre par habitant est déjà en France l'un des plus faibles parmi les pays développés, grâce à quatre décennies de politiques de maîtrise de l'énergie et de décarbonisation du mix électrique. Mais cela ne suffit plus et il faut aller plus loin.

Par la loi de transition énergétique pour la croissance verte, promulguée le 17 août 2015, la France s'est engagée à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050. Pour atteindre ces objectifs, la loi a notamment instauré de nouveau outils pour orchestrer la transition vers une économie bas-carbone : la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et les « budgets carbone ».

Les « budgets carbone » sont les plafonds d'émissions de gaz à effet de serre fixés par périodes successives de 4 puis 5 ans, pour définir la trajectoire de baisse des émissions. Ils sont déclinés à titre indicatif par grands domaines d'activité (transport, logement, industrie, agriculture, énergie, déchets).

La SNBC donne les orientations stratégiques pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone et durable. La SNBC porte notamment deux grandes ambitions : réorienter les investissements en faveur de la transition énergétique et placer au cœur des décisions économiques l'objectif de réduction de l'empreinte carbone. Elle a été co-construite avec la société civile, via l'association étroite des organisations représentées au Conseil national de la transition écologique et par une consultation du public en ligne.

Le décret fixant les trois premiers « budgets carbone » pour les périodes 2015-2018, 2019-2023, 2024-2028 et approuvant la SNBC a été publié au Journal officiel le 19 novembre 2015.

Elle sera revue d'ici fin juin 2019 puis tous les 5 ans. A chacune de ces occasions, un bilan pour la période couverte par le précédent budget sera réalisé par un comité d'experts indépendants, la visibilité sur la trajectoire de réduction d'émission étendue de 5 ans et la stratégie renforcée afin de pouvoir intégrer les nouvelles possibilités pour rehausser l'ambition.

La stratégie nationale bas-carbone ainsi que des plaquettes de présentation du document en français et anglais sont également disponibles à partir de l'URL :

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone

Des documents de présentation de la loi de transition énergétiques pour la croissance verte sont notamment disponibles à partir de l'URL :

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/loi-transition-energetique-croissance-verte

Stratégie et planification de l'adaptation au changement climatique au niveau national

Le Gouvernement a publié en décembre 2018 – après une période de consultation – un nouveau Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) qui sera mis en œuvre pendant le quinquennat. Son objectif sera de mieux protéger les Français face aux événements climatiques extrêmes, mais aussi de construire la résilience des principaux secteurs de l'économie (agriculture, industrie, tourisme) face aux changements climatiques. La France augmentera ses financements dédiés à l'adaptation de ses territoires et de son économie pendant le quinquennat pour agir dans les territoires métropolitains et d'outre-mer sur la prévention des impacts du changement climatique, la résilience et la mobilisation des solutions d'adaptation basées sur la nature. L'adaptation au changement climatique du territoire français en métropole et en outre-mer est également considérée comme un enjeu majeur qui doit être envisagé dans sa complémentarité essentielle aux actions d'atténuation déjà engagées et à venir.

Le début de l'action de l'État dans le domaine de l'adaptation au changement climatique a commencé par l'adoption de la Loi n°2001-153 du 19 février 2001 conférant à la lutte contre l'effet de serre et à la prévention des risques liés au réchauffement climatique la qualité de priorité nationale et portant création d'un Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC) en France métropolitaine et dans les départements et territoires d'outre-mer. Cette loi conférant à l'ONERC une mission explicite sur l'adaptation au changement climatique, s'ensuivit par l'adoption de la Stratégie nationale d'adaptation en 2006 et du premier Plan National d'Adaptation au Changement Climatique en juillet 2011. Au niveau régional et local, les actions d'adaptation sont mises en œuvre à travers les Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), les Schémas d'aménagement régionaux (SAR), les Schémas Régionaux Climat Air (SRCAE) Énergie et les Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET) qui doivent également posséder un volet adaptation.

16 Déclarations relatives à d'autres informations pertinentes pour le changement climatique

Déclarations relatives à d'autres informations pertinentes pour le changement climatique

Adoption de la Stratégie Nationale Bas-Carbone de la France

Le niveau des émissions de gaz à effet de serre par habitant est déjà en France l'un des plus faibles parmi les pays développés, grâce à quatre décennies de politiques de maîtrise de l'énergie et de décarbonisation du mix électrique. Mais cela ne suffit plus et il faut aller plus loin.

Par la loi de transition énergétique pour la croissance verte, promulguée le 17 août 2015, la France s'est engagée à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050. Pour atteindre ces objectifs, la loi a notamment instauré de nouveau outils pour orchestrer la transition vers une économie bas-carbone : la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et les « budgets carbone ».

Les « budgets carbone » sont les plafonds d'émissions de gaz à effet de serre fixés par périodes successives de 4 puis 5 ans, pour définir la trajectoire de baisse des émissions. Ils sont déclinés à titre indicatif par grands domaines d'activité (transport, logement, industrie, agriculture, énergie, déchets).

La SNBC donne les orientations stratégiques pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone et durable. La SNBC porte notamment deux grandes ambitions : réorienter les investissements en faveur de la transition énergétique et placer au cœur des décisions économiques l'objectif de réduction de l'empreinte carbone. Elle a été co-construite avec la société civile, via l'association étroite des organisations représentées au Conseil national de la transition écologique et par une consultation du public en ligne.

Le décret fixant les trois premiers « budgets carbone » pour les périodes 2015-2018, 2019-2023, 2024-2028 et approuvant la SNBC a été publié au Journal officiel le 19 novembre 2015.

Elle sera revue d'ici fin juin 2019 puis tous les 5 ans. A chacune de ces occasions, un bilan pour la période couverte par le précédent budget sera réalisé par un comité d'experts indépendants, la visibilité sur la trajectoire de réduction d'émission étendue de 5 ans et la stratégie renforcée afin de pouvoir intégrer les nouvelles possibilités pour rehausser l'ambition.

La stratégie nationale bas-carbone ainsi que des plaquettes de présentation du document en français et anglais sont également disponibles à partir de l'URL :

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone

Des documents de présentation de la loi de transition énergétiques pour la croissance verte sont notamment disponibles à partir de l'URL :

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/loi-transition-energetique-croissance-verte

Stratégie et planification de l'adaptation au changement climatique au niveau national

Le Gouvernement a publié en décembre 2018 – après une période de consultation – un nouveau Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) qui sera mis en œuvre pendant le quinquennat. Son objectif sera de mieux protéger les Français face aux événements climatiques extrêmes, mais aussi de construire la résilience des principaux secteurs de l'économie (agriculture, industrie, tourisme) face aux changements climatiques. La France augmentera ses financements dédiés à l'adaptation de ses territoires et de son économie pendant le quinquennat pour agir dans les territoires métropolitains et d'outre-mer sur la prévention des impacts du changement climatique, la résilience et la mobilisation des solutions d'adaptation basées sur la nature. L'adaptation au changement climatique du territoire français en métropole et en outre-mer est également considérée comme un enjeu majeur qui doit être envisagé dans sa complémentarité essentielle aux actions d'atténuation déjà engagées et à venir.

Le début de l'action de l'État dans le domaine de l'adaptation au changement climatique a commencé par l'adoption de la Loi n°2001-153 du 19 février 2001 conférant à la lutte contre l'effet de serre et à la prévention des risques liés au réchauffement climatique la qualité de priorité nationale et portant création d'un Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC) en France métropolitaine et dans les départements et territoires d'outre-mer. Cette loi conférant à l'ONERC une mission explicite sur l'adaptation au changement climatique, s'ensuivit par l'adoption de la Stratégie nationale d'adaptation en 2006 et du premier Plan National d'Adaptation au Changement Climatique en juillet 2011. Au niveau régional et local, les actions d'adaptation sont mises en œuvre à travers les Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), les Schémas d'aménagement régionaux (SAR), les Schémas Régionaux Climat Air (SRCAE) Énergie et les Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET) qui doivent également posséder un volet adaptation.

Acronymes et abréviations

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AEE	Agence Européenne pour l'Environnement
Aeq	Acide équivalent
AFD	Agence Française de Développement
AFNOR	Association Française de NORmalisation
AIE	Agence Internationale de l'Energie
AR4	Fourth Assessment Report
BOD	Demande Biologique en Oxygène
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BTP	Batiment et Travaux Publics
BTS	Basse Teneur en Soufre
CCFA	Comité des Constructeurs Français d'Automobiles
CCG	Cycle Combiné Gaz
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC en anglais)
CCTN	Commission des Comptes des Transports de la Nation
CDC	Caisse des Dépôts et Consignations
CdF	Charbonnage de France
CDM	Clean Development Mechanism
CEI	Communauté des États Indépendants
CEP	Centre Energétique et Procédés
CEPALC	Commission Economique Pour l'Amérique Latine et les Caraïbes
CEPII	Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales
CFC	Chlorofluorocarbures
CFL	Compact Fluorescent Lamp
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
CH_4	Méthane
CHV	Combustible Haute Viscosité

CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CMP	Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol
CMS	Combustibles Minéraux Solides
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	Dioxyde de carbone
COD	Carbone Organique Dégradable
COFACE	Compagnie Française d'Assurance pour le Commerce Extérieur
COM	Communauté d'Outre-mer
CONCAWE	CONservation of Clean Air and Water in Europe
COP	Conference Of the Parties
COPERT	COmputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic
CORINAIR	CORe INventory of AIR emissions
COV	Composés Organiques Volatils
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
CPA	Comité des Plastiques Agricoles
CPATLD	Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontalière à Longue Distance / Long Range Transboundary Air Pollution (LRTAP)
CPDP	Comité Professionnel Du Pétrole
CPR	Commitment Period Reserve
CRF	Common Reporting Format / Format de Rapport Commun
CSC	Captage et Stockage du Carbone / Carbon Capture and Storage (CCS)
CSEUR	Consolidated System of European Registries
CSNM	Chambre Syndicale Nationale du Motocycle
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGALN	Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
DGITM	Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer
DGPAAT	Direction Générale des Politiques Agricoles, Agroalimentaires, et des Territoires
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
DIB	Déchet Industriel Banal

DMA	Déchet Ménager et Assimilés
DOM	Département d'Outre-mer
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EACEI	Enquête Annuelle des Consommations d'Energie dans l'Industrie
EdF	Electricité de France
EIONET	European Environment Information and Observation Network (Réseau européen d'observation et d'information sur l'environnement)
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EMP	Ecole des Mines de Paris
ErDF	Electricité réseau Distribution France
FAO	Food and Agriculture Organization
FFA	Fédération Française de l'Acier
FNADE	Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement
FOD	Fuel-Oil Domestique
FOL	Fuel-Oil Lourd
GCIIE	Groupe de Concertation et d'Information sur les Inventaires d'Emissions
GDF	Gaz de France
GEREP	Gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes
GES	Gaz à Effet de Serre
Gg	1 Gg (Gigagramme) = 1 000 Mg = 1 000 t = 1 kt
GIC	Grandes Installations de Combustion
GIEC	Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat / IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GPLc	Gaz de Pétrole Liquéfié carburant
GrDF	Gaz réseau Distribution France
GSP	Grande source ponctuelle
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HFC	Hydrofluorocarbures
IFN	Inventaire Forestier National

IFSTTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
ITOM	Enquête sur les Installations de Traitement des Ordures Ménagères
LTO	Landing and Take-Off
MAA	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
MTES	Ministère de la Transition écologique et solidaire
MEET	Methodologies for Estimating air Emissions from Transports
Mg	1 Mg (Megagramme) = 1 t (tonne)
N_2O	Protoxyde d'azote
NAPFUE	Nomenclature for Air Pollution of FUEls
NFR	Nomenclature For Reporting
NOx	Oxydes d'azotes : monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO_2)
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OCF	One Component Foam (mousse à composant unique)
OM	Outre Mer
OMINEA	Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques
OPALE	Ordonnancement du PArc en Liaison avec les Emissions
PFC	Perfluorocarbures
PIB	Produit Intérieur Brut
PL	Poids lourds
PRG	Potentiel de Réchauffement Global (GWP en anglais)
PTOM	Pays et Territoires d'Outre-mer
QA	Quality assurance
QC	Quality control
RTE	Réseau de Transport d'Electricité
SEQE	Système d'Echange des Quotas d'Emission
SECTEN	SECTeurs économiques et ENergie
SF_6	Hexafluorure de soufre

SNAP	Selected Nomenclature for Air Pollution / Nomenclature Spécifique pour la Pollution de l'Air
SNCU	Syndicat National du Chauffage Urbain
SO_2	Dioxyde de soufre
SO_3	Trioxyde de soufre
SDES	Service de la Donnée et des Etudes Statistiques
SSP	Service de la Statistique et de la Prospective
Tg	1 Tg (Teragramme) = 1 000 Gg = 1 000 000 Mg = 1 000 000 t
UE	Union Européenne
UIDND	Usine d'incinération de déchets non dangereux
UNIFA	UNion des Industries de la FertilisAtion
UTCATF	Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (LULUCF en anglais)
VP	Véhicule particulier
VU	Véhicule utilitaire
VUL	Véhicules Utilitaires Légers

Annexe 1

Catégories clés

TIER 1 – ANALYSE HORS UTCATF

Tableau 178 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions hors UTCATF – Tier 1

EVALUATION DES SOURCES CLES- Tier 1 - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS HORS UTCATF (*) - Périmètre Kyot

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 s_cle_hors_UTCATF.xlsx/s_cle_niv

rang	CRF	Classement Source / Combustible	Gaz à effet de serre direct	CO_2 équivalent (kt) 1990	CO_2 équivalent (kt) 2017	contribution (%) 2017	cumul (%) 2017
1	1A3b	Road Transportation	CO2	114 060	126 037	27,1%	27,1%
2	3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630	34 728	7,5%	34,6%
3	1A4b	Residential / gas	CO2	20 368	29 909	6,4%	41,0%
4	3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	26 771	5,8%	46,8%
5	1A4a	Commercial/Institutional / gas	CO2	8 740	17 141	3,7%	50,5%
6	2F1	Refrigeration and Air Conditioning	HFC	0	16 049	3,5%	53,9%
7	1A4b	Residential / oil	CO2	31 001	15 782	3,4%	57,3%
8	1A1a	Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	37 563	15 385	3,3%	60,7%
9	1A1a	Public Electricity and Heat Production / gas	CO2	974	13 474	2,9%	63,6%
10	5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594	12 333	2,7%	66,2%
11	1A2a	Iron and Steel / coal	CO2	18 214	11 046	2,4%	68,6%
12	1A4a	Commercial/Institutional / oil	CO2	20 973	10 712	2,3%	70,9%
13	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing / oil	CO2	11 031	9 228	2,0%	72,9%
14	1A2g	Manufacturing Industries / Other	CO2	11 214	7 854	1,7%	74,6%
15	2A1	Cement Production	CO2	10 937	6 483	1,4%	76,0%
16	3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	6 423	1,4%	77,3%
17	1A1a	Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	2 558	6 388	1,4%	78,7%
18	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	3 562	6 112	1,3%	80,0%
19	1A1b	Petroleum Refining / oil	CO2	11 413	5 225	1,1%	81,2%
20	2B10	Chemical Industry / Other	CO2	4 505	5 013	1,1%	82,2%
21	1A3a	Domestic Aviation	CO2	4 446	4 935	1,1%	83,3%
22	1A2c	Chemicals / gas	CO2	6 463	4 719	1,0%	84,3%
23	1A1a	Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	8 220	4 182	0,9%	85,2%
24	3B	Manure Management	CH4	3 463	3 686	0,8%	86,0%
25	1A2f	Non-metallic minerals / gas	CO2	3 962	3 397	0,7%	86,7%
26	1A1c	Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries / coal	CO2	4 054	3 030	0,7%	87,4%
27	2C1	Iron and Steel Production	CO2	4 351	2 671	0,6%	88,0%
28	1A2f	Non-metallic minerals / oil	CO2	6 068	2 514	0,5%	88,5%
29	3B	Manure Management	N2O	2 871	2 512	0,5%	89,1%
30	1B2a	Fugitive Emissions from Fuels / Oil	CO2	2 983	2 437	0,5%	89,6%
31	1A2c	Chemicals / oil	CO2	6 233	2 398	0,5%	90,1%
32	1A2d	Pulp, Paper and Print / gas	CO2	2 270	2 263	0,5%	90,6%
33	5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	2 252	0,5%	91,1%
34	1A2c	Chemicals / other fossil fuels	CO2	474	2 051	0,4%	91,5%
35	2A2	Lime Production	CO2	2 751	1 923	0,4%	91,9%
36	2F4	Aerosols	HFC	0	1 903	0,4%	92,3%
37	1A2a	Iron and Steel / gas	CO2	2 028	1 656	0,4%	92,7%
38	5C	Incineration and open burning of waste	CO2	2 209	1 572	0,3%	93,0%
39	1A1b	Petroleum Refining / gas	CO2	36	1 556	0,3%	93,4%
40	1A3b	Road Transportation	N2O	914	1 520	0,3%	93,7%
41	1A2c	Chemicals / coal	CO2	2 057	1 489	0,3%	94,0%
42	3H	Urea application	CO2	850	1 298	0,3%	94,3%
43	1A3d	Domestic navigation	CO2	1 024	1 293	0,3%	94,6%
44	1A2f	Non-metallic minerals / other fossil fuels	CO2	323	1 245	0,3%	94,8%
45	2B1	Ammonia Production	CO2	2 019	1 194	0,3%	95,1%
	…	…	…	…	…	…	…
	Total (*)			**548 069**	**464 593**		

(*) Analyse hors UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)

Tableau 179 : Évaluation des catégories clés 1990 – analyse des niveaux d'émissions hors UTCATF – Tier 1

EVALUATION DES SOURCES CLES- Tier 1 - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS HORS UTCATF (*) - Périmètre Kyoto

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 s_cle_hors_UTCATF_1990.xlsx/s_cle_niv

rang	CRF	Classement Source / Combustible	Gaz à effet de serre direct	CO_2 équivalent (kt) 1990	contribution (%) 1990	cumul (%) 1990
1	1A3b	Road Transportation	CO2	114 060	20,8%	20,8%
2	3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630	7,0%	27,9%
3	1A1a	Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	37 563	6,9%	34,7%
4	1A4b	Residential / oil	CO2	31 001	5,7%	40,4%
5	3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	5,2%	45,6%
6	1A4a	Commercial/Institutional / oil	CO2	20 973	3,8%	49,4%
7	1A4b	Residential / gas	CO2	20 368	3,7%	53,1%
8	1A2a	Iron and Steel / coal	CO2	18 214	3,3%	56,4%
9	2B3	Adipic Acid Production	N2O	14 232	2,6%	59,0%
10	5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594	2,3%	61,3%
11	1A1b	Petroleum Refining / oil	CO2	11 413	2,1%	63,4%
12	1A2g	Manufacturing Industries / Other	CO2	11 214	2,0%	65,5%
13	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing / oil	CO2	11 031	2,0%	67,5%
14	2A1	Cement Production	CO2	10 937	2,0%	69,5%
15	1A4a	Commercial/Institutional / gas	CO2	8 740	1,6%	71,1%
16	1A1a	Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	8 220	1,5%	72,6%
17	3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	1,2%	73,8%
18	1A2c	Chemicals / gas	CO2	6 463	1,2%	75,0%
19	2B2	Nitric Acid Production	N2O	6 316	1,2%	76,1%
20	1A2c	Chemicals / oil	CO2	6 233	1,1%	77,3%
21	1A2f	Non-metallic minerals / oil	CO2	6 068	1,1%	78,4%
22	1B1a	Coal Mining and handling	CH4	4 780	0,9%	79,3%
23	2B10	Chemical Industry / Other	CO2	4 505	0,8%	80,1%
24	1A3a	Domestic Aviation	CO2	4 446	0,8%	80,9%
25	2B9	Fluorochemical production	HFC	4 374	0,8%	81,7%
26	2C1	Iron and Steel Production	CO2	4 351	0,8%	82,5%
27	1A4b	Residential / biomass	CH4	4 252	0,8%	83,3%
28	1A1c	Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries / coal	CO2	4 054	0,7%	84,0%
29	1A2f	Non-metallic minerals / gas	CO2	3 962	0,7%	84,7%
30	1A2f	Non-metallic minerals / coal	CO2	3 906	0,7%	85,4%
31	2C3	Aluminium Production	PFC	3 567	0,7%	86,1%
32	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	3 562	0,6%	86,7%
33	3B	Manure Management	CH4	3 463	0,6%	87,4%
34	1A4b	Residential / coal	CO2	3 283	0,6%	88,0%
35	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / oil	CO2	3 025	0,6%	88,5%
36	1B2a	Fugitive Emissions from Fuels / Oil	CO2	2 983	0,5%	89,1%
37	3B	Manure Management	N2O	2 871	0,5%	89,6%
38	2A2	Lime Production	CO2	2 751	0,5%	90,1%
39	2B4	Caprolactam, glyoxal and glyoxylic acid production	N2O	2 573	0,5%	90,6%
40	1A1a	Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	2 558	0,5%	91,0%
41	1A2d	Pulp, Paper and Print / gas	CO2	2 270	0,4%	91,4%
42	5C	Incineration and open burning of waste	CO2	2 209	0,4%	91,8%
43	1A2c	Chemicals / coal	CO2	2 057	0,4%	92,2%
44	1A2a	Iron and Steel / gas	CO2	2 028	0,4%	92,6%
45	2B1	Ammonia Production	CO2	2 019	0,4%	93,0%
46	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / coal	CO2	1 995	0,4%	93,3%
47	2D3	Non-energy products from fuels and solvent use / Other	CO2	1 531	0,3%	93,6%
48	1B2b	Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CH4	1 512	0,3%	93,9%
49	5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	0,3%	94,1%
50	1A2d	Pulp, Paper and Print / oil	CO2	1 426	0,3%	94,4%
51	2C2	Ferroalloys Production	CO2	1 262	0,2%	94,6%
52	2B9	Fluorochemical production	PFC	1 191	0,2%	94,9%
53	1A3c	Railways	CO2	1 070	0,2%	95,1%
	…	…	…	…	…	…
	Total (*)			**548 069**		

(*) Analyse hors UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)

Tableau 180 : Évaluation des catégories clés entre 1990 et 2017 – analyse des évolutions des émissions hors UTCATF – Tier 1

EVALUATION DES SOURCES CLES- Tier 1 - ANALYSE DES EVOLUTIONS D'EMISSIONS HORS UTCATF (*) - Périmètre Kyoto

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 — s_cle_hors_UTCATF.xlsx/s_cle_evol

rang	CRF	Classement Source / Combustible	Gaz à effet de serre direct	CO_2 équivalent (kt) 1990	CO_2 équivalent (kt) 2017	Evaluation de l'évolution (**)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%) 2017
1	1A3b	Road Transportation	CO2	114 060	126 037	0,054	13,3%	13,3%
2	1A1a	Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	37 563	15 385	0,030	7,5%	20,8%
3	2F1	Refrigeration and Air Conditioning	HFC	0	16 049	0,029	7,3%	28,1%
4	1A1a	Public Electricity and Heat Production / gas	CO2	974	13 474	0,023	5,7%	33,9%
5	1A4b	Residential / gas	CO2	20 368	29 909	0,023	5,7%	39,6%
6	2B3	Adipic Acid Production	N2O	14 232	781	0,021	5,1%	44,7%
7	1A4b	Residential / oil	CO2	31 001	15 782	0,019	4,8%	49,5%
8	1A4a	Commercial/Institutional / gas	CO2	8 740	17 141	0,018	4,4%	53,9%
9	1A4a	Commercial/Institutional / oil	CO2	20 973	10 712	0,013	3,2%	57,1%
10	2B2	Nitric Acid Production	N2O	6 316	433	0,009	2,2%	59,4%
11	1A1b	Petroleum Refining / oil	CO2	11 413	5 225	0,008	2,0%	61,4%
12	1A2a	Iron and Steel / coal	CO2	18 214	11 046	0,008	2,0%	63,4%
13	1A1a	Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	2 558	6 388	0,008	1,9%	65,3%
14	1B1a	Coal Mining and handling	CH4	4 780	10	0,007	1,8%	67,1%
15	2B9	Fluorochemical production	HFC	4 374	300	0,006	1,5%	68,7%
16	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	3 562	6 112	0,006	1,4%	70,1%
17	2C3	Aluminium Production	PFC	3 567	41	0,005	1,4%	71,4%
18	1A2c	Chemicals / oil	CO2	6 233	2 398	0,005	1,3%	72,8%
19	2A1	Cement Production	CO2	10 937	6 483	0,005	1,3%	74,0%
20	1A1a	Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	8 220	4 182	0,005	1,3%	75,3%
21	1A2f	Non-metallic minerals / oil	CO2	6 068	2 514	0,005	1,2%	76,5%
22	3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	26 771	0,005	1,2%	77,7%
23	1A4b	Residential / biomass	CH4	4 252	1 071	0,005	1,2%	78,8%
24	1A2f	Non-metallic minerals / coal	CO2	3 906	936	0,004	1,1%	79,9%
25	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / oil	CO2	3 025	238	0,004	1,1%	80,9%
26	1A4b	Residential / coal	CO2	3 283	740	0,004	0,9%	81,9%
27	3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630	34 728	0,004	0,9%	82,8%
28	2B4	Caprolactam, glyoxal and glyoxylic acid production	N2O	2 573	244	0,004	0,9%	83,7%
29	2F4	Aerosols	HFC	0	1 903	0,003	0,9%	84,5%
30	5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594	12 333	0,003	0,8%	85,3%
31	1A2g	Manufacturing Industries / Other	CO2	11 214	7 854	0,003	0,8%	86,0%
32	1A2c	Chemicals / other fossil fuels	CO2	474	2 051	0,003	0,7%	86,8%
33	1A1b	Petroleum Refining / gas	CO2	36	1 556	0,003	0,7%	87,5%
34	2B10	Chemical Industry / Other	CO2	4 505	5 013	0,002	0,5%	88,0%
35	1A3a	Domestic Aviation	CO2	4 446	4 935	0,002	0,5%	88,5%
36	1A2d	Pulp, Paper and Print / oil	CO2	1 426	113	0,002	0,5%	89,0%
37	2C1	Iron and Steel Production	CO2	4 351	2 671	0,002	0,5%	89,5%
38	2B9	Fluorochemical production	PFC	1 191	3	0,002	0,5%	90,0%
39	5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	2 252	0,002	0,4%	90,4%
40	1A2f	Non-metallic minerals / other fossil fuels	CO2	323	1 245	0,002	0,4%	90,8%
41	1A2a	Iron and Steel / oil	CO2	1 065	136	0,001	0,3%	91,2%
42	1A2b	Non-Ferrous Metals / coal	CO2	904	2	0,001	0,3%	91,5%
43	1A2c	Chemicals / gas	CO2	6 463	4 719	0,001	0,3%	91,9%
44	3B	Manure Management	CH4	3 463	3 686	0,001	0,3%	92,2%
45	1A3b	Road Transportation	N2O	914	1 520	0,001	0,3%	92,6%
46	1A3b	Road Transportation	CH4	1 016	119	0,001	0,3%	92,9%
47	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / coal	CO2	1 995	990	0,001	0,3%	93,2%
48	1B2b	Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CO2	818	35	0,001	0,3%	93,5%
49	3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	6 423	0,001	0,3%	93,8%
50	2C7	Metal Production / Other	SF6	781	54	0,001	0,3%	94,1%
51	3H	Urea application	CO2	850	1 298	0,001	0,3%	94,4%
52	1A2b	Non-Ferrous Metals / oil	CO2	698	64	0,001	0,2%	94,6%
53	1A3c	Railways	CO2	1 070	385	0,001	0,2%	94,8%
54	2B1	Ammonia Production	CO2	2 019	1 194	0,001	0,2%	95,1%
	…	…	…	…	…	…	…	…
	Total (*)			**548 069**	**464 593**			

(*) Analyse hors UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)

(**) Analyse de l'évolution selon les bonnes pratiques du GIEC (cf. "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", équation 4.2, p. 4.15, vol. 1, chap.4)

TIER 1 – ANALYSE AVEC UTCATF

Tableau 181 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 1

EVALUATION DES SOURCES CLES- Tier 1 - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS AVEC UTCATF (*) - Périmètre Kyot

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 s_cle_avec_UTCATF.xlsx/s_cle_niv

rang	Classement Source / Combustible		Gaz à effet de serre direct	CO_2 équivalent (kt)	CO_2 équivalent (kt)	contribution (%)	cumul (%)
	CRF			1990	2017	2017	2017
1	1A3b	Road Transportation	CO2	114 060	126 037	22,3%	22,3%
2	4A1	Forest Land remaining Forest Land	CO2	33 901	47 763	8,4%	30,7%
3	3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630	34 728	6,1%	36,9%
4	1A4b	Residential / gas	CO2	20 368	29 909	5,3%	42,2%
5	3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	26 771	4,7%	46,9%
6	4B2	Land converted to Cropland	CO2	20 901	18 619	3,3%	50,2%
7	1A4a	Commercial/Institutional / gas	CO2	8 740	17 141	3,0%	53,2%
8	2F1	Refrigeration and Air Conditioning	HFC	0	16 049	2,8%	56,1%
9	1A4b	Residential / oil	CO2	31 001	15 782	2,8%	58,8%
10	1A1a	Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	37 563	15 385	2,7%	61,6%
11	1A1a	Public Electricity and Heat Production / gas	CO2	974	13 474	2,4%	63,9%
12	5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594	12 333	2,2%	66,1%
13	1A2a	Iron and Steel / coal	CO2	18 214	11 046	2,0%	68,1%
14	4E	Settlements	CO2	9 135	11 038	2,0%	70,0%
15	1A4a	Commercial/Institutional / oil	CO2	20 973	10 712	1,9%	71,9%
16	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing / oil	CO2	11 031	9 228	1,6%	73,6%
17	4C2	Land converted to Grassland	CO2	14 317	8 011	1,4%	75,0%
18	1A2g	Manufacturing Industries / Other	CO2	11 214	7 854	1,4%	76,4%
19	2A1	Cement Production	CO2	10 937	6 483	1,1%	77,5%
20	3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	6 423	1,1%	78,6%
21	4A2	Land converted to Forest Land	CO2	4 621	6 388	1,1%	79,8%
22	1A1a	Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	2 558	6 388	1,1%	80,9%
23	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	3 562	6 112	1,1%	82,0%
24	1A1b	Petroleum Refining / oil	CO2	11 413	5 225	0,9%	82,9%
25	2B10	Chemical Industry / Other	CO2	4 505	5 013	0,9%	83,8%
26	1A3a	Domestic Aviation	CO2	4 446	4 935	0,9%	84,7%
27	1A2c	Chemicals / gas	CO2	6 463	4 719	0,8%	85,5%
28	1A1a	Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	8 220	4 182	0,7%	86,2%
29	3B	Manure Management	CH4	3 463	3 686	0,7%	86,9%
30	1A2f	Non-metallic minerals / gas	CO2	3 962	3 397	0,6%	87,5%
31	1A1c	Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries / coal	CO2	4 054	3 030	0,5%	88,0%
32	2C1	Iron and Steel Production	CO2	4 351	2 671	0,5%	88,5%
33	4B1	Cropland remaining Cropland	CO2	721	2 565	0,5%	89,0%
34	1A2f	Non-metallic minerals / oil	CO2	6 068	2 514	0,4%	89,4%
35	3B	Manure Management	N2O	2 871	2 512	0,4%	89,8%
36	1B2a	Fugitive Emissions from Fuels / Oil	CO2	2 983	2 437	0,4%	90,3%
37	1A2c	Chemicals / oil	CO2	6 233	2 398	0,4%	90,7%
38	1A2d	Pulp, Paper and Print / gas	CO2	2 270	2 263	0,4%	91,1%
39	5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	2 252	0,4%	91,5%
40	1A2c	Chemicals / other fossil fuels	CO2	474	2 051	0,4%	91,9%
41	2A2	Lime Production	CO2	2 751	1 923	0,3%	92,2%
42	2F4	Aerosols	HFC	0	1 903	0,3%	92,5%
43	1A2a	Iron and Steel / gas	CO2	2 028	1 656	0,3%	92,8%
44	5C	Incineration and open burning of waste	CO2	2 209	1 572	0,3%	93,1%
45	1A1b	Petroleum Refining / gas	CO2	36	1 556	0,3%	93,4%
46	4B2	Land converted to Cropland	N2O	1 511	1 520	0,3%	93,7%
47	1A3b	Road Transportation	N2O	914	1 520	0,3%	93,9%
48	1A2c	Chemicals / coal	CO2	2 057	1 489	0,3%	94,2%
49	3H	Urea application	CO2	850	1 298	0,2%	94,4%
50	1A3d	Domestic navigation	CO2	1 024	1 293	0,2%	94,6%
51	1A2f	Non-metallic minerals / other fossil fuels	CO2	323	1 245	0,2%	94,9%
52	4G	Harvested wood products	CO2	5 098	1 195	0,2%	95,1%
	…	…	…	…	…	…	…

Tableau 182 : Évaluation des catégories clés 1990 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 1

EVALUATION DES SOURCES CLES- Tier 1 - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS AVEC UTCATF (*) - Périmètre Kyoto

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 s_cle_avec_UTCATF_1990.xlsx/s_cle_niv

rang	CRF	Classement Source / Combustible	Gaz à effet de serre direct	CO_2 équivalent (kt) 1990	contribution (%) 1990	cumul (%) 1990
1	1A3b	Road Transportation	CO2	114 060	17,8%	17,8%
2	3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630	6,0%	23,8%
3	1A1a	Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	37 563	5,9%	29,6%
4	4A1	Forest Land remaining Forest Land	CO2	33 901	5,3%	34,9%
5	1A4b	Residential / oil	CO2	31 001	4,8%	39,8%
6	3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	4,4%	44,2%
7	1A4a	Commercial/Institutional / oil	CO2	20 973	3,3%	47,5%
8	4B2	Land converted to Cropland	CO2	20 901	3,3%	50,7%
9	1A4b	Residential / gas	CO2	20 368	3,2%	53,9%
10	1A2a	Iron and Steel / coal	CO2	18 214	2,8%	56,7%
11	4C2	Land converted to Grassland	CO2	14 317	2,2%	59,0%
12	2B3	Adipic Acid Production	N2O	14 232	2,2%	61,2%
13	5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594	2,0%	63,2%
14	1A1b	Petroleum Refining / oil	CO2	11 413	1,8%	64,9%
15	1A2g	Manufacturing Industries / Other	CO2	11 214	1,7%	66,7%
16	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing / oil	CO2	11 031	1,7%	68,4%
17	2A1	Cement Production	CO2	10 937	1,7%	70,1%
18	4E	Settlements	CO2	9 135	1,4%	71,5%
19	1A4a	Commercial/Institutional / gas	CO2	8 740	1,4%	72,9%
20	1A1a	Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	8 220	1,3%	74,2%
21	3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	1,1%	75,2%
22	1A2c	Chemicals / gas	CO2	6 463	1,0%	76,2%
23	2B2	Nitric Acid Production	N2O	6 316	1,0%	77,2%
24	1A2c	Chemicals / oil	CO2	6 233	1,0%	78,2%
25	1A2f	Non-metallic minerals / oil	CO2	6 068	0,9%	79,1%
26	4G	Harvested wood products	CO2	5 098	0,8%	79,9%
27	1B1a	Coal Mining and handling	CH4	4 780	0,7%	80,7%
28	4A2	Land converted to Forest Land	CO2	4 621	0,7%	81,4%
29	2B10	Chemical Industry / Other	CO2	4 505	0,7%	82,1%
30	1A3a	Domestic Aviation	CO2	4 446	0,7%	82,8%
31	2B9	Fluorochemical production	HFC	4 374	0,7%	83,5%
32	2C1	Iron and Steel Production	CO2	4 351	0,7%	84,1%
33	1A4b	Residential / biomass	CH4	4 252	0,7%	84,8%
34	1A1c	Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries / coal	CO2	4 054	0,6%	85,4%
35	1A2f	Non-metallic minerals / gas	CO2	3 962	0,6%	86,1%
36	1A2f	Non-metallic minerals / coal	CO2	3 906	0,6%	86,7%
37	2C3	Aluminium Production	PFC	3 567	0,6%	87,2%
38	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	3 562	0,6%	87,8%
39	3B	Manure Management	CH4	3 463	0,5%	88,3%
40	1A4b	Residential / coal	CO2	3 283	0,5%	88,8%
41	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / oil	CO2	3 025	0,5%	89,3%
42	1B2a	Fugitive Emissions from Fuels / Oil	CO2	2 983	0,5%	89,8%
43	3B	Manure Management	N2O	2 871	0,4%	90,2%
44	2A2	Lime Production	CO2	2 751	0,4%	90,6%
45	2B4	Caprolactam, glyoxal and glyoxylic acid production	N2O	2 573	0,4%	91,0%
46	1A1a	Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	2 558	0,4%	91,4%
47	1A2d	Pulp, Paper and Print / gas	CO2	2 270	0,4%	91,8%
48	5C	Incineration and open burning of waste	CO2	2 209	0,3%	92,1%
49	1A2c	Chemicals / coal	CO2	2 057	0,3%	92,5%
50	1A2a	Iron and Steel / gas	CO2	2 028	0,3%	92,8%
51	2B1	Ammonia Production	CO2	2 019	0,3%	93,1%
52	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / coal	CO2	1 995	0,3%	93,4%
53	2D3	Non-energy products from fuels and solvent use / Other	CO2	1 531	0,2%	93,6%
54	1B2b	Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CH4	1 512	0,2%	93,9%
55	4B2	Land converted to Cropland	N2O	1 511	0,2%	94,1%
56	5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	0,2%	94,3%
57	1A2d	Pulp, Paper and Print / oil	CO2	1 426	0,2%	94,6%
58	2C2	Ferroalloys Production	CO2	1 262	0,2%	94,8%
59	2B9	Fluorochemical production	PFC	1 191	0,2%	94,9%
60	1A3c	Railways	CO2	1 070	0,2%	95,1%
…	…	…	…	…	…	…

Tableau 183 : Évaluation des catégories clés entre 1990 et 2017 – analyse des évolutions des émissions avec UTCATF – Tier1

EVALUATION DES SOURCES CLES- Tier 1 - ANALYSE DES EVOLUTIONS D'EMISSIONS AVEC UTCATF (*) - Périmètre Kyoto

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 s_cle_avec_UTCATF.xlsx/s_cle_evol

rang	CRF	Classement Source / Combustible	Gaz à effet de serre direct	CO_2 équivalent (kt) 1990	CO_2 équivalent (kt) 2017	Evaluation de l'évolution (**)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%) 2017
1	1A3b	Road Transportation	CO2	114 060	126 037	0,050	12,7%	12,7%
2	2F1	Refrigeration and Air Conditioning	HFC	0	16 049	0,025	6,3%	19,1%
3	1A1a	Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	37 563	15 385	0,024	6,1%	25,2%
4	1A4b	Residential / gas	CO2	20 368	29 909	0,020	5,2%	30,4%
5	1A1a	Public Electricity and Heat Production / gas	CO2	974	13 474	0,020	5,0%	35,4%
6	2B3	Adipic Acid Production	N2O	14 232	781	0,017	4,3%	39,8%
7	1A4a	Commercial/Institutional / gas	CO2	8 740	17 141	0,016	3,9%	43,7%
8	1A4b	Residential / oil	CO2	31 001	15 782	0,015	3,8%	47,6%
9	4C2	Land converted to Grassland	CO2	14 317	8 011	0,014	3,5%	51,1%
10	4A1	Forest Land remaining Forest Land	CO2	33 901	47 763	0,012	3,1%	54,2%
11	1A4a	Commercial/Institutional / oil	CO2	20 973	10 712	0,010	2,6%	56,7%
12	4G	Harvested wood products	CO2	5 098	1 195	0,007	1,9%	58,7%
13	2B2	Nitric Acid Production	N2O	6 316	433	0,007	1,9%	60,5%
14	1A1a	Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	2 558	6 388	0,007	1,7%	62,2%
15	1A1b	Petroleum Refining / oil	CO2	11 413	5 225	0,006	1,6%	63,9%
16	1A2a	Iron and Steel / coal	CO2	18 214	11 046	0,006	1,6%	65,4%
17	1B1a	Coal Mining and handling	CH4	4 780	10	0,006	1,6%	67,0%
18	4E	Settlements	CO2	9 135	11 038	0,005	1,4%	68,4%
19	3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	26 771	0,005	1,3%	69,7%
20	2B9	Fluorochemical production	HFC	4 374	300	0,005	1,3%	71,0%
21	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	3 562	6 112	0,005	1,3%	72,3%
22	4B1	Cropland remaining Cropland	CO2	721	2 565	0,005	1,2%	73,5%
23	3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630	34 728	0,005	1,2%	74,7%
24	2C3	Aluminium Production	PFC	3 567	41	0,005	1,1%	75,8%
25	1A2c	Chemicals / oil	CO2	6 233	2 398	0,004	1,1%	76,9%
26	1A1a	Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	8 220	4 182	0,004	1,0%	77,9%
27	2A1	Cement Production	CO2	10 937	6 483	0,004	1,0%	78,9%
28	1A2f	Non-metallic minerals / oil	CO2	6 068	2 514	0,004	1,0%	79,9%
29	1A4b	Residential / biomass	CH4	4 252	1 071	0,004	1,0%	80,8%
30	1A2f	Non-metallic minerals / coal	CO2	3 906	936	0,004	0,9%	81,7%
31	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / oil	CO2	3 025	238	0,004	0,9%	82,6%
32	5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594	12 333	0,003	0,8%	83,4%
33	1A4b	Residential / coal	CO2	3 283	740	0,003	0,8%	84,2%
34	2F4	Aerosols	HFC	0	1 903	0,003	0,8%	84,9%
35	2B4	Caprolactam, glyoxal and glyoxylic acid production	N2O	2 573	244	0,003	0,7%	85,7%
36	1A2c	Chemicals / other fossil fuels	CO2	474	2 051	0,003	0,7%	86,3%
37	1A1b	Petroleum Refining / gas	CO2	36	1 556	0,002	0,6%	87,0%
38	4B2	Land converted to Cropland	CO2	20 901	18 619	0,002	0,6%	87,5%
39	1A2g	Manufacturing Industries / Other	CO2	11 214	7 854	0,002	0,5%	88,1%
40	2B10	Chemical Industry / Other	CO2	4 505	5 013	0,002	0,5%	88,6%
41	1A3a	Domestic Aviation	CO2	4 446	4 935	0,002	0,5%	89,1%
42	1A2d	Pulp, Paper and Print / oil	CO2	1 426	113	0,002	0,4%	89,5%
43	5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	2 252	0,002	0,4%	89,9%
44	1A2f	Non-metallic minerals / other fossil fuels	CO2	323	1 245	0,002	0,4%	90,3%
45	2B9	Fluorochemical production	PFC	1 191	3	0,002	0,4%	90,7%
46	4A2	Land converted to Forest Land	CO2	4 621	6 388	0,001	0,4%	91,1%
47	2C1	Iron and Steel Production	CO2	4 351	2 671	0,001	0,4%	91,4%
48	4C1	Grassland remaining Grassland	CO2	428	526	0,001	0,3%	91,8%
49	3B	Manure Management	CH4	3 463	3 686	0,001	0,3%	92,1%
50	3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	6 423	0,001	0,3%	92,4%
51	1A3b	Road Transportation	N2O	914	1 520	0,001	0,3%	92,7%
52	1A2b	Non-Ferrous Metals / coal	CO2	904	2	0,001	0,3%	93,0%
53	1A2a	Iron and Steel / oil	CO2	1 065	136	0,001	0,3%	93,3%
54	1A3b	Road Transportation	CH4	1 016	119	0,001	0,3%	93,6%
55	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / coal	CO2	1 995	990	0,001	0,3%	93,8%
56	1B2b	Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CO2	818	35	0,001	0,3%	94,1%
57	3H	Urea application	CO2	850	1 298	0,001	0,2%	94,3%
58	1A2c	Chemicals / gas	CO2	6 463	4 719	0,001	0,2%	94,6%
59	2C7	Metal Production / Other	SF6	781	54	0,001	0,2%	94,8%
60	1A2b	Non-Ferrous Metals / oil	CO2	698	64	0,001	0,2%	95,0%
	…	…	…	…	…	…	…	…
	Total (*)			**641 784**	**565 557**			

(*) Analyse hors UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)

(**) Analyse de l'évolution selon les bonnes pratiques du GIEC (cf. "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", équation 4.2, p. 4.15, vol. 1, chap.4)

Tableau 184 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF-KP - Tier1

EVALUATION DES SOURCES CLES- Tier 1 - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS AVEC UTCATF (*)
Périmètre Kyoto

source CITEPA / format CCNUCC - mars 2019 — s_cle_avec_UTCATF-KP.xlsx/s_cle_niv

rang	Classement Source / Combustible		Gaz à effet de serre direct	CO_2 équivalent (kt)	contribution (%)	cumul (%)
	CRF	Libellé		2017	2017	2017
1	1A3b	Road Transportation	CO2	126 037	23,6%	23,6%
2	4B1	Forest management (KP. art. 3.4)	CO2	46 870	8,8%	32,3%
3	3A	Enteric Fermentation	CH4	34 728	6,5%	38,8%
4	1A4b	Residential / gas	CO2	29 909	5,6%	44,4%
5	3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	26 771	5,0%	49,5%
6	1A4a	Commercial/Institutional / gas	CO2	17 141	3,2%	52,7%
7	2F1	Refrigeration and Air Conditioning	HFC	16 049	3,0%	55,7%
8	1A4b	Residential / oil	CO2	15 782	3,0%	58,6%
9	1A1a	Public Electricity and Heat Production / coal	CO2	15 385	2,9%	61,5%
10	1A1a	Public Electricity and Heat Production / gas	CO2	13 474	2,5%	64,0%
11	5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 333	2,3%	66,3%
12	4A2	Deforestation (KP. art. 3.3)	CO2	11 812	2,2%	68,5%
13	1A2a	Iron and Steel / coal	CO2	11 046	2,1%	70,6%
14	4A1	Afforestation and reforestation (KP. art. 3.3)	CO2	10 762	2,0%	72,6%
15	1A4a	Commercial/Institutional / oil	CO2	10 712	2,0%	74,6%
16	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing / oil	CO2	9 228	1,7%	76,3%
17	1A2g	Manufacturing Industries / Other	CO2	7 854	1,5%	77,8%
18	2A1	Cement Production	CO2	6 483	1,2%	79,0%
19	3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 423	1,2%	80,2%
20	1A1a	Public Electricity and Heat Production / other fossil fuels	CO2	6 388	1,2%	81,4%
21	1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco / gas	CO2	6 112	1,1%	82,6%
22	1A1b	Petroleum Refining / oil	CO2	5 225	1,0%	83,5%
23	2B10	Chemical Industry / Other	CO2	5 013	0,9%	84,5%
24	1A3a	Domestic Aviation	CO2	4 935	0,9%	85,4%
25	1A2c	Chemicals / gas	CO2	4 719	0,9%	86,3%
26	1A1a	Public Electricity and Heat Production / oil	CO2	4 182	0,8%	87,1%
27	3B	Manure Management	CH4	3 686	0,7%	87,8%
28	1A2f	Non-metallic minerals / gas	CO2	3 397	0,6%	88,4%
29	1A1c	Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries / coal	CO2	3 030	0,6%	89,0%
30	2C1	Iron and Steel Production	CO2	2 671	0,5%	89,5%
31	1A2f	Non-metallic minerals / oil	CO2	2 514	0,5%	89,9%
32	3B	Manure Management	N2O	2 512	0,5%	90,4%
33	1B2a	Fugitive Emissions from Fuels / Oil	CO2	2 437	0,5%	90,9%
34	1A2c	Chemicals / oil	CO2	2 398	0,4%	91,3%
35	1A2d	Pulp, Paper and Print / gas	CO2	2 263	0,4%	91,7%
36	5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	2 252	0,4%	92,1%
37	1A2c	Chemicals / other fossil fuels	CO2	2 051	0,4%	92,5%
38	2A2	Lime Production	CO2	1 923	0,4%	92,9%
39	2F4	Aerosols	HFC	1 903	0,4%	93,2%
40	1A2a	Iron and Steel / gas	CO2	1 656	0,3%	93,6%
41	5C	Incineration and open burning of waste	CO2	1 572	0,3%	93,9%
42	1A1b	Petroleum Refining / gas	CO2	1 556	0,3%	94,1%
43	1A3b	Road Transportation	N2O	1 520	0,3%	94,4%
44	1A2c	Chemicals / coal	CO2	1 489	0,3%	94,7%
45	3H	Urea application	CO2	1 298	0,2%	94,9%
46	1A3d	Domestic navigation	CO2	1 293	0,2%	95,2%
	…	…	…	…	…	…

TIER 2 – ANALYSE AVEC UTCATF

Tableau 185 : Évaluation des catégories clés 2017 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 2

EVALUATION DES SOURCES CLES - ANALYSE EN NIVEAUX D'EMISSIONS TIER 2 (*)

source CITEPA / format CCNUCC — CITEPA-s_clés_tier2-GES.xlsx/KCA T2 niveau

A	B	C	D	E	F	G	H		
Code des catégories de source du GIEC	Catégorie de source du GIEC / combustible	Gaz	Emissions 2017	|Emissions| 2017 kt CO2e	Incertitude sur les émissions (%)	Evaluation du niveau	Total cumulatif de la colonne G	Catégorie clé Tier2 (à 90%)	Catégorie clé Tier1 (à 95%)
3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	26 771	26 771	150	26,31	26,3	1	5
5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 333	12 333	176	14,19	40,5	2	12
3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 423	6 423	300	12,63	53,1	3	20
4A1	Forest Land remaining Forest Land	CO2	-47 763	47 763	21	6,57	59,7	4	2
4B2	Land converted to Cropland	CO2	18 619	18 619	41	5,00	64,7	5	6
3A	Enteric Fermentation	CH4	34 728	34 728	16	3,60	68,3	6	3
2F1	Refrigeration and Air Conditioning	HFC	16 049	16 049	28	2,97	71,3	7	8
1A3b	Road transportation	CO2	126 037	126 037	3	2,61	73,9	8	1
4E	Settlements	CO2	11 038	11 038	32	2,31	76,2	9	14
4C2	Land converted to Grassland	CO2	-8 011	8 011	41	2,15	78,4	10	17
5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	2 252	2 252	106	1,56	79,9	11	39
1A4b	Residential / gas	CO2	29 909	29 909	5	1,06	81,0	12	4
4B2	Land converted to Cropland	N2O	1 520	1 520	100	1,00	82,0	13	46
4A2	Land converted to Forest Land	CO2	-6 388	6 388	21	0,88	82,9	14	21
3B	Manure Management	N2O	2 512	2 512	50	0,83	83,7	15	35
4G	Harvested Wood Products	CO2	-1 195	1 195	100	0,79	84,5	16	52
3B	Manure Management	CH4	3 686	3 686	30	0,73	85,2	17	29
1A4b	Residential / biomass	CH4	1 071	1 071	100	0,70	85,9	18	
4B1	Cropland remaining Cropland	CO2	-2 565	2 565	41	0,69	86,6	19	33
1B2b	Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CH4	1 042	1 042	100	0,69	87,3	20	
1A4a	Commercial/institutional / gas	CO2	17 141	17 141	5	0,60	87,9	21	7
1A4b	Residential / liquid	CO2	15 782	15 782	5	0,56	88,4	22	9
1A4c	Agriculture/forestry/fishing / liquid	N2O	837	837	100	0,55	89,0	23	
1A3b	Road transportation	N2O	1 520	1 520	50	0,50	89,5	24	47
4E	Settlements	N2O	625	625	100	0,41	89,9	25	
4A1	Forest Land remaining Forest Land	CH4	622	622	100	0,41	90,3	26	
***	***	***	***	***					
Total (*)			432 662	565 557					

(*) Analyse avec UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) en valeur absolue ie. Positive.
Ce qui donne un total artficiel qui n'a pour objet que cette analyse des catégories clés.

Tableau 186 : Évaluation des catégories clés 1990 – analyse des niveaux d'émissions avec UTCATF – Tier 2

EVALUATION DES SOURCES CLES - ANALYSE EN NIVEAUX D'EMISSIONS TIER 2 (*)

source CITEPA / format CCNUCC — CITEPA-s_clés_tier2-GES.xlsx/KCA T2 niveau_1990

A	B	C	D	E	F	G	H		
Code des catégories de source du GIEC	Catégorie de source du GIEC / combustible	Gaz	Emissions 1990 kt CO2e	|Emissions| 1990 kt CO2e	Incertitude sur les émissions (%)	Evaluation du niveau (%)	Total cumulatif colonne G (%)	Catégorie clé Tier2 (à 90%)	Catégorie clé Tier1 (à 95%)
3Da	Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	28 532	150	25,86	25,9	1	6
5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594	12 594	176	13,36	39,2	2	13
3Db	Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	6 819	300	12,36	51,6	3	21
4B2	Land converted to Cropland	CO2	20 901	20 901	41	5,18	56,8	4	8
4A1	Forest Land remaining Forest Land	CO2	-33 901	33 901	21	4,30	61,1	5	4
3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630	38 630	16	3,69	64,8	6	2
4C2	Land converted to Grassland	CO2	-14 317	14 317	41	3,55	68,3	7	11
4G	Harvested Wood Products	CO2	-5 098	5 098	100	3,10	71,4	8	26
1A4b	Residential / biomass	CH4	4 252	4 252	100	2,57	74,0	9	33
1A3b	Road transportation	CO2	114 060	114 060	3	2,18	76,1	10	1
4E	Settlements	CO2	9 135	9 135	32	1,77	77,9	11	18
1A4b	Residential / liquid	CO2	31 001	31 001	5	1,01	78,9	12	5
5D	Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	1 490	106	0,95	79,9	13	56
1B2b	Fugitive Emissions from Fuels / Natural Gas	CH4	1 512	1 512	100	0,92	80,8	14	54
4B2	Land converted to Cropland	N2O	1 511	1 511	100	0,91	81,7	15	55
3B	Manure Management	N2O	2 871	2 871	50	0,87	82,6	16	43
1A4a	Commercial/institutional / liquid	CO2	20 973	20 973	5	0,68	83,3	17	7
1A4b	Residential / gas	CO2	20 368	20 368	5	0,66	83,9	18	9
2B3	Adipic Acid Production	N2O	14 232	14 232	8	0,64	84,6	19	12
3B	Manure Management	CH4	3 463	3 463	30	0,64	85,2	20	39
2A1	Cement production	CO2	10 937	10 937	9	0,60	85,8	21	17
4A2	Land converted to Forest Land	CO2	-4 621	4 621	21	0,59	86,4	22	28
1A4c	Agriculture/forestry/fishing / liquid	N2O	919	919	100	0,56	86,9	23	
1A1a	Public electricity and heat production / solid	CO2	37 563	37 563	2	0,51	87,5	24	3
5D	Wastewater treatment and discharge	N2O	724	724	106	0,46	87,9	25	
1A2g	Other (please specify)	CO2	11 214	11 214	7	0,45	88,4	26	15
1A2a	Iron and steel / solid	CO2	18 214	18 214	4	0,40	88,8	27	10
2D3	Non-energy products from fuels and solvent use / Other	CO2	1 531	1 531	43	0,40	89,2	28	53
4A1	Forest Land remaining Forest Land	CH4	623	623	100	0,38	89,5	29	
2C1	Iron and Steel Production	CO2	4 351	4 351	14	0,37	89,9	30	32
1A4c	Agriculture/forestry/fishing / liquid	CO2	11 031	11 031	5	0,36	90,3	31	16
***	***	***	***	***					
Total (*)			525 910	641 784					

(*) Analyse avec UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) en valeur absolue ie. Positive.
Ce qui donne un total artficiel qui n'a pour objet que cette analyse des catégories clés.

Tableau 187 : Évaluation des catégories clés entre 1990 et 2017 – analyse des évolutions des émissions avec UTCATF – Tier 2

EVALUATION DES SOURCES CLES - ANALYSE EN EVOLUTION D'EMISSIONS TIER 2

source CITEPA / format CCNUCC — CITEPA-s_clés_tier2-GES.xlsx/KCA T2 tendance

A	B	C	D	E	F	G	H	I		
Code des catégories de source du GIEC	Catégorie de source du GIEC / combustible	Gaz	Emissions 1990 kt CO2e	Emissions 2017 kt CO2e	Incertitude sur les émissions (%)	Evaluation de la tendance avec incertitude (%)	% de contribution à la tendance	Total cumulatif colonne H (%)	Catégorie clé Tier2 (à 90%)	Catégorie clé Tier1 (à 95%)
3Da	Direct N2O emissions from mana	N2O	28 532,24	26 771,42	150	0,77	10,27	10,3	1	19
4G	Harvested Wood Products	CO2	-5 098,28	-1 195,10	100	0,75	10,03	20,3	2	12
2F1	Refrigeration and Air Conditionin	HFC	-	16 048,90	28	0,71	9,43	29,7	3	2
4C2	Land converted to Grassland	CO2	-14 317,23	-8 011,01	41	0,57	7,53	37,3	4	9
5A	Solid Waste Disposal	CH4	12 594,21	12 333,01	176	0,54	7,19	44,5	5	32
3Db	Indirect N2O Emissions from man	N2O	6 818,84	6 422,66	300	0,38	5,06	49,5	6	50
1A4b	Residential / biomass	CH4	4 252,12	1 071,07	100	0,38	5,05	54,6	7	29
4A1	Forest Land remaining Forest Lar	CO2	-33 900,68	-47 763,31	21	0,26	3,42	58,0	8	10
4B1	Cropland remaining Cropland	CO2	721,46	-2 565,24	41	0,20	2,69	60,7	9	22
4E	Settlements	CO2	9 135,03	11 037,51	32	0,18	2,34	63,0	10	18
5D	Wastewater treatment and discha	CH4	1 490,50	2 252,01	106	0,17	2,26	65,3	11	43
1A3b	Road transportation	CO2	114 060,29	126 036,56	3	0,16	2,11	67,4	12	1
2B3	Adipic Acid Production	N2O	14 232,48	781,23	8	0,13	1,70	69,1	13	6
1A4b	Residential / gas	CO2	20 367,89	29 909,47	5	0,11	1,47	70,6	14	4
4B2	Land converted to Cropland	CO2	20 900,89	18 618,73	41	0,09	1,21	71,8	15	38
2F4	Aerosols	HFC	-	1 903,47	28	0,08	1,12	72,9	16	34
1A4a	Commercial/institutional / gas	CO2	8 740,01	17 140,81	5	0,08	1,11	74,0	17	7
1A4b	Residential / liquid	CO2	31 001,38	15 782,26	5	0,08	1,09	75,1	18	8
3A	Enteric Fermentation	CH4	38 630,49	34 727,83	16	0,07	0,97	76,1	19	23
1B1a	Coal mining and handling	CH4	4 780,45	10,05	11	0,07	0,91	77,0	20	17
1A3b	Road transportation	N2O	914,25	1 519,54	50	0,06	0,80	77,8	21	51
4C1	Grassland remaining Grassland	CO2	428,15	-525,51	41	0,06	0,75	78,5	22	48
1A3b	Road transportation	CH4	1 015,57	118,61	50	0,06	0,75	79,3	23	54
2B2	Nitric Acid Production	N2O	6 316,11	432,86	8	0,06	0,74	80,0	24	13
1A4a	Commercial/institutional / liquid	CO2	20 973,44	10 712,39	5	0,05	0,73	80,7	25	11
2C3	Aluminium Production	PFC	3 567,14	41,16	12	0,05	0,73	81,5	26	24
1A1a	Public electricity and heat produc	CO2	37 563,06	15 385,22	2	0,05	0,72	82,2	27	3
2B9	Fluorochemical production	HFC	4 373,66	300,36	10	0,05	0,70	82,9	28	20
1A1a	Public electricity and heat produc	CO2	974,19	13 474,44	2	0,04	0,59	83,5	29	5
4B2	Land converted to Cropland	N2O	1 511,22	1 520,32	100	0,04	0,58	84,0	30	
5B	Biological treatment of solid wast	N2O	87,97	343,08	101	0,04	0,57	84,6	31	
1A1a	Public electricity and heat produc	CO2	2 557,82	6 387,60	6	0,04	0,54	85,2	32	14
3B	Manure Management	CH4	3 463,15	3 686,15	30	0,04	0,53	85,7	33	49
2A1	Cement production	CO2	10 937,30	6 483,22	9	0,04	0,47	86,2	34	27
4H	Other	CH4	-	219,20	100	0,03	0,46	86,6	35	
5D	Wastewater treatment and discha	N2O	723,87	398,39	106	0,03	0,43	87,0	36	
1B2b	Fugitive Emissions from Fuels / N	CH4	1 511,86	1 041,83	100	0,03	0,42	87,5	37	
5B	Biological treatment of solid wast	CH4	45,91	237,95	101	0,03	0,42	87,9	38	
4A2	Land converted to Forest Land	CO2	-4 621,22	-6 387,80	21	0,03	0,41	88,3	39	46
2D3	Non-energy products from fuels a	CO2	1 530,57	810,76	43	0,03	0,40	88,7	40	
2C7	Metal Production / Other	SF6	781,01	53,77	30	0,03	0,37	89,1	41	59
2G1	Electrical Equipment	SF6	852,74	233,47	36	0,03	0,35	89,4	42	
1A2g	Other (please specify)	N2O	290,78	397,81	100	0,02	0,33	89,7	43	
1A4b	Residential / solid	CH4	260,27	58,67	100	0,02	0,32	90,1	44	
***	***	***	***	***						
Total			525 910	432 662						

Annexe 2

Méthodes et données pour l'estimation des émissions de CO_2 provenant de la combustion de combustibles fossiles

Ces éléments sont présentés dans le corps du rapport à la section 3.2.

Annexe 3

Descriptions méthodologiques détaillées

Tous les descriptifs méthodologiques détaillés sont dans les chapitres sectoriels du NIR. Les détails de toutes les données associées (activités, paramètres, facteurs d'émission) sont fournis dans l'annexe numérique BDD OMINEA joint à l'inventaire des gaz à effet de serre.

Seules les méthodologies des systèmes de gestion des déjections animales et des résidus de cultures sont explicitées dans cette annexe.

***CRF 3 :* Systèmes de gestion des déjections animales – Traitement des données pour les bovins, porcins, ovins et caprins // Annexe du NIR et de l'IIR**

Les données des enquêtes bâtiments d'élevage (1994, 2001, 2008) et pratiques d'élevage (2015) sont retraitées afin de déterminer la part des animaux gérés dans chacun des systèmes suivants :

- **Pour les bovins** : lisier avec croûte naturelle, lisier sans croûte naturelle, fumier (stockage solide), litière accumulée (pendant moins d'un mois pour les vaches laitières et pendant plus d'un mois pour les autres bovins), pâture.
- **Pour les autres animaux** : lisier sans croûte naturelle, fumier (stockage solide), pâture.

Définition de capacités

Les données des enquêtes sont fournies selon une catégorisation qui est globalement différente de celle proposée dans la SAA. Pour faciliter la lecture, on nomme la catégorisation des enquêtes « capacité ». Plusieurs cas peuvent être rencontrés :

- La capacité concerne une seule catégorie animale de la SAA : la correspondance est faite directement entre capacité et catégorie SAA ;
- La capacité concerne plusieurs catégories animales de la SAA : les données de la capacité sont attribuées à chaque catégorie animale de la SAA ;
- La catégorie animale de la SAA est concernée par plusieurs capacités : les données des capacités concernées sont pondérées pour être représentatives de la catégorie animale de la SAA.

Le tableau ci-dessous répertorie les différentes correspondances effectuées entre les capacités des **enquêtes bâtiment** (1994, 2001, 2008) et les **catégories animales de la SAA**.

NB : Lorsqu'une capacité concerne plusieurs catégories animales, elle est répétée pour faciliter la lecture.

Tableau 188 : Correspondances entre "capacité" des enquêtes bâtiment et catégorie animale de la SAA

Capacité des enquêtes bâtiment	Conversion de la capacité vers la catégorie animale SAA	Catégorie animale de la SAA
Vaches laitières	1,00	Vaches laitières
Vaches nourrices	1,00	Vaches nourrices
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans
Bovins en engraissement	1,00	Génisses de boucherie de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type laitier de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type viande de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans
Bovins en engraissement	1,00	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type viande de 1 à 2 ans
Veaux de boucherie	1,00	Veaux de boucherie
Autres bovins de - 1 an	1,00	Autres femelles de moins de 1 an
Autres bovins de - 1 an	1,00	Autres mâles de moins de 1 an
Truies en attente de saillie	0,04	Truies de 50 kg et plus
Truies gestantes	0,79	Truies de 50 kg et plus
Truies en maternité	0,16	Truies de 50 kg et plus
Truies en maternité	1,00	Porcelets non sevrés (<8kg)
Porcelets en post- sevrage	1,00	Porcelets sevrés de 8 à 30 kg
Porcs en engraissement	1,00	Porcs à l'engrais de 30 kg et plus
Porcs autres	1,00	Verrats de 50 kg et plus
Brebis laitières	1,00	Brebis mères laitières (y c. réforme)
Autres ovins d'élevage laitiers	0,32	Agnelles
Agneaux en engraissement	1,00	Autres ovins (y compris béliers)
Brebis viandes	1,00	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)
Autres ovins d'élevage viandes	0,68	Agnelles
Chèvres	1,00	Chèvres (femelles ayant mis bas)
Autres caprins d'élevage	1,00	Chevrettes
Chevreaux en engraissement	1,00	Autres caprins (y compris boucs)

Les coefficients appliqués pour les truies proviennent des données issues de [981], listées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 189 : Paramètres utilisés pour la pondération des capacités truies

	Moyenne nationale
Intervalle sevrage - 1ère saillie (jours)	6,2
Taux de fécondation en 1ère saillie (%)	89%
Durée gestation (jours)	114,5
Durée du cycle sexuel (intervalle entre deux ovulations) (jours)	21
Age des porcelets au sevrage (jours)	24,3

Ces données nous permettent de faire les hypothèses suivantes concernant les durées passées à chaque stade :

- En attente de saillies : 6,2 jours,
- Gestantes : 89% x 114,5 + (1-89%) x (114,5 + 21) = 116,81 jours,

- Maternité : 24,3 jours.

L'expression de ces résultats en pourcentage du temps passé donne alors les chiffres proposés dans le tableau 188.

Les coefficients appliqués pour les agnelles ont été calculés à partir de Vermorel et al. [362] qui fournit des données d'effectifs pour l'année 2007 distinguant les agnelles laitières (agnelage à 13 mois) et les agnelles allaitantes (agnelage à 15 mois).

Dans les pratiques d'élevage (2015), la terminologie des capacités a été modifiée. Les correspondances suivantes ont été appliquées :

Tableau 190 : Correspondances entre les capacités des enquêtes bâtiment et les libellés des pratiques d'élevage

Capacité des enquêtes bâtiment	Correspondance pratiques d'élevage
Vaches laitières	Vaches laitières
Vaches nourrices	Vaches allaitantes
Bovins d'élevage ou maigres	Génisses de renouvellement
Bovins en engraissement	Autres bovins de boucherie
Veaux de boucherie	Veaux de boucherie
Autres bovins de - 1 an	Jeunes bovins de moins de 8 mois
Truies en attente de saillie	Truies non saillies
Truies gestantes	Truies en gestation
Truies en maternité	Truies en maternité
Porcelets en post- sevrage	Porcelets en post-sevrage
Porcs en engraissement	Porcs à l'engrais
Porcs autres	*Pas de correspondance*
Brebis laitières	Brebis laitières
Autres ovins d'élevage laitiers	Agnelles de renouvellement (sans distinction)
Agneaux en engraissement	Agneaux
Brebis viandes	Brebis nourrices
Autres ovins d'élevage viandes	Agnelles de renouvellement (sans distinction)
Chèvres	Chèvres
Autres caprins d'élevage	Chevrettes
Chevreaux en engraissement	*Pas de correspondance*

Lorsqu'il n'y a pas de correspondance dans les pratiques d'élevage 2015, les modes de gestion sont maintenus constants, égaux à ceux de 2008. C'est le cas pour les verrats et les autres caprins (y compris boucs).

Pour les agnelles, la distinction entre les laitières et les allaitantes n'est plus fournies dans les pratiques d'élevage 2015 : les coefficients précités ne sont alors plus appliqués.

Définition des types de sol

Les enquêtes bâtiment fournissent des informations sur la répartition des animaux par type de sol, catégorisés par capacité (voir ci-dessus). Les types de sols déclarés varient selon les capacités. L'objectif est ensuite de faire le lien entre type de sol et type de déjections produites.

L'attribution des types de déjections produites par type de sol a été faite :

- Pour les bovins : avec l'appui de l'Institut de l'Elevage (IDELE)
- Pour les porcins : avec l'appui de l'Institut du Porc (IFIP)
- Pour les ovins et les caprins : dans les enquêtes bâtiment, les types de sol proposés sont tous des sols de type fumier.

Tableau 191 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches laitières

Vaches laitières				% Pâture	% Lisier avec croûte naturelle	% Lisier sans croûte naturelle	% Litière accumulée < 1 mois	% Stockage solide
Plein-air intégral				100%	0%	0%	0%	0%
Stabulation (ou étable) entravée	avec litière			0%	0%	0%	0%	100%
	sans litière			0%	0%	100%	0%	0%
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte	pente paillée			0%	0%	0%	0%	100%
	litière accumulée	aire d'exercice raclée	fumier	0%	0%	15%	7%	78%
			lisier	0%	60%	0%	7%	33%
		aire d'exercice caillebotis (lisier)		0%	0%	60%	7%	33%
		aire paillée intégrale		0%	0%	0%	17%	83%
	logettes	aire d'exercice bétonnée	fumier	0%	0%	25%	0%	75%
			lisier	0%	100%	0%	0%	0%
		aire d'exercice caillebotis		0%	0%	100%	0%	0%
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte	pente paillée	alimentation distribuée		0%	10%	15%	0%	75%
		alimentation silo libre service		0%	15%	15%	0%	70%
	litière accumulée	système fumier	alimentation distribuée	0%	10%	13%	7%	71%
			alimentation silo libre service	0%	15%	11%	7%	67%
		système lisier	alimentation distribuée	0%	60%	0%	7%	33%
			alimentation silo libre service	0%	60%	0%	7%	33%
	logettes	système fumier	alimentation distribuée	0%	10%	23%	0%	68%
			alimentation silo libre service	0%	15%	21%	0%	64%
		système lisier	alimentation distribuée	0%	100%	0%	0%	0%
			alimentation silo libre service	0%	100%	0%	0%	0%

Tableau 192 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches allaitantes et autres bovins

Vaches allaitantes et autres bovins				% Pâture	% Lisier avec croûte naturelle	% Lisier sans croûte naturelle	% Litière accumulée > 1 mois	% Stockage solide
Plein-air intégral				100%	0%	0%	0%	0%
Stabulation (ou étable) entravée	avec litière			0%	0%	0%	0%	100%
	sans litière			0%	0%	100%	0%	0%
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte	pente paillée			0%	0%	0%	0%	100%
	litière accumulée	aire d'exercice raclée	fumier	0%	0%	13%	14%	73%
			lisier	0%	50%	0%	14%	36%
		aire d'exercice caillebotis (lisier)		0%	0%	50%	14%	36%
		aire paillée intégrale		0%	0%	0%	29%	71%
	logettes	aire d'exercice bétonnée	fumier	0%	0%	25%	0%	75%
			lisier	0%	100%	0%	0%	0%
		aire d'exercice caillebotis		0%	0%	100%	0%	0%
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte	pente paillée	alimentation distribuée		0%	10%	15%	0%	75%
		alimentation silo libre service		0%	15%	15%	0%	70%
	litière accumulée	système fumier	alimentation distribuée	0%	10%	10%	14%	66%
			alimentation silo libre service	0%	15%	9%	14%	62%
		système lisier	alimentation distribuée	0%	50%	0%	14%	36%
			alimentation silo libre service	0%	50%	0%	14%	36%
	logettes	système fumier	alimentation distribuée	0%	10%	23%	0%	68%
			alimentation silo libre service	0%	15%	21%	0%	64%
		système lisier	alimentation distribuée	0%	100%	0%	0%	0%
			alimentation silo libre service	0%	100%	0%	0%	0%

Les types de sol des enquêtes bâtiment pour les porcins ont été simplifiés dans le tableau ci-dessous : certaines distinctions supplémentaires étaient en effet proposées mais n'impactent pas sur la détermination du type de déjection, ni des quantités de paille apportées.

Tableau 193 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut du Porc

Catégories d'animaux	Type de sol simplifié		Types de déjections
Truies en attente de saillie, gestantes ou en maternité	Plein air		100% plein air
	Semi plein-air		100% lisier
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis total ou caillebotis partiel	100% lisier
		Sol béton ou légèrement paillé et raclé	100% fumier
		Sol paillé (litière accumulée)	100% fumier
Post-sevrage	Plein air		100% plein air
	Semi plein-air		100% lisier
	En maternité	(les porcelets restent dans le local maternité après sevrage)	100% lisier
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou total	100% lisier
		Sol béton ou légèrement paillé et raclé	100% fumier
		Sol paillé (litière accumulée)	100% fumier
Engraissement	Plein air		100% plein air
	Semi plein-air		100% lisier
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou caillebotis total	100% lisier
		Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	100% fumier
		Sol paillé (litière accumulée)	100% fumier
Autres porcs	Plein air		100% plein air
	Semi plein-air		100% lisier
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis total ou partiel	100% lisier
		Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	100% fumier
		Sol paillé (litière accumulée)	100% fumier

Mise en cohérence des séries

Dans l'enquête pratiques d'élevage, tout comme pour les capacités, la terminologie des types de sol a été modifiée. Le CITEPA a retraité les données disponibles pour obtenir les correspondances avec les types de sol des enquêtes bâtiment.

A noter : les résultats de l'enquête pratiques d'élevage 2015 sont fournis au niveau des **nouvelles régions et au niveau national.** En revanche, les résultats ne sont pas fournis pour l'ensemble des nouvelles régions mais uniquement pour celles qui sont **les plus productrices** selon la catégorie animale concernée. Par exemple, pour les vaches laitières, les données sont fournies au niveau national, ainsi que pour la Bretagne, la Normandie et les Pays de la Loire. Ces 3 régions représentent plus de la moitié des effectifs pour l'année enquêtée (2015).

Pour les bovins, les résultats proposent une répartition des animaux pour :

- La stabulation : libre, entravée, box ou logette ;
- La nature du sol : litière paillée, litière sciure ou copeaux, pente paillée, caillebotis, matelas ou tapis, autre ;
- Les caractéristiques de l'aire d'exercice : distincte, couverte, mode d'évacuation (raclée fumier, raclée lisier, caillebotis, autres)

Les retraitements effectués par le CITEPA se décomposent en plusieurs étapes :

- Etape 1 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre stabulation entravée et stabulation non entravée ;
- Etape 2 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre litière, caillebotis et matelas ;
- Etape 3 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre aire d'exercice distincte et non distincte ;
- Etape 4 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre aire d'exercice couverte et non couverte ;
- Etape 5 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre logettes, pente paillée et litière accumulée aire d'exercice couverte et non couverte ;
- Etape 6 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre aire raclée fumier, aire raclée lisier, aire caillebotis.

Tableau 194 : Premiers retraitements des données pratiques d'élevage 2015 par le CITEPA pour les bovins

Données disponibles dans les enquêtes pratiques d'élevage 2015			**Etape 1**	**Etape 2**	**Etape 3**	**Etape 4**	**Etape 5**	**Etape 6**
Stabulation (total = 100%)	Libre		% Entravé					
	Entravée							
	Box ou logettes						% Logettes	
Nature du sol (total = 100%)	Litière paillée			% Litière				
	Litière sciure ou copeaux							
	Pente paillée						% Pente paillée	
	Caillebotis			% Caillebotis				
	Matelas ou tapis			% Matelas				
	Autre			*Non pris en compte*				
Aire d'exercice	Élevage avec aire d'exercice distincte				% Aire d'exercice distincte			
	Part des aires d'exercice couvertes					% Aire d'exercice couverte		
	Répartition des aires d'exercice selon le mode d'évacuation des déjections (total = 100%)	Raclée fumier						% Raclée fumier
		Raclée lisier						% Raclée lisier
		Caillebotis						% Caillebotis
		Autre						
Solde recalculé CITEPA			% Non entravé		% Aire d'exercice non distincte	% Aire d'exercice non couverte	% Litière accumulée	

Tableau 195 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements CITEPA sur les pratiques d'élevage 2015 - Bovins

Types de sols des enquêtes bâtiment				Retraitements CITEPA
plein-air intégral				Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
stabulation (ou étable) entravée	avec litière			% Entravée x % Litière
	sans litière			% Entravée x (% Caillebotis+ % Matelas)
stabulation libre avec aire d'exercice totalement <u>couverte</u>	pente paillée			% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Pente paillée
	litière accumulée	aire d'exercice raclée	fumier	% Non entravée x % Aire d'exercice distincte x % Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée x % Raclée fumier
			lisier	% Non entravée x % Aire d'exercice distincte x % Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée x % Raclée lisier
		aire d'exercice caillebotis (lisier)		% Non entravée x % Aire d'exercice distincte x % Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée x % Caillebotis
		aire paillée intégrale		% Non entravée x % Aire d'exercice non distincte x Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée
	logettes	aire d'exercice bétonnée	fumier	% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Logettes x % Litière
			lisier	% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Logettes x % Matelas
		aire d'exercice caillebotis		% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Logettes x % Caillebotis
stabulation libre avec aire d'exercice <u>non couverte</u> ou incomplètement couverte	pente paillée		Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Pente paillée
			Alim silo libre-service	
	litière accumulée	système fumier	Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Litière accumulée x %Litière
			Alim silo libre-service	
		système lisier	Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Litière accumulée x (% Caillebotis + % Matelas)
			Alim silo libre-service	
	logettes	système fumier	Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Logettes x % Litière
			Alim silo libre-service	
		système lisier	Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Logettes x (% Caillebotis + % Matelas)
			Alim silo libre-service	

<u>A noter</u> : pour les systèmes distinguant le type d'alimentation (distribuée ou silo libre-service), la distinction n'étant pas disponible dans les enquêtes pratiques d'élevage 2015, la valeur agrégée des pratiques d'élevage 2015 est répartie entre ces deux modes au prorata de la dernière répartition connue, provenant des enquêtes bâtiment (2008).

Pour les porcins, les résultats des pratiques d'élevage 2015 proposent une répartition des animaux selon les types de sol suivants :

- Caillebotis intégral,
- Caillebotis partiel,
- Litière accumulée avec paille.

Pour faire correspondre ces types de sol à ceux des enquêtes bâtiment, les modalités caillebotis intégral et partiel ont été fusionnées. Les correspondances suivantes ont été effectuées :

Tableau 196 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements CITEPA sur les pratiques d'élevage 2015 - Porcins

Catégories d'animaux	Types de sols des enquêtes bâtiment		Retraitements CITEPA
Truies en attente de saillie, gestantes ou en maternité	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis total ou caillebotis partiel	% Caillebotis intégral + % Caillebotis partiel
		Sol béton ou légèrement paillé et raclé	% Litière accumulée avec paille
		Sol paillé (litière accumulée)	
Post-sevrage	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	En maternité	les porcelets restent dans le local maternité après sevrage	Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou total	% Caillebotis intégral + % Caillebotis partiel
		Sol béton ou légèrement paillé et raclé	% Litière accumulée avec paille
		Sol paillé (litière accumulée)	
Engraissement	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou caillebotis total	% Caillebotis intégral + % Caillebotis partiel
		Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	% Litière accumulée avec paille
		Sol paillé (litière accumulée)	
Autres porcs	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis total ou partiel	Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
		Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
		Sol paillé (litière accumulée)	Pas de données exploitables : report de la valeur 2008

A noter : pour les systèmes distinguant les sols paillés des sols légèrement paillés ou non, la distinction n'étant pas disponible dans les enquêtes pratiques d'élevage 2015, la valeur agrégée des pratiques d'élevage 2015 est répartie entre ces deux modes au prorata de la dernière répartition connue, provenant des enquêtes bâtiment (2008).

Pour les ovins, les résultats des pratiques d'élevage 2015 proposent une répartition des animaux selon les types de sol suivants :

- Plein air intégral,
- Litière intégrale,
- Caillebotis.

A la différence des enquêtes bâtiment, les enquêtes pratiques d'élevage proposent donc désormais pour les ovins des systèmes en lisier (caillebotis) et des systèmes de plein air intégral.

Pour les caprins, les résultats des pratiques d'élevage 2015 proposent une répartition des animaux selon les types de sol suivants :

- Litière intégrale,
- Caillebotis.

A la différence des enquêtes bâtiment, les enquêtes pratiques d'élevage proposent donc désormais pour les caprins des systèmes en lisier (caillebotis).

Les schémas ci-dessous présentent les sources utilisées (résultats des enquêtes) et principaux retraitements par grande catégorie animale : bovins, porcins, ovins, caprins.

Figure 137 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les bovins

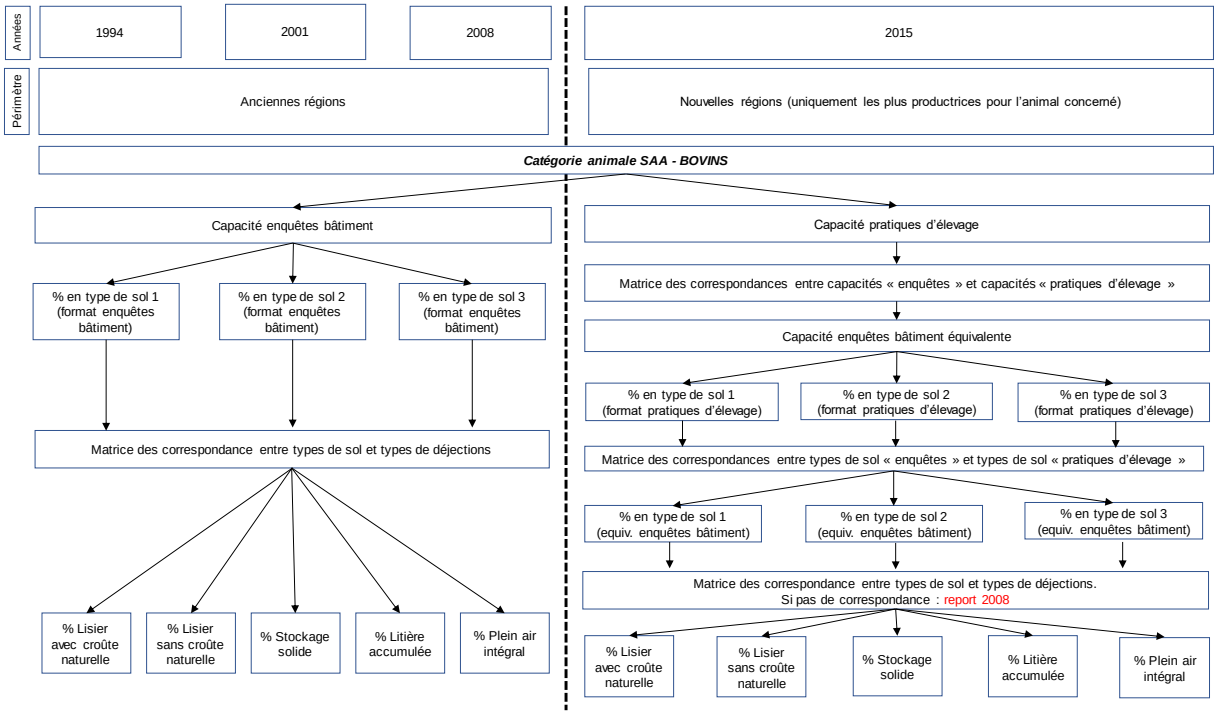


Figure 138 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les porcins

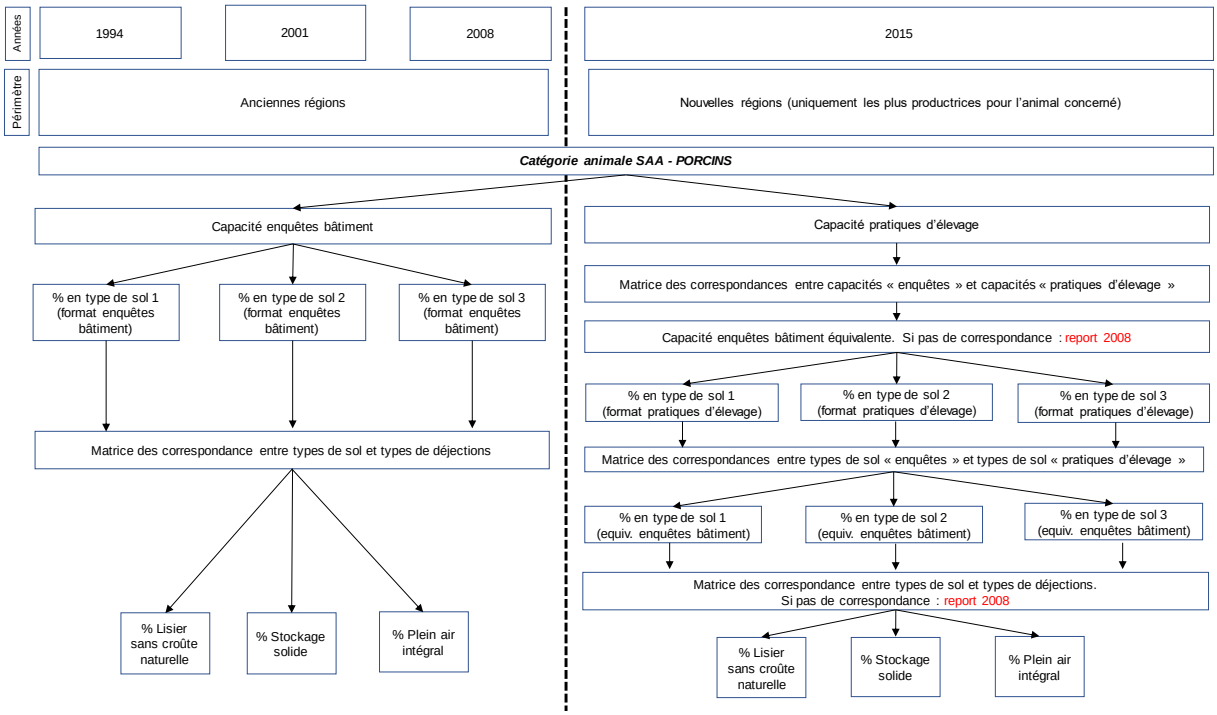


Figure 139 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les ovins

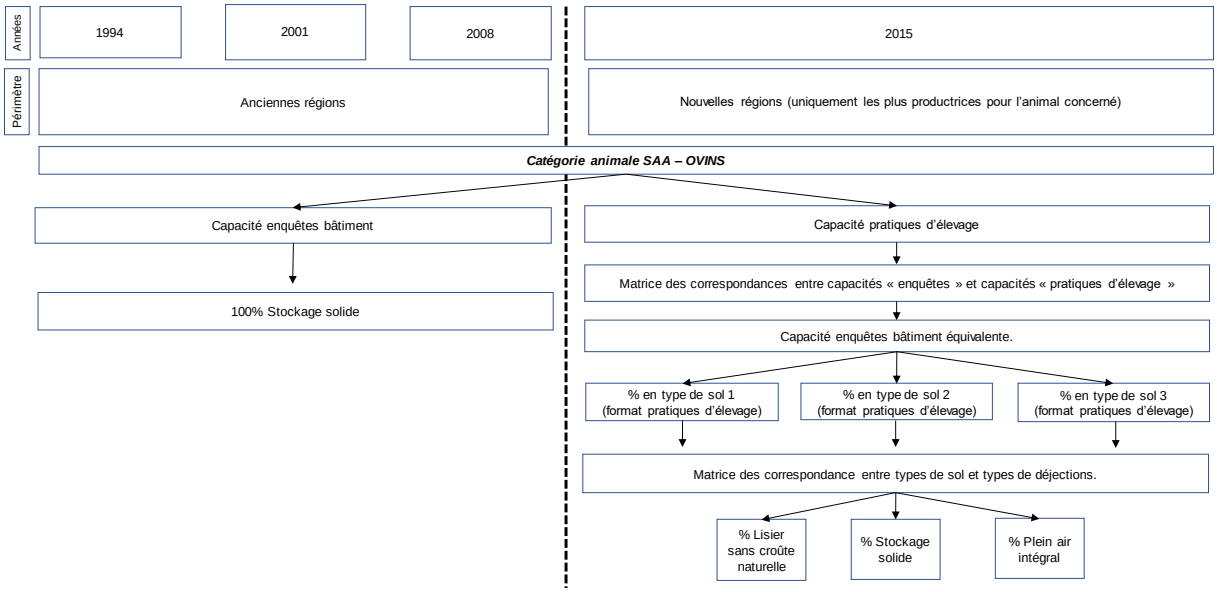
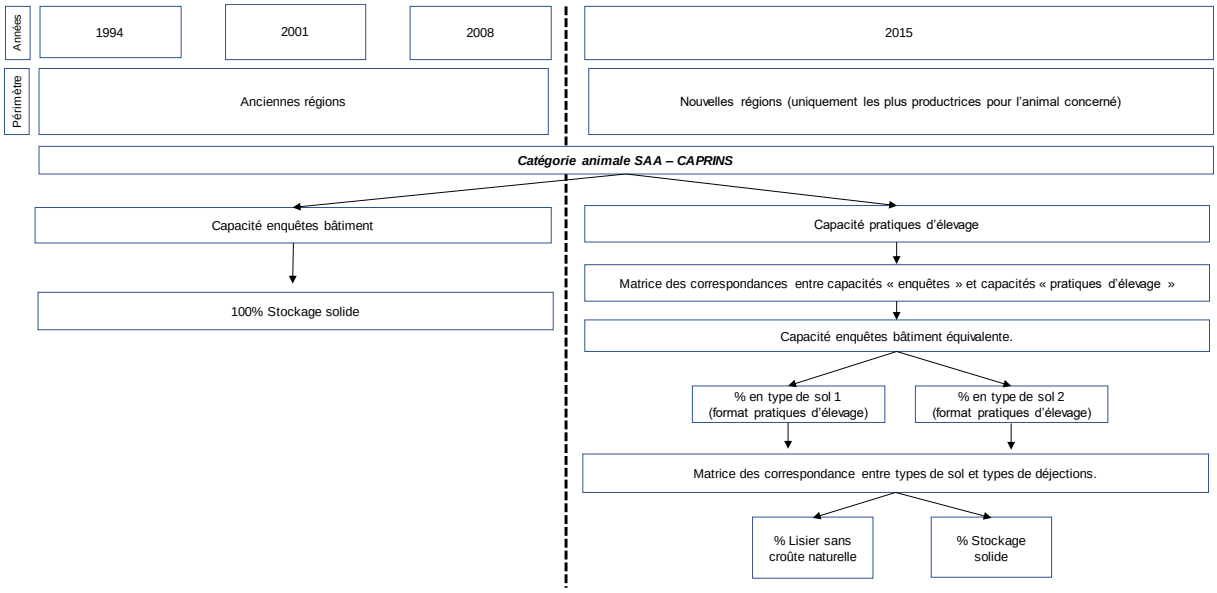


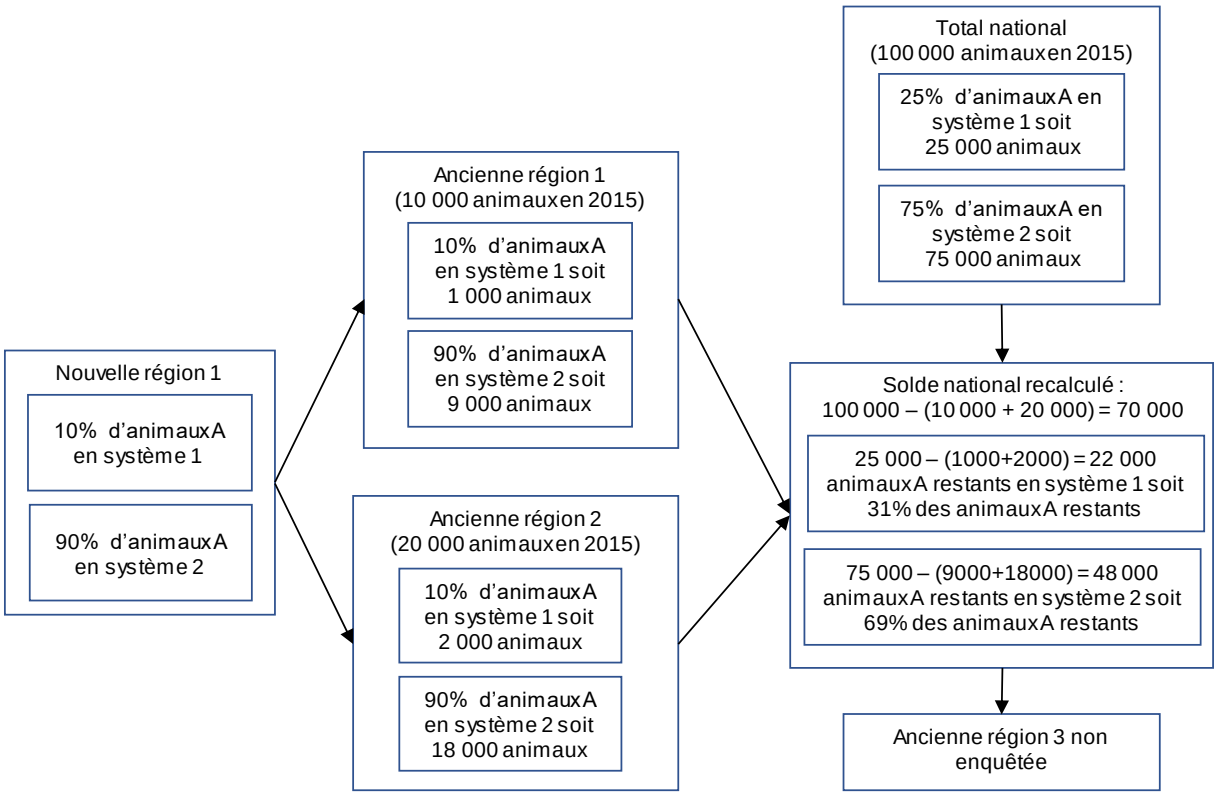
Figure 140 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les caprins



A ces différents retraitements vient s'ajouter la complexité de la couverture géographique. En effet, comme mentionné plus haut, les résultats des enquêtes pratiques d'élevage sont restitués au niveau national et pour les principales nouvelles régions productrices. Pour compléter la couverture géographique de ces résultats, les retraitements suivants ont été apportés :

- **Etape 1** : traitement des données pour les nouvelles régions enquêtées. La répartition des animaux par système de gestion des déjections est connue. Ces pourcentages de répartition pour les nouvelles régions, pouvant regrouper plusieurs anciennes régions, sont appliqués à l'ensemble des anciennes régions pertinentes.
- **Etape 2** : recalcul du solde national. Les animaux répartis par système de gestion pour les régions connues sont soustraits des effectifs nationaux répartis par système de gestion.
- **Etape 3** : recalcul des pourcentages de répartition pour les régions manquantes. Les pourcentages de répartition par système de déjection sont calculés à partir des effectifs recalculés à l'étape 2. Ces pourcentages sont appliqués pour les régions non enquêtées.

Figure 141 : Illustration fictive du retraitement des données effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage



Une fois ces différents retraitements effectués, on obtient bien pour les bovins, porcins, ovins et caprins, **4 données de répartition** des animaux par système de gestion des déjections par ancienne région : 1994, 2001, 2008, 2015.

Ces données sont utilisées de la façon suivante sur la période :

Tableau 197 : Traitement des données sur les systèmes de gestion des déjections sur la période

		1990 - 1994	1995 - 2000	2001	2002 - 2007	2008	2009-2014	2015 - année en cours	
Bovins	% Plein air intégral	Données 1994	Interpolation linéaire 1994 - 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Données 2008	Données 2008	
	% Systèmes autres que le plein-air intégral	Données 1994	Interpolation linéaire 1994 - 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2015	
Porcins	% Plein air intégral	Données 1994	Interpolation linéaire 1994 - 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Données 2008	Données 2008	
	% Systèmes lisier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994 - 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2008 (selon les sous-systèmes)	Données 2015 (selon les sous-systèmes)
	% Systèmes fumier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994 - 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2008 (selon les sous-systèmes)	Données 2015 (selon les sous-systèmes)
Ovins	% Plein air intégral	0%	0%	0%	0%	0%	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2015	
	% Systèmes lisier	0%	0%	0%	0%	0%	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2015	
	% Systèmes fumier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994 - 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2015	
Caprins	% Systèmes lisier	0%	0%	0%	0%	0%	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2015	
	% Systèmes fumier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994 - 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008 - 2015	Données 2015	

En jaune : données 1994 ; en orange : données 2001 ; en bleu : données 2008 ; en violet : données 2015 ; en gris : données interpolées.

Temps de présence au bâtiment

Parmi les systèmes présentés plus haut figure le plein-air intégral. Pour ce système, le temps de présence au bâtiment est nul et l'ensemble des déjections produites est attribué au système « pâture ». Pour les autres systèmes, le temps de présence au bâtiment **n'est pas forcément de 100%.** Le pourcentage du temps passé en dehors des bâtiments pour ces systèmes doit être estimé et les déjections produites au cours de ce temps passé à l'extérieur viendront s'ajouter au système « pâture ».

Pour les bovins et les ovins

Le temps passé en bâtiment a été estimé à l'aide des durées d'hébergement fournies dans les enquêtes bâtiment 2001 et 2008 [480]. L'enquête bâtiment 1994 ainsi que l'enquête pratiques d'élevage 2015 [980] ne contiennent pas cette information.

Ces durées de présence des animaux en bâtiment sont fournies en « jours temps plein » ce qui correspond au nombre de jours d'hébergement continu pendant la période hivernale. Le temps passé en bâtiment pour la traite pendant l'été et les périodes de transition sont donc exclues des durées d'hébergement fournies. Ainsi, pour les vaches laitières, 4h d'hébergement ont été rajoutées par jour non-hébergé afin de prendre en compte le temps passé en bâtiment pour la traite. Les périodes de transition (périodes de l'année où les bovins ne sortent que temporairement, surtout au printemps et à l'automne) ont été prises en compte grâce aux données fournies par l'observatoire de l'alimentation des vaches laitières [477].

Ces données sont utilisées de la manière suivante sur la période de 1990 à l'année en cours :

Tableau 198 : Traitement des données sur les temps d'hébergement sur la période

	1990 - 1994	1995 - 2000	2001	2002 - 2007	2008 – année en cours
Bovins	Données 2001	Données 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008
Ovins	Données 2001	Données 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008

En orange : données 2001 ; en bleu : données 2008 ; en gris : données interpolées.

Pour les porcins

Les enquêtes bâtiment ne fournissent pas de durées d'hébergement : les animaux gérés en bâtiment se voient attribuer 100% de leur temps au bâtiment. Seules les déjections des animaux en systèmes d'élevage plein air intégral (voir plus haut) seront attribuées au mode « pâture » intégralement.

Pour les caprins

Les durées d'hébergement ont été fournies par l'Institut de l'Elevage [478], à partir des données des bases PMPOA 1 et 2. Ces données sont disponibles uniquement pour l'année 2007, mais le détail régional est connu. Faute d'autres données disponibles, les données 2007 sont considérées constantes dans le temps et utilisées pour toute la période.

Quantités de paille apportées

Pour les bovins et les porcins, des tables de correspondances réalisées par l'Institut de l'Elevage, le SSP (services statistiques du Ministère de l'Agriculture) et l'Institut du porc ont permis de connaître les quantités de paille utilisées par mode de stabulation/type de sol provenant des enquêtes bâtiment.

Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par capacité « enquête bâtiment » (voir plus haut), par type de logement, **pour les bovins.**

Tableau 199 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Bovins

Type de logement	Capacité enquête bâtiment	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Stabulation (ou étable) entravée avec litière	Vaches laitières	2,5
	Vaches nourrices	2,5
	Bovins d'élevage	2
	Bovins d'engraissement	2
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation (ou étable) entravée sans litière	Vaches laitières	0
	Vaches nourrices	0
	Bovins d'élevage	0
	Bovins d'engraissement	0
	Veaux	0
	Autres	0
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, pente paillée	Vaches laitières	5
	Vaches nourrices	4,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire d'exercice raclée, fumier	Vaches laitières	7,5
	Vaches nourrices	5,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire d'exercice raclée, lisier	Vaches laitières	6
	Vaches nourrices	5
	Bovins d'élevage	3,5
	Bovins d'engraissement	3,5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire d'exercice caillebotis (lisier)	Vaches laitières	6
	Vaches nourrices	5
	Bovins d'élevage	3,5
	Bovins d'engraissement	3,5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire paillée intégrale	Vaches laitières	9
	Vaches nourrices	7
	Bovins d'élevage	5
	Bovins d'engraissement	5
	Veaux	2
	Autres	2
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, logettes, aire d'exercice bétonnée, fumier	Vaches laitières	3
	Vaches nourrices	2,5
	Bovins d'élevage	2
	Bovins d'engraissement	2
	Veaux	1
	Autres	1
	Vaches laitières	0,5
	Vaches nourrices	0,3

Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, logettes, aire d'exercice bétonnée, lisier	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, logettes, aire d'exercice caillebotis	Vaches laitières	0,5
	Vaches nourrices	0,3
	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, pente paillée, alimentation distribuée	Vaches laitières	5
	Vaches nourrices	4,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, pente paillée, alimentation silo en libre service	Vaches laitières	5
	Vaches nourrices	4,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système fumier, alimentation distribuée	Vaches laitières	8,5
	Vaches nourrices	6,5
	Bovins d'élevage	5
	Bovins d'engraissement	5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système fumier, alimentation silo en libre service	Vaches laitières	7
	Vaches nourrices	6
	Bovins d'élevage	4,5
	Bovins d'engraissement	4,5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système lisier, alimentation distribuée	Vaches laitières	6
	Vaches nourrices	5
	Bovins d'élevage	3,5
	Bovins d'engraissement	3,5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système lisier, alimentation silo en libre service	Vaches laitières	9
	Vaches nourrices	7
	Bovins d'élevage	5
	Bovins d'engraissement	5
	Veaux	2
	Autres	2
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, logettes, système fumier, alimentation distribuée	Vaches laitières	4
	Vaches nourrices	3,5
	Bovins d'élevage	3
	Bovins d'engraissement	3
	Veaux	1,5
	Autres	1,5
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, logettes, système fumier, alimentation silo en libre service	Vaches laitières	4
	Vaches nourrices	3,5
	Bovins d'élevage	3
	Bovins d'engraissement	3

	Veaux	1,5
	Autres	1,5
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, logettes, système lisier, alimentation distribuée	Vaches laitières	0,5
	Vaches nourrices	0,3
	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5
Bâtiment fermé (entièrement couvert), Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	Vaches laitières	0,5
	Vaches nourrices	0,3
	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5

Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par capacité « enquête bâtiment » (voir plus haut), par type de logement, **pour les porcins.**

Tableau 200 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Porcins

Types de logement	Capacité enquête bâtiment	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton ou légèrement paillé et raclé	Truies en attente de saillie	0,5
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton (litière accumulée)		1,7
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton ou légèrement paillé et raclé	Truies gestantes	0,5
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton (litière accumulée)		1,7
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton ou légèrement paillé et raclé	Truies en maternité	2
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton (litière accumulée)		2
Sol béton ou légèrement paillé et raclé	Porcs en post sevrage	0,12
Sol paillé (litière accumulée) sur paille ou sciure accumulée		0,3
Bâtiment fermé (entièrement couvert), Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	Porcs en engraissement ou pré-engraissement	0,3
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sur paille ou sciure accumulée		1,9
Bâtiment fermé (entièrement couvert), Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	Autres porcs	0,3
Bâtiment fermé (entièrement couvert), sur paille ou sciure accumulée		1

Les quantités de paille pour les bovins et les porcins étant attribuées par mode de logement et capacité, elles sont utilisées sur la période de la même manière que celles relatives à la répartition par systèmes de gestion des déjections (voir Tableau 197).

Pour les caprins et les ovins, les quantités de pailles utilisées ont été fournies par l'Institut de l'Elevage et le SSP. Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par catégorie animale, **pour les ovins.**

Tableau 201 : Besoins en paille par catégorie animale - Ovins

Catégories d'animaux	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Brebis, agneaux non sevrés et béliers	1,6
Agnelles	0,75
Agneaux	0,15

Dans la SAA, les béliers sont comptabilisés avec les agneaux. Un retraitement a été effectué pour pondérer les apports de paille de cette catégorie mixte, au prorata des effectifs différenciés (béliers/agneaux) fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007. Les quantités de paille résultantes, exprimées par capacité des enquêtes bâtiment, sont les suivantes :

Tableau 202 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Ovins

Capacités enquêtes bâtiment	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Brebis laitières	1,60
Autres animaux d'élevage laitiers	0,75
Brebis viandes	1,60
Autres animaux d'élevage viandes	0,75
Agneaux en engraissement	0,25

Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par catégorie animale, **pour les caprins**.

Tableau 203 : Besoins en paille par catégorie animale - Caprins

Catégories d'animaux	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Chèvres et boucs	1,5
Nurserie	0,25
Chevrettes	0,75
Chevreaux	0,25

Pour assurer la cohérence avec les capacités des enquêtes bâtiment et la statistique agricole, les retraitements suivants ont été effectués :

- Pour les chèvres : la correspondance est directe,
- Pour les chevrettes : on considère que les chevrettes passent 6% de leur vie en nurserie, d'après les données tirées d'une publication de l'IDELE [982]. La pondération est alors faite entre les apports en nurserie et les apports pour les chevrettes.
- Pour les autres caprins (y compris boucs) : la pondération est faite entre les boucs et les chevreaux au prorata des effectifs différenciés (boucs/chevreaux) fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007.

Les quantités de paille résultantes, exprimées par capacité des enquêtes bâtiment, sont les suivantes :

Tableau 204 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Caprins

Capacités enquêtes bâtiment	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Chèvres	1,50
Autres animaux d'élevage	0,72
Chevreaux en engraissement	0,62

Les quantités de paille pour les ovins et les caprins étant attribuées par capacité, elles sont utilisées sur la période de la même manière que celles relatives à la répartition par systèmes de gestion des déjections (voir Tableau 197).

Systèmes de gestion des déjections animales – Traitement des données pour les équins// Annexe du NIR et de l'IIR

Temps de présence au bâtiment

Il a été considéré que les équins passent en moyenne 5 mois en bâtiment, sur la base d'un rapport sur les effluents animaux paru en 2002 [476]. Faute d'autres données disponibles, cette donnée est considérée constante dans le temps et utilisée pour toute la période.

Mode de gestion des déjections

Les systèmes lisiers n'existent pas en France, donc 100% des systèmes sont considérés en fumier.

Quantités de paille apportées

Pour les équins, les quantités de paille journalières retenues proviennent d'EMEP/EEA 2016 [960].

Systèmes de gestion des déjections animales – Traitement des données pour les volailles// Annexe du NIR et de l'IIR

Temps de présence au bâtiment

Les temps d'hébergement sont déduits des facteurs d'excrétion azotée des documents Corpen (Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement), qui distinguent la part azotée au parcours de celle excrétée en bâtiment. Il existe trois versions du Corpen pour les volailles : 1996 [503], 2006 [471] et la mise à jour de 2012 [504]. Ces guides fournissent les parts d'excrétions au parcours pour respectivement 40, 78 et 80 catégories de volailles, alors que la SAA ne compte que 10 catégories. Ainsi, pour calculer les parts d'excrétions au parcours à partir du Corpen, il faut connaître les effectifs pour chaque catégorie Corpen, puis calculer un facteur d'émission pondéré pour les 10 catégories de la SAA. Pour cela, les effectifs nationaux fournis pour 46 catégories de volailles par les enquêtes bâtiments 2008 [480] ont été utilisés, en faisant l'hypothèse, faute de données supplémentaires, que les répartitions entre les 46 populations de volailles sont constantes entre 1996 et 2012. Les catégories de volailles et les périmètres d'étude ayant variés entre les versions, certaines données aberrantes ont été corrigées par une interpolation entre les deux valeurs de 1996 et 2012.

Les temps d'hébergement utilisés sur la période de 1990 à l'année en cours sont les suivants :

- de 1990 à 1996 : les données utilisées sont celles de 1996 ;
- de 1997 à 2005 : interpolation linéaire entre les données de 1996 et celles de 2006 ;
- en 2006 : les données utilisées sont celles de 2006 ;
- de 2007 à 2011 : interpolation linéaire entre les données de 2006 et celles de 2012 ;
- de 2012 à l'année en cours : les données utilisées sont celles de 2012.

Mode de gestion des déjections

Des parts de fumier et de lisier ont été affectées à chaque catégorie animale. Ces correspondances sont très simples puisque généralement, une catégorie animale correspond à un effluent. En effet, hormis pour les canards et les oies, toutes les volailles ont été allouées à des systèmes sur fumier.

Pour les canards et les oies, la répartition des effluents entre système fumier et lisier est effectuée à partir des documents du Corpen qui fournissent des excrétions azotées avec une part de lisier et une part de fumier déterminées, pour les années 1996, 2006 et 2012. Ces données sont interpolées de la même manière que les temps d'hébergement (cf. ci-dessus).

Actuellement, les systèmes « fientes » (très fréquents en poules pondeuses) sont assimilés aux systèmes basés sur le fumier, car pour l'instant, aucun facteur d'émission spécifique aux systèmes fiente n'est disponible dans les lignes directrices.

Quantités de paille apportées

Pour les volailles, les quantités de paille apportées ne sont pas comptabilisées.

Systèmes de gestion des déjections animales – Traitement des données pour les lapines// Annexe du NIR et de l'IIR

Temps de présence au bâtiment

Pour les lapines reproductrices, une seule enquête a été réalisée en 1994 [760] mais elle ne fournit pas de durées d'hébergement : les animaux gérés en bâtiment se voient attribuer 100% de leur temps au bâtiment.

Mode de gestion des déjections

Pour les lapines reproductrices, une seule enquête a été réalisée en 1994 [760]. La répartition entre fumier et lisier est maintenue constante, égale à 1994, pour toute la période.

Quantités de paille apportées

Ces quantités ne sont pas comptabilisées faute de données disponibles.

Systèmes de gestion des déjections animales – Traitement des données pour les cervidés d'élevage// Annexe du NIR et de l'IIR

En Nouvelle-Calédonie, l'élevage des cervidés est considéré comme extensif. Faute de données plus précises, l'hypothèse est faite d'une gestion à 100% à la pâture.

Sols agricoles (CRF 3D)

Estimation des quantités de matière sèche des résidus de culture

Les quantités de matière sèche des résidus par culture sont nécessaires pour l'estimation de 2 sources d'émissions distinctes :

- Emissions de N_2O liées à la décomposition des résidus de culture, après conversion de la matière sèche en azote,
- Emissions liées au brûlage des résidus de culture.

Les quantités de matière sèche et d'azote des résidus de cultures aériens et racinaires sont estimées à partir de l'équation du GIEC 2006 [799] équation 11.7.A :

$$FCR = \sum_i (Frac_{RENEW(i)} \times ((Area_{(i)} - Area_{BURNT(i)} \times CF) \times AG_{DM(i)} \times 1000 \times N_{AG(i)} \times (1 - Frac_{REMOVE(i)}) + Area_{(i)} \times (AG_{DM(i)} \times 1000 + CROP_{(i)}) \times R_{BG-BIO(i)} \times N_{BG(i)})$$

Avec :

$Frac_{RENEW(i)}$	: Fraction totale de la surface renouvelée annuellement
$AG_{DM(i)}$	: Résidus aériens (tMS/ha)
$CROP_{(i)}$	: Rendement de la culture i (kgMS/ha)
$Area_{(i)}$	: Surface de la culture i
$Area_{BURNT(i)}$	: Surface de la culture i brûlée
$Frac_{REMOVE(i)}$ (kgN/kgMS)	: Part de des résidus aériens ôtés annuellement du champ (élevage ou construction)
CF	: Facteur de combustion
$N_{AG(i)}$	: Part d'azote dans les résidus aériens (kgN/kgMS)
$R_{BG-BIO(i)}$	: Ratio résidus de cultures racinaires / biomasse aérienne
$N_{BG(i)}$	: Part d'azote dans les résidus racinaires (kgN/kgMS)

La méthode développée ci-dessus s'applique aux cultures desquelles sont récoltées les parties aériennes.

Dans le cas des betteraves et des pommes de terre, on utilise une quantité de matière sèche et d'azote de résidus aériens par ha, récapitulées dans le tableau à la fin de cette section [486], pour estimer les quantités d'azote et de matière sèche de résidus aériens (premier membre de l'équation). Le second membre de l'équation, quantifiant les quantités d'azote des résidus racinaires, est conservé aussi pour ces cultures.

FracRENEW(i)

Le paramètre prend la valeur de 1 pour les cultures et 1/x avec x le nombre d'années pendant lesquelles les pâtures ne sont pas renouvelées :

- Dans le cas des prairies artificielles et temporaires, le paramètre prend pour valeur 1/3, car les prairies temporaires et artificielles sont censées être implantées pour moins de 6 ans ce qui donne en moyenne des prairies retournées tous les 3 ans, et qui est cohérent avec la fréquence d'implantation de culture de luzernes qui tous les 3 ou 4 ans en général,
- Dans le cas des prairies permanentes (naturelles semées depuis plus de 6 ans et surfaces toujours en herbe peu productive), le paramètre prend la valeur de 1/8. Ce résultat est issu des enquêtes TERUTI [662] et correspond à la durée moyenne de « vie » des prairies permanentes en métropole sur la période 1992-2003.

AGDM(i)

Le paramètre « AG_{DM}» (tMS) est estimé à partir de l'indice de récolte IR (fraction des parties aériennes constituée par le grain : MS récoltée / MS biomasse aérienne), de la surface de cultures et des productions (tMS).

AG_{DM} = MS résidus aériens (tMS/ha)
= (MS de biomasse aérienne (tMS/ha) – MS récoltée (tMS/ha))
= MS de biomasse aérienne (tMS/ha)*(1- MS récoltée (tMS/ha)/ MS de biomasse aérienne (tMS/ha))
= MS de biomasse aérienne (tMS/ha)*(1-IR)
= MS récoltée (tMS/ha) x (1-IR)/IR
= Productions /Area x (1-IR)/IR

$AG_{DM(i)}$ x 1000 + $CROP_{(i)}$

De même, on estime « AG_{DM} x 1000 + CROP » à partir de l'indice de récolte IR, de la surface de cultures et des productions (avec AG_{DM} x 1000 en kg de MS et CROP en kg de MS).

AG_{DM} x 1000 + CROP = MS résidus aériens (kgMS/ha) + MS récoltée (kgMS/ha)
= (MS de biomasse aérienne (kgMS/ha) – MS récoltée (kgMS/ha)) + MS récoltée (kgMS/ha)
=MS de biomasse aérienne (kgMS/ha) x (MS récoltée (kgMS/ha)/ MS récoltée (kgMS/ha))
= MS récoltée (kgMS/ha) / IR
= Productions /Area x 1/IR

Productions

Les données de productions sont issues de la SAA [410]. Il s'agit des tables SAA_2 (anciennes et nouvelles séries). Le tableau suivant représente l'évolution des productions pour 9 catégories de cultures, regroupant les 40 cultures étudiées dans l'inventaire, en kilo tonnes (kt).

Tableau 205 : Evolutions de productions en kt - Métropole

	Céréales	Oléagineux	Protéagineux	Jachères industrielles et cultures énergétiques	Choux, racines et tubercules fourragers	Fourrages annuels	Prairies non permanentes et surfaces toujours en herbe	Betteraves industrielles et canne à sucre	Pommes de terre
1990	55 057	6 534	3 693	0	4 375	14 726	57 792	31 675	4 723
1991	60 232	7 362	3 269	0	5 058	18 419	60 621	29 410	5 407
1992	60 448	5 939	3 322	0	5 064	20 396	74 921	31 534	6 568
1993	55 391	5 070	3 793	0	4 619	18 925	74 824	31 620	5 731
1994	53 159	6 113	3 457	0	4 224	18 610	72 862	28 898	5 377
1995	53 268	7 711	2 826	622	3 562	18 168	63 552	30 342	5 752
1996	62 238	8 046	2 652	711	3 266	17 233	58 831	30 921	6 104
1997	63 012	9 208	3 206	580	3 264	20 423	62 051	34 005	6 513
1998	67 922	9 433	3 421	518	2 993	18 652	67 183	30 790	5 908
1999	64 239	11 015	2 797	1 061	2 807	19 175	73 164	32 474	6 534
2000	65 646	9 021	2 071	895	2 610	19 138	75 964	31 121	6 462
2001	60 130	7 665	1 844	791	2 233	20 111	68 671	26 839	6 033
2002	69 402	8 357	2 000	915	2 017	19 570	69 008	33 452	6 834
2003	54 855	8 404	1 907	952	1 490	17 867	45 987	29 310	6 302
2004	70 325	9 612	2 060	1 117	1 386	19 097	71 399	30 763	7 185
2005	64 088	10 733	1 712	1 965	1 132	17 142	58 429	31 118	6 517
2006	61 649	9 893	1 311	3 544	1 025	16 810	63 580	29 845	6 280
2007	59 190	10 811	842	5 643	886	18 092	80 541	33 197	7 100
2008	70 123	11 107	762	4 941	829	18 402	76 130	30 294	6 713
2009	70 098	13 025	981	6 673	753	18 990	64 615	35 126	7 027
2010	65 500	11 446	1 568	4 820	706	17 223	59 781	31 875	6 620
2011	63 822	12 788	1 016	5 289	443	19 899	53 908	37 945	7 437
2012	68 195	12 644	832	5 564	402	18 829	69 889	33 077	6 373
2013	67 341	10 458	741	6 410	419	19 202	68 182	33 631	6 955
2014	72 429	12 902	822	7 256	375	21 166	76 034	37 845	8 083
2015	72 715	12 251	933	6 268	426	18 222	58 792	33 508	7 118
2016	54 208	11 054	767	6 268	373	16 759	59 134	34 644	6 958

Source CITEPA / format OMINEA - février 2018

Graph_OMINEA_3.xls/Cultures_Productions

Les statistiques nationales [410] fournissent des productions de grains normalisées, c'est à dire ramenées aux teneurs en humidité commerciales. Ces productions annuelles en kt sont converties en ktMS grâce au facteur $FRAC_{MH_grain}$ (taux d'humidité du grain). Les normes commerciales considérées sont de 15 % M.H. pour le maïs, le blé tendre et l'orge, 14,5 % M.H. pour le sorgho, 14 % M.H. pour le blé dur, le pois et le soja, 9% M.H. pour le tournesol et le colza.

IR

Les indice de Récolte (IR) sont fournis par divers organismes techniques ou de recherche nationaux, à partir de nombreuses mesures réalisées *in-situ*. Lorsque plusieurs données de teneur matière sèche des résidus étaient disponibles pour une même culture et produites par plusieurs organismes, la référence la plus pertinente été retenue (la pertinence a été évaluée en fonction de nombreux paramètres dont le nombre de mesures et a été validée par le groupe de travail sur les inventaires réunissant l'ensemble des experts nationaux issus des différents Instituts Techniques Agricoles). Ces résultats ont été compilés par le CITEPA et publiés dans un document de synthèse [486].

$Area_{BURNT}$ et $Frac_{REMOVE}$

Les paramètres $Area_{BURNT}$ et $Frac_{REMOVE}$ sont estimés à partir des données de devenir des résidus de cultures des enquêtes sur les pratiques culturales [485]. Ces enquêtes fournissent des informations par culture sur les surfaces sur lesquels les résidus de cultures sont brûlés et pour lesquelles les résidus de cultures sont exportés.

$$(Area - Area_{BURNT} \times CF) \times (1 - Frac_{REMOVE}) = Area \times (1 - Frac_{BURNti} \times CF) \times (1 - Frac_{REMOVE})$$

Avec :

$Frac_{BURNT}$: part des surfaces pour lesquelles les résidus ont été brûlés,

Si l'on développe l'équation, on obtient :

$$= Area \times (1 - Frac_{BURNti} \times CF - Frac_{REMOVE} + Frac_{REMOVE} \times Frac_{BURNti} \times CF)$$

On estime ensuite $Frac_{REMOVE}$ en l'approximant par $Frac_{REMOVE_surf}$, part des surfaces sur lesquelles les résidus sont ôtés annuellement issues de [485].

Cf

Les facteurs de combustion Cf proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [902], chapitre 2, table 2.6.

N_{AG}

Le pourcentage d'azote dans la biomasse sèche des résidus aériens (N_{AG}) est estimé à partir de teneurs en azote des résidus fournies par divers organismes techniques ou de recherche nationaux, à partir de nombreuses mesures réalisées *in-situ*. Lorsque plusieurs données de teneur en azote des résidus étaient disponibles pour une même culture et produites par plusieurs organismes, la référence la plus pertinente été retenue (la pertinence a été évaluée en fonction de nombreux paramètres dont le nombre de mesures et a été validée par le groupe de travail sur les inventaires réunissant l'ensemble des experts nationaux issus des différents Instituts Techniques Agricoles). Ces résultats ont été compilés par le CITEPA et publiés dans un document de synthèse [486].

R_{BG-BIO}

Les valeurs prises correspondent aux valeurs par défaut des lignes directrices 2006 [799].

N_{BG}

Le pourcentage d'azote dans la biomasse sèche des résidus racinaires (N_{BG}) correspond aux valeurs par défaut des lignes directrices 2006 [799]

Les différents paramètres retenus pour les résidus de culture sont synthétisés dans le tableau suivant. Les données étant spécifiques à 40 cultures différentes, ce tableau fournit des fourchettes par famille de cultures.

Tableau 206 : Synthèse des paramètres retenus pour les résidus de culture

		Céréales (hors riz)	Riz	Oléagineux	Soja (*)	Protéagineux (*)	Maïs ensilage	Tubercules, racines	Cultures fourragères	Prairies artificielles et temporaires	Prairies permanentes
FracRENEW		1	1	1	1	1	1	1	1	0,33333333	0,125
$FRAC_{MH_grain}$: teneur en humidité du grain (normes commerciales)		14% - 15%	15,00%	9,00%	14%	14%	NA	75,0% - 80,0%	0%-78%	0%	0%
IR (MS récoltée /MS biomasse aérienne)		41,7% - 53,0%	41,67%	13,19% - 41,2%	32%	53,0% - 58,0%	90,00%	73,0% - 80,0%	Aboveground residues =0,1*RDTMS+1,06 [799]	Aboveground residues =0,3*RDTMS+0 [799]	
NAG		0,46% - 1,19%	0,79%	0,70% - 1,30%	2,69%	1,35%	0,60%	1,45%-2,1%	1,5%-1,9% [799]	2,5% [799]	2,5% [799]
MS (t/ha)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	2,75-6,7	NA	NA	NA
C_f: combustion factor		80% - 90%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	NA	80% - 90%	90,00%	90,00%
% résidus exportés	**1990**	1,4% - 93%	0,00%	0,0% - 3,6%	0,00%	0,0% - 15,3%	NA	NA	NA	NA	NA
	2000	1,4% - 93%	0,00%	0,0% - 3,6%	0,00%	0,0% - 15,3%	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	0,0% - 74,5%	0,00%	1,8% - 63,7%	1,38%	0,9% - 8,8%	NA	NA	NA	NA	NA
	2010 …	0,8%-82,9%	0,00%	1,4% - 63,7%	1,38%	24,30%	NA	NA	NA	NA	NA
% résidus brulés	**1990**	0,0% - 0,55%	100%	0,2% - 59,8%	0,00%	0,0% - 0,3%	NA	NA	0,00%	NA	NA
	2000	0,0% - 7,6%	100%	0,2% - 59,8%	0,00%	0,0% - 0,3%	NA	NA	0,00%	NA	NA
	2005	0,0% - 1,1%	96,51%	0,1% - 5,3%	0,00%	0,0% - 0,4%	NA	NA	0,00%	NA	NA
	2010 …	0,0% - 1,3%	96,51%	0% - 5,3%	0,00%	0%	NA	NA	0-1,08%	NA	NA
NBG [799]		0,008-0,014	0,009	0,009	0,008	0,008	0,007	0,014	0,007-0,014	0,016	0,012
RBG BIO [799]		0,22-0,28	0,16	0,22	0,19	0,19	0,22	0,2	0,2-0,54	0,8	0,8

Annexe 4

Approche de référence tier 1 du GIEC

L'approche de référence tier 1 du GIEC pour le calcul des émissions de CO_2 et la comparaison avec la méthode sectorielle sont présentées dans le corps du rapport à la section 3.2.1.

Annexe 5

Impact par grands secteurs des modifications intervenues depuis la soumission de mars 2018

Les recalculs détaillés sont disponibles dans chaque chapitre sectoriel (chapitres 3 à 9). Les comparaisons sont réalisées entre la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019. Ainsi, des différences peuvent exister entre les résultats indiqués dans les tables 8 du CRF qui comparent deux éditions successives des tables CRF (pouvant contenir, par exemple, des modifications engendrées par un Saturday Paper identifié lors d'une revue annuelle). Des tableaux agrégés par grand secteur CRF et par substance sont présentés ci-dessous. Les impacts des recalculs au niveau CRF le plus fin de l'inventaire sont disponibles en annexe électronique pour toutes les années de l'inventaire (cf. fichier « Rapport CRF-d.xlsm »).

Tableau 207 : Modifications intervenues dans le secteur de l'énergie (CRF 1) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto)

OLD	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	363 122	360 915	380 488	391 328	381 728	372 008	367 556	351 144	359 897	334 705	337 907	337 889	307 340	312 784	315 032
CH4	kt	507	487	310	200	175	159	155	147	153	132	135	134	114	114	119
N2O	kt	11	13	12	13	13	13	13	12	12	12	12	13	12	12	13
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	1 962	1 808	1 651	1 465	1 381	1 319	1 224	1 143	1 130	1 067	1 032	1 016	927	895	860
CO	kt	9 795	7 991	5 770	4 270	3 852	3 630	3 448	3 052	3 120	2 643	2 595	2 601	2 249	2 213	2 280
NMVOC	kt	1 719	1 408	987	648	554	492	445	403	388	323	318	313	267	263	262
SO2	kt	1 268	961	626	466	439	430	366	307	286	258	251	220	181	169	147
NH3	kt	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

NEW	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	365 300	363 100	382 600	393 803	383 759	372 975	368 320	355 051	360 541	336 406	338 941	339 679	308 639	315 242	317 483
CH4	kt	509	488	311	201	176	160	155	148	154	135	135	135	114	115	119
N2O	kt	11	13	12	13	13	13	13	12	12	12	13	13	13	13	13
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	1 979	1 822	1 653	1 468	1 383	1 320	1 225	1 146	1 130	1 072	1 036	1 027	936	904	862
CO	kt	9 504	7 810	5 646	4 209	3 806	3 591	3 411	3 029	3 110	2 666	2 591	2 610	2 250	2 224	2 287
NMVOC	kt	1 737	1 418	983	639	548	490	445	406	392	330	325	320	274	270	269
SO2	kt	1 269	962	627	468	441	425	365	304	284	263	247	222	180	170	150
NH3	kt	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ancien	kt CO2e	379 060	376 843	391 906	400 257	389 931	379 746	375 175	358 323	367 307	341 517	344 879	344 985	313 826	319 342	321 874
Nouveau	kt CO2e	381 294	379 040	394 050	402 790	392 021	380 767	375 962	362 272	368 007	343 433	346 073	346 939	315 276	321 985	324 432
Différence	kt CO2e	+2 234	+2 196	+2 144	+2 532	+2 090	+1 021	+787	+3 949	+700	+1 915	+1 194	+1 954	+1 450	+2 643	+2 558
	%	+1%	+1%	+1%	+1%	+1%	+0%	+0%	+1%	+0%	+1%	+0%	+1%	+0%	+1%	+1%

Tableau 208 : Modifications intervenues dans le secteur des procédés industriels (CRF 2) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto)

OLD	unité	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	31 318	30 078	29 623	29 759	29 522	28 647	28 957	27 262	23 385	25 482	25 025	23 115	23 479	22 749	22 161	21 792
CH4	kt	4	4	5	5	4	4	4	3	3	4	3	2	2	2	2	2
N2O	kt	80	87	40	22	23	20	19	16	13	8	5	3	3	4	4	3
HFCs	t CO2e	4 402 200	1 890 624	6 611 941	12 076 495	13 367 159	14 382 531	15 261 778	16 143 803	16 277 624	17 325 330	18 472 945	18 836 284	18 891 641	18 920 860	19 163 370	19 306 247
PFCs	t CO2e	5 202 467	3 064 560	2 997 489	2 638 855	1 760 328	1 462 396	1 179 430	777 747	558 812	617 370	774 038	790 345	670 495	568 546	536 565	666 008
Unspecified	t CO2e	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA
SF6	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NF3	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NOx	kt	27	17	16	14	13	12	12	10	8	7	7	7	7	7	7	7
CO	kt	773	1 142	804	1 071	969	791	843	800	716	1 024	802	533	578	406	391	390
NMVOC	kt	718	632	636	531	517	493	447	412	369	383	385	366	358	362	353	348
SO2	kt	30	22	25	19	17	17	15	14	10	10	10	10	10	11	11	12
NH3	kt	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

NEW	unité	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	31 492	30 277	29 826	30 036	29 780	28 873	29 254	27 546	23 630	25 790	25 234	23 303	23 667	22 952	22 236	21 871
CH4	kt	4	4	5	5	4	4	4	3	3	4	3	2	2	2	2	2
N2O	kt	80	87	40	23	23	20	19	16	13	8	5	3	3	4	4	3
HFCs	t CO2e	4 402 200	1 890 377	6 611 619	12 073 175	13 354 012	14 350 663	15 198 307	16 081 248	16 224 117	17 297 121	18 429 392	18 790 020	18 848 967	18 877 851	19 126 854	19 281 371
PFCs	t CO2e	5 202 467	3 064 560	2 997 489	2 638 855	1 760 328	1 462 396	1 179 430	777 747	558 812	617 370	774 038	790 345	670 495	615 881	536 565	666 008
Unspecified	t CO2e	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA	NO,NA
SF6	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NF3	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NOx	kt	27	17	16	14	13	12	12	10	8	7	7	7	7	7	7	7
CO	kt	772	1 141	803	1 071	969	791	843	800	716	1 024	802	533	578	405	391	390
NMVOC	kt	749	669	669	556	540	519	478	447	396	426	408	376	367	390	365	354
SO2	kt	30	23	25	19	18	17	15	14	10	10	10	10	10	11	11	12
NH3	kt	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

PRG	unité	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ancien	kt CO2e	67 024	63 670	53 665	52 957	52 902	51 928	52 317	50 091	45 198	46 706	46 402	44 492	44 691	43 965	43 712	43 358
Nouveau	kt CO2e	67 200	63 870	53 869	53 233	53 149	52 123	52 551	50 312	45 389	46 987	46 570	44 635	44 836	44 172	43 753	43 414
Différence	kt CO2e	+176	+200	+204	+276	+247	+195	+234	+222	+192	+281	+168	+143	+145	+207	+40	+56
	%	+0%	+0%	+0%	+1%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+1%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%

Tableau 209 : Modifications intervenues dans le secteur de l'agriculture (CRF 3) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto)

OLD	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	1 765	1 852	1 826	1 800	1 732	1 757	1 773	1 876	1 813	1 867	1 981	1 884	1 958	2 003	2 014
CH4	kt	1 698	1 656	1 698	1 586	1 594	1 600	1 617	1 606	1 587	1 581	1 552	1 551	1 585	1 590	1 574
N2O	kt	130	125	131	123	121	123	124	122	120	118	120	118	122	121	119
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	78	73	75	69	68	68	68	67	66	65	65	64	66	67	67
CO	kt	86	84	89	63	62	60	64	65	63	63	64	61	62	63	58
NMVOC	kt	363	370	360	352	360	337	335	345	340	348	340	342	348	353	350
SO2	kt	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NH3																

NEW	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	1 765	1 852	1 826	1 800	1 732	1 757	1 773	1 876	1 813	1 867	1 981	1 884	1 958	2 003	2 014
CH4	kt	1 692	1 649	1 690	1 577	1 582	1 590	1 606	1 593	1 575	1 563	1 535	1 533	1 565	1 567	1 557
N2O	kt	128	123	130	121	119	122	123	121	118	117	118	117	121	120	117
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	78	72	74	69	67	68	67	66	65	64	65	64	65	66	66
CO	kt	86	84	89	63	62	60	64	65	63	63	64	61	62	63	58
NMVOC	kt	358	366	356	348	355	332	330	340	335	343	335	337	343	347	344
SO2	kt	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NH3																

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ancien	kt CO2e	82 980	80 382	83 360	78 031	77 663	78 545	79 242	78 451	77 181	76 567	76 422	75 963	78 051	77 808	76 691
Nouveau	kt CO2e	82 312	79 737	82 687	77 308	76 885	77 810	78 495	77 661	76 462	75 657	75 563	75 077	77 126	76 838	75 787
Différence	kt CO2e	-668	-645	-674	-723	-778	-734	-747	-790	-718	-909	-860	-886	-925	-969	-904
	%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%

Tableau 210 : Modifications intervenues dans le secteur de l'UTCATF (CRF 4) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto)

OLD	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	-30 066	-34 556	-26 725	-52 294	-55 493	-53 817	-52 355	-47 836	-41 931	-38 410	-44 870	-46 346	-46 612	-45 077	-40 917
CH4	kt	40	149	69	50	48	48	47	49	50	48	45	44	45	46	48
N2O	kt	11	11	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	22	19	19	17	16	16	16	17	18	18	16	16	16	17	19
CO	kt	764	685	685	606	563	572	574	605	636	621	577	563	580	605	662
NMVOC	kt	1 102	1 148	1 126	1 217	1 329	1 058	1 060	1 196	1 102	1 190	1 144	1 157	1 174	1 256	1 210
SO2	kt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH3																

NEW	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	-26 366	-28 819	-21 696	-49 025	-51 561	-52 201	-53 162	-49 125	-43 915	-38 817	-41 082	-44 893	-37 065	-40 048	-37 833
CH4	kt	40	150	70	51	49	48	46	47	48	47	46	44	46	46	47
N2O	kt	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	22	20	20	17	16	16	15	16	17	17	17	16	17	17	17
CO	kt	757	704	695	606	569	564	545	568	594	592	585	552	585	596	611
NMVOC	kt	1 102	1 148	1 126	1 217	1 329	1 058	1 060	1 196	1 102	1 190	1 144	1 157	1 174	1 256	1 210
SO2	kt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH3																

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ancien	kt CO2e	-25 847	-27 664	-21 844	-47 981	-51 266	-49 558	-48 085	-43 503	-37 551	-34 083	-40 654	-42 185	-42 410	-40 829	-36 579
Nouveau	kt CO2e	-22 159	-21 879	-16 782	-44 698	-47 303	-47 940	-48 927	-44 839	-39 592	-34 523	-36 831	-40 737	-32 843	-35 813	-33 581
Différence	kt CO2e	+3 688	+5 785	+5 062	+3 284	+3 963	+1 618	-842	-1 336	-2 041	-440	+3 823	+1 448	+9 567	+5 016	+2 998
	%	-14%	-21%	-23%	-7%	-8%	-3%	+2%	+3%	+5%	+1%	-9%	-3%	-23%	-12%	-8%

Tableau 211 : Modifications intervenues dans le secteur des déchets (CRF 5) entre la mise à jour de la soumission de mars 2018 et celle de mars 2019 (Périmètre Kyoto)

OLD	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	2 209	2 238	1 719	1 565	1 627	1 503	1 557	1 531	1 614	1 654	1 543	1 545	1 794	1 549	1 596
CH4	kt	568	693	770	770	761	752	743	718	718	698	671	651	631	596	556
N2O	kt	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	7	7	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
CO	kt	15	16	15	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15
NMVOC	kt	11	13	13	13	13	14	13	13	13	13	12	11	11	11	10
SO2	kt	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH3	kt	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

NEW	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CO2	kt	2 209	2 238	1 719	1 565	1 627	1 503	1 557	1 531	1 614	1 654	1 543	1 545	1 794	1 550	1 514
CH4	kt	566	692	769	769	760	752	742	718	718	698	671	652	632	598	589
N2O	kt	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
HFCs																
PFCs																
Unspecified mix of HFCs and PFCs																
SF6																
NF3																
NOx	kt	7	7	5	4	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2
CO	kt	15	15	14	14	14	14	14	14	13	12	13	13	13	13	13
NMVOC	kt	11	12	13	13	13	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10
SO2	kt	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH3	kt	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

PRG	unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ancien	kt CO2e	17 306	20 502	21 896	21 647	21 479	21 099	20 902	20 273	20 359	19 845	19 066	18 573	18 307	17 198	16 243
Nouveau	kt CO2e	17 263	20 478	21 863	21 629	21 461	21 083	20 885	20 252	20 384	19 856	19 092	18 601	18 340	17 292	17 011
Différence	kt CO2e	-43	-24	-34	-19	-17	-16	-17	-20	+24	+12	+26	+28	+33	+94	+768
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+1%	+5%

Annexe 6

Incertitudes

Tableau 212 : Calcul d'incertitude sur les émissions des GES en France en 2017

source CITEPA / format CCNUCC — CITEPA-incertitudes-GES.xlsx

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Catégorie de source du GIEC / combustible	Gaz	Emissions 1990 kt CO2e	Emissions 2017 kt CO2e	Incertitudes des données sur les activités 2017 (%)	Incertitudes des facteurs d'émission 2017 (%)	Incertitude combinée 2017	Incertitude combinée en % des émissions totales excl. UTCATF 2017	Incertitude d'évolution sur les émissions totales excl. UTCATF 2017 (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales incl. UTCATF 2017	Incertitude d'évolution sur les émissions totales incl. UTCATF 2017 (%)
1A1 Energy Industries / liquid	CO2	19 787	9 407	1,0	2,0	2,2	0,05	0,04	0,05	0,04
1A1 Energy Industries / solid	CO2	42 103	18 415	1,0	2,0	2,2	0,09	0,08	0,10	0,08
1A1 Energy Industries / gas	CO2	1 541	15 030	1,0	2,0	2,2	0,07	0,06	0,08	0,07
1A1 Energy Industries / other fossil	CO2	2 558	6 388	1,0	6,0	6,1	0,08	0,05	0,09	0,05
1A1 Energy Industries / liquid	CH4	13	6,5	1,0	100	100	0,001	0,001	0,002	0,001
1A1 Energy Industries / solid	CH4	16	2,7	1,0	100	100	0,001	0,002	0,001	0,002
1A1 Energy Industries / gas	CH4	1,8	22	1,0	100	100	0,005	0,004	0,005	0,004
1A1 Energy Industries / other fossil	CH4	0,01	0,03	1,0	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000
1A1 Energy Industries / biomass	CH4	36	9,5	1,0	100	100	0,002	0,004	0,002	0,004
1A1 Energy Industries / liquid	N2O	38	26	1,0	100	100	0,006	0,001	0,006	0,001
1A1 Energy Industries / solid	N2O	218	44	1,0	100	100	0,009	0,03	0,01	0,03
1A1 Energy Industries / gas	N2O	1,0	56	1,0	100	100	0,01	0,01	0,01	0,01
1A1 Energy Industries / other fossil	N2O	24	57	1,0	100	100	0,01	0,007	0,01	0,007
1A1 Energy Industries / biomass	N2O	38	121	1,0	100	100	0,03	0,02	0,03	0,02
1A2 Manufacturing Industries / liquid	CO2	24 645	9 382	3,0	2,0	3,6	0,07	0,08	0,08	0,09
1A2 Manufacturing Industries / solid	CO2	28 439	15 099	3,0	2,0	3,6	0,1	0,1	0,1	0,1
1A2 Manufacturing Industries / gas	CO2	23 836	22 882	3,0	2,0	3,6	0,2	0,2	0,2	0,2
1A2 Manufacturing Industries / other fossil	CO2	815	3 352	3,0	6,0	6,7	0,05	0,04	0,05	0,04
1A2 Manufacturing Industries / liquid	CH4	32	11	3,0	100	100	0,002	0,003	0,002	0,003
1A2 Manufacturing Industries / solid	CH4	168	43	3,0	100	100	0,009	0,02	0,010	0,02
1A2 Manufacturing Industries / gas	CH4	11	12	3,0	100	100	0,003	0,001	0,003	0,001
1A2 Manufacturing Industries / other fossil	CH4	1,4	9,5	3,0	100	100	0,002	0,002	0,002	0,002
1A2 Manufacturing Industries / biomass	CH4	18	68	3,0	100	100	0,01	0,010	0,02	0,01
1A2 Manufacturing Industries / liquid	N2O	365	372	3,0	100	100	0,08	0,01	0,09	0,01
1A2 Manufacturing Industries / solid	N2O	64	30	3,0	100	100	0,006	0,005	0,007	0,004
1A2 Manufacturing Industries / gas	N2O	14	17	3,0	100	100	0,004	0,001	0,004	0,001
1A2 Manufacturing Industries / other fossil	N2O	2,5	16	3,0	100	100	0,003	0,003	0,004	0,003
1A2 Manufacturing Industries / biomass	N2O	32	138	3,0	100	100	0,03	0,02	0,03	0,02
1A3 Transport	CO2	120 812	133 017	3,0	1,0	3,2	0,9	1,0	1,0	1,1
1A3 Transport	CH4	1 038	143	3,0	50	50	0,02	0,07	0,02	0,07
1A3 Transport	N2O	970	1 576	3,0	50	50	0,2	0,07	0,2	0,08
1A4 Commercial, resid., agriculture… / liquid	CO2	63 006	35 723	5,0	2,0	5,4	0,4	0,5	0,4	0,5
1A4 Commercial, resid., agriculture… / solid	CO2	3 967	1 480	5,0	2,0	5,4	0,02	0,02	0,02	0,02
1A4 Commercial, resid., agriculture… / gas	CO2	29 430	47 543	5,0	2,0	5,4	0,6	0,6	0,6	0,6
1A4 Commercial, resid., agriculture… / liquid	CH4	201	111	5,0	100	100	0,02	0,01	0,03	0,01
1A4 Commercial, resid., agriculture… / solid	CH4	262	61	5,0	100	100	0,01	0,03	0,01	0,03
1A4 Commercial, resid., agriculture… / gas	CH4	65	105	5,0	100	100	0,02	0,009	0,02	0,010
1A4 Commercial, resid., agriculture… / biomass	CH4	4 253	1 074	5,0	100	100	0,2	0,5	0,2	0,5
1A4 Commercial, resid., agriculture… / liquid	N2O	1 036	897	5,0	100	100	0,2	0,01	0,2	0,01
1A4 Commercial, resid., agriculture… / solid	N2O	19	7,0	5,0	100	100	0,002	0,002	0,002	0,002
1A4 Commercial, resid., agriculture… / gas	N2O	16	25	5,0	100	100	0,005	0,002	0,006	0,002
1A4 Commercial, resid., agriculture… / biomass	N2O	414	425	5,0	100	100	0,09	0,01	0,10	0,02
1B1 Solid Fuels	CH4	4 810	17	5,0	10	11	0,000	0,07	0,000	0,07
1B2 Oil and Natural Gas	CO2	4 362	2 901	10	2,0	10	0,06	0,07	0,07	0,08
1B2 Oil and Natural Gas	CH4	1 793	1 118	10	100	100	0,2	0,08	0,3	0,07
1B2 Oil and Natural Gas	N2O	26	13	10	100	100	0,003	0,002	0,003	0,002
2A Mineral industry	CO2	14 973	9 328	5,0	7,6	9,1	0,2	0,1	0,2	0,1
2B Chemical industry	CO2	7 478	6 794	3,0	6,0	6,7	0,10	0,05	0,1	0,06
2B Chemical industry	CH4	81	44	3,0	100	100	0,009	0,005	0,01	0,004
2B Chemical industry	N2O	23 656	1 523	-	-	7,5	0,02	0,000	0,03	0,000
2B Chemical industry	HFC	4 374	300	2,0	10	10	0,007	0,06	0,007	0,06
2B Chemical industry	PFC	1 191	3,1	2,0	10	10	0,000	0,02	0,000	0,02
2B Chemical industry	SF6	130	0,00	30	30	42	0,000	0,006	0,000	0,006
2C Metal industry	CO2	6 241	4 549	10	10	14	0,1	0,1	0,1	0,1
2C Metal industry	CH4	7,8	8,7	10	10	14	0,000	0,000	0,000	0,000
2C Metal industry	PFC	3 567	41	2,0	12	12	0,001	0,07	0,001	0,07
2C Metal industry	SF6	781	54	5,0	30	30	0,004	0,03	0,004	0,03
2D Non-energy products from fuels and solvent us	CO2	2 142	1 183	15	40	43	0,1	0,07	0,1	0,06
2D Non-energy products from fuels and solvent us	CH4	3,2	0,2	20	100	102	0,000	0,000	0,000	0,000
2D Non-energy products from fuels and solvent us	N2O	2,9	2,6	20	100	102	0,001	0,000	0,001	0,000
2E Electronic Industry	HFC	29	7,6	10	100	100	0,002	0,003	0,002	0,003
2E Electronic Industry	PFC	203	112	10	30	32	0,008	0,004	0,008	0,004
2E Electronic Industry	SF6	56	3,9	10	300	300	0,003	0,02	0,003	0,02
2E Electronic Industry	NF3	16	7,6	10	70	71	0,001	0,001	0,001	0,001
2F Product uses as substitutes for ODS	HFC	0,00	18 403	20	20	28	1,1	1,2	1,2	1,2
2G Other product manufacture and use	CO2	659	472	5,0	8,0	9,4	0,010	0,006	0,01	0,006
2G Other product manufacture and use	N2O	121	133	20	1,0	20	0,006	0,007	0,006	0,007
2G Other product manufacture and use	HFC	0,00	0,7	10	20	22	0,000	0,000	0,000	0,000
2G Other product manufacture and use	PFC	241	552	20	10	22	0,03	0,03	0,03	0,03
2G Other product manufacture and use	SF6	1 249	403	30	20	36	0,03	0,04	0,03	0,04
2H Other	CO2	0,03	0,05	5,0	10	11	0,000	0,000	0,000	0,000

3A Enteric Fermentation	CH4	38 630	34 728	5,0	15	16	1,2	0,5	1,3	0,5
3B Manure Management	CH4	3 463	3 686	5,0	30	30	0,2	0,06	0,3	0,07
3B Manure Management	N2O	2 871	2 512	5,0	50	50	0,3	0,03	0,3	0,04
3C Rice Cultivation	CH4	140	81	-	-	100	0,02	0,000	0,02	0,000
3Da Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	26 771	-	-	150	8,6	0,6	9,3	0,7
3Db Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	6 423	-	-	300	4,1	0,07	4,5	0,08
3F Field burning of agricultural residues	CH4	69	49	30	80	85	0,009	0,004	0,010	0,004
3F Field burning of agricultural residues	N2O	21	15	30	95	100	0,003	0,001	0,003	0,001
3G Liming	CO2	915	645	5,0	1,0	5,1			0,008	0,009
3H Urea application	CO2	850	1 298	5,0	1,0	5,1			0,02	0,02
4A Forest Land	CO2	-38 522	-54 151	-	-	21			2,6	0,4
4A Forest Land	CH4	623	622	-	-	100			0,1	0,000
4A Forest Land	N2O	424	348	-	-	100			0,08	0,000
4B Cropland	CO2	21 622	16 053	-	-	41			1,5	0,07
4B Cropland	CH4	126	117	-	-	100			0,03	0,000
4B Cropland	N2O	1 558	1 561	-	-	100			0,4	0,002
4C Grassland	CO2	-13 889	-8 537	-	-	51			1,0	0,02
4C Grassland	CH4	193	169	-	-	100			0,04	0,000
4C Grassland	N2O	139	101	-	-	100			0,02	0,000
4D Wetlands	CO2	386	519	-	-	72			0,09	0,000
4D Wetlands	CH4	7,3	9,4	-	-	100			0,002	0,000
4D Wetlands	N2O	0,6	0,8	-	-	100			0,000	0,000
4E Settlements	CO2	9 135	11 038	-	-	32			0,8	0,02
4E Settlements	CH4	50	61	-	-	100			0,01	0,000
4E Settlements	N2O	593	625	-	-	100			0,1	0,000
4F Other Land	CO2	0,2	0,2	-	-	82			0,000	0,000
4G Harvested Wood Products	CO2	-5 098	-1 195	10	100	100			0,3	0,6
4H Other	CO2	0,00	60	5,0	30	30	0,000	0,000	0,004	0,003
4H Other	CH4	0,00	219	-	-	100	0,000	0,000	0,05	0,000
5A Solid Waste Disposal on Land	CH4	12 594	12 333	15	175	176	4,7	0,5	5,0	0,7
5B Biological treatment of solid waste	CH4	46	238	15	100	101	0,05	0,04	0,06	0,04
5B Biological treatment of solid waste	N2O	88	343	15	100	101	0,07	0,05	0,08	0,05
5C Incineration and open burning of waste	CO2	2 209	1 572	15	20	25	0,08	0,01	0,09	0,06
5C Incineration and open burning of waste	CH4	20	24	30	50	58	0,003	0,001	0,003	0,002
5C Incineration and open burning of waste	N2O	92	48	15	30	34	0,003	0,002	0,004	0,003
5D Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	2 252	35	100	106	0,5	0,2	0,6	0,3
5D Wastewater treatment and discharge	N2O	724	398	35	100	106	0,09	0,04	0,10	0,05
				Incertitude sur les émissions totales			**10,9**	**2,1**	**12,2**	**2,3**

UTCAF : Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

(*) Calcul d' incertitudes selon les bonnes pratiques du GIEC (cf. "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", chap.6)

(**) Les activités sont supposées non corrélées d'une année sur l'autre, sauf pour l'UTCAF, et les émissions des décharges ("Solid Waste Disposal on Land")

(***) Lorsque les incertitudes sur les émissions sont calculées avec un modèle distinct, ces incertitudes combinées sont rapportées directement dans la colonne G, résultant en « - » dans les colonnes E et F.

Tableau 213 : Calcul d'incertitude sur les émissions des GES en France en 1990

source CITEPA / format CCNUCC — CITEPA-incertitudes-GES.xlsx

A	B	C	D	E	F	G	H
Catégorie de source du GIEC / combustible	Gaz	Emissions 1990 kt CO2e	Incertitudes des données sur les activités 1990	Incertitudes des facteurs d'émission 1990 (%)	Incertitude combinée 1990 (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales excl. UTCATF 1990 (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales incl. UTCATF 1990 (%)
1A1 Energy Industries / liquid	CO2	19 787	1,0	2,0	2,2	0,08	0,08
1A1 Energy Industries / solid	CO2	42 103	1,0	2,0	2,2	0,2	0,2
1A1 Energy Industries / gas	CO2	1 541	1,0	2,0	2,2	0,006	0,007
1A1 Energy Industries / other fossil	CO2	2 558	1,0	6,0	6,1	0,03	0,03
1A1 Energy Industries / liquid	CH4	13	1,0	100	100	0,002	0,002
1A1 Energy Industries / solid	CH4	16	1,0	100	100	0,003	0,003
1A1 Energy Industries / gas	CH4	1,8	1,0	100	100	0,000	0,000
1A1 Energy Industries / other fossil	CH4	0,01	1,0	100	100	0,000	0,000
1A1 Energy Industries / biomass	CH4	36	1,0	100	100	0,007	0,007
1A1 Energy Industries / liquid	N2O	38	1,0	100	100	0,007	0,007
1A1 Energy Industries / solid	N2O	218	1,0	100	100	0,04	0,04
1A1 Energy Industries / gas	N2O	1,0	1,0	100	100	0,000	0,000
1A1 Energy Industries / other fossil	N2O	24	1,0	100	100	0,004	0,005
1A1 Energy Industries / biomass	N2O	38	1,0	100	100	0,007	0,007
1A2 Manufacturing Industries / liquid	CO2	24 645	3,0	2,0	3,6	0,2	0,2
1A2 Manufacturing Industries / solid	CO2	28 439	3,0	2,0	3,6	0,2	0,2
1A2 Manufacturing Industries / gas	CO2	23 836	3,0	2,0	3,6	0,2	0,2
1A2 Manufacturing Industries / other fossil	CO2	815	3,0	6,0	6,7	0,010	0,01
1A2 Manufacturing Industries / liquid	CH4	32	3,0	100	100	0,006	0,006
1A2 Manufacturing Industries / solid	CH4	168	3,0	100	100	0,03	0,03
1A2 Manufacturing Industries / gas	CH4	11	3,0	100	100	0,002	0,002
1A2 Manufacturing Industries / other fossil	CH4	1,4	3,0	100	100	0,000	0,000
1A2 Manufacturing Industries / biomass	CH4	18	3,0	100	100	0,003	0,004
1A2 Manufacturing Industries / liquid	N2O	365	3,0	100	100	0,07	0,07
1A2 Manufacturing Industries / solid	N2O	64	3,0	100	100	0,01	0,01
1A2 Manufacturing Industries / gas	N2O	14	3,0	100	100	0,003	0,003
1A2 Manufacturing Industries / other fossil	N2O	2,5	3,0	100	100	0,000	0,000
1A2 Manufacturing Industries / biomass	N2O	32	3,0	100	100	0,006	0,006
1A3 Transport	CO2	120 812	3,0	1,0	3,2	0,7	0,7
1A3 Transport	CH4	1 038	3,0	50	50	0,09	0,10
1A3 Transport	N2O	970	3,0	50	50	0,09	0,09
1A4 Commercial, resid., agriculture… / liquid	CO2	63 006	5,0	2,0	5,4	0,6	0,6
1A4 Commercial, resid., agriculture… / solid	CO2	3 967	5,0	2,0	5,4	0,04	0,04
1A4 Commercial, resid., agriculture… / gas	CO2	29 430	5,0	2,0	5,4	0,3	0,3
1A4 Commercial, resid., agriculture… / liquid	CH4	201	5,0	100	100	0,04	0,04
1A4 Commercial, resid., agriculture… / solid	CH4	262	5,0	100	100	0,05	0,05
1A4 Commercial, resid., agriculture… / gas	CH4	65	5,0	100	100	0,01	0,01
1A4 Commercial, resid., agriculture… / biomass	CH4	4 253	5,0	100	100	0,8	0,8
1A4 Commercial, resid., agriculture… / liquid	N2O	1 036	5,0	100	100	0,2	0,2
1A4 Commercial, resid., agriculture… / solid	N2O	19	5,0	100	100	0,003	0,004
1A4 Commercial, resid., agriculture… / gas	N2O	16	5,0	100	100	0,003	0,003
1A4 Commercial, resid., agriculture… / biomass	N2O	414	5,0	100	100	0,08	0,08
1B1 Solid Fuels	CH4	4 810	5,0	20	21	0,2	0,2
1B2 Oil and Natural Gas	CO2	4 362	10	2,0	10	0,08	0,08
1B2 Oil and Natural Gas	CH4	1 793	10	100	100	0,3	0,3
1B2 Oil and Natural Gas	N2O	26	10	100	100	0,005	0,005
2A Mineral industry	CO2	14 973	5,0	7,6	9,1	0,2	0,3
2B Chemical industry	CO2	7 478	3,0	6,0	6,7	0,09	0,10
2B Chemical industry	CH4	81	3,0	100	100	0,01	0,02
2B Chemical industry	N2O	23 656	-	-	7,5	0,3	0,3
2B Chemical industry	HFC	4 374	2,0	10	10	0,08	0,08
2B Chemical industry	PFC	1 191	2,0	10	10	0,02	0,02
2B Chemical industry	SF6	130	30	30	42	0,01	0,01
2C Metal industry	CO2	6 241	10	10	14	0,2	0,2
2C Metal industry	CH4	7,8	10	10	14	0,000	0,000
2C Metal industry	PFC	3 567	2,0	12	12	0,08	0,08
2C Metal industry	SF6	781	20	5,0	21	0,03	0,03
2D Non-energy products from fuels and solvent us	CO2	2 142	15	40	43	0,2	0,2
2D Non-energy products from fuels and solvent us	CH4	3,2	20	100	102	0,001	0,001
2D Non-energy products from fuels and solvent us	N2O	2,9	20	100	102	0,001	0,001
2E Electronic Industry	HFC	29	10	100	100	0,005	0,005
2E Electronic Industry	PFC	203	10	30	32	0,01	0,01
2E Electronic Industry	SF6	56	10	300	300	0,03	0,03
2E Electronic Industry	NF3	16	10	70	71	0,002	0,002
2F Product uses as substitutes for ODS	HFC	0,000	20	20	28	0,000	0,000
2G Other product manufacture and use	CO2	659	5,0	8,0	9,4	0,01	0,01
2G Other product manufacture and use	N2O	121	20	1,0	20	0,004	0,005
2G Other product manufacture and use	HFC	0,000	10	20	22	0,000	0,000
2G Other product manufacture and use	PFC	241	20	10	22	0,010	0,01
2G Other product manufacture and use	SF6	1 249	30	20	36	0,08	0,09
2H Other	CO2	0,03	5,0	10	11	0,000	0,000

3A Enteric Fermentation	CH4	38 630	5,0	15	16	1,1	1,2
3B Manure Management	CH4	3 463	5,0	30	30	0,2	0,2
3B Manure Management	N2O	2 871	5,0	50	50	0,3	0,3
3C Rice Cultivation	CH4	140	-	-	100	0,03	0,03
3Da Direct N2O emissions from managed soils	N2O	28 532	-	-	150	7,8	8,1
3Db Indirect N2O Emissions from managed soils	N2O	6 819	-	-	285	3,5	3,7
3F Field burning of agricultural residues	CH4	69	30	80	85	0,01	0,01
3F Field burning of agricultural residues	N2O	21	30	95	100	0,004	0,004
3G Liming	CO2	915	5,0	1,0	5,1		0,009
3H Urea application	CO2	850	5,0	1,0	5,1		0,008
4A Forest Land	CO2	-38 522	-	-	21		1,5
4A Forest Land	CH4	623	-	-	100		0,1
4A Forest Land	N2O	424	-	-	100		0,08
4B Cropland	CO2	21 622	-	-	41		1,7
4B Cropland	CH4	126	-	-	100		0,02
4B Cropland	N2O	1 558	-	-	100		0,3
4C Grassland	CO2	-13 889	-	-	51		1,3
4C Grassland	CH4	193	-	-	100		0,04
4C Grassland	N2O	139	-	-	100		0,03
4D Wetlands	CO2	386	-	-	72		0,05
4D Wetlands	CH4	7,3	-	-	100		0,001
4D Wetlands	N2O	0,6	-	-	100		0,000
4E Settlements	CO2	9 135	-	-	32		0,6
4E Settlements	CH4	50	-	-	100		0,010
4E Settlements	N2O	593	-	-	100		0,1
4F Other Land	CO2	0,2	-	-	82		0,000
4G Harvested Wood Products	CO2	-5 098	10	100	100		1,0
4H Other	CO2	0,000	5,0	30	30	0,000	0,000
4H Other	CH4	0,000	-	-	100	0,000	0,000
5A Solid Waste Disposal on Land	CH4	12 594	15	175	176	4,0	4,2
5B Biological treatment of solid waste	CH4	46	15	100	101	0,008	0,009
5B Biological treatment of solid waste	N2O	88	15	100	101	0,02	0,02
5C Incineration and open burning of waste	CO2	2 209	15	20	25	0,1	0,1
5C Incineration and open burning of waste	CH4	20	30	50	58	0,002	0,002
5C Incineration and open burning of waste	N2O	92	15	30	34	0,006	0,006
5D Wastewater treatment and discharge	CH4	1 490	35	100	106	0,3	0,3
5D Wastewater treatment and discharge	N2O	724	35	100	106	0,1	0,1
			Incertitude sur les émissions totales			**9,7**	**10,5**

UTCAF : Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

(*) Calcul d' incertitudes selon les bonnes pratiques du GIEC (cf. "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", chap.6)

(**) Les activités sont supposées non corrélées d'une année sur l'autre, sauf pour l'UTCAF, et les émissions des décharges ("Solid Waste Disposal on Land")

(***) Lorsque les incertitudes sur les émissions sont calculées avec un modèle distinct, ces incertitudes combinées sont rapportées directement dans la colonne G, résultant en « - » dans les colonnes E et F.

Annexe 7

Résultats pour la France (métropole et territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE) selon le périmètre et le format requis au titre du Protocole de Kyoto

Cette annexe contient la table « Summary 2 » au format requis au titre du Protocole de Kyoto (CRF) pour l'année 1990 (année de référence), l'année 2016 (année de comparaison avec l'édition précédente) et l'année 2017 (dernière année de l'exercice courant).

L'intégralité des tables CRF au titre du Protocole de Kyoto sont disponibles en format électronique sur le site de la CCNUCC :

https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018

Les résultats concernent la France selon le périmètre du Protocole de Kyoto, couverture géographique comprenant la Métropole et les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE.

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO_2 EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 1990
Submission 2019 v2
FRANCE (KP)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2 [(1)]	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF_3	Total
	CO_2 equivalent (kt)								
Total (net emissions)[(1)]	374400,94	70262,78	69409,53	4402,20	5202,47	2215,16	NO,NA	16,48	525909,56
1. Energy	365300,43	12717,58	3275,80						381293,81
A. Fuel combustion (sectoral approach)	360938,90	6114,47	3249,43						370302,80
1. Energy industries	65988,96	66,18	318,08						66373,23
2. Manufacturing industries and construction	77735,38	230,55	477,42						78443,35
3. Transport	120811,62	1037,63	969,87						122819,12
4. Other sectors	96402,93	4780,11	1484,07						102667,11
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	4361,53	6603,10	26,37						10991,00
1. Solid fuels	NO,NA	4810,24	NO,NE						4810,24
2. Oil and natural gas	4361,53	1792,86	26,37						6180,76
C. CO_2 transport and storage	NO,IE								NO,IE
2. Industrial processes and product use	31492,23	91,77	23780,04	4402,20	5202,47	2215,16	NO,NA	16,48	67200,35
A. Mineral industry	14972,54								14972,54
B. Chemical industry	7477,63	80,82	23655,79	4373,66	1191,48	129,96	NO,NA	NO,NA	36909,33
C. Metal industry	6240,98	7,80	NA	NO,NA	3567,14	781,01	NO,NA	NA	10596,93
D. Non-energy products from fuels and solvent use	2142,05	3,15	2,89						2148,09
E. Electronic Industry				28,54	202,55	55,52	NO,NA	16,48	303,10
F. Product uses as ODS substitutes				NO,IE					NO,IE
G. Other product manufacture and use	659,00	NA	121,36	NA	241,29	1248,67	NA	NA	2270,32
H. Other	0,03	NA	NA						0,03
3. Agriculture	1765,49	42303,05	38243,03						82311,57
A. Enteric fermentation		38630,49							38630,49
B. Manure management		3463,15	2870,56						6333,71
C. Rice cultivation		140,20							140,20
D. Agricultural soils		NO	35351,08						35351,08
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		69,20	21,38						90,58
G. Liming	915,32								915,32
H. Urea application	850,17								850,17
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry[(1)]	-26365,79	999,98	3206,54						-22159,27
A. Forest land	-38521,90	623,19	424,42						-37474,29
B. Cropland	21622,35	126,26	1557,96						23306,57
C. Grassland	-13889,08	193,22	139,35						-13556,51
D. Wetlands	385,93	7,25	0,59						393,77
E. Settlements	9135,03	50,07	593,24						9778,34
F. Other land	0,16	NO	NO,NE						0,16
G. Harvested wood products	-5098,28								-5098,28
H. Other	NO,NA	NO,NA	NA						NO,NA
5. Waste	2208,58	14150,41	904,13						17263,11
A. Solid waste disposal	NA	12594,21							12594,21
B. Biological treatment of solid waste		45,91	87,97						133,88
C. Incineration and open burning of waste	2208,58	19,79	92,29						2320,66
D. Waste water treatment and discharge		1490,50	723,87						2214,37
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other *(as specified in summary 1.A)*									

Memo items:[(2)]									
International bunkers	16417,06	24,74	131,15						16572,94
Aviation	8462,96	5,64	70,45						8539,06
Navigation	7954,10	19,09	60,69						8033,88
Multilateral operations	1,30	NE	NE						1,30
CO_2 emissions from biomass	43859,00								43859,00
CO_2 captured	NO,NE,NA								NO,NE,NA
Long-term storage of C in waste disposal sites	NE								NE
Indirect N_2O			NO,NE						
Indirect CO_2 [(3)]	IE,NA								
Total CO_2 equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									548068,83
Total CO_2 equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									525909,56
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, without land use, land-use change and forestry									NA
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, with land use, land-use change and forestry									NA

(1) For carbon dioxide (CO_2) from land use, land-use change and forestry the net emissions/removals are to be reported. For the purposes of reporting, the signs for removals are always negative (-) and for emissions

(2) See footnote 7 to table Summary 1.A.

(3) In accordance with the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, for Parties that decide to report indirect CO_2, the national totals shall be provided with and without indirect CO_2.

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO_2 EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 2016
Submission 2019 v2
FRANCE (KP)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2 [(1)]	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF_3	Total
	CO_2 equivalent (kt)								
Total (net emissions)[(1)]	305047,84	57858,35	43696,74	19281,37	666,01	506,58	NO,NA	5,84	427062,73
1. Energy	317482,91	2980,13	3968,78						324431,83
A. Fuel combustion (sectoral approach)	314525,11	1747,96	3955,04						320228,12
1. Energy industries	44835,08	35,54	284,06						45154,68
2. Manufacturing industries and construction	50613,18	150,87	560,50						51324,55
3. Transport	132616,88	145,80	1580,51						134343,19
4. Other sectors	86459,97	1415,75	1529,98						89405,71
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	2957,80	1232,16	13,74						4203,70
1. Solid fuels	NO,NA	16,26	NO,NE						16,26
2. Oil and natural gas	2957,80	1215,91	13,74						4187,45
C. CO_2 transport and storage	NO,IE								NO,IE
2. Industrial processes and product use	21870,79	55,09	1027,91	19281,37	666,01	506,58	NO,NA	5,84	43413,59
A. Mineral industry	9397,04								9397,04
B. Chemical industry	6443,91	45,13	892,49	288,36	2,15	NO,NA	NO,NA	NO,NA	7672,03
C. Metal industry	4347,72	9,75	NA	NO,NA	109,27	60,16	NO,NA	NA	4526,90
D. Non-energy products from fuels and solvent use	1237,22	0,21	2,67						1240,10
E. Electronic Industry				2,80	97,68	2,11	NO,NA	5,84	108,42
F. Product uses as ODS substitutes				18989,67					18989,67
G. Other product manufacture and use	444,86	NA	132,74	0,55	456,91	444,32	NA	NA	1479,37
H. Other	0,05	NA	NA						0,05
3. Agriculture	2013,83	38927,15	34845,92						75786,90
A. Enteric fermentation		35137,10							35137,10
B. Manure management		3667,46	2559,30						6226,77
C. Rice cultivation		79,37							79,37
D. Agricultural soils		NO	32273,26						32273,26
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		43,23	13,36						56,58
G. Liming	789,05								789,05
H. Urea application	1224,78								1224,78
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry[(1)]	-37833,33	1174,89	3077,65						-33580,79
A. Forest land	-56051,66	602,57	336,31						-55112,78
B. Cropland	16154,92	115,10	1559,51						17829,53
C. Grassland	-8797,42	166,74	100,01						-8530,66
D. Wetlands	519,03	9,45	0,77						529,26
E. Settlements	11102,15	61,19	627,10						11790,44
F. Other land	0,16	NO	NO,NE						0,16
G. Harvested wood products	-829,35								-829,35
H. Other	68,83	219,83	NA						288,67
5. Waste	1513,65	14721,09	776,48						17011,21
A. Solid waste disposal	NA	12228,99							12228,99
B. Biological treatment of solid waste		222,07	331,08						553,15
C. Incineration and open burning of waste	1513,65	23,78	48,50						1585,93
D. Waste water treatment and discharge		2246,24	396,90						2643,14
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other *(as specified in summary 1.A)*									

Memo items:[(2)]									
International bunkers	22270,82	14,66	181,78						22467,26
Aviation	17003,38	2,00	141,55						17146,94
Navigation	5267,44	12,65	40,23						5320,32
Multilateral operations	1,35	NE	NE						1,35
CO_2 emissions from biomass	65118,04								65118,04
CO_2 captured	NO,NE,NA								NO,NE,NA
Long-term storage of C in waste disposal sites	NE								NE
Indirect N_2O			NO,NE						
Indirect CO_2 [(3)]	IE,NA								
Total CO_2 equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									460643,52
Total CO_2 equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									427062,73
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, without land use, land-use change and forestry									NA
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, with land use, land-use change and forestry									NA

(1) For carbon dioxide (CO_2) from land use, land-use change and forestry the net emissions/removals are to be reported. For the purposes of reporting, the signs for removals are always negative (-) and for emissions

(2) See footnote 7 to table Summary 1.A.

(3) In accordance with the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, for Parties that decide to report indirect CO_2, the national totals shall be provided with and without indirect CO_2.

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO_2 EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 2017
Submission 2019 v2
FRANCE (KP)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2 [(1)]	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF_3	Total
	CO_2 equivalent (kt)								
Total (net emissions)[(1)]	310247,76	57453,62	45073,30	18711,33	707,68	460,21	NO,NA	7,64	432661,53
1. Energy	320619,04	2812,60	3819,81						327251,45
A. Fuel combustion (sectoral approach)	317718,11	1678,37	3806,86						323203,33
1. Energy industries	49239,93	40,49	304,78						49585,20
2. Manufacturing industries and construction	50715,62	144,22	573,06						51432,89
3. Transport	133017,32	143,24	1575,57						134736,13
4. Other sectors	84745,23	1350,42	1353,45						87449,11
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	2900,93	1134,23	12,95						4048,11
1. Solid fuels	NO,NA	16,73	NO,NE						16,73
2. Oil and natural gas	2900,93	1117,51	12,95						4031,39
C. CO_2 transport and storage	NO,IE								NO,IE
2. Industrial processes and product use	22326,68	52,42	1658,79	18711,33	707,68	460,21	NO,NA	7,64	43924,74
A. Mineral industry	9328,02								9328,02
B. Chemical industry	6794,21	43,54	1523,10	300,36	3,10	NO,NA	NO,NA	NO,NA	8664,31
C. Metal industry	4549,03	8,69	NA	NO,NA	41,16	53,77	NO,NA	NA	4652,66
D. Non-energy products from fuels and solvent use	1182,96	0,19	2,62						1185,77
E. Electronic Industry				7,59	111,85	3,88	NO,NA	7,64	130,95
F. Product uses as ODS substitutes				18402,70					18402,70
G. Other product manufacture and use	472,42	NA	133,07	0,69	551,56	402,56	NA	NA	1560,29
H. Other	0,05	NA	NA						0,05
3. Agriculture	1943,20	38543,95	35721,38						76208,53
A. Enteric fermentation		34727,83							34727,83
B. Manure management		3686,15	2512,30						6198,44
C. Rice cultivation		81,43							81,43
D. Agricultural soils		NO	33194,08						33194,08
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		48,55	15,00						63,55
G. Liming	645,06								645,06
H. Urea application	1298,14								1298,14
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry[(1)]	-36212,68	1198,10	3083,60						-31930,98
A. Forest land	-54151,11	622,08	347,68						-53181,35
B. Cropland	16053,49	116,96	1561,02						17731,47
C. Grassland	-8536,52	169,22	100,94						-8266,36
D. Wetlands	518,85	9,45	0,77						529,07
E. Settlements	11037,51	61,19	624,70						11723,39
F. Other land	0,16	NO	NO,NE						0,16
G. Harvested wood products	-1195,10								-1195,10
H. Other	60,03	219,20	NA						279,23
5. Waste	1571,52	14846,56	789,71						17207,79
A. Solid waste disposal	NA	12333,01							12333,01
B. Biological treatment of solid waste		237,95	343,08						581,03
C. Incineration and open burning of waste	1571,52	23,59	48,24						1643,35
D. Waste water treatment and discharge		2252,01	398,39						2650,40
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other *(as specified in summary 1.A)*									

Memo items:[(2)]									
International bunkers	22826,91	15,37	186,21						23028,50
Aviation	17246,69	1,96	143,58						17392,23
Navigation	5580,22	13,41	42,63						5636,26
Multilateral operations	1,35	NE	NE						1,35
CO_2 emissions from biomass	64439,31								64439,31
CO_2 captured	NO,NE,NA								NO,NE,NA
Long-term storage of C in waste disposal sites	NE								NE
Indirect N_2O			NO,NE						
Indirect CO_2 [(3)]	IE,NA								
Total CO_2 equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									464592,51
Total CO_2 equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									432661,53
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, without land use, land-use change and forestry									NA
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, with land use, land-use change and forestry									NA

(1) For carbon dioxide (CO_2) from land use, land-use change and forestry the net emissions/removals are to be reported. For the purposes of reporting, the signs for removals are always negative (-) and for emissions

(2) See footnote 7 to table Summary 1.A.

(3) In accordance with the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, for Parties that decide to report indirect CO_2, the national totals shall be provided with and without indirect CO_2.

Annexe 8

Résultats pour la France (métropole et territoires d'Outre-mer) selon le périmètre et le format au titre de la CCNUCC

Cette annexe contient la table « Summary 2 » au format requis par la CCNUCC (CRF) pour l'année 1990 (année de référence), l'année 2016 (année de comparaison avec l'édition précédente) et l'année 2017 (dernière année de l'exercice courant).

L'intégralité des tables CRF au titre de la Convention sont disponibles en format électronique à l'adresse suivante :

https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018

Les résultats concernent la France au sens d'une couverture géographique comprenant la Métropole et les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE et hors UE.

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO_2 EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 1990
Submission 2019 v1
FRANCE

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2 [(1)]	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF_3	Total
	CO_2 equivalent (kt)								
Total (net emissions)[(1)]	377135,27	70659,34	69578,36	4402,20	5202,47	2218,51	NO,NA	16,48	529212,63
1. Energy	367508,41	12725,60	3287,89						383521,91
A. Fuel combustion (sectoral approach)	363146,88	6122,50	3261,53						372530,90
1. Energy industries	66221,46	66,49	319,50						66607,45
2. Manufacturing industries and construction	78643,81	231,67	479,86						79355,35
3. Transport	121761,36	1043,92	977,35						123782,63
4. Other sectors	96520,25	4780,41	1484,82						102785,48
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	4361,53	6603,10	26,37						10991,00
1. Solid fuels	NO,NA	4810,24	NO,NE						4810,24
2. Oil and natural gas	4361,53	1792,86	26,37						6180,76
C. CO_2 transport and storage	NO,IE								NO,IE
2. Industrial processes and product use	31724,62	91,79	23780,87	4402,20	5202,47	2218,51	NO,NA	16,48	67436,93
A. Mineral industry	14972,54								14972,54
B. Chemical industry	7477,63	80,82	23655,79	4373,66	1191,48	129,96	NO,NA	NO,NA	36909,33
C. Metal industry	6467,74	7,80	NA	NO,NA	3567,14	781,01	NO,NA	NA	10823,69
D. Non-energy products from fuels and solvent use	2145,73	3,17	2,91						2151,81
E. Electronic Industry				28,54	202,55	55,52	NO,NA	16,48	303,10
F. Product uses as ODS substitutes				NO,IE					NO,IE
G. Other product manufacture and use	660,95	NA	122,17	NA	241,29	1252,02	NA	NA	2276,43
H. Other	0,03	NA	NA						0,03
3. Agriculture	1765,49	42562,03	38378,87						82706,39
A. Enteric fermentation		38831,05							38831,05
B. Manure management		3521,58	2891,95						6413,53
C. Rice cultivation		140,20							140,20
D. Agricultural soils		NO	35465,54						35465,54
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		69,20	21,38						90,58
G. Liming	915,32								915,32
H. Urea application	850,17								850,17
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry[(1)]	-26071,83	1017,60	3218,16						-21836,06
A. Forest land	-38227,94	640,81	436,04						-37151,09
B. Cropland	21622,35	126,26	1557,96						23306,57
C. Grassland	-13889,08	193,22	139,35						-13556,51
D. Wetlands	385,93	7,25	0,59						393,77
E. Settlements	9135,03	50,07	593,24						9778,34
F. Other land	0,16	NO	NO,NE						0,16
G. Harvested wood products	-5098,28								-5098,28
H. Other	NO,NA	NO,NA	NA						NO,NA
5. Waste	2208,58	14262,31	912,57						17383,46
A. Solid waste disposal	NA	12666,65							12666,65
B. Biological treatment of solid waste		45,91	87,97						133,88
C. Incineration and open burning of waste	2208,58	19,79	92,29						2320,66
D. Waste water treatment and discharge		1529,96	732,32						2262,27
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other *(as specified in summary 1.A)*	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Memo items:[(2)]									
International bunkers	16906,21	25,38	135,07						17066,67
Aviation	8759,59	5,83	72,92						8838,35
Navigation	8146,62	19,55	62,15						8228,32
Multilateral operations	1,30	NE	NE						1,30
CO_2 emissions from biomass	43863,34								43863,34
CO_2 captured	NO,NE,NA								NO,NE,NA
Long-term storage of C in waste disposal sites	NE								NE
Indirect N_2O			NO,NE						
Indirect CO_2 [(3)]	NO,IE,NA								
Total CO_2 equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									551048,69
Total CO_2 equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									529212,63
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, without land use, land-use change and forestry									NA
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, with land use, land-use change and forestry									NA

(1) For carbon dioxide (CO_2) from land use, land-use change and forestry the net emissions/removals are to be reported. For the purposes of reporting, the signs for removals are always negative (-) and for emissions

(2) See footnote 7 to table Summary 1.A.

(3) In accordance with the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, for Parties that decide to report indirect CO_2, the national totals shall be provided with and without indirect CO_2.

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO_2 EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 2016
Submission 2019 v1
FRANCE

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2 [(1)]	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF_3	Total
	CO_2 equivalent (kt)								
Total (net emissions)[(1)]	311708,41	58282,76	43848,43	19345,24	666,01	507,83	NO,NA	5,84	434364,52
1. Energy	323471,97	2990,54	4000,31						330462,82
A. Fuel combustion (sectoral approach)	320514,17	1758,37	3986,57						326259,11
1. Energy industries	45502,74	36,42	288,11						45827,27
2. Manufacturing industries and construction	54515,00	157,93	574,17						55247,10
3. Transport	133937,41	148,04	1593,07						135678,51
4. Other sectors	86559,02	1415,98	1531,22						89506,22
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	2957,80	1232,16	13,74						4203,70
1. Solid fuels	NO,NA	16,26	NO,NE						16,26
2. Oil and natural gas	2957,80	1215,91	13,74						4187,45
C. CO_2 transport and storage	NO,IE								NO,IE
2. Industrial processes and product use	22248,34	55,09	1029,07	19345,24	666,01	507,83	NO,NA	5,84	43857,42
A. Mineral industry	9397,04								9397,04
B. Chemical industry	6443,91	45,13	892,49	288,36	2,15	NO,NA	NO,NA	NO,NA	7672,03
C. Metal industry	4719,67	9,75	NA	NO,NA	109,27	60,16	NO,NA	NA	4898,85
D. Non-energy products from fuels and solvent use	1240,40	0,21	2,70						1243,31
E. Electronic Industry				2,80	97,68	2,11	NO,NA	5,84	108,42
F. Product uses as ODS substitutes				19053,54					19053,54
G. Other product manufacture and use	447,28	NA	133,89	0,55	456,91	445,57	NA	NA	1484,19
H. Other	0,05	NA	NA						0,05
3. Agriculture	2013,83	39096,27	34941,34						76051,44
A. Enteric fermentation		35258,89							35258,89
B. Manure management		3714,79	2573,25						6288,04
C. Rice cultivation		79,37							79,37
D. Agricultural soils		NO	32354,74						32354,74
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		43,23	13,36						56,58
G. Liming	789,05								789,05
H. Urea application	1224,78								1224,78
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry[(1)]	-37539,38	1192,51	3089,27						-33257,59
A. Forest land	-55757,70	620,19	347,93						-54789,58
B. Cropland	16154,92	115,10	1559,51						17829,53
C. Grassland	-8797,42	166,74	100,01						-8530,66
D. Wetlands	519,03	9,45	0,77						529,26
E. Settlements	11102,15	61,19	627,10						11790,44
F. Other land	0,16	NO	NO,NE						0,16
G. Harvested wood products	-829,35								-829,35
H. Other	68,83	219,83	NA						288,67
5. Waste	1513,65	14948,35	788,43						17250,43
A. Solid waste disposal	NA	12416,61							12416,61
B. Biological treatment of solid waste		222,07	331,08						553,15
C. Incineration and open burning of waste	1513,65	23,78	48,50						1585,93
D. Waste water treatment and discharge		2285,89	408,85						2694,74
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other *(as specified in summary 1.A)*	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Memo items:[(2)]									
International bunkers	22639,19	15,07	184,74						22839,00
Aviation	17215,92	2,05	143,32						17361,29
Navigation	5423,27	13,03	41,41						5477,71
Multilateral operations	1,35	NE	NE						1,35
CO_2 emissions from biomass	65126,20								65126,20
CO_2 captured	NO,NE,NA								NO,NE,NA
Long-term storage of C in waste disposal sites	NE								NE
Indirect N_2O			NO,NE						
Indirect CO_2 [(3)]	NO,IE,NA								
Total CO_2 equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									467622,11
Total CO_2 equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									434364,52
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, without land use, land-use change and forestry									NA
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, with land use, land-use change and forestry									NA

(1) For carbon dioxide (CO_2) from land use, land-use change and forestry the net emissions/removals are to be reported. For the purposes of reporting, the signs for removals are always negative (-) and for emissions

(2) See footnote 7 to table Summary 1.A.

(3) In accordance with the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, for Parties that decide to report indirect CO_2, the national totals shall be provided with and without indirect CO_2.

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO_2 EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 2017
Submission 2019 v1
FRANCE

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO_2 [(1)]	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF_3	Total
	CO_2 equivalent (kt)								
Total (net emissions) [(1)]	316366,05	57874,46	45223,84	18779,39	707,68	461,35	NO,NA	7,64	439420,41
1. Energy	326036,01	2821,82	3849,00						332706,83
A. Fuel combustion (sectoral approach)	323135,08	1687,58	3836,05						328658,71
1. Energy industries	49892,75	41,35	308,74						50242,84
2. Manufacturing industries and construction	54066,36	150,21	584,69						54801,26
3. Transport	134333,43	145,38	1587,94						136066,75
4. Other sectors	84842,54	1350,65	1354,69						87547,87
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	2900,93	1134,23	12,95						4048,11
1. Solid fuels	NO,NA	16,73	NO,NE						16,73
2. Oil and natural gas	2900,93	1117,51	12,95						4031,39
C. CO_2 transport and storage	NO,IE								NO,IE
2. Industrial processes and product use	22734,05	52,42	1659,96	18779,39	707,68	461,35	NO,NA	7,64	44402,49
A. Mineral industry	9328,02								9328,02
B. Chemical industry	6794,21	43,54	1523,10	300,36	3,10	NO,NA	NO,NA	NO,NA	8664,31
C. Metal industry	4950,71	8,69	NA	NO,NA	41,16	53,77	NO,NA	NA	5054,33
D. Non-energy products from fuels and solvent use	1186,19	0,19	2,64						1189,03
E. Electronic Industry				7,59	111,85	3,88	NO,NA	7,64	130,95
F. Product uses as ODS substitutes				18470,76					18470,76
G. Other product manufacture and use	474,87	NA	134,22	0,69	551,56	403,70	NA	NA	1565,04
H. Other	0,05	NA	NA						0,05
3. Agriculture	1943,20	38708,80	35817,83						76469,82
A. Enteric fermentation		34846,10							34846,10
B. Manure management		3732,72	2525,87						6258,59
C. Rice cultivation		81,43							81,43
D. Agricultural soils		NO	33276,96						33276,96
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		48,55	15,00						63,55
G. Liming	645,06								645,06
H. Urea application	1298,14								1298,14
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry [(1)]	-35918,73	1215,72	3095,23						-31607,78
A. Forest land	-53857,15	639,70	359,30						-52858,15
B. Cropland	16053,49	116,96	1561,02						17731,47
C. Grassland	-8536,52	169,22	100,94						-8266,36
D. Wetlands	518,85	9,45	0,77						529,07
E. Settlements	11037,51	61,19	624,70						11723,39
F. Other land	0,16	NO	NO,NE						0,16
G. Harvested wood products	-1195,10								-1195,10
H. Other	60,03	219,20	NA						279,23
5. Waste	1571,52	15075,71	801,82						17449,05
A. Solid waste disposal	NA	12524,01							12524,01
B. Biological treatment of solid waste		237,95	343,08						581,03
C. Incineration and open burning of waste	1571,52	23,59	48,24						1643,35
D. Waste water treatment and discharge		2290,16	410,50						2700,66
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other ***(as specified in summary 1.A)***									

Memo items: [(2)]									
International bunkers	23186,49	15,77	189,10						23391,36
Aviation	17456,72	2,00	145,33						17604,06
Navigation	5729,76	13,77	43,77						5787,30
Multilateral operations	1,35	NE	NE						1,35
CO_2 emissions from biomass	64447,47								64447,47
CO_2 captured	NO,NE,NA								NO,NE,NA
Long-term storage of C in waste disposal sites	NE								NE
Indirect N_2O			NO,NE						
Indirect CO_2 [(3)]	IE,NA								
Total CO_2 equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									471028,19
Total CO_2 equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									439420,41
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, without land use, land-use change and forestry									NA
Total CO_2 equivalent emissions, including indirect CO_2, with land use, land-use change and forestry									NA

(1) For carbon dioxide (CO_2) from land use, land-use change and forestry the net emissions/removals are to be reported. For the purposes of reporting, the signs for removals are always negative (-) and for emissions

(2) See footnote 7 to table Summary 1.A.

(3) In accordance with the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, for Parties that decide to report indirect CO_2, the national totals shall be provided with and without indirect CO_2.

Annexe 9

Prise en compte des revues de la CCNUCC

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
General	Uncertainty analysis		- Issue identified in previous review reports: "Elaborate the uncertainty analysis for the LULUCF sector and KP-LULUCF activities." - France reported LULUCF uncertainty analysis at more detailed sub-sector level compared to 2014 NIR submission, by applying a tier 2 approach. However, France did not report any details (e.g. assumptions, description of the methodology, etc) about the application of the tier 2 approach, but only the results of the applied tier 2 approach are reported in the NIR The ERT will reiterate this recommendation.	**2016 Review PMF / 4**	Not yet implemented
Energy	Energy - 1.D.2 - International navigation (marine bunkers)		Maritime navigation -split international to domestic. NIR, page 111 states: - Metropole area: a study completed in 2010, carried out by CITEPA and based on the port traffic data related to 2005 year, established a per cent of 6.2% domestic maritime transport for Metropole. - Overseas territories: a conservative approach and a share of 50% is applied for historical years to separate the bunkers from domestic data in total consumption. Just for 2000 exists certain consumption data which allowed the separation of the bunkers share in total consumption of each territory. This share is then applied to the total consumption available for each fuel and territory from 2001 onwards. It is understood that for the 1990-1999 period the report bunkers to domestic is 50% to 50% and for the rest of the time-series the 2000 year determination share is applied for the 2000-2014 period. Encouragement to take into consideration a new study to have recent data related to the split maritime transport between domestic and bunkers.	**2016 Review PMF / 37**	Maritime navigation: -Not yet implemented : Metropole area, we are seeking to obtain the necessary data that will allow us to apply this recommendation. -Implemented : overseas territories, a new share has been applied according to each territory.
General	NIR, Transparency		Clearly explain the methodologies and the sources of data used for each part of the French metropolitan and overseas territories; Addressing; There are still unresolved issues (see W.1 and KL.2 (ARR2016 W.2 and KL.3))	**2017 Review PMF / G.4**	The transparency, concerning the detail of information on methodologies and EF separating Mainland and overseas territories, is improving, as far as now, separate EF for Mainland and overseas territories are given in the annex OMINEA database. Furthermore, when the methodologies are différent for Overseas territories, complementary specific descriptions of the methodologies are generally included in the NIR. Specific remaining case of possible improvements need to be managed case by case. e.g for ARR2016 W.2 waste water, the methodology description will be completed in the NIR 2020. Anyway, in each graphs and tables the geographical perimeter is indicated. For LULUCF, more explanations have been provided in the NIR 2019 concerning the case of Overseas territories.
General	NIR, Transparency		Removing misleading parameters and equations (not actually used in the inventory) for LULUCF and waste sectors from the NIR and include more accurate explanations of the country-specific methods, as well as more detailed information on AD.; Addressing; There are still unresolved issues (see L.1 and W.1 (ARR2016 L.3 and W.2))	**2017 Review PMF / G.6**	Implemented
General	Key category analysis, Adherence to UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines		Improve the description of the key category analysis for KP-LULUCF activities; Not resolved; No description in the NIR of KP-LULUCF key categories and how they were identified.	**2017 Review PMF / G.9**	Information have been provided in the NIR (chapter 11.6) and in annexe I
General	Key category analysis (G.9, 2016) (G.9, 2015) (23, 2014) (20, 2013) Adherence to the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines		Correct the information in CRF table NIR-3 and improve the description of the key category analysis for KP-LULUCF activities.;Addressing. Information in CRF table NIR-3 were corrected; however, no description was provided in the NIR of KP-LULUCF key categories and how they were identified.	**2017 ARR / G.3**	Information have been provided in the NIR (chapter 11.6) and in annexe I
General	Uncertainty analysis, Transparency		The ERT recommends that France transparently report the information and assumptions used when defining the uncertainty of AD and EFs in line with the 2006 IPCC Guidelines (vol. 1, chapter 3.5); Addressing; Improvements were performed but not completely finished for NIR 2017.	**2017 Review PMF / G.18**	Information are provided in each sectoral chapter, including the source of the uncertainty values
General	Uncertainty analysis (G.18, 2016) (G.18, 2015) Transparency		Transparently report the information and assumptions used when defining the uncertainty of AD and EFs in line with the 2006 IPCC Guidelines (vol. 1, chapter 3.5) .;Not resolved. The Party launched a review of the uncertainties of AD and EFs and made improvements; however, the results are not reflected in the NIR section 1.6 or in annex 7 to the 2017 submission.	**2017 ARR / G.7**	This will be implemented for next submission
Energy	1. General (energy sector) (30, 38, 2014) Adherence to UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines		Provide in the NIR the data on recalculations between the latest previous annual submission and the most recent submission (clearly indicating the dates of submission), so that there is as much consistency as possible between the CRF tables and the NIR ; Addressing.; France did not provide details of the specific submissions for which the recalculations are provided. During the review, the ERT and France discussed what type of information should be provided related to the recalculations	**2017 Review PMF / E.1.**	France made the choice to assess the recalculation in the NIR between two versions of March instead of possible resubmission after the september revue : in the goal to present in the next NIR all changes including also those linked to the last revue. Else, last corrections due to the revue would not appear as recalculation. For more transparency, a sentence had been included in the NIR (chapter 10.2 and annexe 6)
Energy	Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels (36, 2014) (36 and 37, 2013) Transparency		Include in CRF table 1.A(d) information on where the associated CO2 emissions from non-energy use of fuels are reported Addressing.; During the review, France provided information on where the associated CO2 emissions from the non-energy use of fuels are reported. However, the information is not included in CRF table 1A(d)	**2017 Review PMF / E.7**	This has been integrated in the CRF tables for the Kyoto and UNFCCC perimeter
Energy	Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels (E.7, 2016) (E.7, 2015) (36, 2014) (36 and 37, 2013) Transparency		Include in CRF table 1.A(d) information on where the associated CO2 emissions from non-energy use of fuels are reported.;Not resolved. The information is still missing from CRF table 1.A(d). During the review France indicated that this is probably because of a technical problem when transferring the information between the Party's files and CRF Reporter.	**2017 ARR / E.5**	This will be implemented for next submission
Energy	1.A.3.b Road transportation – liquid fuels – CO2 (E.9, 2016) (E.9, 2015) (41, 2014) (42, 2013) (52, 2012) Accuracy		Obtain country-specific CO2 EFs for gasoline and diesel oil sold in France for the estimation of the CO2 emissions.;Addressing. France is in the process of collecting these data (see ID# E.4 above).	**2017 ARR / E.10**	Measures on the carbon content of market fuels (diesel and gasoline, with biofuels) occured in 2017. The results of these measures were available in 2018 and have been implemented for the 2019 inventory submission.
Energy	1.B.2.a Oil (44, 2014) Transparency		Improve the transparency of the reported method in the NIR by adding more information on the data (AD and EFs) used.; Not resolved.; The ERT noted that the transparency of the report needs to be improved by providing related information for the AD used and the corresponding parameters	**2017 Review PMF / E.13**	Activity data and emission factors are provided in the OMINEA database with a disaggregated level
Energy	1.B.2.c Venting and flaring, oil flaring (48, 2014) Transparency		For flaring (oil), correct the AD and emissions and include information on the methodology used in the NIR.; Addressing.; France explained in the NIR (chapter 3.3.2.2.3, 1.B.2.c. Flaring – oil category), that emissions in this category are estimated from data on oil extraction and oil flaring in refineries. During the review, the Party explained that the reported emissions are correct and that it still needs to analyse the reported AD	**2017 Review PMF / E.16**	Implemented
Energy	1. General (energy sector)		The ERT recommends that France provide in the NIR the conversion factors used to transform the values in the original source of AD into the AD used in the estimates and also provide the results of the conversion ;	**2017 Review PMF / E.18**	Implemented (particularly for 1B2 sectors)
Energy	1. General (energy sector) (E.18, 2016) (E.18, 2015) Transparency		Provide in the NIR the conversion factors used to transform the values in the original source of AD into the AD used in the estimates and also provide the results of the conversion.;Addressing. The ERT noted that the conversion factors were presented in the NIR for some categories, such as category 1.B.2.a. The Party explained during the review that it will endeavour to take into account this recommendation for the improvement of unit management in the next NIR and to increase transparency and consistency between the NIR and the CRF tables by using t and kt instead of Mg and Gg and by adding conversion factors when the AD unit reported in the CRF tables is different from that in the NIR.	**2017 ARR / E.2**	Still to be improved
Energy	E.20; 1. General (energy sector)		The ERT recommends that France provide separately in the NIR the AD used in the energy sector categories for the overseas territories under the Convention and the Kyoto Protocol, respectively. In order to increase transparency, the ERT encourages France to provide this information in the energy balance format ;	**2017 Review PMF / E.20**	Two tables have been added in the NIR (table 30 and 31) where total consumptions for solid, liquid and biomass fuels are available in TJ for overseas territories (in and out of the Kyoto perimeter).
Energy	1. General (energy sector)		the ERT recommends that France determine country-specific values for the CO2 EFs (e.g. for gasoline and diesel oil used in road transportation) ;	**2017 Review PMF / E.21**	Measures on the carbon content of market fuels (diesel and gasoline, with biofuels) occured in 2017. The results of these measures were available in 2018 and have been implemented for the 2019 inventory submission.
Energy	1. General (energy sector) (E.21, 2016) (E.21, 2015) Adherence to the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines		For fuels used in the activities which are key in the French GHG inventory, determine country-specific values for the CO2 EFs (e.g. for gasoline and diesel oil used in road transportation).;Addressing. The NIR (section 3.2.7.6, p.193) states that measures to determine a CO2 EF specific to France for road transport will be conducted in 2017, and the results will be finalized for the submission of the inventory in 2019. However, no information was provided on actions for other categories or fuels.	**2017 ARR / E.4**	Implemented in the 2019 submission for gasoline and diesel oil from the measures.
Energy	Fuel combustion – reference approach – solid and other fuels – CO2		The ERT recommends that France: (a) subtract the non-energy use of the fuels in the reference approach in order to have a consistent comparison with the sectoral approach; and (b) properly identify and allocate the emissions from the industrial gases by origin from the primary fuels, in line with the 2006 IPCC Guidelines and avoiding double accounting, and provide relevant explanations in the NIR ;	**2017 Review PMF / E.22**	It has been implemented for the 2018 submission
Energy	Fuel combustion – reference approach – solid and other fossil fuels – CO2 (E.22, 2016) (E.22, 2015) Comparability		(a) Subtract the non-energy use of the fuels in the reference approach to have a consistent comparison with the sectoral approach; and (b) properly identify and allocate the emissions from the industrial gases by origin from the primary fuels, in line with the 2006 IPCC Guidelines and avoiding double accounting, and provide relevant explanations in the NIR.Addressing. Corrections were made to the CRF tables and information provided in the NIR (section 3.2.1). However, the ERT noted that, according to CRF table 1.A(c), the difference in energy consumption for solid fuels between the sectoral approach (274.46 PJ) and the reference approach (388.55 PJ) is 41.6 per cent for 2015. During the review the Party explained that this question is under investigation with the statistical office, although it is confident that there is no omission or double counting of emissions in the inventory sectoral approach since solid fuels are mainly consumed by industries that are covered by the EU ETS (which are taken into account in the inventory on the basis of their annual ETS reporting in the national registry). However, the ERT also noted that the Party did not provide a sufficient reason for the difference and informed the ERT that this issue is under investigation.	**2017 ARR / E.7**	It has been implemented for the 2018 submission
Energy	International bunkers and multilateral operations – jet kerosene, residual fuel oil and gas/diesel oil		The ERT recommends that France explain in the NIR the discrepancies between the sectoral and the reference approaches for international aviation (jet kerosene) and international navigation (residual fuel oil and gas/diesel oil) reported in the CRF tables ;	**2017 Review PMF / E.24**	Explanations for the differences have been added in the 2018 NIR submission in the section for 'international bunkers'

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
Energy	International bunkers and multilateral operations – liquid fuels (E.24, 2016) (E.24, 2015) Transparency		Explain in the NIR the discrepancies between the sectoral and the reference approaches for international aviation (jet kerosene) and international navigation (residual fuel oil and gas/diesel oil) reported in the CRF tables.;Not resolved. An explanation of discrepancies was not provided in the NIR. The NIR states that this is under investigation and a response will be provided when available.	**2017 ARR / E.8**	Explanations for the differences have been added in the 2018 NIR submission in the section for 'international bunkers' for international aviation. For international navigation, investigations will be conducted later on.
Energy	Feedstocks, reductants and other non-energy uses of fuels – coking coal – CO2		The ERT recommends that France correct the assumption that all coking coal is used as a non-energy use of fuel and report the quantities of the transformed fuels from this primary fuel which are used for non-energy purposes, such as coke-oven coke or coke-oven gas ;	**2017 Review PMF / E.26**	It has been updated for the 2018 submission
Energy	1.A.1.c Manufacture of solid fuels and other energy industries – solid fuels and biomass – CO2		The ERT recommends that France correct the information about the tier used (in both the NIR and CRF table summary 3) and provide in the NIR a complete explanation on how CO2 emissions are estimated for the fuels used ;	**2017 Review PMF / E.27**	It is not clear what needs to be corrected exactely. Anyway, it is clear that the NIR and the CRF table summary 3 need to be consistent, if it is the issue.
Energy	1.A.3.b Road transportation – liquid fuels – CO2, CH4 and N2O		The COPERT model for fuel consumption is reconciled with the statistical data for fuel sold; therefore the ERT recommends that France transparently explain in the NIR the differences (especially the biggest ones, such as LPG) and their trend, between the consumption determined using the COPERT model and the data for fuel sold provided by statistics ;	**2017 Review PMF / E.28**	The explanations has been given since the NIR 2018 submission
Energy	1.A.3.c Railways – liquid fuels – N2O		The ERT recommends that France clearly explain the source of the N2O EF for transport diesel used in railways and avoid providing non-relevant references ;	**2017 Review PMF / E. 29**	The explanations is given the NIR 2019
Energy	1.A.3.e.i Other (other transportation) – all fuels – CO2, CH4 and N2O		The ERT recommends that France report AD and CO2, CH4 and N2O emissions from ground transport activities in airports and harbours in the category other (1.A.3.e) and explain in the NIR how these AD and emissions are estimated. If reporting AD and emissions under 1.A.3.e is not possible, the ERT recommends that France explain in the NIR why these emissions from ground transport activities in airports and harbours are reported in the category other (1.A.2.g) in the manufacturing and construction subsector ;	**2017 Review PMF / E.30**	France reports these emissions in the 1A4a. The justification is provided in the NIR 2018.
Energy	1.A.3.e.ii Other (other transportation) – all fuels – CO2, CH4 and N2O (E.30, 2016) Comparability		report AD and CO2, CH4 and N2O emissions from ground transport activities in airports and harbours in the category other (1.A.3.e) and explain in the NIR how these AD and emissions are estimated. If reporting AD and emissions under 1.A.3.e is not possible, explain in the NIR why these emissions from ground transport activities in airports and harbours are reported in the category other (1.A.2.g) in the manufacturing and construction subsector ; Not resolved. No relevant information was provided in the NIR. During the review France explained that the combustion emissions (CO2, CH4 and N2O) from ground transport activities at airports and harbours were reported together in the category other (1.A.2.g) under manufacturing and construction because the AD and emissions for ground activities at airports and harbours cannot be separated.	**2017 ARR / E.13**	France reports these emissions in the 1A4a. The justification is provided in the NIR 2018.
Energy	1.B.2.a.1 Oil exploration – liquid fuels – CO2, CH4 and N2O		The ERT recommends that France estimate and report CO2, CH4 and N2O emissions for the category oil exploration or, if the Party considers them insignificant, report AD and emissions as "NE" and include a justification of the likely level of emissions, as required by the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines	**2017 Review PMF / E.30**	CO2, CH4 and N2O emissions from oil exploration had been estimated and added in the French nventory
Energy	1.B.2.a Oil – liquid fuels – CO2, CH4 and N2O (E.31, 2016) (E.31, 2015) Completeness		Estimate and report CO2, CH4 and N2O emissions for the category oil exploration or, if the Party considers them insignificant, report AD and emissions as "NE" and include a justification of the likely level of emissions, as required by the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines.;Not resolved. "NE" was reported; however, justification that emissions from this source are below the threshold was not provided. The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm that there is not an underestimation of emissions.	**2017 ARR / E.15**	CO2, CH4 and N2O emissions from oil exploration had been estimated and added in the French inventory
Energy	1.B.2.a.3 Oil transport – liquid and gaseous fuels – CO2 and CH4		the ERT recommends that France explain the AD and CO2 and CH4 EFs used in the estimation of emissions from transport of crude oil through pipelines and tankers, including the conversion parameters used for the units reported in CRF table 1.B.2 and in the OMINEA EFs database ;	**2017 Review PMF / E. 32**	More information had been added in the NIR (e.g conversion parameters, density and LHV used)
Energy	1.B.2.a.3 Oil transport – liquid fuels – CO2 and CH4		The ERT recommends that France explain in detail the methodology used in the estimation of CO2 and CH4 emissions from the unloading and storage of crude oil ;	**2017 Review PMF / E. 33**	Some more information had been provided in the NIR to increase the transparency
IPPU	2. General (IPPU) (I.16, 2016) (I.16, 2015) Transparency		Review the references to weblinks to the OMINEA database in the IPPU chapter of the NIR and, for each of them, decide if replacing the links with the appropriate information would make the NIR more transparent.;Addressing. France improved the description in some parts of the NIR (i.e. for cement production (2A.1)). However, most of the IPPU chapter remains the same and the ERT noted the need for the Party to replace the links with appropriate information in the NIR, where necessary, in order to improve transparency.	**2017 ARR / I.1**	All EFs are available on the OMINEA database on CITEPA's website. Only additional parameters are available on the NIR.
IPPU	2. General (IPPU) ; Transparency		The ERT recommends that, if different data sources and methodologies/tiers are used for different periods (e.g. production of lime, ammonia, nitric acid, and iron and steel), France provide explanations for such inter-annual changes, where applicable, including information on how the consistency of the time series is ensured when different data sources or methodologies are used to estimate emissions for different periods of time.; Addressing. France provide more explanation for some category (e.g. 2.A.4 - ceramic production, iron and steel), but not address other (production of lime - chapter 4.2.3. – "Incertitudes et coherence temporelle des series" is the same with the one from the previous NIR).	**2017 Review PMF / I.17.**	More explainations are provided in the NIR (chapter 4.2.)
Agriculture	3.B Manure management – CH4; Transparency		France mentions in the NIR (chapter 5.3.2) that it is using the default methane conversion factors (MCFs) from the 2006 IPCC Guidelines to estimate CH4 emissions from manure management. Furthermore, France states that the values for liquid systems vary according to the regional annual mean temperatures, which are provided by MétéoFrance. For dairy cattle and non-dairy cattle average national MCFs are provided in CRF table 3.B(a)s2 for the cool, temperate and warm climate zones; The ERT noted that the MCFs provided for liquid systems in the temperate climate zone are slightly different for dairy cattle and non-dairy cattle (e.g. 27.04% and 28.04%, respectively for 1990). Furthermore, the ERT could not reconstruct some of the temporal variation of the MCFs for non-dairy cattle. The values reported for liquid manure management in temperate zones for the years 2010 and 2013 are approximately 7% higher than the values of the respective preceding and following years. Finally, the ERT noted that the MCFs for liquid systems for dairy cattle in the temperate climate zone are reported as "NE" in the years 2005, 2010 and 2013; During the review, France explained the approach used in more detail, provided further background data and stated that the notation key "NE" used for liquid manure management for dairy cattle in the temperate climate zone was incorrect and should have been reported as "NO"; France corrected this item in the 2017 submission and is using the correct notation keys to report MCFs for liquid manure management for dairy cattle in CRF table 3.B(a)s2. However, , the ERT reiterates the recommendation that France provide in the NIR a more detailed description of the methodology used to estimate average MCFs for manure management in liquid systems (e.g. by providing temperature time series and/or a regional temperature distribution map).	**2017 Review PMF / A.23**	The regional temperature for 1990 & 2016 (in the 2018 submission) and a regional temperature distribution map for 2016 (in the 2018 submission) have been included in the NIR.
Agriculture	3.B Manure management – CH4 (A.24, 2016) (A.24, 2015) Comparability		Estimate the amount of CH4 that is still emitted during anaerobic digestion of animal manure and report it under the respective MMS in the CRF tables and report only the amount of manure actually still treated as liquid manure under « liquid systems ».;Not resolved. CH4 emissions from anaerobic digesters were reported as "IE" and not separately reported under the respective MMS system.	**2017 ARR / A.9**	This improvement has not been implemented this year because more time was needed, but it will be reconsidered for next year submission.
Agriculture	3.B Manure management – CH4 (A.24, 2016) (A.24, 2015) Comparability		Report the correspondance calculation parameters (MCFs, animal waste management system distribution) under MMS digesters in CRF table 3B(a)s2.;Not resolved. Distribution of N excretion to anaerobic digesters was reported as "IE" and MCFs as "NA" and "IE". During the review the Party indicated that no improvement has been implemented to report those parameters in the 2017 submission.	**2017 ARR / A.10**	This improvement has not been implemented this year because more time was needed, but it will be reconsidered for next year submission.
Agriculture	3.B.4 Other livestock – N2O; Transparency		France explains in the NIR (chapter 5.3.2) that for estimating direct N2O emissions from manure management it is using the default N2O EFs from the 2006 IPCC Guidelines. France reported using for poultry systems (0.001 kg N2O-N/kg N excreted). The ERT reiterates the recommendation that France report all direct N2O emissions related to poultry manure management under the manure management system "other" in CRF table 3.B(b).; ;	**2017 Review PMF / A.27**	Implemented
Agriculture	3.B.4 Other livestock – N2O (A.27, 2016) (A.27, 2015) Transparency		Report all direct N2O emissions related to poultry manure management under MMS other in CRF table 3.B(b).;Not resolved. The modification required in CRF table 3.B(b) was not implemented.	**2017 ARR / A.14**	This improvement has been implemented.
Agriculture	3.D Direct and indirect N2O emissions from managed soils – N2O;		Improve the QC activities and correct the discrepancies in the nitrogen input to soils between the NIR and the CRF tables (differences for the nitrogen input to soils from synthetic fertilizers and animal manure; correct the error in the NIR for nitrogen deposited); Not resolved. In 2017 submissions there are still discrepancies within the CRF tables.	**2017 Review PMF / A.15**	Efforts have been made regarding the QC activities in order to improve the consistency of the whole nitrogen flow.
Agriculture	3.D.a.6 Cultivation of organic soils (i.e. histosols) – N2O;		The ERT recommends that France provide in the NIR a transparent explanation of the methodology used to estimate the area of organic soils in the agriculture sector and that the Party ensure the consistency of the areas of organic soils reported under the agriculture sector and the LULUCF sector; Addressing. The Party has included the explanation of the methodology used to estimate the area of organic soils in the agriculture sector. However, the inconsistency with LULUCF sector continues.	**2017 Review PMF / A.30**	The area of organic soils reported under the agriculture sector and the LULUCF are now consistent.
Agriculture	3.D.a.6 Cultivation of organic soils (i.e. histosols) – N2O (A.30, 2016) (A.30, 2015) Accuracy		Provide in the NIR a transparent explanation of the methodology used to estimate the area of organic soils in the agriculture sector and ensure the consistency of the areas of organic soils reported under the agriculture sector and the LULUCF sector.;Addressing. The Party explained the methodology used to estimate the area of organic soils under the agriculture sector (p.364). However, there was still inconsistency between the areas of organic soils reported under the agriculture sector (182.32 kha for the whole time series) and the LULUCF sector ("NO" was reported for the area of organic soils under cropland remaining cropland and 16.26 kha for land converted to cropland in 2015).	**2017 ARR / A.19**	The area reported under the agriculture sector and under LULUCF (cropland remaining cropland and grassland remaining grassland) are now consistent (139 056 ha)
LULUCF	General;		Recommendation in ARR 2016: (3, 2016); (5, 2016); (6, 2016); (22, 2016); (23, 2016); (24, 2016); (12, 2016); (17, 2016); (18, 2016); (31, 2016); (30, 2016); (34, 2016). ERT 2016 made a high number of recommendations in order to improve the transparency on data sources, assumptions and methodologies underlying the estimation and reporting the national GHG inventory for LULUCF sector. These recommendations mainly referred to: uncertainty estimation, detailed land use matrix, tables with the time series of estimates for activity data "remaining" and "converted to" for the most disaggregated land divisions on each land use category, biomass related data for forestland for the regions (net biomass increment, harvest, BEFs, root-to-shoot), net emissions and removals for living biomass of perennial crops and grasslands divisions and their conversions, data sources for C stocks values for cropland and grasslands divisions, data used for estimation of HWP contribution, time series with explicit ARD and FM areas subject to the activity, mainly . ; Addressing ; Time series of estimates of emissions and removals were updated, but the background information was not improved. ; France to update all these information in NIR, separately for mainland and overseas territories (which would allow a meaningful assessment of uncertainty as long as methods used are different for these territories); France to provide information on which were the latest actual methodological refining for the land use matrix; France plans to update the methodology in the OMINEA methodological report; When France plans to incorporate time series of activity data at most disaggregate sub-categories level	**2017 Review PMF / L3 L5 L6 L22 L23 L24 L12 L17 L18 L31 L30 L34**	Implemented. New informations have been added in the NIR 2019 for transparency purposes.
LULUCF	Biomass burning, CH4 and N2O;		Recommendation in ARR 2016: (21, 2016); Include transparent information on all the input data necessary to apply the IPCC methodology to estimate CO2 and non-CO2 emissions from biomass burning, including for PTOM ; Addressing ; Explicit values of burnt areas are provided in NIR 2017. NIR2017 is not transparent on the emission factors used in calculation. Moreover, in the equation 24 from NIR, France presented only the C loss from living biomass, but not the losses from other C pools (litter, dead wood) and non-CO2 GHG emissions; The ERT recommends France to provide a time series of the area of non-forest land which is burned annually and explicit values of EFs used	**2017 Review PMF / L21**	Implemented. Transparency has been improved in the NIR 2019.
LULUCF	LULUCF – general, CO2; (Organic soils (across all land use categories)		Recommendation in ARR 2016: (26, 2016); Either report information to demonstrate that the methodology used to estimate carbon stock changes in land converted from and to wetlands produces more accurate and/or precise estimates than the IPCC methodology (2006 IPCC Guidelines, vol. 4, equation 2.26) or apply the IPCC methodology for estimating GHG emissions and removals from drained (wetlands converted to other land uses) and rewetted (other land uses converted to wetlands) organic soils; Addressing ; Method currently used to estimate emissions from organic soils is based on C stock change factors instead to use an emission factor, which is the only estimation method provided by the IPCC. ; France to provide in its NIR either evidence that its Tier 3 method is most appropriate to estimate emissions or use IPCC methodology.	**2017 Review PMF / L26**	Implemented: IPCC tier 1 approach were applied for drainage of cultivated organic soils for the 2018 submission.
LULUCF	4.A Forest land –; general		Recommendation in ARR 2016: (27, 2016); Harmonize the application of the unmanaged forest definition across the entire national territory and, in doing so, ensure consistency between the reporting of managed forest land and of forest management and complete coverage of forest lands in the metropolitan territory, regardless of their accessibility; Not resolved ; France reports 5% of metropolitan forest as unmanaged and being in equilibrium, i.e. no emissions or removals reported in GHG inventory. Previous ERT 2016 recommended consistent implementation of unmanaged forest definition and transparency on monitoring of unmanaged forest, as well as of its conversions and natural disturbances, in ARR 2016 L.22 in para e) and f). Ability of land assessment system to process TERUTI data in a way it can capture un-managed land events (natural disturbance, anthropogenic interventions/management) is important as France adopted a no spatial explicit reporting of forest.; The ERT recommends France to provide in its NIR additional evidence and elements demonstrating that un-managed forest are not subject to anthropogenic C loss by forest operations or conversions. Also, it must report transparent data on the actual area falling under "unmanaged" forest land both at national level and for each region considered, i.e. tables of forest area split in managed and unmanaged.	**2017 Review PMF / L27**	Not implemented yet. This is a political discussion which cannot be solved technically. It is still discussed annually in LULUCF reflexion group.

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
LULUCF	4.A Forest land – CO2, CH4 and N2O (L.27, 2016) (L.27, 2015) Completeness		Harmonize the application of the unmanaged forest definition across the entire national territory and, in doing so, ensure consistency between the reporting of managed forest land and of forest management and complete coverage of forest lands in the metropolitan territory, regardless of their accessibility.;Not resolved. The NIR was not transparent on the actual area of unmanaged forest land at the national level and for each region considered. The previous ERT recommended transparency on the monitoring of unmanaged forest in terms of conversions and natural disturbances. The ability of TERUTI to capture unmanaged land is important as France adopted a non-spatially explicit land-use matrix, which may overlook such events affecting unmanaged forest.	**2017 ARR / L.14**	In progress
LULUCF	4.F.2 Land converted to other land – CO2 and N2O (L.33, 2016) (L.33, 2015) Completeness		Estimate SOC losses and associated CO2 and N2O emissions originated from conversions of cropland, grassland, wetlands and settlements to other land either applying the IPCC default assumption (i.e. all SOC lost in the conversion), or applying a country-specific SOC factor for other land.;Not resolved. The Party reported SOC under DOM under forest land converted to other land only. SOC is reported as "NE" for all other pools for all other land converted to other land (except for "NO" for organic soils under forest land, cropland and grassland converted to other land and mineral soils under wetlands converted to other lands). N2O emissions were reported as "NE" for this land subcategory.	**2017 ARR / L.28**	Assumptions and hypothesis are described in the NIR 2019 to support our hypothesis. Other lands are by definition uncertain lands and it is very risky to assume any carbon stock change. According to us, it is better to keep a simplified way with no carbon fluxes. NIR 2019 is more transparent on that point.
LULUCF	4. General (LULUCF);		Recommendation in ARR 2016: (25, 2016); Apply the IPCC default SOC values and SOC change factors for those territories (e.g. overseas territories), for which country-specific factors have not been calculated; Addressing ; To a question from ERT 2017 Frances responded that area of non-forest land is extremely small, thus negligible. Nevertheless, reporting remains inconsistent with IPCC guidelines and this may affect accuracy as long as according to independent public references, there are organic soils under non-forest land in e.g. French Guyana. France to define C stock change factors and C stock reference values for overseas territories, and provide estimates for all land use categories.	**2017 Review PMF / L25**	Not implemented yet. It would be necessary to know changes in practices to estimate carbon fluxes on agricultural land. This data is difficult to collect because they represent very small areas compared to agricultural soils.
LULUCF	4.A Forest land;		Recommendations in ARR 2016: (9, 2016) (11, 2016); Provide more transparent information regarding the integration between TERUTI and the NFI data, and also explain the reasons for the changes in the nomenclature of TERUTI and the per cent coverage of the sampled data for TERUTI and NFI purposes, and ; Assess and report on the potential impact of using NFI data on carbon stocks and carbon stock changes, calculated over the NFI area, together with the TERUTI areas dataset ; Addressing ; NIR2017 does not provide information on the assumptions of combining these two data sources. France responded to the ERT2017 that land use representation and area estimates should not be affected as far as TERUTI is used for all land categories. It also responded that GHG inventory team is performing analysis and identify appropriate approach of any inconsistency caused by area differences between the two systems and by using C stock change from NFI for forests. France to provide information on how consistency is ensured, e.g. which are assumptions, any robust quantitative comparison of the two systems	**2017 Review PMF / L9 L11**	Implemented. The integration of both TERUTI and NFI data is deeply described in the NIR.
LULUCF	4.A Forest land – CO2 (L.9, 2016) (L.9, 2015) (91, 2014) Transparency		Provide more transparent information regarding the integration between TERUTI and the NFI data, and also explain the reasons for the changes in the nomenclature of TERUTI and the per cent coverage of the sampled data for TERUTI and NFI purposes.;Not resolved. The NIR did not provide explicit information on the integration of TERUTI and NFI data, such as how a consistent land assessment is ensured for forest land and its conversions and which changes were implemented in both systems to ensure consistency with regard to land representation.	**2017 ARR / L12**	Partially implemented : The NIR describes this issue of Terult ans NFI integration. Consistency in land monitoring is a broader issue that is planned to be tackled in future submissions.
LULUCF	4.A Forest land – CO2 (L.11, 2016) (L.11, 2015) (95, 2014) (90, 2013) Consistency		Assess and report on the potential impact of using NFI data on carbon stocks and carbon stock changes, calculated over the NFI area, together with the TERUTI areas data set.;Addressing. The NIR did not report information on the assessment of the impact of using different data sets for area estimation. During the review France indicated that the GHG inventory team is currently performing an analysis and identifying an appropriate approach to address the inconsistency issue in GHG estimations when combining carbon stock change data from NFI and area data from TERUTI. France also indicated that land-use representation and area estimates should not be affected since TERUTI and NFI implement the same forest definition, while TERUTI is used for all land categories.	**2017 ARR / L13**	Not implemented. Another calculation is not planned.
KP-LULUCF	General (KP-LULUCF);		Recommendation in ARR 2016: (3, 2016) ; Improve its national system for the overseas territories by introducing additional institutional arrangements to ensure that at minimum information be collected on a continuous basis to be included in France's future annual submission on.; (a) Forest area and forest area changes; (b) Forest areas subject to natural disturbances; (c) Forest biomass carbon stock gains; (d) Forest biomass carbon stock losses associated with harvesting and carbon stock losses associated with natural disturbances; Addressing ; Since overseas forests count roughly as one third of France forest reported under the Kyoto Protocol, so France needs a consistent reporting and accounting under the 2nd Commitment Period of the Kyoto Protocol; France to provide more explicit information in its NIR on the institutional arrangements, any other official documentation available at this stage.	**2017 Review PMF / KL3**	implemented
KP-LULUCF	General (KP- LULUCF) (KL.3, 2016) (KL.3, 2015) Completeness		Recommendation in ARR 2016: (3, 2016) ; Improve its national system for the overseas territories by introducing additional institutional arrangements to ensure that at minimum information be collected on a continuous basis to be included in France's future annual submission on.; (a) Forest area and forest area changes; (b) Forest areas subject to natural disturbances; (c) Forest biomass carbon stock gains; (d) Forest biomass carbon stock losses associated with harvesting and carbon stock losses associated with natural disturbances; Addressing. No information was provided in the NIR to describe changes in institutional arrangements designed to implement this recommendation. During the review France informed the ERT on the ongoing process of expanding the scope of the metropolitan NFI realized by the National Geographic Institute to forests in overseas territories with the purpose of developing operational monitoring of the territories.	**2017 ARR / KL2**	implemented
KP-LULUCF	Article 3.3 activities;		Recommendation in ARR 2016: (5, 2016); ; Report in the NIR the following quantitative information: ; (a) For both AR and D, the time series (from 1990 to the last reported year) of area subject to the activity (i.e. extend back to the time period 1990–2007 the data series reported in NIR table 69) and of net annual SOC changes; (b) The time series (from 1990 to the last reported year) of annual harvesting, of biomass net annual increment, of GHG emissions from natural disturbances in lands subject to AR; (c) The time series (from 1990 to the last reported year) of biomass carbon stock loss from areas deforested every year; Not resolved; NIR 2017 does not report annually explicit time series for any of a), b) or c).; France to provide explicit tables in its NIR.	**2017 Review PMF / KL5**	Not implemented yet
KP-LULUCF	Article 3.3 activities (KL.5, 2016) (KL.5, 2015) Transparency		Recommendation in ARR 2016: (5, 2016); ; Report in the NIR the following quantitative information: ; (a) For both AR and D, the time series (from 1990 to the last reported year) of area subject to the activity (i.e. extend back to the time period 1990–2007 the data series reported in NIR table 69) and of net annual SOC changes; (b) The time series (from 1990 to the last reported year) of annual harvesting, of biomass net annual increment, of GHG emissions from natural disturbances in lands subject to AR; (c) The time series (from 1990 to the last reported year) of biomass carbon stock loss from areas deforested every year;Not resolved. The NIR did not provide any of the recommended time series, although the estimates are provided in the CRF tables.	**2017 ARR / KL4**	implemented
KP-LULUCF	Afforestation and reforestation – Forest management;		Recommendation in ARR 2016: (6, 2016) ; Allocate the appropriate portion of harvested wood to AR lands and remove it from FM, and revise its carbon stock change estimates in AR and FM accordingly.; Not resolved ; France does not allocate domestic HWP between AR and FM, which affects the accounting for CP2 of Kyoto Protocol. Since France reports a) very large area of AR land, b) fast growing tree plantations and c) that such plantations may reach up to 30 years until the end of 2nd commitment period, it is very unlikely there is no harvesting on such forest. To a response to ERT 2017 France responded that it is aware that a split based on the area shares between these two categories is difficult, so no satisfying solution was found till now. ; France to provide a method, i.e. using as proxy the annual clear cut area of stands/plantations of species which have shorter cycle than duration of time since 1990, and estimate the allocation to AR and FM based on that approach. ;	**2017 Review PMF / KL6**	Not implemented yet
KP-LULUCF	Afforestation and reforestation – forest management (KL.6, 2016) (KL.6, 2015) Accuracy		Recommendation in ARR 2016: (6, 2016) ; Allocate the appropriate portion of harvested wood to AR lands and remove it from FM, and revise its carbon stock change estimates in AR and FM accordingly.;Not resolved. "NO" was reported for harvested wood for AR in the CRF tables. France mentioned that it is looking for a solution to this issue.	**2017 ARR / KL5**	implemented
KP-LULUCF	Afforestation and reforestation –; Forest management –general		Recommendation in ARR 2016: (8, 2016) ; Address the inconsistency between the information reported in its report to facilitate the calculation of the assigned amount for the second commitment period of the Kyoto Protocol and the annual submission by including pests and droughts in the estimates of the background level and margin for FM and AR.; Addressing ; There is no statement in NIR 2017 if how these disturbances were considered in the background level and margins estimation and how were taken into account in the Technical Correction and FMRLcorr. Nevertheless, the question is also if France finds meaningful this recommendation as long as forest parameters registered by NFI implicitly account for majority of insect outbreaks? ; France to make clear statements in its NIR on the cases to which disturbance referred in the initial report (e.g. total mortality of stands in case of insects outbreaks and pests?) and the assumptions on salvage logging implemented	**2017 Review PMF / KL8**	Not implemented yet
KP-LULUCF	Afforestation and reforestation – forest management – general (KL.8, 2016) (KL.8, 2015) Accuracy		Recommendation in ARR 2016: (8, 2016) ; Address the inconsistency between the information reported in its report to facilitate the calculation of the assigned amount for the second commitment period of the Kyoto Protocol and the annual submission by including pests and droughts in the estimates of the background level and margin for FM and AR.;Not resolved. In response to a question from the ERT, France confirmed that it had already made a technical correction to the FMRL. Nevertheless, there was no mention of the required information on consistency between the annual FM estimates and the corrected FMRL.	**2017 ARR / KL7**	Implemented
KP-LULUCF	Afforestation and reforestation – Forest management;		Recommendation in ARR 2016: (9, 2016) ; Rather report evidence that such an assumption is accurate or estimate, at least at tier 1, biomass net carbon stock changes in FM and AR lands in overseas territories and report those estimates.; Addressing ; In NIR2017, complemented by a response to ERT 2017 question, France provided evidence based on currently best available quantitative data that FM and AR are net sinks in overseas territories (section 6.4.2). This is consistent as far as a consistent land survey is in place for overseas territories, i.e. deforestation is captured. In a response to ERT 2017 France reports there an institutional progress improvement envisaged by implementation of consistent monitoring system for overseas territories (e.g. land use and C stock change, their consistency, etc). ; France to provide enhanced evidence based on currently best available quantitative data in demonstration that these forests are not sources of emission.	**2017 Review PMF / KL9**	Not implemented yet
KP-LULUCF	Afforestation and reforestation – forest management – CO2 (KL.9, 2016) (KL.9, 2015) Completeness		Either report evidence that such an assumption is accurate (that in overseas territories the biomass carbon stock in forest land, including both lands under FM and AR, is at equilibrium) or estimate, at least at tier 1, biomass net carbon stock changes in FM and AR lands in overseas territories and report those estimates.;Not resolved. In the NIR (section 6.4.2), complemented by a response to a question from the ERT during the review, France provided information to explain that the living biomass pool in FM and AR land is a net sink in the overseas territories. However, the ERT noted that this was not sufficient to verify that forest management interventions, like selective logging, do not occur in overseas territories, or that AR does not represent post-cut regeneration of forest. This is because the Party surveys only on land-use changes from and to forest in these territories (see section 11.4.2 of the NIR).	**2017 ARR / KL10**	implemented
KP-LULUCF	Forest management – general (KL.11, 2016) (KL.11, 2015) Accuracy		Calculate a technical correction of the FMRL to ensure consistency with the background level of emissions from natural disturbances in order to include in the FMRL the net GHG emissions calculated as the background level of natural disturbances. To do so, the technical correction of the FMRL has to add to the FMRL the background level value and subtract from the FMRL the emissions (already included) which originate from the type of natural disturbances that have been included in the calculation of the background level.;Not resolved. During the review, the Party explained that, although it is aware that the FMRL and its technical correction are not fully consistent, there are no plans to carry out additional work on projections to the technical corrections of its FMRL reported in 2017 in order to improve it until the end of the commitment period.	**2017 ARR / KL12**	No plans to further modify the FMRL

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
KP-LULUCF	Forest management – general;		Recommendation in ARR 2016: (11, 2016); (13, 2016) ; (14, 2016); (18, 2016); Calculate a technical correction of its FMRL to ensure consistency with the background level of emissions from natural disturbances in order to include in the FMRL the net GHG emissions calculated as the background level of natural disturbances. To do so, the technical correction of the FMRL has to add to the FMRL the background level value and subtract from the FMRL the emissions (already included) which originate from the type of natural disturbances that have been included in the calculation of the background level; Addressing KP supplement 2013 requires consistency of the methodological elements used in the construction of FMRL and those used in the reporting of FM. One of the elements is "the treatment of natural disturbances" which affects the technical correction. In a response to a ERT 2017 question, France responded it already made a technical correction of the FMRL. Nevertheless, in NIR 2017 there is no mention on the required information on consistency between FM annual estimates and FMRLcorr. France only reports in its NIR 2017 on the methodological elements that triggered the technical correction as new estimates from NFI, but the information is incomplete with respect to: a) time series of data used for AR and FM, b) which natural disturbances were included, c) consistency in the forest data applied in the FMRLcorr and FM estimates (net annual increment, age structure, havested pools), d) explicit statements if forest area under FM in the overseas departments is included; France to provide transparent information in its NIR on the methodological elements used in the construction of FMRL and those used in the reporting of FM	**2017 Review PMF / KL11 KL13 KL14 KL18**	Not implemented: Current FMRL was calculated by the JRC with a common process for many MS. It is difficult to go much deeper in terms of explanations regarding the calculations of this exercise of projection. It will be checked whether additional information can be provided but considering the remaining time for KP2, it is not expected to revise the FMRL value further within the 2nd CP
KP-LULUCF	Forest management – general; (KL.13, 2016) Accuracy		Use the same age class structure as derived from the NFI for the year 2010 for calculating the FMRL correction value and ensure consistency in the factors applied in the FMRL and in the FM estimates to calculate the total biomass (above and below ground) of forest from the growing stock volume.;Not resolved. In response to the ERT, France stated that it had already made a technical correction to the FMRL, but the NIR did not provide the required information for the ERT to assess whether the same age class structure was used and the consistency between the annual submission on FM and the FMRL correction ensured.	**2017 ARR / KL14**	Not implemented - FMRL informations in the NIR have been improved but this information on age class structure is not presented.
KP-LULUCF	Forest management – general; (KL.14, 2016) Accuracy		Implement a technical correction to the FMRL in order to ensure consistency between the areas of forest applied for calculating the FMRL correction value and the areas reported under FM during the commitment period, including the forest area under FM in the overseas departments.;Not resolved. In response to the ERT, France stated that it had already made a technical correction to the FMRL. No new FMRL correction was reported in the NIR, and the Party indicated that it is aware that the FMRL correction is not fully consistent with FM estimates but there are no plans to carry out additional work on projections to further improve this issue until the end of the commitment period.	**2017 ARR / KL15**	No plans to further modify the FMRL
KP-LULUCF	Forest management – general;		Recommendation in ARR 2016: (12, 2016); ; Report in the NIR quantitative information on the drivers that have determined the deviation of the actual estimates of GHG emissions and removals reported under FM from the projected GHG emissions and removals included in the FMRL correction (FMRLcorr) value, including: ; (a) The time series (from 1990 to the latest reported year) of annual harvesting, of biomass gross annual increment, of natural mortality, of FM area and of GHG emissions from natural disturbances used for preparing estimates for FM during the commitment period; (b) The historical time series (1990–2012) of annual harvesting, of biomass gross annual increment, of natural mortality, of FM area, of GHG emissions from natural disturbances used for projecting the FMRLcorr value; (c) The amount of annual harvesting, of biomass gross annual increment, of natural mortality, of FM area, of GHG emissions from natural disturbances included in the FMRLcorr value; Not resolved; France does not report quantitative information on the drivers that have determined the deviation of the actual estimates of GHG emissions and removals reported under FM from the projected GHG emissions and removals included in the FMRLcorr.; France to provide information in its NIR on its plan to derive quantitative information on the drivers that have determined the deviation of the actual estimates of GHG emissions and removals reported under FM.	**2017 Review PMF / KL12**	Not implemented: Current FMRL was calculated by the JRC with a common process for many MS. It is difficult to go much deeper in terms of explanations regarding the calculations of this exercise of projection. It will be checked whether additional information can be provided but considering the remaining time for KP2, it is not expected to revise the FMRL value further within the 2nd CP
KP-LULUCF	Forest management cap ;		Recommendation in ARR 2016: ; Report 153 455.612 kt CO2 eq as its forest management cap in the CRF table "accounting"; Not resolved; Various numbers are reported by France in subsequent submissions or calculated by ERT 2016. ; Cap values is fixed according to para 22 of Decision 6/CMP.9 - Guidance for reporting information on activities under Article 3, paragraphs 3 and 4, of the Kyoto Protocol	**2017 Review PMF / 48**	The cap is calculated considering the 1990 total emissions value excl. LULUCF. This value is recalculated each year. Therefore, the cap value is uptated consequently.
KP-LULUCF	Forest management – general (KL.17, 2016) (KL.17, 2015) Transparency		Report 153,455.612 kt CO2 eq as the forest management cap in the CRF table accounting.;Not resolved. France submitted in its CRF accounting table an updated value of 145,767.0 kt CO2 eq. However, the ERT noted that this value is different from the value indicated by the previous ERT (153,455.612 kt CO2) as a fixed value calculated according to paragraph 22 of decision 6/CMP.9, and no explanation was provided in the NIR.	**2017 ARR / KL.19**	The cap is calculated considering the 1990 total emissions value excl. LULUCF. This value is recalculated each year. Therefore, the cap value is uptated consequently. In the KP table ed. 2019, this value is 153 459.27 .
KP-LULUCF	HWP contribution ;		Recommendation in ARR 2016: (18, 2016); (19, 2016); Remove the imported fuelwood from the fuelwood consumption statistics before estimating the amount of biomass carbon stock lost associated with domestically produced fuelwood, and ; Report in CRF table 4(KP-I)C and in the NIR, as follows: ; (a) Background data (i.e. the time series of HWP domestically produced from domestic wood) for each HWP category; (b) Information on how HWP domestically produced from domestic wood have been singled out from the total HWP domestically produced; (c) Information on how the HWP contribution of exported HWP, domestically produced with domestic wood, have been estimated; (d) Information on how HWP domestically produced with domestic wood harvested in non-forest land, if any, have been estimated and whether they have been excluded from the HWP contribution; (e) Information that demonstrates the consistency between the harvesting rate reported for estimating biomass net carbon stock change in land under FM and AR and the HWP domestic production; Not resolved; There is no information in NIR 2017. ; France to provide in its NIR information on avoiding double accounting of firewood background data for HWP contribution.	**2017 Review PMF / KL 18 KL 19**	Not implemented yet
KP-LULUCF	Harvested wood products – CO2 (KL.19, 2016) (KL.19, 2015) Transparency		Report in CRF table 4(KP-I)C and in the NIR, as follows: (a) Background data (i.e. the time series of HWP domestically produced from domestic wood) for each HWP category; (b) Information on how HWP domestically produced from domestic wood have been singled out from the total HWP domestically produced; (c) Information on how the HWP contribution of exported HWP, domestically produced with domestic wood, have been estimated; (d) Information on how HWP domestically produced with domestic wood harvested in non-forest land, if any, have been estimated and whether they have been excluded from the HWP contribution; (e) Information that demonstrates the consistency between the harvesting rate reported for estimating biomass net carbon stock change in land under FM and AR and the HWP domestic production. ;Not resolved. CRF table 4(KP-I)C contained updated values for HWP contribution, but there was no improved information reported in the NIR as required.	**2017 ARR / KL.21**	Not implemented yet
Waste	5. General (waste) – CH4, Transparency		Clearly specify when data and figures refer to the geographical coverage under the Convention or under the Kyoto Protocol, and increase the transparency of the reporting of estimated activities for the overseas territories, including the parameters and methodologies used ; Addressing; The Party included some complementary information in the NIR 2016. However, the ERT noted that it is still not clear for some categories, such as industrial wastewater treatment;	**2017 Review PMF / W.1**	Some more information is be provided in the NIR 2018to increase the transparency concerning industrial wastewater
Waste	5.A Solid waste disposal on land – CH4, Transparency*		Provide more information on the waste composition allocation to the degradation categories used for the estimation for all years of the time series by adding a table to the NIR that explains how the ITOM categories are matched to the degradation categories used for the estimation and provide another table that shows the share of these degradation categories in relation to the total waste landfilled for all years of the time series ; Not resolved. ; The tables have not been included in the NIR.	**2017 Review PMF / W.2**	Some more information has been provided in the NIR to increase the transparency concerning the allocation of ITOM categories into UNFCCC ones
Waste	5.A Solid waste disposal on land – CH4 (119, 2014) Accuracy*		Allocate the fraction of waste rejected from composting plants to the easily degradable waste category or justify that this waste category is correctly allocated to the moderately degradable category ; Addressing. France explained that this fraction refers to waste, after composting. Rapid degradable waste is removed upon composting and what is left are the more woody remains of garden and park waste. The ERT agrees with this waste being moderately degradable. The justification however is not yet included in the 2017 NIR.;	**2017 Review PMF / W.3**	Some more information has been provided in the NIR to increase the transparency
Waste	5.A Solid waste disposal on land –; CH4		Include in the NIR the information about the survey realized to define the CH4 recovery values used for the solid waste disposal CH4 emissions estimations; Not resolved. ; The references in this section refer to information that is for a large part confidential. Some information is made public, through websites, which are difficult to use without support to understand the format.	**2017 Review PMF / W.6**	Some more information has been provided in the NIR to increase the transparency
Waste	5.A Solid waste disposal on land – CH4 (W.20, 2016) (W.20, 2015) Accuracy		Include in the NIR the information about the survey realized to define the CH4 recovery values used for the solid waste disposal CH4 emission estimations.;Not resolved. During the review France was not able to supply references to the ERT because the information is partially confidential. France did refer to two websites that contain public information, but they were not referred to in the NIR. The information on the websites, however, was not useful for the review since the amounts of CH4 recovered used for the emission estimates are not clearly indicated. The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm that there is not an underestimation of emissions.	**2017 ARR / W.6**	As indicated in the NIR 2018 (7.2.2), the CH4 recovered is estimated using a bottom-up approach (per SWDS). The amount of CH4 flared, valorised or introduce on the gas network are reported by operators in the GEREP Database. In addition, information on the mesured data (annual biogaz flow, CH4 concentration) are requiered in the interface, such as the frequency of measurements of the reported parameters.
Waste	5.A Solid waste disposal on land –; CH4		Report the correct the value used for DOCf in the CRF tables; Not resolved. It appears that France accidentally reports the values for DOC instead of DOCf in the CRF, Table 5.A, row D.;	**2017 Review PMF / W.7**	In the 2016 submission, the averades DOC is reported in the CRF tables whereas the title of colomn is DOCf. Indeed, CITEPA decided to report DOC values (as expected in the previous version of the CRF table template) because reporting DOCf on an annual basis is of no interest as the default value is recommended in the GL2006 and DOC is a much more interesting parameter. In the 2017 submission, a comment is added in the CRF tables in order to indicate that DOC is reported instead of DOCf.
Waste	5.B. Biological treatment of solid waste –; CH4 and N2O		Include in the NIR clear information on the AD used and about the source used as reference for the CH4 and N2O Efs; Addressing. ; France included in the NIR references to a 2005 and a 2012-Ademe-report, suggesting that EF were updated, based on new information. However, upon Q&A it appeared that the 2012 report was not used.	**2017 Review PMF / W.8**	Some more information have been corrected in the NIR 2018
Waste	5.B. Biological treatment of solid waste – CH4 and N2O (W.22, 2016) (W.22, 2015) Accuracy		Include in the NIR clear information on the AD used and about the source used as reference for the CH4 and N2O EFs.;Addressing. France included in the NIR references to a 2005 and a 2012 ADEME report, suggesting that the EFs were updated on the basis of new information. However, during the review it appeared that the 2012 report was not used.	**2017 ARR / W.8**	Some more information have been corrected in the NIR 2018 to increase the transparency. Especially, the reference has be corrected from the 2012 ademe report to the 2006 ADEME report. For the 2020 submission, it is planned to update the CH4 EF on the basis of the 2012 ADEME report.
Waste	5.D.1 Domestic wastewater –; CH4		Follow the decision tree in the 2006 IPCC Guidelines regarding the values for Bo and methane correction factor when estimating CH4 emissions from domestic wastewater.; Addressing. France explained the ERT, that developing a CS-value of B0 does not make much sense, because B0 is more related to the chemical composition of biomass, which is universally more or less the same. The ERT agrees with this. Septic tanks are the key pathway for methane emission from domestic waste water and France is encouraged to see whether available literature can be used to develop a CS-MCF for septic tanks.;	**2017 Review PMF / W.10**	No CS EF is available. The default EF will be updated in the 2019 refinement but the default is expected to be the same as the current one in case of no information on septic system management.
Waste	5.D.2 Industrial wastewater –; CH4		Include in the NIR clear information on AD, CH4 EFs and detailed information about the industries and amounts of wastewater discharged by those industries considered to calculate CH4 emissions from industrial wastewater.; Not resolved. ;	**2017 Review PMF / W.11**	Some more information is provided in the NIR 2018 to increase the transparency

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
General	Likely level of emissions for each insignificant NE;	France does not explain in CRF table 9 the likely level of emissions for categories considered insignificant, and only mentions that they are below 0.05 per cent of the national total GHG emissions, and does not exceed 500 kt CO2 eq. France also indicated to the ERT that it did not make a complete assessment to check whether the sum of all insignificant NEs remain below 0.1 per cent of the national total GHG emissions.; The UNFCCC reporting guidelines (para 37 (b)) states that "The total national aggregate of estimated emissions for all gases and categories considered insignificant shall remain below 0.1 per cent of the national total GHG emissions.", and this can only be ensured by France understanding the likely level of emissions for each insignificant NE category.	Explain in either the CRF or NIR the likely level of emissions for each insignificant NE category.;	**2017 Review PMF / G1.**	In the 2018 submission, the rational for using NE are provided. France doesn't not justify "NE" using a rational dealing with "Insignificancy". The explanations provided by France for not estimating emissions deal with unavailability of EF in the UNFCCC GL. The explanation in table 9 concerning CRF 1B2a1 is the result of a mistake in the CRF reporter tool : CO2 emission from oil exploration have been added in the 2018 submission but the additional parameter is specified as "NE" in the CRF reporter. However, the CO2 emission from 1B2a1 is indicated as "NE" in tha table 9 generated by the CRF reporter Tool. This do not impact the national total. Concerning 5B2, the issue is the same : an additional parameter is "NE" but the table 9 the emissions seems not to be estimated although they are estimated.
General	National registry; Transparency	No discrepancies were found in the RITL R-2 report, hence there were no actions necessary to address questions of implementation pertaining to transactions. ; However, the Party made no statement that no actions were taken because they were not necessary because there were no discrepancies.	Include a statement specifically addressing this requirement in the next annual submission.;	**2017 Review PMF / G2.**	As there was no difference to report in 2017 (error), no correction action was necessary
Energy	1. General (energy sector) – gasoline and diesel. – CO2	1. General (energy sector) – gasoline and diesel. As identified in previous inventory reviews, country specific CO2 emission factors are not available for a large number of key emission sources. The 2017 NIR states (3.2.7.6): In the road transport sector, measures to determine an emission factor of CO2 specific to France will be conducted in 2017. The results will be finalized for submission of the inventory in March 2019.	Provide this analysis as soon as possible and include the results in future inventory submissions.	**2017 Review PMF / E1.**	Measures on the carbon content of market fuels (diesel and gasoline, with biofuels) occured in 2017. The results of these measures were available in 2018 and have been implemented for the 2019 inventory submission.
Energy	Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels	Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels – As identified in previous inventory reviews, Table 1A(d) in the CRF does not provide information on where the non energy use of fuels is included. During the review week, France provided information and identified that this was an oversight and that this will be included in future inventory submissions.	Provide this information in future inventory submissions.	**2017 Review PMF / E2.**	This has been integrated in the CRF tables for the Kyoto and UNFCCC perimeter
Energy	Railways, 1A3c -N2O	Railways, 1A3c: For railways, the N2O emission factor used is the same as that used for heavy duty vehicles in the road transport sector. This falls outside of the range of EFs provided in the IPCC guidelines. During the review week, France responded to say that the French experts from the railway industry confirmed that the engines used in the rail sectors are the same as those in conventional HDVs and that they consider that the default IPCC factor to be too high. They also added that the EF that they have used is similar to that provided in the 2013 EMEP / EEA Guidebook and that the 2016 EMEP / EEA Guidebook provides a lower value.	Provide the reason for the discrepancy from the IPCC Guidelines in future NIRs.	**2017 Review PMF / E3.**	The explanations is given the NIR 2019
Energy	1A2g: Other manufacturing industries and construction:	1A2g: Other manufacturing industries and construction: As identified in previous inventory reviews, emissions from ground transportation at airports and in ports is reported in the NIR as being allocated to 1A2g. The ERT noted that emissions from these activities should be reported in the category other (1.A.3.e) in the transport subsector (2006 IPCC Guidelines, vol. 2, chapter 3, p. 3.9). During the review week, France responded to say that they do not know the split between the mobile and stationary element and therefore it was not possible to separate these emissions and that in fact emissions from these activities were reported in 1A4a.	Provide more information in future NIRs to explain the allocation issues and where emissions are included.	**2017 Review PMF / E4.**	The 2018 NIR-chapter 1A4a have been updated with this explanation.
Energy	1A4: Other sectors:	1A4: Other sectors: There is little information included in the NIR on how and where emissions arising from military activities are included. During the review week, France responded to say that fuel use in this sector is confidential and therefore not reported separately, but included in 1A4 along with other items.	Provide this information in future NIRs.	**2017 Review PMF / E5.**	A sentence have been added in section 1A4a of the 2018 NIR in order to clarify where these military activities are considered
Energy	1A3d – domestic navigation:	1A3d – domestic navigation: A question was raised during the review week as to how fuel consumption / emissions were allocated between domestic and international navigation and how it compared to that reported in the reference approach. During the review week France provided information on the different approaches taken in the sectoral and reference approach and identified that there were on-going discussions between the inventory team and the French Statistical Office to streamline the different approaches.	Provide a more detailed description in future NIRs to explain the disparity.	**2017 Review PMF / E6.**	More information have been added in the NIR 2018.
Energy	Fuel combustion – reference approach	Fuel combustion – reference approach. Section 3.2.1 of the NIR on the difference between the sectoral and reference approach, states that the reason for the difference in CO2 emissions for "other fossil fuels" is that the reference approach uses a carbon factor of 25 Kg / Gj whereas the sectoral approach uses an EF close to 29 Kg / Gj. During the review week, France responded that the reason for the difference is that the reference approach uses the default IPCC guideline figures, whereas the sectoral approach uses country specific / plant EFs.	Provide this information in future NIRs, so that the difference is understood.	**2017 Review PMF / E7.**	This has been updated for the 2018 submission.
Energy	Fuel combustion – reference approach:	Fuel combustion – reference approach: CRF table 1A(c) provides the difference between the sectoral and reference approach for the energy sector. In 2015, there is a 41.6% difference for solid fuels. During the review week, France explained that this issue is under investigation, but they are confident that there is no omission or double counting.	Identify the reason for the difference and report this in future inventory reports.	**2017 Review PMF / E8.**	These questions are still under investigation to understand the differences. The explanations will be provided when available.
Energy	1AC CO2 transport and storage:	1AC CO2 transport and storage: Section 3.4 of the NIR states that no emission estimates have been made for this sector, despite an experimental plant being in operation since 2010. During the review week, France explained that between 2013 and 2016, the storage continued but without new capture of CO2, within a phase of environmental monitoring. Thus, France will contact the operator in order to take into account the CO2 leakage and so quantify the CO2 emissions due to the storage of CO2. They expect to have this information in time for the 2019 inventory submission.	Provide emission estimates for this source as soon as possible.	**2017 Review PMF / E9.**	A measurement campaign was conducted, and no leakage was detected. Therefore, an emission factor of 0 was chosen for this activity.
Energy	1A3d: domestic navigation:	1A3d: domestic navigation: There is little information provided in the NIR on how emissions are estimated for inland waterways. During the review week, information was provided on the methodology used.	Provide this information in future inventory reports.	**2017 Review PMF / E10.**	More detailled explanations have been added in the NIR (2018 submissions)
Energy	1A3c – railways:	1A3c – railways: It has been identified that there are some steam trains operating in France. During the review week, France responded to say that they are very limited in number and that the coal consumed will be included in the commercial / institutional sector.	Provide emissions for this source, to enhance the comparability of the inventory.	**2017 Review PMF / E11.**	Investigations have been launched to try to obtain data. As soon as the data will be available it will be implemented in the inventory.
Energy	General – energy:	General – energy: Previous reviews identified that transparency would be improved in the NIR by providing the emission factors and activity data in the same units as in the CRF. That issue has been marked as resolved. During the review week, France responded on this issue to say that they will report emissions in t or Kt, rather than Mg or Gg and for activity data, it is more appropriate to provide the data in the original units and to provide the conversion factors.	The ERT agree with this approach and suggest providing this information for the waste incineration and coal mining sectors, where this issue has been particularly noticeable. In addition, review the units provided for Table 34 in the NIR.	**2017 Review PMF / E12.**	Efforts had been made in the NIR in order to report emissions in t or kt rather than Mg or Gg
IPPU	2.A. 2 Lime production ; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	In the NIR (pp. 231) France reported that CO2 emissions from high calcium and dolomitic lime production are estimated after 2014 only from data provided by industrial plants, and both of Tier 2 and Tier 3 method is used.; IPCC 2006 Gls (Vol.2, Ch. 2, pp. 2.24) recommend that for the Tier 2 method (based on lime activity data) that a correction for LKD must be made. In the absence of plant or national data, correction represention addition of 2 percent of the estimated emissions must be applied. ; During the review week France provided the ERT with a calculation datasheet which presents the method used for emission estimation. A number of 5 industrial units that use a method based on lime production not report CO2 emissions from LKD and this could leads to underestimation of emissions.	The ERT recommend France to make the correction for the CO2 emissions from LKD (by applying the correction factor) for all the industrial plants that not report these emissions.; ;	**2017 Review PMF / I1.**	Some more information has been provided in the NIR to increase the completeness.
IPPU	2.A. 2 Lime production ; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	France reported in the NIR (pp. 232) that estimate CO2 emissions from sugar refining (emissions and removal). The IPCC 2006 Gls methodology (Vol 3., Ch 2, table 2.7) considers that emissions from lime production at sugar mills should be reported under 2A2 Lime Production, while CO2 removals should be reported under 2H2 Food and Beverages Industry category. ; During the review France informed the ERT that all CO2 emissions are counted in the CRF code 2A2.; Concerning the reporting of CO2 emissions recovery, CITEPA could indeed add in the CRF code 2H2 Food and beverages industry the value of CO2emissions relating to the use of sugar scums in the agriculture sector. The recovery in the CRF table is only presented for information but not taken into account in the national total.	The ERT recommends France to follow the IPCC 2006 GLs methodology and report emissions from lime production in sugar mills under 2A2 Lime Production, and report CO2 removals under 2H2 Food and Beverages Industry category.; ;	**2017 Review PMF / I2.**	Currently, the information on CO2 recovery in sugar mills is not reported in the CRF Tables. It is not expected to change this issue.

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
IPPU	Category 2.A.4 – Other; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines;	Category 2.A.4-d: CO2 emissions from limestone used in sinter production. ; In the NIR (pp. 237) France reported that estimate CO2 emissions from limestone consumption used in sinter production. ; According with 2006 IPCC GLs (vol.3, ch2, table 2.7) CO2 emissions from limestone and dolomite used (other than quantities used for lime production) in iron and steel production must be reported under 2.C.1. category.; France informs the ERT during the review week that will include CO2 emissions from limestone consumption used in sinter production under 2.C.1. category in the next submission	The ERT recommends France to adhere to the 2006 IPCC GLs and include CO2 emissions from limestone consumption used in sinter production under 2.C.1. category in the next submission.; ; ;	**2017 Review PMF / I3.**	Done.
IPPU	I4. Category 2.A.4 – Other; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	Category 2.A.4-d: CO2 emissions from flue gas desulphurization; In the NIR (pp. 235) France reported that estimate CO2 emissions from carbonate consumption used in sulphur oxide removal from flue gas. According with 2006 IPCC GLs (vol.3, ch2, table 2.7) CO2 emissions from carbonate consumption used for flue gas desulphurization must be reported in the category where are used and emitted (Energy).; During the review France inform the ERT about the reasons (are process emissions, and reports from units are provided without to be split per fuels) for reporting this emissions in 2.A.4.–Other category.	The ERT recommends France to adhere to the 2006 IPCC GIs and report CO2 emissions from flue gas desulphurization under Energy sector. ; ;	**2017 Review PMF / I4.**	CO2 emissions due to decarbonisations in energy production plants are now reported under 2.G.4. We consider that it is more transparent to keep these emissions in "Industry" sector.
IPPU	Category 2.A.4 – Other; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines;	Category 2.A.4-d: CO2 emissions from treatment of flue gases in the chemical plant.; In the NIR (pp. 236) France reported CO2 emissions from carbonates (including limestone) used for treatment of flue gases in the chemical plant. ; 2006 IPCC GIs (vol3, ch2, pp. 2.33) consider that is a good practice to report emissions from the consumption of carbonates in the source category where the carbonates are consumed and the CO2 emitted.; During the review France inform that will include CO2 emissions in the category where are emitted.	The ERT recommends France to include CO2 emissions from carbonates used in the treatment of flue gases in the chemical plant in the category where are consumed the CO2 emitted.; ; ;	**2017 Review PMF / I5.**	CO2 emissions from carbonates used in the treatment of flue gases in the chemical plant is now included in the category where are consumed the CO2 emitted : CRF 2B10.
IPPU	Category 2.A.4 – Other; ; Transparency;	In the ARR 2016 (IDII 20), the ERT recommended France to conduct a survey to determine small producers and consumers of lime. France state that in 2016 conducted an analysis among the industrial installations annual reports that allowed identifications of the installations using carbonates or carbonated products in some sectors (but not included in 2016 submission) and identified and added the following sectors: grey foundries, non-ferrous metal and iron and steel.; In the NIR 2017 (chapter 4.2.5, pp. 239 and 240) France stated that performed recalculations in the categories 2.A.4.a, 2.A.4.b. and 2.A.4.d and is not clear if the data identified in the 2016 analysis was used and the categories where emissions were included.; During the review Party informed the ERT about the use of data identified in the 2016 analysis and the categories where emissions were included. Also France state that chapter 4.2.1.4 from the NIR will be completed for the next submission.;	The ERT recommends France to improve transparency of the NIR and include the information sent to the ERT in the next inventory submission. ; ; ;	**2017 Review PMF / I6.**	The NIR has been updated consquently
IPPU	Category 2.B.1 – Ammonia Production; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines;	In the NIR (pp. 246) France reported that estimate CO2 emissions for 2.B.1 category only from feedstock consumption (non-energetic use of natural gas). Estimating emissions base only on feedstock consumption is not in line with 2006 IPCC GL's (vol 3. Ch.3, pp. 3-11), and can lead to a underestimation of the emissions. ; During the review France inform the ERT that emissions from combustion emissions from ammonia production are reported under Energy sector to allow a better overall treatment of the national energy balance data in order to avoid double counting or underestimation. ; The ERT was informed that this treatment of data for the production of ammonia was accepted during the in-country review of the French inventory in 2016. ; Also France provides a comparison between total CO2 emission (combustion and process emissions) included in the inventory and emissions reported under EU-ETS.	The ERT recommends France to adhere to 2006 IPCC GIs and report all CO2 emissions (combustion and process emissions) under 2.B.1. – Ammonia Production category in the next submission; ; ;	**2017 Review PMF / I7.**	France does not report combustion emissions from ammonia production in the IPPU sector but in the energy sector to allow a better overall treatment of the national energy balance data in order to avoid double counting or underestimation. This methodology also allows to ensure consistency with the pollutants inventory. Split between energy and non energy fuel uses is made using detailed fuel consumption data provided by plants (bottom-up approach) and there is no underestimation since combustion emissions are accounted in the 1A2 sector. This treatment of data for the production of ammonia was accepted during the in-country review of the French inventory in 2016. NB: since there is no underestimation on the overall inventory, France considers this ERT comment is more an encouragement than a recommendation.
IPPU	2.B.7 – Soda Ash production ; ; Accuracy	In the NIR (pp. 249) France stated that produce soda ash in 2 industrial units and both are using Solvey production process. For the period 2001-2015, EF are estimated based on data reported by industrial units, while for the period 1990-2000 was used the EF from the year 2001. ; Using EF from only one year (2001) to estimate emissions for the period 1990-2000 could introduce a bias in the CO2 emissions estimation.; During the review France informed the ERT that will consider using a mean of several years for the EF that will be used in emission estimation for the period 1990-2000 in the next submission.	The ERT recommends France to estimate EF used for the period 1990-2000 as an average between more years in order to increase accuracy.; ;	**2017 Review PMF / I8.**	A mean value of years 2001-2001-2002 has been used for the COE EF of 1990-2000 for the 2018 submission in order to improve accuracy.
IPPU	2.C.1 – Iron and steel production; ; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	From the sinter production processes are released CH4 emissions and IPCC 2006 GLs (vol.3,ch.4, pp.4.23) provide methodology and default EF.; In the NIR (pp.263) France state that estimate CH4 emissions only from BOF and EAF steel production from the category 2.C.1 – Iron and Steel production. In the CRF – Table 2(I).A-Hs2 are noted that CH4 emissions and recovery from sinter production are estimated and included elsewhere. ; During the review France provided information's about methodology used to estimate CH4 emissions from sinter production and indicate sector where emissions are reported. Also indicate that are examining the possibility report CH4 emissions in IPCC 2C1a category.	The ERT recommends France to adhere to 2006 IPCC GLs and report CH4 emissions from sinter production in 2.C.1 category.; ;	**2017 Review PMF / I9.**	Investigations on hold.
IPPU	2.C.1 – Iron and steel production; – CO2; Accuracy	France estimates CO2 emissions from iron and steel production using models based on a carbon balance between the input and output of carbon quantities contained in various raw materials and combustibles used in the production processes.; France developed these models, and uses for estimating CO2 emissions from sinter production, pig iron production, basic oxygen furnace (BOF) steel production and electric arc furnace (EAF) steel production. ; France reported during the review that in CO2 emissions estimates for the year 2014 and 2015 in the carbon mass balance is an estimation based on ratios between productions and consumptions due to the loss of national statistics after 2013 (from the French Professional body of steel production).; During the review, the ERT noted that carbon contents from various raw materials used as input under the following production processes has not been considered in estimating CO2 emissions from Iron and steel production (2.C.1) in 2015 KP submission version 2, and therefore, the CO2 emissions are potentially underestimated in entire data series.; (1) Sinter production: iron ore;; (2) Pig iron production: iron ore, pellets, limestone;; (3) BOF steel production: steel scraps, iron ore, dolomite;; (4) EAF steel production: steel scraps.;	The ERT recommends the Party to: ; · Correct its carbon balance that are used for estimating CO2 emissions from the category Iron and steel production (2.C.1), by including all carbon contained in all raw materials used as input and carbon content of output materials of each production processes based on national data and specific carbon content of the materials.; · Prepare revised estimates for EAF, BOF, pig iron and sinter production, taking into consideration the information above. To estimate emissions, the ERT recommends that France use country-specific EFs or the default carbon contents in the 2006 IPCC Guidelines, or any other representative source of EFs; · Submit revised estimates of CO2 emissions from the category 2.C.1 Iron and Steel production for the entire time series,; ; · Submit full documentation of the methods and assumptions used for the calculations, AD and EFs.; or, if the Party provides information justifying that national circumstances prohibit the use of the carbon balance method, ; estimate emissions using tier 1, and provide the reason why it was unable to implement a method comparable with tier 2 as required by paragraph 11 of the UNFCCC reporting guidelines (decision 24/CP.29); ;	**2017 Review PMF / I10.**	Recommendation has been taken into account throught the response to the Saturday Paper, which was accepted by the ERT team in November, 2017.
IPPU	2.C.1 – Iron and steel production; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	France estimate CO2 emissions from sinter production only based on carbonates consumption and report under 2.A.4d category. Emissions from coke used are reported under 1.A.2.a. and are considered energy related (NIR pp.258). ; According with IPCC 2006 GIs (vol. 3,ch.4, pge.4.14 and pp. 4.22) under IPPU sector for sinter production must be included CO2 emissions from: carbonates, coke breeze, coke oven gas, blast furnace gas, other materials with carbon content (i.e. iron ore). ; France informed the ERT during the review that CO2 emissions are estimated for coal, coke, coke oven gas, blast furnace gas, petroleum coke, natural gas, domestic fuel oil and all CO2 emissions are allocated in the energy sector.	The ERT recommends France to adhere to 2006 IPCC GIs and report emissions from coke breeze, coke oven gas, blast furnace gas, other materials with carbon content under 2.C.1. – Iron and steel production category in the next submission; ;	**2017 Review PMF / I11.**	Investigations on hold.

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
IPPU	2.C.1 – Iron and steel production; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	France include in the category 2.C.1.f - other CO2 emissions estimates from carbonates and carbonated materials in the EAF plants (ferroalloys, chrome, manganese carbonated), based on individual data from EAF plants. ; The 2006 IPCC Gls recommend that CO2 process emissions from steel production to be reported under 2.C.1.a. – steel production category. ;	The ERT recommends France to adhere to 2006 IPCC Gls and report emissions from carbonates and carbonated materials used in the EAF plants under 2.C.1.a. – steel production category; ;	**2017 Review PMF / I12.**	Implemented
IPPU	I13. 2.C.7 – Other; Silicon production; – CO2; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	France stated in the NIR and OMINEA (pp. 462) that it estimated only CO2 emissions from silicon production, ferrosilicon and other silicon alloys. ; IPCC 2006 GLs (vol.3, ch.4, pp.4.32) recommend that emissions from silicon metal production and ferrosilicon to be included in category 2.C.2- Ferroalloys production.; France informed during review that CO2 emissions from silicon production, ferrosilicon and other silicon alloys are included in the 2.C.7 – Others because the production data is not available for the whole time series. France decided to not add these emissions into the 2.C.2 Ferroalloys production in order to not impact the Implied Emission Factor of this sector. ;	The ERT recommends France to adhere to 2006 IPCC Gls and report all emissions under 2.C.2. – Ferroalloys production category in the next submission; ; ;	**2017 Review PMF / I13.**	In the 2018 submission, France reports all emissions from silicon metal production, ferrosilicon and other silicon alloys in category 2.C.2- Ferroalloys production
IPPU	2.C.7 – Other; Other; Silicon production; – CO2, CH4 and N2O; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	France stated in the NIR and OMINEA (pp. 462) that it estimated only CO2 emissions from silicon production, ferrosilicon and other silicon alloys. ; IPCC 2006 GLs (vol.3, ch.4, pp.4.32) recommend to estimate GHG (CO2, CH4 and N2O) emissions from silicon metal production and ferrosilicon and also provide default emission factors for CH4; During review France informed that CH4 and N2O emissions are not estimated for silicon production, ferrosilicon and other silicon alloys and provide an estimation of CH4 emissions using an activity data recalculated for years 1990-2012, by using the average CO2 emissions factor over 2013-2015, and IPCC 2006 tier1 EF for CH4(vol.3, ch.4, pp.4.39). Resulting CH4 emissions are under the 0,05%threshold.; ;	The ERT recommends France to include CH4 emission under 2.C.2. – Ferroalloys production category in the next submission. Also the ERT recommends France to estimate N2O emissions and report in further submission.; ; ; ;	**2017 Review PMF / I14.**	In the 2018 submission, France estimates CH4 emissions from silicon metal production, ferrosilicon and other silicon alloys in category 2.C.2- Ferroalloys production
IPPU	2.C.7 – Other; Other; Silicon production; ; Adherence to UNFCCC reporting Guidelines	France stated in the NIR and OMINEA (pp. 462) that it estimated only CO2 emissions from silicon production, ferrosilicon and other silicon alloys. ; IPCC 2006 GLs (vol.3, ch.4, pp.4.32) recommend to estimate GHG (CO2, CH4 and N2O) emissions from silicon metal production and ferrosilicon but not provide methodology and default emission factor for N2O.; France informed the ERT during the review that not estimate emissions cause of the lack of methodology.; ;	Also the ERT encourage France to estimate N2O emissions and report in further submission.; ; ; ;	**2017 Review PMF / I15.**	No methodology is provided in 2006 IPCC guidelines (vol.3, ch.4, pp.4.35) for N2O emissions, therefore France does not estimate N2O emissions for now.
IPPU	2.D.1 – Lubricants use; – CO2; Transparency	France reported in the NIR and OMINEA that activity data used to estimate CO2 emissions are obtained from the total lubricants quantities from which was subtracted the quantities used in two-stroke engines and four-stroke engines (from the road transportation). ; France stated that quantities of lubricants used in four –stroke engines from road transportation are estimated based on COPERT model. According with IPCC 2006GLs all co-combustion emissions that are not caused by two-stroke engines are considered to result from product use and must be reported in 2.D.1 category. ; France provide during the review more information about method used to estimate emissions from category 2.D.1 and also that OMINEA 2017 report on CITEPA web site will be up dated on 2D1 category Also France stated that OMINEA description report will be updated to be consistent with the NIR.	The ERT recommends France to up-date OMINEA description report in order to be consistent with the NIR and improve QA/QC activities regarding correspondence between NIR and OMINEA report	**2017 Review PMF / I15.**	The NIR and OMINEA report have been updated for the 2018 submission.
IPPU	Category 2.F.4. - Aerosols; ; Transparency	France reported in the NIR that in 2017 inventory submissions performed recalculations for category 2.F.4. in order to improve accuracy. Also France provided in the OMINEA database AD and EFs values for the period considered. The ERT noted that a very high value of the EF for the year 2005 can be observed.; During the review France provide more information about the reasons for the high value of the EF in the 2005.	The ERT recommends France to improve transparency of the NIR and include the information sent to the ERT in the next inventory submission.	**2017 Review PMF / I16.**	Some more information had been included in the NIR to increase the transparency
IPPU	Category 2.G.1- Electrical equipment's ; ; Transparency	In the NIR (pp.309) France reports that in 2016 it performed SF6 emissions recalculation for category by including emissions from other electric operators except EDF/ERDF/RTE. Activity data from the new electric operators taking into account to calculate SF6 emissions during lifetime are estimated to be 10% from total AD. ; France inform during the review that the value used (10% from total AD) in emissions estimation was provided by GIMELEC (French association representing 200 companies that provide electrical and automation solution). Also France inform that investigations are being carried out to take into account the new electric operators and also to distinguish producers, transporters and distributors of electricity in the last years. Also are expected that part of this information to be used in the 2018 submission.	The ERT recommends France to include the new information from investigation that is currently under development in the SF6 emissions estimation in the next submissions.	**2017 Review PMF / I17.**	Some more information had been included in the NIR to increase the transparency
Agriculture	3.D.a.6 Cultivation of organic soils (i.e. histosols) –; N2O	The ERT noted that the Party's area of cultivated histosols is not consistent with the area reported under organic soils in Cropland (4B) and fixed for the whole time series and. According to the NIR, the mapping of the histosols is provided for the metropolitan France by INRA and by a specific study in Guyana. In order to select only the cultivated histosols, the Party crossed these cartographies with Corine Land Cover 2012. The ERT noted that this procedure is not the same used in determining the areas in the LULUCF sector.;	The ERT recommends to follow the recommendation regarding the estimation of organic soils in LULUCF and use the same areas in this category and in organic soils in Cropland (4B).;	**2017 Review PMF / A3.**	The area of organic soils reported under the agriculture sector and the LULUCF are now consistent.
Agriculture	3.D.a.5 Mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter –; N2O	The ERT noted that the emissions of 3.D.a.5 Mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter are reported as IE in table 3D. In the IIR, France explains that the emissions are reported in LULUCF sector (CRF Table 4(III)). During the review, France explained that IPCC guidelines and the CRF footnote are not completely consistent on this point. France decided to follow the CRF footnote that indicates that N2O emissions from Cropland remaining cropland are included in the Agriculture sector. The ERT considers this approach sound. However, the ERT considers that the current report in table 3D as IE is not correct. N2O emissions from Cropland remaining cropland are not included in table 4(III) that only include the emissions due to Land converted to Cropland (4B2). The ERT noted that, according to the IPCC Guidelines, the activity data for this category is the variations in the SOC pool in 4B1 Cropland remaining Cropland. The ERT noted that for all years in the time series (but 1990, 1992 and 1993), this SOC pool is a net sink for 4B1 Cropland remaining Cropland. Therefore, according to the IPCC guidelines, emissions of 3.D.a.5 Mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter are zero. The ERT also noted SOC pool in 4B1 for 1992 and 1993 is reported as a net source, whilst it is reported as NE in 1990.;	The ERT recommends France to report NO for all years with a net sink (1991, 1994-2015), NE for 1990 and report the emissions for 1992 and 1993 in its next submission.;	**2017 Review PMF / A4.**	The SOC pool has been revised and is now a net sink for the whole period. The correct notation key for the mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter is thus "NO" for the whole period : it has been implemented for the 2018 submission.
Agriculture	3.D.a.3 Urine and dung deposited by grazing animals –; N2O	The ERT noted that the activity data from Urine and dung deposited by grazing animals (3.D.1.3) reported in table 3.D do not match the values reported under column 'Pasture range and paddock' in table 3B(b) for 2015. In table 3D is reported 928.325.490 kg N, whilst in table 3B(b) the sum of the N managed under 'Pasture range and paddock' reported is 928.329.812 kg N. During the review, France explained that excretion from mules and asses from overseas territories were double counted since 2011 in table 3B(b). However, this issue does not affect neither the activity data or the emissions in category Urine and dung deposited by grazing animals (3.D.1.3).;	The ERT recommends to improve the QA/QC system to ensure that the AD reported in the CRF tables are internally consistent. Additionally, the ERT recommends providing the corrected estimates in table 3B(b) in its next submission.;	**2017 Review PMF / A5.**	Efforts have been made to ensure the consistency between the CRF tables, and the estimates regarding the mules and asses have been corrected.

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
Agriculture	3.D.a.2 Organic N fertilizers –; N2O	The ERT noted some inconsistencies between the information provided in table 3B(b) and the activity data reported in table 3D under the category 3.D.a.2.a Animal manure applied to soils. During the review, France identified an inconsistency due to the omission of N volatilized as NH3 and NOX and N leached in farm from horses. The Party provided new estimates correcting the omission. The corrected emissions for category 3.D.a.2.a Animal manure applied to soils are 616.450 kt CO2eq whilst the reported values are 613.864 kt CO2eq, with a difference of 12 kt CO2-eq. Additionally, the ERT noted that volatilization as N2 and straw incorporated to the manure are not estimated in the overseas territories.;	The ERT recommends France to provide the corrected emission in its next submission and improve the QA/QC procedure to avoid such omissions in future submissions. Additionally, the ERT encourages France to estimate volatilization as N2 and straw incorporated to the manure in the overseas territories.;	**2017 Review PMF / A6.**	Efforts have been made to ensure that no omissions were made, by implementing the nitrogen flow also in the oversea territories. This nitrogen flow in the oversea territories now includes estimates of volatilization as N2 and straw incorporated to the manure.
Agriculture	3.D.b.1 Atmospheric deposition –; N2O;	The ERT noted that the preliminary estimation by the ERT for 2015 inventory based on the information provided by France in response to the question raised by the ERT during the review 5,748 t N2O (1,713 kt CO2-eq) does not match the reported value in the CRF tables 3.D 3,768 t N2O (1,123 kt CO2 eq). The similar differences in the estimations were noted in all the years of the time series (1990-2015).; In response to the follow-up question during the review, the Party agreed that the correct estimates would be 5,748 t N2O, which is 590 kt CO2-eq higher for 2015.; The Party and the ERT agreed that N2O emissions in Atmospheric deposition (3.D.2.1) are not estimated in accordance with the 2006 IPCC Guidelines in the 2015 KP submission version 2, with potential underestimation of emissions in all years of the time series.	The ERT recommends that the Party provide revised estimates for the category Atmospheric deposition (3.D.2.1) for the entire time series in line with the ones provided by France during the review week.; ;	**2017 Review PMF / A7.**	The estimates for the category Atmospheric deposition (3.D.2.1) for the entire time series have been revised and corrected in the 2018 submission.
Agriculture	3.D.b.2 Nitrogen leaching and run-off –; N2O	The ERT noted some inconsistencies within the information provided in table 3D in particular in the category 3.D.b.2 Nitrogen leaching and run-off for all the years in the time series. During the review, it was identified that the activity data reported in the CRF table 3D did not include the data from overseas territories. The Party provided new estimates correcting the omission. However, N in pasture range in overseas territories was still not properly reported. The ERT conclude that the activity data reported in table 3D whilst emissions reported were correct.;	The ERT recommends France to provide the corrected activity data in its next submission and improve the QA/QC procedure to avoid such inconsistencies in future submissions.;	**2017 Review PMF / A8.**	Efforts have been made to ensure the consistency between the CRF tables, among others by revising the whole nitrogen flow.
Agriculture	3.B Manure management –CH4 and N2O	The ERT noted that trend extrapolation for MMS does not follow IPCC 2006 guidance. Linear interpolation is used for values between 2001 and 2008 and a constant value is used after 2008. The assumption has been adopted for 7 years now (IPCC recommends the use of trend extrapolation for a short period of time) and given the fact that it may substantially influence the implied emission factor in case of continuation of the trend observed from 2001 to 2008, the trend extrapolation might result in underestimation of emissions	The ERT recommends implementing one of the options provided in the Chapter 5 volume 1 of IPCC 2006 for trend extrapolation until results from last survey are available. That may be achieved by the use of surrogate data or preliminary results from the survey conducted in 2015 as they become available. Extrapolation may be represented by any function that could properly describe the expected trend.	**2017 Review PMF / A9.**	The new data from the survey conducted in 2015 are now implemented.
LULUCF	4. General (LULUCF) – ; CO2 and N2O	In 2017 submission there are significant recalculations across all land use categories, e.g. decrease by 20% of emissions/removals from mineral soils in Land converted to Forestland or decrease by 25-40% from living biomass in Land converted to Settlements. NIR makes general consideration on causes of these recalculations;	Possible recommendation: ; France to provide in its NIR detailed explanation on the reasons triggering recalculation of the land use subcategories and state the actual improvement from methodological point of view (including e.g. refining of land use subcategories or improved classification of collected data, modification of formulas used in previous years, errors, QAQC of foto interpretation, etc)	**2017 Review PMF / L1.**	In progress
LULUCF	Land representation – organic soils ; CO2 and N2O	The ERT noted that France reports NO for activity data of organic soils under Forestland remaining Forestland, Cropland remaining Cropland and Grassland remaining Grasslands. It also reports that Wetlands are exclusively occurring on organic soils. There is also a significant area of land converted to Settlements on organic soils, which seems rather strange. ; Moreover, there is an inconsistency in histosols between Agriculture (3.D.a.6 Cultivation of organic soils (i.e. histosols)) and LULUCF sector (organic soils area under Cropland and Grasslands).	Possible recommendation: ; France to provide the definition of organic soils, define the data source or method for its area estimation and implement consistent calculations of emissions/removals by taking into account the applicable transition rules. In doing these, France, depending on the available resources, may consider to a) improve current approach for land representation by refine the land assessment assumptions (e.g. on which land use category organic soils most likely occur) or b) improve the method/spreadsheets for its distribution across all relevant land use subcategories, or alternatively c) link land use and soils by the implementation of an Approach 3 for land representation by enhanced use of TERUTI-LUCAS spatial features, e.g. match TERUTI LUCAS spatial grid with (organic) soils map and derive grid plots where organic soils occur, then improve the land use matrix with this information. On the other hand, LUCAS database may already incorporate adequate soil information.	**2017 Review PMF / L2.**	Implemented : it was not possible to use TerUti LUCAS as a spatial dataset to match with organic soil maps. The management of organic soil was dealt with other data (LPIS + Corine LanCover + National pedological map)
KP-LULUCF	General (KP-LULUCF) – ; CO2	The ERT has noted that France uses wrong notation keys in KP tables. "Included elsewhere" (IE) is often reported, e.g in TABLE 4(KP-I)B.1. "Harvested and converted forest plantations" or in NIR 2 table, e.g. for conversions from "cropland management". Such notation key is not adequate as far as France did not elect such activities for 2nd commitment period of the Kyoto Protocol;	The ERT recommends using the notation key NA (not applicable).;	**2017 Review PMF / KP1.**	Not implemented yet
KP-LULUCF	4. General (LULUCF) – ; CO2 and N2O	In 2017 submission there are significant recalculations across all land use categories, e.g. decrease by 20% of emissions/removals from mineral soils in Land converted to Forestland or decrease by 25-40% from living biomass in Land converted to Settlements. NIR makes general consideration on causes of these recalculations;	Possible recommendation: ; France to provide in its NIR detailed explanation on the reasons triggering recalculation of the land use subcategories and state the actual improvement from methodological point of view (including e.g. refining of land use subcategories or improved classification of collected data, modification of formulas used in previous years, errors, QAQC of fotointerpretation, etc)	**2017 Review PMF / KP2.**	Implemented
KP-LULUCF	Land representation – organic soils –; CO2 and N2O	The ERT noted that France reports NO for activity data of organic soils under Forestland remaining Forestland, Cropland remaining Cropland and Grassland remaining Grasslands. It also reports that Wetlands are exclusively occurring on organic soils. There is also a significant area of land converted to Settlements on organic soils, which seems rather strange. ; Moreover, there is an inconsistency in histosols between Agriculture (3.D.a.6 Cultivation of organic soils (i.e. histosols)) and LULUCF sector (organic soils area under Cropland and Grasslands).	Possible recommendation: ; France to provide the definition of organic soils, define the data source or method for its area estimation and implement consistent calculations of emissions/removals by taking into account the applicable transition rules. In doing these, France, depending on the available resources, may consider to a) improve current approach for land representation by refine the land assessment assumptions (e.g. on which land use category organic soils most likely occur) or b) improve the method/spreadsheets for its distribution across all relevant land use subcategories, or alternatively c) link land use and soils by the implementation of an Approach 3 for land representation by enhanced use of TERUTI-LUCAS spatial features, e.g. match TERUTI LUCAS spatial grid with (organic) soils map and derive grid plots where organic soils occur, then improve the land use matrix with this information. On the other hand, LUCAS database may already incorporate adequate soil information.	**2017 Review PMF / KP3.**	not planned : it is not possible to use TerUti LUCAS as a spatial dataset to match with organic soil maps.
KP-LULUCF	General (KP-LULUCF) – ; CO2	The ERT has noted that France uses wrong notation keys in KP tables. "Included elsewhere" (IE) is often reported, e.g in TABLE 4(KP-I)B.1. "Harvested and converted forest plantations" or in NIR 2 table, e.g. for conversions from "cropland management". Such notation key is not adequate as far as France did not elect such activities for 2nd commitment period of the Kyoto Protocol;	The ERT recommends using the notation key NA (not applicable).;	**2017 Review PMF / KP1bis**	Not implemented yet
KP-LULUCF	4. General (LULUCF) – ; CO2 and N2O	In 2017 submission there are significant recalculations across all land use categories, e.g. decrease by 20% of emissions/removals from mineral soils in Land converted to Forestland or decrease by 25-40% from living biomass in Land converted to Settlements. NIR makes general consideration on causes of these recalculations;	Possible recommendation: ; France to provide in its NIR detailed explanation on the reasons triggering recalculation of the land use subcategories and state the actual improvement from methodological point of view (including e.g. refining of land use subcategories or improved classification of collected data, modification of formulas used in previous years, errors, QAQC of fotointerpretation, etc)	**2017 Review PMF / KP2bis**	Same as KP2. 4. General (LULUCF) – ; CO2 and N2O
KP-LULUCF	Land representation – organic soils ; CO2 and N2O	The ERT noted that France reports NO for activity data of organic soils under Forestland remaining Forestland, Cropland remaining Cropland and Grassland remaining Grasslands. It also reports that Wetlands are exclusively occurring on organic soils. There is also a significant area of land converted to Settlements on organic soils, which seems rather strange. ; Moreover, there is an inconsistency in histosols between Agriculture (3.D.a.6 Cultivation of organic soils (i.e. histosols)) and LULUCF sector (organic soils area under Cropland and Grasslands).	Possible recommendation: ; France to provide the definition of organic soils, define the data source or method for its area estimation and implement consistent calculations of emissions/removals by taking into account the applicable transition rules. In doing these, France, depending on the available resources, may consider to a) improve current approach for land representation by refine the land assessment assumptions (e.g. on which land use category organic soils most likely occur) or b) improve the method/spreadsheets for its distribution across all relevant land use subcategories, or alternatively c) link land use and soils by the implementation of an Approach 3 for land representation by enhanced use of TERUTI-LUCAS spatial features, e.g. match TERUTI LUCAS spatial grid with (organic) soils map and derive grid plots where organic soils occur, then improve the land use matrix with this information. On the other hand, LUCAS database may already incorporate adequate soil information.	**2017 Review PMF / KP3bis**	Same as KP3. Land representation – organic soils –; CO2 and N2O
Waste	5.B.2 Anaerobic digestion at biogas facilities –; CH4	The ERT notices that France quantifies methane emissions from anaerobic digestion as 5% of methane generation. The 2006 IPCC Guidelines describes this method might be used in absence of further information. However France does not measure but estimate the amount of methane generated in anaerobic digesters. The ERT thinks sufficient information is avaiable to quantify emissions, using the standard IPCC-methodology, applying the emission factor (see 2006 IPCC-guidelines, Volume 5, Chapter 4, Table 4.1) directly to the amount of solid waste treated in anaerobic digesters. The ERT also questions the accuracy gained of the current methodology used in France, compared to the standard IPCC-methodology.;	The ERT recommends France to justify the current methodology for quantification of methane emissions from anaerobic digestion or quantify emissions by applying the emission factor from table 4.1 (2016-Guidelines, Volume 5, Chapter 4) directly to the amount of waste digested.;	**2017 Review PMF / W3.**	France is looking for more information concerning the default EF provided in the 2006 IPCC GB. However the current methodology is not inconsistent with information presented in the 2006 GL.

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
General	National registry (G.22, 2016) (G.22, 2015) Comparability		The ERT recommends that France establish a PPSR as soon as technically possible, which the ERT assumes will be prior to the 2017 annual submission.;Not resolved. The EU legislative framework introducing the PPSR account type will only become applicable after the Doha Amendment to the Kyoto Protocol enters into force. France and other EU member States will not open PPSR accounts until then.	**2017 ARR / G.10**	This revue issue is not yet managed as far as PPSR account will only become applicable after the Doha Amendment to the Kyoto Protocol enters into force.
IPPU	2. General (IPPU) (I.18, 2016) (I.18, 2015) Transparency		Improve the description and justification for all recalculations in the IPPU sector.;Addressing. France included in the NIR for each category for which recalculations were performed a table with the old emission estimate, new emission estimate and the difference (both quantitative and in per cent) between them. Also the Party provided to the ERT detailed tables for each subcategory for which recalculations were performed. The ERT noted that the Party reported in the NIR (section 4.2.5, pp.239 and 240) that recalculations were performed for the subcategories ceramics (2.A.4.a), other uses of soda ash (2.A.4.b) and other (2.A.4.d). However, the ERT noted that an explanation of the recalculations in relation to the newly added CO2 emissions was not provided in the NIR.	**2017 ARR / I.3**	Recalculation are annually updated and France try to be transparent for each recalculation in the NIR.
Agriculture	3.A Enteric fermentation - cattle - dairy cattle - CH4 (A.8, 2016) (A.8, 2015) (75, 2014) Transparency		Include information on the typical animal mass (average) for dairy cattle in the NIR and in CRF table 4.A.;Addressing. The values were presented in CRF tables 3.As2 and 3.B(a)s1 for all livestock except poultry and rabbits, but the information was not yet included in the NIR.	**2017 ARR / A.2**	The typical animal mass (average) for cattle are now included in the NIR. The typical animal mass (average) for other animals (except poultry and rabbit) will be included in the 2020 submission of the NIR
Agriculture	3.A Enteric fermentation - cattle - CH4 (A.20, 2016) (A.20, 2015) Transparency		Provide in the NIR disaggregated values on a livestock subcategory level for animal body weight and any other important parameters used (e.g. net energy intake, organic matter intake, feed digestibility) and explain the approach used to calculate weighted average values.;Addressing. The typical mass of the animals was reported in the CRF tables but not in the NIR. However, all other parameters were included in the NIR (section 5.2.2, table 65).	**2017 ARR / A.3**	The typical animal mass (average) for cattle are now included in the NIR. The typical animal mass (average) for other animals (except poultry and rabbit) will be included in the 2020 submission of the NIR. Concerning the other important parameters used, the disaggregated values for all types of cattle, sheep and goats have been provided in the NIR, for Gross Energy and Ym. The other important parameters (as DE%) will not be provided in the 2019 submission as more time is needed. These improvements will be reconsider for the next submission.
Agriculture	3.B Manure management – CH4 (A.23, 2016) (A.23, 2015) Transparency		Provide in the NIR a more detailed desciption of the methodology used to estimate average MCFs for manure management in liquid systems (e.g. by providing temperature time series and/or a regional temperature distribution map).;Addressing. The notation keys were corrected; however, a more detailed description on temperature time series and a regional temperature distribution map is still missing from the NIR.	**2017 ARR / A.8**	A regional temperature distribution map is now included in the NIR for the most recent year for the submission concerned. The regional values for 1990 and for the most recent year for the submission concerned have also been included.
Agriculture	3.B.3 Swine – CH4 (A.22, 2016) (A.22, 2015) Transparency		Provide in the NIR a transparent explanation of the methodology used to calculate the weighted average VS excretion rate of the total swine population (e.g. by providing VS excretion rates and livestock population statistics on a disaggregated subcategory level).;Addressing. The average VS excretion for the swine population was provided in the NIR (section 5.3.2, p.339); however, the VS excretion rates were not calculated as per the MONDFERENT II method. The Party indicated in the NIR that the implementation of the method MONDFERENT II is still ongoing and values will be improved once it is concluded.	**2017 ARR / A.11**	A transparent explanation of this new methodology is now included in the NIR, with the VS excretion rate per subcategory. The livestock population statistics on this disaggregated subcategory level are also included in the 2019 submission.
Agriculture	3.B.3 Swine – N2O (A.26, 2016) (A.26, 2015) Transparency		Explain in detail in the NIR how the N excretion rates for swine are estimated (e.g. by providing N excretion rates on a livestock subcategory level together with the respective population statistics).;Addressing. Explanations were provided in the NIR (section 5.1) and references were given for the swine subcategories but the description of the method is incomplete.	**2017 ARR / A.12**	A transparent explanation of the methodology is included in the NIR, with the N excretion rate per subcategory. The livestock population statistics on this disaggregated subcategory level are also included in the 2019 submission.
LULUCF	4. General (LULUCF) (L.3, 2016) (L.3, 2015) (86, 2014) Transparency		Revise the structure of the NIR to avoid including unnecessary information, while not providing the relevant information (e.g. reasons for not applying directly the IPCC methods to estimate carbon stock changes and non-CO2 emissions; input data for equations and sources of country-specific data).;Addressing. The structure of the NIR follows the outline provided in the annex to decision 24/CP.19 and the Party is addressing issue ID # L.4 below, which was specifically referenced in the previous review report. Nevertheless, detailed background information was not provided in the NIR or in the online OMINEA methodological report (see also ID# L.5 below).	**2017 ARR / L.1**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) (L.5, 2016) (L.5, 2015) (88, 101, 2014) (86, 2013) Completeness		Include all territories so as to cover the entire geographical area in the annual submission and harmonize the different sources of data to ensure consistency, completeness and accuracy of reporting.;Not resolved. Methodological description of approaches to land assessment of overseas territories and area estimates were provided in the NIR only for territories reported under the Kyoto Protocol (section 6.3). Territories which are not included in reporting under the Kyoto Protocol are not reported (p.392).	**2017 ARR / L.2**	All Overseas territories have been added to the caclulation and corresponding tables, results and hypothesis applied is provided in the 2019 NIR submission
LULUCF	4. General (LULUCF) (L.6, 2016) (L.6, 2015) (89, 2014) (87, 2013) Transparency		Improve the transparency of the reported information on the uncertainty analysis and update the values once data and methodological improvements are implemented for the estimates.;Not resolved. No improvement was made to the information on the uncertainty analysis provided in the NIR. The assumptions and data sources used for the analysis were not transparently provided in the NIR.	**2017 ARR / L.3**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported:(a) The land use and land-use change matrix (from 1990 to the latest reported year) using the relevant categories from TERUTI;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported : (b) The time series 1971–1989 of the land use and land-use change matrix (equivalent to CRF table 4.1);(	**2017 ARR / L.4**	Not implemented yet
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (c) The equations applied for deriving from the TERUTI data the annual averaged estimates of areas of each land use and land-use change category reported in the CRF tables;(d) Information to explain the differences for the area of forest land and of associated land-use conversions (to and from forest land) between data collected by TERUTI and data collected by the NFI;	**2017 ARR / L.4**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (d) Information to explain the differences for the area of forest land and of associated land-use conversions (to and from forest land) between data collected by TERUTI and data collected by the NFI;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (e) Information on how the monitoring system is able to identify land-use changes occurring in the unmanaged forest land from those occurring in the managed forest land;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (f) Information on how the monitoring system is able to identify disturbances occurring in the unmanaged forest land from those occurring in the managed forest land and whether the time series of data used for calculating the background level of natural disturbances, and its margin, includes GHG emissions from natural disturbances that occurred in unmanaged forest land;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (g) The time series from 1990 to the latest reported year of the area subject to each of the KP-LULUCF activities;	**2017 ARR / L.4**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (h) The time series from 1990 to the latest reported year of the biomass average gross annual increment (t C/ha) in forest land remaining forest land and in land converted to forest land together with the area across which the value has been calculated, disaggregated at the level of regions and forest types applied for calculating the national total biomass gross annual increment;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (i) The time series from 1990 to the latest reported year of the mortality (t C/ha) in forest land remaining forest land and in land converted to forest land, disaggregated at the level of regions and forest types applied for calculating the national total biomass gross annual increment;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (j) The time series from 1990 to the latest reported year of average biomass carbon stock (t C/ha) disaggregated at the level of regions and forest types applied for calculating the national total biomass gross annual increment;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (k) For each natural disturbance type, the time series from 1990 to the latest reported year of areas of forest land subject to natural disturbances disaggregated at the level of regions and forest types applied for calculating the national total biomass gross annual increment;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (l) The time series from 1990 to the latest reported year of the total harvested wood subdivided by land of origin (i.e. metropolitan France and overseas territories), and land use of origin (i.e. forest land, possibly subdivided between FM and AR lands, cropland and grassland);	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (m) A table with a compilation of root–shoot ratios applied for estimating biomass gains and each biomass loss type (i.e. natural mortality, harvesting and disturbances), disaggregated at the level of the various forest types used for calculating the national total biomass gross annual increment;	**2017 ARR / L.4**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (n) The equation applied for calculating the total annual net biomass increment from the biomass increments calculated at plot level;	**2017 ARR / L.4**	not planned

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (o) For each biomass carbon stock loss and gain, information on whether it includes below-ground biomass;	**2017 ARR / L.4**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (p) Information on AD to clarify the timing of the collection of data used to elaborate the AD (e.g. the land representation), the methodology applied for data collection, the method (including any assumptions and equations) applied for the elaboration of AD from rough data;	**2017 ARR / L.4**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (q) Information on EFs to clarify the timing of collection, the methodology applied for data collection, the method (including any assumption and equation) applied for the elaboration of EFs from rough data;	**2017 ARR / L.4**	implemented
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (r) Information on the evidence on which each assumption is based, including quantitative information for each carbon pool assumed to be at equilibrium or for which the gross carbon stock change is assumed to be at equilibrium;	**2017 ARR / L.4**	not planned
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2, CH4 and N2O (L.22, 2016) (L.22, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on data sources, assumptions and methodologies used. In particular, ensure that the following information is reported: (s) For each country-specific method, information, consistent with the 2006 IPCC Guidelines, on the verification of the method's estimates.;Addressing. Complete and transparent information on sources of AD, assumptions and methodologies applied and the time series used for emission estimation were not provided in the NIR for the items listed in the recommendation, except for items (c), (d), (m), (n), (o), (p) and (r).	**2017 ARR / L.4**	not implemented - to be precised
LULUCF	4. General (LULUCF) (L.23, 2016) (L.23, 2015) Transparency		Remove from the NIR all references to equations that are not used in the estimation of emissions and removals in the LULUCF sector, including NIR equations 20, 21 and 22.;Not resolved. Unnecessary information was still provided in the NIR, including equations 25, 26 and 27 (equivalent to equations 20, 21 and 22, respectively, in the previous NIR), which were not used in the inventory submission (see also ID# L.1 above).	**2017 ARR / L.5**	Implemented : The NIR has been clarified in all LULUCF sections.
LULUCF	4. General (LULUCF) (L.24, 2016) (L.24, 2015) Transparency		Report in the NIR information on the uncertainty value and associated probability density function for all parameters and data used to prepare the GHG estimates. This could be achieved by, for example, including in the NIR, for each land use and land-use change category, a table that includes, for all parameters and data used for preparing the GHG estimate, the average value, the unit, the assigned confidence interval, together with information on how the confidence interval has been calculated, and information on the type of probability density function applied to the parameter/data uncertainty.;Not resolved. The NIR did not include detailed information on the assumptions and data sources used in the assessment of uncertainty.	**2017 ARR / L.6**	not implemented yet
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2 and N2O (L.25, 2016) (L.25, 2015) Transparency		Verify consistently with the 2006 IPCC Guidelines the estimates prepared with the country-specific SOC values.;Not resolved. The NIR did not mention any verification of such estimates.	**2017 ARR / L.9**	Not yet completely implemented (with QAQC tier 2), but QAQC sections in LULUCF chapter have been improved in NIR 2019
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2 and N2O (L.25, 2016) (L.25, 2015) Accuracy		Apply the IPCC default SOC values and SOC change factors for those territories (e.g. overseas territories), for which country-specific factors have not been calculated.;Not resolved. SOC values and carbon stock change factors for non-forest land in overseas territories were not established and any carbon stock changes for non-forest land and forest land conversions to other land uses were not estimated. During the review France explained that the area of non-forest land in overseas territories is extremely small (around 1 per cent of French agricultural land) and neither a survey nor information on trends in agricultural practices in those area is available and there are no planned improvements. The ERT is not currently able to assess the impact of this missing information on the total estimated emissions. In addition, scientific studies show that there are organic soils on non-forest land in French Guiana; thus, potential emissions from organic soils should also be considered within this issue. As long as the Party is not quantitatively demonstrating that the potential emissions from organic soils in the overseas territories are considered insignificant in accordance with paragraph 37(b) of the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, the ERT considers that the Party's emissions for these categories have potentially been underestimated.	**2017 ARR / L.10**	in progress
LULUCF	Land representation (L.26, 2016) (L.26, 2015) Accuracy		Identify in the metropolitan territory and overseas departments the areas of organic soils and the land use to which those areas are subject. To achieve this, the ERT suggests that France may consider using the French soil map or data contained in international soil databases combined with the CORINE land cover map (see https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover) or other land-use/land-cover databases.;Addressing. For the metropolitan territory, France mentioned the particularity of the country having small and scattered areas of organic soils across the territory and the ongoing effort to improve the spatially explicit link between soil type and land use. There was no mention in the NIR of the monitoring of organic soils in the overseas territories.	**2017 ARR / L.11**	in progress
LULUCF	4.B.1 Cropland remaining cropland – CO2 (L.17, 2016) (L.17, 2015) (105, 2014) (98, 2013) Completeness		Provide estimates of the net emissions and removals for living biomass of perennial crops by applying at least a tier 1 method from the IPCC good practice guidance for LULUCF .;Addressing. France reported estimates for the metropolitan area in the CRF tables and explicit country-specific information on carbon stocks in perennial crops was provided. Additionally, during the review France responded to a question from the ERT on implied assumptions (e.g. maturity circle) and data references. However, the ERT noted that net emissions and removals for the overseas territories were not included in the reported emission estimates.	**2017 ARR / L.18**	partially implemented
LULUCF	4.B.2 Land converted to cropland – CO2 (L.18, 2016) (L.18, 2015) (102, 2014) (98, 2013) Completeness		Apply at least a tier 1 method from the IPCC good practice guidance for LULUCF to estimate the net CO2 emissions and removals from land converted to perennial crops.;Addressing. For the metropolitan territory, estimates were provided based on country- specific data on carbon stocks for land conversion to perennial crops. Additionally, France provided to the ERT information on assumptions (e.g. maturity cycle) and data references. The ERT noted that emissions and removals for the overseas territories were not estimated or included in the reported emissions for this category.	**2017 ARR / L.19**	Not implemented : justifications have been added to the NIR
LULUCF	Cropland converted to other land uses – CO2 (L.19, 2016) (L.19, 2015) (103, 2014) Completeness		Provide estimates of biomass losses from conversion of perennial crops to other land uses (including cropland converted to wetlands, settlements and other land).;Addressing. For the metropolitan territory, estimates were included in the CRF tables and the NIR based on explicit country- specific information on carbon stocks in perennial crops. The ERT noted that emissions for the overseas territories were not estimated or included in the reported emissions for this category.	**2017 ARR / L.20**	Not implemented : justifications have been added to the NIR
LULUCF	4.B Cropland – CO2 and N2O (L.29, 2016) (L.29, 2015) Completeness		Applying at least the tier 1 IPCC methodology, report estimates of biomass and soil carbon stock changes, and associated CO2 and N2O emissions, in:(a) Cropland remaining cropland, reporting emissions and removals associated with changes in cropland subcategories;(b) Land converted to cropland, reporting also emissions and removals from conversions of land uses other than forest to cropland subcategories.;Addressing. For the metropolitan territory, emissions estimates were provided based on explicit data on carbon stocks in living biomass of perennial crops according to cropland subdivisions (see NIR table 101). Additionally, France responded to a question from the ERT on implied assumptions (e.g. maturity circle) and the existence of 16 subcategory divisions in the land-use matrix (although explicit tables with time series of AD are still not included in the NIR). The NIR provided explicit values for reference carbon stocks and stock change factors for mineral soils. Estimates were not provided for biomass or for soils for the overseas territories (see also ID# L.10 above).	**2017 ARR / L.21**	partially implemented
LULUCF	4.B Cropland 4.C Grassland and 4.E. Settlements – CO2 (L.31, 2016) (L.31, 2015) Transparency		Report in the NIR complete information on the calculation/selection of each biomass density value.;Not resolved. Background information on the selection of the country-specific values on carbon stocks in perennial crops for the metropolitan territory was not transparently included in the NIR, although a reference (ADEME, 2009) was provided during the review.	**2017 ARR / L.22**	Implemented : transparency has been improved in the NIR 2019
LULUCF	4.C Grassland – CO2 and N2O (L.30, 2016) (L.30, 2015) Completeness		Applying at least the tier 1 IPCC method, report estimates of biomass and soil carbon stock changes, and associated CO2 and N2O emissions, in: (a) Grassland remaining grassland, reporting emissions and removals associated with changes in grassland subcategories; (b) Land converted to grassland, reporting also emissions and removals from conversions of land uses other than forest to grassland subcategories. ;Addressing. For the metropolitan territory, estimates were provided based on explicit carbon stock values in living biomass, reference carbon stocks and change factors for soils according to four types of land subcategory divisions. However, the ERT noted that, for overseas territories, estimates of emissions from biomass and from soils were not provided (see also ID# L.10 above).	**2017 ARR / L.25**	Implemented in the NIR 2019 for Metropolitain territory, but not yet for Overseas territories.
LULUCF	4.D. Wetlands – CO2 and N2O (L.32, 2016) (L.32, 2015) Accuracy		Either report information to demonstrate that the methodology used to estimate carbon stock changes in land converted from and to wetlands produces more accurate and/or precise estimates than the IPCC methodology (2006 IPCC Guidelines, vol. 4, equation 2.26) or apply the IPCC methodology for estimating GHG emissions and removals from drained (wetlands converted to other land uses) and rewetted (other land uses converted to wetlands) organic soils.;Not resolved. The Party used a country- specific method for estimating emissions and removals from organic soils for conversions to and from wetlands, but no information demonstrating that the estimated results are more accurate or precise than using the IPCC method was provided in the NIR.	**2017 ARR / L.26**	not planned
LULUCF	4.F.2 Land converted to other land – CO2 and N2O (L.33, 2016) (L.33, 2015) Accuracy		Classify under the category other land, only land without significant carbon stock;Not resolved. The ERT noted that the Party's methodology for land representation has not been changed.	**2017 ARR / L.27**	Not implemented : Other Land categories are categories without significant carbon stocks. Land representation methodology does not have to be changed.
LULUCF	4.G.3 Other (harvested wood products) – CO2 (L.34, 2016) (L.34, 2015) Transparency		Complete CRF table 4.Gs2 and report in the NIR the background data (i.e. the time series of HWP domestically produced from domestic wood) for each HWP category as well as the equations of the country-specific method and the factors applied in the method for converting the HWP weight or volume in tonnes of carbon.;Not resolved. CRF table 4.Gs2 was not completed and the NIR did not report the background data, factors and equations applied, although during the review France provided the information and a reference.	**2017 ARR / L.29**	implemented
LULUCF	4 (V) Biomass burning – CO2, CH4 and N2O (L.21, 2016) (L.21, 2015) (107, 2014) Transparency		Include transparent information on all the input data necessary to apply the IPCC methodology to estimate CO2 and non-CO2 emissions from biomass burning, including for PTOM.;Addressing. Explicit values for burned areas were provided in the NIR, but the EFs used in the calculation were not transparently provided. Moreover, in equation 24 (NIR p.419) only loss from living biomass was estimated, and the losses from other pools in fires are not included (i.e. litter, dead wood).	**2017 ARR / L.30**	implemented

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
LULUCF	4 (V) Biomass burning – CO2, CH4 and N2O (L.35, 2016) (L.35, 2015) Transparency		Provide information on the progress of the collaboration between the Institut National de l'Information Géographique et Forestière and CITEPA to refine the calculation of the types of burned forests using data from the PROMETHEE database.;Not resolved. The NIR stated that this is not a priority for improvement. Nevertheless, explicit time series of burned areas for the metropolitan territory (including for Mediterranean regions from PROMETHEE) and the overseas territories are available in NIR table 116.	**2017 ARR / L.31**	in progress
KP-LULUCF	General (KP- LULUCF) (KL.4, 2016) (KL.4, 2015) Accuracy		Use the data from the NFI plots collected in the areas subject to disturbance or land- use conversion for estimating biomass and DOM carbon stocks in disturbed/converted areas to enhance the accuracy of its estimates of GHG emissions associated with disturbance of forest lands and their conversions to other land uses.;Addressing. During the review, France provided the information that it estimated CO2 emissions based on data from the NFI on the average carbon stocks of land subject to natural disturbances and land conversions, but not averaged stocks of forest at national scale. Nevertheless, no methodological information was provided in the NIR, therefore the ERT could not assess the enhancement of the accuracy.	**2017 ARR / KL.3**	not planned
KP-LULUCF	Afforestation and reforestation – forest management – general (KL.10, 2016) (KL.10, 2015) Accuracy		Apply the stock difference method for estimating biomass and DOM net carbon stock changes to verify the estimate reported by applying the gain and loss method. The ERT notes that the stock difference method can be applied at the level of each single plot, and to estimates aggregated at the national level or directly applied at the national level; although if implemented at the national level the stock difference method would estimate the aggregated impact of AR, deforestation and FM.;Not resolved. No such verification was reported in the NIR.	**2017 ARR / KL.11**	not planned
KP-LULUCF	Forest management – general (KL.17, 2016) (KL.17, 2015) Transparency		Report 153,455.612 kt CO2 eq as the forest management cap in the CRF table accounting.;Not resolved. France submitted in its CRF accounting table an updated value of 145,767.0 kt CO2 eq. However, the ERT noted that this value is different from the value indicated by the previous ERT (153,455.612 kt CO2) as a fixed value calculated according to paragraph 22 of decision 6/CMP.9, and no explanation was provided in the NIR.	**2017 ARR / KL.19**	In progress
KP-LULUCF	Harvested wood products – CO2 (KL.20, 2016) (KL.20, 2015) Accuracy		Report verification information for the estimates of the HWP contribution. The ERT notes, in this regard, that verification information may be an alternative estimate prepared applying the default methodology contained in the Kyoto Protocol Supplement.;Not resolved. Verification of estimates by comparison with the IPCC first-order decay method was not reported. However, a reference (Amant and Gassiat, 2014) for the methodological background for the tier 3 method applied was provided during the review.	**2017 ARR / KL.22**	implemented
KP-LULUCF	Biomass burning – CO2, CH4 and N2O (KL.2, 2016) (KL.2, 2015) (137, 2014) Transparency		For wildfires, provide the reference for each of the CO2, CH4 and N2O EFs used and the underlying assumptions, if applicable.;Addressing. The NIR (section 6.3, p.418) reported the use of default IPCC EFs. During the review, the Party indicated that additional information, such as combustion efficiency and mass of available fuel for each type of zone, will be reported in the next submission.	**2017 ARR / KL.23**	implemented
All	All		Additional review recommendations from the ARR 2017 report	**2017 ARR / additional**	The additional recommendations are considered progressively in the frame of the continuous improvement plan, according to their prioirities and annual available resources.
IPPU	2.F.4 Aerosols – HFC-227ea		France reported recalculations for HFC emissions from aerosols (2.F.4) from 1994 onwards. It provided in the OMINEA database (www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ominea) AD and EF values for the period considered. The ERT noted the very high value of the EF for HFC-227ea for 2005 (182.6 per cent, compared with the rest of the time series, which ranged from 64.7 to 104.5 per cent). During the review France explained that the emissions of HFCs from pharmaceutical aerosols were estimated assuming that 50 per cent of the initial charge is emitted in the first year and 50 per cent in the second year. The share of the type of HFC used was estimated based on the production data. Thus, the share of HFC-227ea can vary and decreased between 2004 (1.9 per cent) and 2015 (0.6 per cent). Therefore, the estimated HFC-227ea emissions in 2005 correspond to the sum of the quantity of HFC- 227ea contained in aerosol products sold in 2004 and 2005, but the HFC-227ea IEF for 2005 was estimated by dividing the estimate of HFC-227ea emissions for 2005 by HFC-227ea consumption in 2005. Since HFC-227ea consumption in 2005 was lower than in 2004, the IEF for HFC-227ea for 2005 became higher. The ERT agrees with the reason presented by the Party and considers the information clear. The ERT recommends that France include information on the assumption and method used for the emission estimation in the NIR.	**2017 ARR / additional I.8**	This information has been added in the NIR (chapter 4.7.2.4)
IPPU	2.G.1 Electrical equipment – SF6		In the NIR (p.309) France reported that it recalculated the SF6 emission estimates for this category by including emissions from other electric operators, except for Electricité de France, Electricité Réseau Distribution France and Réseau de Transport d'Electricité. For those newly added electric operators, lifetime SF6 emissions were estimated to make up 10 per cent of the total AD. France informed the ERT during the review that the value used (10 per cent of total AD) for the emission estimation was provided by GIMELEC (a French association representing 200 companies that provide electrical and automation solutions). France also indicated that investigations are being carried out to take into account the new electric operators and also to distinguish the producers, transporters and distributors of electricity in recent years. France plans to use part of this information for its next inventory submission. The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm that there is not an underestimation of emissions. The ERT recommends that France obtain AD reflecting the information on the new electric operators and also distinguishing the producers, transporters and distributors of electricity, using the investigation that is currently under development, and recalculate SF6 emissions from electrical equipment for the entire time series.	**2017 ARR / additional I.9**	AD reflecting the information on the new electric operators and also distinguishing the producers, transporters and distributors of electricity have been implemented for two submissions. Information have been added in the NIR for more transparency in the chapter 4.8.2.1.
Agriculture	3.C Rice cultivation – CH4		Recalculations were made for the whole time series for category 3.C rice cultivation, which reduced the CH4 emission estimates for this category by 40.63 per cent (56.93 kt CO2 eq). The recalculations were based on two changes: a change in the AD (rice harvested area) for the whole time series and a change in the scaling factor (SFo). However, the ERT noted that in the NIR the Party did not provide transparent information on how SFo was determined. During the review the Party explained that the CFOA used in the SFo estimation was revised on the basis of cultivation practices in the region of Camargue, which is the main producer of rice in the country with 90 per cent of the cultivated area. The Party used this information as a proxy for rice cultivation as a whole in France, including French Guiana, which accounts for the remaining 10 per cent of the cultivated area, even though the cultivation practices in that overseas territory are not known. Additionally, during the review France acknowledged that there was an error in the parameter selection. The new CFOA (1) was selected from the row "Straw incorporated shortly (<30 days) before cultivation" of table 5.14, volume 4, chapter 5, of the 2006 IPCC Guidelines. However, the ERT noted that, in accordance with the cultivation practices of Camargue, the use of the value in the row "Straw incorporated long (>30 days) before cultivation" (0.29) would be more appropriate. The ERT noted that the use of the correct CFOA parameter will result in a decrease in the estimated emissions. Additionally, the ERT noted that in the NIR there was no information regarding the change in the harvested areas although that was one of the reasons for the recalculation. During the review, the Party confirmed that the rice harvested area of French Guiana has been revised for the whole period in the 2017 submission. The ERT recommends that France revise the estimate of CH4 emissions by applying the correct CFOA taking into account the management practices of the overseas territories.	**2017 ARR / additional A.22**	The SFo parameter has been corrected in the 2018 submission.However, the management practices of the oversea territories are still to be improved in the future submissions.
LULUCF	4. General (LULUCF) – CO2		The whole LULUCF sector was significantly recalculated compared with in the previous annual submission, namely for the period before 2001 (annual estimates around 10 per cent lower) and after 2011 (annual estimates around 20 per cent lower). The recalculations made for the living biomass pool under forest land remaining forest land, cropland converted to forest land, grassland converted to forest land and wetlands converted to forest land, for the mineral soils pool under cropland remaining cropland and cropland converted to grassland, for the organic soils pool under other land converted to wetlands, and for controlled and wildfire biomass burning resulted in changes that exceeded 2 per cent of the net removals estimate for the LULUCF sector and/or 0.5 per cent of the national total emissions. However, the ERT noted that the NIR did not provide sufficiently transparent information thereon, including the reasons for the recalculations, that is, the methodological improvements, and that the Party did not explain how time-series consistency was ensured for the carbon stock change factors used for the estimation of the above-mentioned sources and sinks. During the review France confirmed the recalculations and explained that the inventory team did not have time to update the NIR thereon. The ERT recommends that France explain any future recalculations in a transparent manner by providing in the NIR detailed reasons for the recalculations, and state the actual improvement from a methodological point of view (e.g. refining of parameters and methodological changes, correction of errors, as appropriate).	**2017 ARR / additional L.32**	implemented
General	Other		The ERT noted that France did not provide information in the NIR on the likely level of emissions for categories considered insignificant, and only mentioned that they account for below 0.05 per cent of the national total GHG emissions and do not exceed 500 kt CO2 eq. During the review the Party indicated to the ERT that it did not make a complete assessment to check whether the sum of the contributions of all insignificant non-estimated categories remained below 0.1 per cent of the national total GHG emissions. The ERT noted that the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines (para. 37(b)) state that the total national aggregate of estimated emissions for all gases and categories considered insignificant shall remain below 0.1 per cent of the national total GHG emissions, which can only be ensured by France understanding the likely level of the emissions for each insignificant category reported as "NE". The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm that there is not an underestimation of emissions. The ERT recommends that France provide in the NIR the likely level of emissions for each category that it reported as "NE" on the basis of the judgment that France considers the emissions for the categories to be insignificant, in order to demonstrate that the total national aggregate of estimated emissions for all gases and categories considered insignificant remains below 0.1 per cent of the national total GHG emissions in accordance with paragraph 37(b) of the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines.	**2017 ARR / additional G.13**	Recommendation not yet implemented, but registred in the improvement plan for asap implementation.
General	Kyoto Protocol units		The ERT noted that the SIAR contained a recommendation to France regarding the reporting of actions to correct any problem that caused a discrepancy to occur, any changes to the national registry to prevent a discrepancy from reoccurring, or the resolution of any previously identified questions of implementation pertaining to transactions. The SIAR noted that although no discrepancies were found in the R-2 international transaction log report France did not provide information in the NIR regarding paragraph 17 of the annex to decision 15/CMP.1. During the review the Party indicated that it will follow the SIAR recommendation and include the information in the next annual submission. The ERT recommends that the Party report information in accordance with decision 15/CMP.1, annex, paragraph 17, in conjunction with decision 3/CMP.11.	**2017 ARR / additional G.14**	Recommendation not yet implemented, but registred in the improvement plan for asap improvement.
Energy	1.A.4 Other sectors – solid, liquid and gaseous fuels – CO2, CH4 and N2O		The ERT noted that there was little information included in the NIR on how the AD used to estimate emissions arising from military activities were determined and where the emissions were reported. During the review France explained that fuel use in this sector is confidential and therefore not reported separately but included under other sectors (1.A.4). The ERT recommends that France include in the NIR the reason why the AD used to estimated emissions from military activities are not separately provided and where the emissions from military activities are included in the submission or provide estimates for these emissions. As the ERT could not verify the completeness of the emissions data in this review, the ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm there is not an underestimation of emissions.	**2017 ARR / additional E.26**	The NIR 2018 includes at different sections (1A3 and 1A4) explanation that the military fuel consumptions (mobile and stationnary) are included elsewere (then within 1A5) within 1A4a-Institutionnal because of confidentiality reason of military activities.

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
Energy	1A5b Non- specific mobile – solid, liquid and gaseous fuels – CO2 and CH4		France reports emissions from non-specified mobile sources as "NO". However, during the review, France explained that emissions from military activities are included under the category of Other sectors (1.A.4). The ERT recommends to correct the notation key to "IE".	**2017 ARR / additional E.27**	Recommendation not yet implemented, but to be implemented in the March 2019 CRF tables,
Energy	1.C CO2 transport and storage – gaseous fuels – CO2		The NIR (section 3.4) states that no emission estimates were made for this category, despite an experimental plant being in operation since 2010. In CRF table 1.C, emissions from injection and storage were reported as "IE" and AD reported as "NE" for the entire time series. During the review France explained that between 2013 and 2016 the storage continued but without new capture of CO2 in a phase of environmental monitoring. Thus, France will contact the operator in order to take into account the CO2 leakage and quantify the CO2 emissions due to the storage of CO2. The ERT recommends that the Party estimate and report emissions for this category, including the emissions from the experimental plant, for the whole time series. The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to	**2017 ARR / additional E.28**	A measurement campaign was conducted, and no leakage was detected. Therefore, an emission factor of 0 was chosen for this activity .
IPPU	2.A.2 Lime production – CO2		In the NIR (p.231) France reported that, since 2014, CO2 emissions from high calcium and dolomitic lime production have been estimated using data provided by industrial plants. Some of the plant data are estimated using tier 2 and other plant data are estimated using tier 3 methodologies from the 2006 IPCC Guidelines. However, from the information provided by the Party during the review, the ERT noted that a tier 2 method that was used by five industrial units did not apply correction factors to account for CO2 emissions from LKD. Noting that, where national-level data are available on the types of lime produced, it is good practice to estimate emissions using equation 2.6 in which the correction factor for LKD is included (2006 IPCC Guidelines, volume 2, chapter 2, p.2.20), and also noting that the 2006 IPCC Guidelines indicate that, in the absence of data, the inventory compiler may assume a correction addition of 2 per cent to account for LKD (i.e. multiply estimated emissions by 1.02), the ERT considers that this omission of a correction factor in applying a tier 2 methodology could lead to the underestimation of emissions. The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm that there is not an underestimation of emissions. The ERT recommends that France either estimate emissions from LKD by applying the correction factor for LKD as indicated in equation 2.6 of the 2006 IPCC Guidelines or provide a detailed explanation of the tier 2 methodology used for estimating emissions from those industrial plants by type of kiln (e.g. plants produce lime in vertical shaft kilns or another type of kiln, such as rotary kiln) to demonstrate that there is no omission of the CO2 emissions from LKD.	**2017 ARR / additional I.10**	More time is needed to impleted this recommendation, as the 5 industrial units that declare their emissions using the B method but without any LKD have yet to be targeted
IPPU	2.A.2 Lime production – CO2		The NIR (p.232) indicated that CO2 emissions and removals from sugar refining were estimated and reported. During the review France informed the ERT that all CO2 emissions and removals were reported under the category lime production (2.A.2). In the 2006 IPCC Guidelines (volume 3, chapter 2, p.2.33) it is indicated that it is good practice to report emissions from consumption of carbonates in the source category where the carbonates are consumed and the CO2 emitted. Also the ERT noted that the 2006 IPCC Guidelines (volume 3, chapter 2, table 2.7) indicate that, to help to assure that the emissions are allocated appropriately and not over- or underestimated, emissions from lime production at sugar mills should be reported in category 2.A.2 lime production, while CO2 removals should be reported in category 2.H.2 food and beverages industry. The ERT recommends that France report emissions from lime production in sugar mills in category 2.A.2 lime production and to report the CO2 removals in category 2.H.2 food and beverages industry.	**2017 ARR / additional I.11**	Up to now CO2 removal from sugar refinery is not reported (neither in 2H2 nor in 2A2), but emissions are reported under 2A2. We will plan to improve the transparency of the reporting of the recovery from sugar refineries in the next 2020 submission in the CRF tables.
IPPU	2.B.1 Ammonia production – CO2		In the NIR (p.246) France reported that CO2 emissions from ammonia production were estimated using a tier 2 method. The emissions reported under ammonia production (2.B.1) include only the emissions from feedstock consumption (non-energy use of natural gas). During the review France informed the ERT that combustion emissions from ammonia production were reported under the energy sector to allow a better overall treatment of the national energy balance data in order to avoid double counting or underestimation. The Party also informed the ERT that this allocation of the emissions from the production of ammonia was accepted during the in-country review of the French inventory in 2016. The Party further provided a comparison between the total estimated CO2 emissions (combustion and process emissions) included in the inventory and the estimated emissions reported under the EU ETS. Based on the information provided, the ERT did not identify any under- or overestimates of CO2 emissions. Nevertheless, the ERT noted that estimating emissions on the basis of only feedstock consumption is not in line with the 2006 IPCC Guidelines (as they indicate that in the case of ammonia production no distinction is made between fuel and feedstock emissions, with all emissions accounted for under the IPPU sector, which can lead to an underestimation of the emissions (volume 3, chapter 3, pp.3–11). The 2006 IPCC Guidelines (volume 3, chapter 3, pp.3–16, box 3.2) also indicate that, in order to avoid double counting, the total quantities of oil or gas used (fuel plus feedstock) in ammonia production must be subtracted from the quantity reported under energy use in the energy sector. The ERT recommends that France include information in the NIR on the comparison between the total estimated CO2 emissions (combustion and process emissions) included in the inventory and the estimated emissions reported under the EU ETS. The ERT encourages the Party to report all CO2 emissions (combustion and process emissions) from ammonia production under ammonia production (2.B.1).	**2017 ARR / additional I.12**	More explainations will be provided in the next NIR (2020 submission)
IPPU	2.B.7 Soda ash production – CO2		In the NIR (p.249) France indicated that soda ash is produced in two industrial units and both are using the Solvay production process. For the period 2001–2015, France used a tier 3 method to estimate CO2 emissions (using data reported by industrial units) with EFs estimated as a ratio of CO2 emissions to soda ash production. For the period 1990–2000, emissions were estimated using a tier 2 method with national production data and the EF for 2001. The ERT noted that applying the EF for one specific year (2001) to estimate emissions for the period 1990–2000 could introduce a bias in the CO2 emission estimation. During the review France informed the ERT that it will consider using a mean of several years for the EF for the emission estimation for the period 1990–2000 for the next annual submission. The ERT recommends that the Party take into consideration the actual production processes over the period 1990–2000 to derive an updated EF or EFs that best reflect those processes for those years.	**2017 ARR / additional I.13**	An emissions factor based on a everage over three years is now applied (2001-2003). The "actual processes" over the period 1990-2000 are not known.
IPPU	2.D.1 Lubricant use – CO2		France reported in the NIR (p.272) and the OMINEA database (p.466) that the quantities of lubricant used in two-stroke and four-stroke engines (for road transportation) were subtracted from the total lubricant quantities included in the national energy balance. France stated that the quantity of lubricant used in four-stroke engines for road transportation was estimated using a tier 3 approach. The ERT noted that the 2006 IPCC Guidelines (volume 5, chapter 5, p.5.6) indicate that: "The use of lubricants in engines is primarily for their lubricating properties and associated emissions are therefore considered as non-combustion emissions to be reported in the IPPU sector. However, in the case of two-stroke engines, where the lubricant is mixed with another fuel and thus on purpose co-combusted in the engine, the emissions should be estimated and reported as part of the combustion emissions in the energy sector". Therefore, the ERT considers that all co-combustion emissions that are not from two-stroke engines should be considered to result from product use, and therefore the emissions must be reported under lubricant use (2.D.1). During the review the Party clarified that the quantity of lubricant used in four-stroke engines for road transportation was estimated using a tier 3 approach (using the COPERT model with specific lubricant oxidation ratio). The four-stroke engine lubricant consumption for road transport is subtracted from the total four-stroke engine lubricant consumption to identify the other use of lubricant in four-stroke engines, for that portion of lubricant the IPCC 2006 method is applied, and emissions were reported under lubricant use in the IPPU sector. The Party explained that the 2017 OMINEA report on the CITEPA website is not up to date on the category of lubricant use, and informed the ERT of its intention to update it. The ERT recommends that France explain the method used to identify the volume of lubricant used in four-stroke engines in the NIR.	**2017 ARR / additional I.21**	The additional requested information are provided in chapter 1A3b (transport).
IPPU	2.D.1 Lubricant use – CO2		France reported in the NIR (p.272) and the OMINEA database (p.466) that the quantities of lubricant used in two-stroke and four-stroke engines (for road transportation) were subtracted from the total lubricant quantities included in the national energy balance. However, the ERT considers that all co-combustion emissions that are not from two-stroke engines should be considered to result from product use, and therefore the emissions must be reported under lubricant use (2.D.1) in accordance with the 2006 IPCC Guidelines (volume 5, chapter 5, p.5.6) (see also IDM I.21 above). The ERT recommends that France report all emissions from lubricant use except co-combustion emissions from two-stroke engines under lubricant use (2.D.1) in the NIR.	**2017 ARR / additional I.22**	France report all emissions from lubricant use except co-combustion emissions from two-stroke engines under lubricant use (2.D.1) in the NIR. Chapter 2D1 has been up-dated.
Agriculture	3.B Manure management – CH4 and N2O		The ERT recommends that the Party use the data obtained through the survey in 2015 to extrapolate the AD on MMS between 2008 and 2015 so as to ensure a consistent time series. If that is not feasible, the ERT recommends that, until such time when France can incorporate the new survey data, the Party conduct a thorough analysis of whether the existing approach undermines the penetration of the liquid slurry technology and either justify the method used to obtain AD for the latest years is in accordance with the 2006 IPCC Guidelines or modify the method to ensure that the extrapolation best reflects current practices (e.g. by taking into account the trends in penetration of various MMS observed in similar countries).	**2017 ARR / additional A.24**	The new data from the survey conducted in 2015 are now implemented.
Agriculture	3.B.4 Other livestock – N2O		The ERT noted that the AD for urine and dung deposited by grazing animals (3.D.1.3) reported in CRF table 3.D (928,325,490.94 kg N) do not match the values reported for pasture, range and paddock in CRF table 3.B(b) (928,329,812.11 kg N) for 2015. During the review France explained that the excretion of mules and asses in the overseas territories was double counted for 2011 onwards in CRF table 3.B(b) but properly reported in CRF table 3.D. Therefore this issue does not affect the AD or the emissions for the category urine and dung deposited by grazing animals (3.D.1.3). The ERT recommends that the Party use corrected AD for pasture, range and paddock under manure management in CRF table 3. B(b) and ensure the consistency of the AD used to estimate N2O emissions from urine and dung deposited by grazing animals (3.D.1.3) and from pasture, range and paddock under manure management in CRF table 3.B(b).	**2017 ARR / additional A.25**	The values for pasture, range and paddock under manure management in CRF table 3. B(b) are now correct and consistent with those in CRF table 3.D.1.3
Agriculture	3.D.a.2.a Animal manure applied to soils – N2O		The ERT noted that the information regarding animal manure excreted and volatilized at farms provided in CRF table 3.B(b) and the AD reported in CRF table 3.D under category 3.D.a.2.a animal manure applied to soils are not consistent. During the review France explained that the inconsistency was due to the omission of N volatilized as NH3 and NOX and N leached at farms from horses, and informally provided new estimates correcting the omission of N. The corrected animal manure applied to soils (3.D.a.2.a) is 616,450 kt N/year, while the originally reported value was 613,864 kt N/year eq, corresponding to a difference in emission estimates of 12 kt CO2 eq. Additionally the ERT noted that volatilization as N2 and straw incorporated in the manure were not estimated for the overseas territories. The ERT estimated that the total N2O emissions omitted were below the threshold for commencement of an adjustment procedure in accordance with paragraph 80(b) of the annex to decision 22/CMP.1 and therefore this issue was not included in the list of potential problems and further questions raised by the ERT. The ERT recommends that France estimate N2O emissions reflecting N volatilized as NH3 and NOX and N leached at farms from horses.	**2017 ARR / additional A.26**	This issue has been corrected
Agriculture	3.D.a.2.a Animal manure applied to soils – N2O		The ERT noted that the information regarding animal manure applied to soils did not consider the effect of volatilization as N2 and the N in straw incorporated in the manure (bedding) in farms when estimating N2O emissions under this category for the overseas territories, which is not in accordance with the 2006 IPCC Guidelines (volume 4, chapter 10, equation 10.24 and footnote b to table 10.23). The ERT estimated that the difference in total N2O emissions resulting from those omissions was below the threshold for commencement of an adjustment procedure in accordance with paragraph 80(b) of the annex to decision 22/CMP.1 and therefore this issue was not included in the list of potential problems and further questions raised by the ERT. The ERT recommends that France estimate N2O emissions in the overseas territories taking into account the N volatilized as N2 and the N in bedding in accordance with the 2006 IPCC Guidelines.	**2017 ARR / additional A.27**	N2O emissions in the overseas territories are now taking into account the N volatilized as N2 and the N in bedding in accordance with the 2006 IPCC Guidelines.

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
Agriculture	3.D.a.5 Mineralization/im mobilization associated with loss/gain of soil organic matter – N2O		The ERT noted that emissions from mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter were reported as "IE" in CRF table 3.D. In the NIR France explained that the N2O emissions for this category were reported under the LULUCF sector (CRF table 4(III)). During the review France claimed that the 2006 IPCC Guidelines and the footnote to CRF table 4(III) are not completely consistent on this point; therefore France decided to follow the CRF table footnote, which indicates that only N2O emissions from cropland remaining cropland should be included under the agriculture sector. However, the ERT considers that the current reporting in CRF table 3.D as "IE" is not correct because N2O emissions reported under the LULUCF sector in CRF table 4(III) only include emissions from land converted to cropland (4.B.2). The ERT noted that, according to the 2006 IPCC Guidelines (volume 4, chapter 11, p.11.15), the AD for this category are the variations in the SOC pool for cropland remaining cropland. The ERT also noted that for all the years in the time series (except for 1990, 1992 and 1993), the SOC pool was a net sink for cropland remaining cropland. Therefore, emissions from mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter could be zero. The ERT further noted that the SOC pool for cropland remaining cropland for 1992 and 1993 was reported as a net source, while it was reported as "NE" for 1990. The ERT recommends that France report in table 3.D "NO" for AD and emissions for all years in which the SOC pool was a net sink (1991 and 1994–2015) and "NE" for 1990, and report emissions for 1992 and 1993.	**2017 ARR / additional A.28**	The SOC pools for cropland remaining cropland and grassland remaining grassland have been revised : it's now a net sink for the all period, thus, the notation key "NO" is reported in 3D emission from mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter.
Agriculture	3.D.b.2 Nitrogen leaching and run- off – N2O		The ERT noted that the AD provided in CRF table 3.D for category 3.D.b.2 nitrogen leaching and run-off were not consistent with the AD provided for the other categories in that table for all years of the time series. During the review it was identified that the AD reported in CRF table 3.D for nitrogen leaching and run-off did not include data on the overseas territories. The ERT concludes that the AD reported in CRF table 3.D were not correct, but the emission estimates reported were correct. The ERT recommends that France provide correct AD reflecting also the overseas territories in CRF table 3.D.	**2017 ARR / additional A.30**	It has been corrected.
LULUCF	Land representation – CO2 and N2O		In the CRF tables France reported "NO" for the entire time series for AD for organic soils for forest land remaining forest land, cropland remaining cropland, grassland remaining grassland, settlements remaining settlements and other land remaining other land. The ERT noted that the entire areas of wetlands remaining wetlands is reported as occurring exclusively on organic soils, and all areas of land converted to and from wetlands are reported as occurring on organic soils. The ERT considers therefore that the organic soil area has to be reported both under the land category of origin for land converted to wetlands and for the final land category for land converted from wetlands, taking into account the 20-year transition period applied by France for all land conversions. Further, the ERT noted that there is an inconsistency in the reported area of histosols between the agriculture sector (182,318 kha) in CRF table 3.D.a.6 and the LULUCF sector (area of organic soils under wetlands converted to cropland (16.26 kha) in CRF table 4.B). Those areas are used to estimate direct N2O emissions from cultivation of histosols under the agriculture sector and CO2 emissions from loss of soil organic matter by mineralization on managed land under the LULUCF sector. The ERT noted that this is not in accordance with the provision of the 2006 IPCC Guidelines (volume 4, chapters 2 and 11.2.1) that the exact same area should be used for estimating CO2 emissions using equation 2.26 (parameter A) and N2O emissions using equation 11.1 (parameter annual area of managed/drained organic soils). During the review the Party explained that land use and land-use changes are currently estimated on the basis of a statistical survey following approach 2 of the 2006 IPCC Guidelines, which does not allow a spatially explicit cartography, which means that it is not possible to link accurately one type of soil with one land use or land-use change. France also explained that it has accurate information on the total area of organic soils subject to cultivation under agriculture (see also ID# A.28 above). Currently France assumes that wetlands are always associated with organic soils. Thus improvement efforts are under way, as a priority, to further develop the capacity to have a spatially explicit cartography of land use and land-use changes. The ERT considers that the Party's land representation is not accurately reflected in the reported emission estimates because CO2 emissions from loss of soil organic matter on managed soils are not reported. The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm that there is not an underestimation of emissions. The ERT recommends that France: (1) define the data source and method for its organic soils area estimation; and (2) identify land representation of croplands accurately in order to report emissions/removals taking into account	**2017 ARR / additional L.33**	in progress
Waste	5. General (waste) – CH4		In the NIR (p.457), the Party gives a flow chart of the generation and treatment of household waste and similar waste. However, considering the information in other parts of the NIR, including figure 92 (p.458), the flow chart of generation and treatment of household waste and similar waste on p.457 describes the treatment of only 53 Mt out of a total of 345 Mt of waste generated in France. The ERT notes that the 2006 IPCC guidelines (volume 5, chapter 2.1) states that it is good practice to account for all types of solid waste when estimating waste-related emissions in the GHG inventory. Further, the 2006 IPCC Guidelines (volume 5, chapter 3.5) indicate that there is often a significant contribution to emissions from other waste types, in addition to municipal solid waste, such as emissions from construction and demolition waste, sludge from wastewater treatment plants, hazardous waste and residue of mechanical biological treatment. However, the ERT notes that the clear information on the generation and treatment of the remaining approximately 290 Mt of waste is missing in the NIR and this makes it difficult for the ERT to assess whether the inventory is complete. The ERT believes that this issue should be considered further in future reviews to confirm that there is not an underestimation of emissions. The ERT recommends that France include in chapter 7.1 of the NIR an overview of all wastes generated and the extent to which it is recycled, incinerated, landfilled or treated otherwise. This overview should include waste types specified in the 2006 IPCC Guidelines, volume 5, chapter 3, paragraph 3.5, and to ensure the inclusion of wastes that are considered inert. The ERT encourages France to also describe the historical development of waste treatment in order to enable a check for consistency over time.	**2017 ARR / additional W.13**	More information has been in the NIR 2019.
Waste	5.A Solid waste disposal on land – CH4		France distinguished categories of SWDS between "being managed and compacted" and "being managed but not compacted". The difference is with or without cover layers. For the managed but not compacted landfill sites, France applied an MCF of 0.5 in estimating CH4 emissions, while, for the managed and compacted, an MCF of 1 was applied since it is the IPCC default for managed SWDS. However, the ERT noted that, according to the 2006 IPCC Guidelines (volume 5, chapter 3, table 3.1, footnote 1), anaerobic managed SWDS must have controlled placement of waste and will include at least one of the following: (i) cover material (ii) mechanical compacting or (iii) levelling of the waste. Therefore, the ERT notes that SWDS with a cover layer need to be qualified as anaerobic managed SWDS, irrespective of whether they are mechanically compacted or not. Further, the same table specifies that emissions from managed SWDS need to be calculated assuming an MCF of 1.0. Therefore, the ERT considers that the application of an MCF of 0.5 to managed but not compacted landfill sites is not in accordance with the 2006 IPCC Guidelines. In response to the potential problems and further questions raised, the Party revised the CH4 emission estimates for the whole time series on the basis of the revised classification of the landfill management types and the MCFs and OX trend respective to the different landfill management types. The Party provided the ERT with a detailed description of the revised classification. In the original emission estimates, the Party applied two landfill types, "controlled, not compacted SWDS" and "controlled SWDS". For the revised estimates, the Party split the original category "controlled, not compacted SWDS" into "non- controlled SWDS" and "controlled, not compacted SWDS". For the first category of "non-controlled SWDS", the Party assumed an MCF of 0.6, which is in line with the MCF for uncategorized landfills in table 3.1 of the 2006 IPCC Guidelines. The latter category of "controlled, not compacted SWDS" covers traditionally managed landfills, in which waste is deposited in uncompacted shallow layers, allowing aerobic decomposition to occur. This traditional management is well documented in legislation (14/04/1962 circulaire) of the Party, and is distinguished from all management types listed in table 3.1 in the 2006 IPCC Guidelines. Expert judgement of the Party assumed an MCF of 0.6 for these traditionally managed SWDS. Further, considering that many non-controlled and controlled, non-compacted landfills are remediated from the 1990s onwards, the Party assumed CH4 generation to take place, assuming an MCF1 after remediation. The ERT considered that the definition of each landfill type had been significantly improved. Both emissions from	**2017 ARR / additional W.14**	The modification of the Ox and MCF has been done in the 2018 submission consistently with what has been answered in the SP and accepted by the review. The NIR 2018 has been improved to increase the historical description of landfills management as described in the answer to the SP.
Waste	5.A Solid waste disposal on land – CH4		In the NIR (p.458), the Party indicated that, in 2015, about 18 Mt waste was deposited in SWDS for non-inert, non-hazardous waste and this amount serves as a basis for the inventory of CH4 from SWDS. However, the additional information provided by the Party indicated that a large amount (64.7 Mt in 2014) of mineral waste was deposited in landfills for inert waste, but they are not considered in the GHG inventory of the waste sector. The Party explained that the waste in inert landfills is considered to be inert, without any biodegradable material in the mix. Due to the low organic content and the lack of nutrients, methanogenic conditions are not likely to occur. Accordingly, CH4 emissions from mineral waste in inert landfills were considered insignificant. The ERT did not agree with this explanation, because the terminology used to characterize the waste "construction waste" or "mineral waste" and the "SWDS for inert waste" indicates the possibility that the waste contains carbon content considering that the 2006 IPCC Guidelines indicate the default carbon content as 3 per cent for inert waste (volume 5, chapter 2, table 2.4). In response to further questions raised by the ERT, the Party provided its definition of mineral waste, namely that it consists of categories 40 (mineral waste from construction and demolition), 42 (other mineral wastes) and 46 (soils) of the European Commission classification of waste (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ: L:2010:253:0002:0041:EN:PDF). Considering this definition, the ERT noted that the characteristics of "mineral waste" in these "SWDS for inert waste" of the Party significantly differs from "construction and demolition waste" for which the 2006 IPCC Guidelines define a default DOC (volume 5, chapter 2, table 2.5). The ERT also noted that the definition of mineral waste and the assumption of negligible DOC it contains was developed when the French Statistical Office gathered its information on the amount of waste generated and treated, and it is not an interpretation made by the French GHG inventory compilers. Therefore, the ERT agrees with the assumption that the landfilling of this mineral waste results in negligible CH4 emissions. The ERT recommends that France include in the next annual submission a description of the amount and nature of the mineral waste landfilled, along with a justification for the assumption that this waste results in negligible CH4 emissions.	**2017 ARR / additional W.15**	More information on the mineral waste landfilled has been included in the NIR 2019 consistently with information provided in answer to the SP and accepted by the review.
Waste	5.B.2 Anaerobic digestion at biogas facilities – CH4		The ERT noted that France quantified CH4 emissions from anaerobic digestion as 5 per cent of CH4 generation. The 2006 IPCC Guidelines (volume 5, chapter 4, p.4.4) state that emissions of CH4 from such facilities due to unintentional leakages during process disturbances or other unexpected events will generally be between 0 and 10 per cent of the amount of CH4 generated. In the absence of further information, 5 per cent should be used as the default value. However, the ERT considers that sufficient information is available to quantify the emissions using the methodology based on the amount of solid waste treated in anaerobic digesters and applying the default EF for composting of 4 g CH4 per kg wet waste treated (see the 2006 IPCC Guidelines, volume 5, chapter 4, table 4.1). The ERT recommends that France justify the use of the current methodology for estimating CH4 emissions from anaerobic digestion, or quantify the emissions by applying the EF from 2006 IPCC Guidelines, volume 5, chapter 4, table 4.1, directly to the amount of waste digested, since the amount of waste digested is available and specified in CRF table 5.B.	**2017 ARR / additional W.16**	The NIR 2019 includes more explanation to justify the present French methodology for estimating CH4 emissions from anaerobic digestion, in order to demonstrate that the national approach is as good as the defaut approach provided in IPCC and is not inconsistent with it.
KP-LULUCF	General (KP- LULUCF) – CO2		The ERT noted that France reported "IE" for information on harvested and converted forest plantations in CRF table 4(KP-I)B.1 and for the area of activities resulting from conversions to eligible land activities in table NIR-2. France also reported "NE" in CRF table B.2 on CM and CRF table B.3 on GM for the activities that France did not elect to account for in the second commitment period of the Kyoto Protocol. The ERT recommends that the Party use the notation key "NA" in accordance with footnote 2 to CRF table NIR-2 for the activities that France did not elect to account for in the second commitment period of the Kyoto Protocol.	**2017 ARR / additional KL.25**	In progress

Sector	CRF category/ issue	Finding	Review recommendation	Review report/paragraph	MS response / status of implementation
KP-LULUCF	Forest management – general (KL.16, 2016) (KL.16, 2015) Completeness		Harmonize the application of the unmanaged forest land definition by accounting under FM all the forest lands in the metropolitan territory that are not reported under AR or deforestation, regardless of their accessibility. Not resolved. The Party did not account for all the forest land under FM in the metropolitan territory. France did not provide explicit information on the ability of the land monitoring system to capture land conversions and natural disturbances in unmanaged forest land in the metropolitan area.	**2017 ARR / additional KL.18**	Not implemented
Energy	1.A.3.c Railways – solid fuels – CO2, CH4 and N2O		The ERT identified that there are some steam trains operating in France; however, emissions from solid fuels under railways were reported as "NO" in CRF table1.A(a)s3. During the review, France explained that coal-powered locomotives are very limited in number and the coal used by them is not included in the line "transport" of the national energy balance but somewhere else, within commercial/institutional activities, since the national energy balance statistics cover all fuel sold. Noting that, subcategory "railways" is further in CRF table 1.A(a)s3, split by fuel types, the ERT considers that the emissions from coal used by coal-powered locomotives must be included under solid fuels under railways. The ERT recommends that the Party report from coal used by coal-powered locomotives separately under solid fuels under railways.	**2017 ARR / additional E.25**	Not implemented but in progress

Annexe 10

Fichiers informatiques relatifs au texte

Le rapport intégral est disponible sur le site web du CITEPA :

https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/ccnucc

Le support informatique éventuellement joint au rapport contient les éléments suivants :

1 - Rapport CCNUCC :

Le fichier "**CCNUCC_France_2019.pdf**" contient le corps du texte et les annexes à l'exclusion des tables du CRF.

2 - CRF Kyoto :

Les fichiers "**FRK_2019_XXXX.xls**" contiennent les tableaux de données pour la France selon le périmètre KYOTO au format CCNUCC/CRF relatifs à chacune des années considérées. Les caractères « XXXX » du nom correspondent à l'année de référence (exemple FRA_2018_1990.xls pour l'année 1990). Chaque fichier comporte 71 feuillets, qui correspondent aux tableaux définis dans le CRF. Dans le rapport, seuls sont reproduits les tables « résumés » dans l'annexe 7 pour les années 1990, 2016 et 2017.

Compléments spécifiques au CRF REPORTER.

Le fichier XML du CRF Reporter est joint ainsi que la base de données correspondante.

3 - Compléments CRF France:

Les fichiers « **FRA_2019_XXXX.xls**» contiennent les tableaux de données pour la France entière (Métropole et Outre-mer) au format CCNUCC/CRF relatifs à chacune des années considérées. Chaque fichier comporte 71 feuillets, qui correspondent aux tableaux définis dans le CRF. Dans le rapport, seuls sont reproduits les tables « résumés » dans l'annexe 8 pour les années 1990, 2016 et 2017.

Compléments spécifiques au CRF REPORTER.

Les fichiers XML du CRF Reporter sont joints incluant les bases de données correspondantes.

4 – Base de données :

Le fichier « BDD_OMINEA_A_EF_D » contient les données d'activités et de facteurs d'émission, à un niveau fin du CRF, pour toute la période de l'inventaire.

5 – Recalculs :

Le fichier « Recalculs-d » contient les recalculs entre les deux dernières éditions de l'inventaire, à différents niveaux du CRF et pour toute la période de l'inventaire.

Références

[1] Ministère de l'Ecologie / CGDD / SDES et anciennement Observatoire de l'Energie – Les bilans de l'Energie (données non corrigées du climat). Communication annuelle

[2] Aide-mémoire du thermicien – Edition 1997 - Elsevier

[3] CITEPA – Combustion et émission de polluants - Monographie n°39 - 1984

[5] IPCC – Guidelines 1996 - Volume 2 - section I.8 - table 1- 4

[6] CITEPA - Nouveaux combustibles - Monographie n°49 - 1986

[7] MEDD – D. BELLENOUE - Note « Evolution des flux de dioxines et plomb émis par les aciéries électriques » - août 2001

[8] ATILH – Note du comité de suivi de l'industrie cimentière – Novembre 2002

[9] IPCC – Revised 1996 Guidelines for National GHG Inventories : Workbook – section I.6

[10] Ministère de l'Environnement - Données internes

[11] EDF – Données internes

[12] ATIC – Données internes

[13] UFIP – Données internes

[14] CPDP – Pétrole (publication annuelle)

[15] Chambre Syndicale du Raffinage du Pétrole - Spécifications des produits pétroliers

[16] MEET 1997

[17] EMEP / CORINAIR Guidebook

[18] CITEPA – Facteurs d'émission du protoxyde d'azote pour les installations de combustion et les procédés industriels, Etude bibliographique - S. CIBICK et J-P. FONTELLE - 2002

[19] DRIRE / DREAL – Déclarations annuelles des émissions de polluants

[20] EDF – Données internes

[21] SNET puis Eon – Données internes

[22] Ministère de l'Environnement – Circulaire du 24 décembre 1990

[23] SOeS, (ex Observatoire de l'Energie) – Tableaux des consommations d'énergie (publication annuelle)

[24] Observatoire de l'Energie – Données internes

[25] Service statistique du Ministère en charge de l'environnement - SDES (ex SOeS et ex Observatoire de l'énergie) - Données nationales transmises à l'AIE et à EUROSTAT

[26] Ministère de l'Industrie, de l'Economie et des Finances (INSEE et anciennement SESSI) et Ministère de l'Agriculture (SCEES puis SSP) – Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)

[27] Fédération française de l'Acier / A3M (Alliance des Minerais, Minéraux et Métaux) - Données internes

[28] ATILH – Statistiques énergétiques annuelles de la profession cimentière

[29] Gaz de France – Données internes

[30] CDF – Données internes

[31] Ministère chargé des Transports – Rapport annuel de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN)

[32] ADEME – Inventaire des installations de traitement des déchets (enquête périodique ITOM)

[34] Ministère de l'industrie, puis de l'Ecologie – DGEMP puis SOeS puis SDES – Production et distribution d'énergie électrique en France (publication annuelle)

[35] ENERCAL – Société néo-calédonienne d'énergie - Données internes

[36] Electricité de Tahiti – Données internes

[37] Electricité et eau de Wallis et Futuna – Données internes

[38] EDM – Electricité de Mayotte - Données internes

[39] CITEPA – Inventaire des grandes installations de combustion en application des directives 88/609 et 2001/80/CE

[40] Zderek Parma & all. – Atmospheric Inventory Guidelines for Persistant Organic Pollutants, Axys Environmental Consulting - British Columbia, Canada, 1995

[41] SNCU – Enquête chauffage urbain (enquête annuelle)

[42] OFEFP – Coefficients d'émission des sources stationnaires, éditions 1995 et 2000

[43] Circulaire du 30 mai 1997 relative à la mise en conformité des UIOM > 6 t/h

[44] MEDD – Actions en cours mi-2000 pour la mise en conformité des UIOM, 2000

[45] CNIM – Communication personnelle de M. de Chefdebien, 2001

[47] Ministère de l'Environnement - Enquête raffineries (jusqu'en 1993)

[48] CITEPA – N. ALLEMAND - Estimation des émissions de COV dues au raffinage du pétrole, 1996

[49] TNO – Etude CEPMEIP relative aux émissions de particules, 2001

[50] Données communiquées directement par les exploitants au CITEPA

[51] NGUYEN V., ALLEMAND N. – Emissions de polluants atmosphériques au format NAMEA – Années 1995 à 2007 – Rapport final - CITEPA – septembre 2009

[52] Charbonnages de France – Statistique charbonnière annuelle

[53] SESSI / INSEE – Bulletin mensuel de statistique industrielle

[54] CCFA – Note annuelle sur le parc automobile français

[55] Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement - DAEI – Le marché des véhicules, immatriculations et parcs au 1er janvier (publication annuelle)

[56] ARGUS – Numéro annuel spécial statistiques

[57] FIEV / CSNM – Statistiques sur le motocycle en France

[58] INRETS – BOURDEAU B. - Evolution du parc automobile français entre 1970 et 2020 - 1998

[59] AEE – COPERT III – SAMARAS Z. & all. - Methodology and Emission Factors, 2000

[60] Ministère chargé des Transports – Rapports annuels de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN)

[61] Ecole des Mines de Paris – PALANDRE L., BARRAULT S., CLODIC D. - Inventaire et prévisions des fluides frigorigènes et de leurs émissions (mise à jour annuelle)

[62] CITEPA – SAMBAT S. & all. – Inventaire des émissions de particules primaires – 2001

[63] MINEFI – DIDEME – Données internes non publiées

[64] USIRF – Données internes à la profession relatives à la production d'enrobé routier

[65] ADEME – Le chauffage domestique au bois, approvisionnement et marchés. Mars 2000

[66] EPA – AP 42 Compilation of air pollutant emission factors, January 1995

[67] CITEPA – ALLEMAND N. - Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France. Mars 2003

[68] OFEFP – Mesures pour la réduction des émissions de PM10. Document environnement n°136, juin 2001

[69] INSTITUT D'EMISSION D'OUTRE-MER (IEOM) – Rapport annuel

[70] CITEPA – BOUSCAREN R. – Inventaire des émissions dans l'atmosphère de métaux lourds et de composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996

[71] SAMARAS Z. & ZIEROCK K-H. – The estimation of other mobile sources and machinery. May 1994

[72] PROMOJARDIN – Données professionnelles internes

[73] GIGREL – Données professionnelles internes

[74] EMEP MSC EAST – Note technique 6/2000

[75] AFME – CEMAGREF – Consommation de carburant des tracteurs agricoles - Février 1990

[76] ARMEF – Les ventes de matériel d'exploitation forestière en France de 1968 à 1992 - Avril 1993

[77] ARMEF – Etat du parc des machines d'exploitation forestière en région Lorraine, Février 1993

[78] CITEPA – Carbonisation du bois et pollution atmosphérique – Monographie n°48, 1986

[79] TNO – Particulate matter emissions (PM10 - PM2.5 - PM0.1) in Europe in 1990 and 1993 - February 1997

[81] EPA – Reconciling urban fugitive dust emissions inventory and ambient source contribution estimates : summary of current knowledge and needed research - Desert Research Institute - May 2000

[82] UBA – Etude sur la répartition granulométrique (< PM10, < PM 2.5) des émissions de poussières - février 1999

[83] MINEFI – Observatoire de l'Energie - Données communes des bilans de l'énergie communiquées à l'AIE et à EUROSTAT

[84] CEPII – Harmonisation des statistiques énergétiques nationales pour le calcul des émissions de CO2 de la France - KOUSNETZOFF N. et CHAUVIN S. - Juin 2003

[85] SCEES – AGRESTE, Statistique agricole annuelle

[86] SCEES – AGRESTE, Statistique agricole annuelle et production agricole finale, DOM

[87] ECETOC – Ammonia emissions to air in Western Europe, July 1994

[88] GIEC – Guidelines 96 - Vol. 2 - section 4

[89] INRA – VERMOREL, Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins en France, 1995

[90] UNIFA – Les livraisons de fertilisants minéraux en France – Publication annuelle

[91] AGENCE DE L'EAU – Données internes fournies annuellement

[92] CITEPA – PAJOT K., GABORIT G. FONTELLE J-P. – Estimation annuelle des émissions de COVNM des sources biotiques dans la basse atmosphère en France (modèle COBRA) - Mai 2003

[93] EPA – National Technical Information Service - Gap filling PM10 emission factors for selected open area dust sources, February 1988

[94] SAMARAS Z., ZIEROCK K.H. - Guidebook on the Estimation on the Emissions of Other Mobile Sources and Machineries - Université de Thessalonique, 1994

[96] INSEE – Statistiques démographiques annuelles (www.insee.fr)

[103] AEAT – source apportionment of airbone particulate matter in the UK (70 to 96, PM10 - PM2,5 - PM0,1), third report of the quality of urban air review group, January 1999

[104] SNCF – Mission environnement

[105] OFEFP/OFEV – Banque de données off-road

[106] AEAT – UK Particulates and heavy metal emissions from industrial processes, February 2002

[107] BICOCHI S., L'HOSPITALIER C. – Les techniques de dépoussiérage des fumées industrielles, état de l'art - RECORD, éditions TEC et DOC, mars 2002

[108] Confédération Nationale de la Boulangerie – PARIS

[109] CITEPA – Monographie N°54 – Les émissions atmosphériques de COV lors de l'élaboration du vin, 1987

[110] B. GIBSON et al. – VOC emissions during malting and beer manufacture – Atmospheric Environment Vol. 29, No. 19, 1995

[111] FIPEC – Données statistiques sur les consommations de peinture, encres, etc.

[112] CEPE – Communication dans le cadre d'EGTEI, 2003

[113] ECSA – European Chlorinated Solvent Association - Solvent digest, 1991 et 1995

[114] CTTN – Centre Technique de la Teinture et du Nettoyage (données de la profession)

[115] SPMP – Rapport annuel, les matières plastiques en chiffres

[116] SNCP – Syndicat National du Caoutchouc et des Polymères – rapports annuels d'activité

[117] SICOS – Données de la profession

[118] UIC – Rapport annuel sur l'évolution de l'industrie chimique en France

[120] SNCP – Rapports annuels d'activité

[121] CITEPA – Final EGTEI document – Polystyrene processing, 2003

[122] IFARE – Task force on assessment of abatement techniques for VOC from stationary sources, May 1999

[123] FIPEC pour le compte de l'ADEME – Emissions de COV dans la production de peintures, vernis, encres d'imprimerie, colles et adhésifs, 1997

[124] PROLEA – statistiques annuelles

[125] FICG / ADEME / MEDD - Données relatives aux taux d'équipement des presses offset en incinérateurs, 2003

[126] LEVY C., DUVAL L., FONTELLE J-P., CHANG J-P. – Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs - CITEPA, 1999-2003

[127] DGAC – données relatives aux liaisons domestiques et internationales

[128] OACI – caractéristiques sur les moteurs et guide sur les APU 2007

[129] DGAC – fichier « bruit » de Roissy

[130] DGAC – données internes

[131] DGAC – données internes relatives à AIR FRANCE

[132] DGAC – Bulletin statistique annuel

[133] CITEPA – DANG Q.C. – Tentative d'estimation des émissions de polluants atmosphériques dues au trafic maritime en Méditerranée Occidentale, Janvier 1993

[134] GIEC – Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000

[137] CEE-NU, AIE, EUROSTAT, OCDE – Energy statistics working group meeting, special issues Paper 8, Net calorific values – novembre 2004

[139] Arrêté du 28 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 17 janvier 2001 relatif aux contrôles des émissions de gaz polluants et de particules polluantes provenant des moteurs destinés à la propulsion des tracteurs agricoles et forestiers (JO du 26 octobre 2005)

[140] Arrêté du 22 septembre 2005 relatif à la réception des moteurs destinés à être installés sur le engins mobiles non routiers en ce qui concerne les émissions de gaz et de particules polluants (JO du 23 décembre 2005)

[141] Directive 2004/26/CE du Parlement européen et du Conseil, du 21 avril 2004, modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers

[142] UBA–Entwicklung eines Modelis zur Berechnung der Luftschadstoffenemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilien Geräten un Maschinen – Jan. 2004

[143] UNIFA – Union des industries de la fertilisation – communication personnelle de données

[144] CITEPA - Etude documentaire n°53 décembre 1977 page 310

[145] OFEFP édition 1995 page 115

[146] AFNOR – référentiel de bonnes pratiques BP X 30-331

[147] Rhodia PI Chalampé - Données confidentielles communiquées par le site

[148] AFNOR – Référentiel de bonnes pratiques BP X 30-330

[149] Rhodia PI Chalampé – Communication personnelle de données - confidentiel

[150] Dossier d'engagement AERES – site de Cuise-Lamotte - CLARIANT

[151] AFNOR – Référentiel de Bonnes Pratiques BP X 30-332

[154] INESTENE, Eléments de base pour une prospective des émissions totales de particules primaires à l'horizon 2030, août 2001

[155] IPCC Good Practices Guidance, Chapitre 5

[156] ADEME, Département Déchets, Evaluation des émissions de méthane des décharges de déchets ménagers et assimilés, E. Prud'homme, Février 1999.

[157] ADEME, données internes communiquées par le département Déchets

[158] DRIRE des DOM et des TOM – données internes, multi annuel

[159] Charbonnages de France – données internes sur les émissions de CH4, multi annuel

[160] INERIS, Evaluation des quantités de méthane rejetées dans l'atmosphère par les mines françaises de charbon et de lignite, décembre 1991

[161] IPCC Good Practices Guidance, Chapitre 2.7.1

[162] LECES Evolution des métaux lourds et composés organiques persistants en sidérurgie, 1996

[163] UK fine particulate – Emissions from industrial processes, août 2000

[165] Ministère de l'Economie et des Finances, statistiques 97/98 de l'industrie gazière en France

[167] MINEFI / DIREM (ex-DIMAH) – données internes non publiées annuelles sur les bilans énergétiques de l'Outre-mer y compris les PTOM

[168] CPDP – données internes sur les caractéristiques des dépôts pétroliers

[169] Arrêté du 4 septembre 1986 relatif à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage

[170] Arrêté du 8 décembre 1995 relatif à la lutte contre les émissions de composés organiques volatils résultant du stockage de l'essence et de sa distribution des terminaux aux stations-service

[171] IFARE – Elaboration de fonctions de coûts pour la réduction des émissions de COV en France, Tome II, 1999

[172] Décret 2001-349 du 18 avril 2001 relatif à la réduction des émissions de COV liées au ravitaillement des véhicules dans les stations service

[173] Observatoire de l'Energie – La récupération des vapeurs d'essence en stations-service, 1993

[174] MINEFI / DIDEME – données internes sur les stations-service, 2003

[175] MEDD / DPPR / SEI – données internes sur les stations-service, 2003

[176] ALLEMAND N. – Gasoline distribution – service stations, background document EGTEI, 2003

[177] ALLEMAND N. – Evolution des émissions de polluants du trafic routier en 2010 et 2020, CITEPA 2004

[178] EGTEI – travaux pour la détermination des coûts de la réduction des émissions. Scénario France en 2004 pour la première consultation bilatérale

[179] INSEE – Tableau économique de Mayotte, 2001

[180] ITSTAT – Les tableaux de l'économie polynésienne, 1998

[181] Communication personnelle de R. Ballaman (OFEFP), septembre 2002

[182] BUWAL – PM10 - Emissionen des Verkehrs ; Statusbericht Teil Schienenverkehrs, ed. 2002

[183] CITEPA – IER – Study on particulate matter emissions : particle size distribution chemical composition and temporal profiles – Interreg III for ASPA, January 2005

[184] USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française) – Consommation annuelle de bitume routier. Communication en 2006

[185] USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française) – Données internes confidentielles transmises en 2001 et 2003

[186] Ministry of Housing, physical planning and environment – Handbook of emission Factors – Industrial Sources – 1984

[188] AER – Facteurs d'émission pour certains polluants organiques persistants : PCB, HAP, HCB et PCP, octobre 2004 (rapport pour CITEPA, non publié)

[189] UNFCCC – paragraphe 16 de l'annexe à la Décision 11CP7

[190] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes – Statistiques annuelles de production de chaux grasses (aériennes) et magnésiennes

[194] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes – Données communiquées au CITEPA en septembre 2003

[195] ATILH - Données annuelles sur les émissions de l'ensemble des sites de chaux hydraulique

[196] Données annuelles de production nationale des installations de production de chaux hydraulique fournies par l'ATILH (confidentielles)

[197] MAP/SCEES - Publications Agreste. "L'utilisation du territoire".

[198] MIES – Rapport déterminant la quantité attribuée conformément à l'article 8, paragraphe 1, point d), de la décision n°280/2004/CE dans le cadre de la préparation de la 1ère période d'engagement du Protocole de Kyoto, 2006

[199] GIEC – Guide sur les Bonnes Pratiques pour l'UTCF, 2003

[200] MAP / SCEES – Publications annuelles Agreste « Récolte de bois et production de sciages »

[201] INESTENE – Le bois énergie en France

[202] IGN/IFN – Données spéciales d'après l'inventaire terrain

[203] INRA – Stocker du carbone dans les sols agricoles de France, octobre 2002

[204] GICC 2001 – Gestion des impacts du changement climatique, rapport CARBOFOR, juin 2004

[206] Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France – Vol. 85, n°6, 1999

[207] Centre Efficacité énergétique des Systèmes de l'Ecole des Mines de Paris – Inventaire annuel des émissions des fluides frigorigènes en France

[209] GIFEX – communication de données internes

[210] CFA – Comité Français des Aérosols – communication annuelle de données internes

[212] Promosol – Communication de données internes

[213] SITELESC – Communication de données internes annuelles

[214] GIMELEC – syndicat des fabricants d'équipements électriques – communication annuelle de données au ministère chargé de l'environnement

[215] RTE – Réseau de Transport d'Electricité – communication de données internes et le rapport annuel « Développement durable »

[216] Nike – communication de données

[217] 3M – communication annuelle de données internes

[218] SFIC (Syndicat Français de l'Industrie Cimentière) – données annuelles de production de clinker et de ciment

[222] Données internes à Rio Tinto Alcan.

[223] Société de l'industrie minérale – Annuaire Statistique Mondial de Minerais et Métaux. Publication annuelle

[224] Fédération française de crémation – Données statistiques

[227] Bennet R.L. and Knapp K.T. – Characterization of particulate emissions from non-ferrous smelters – JAPCA, February 1989, vol. 39, number 2, page 169

[228] AIRPLUS n°32/33, Novembre 2001, page 12

[231] Agences de l'eau (ADOUR-GARONNE, RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE, RHIN-MEUSE, ARTOIS-PICARDIE, LOIRE-BRETAGNE, SIAAP)

[232] IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, volumes 2 et 3, sections agriculture, 1996

[233] INSEE – Bulletins mensuels de statistique

[234] IFEN – Les données de l'environnement, 1999, 2002 et 2004

[235] CEMAGREF – Communications de M. Duchêne, 2002.

[236] GIEC – Guide des Bonnes Pratiques 2000, Chapitre 5, pages 5-14,5-15,5-16

[237] ADEME / CTBA - Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets, 2006

[238] GIEC – Guidelines 1996 – Volume 3 section 2.3

[239] ATILH – Mode d'obtention des données annuelles sur les émissions de CO2 et moyens de contrôle de ces valeurs d'émission, novembre 2002

[240] Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre – Communication de données internes

[241] FFTB (Fédération Française des Tuiles et Briques) – Statistiques annuelles

[242] CTTB (Centre Technique des Tuiles et Briques) – Données internes

[243] Infochimie – numéros « spécial usines » et numéros divers selon les années

[244] GIEC – Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 2 - Edition 1996 page 2.8

[245] MEDD – Principaux rejets industriels en France, années 1999 à 2001

[249] RENOUX A. – Quelques idées sur les aérosols et leur granulométrie – Colloque ATEE-CITEPA, 15-16 juin 2000

[250] KLEEMAN M.J., SCHAUER J.J., CASS G.R. – Size and composition distribution of fine particulate matter emitted from wood burning, meat charbroiling and cigarettes, Environmental Science and Technology, vol 33, 1999

[251] Confédération des Industries céramiques de France – Chiffres clés de la profession - statistiques annuelles (confidentielles)

[253] Syndicat général des fondeurs de France – Chiffres clés de la fonderie française et contact interne

[254] OCDE – Environment directorate, Greenhouse gas emissions and emissions factors - May 1989

[255] IPCC revised 2006 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, V_3.3 Ch3 Chemical Industry, 3.6 Carbide production, page 3.44

[256] ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell' Ambiente – PM10 emission inventory for 1994 in Italy, Iiacqua, e-mail contact, octobre 2000

[257] COPACEL – Communication de Philippe BRULE lors de la préparation du PNAQ, 2005

[261] ADEME – Centre de Valbonne – Données internes 2001 et 2004 relatives aux déchets hospitaliers

[262] BRUN M.J. et LEFORESTIER C. – Valorisation énergétique des déchets industriels et hospitaliers, Institut français de l'énergie (IFE), ENERGIRAMA, janvier 1991

[263] Ministère chargé de l'environnement – L'évolution récente des émissions de dioxines dans l'atmosphère, Octobre 2000

[264] ADEME – dossier « Emballages vides de produits phytosanitaires (EVPP) » sur www.ademe.fr, 2003

[265] IPCC – Guidelines 96, Volume 2, page 4.35

[267] USIRF - Evolution du parc de centrales, Octobre 1998

[268] IPCC – Revised 1996 Guidelines - Workbook, page 5.37, worksheet 5.51, sheet 3/4

[272] INSEE – Annuaire rétrospectif de la France - 1948 – 1988

[273] ATILH – Communication spécifique relative aux facteurs d'émission de métaux lourds et de particules, août 2006

[275] SERVEAU L., FONTELLE JP. – Document d'application relatif aux émissions atmosphériques des installations de production d'enrobés (confidentiel). CITEPA, avril 2006

[276] ADEME - Détermination de la granulométrie des aérosols dans les émissions diffuses d'ateliers sidérurgiques : PM10, PM2,5, PM1,0 et PM0,1 – janvier 2004

[279] MEDD – Compilation annuelle des émissions de métaux lourds et dioxines émis par les UIOM

[280] INERIS, "Inventaires et facteurs d'émission de dioxines UIOM", rapport provisoire n°4

[281] Projet TOCOEN (Toxic Organic COmpounds in the ENvironment), Masaryk University, Mars 1993

[282] Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP), communication personnelle, octobre 2006

[283] Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activité de soins à risques infectieux

[284] Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux

[285] ADEME – Evaluation comparative actuelle et prospective des émissions du parc d'appareils domestiques de chauffage en France (document confidentiel), Septembre 2005

[286] Arrêté du 28 juillet 2005 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre

[289] Danish Budget for Greenhouse Gases, 1990

[292] IFN – Inventaire des surfaces forestières par département, surface par essence, mise à jour annuelle

[293] RENECOFOR (REseau National de suivi à des ECOsystèmes FORestiers) – Communication annuelle de données de températures diurnes et nocturnes

[294] GUENTHER A-B – Seasonal and spatial variation in natural volatile organic compound emissions. Ecological Application, 1997, vol. 7, pp 34-45

[295] LAMBERT – Influence du climat et de la disponibilité en azote sur la croissance printanière du ray-grass anglais. 2001, Université catholique de Louvain – Faculté des sciences agronomiques – Laboratoire d'écologie des prairies.

[296] CITEPA – Logiciel COBRA version 2002 (Composés Organiques de la Biomasse Rejetés dans l'Atmosphère)

[297] PROMETHEE – Base de données sur les incendies en zone méditerranéenne sur www.promethee.com

[298] Ministère de l'Agriculture (MAP), Dossier de presse « Prévention des incendies de forêt », www.agriculture.gouv.fr,

[299] METEO FRANCE – Données Meteorage (incrémentation permanente)

[300] ATILH – Communication de M. Fauveau du 11 octobre 1999 relative aux émissions de PCDD/F pour 1996

[301] FRABOULET I. – INERIS – Aerosol size distribution determination from stack emissions : the case of a cement plant, DUST CONF, Maastricht, April 2007

[303] Témoignages, mercredi 11 juillet 2007, p 10,

[304] Tout sur la France, n°4, octobre 2007

[307] Ministère de l'Ecologie du développement et de l'Aménagement Durables (site Internet www.ecologie.gouv.fr rubrique « biodiversités et paysages »), 2007

[310] FNADE – Compte rendu du groupe de travail EPER sur l'incinération, juin 2006

[311] HUGREL C., JOUMARD R. - Transport routier - Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025, INRETS, Rapport LTE n°0420, Septembre 2004

[312] AEE – COPERT IV – Technical report N° 11/2006 - EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - Group 7: Road transport - 2006

[318] INSEE – Tableau économique de la Réunion, chapitre transport routier

[319] INSEE – Tableau économique de la Martinique, chapitre transport routier

[320] INSEE – Tableau économique de la Guadeloupe, chapitre transport routier

[321] INSEE – Tableau de l'économie calédonienne, chapitre transport routier

[322] INSEE – Tableau économique de la Guyane, chapitre transport routier

[323] LECES – Données communiquées par le Ministère de l'Environnement, courrier du 19 février 1996

[325] CTBA / ADEME – La caractérisation des émissions atmosphériques d'un échantillon représentative du parc français de crematorium en vue d'une évaluation globale du risqué sanitaire, 2006

[326] Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux

[327] IFN – Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane par télédétection satellitaire – Rapport final, janvier 2008

[328] Guitet S., Blanc L., Chave J., Gomis A., 2006. Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour la forêt guyanaise. Convention n° 59.02. G 18/05 du 19/12/2005 entre le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'Office National des Forêts – Direction régionale de Guyane. Rapport final, 81p.

[329] CITEPA – Données internes résultant des divers audits (diagnostics et pré diagnostics) réalisés par le CITEPA

[330] CONCAWE – Air pollutant emission methods for E-PRTR reporting by refineries, 2007

[331] UIC – données internes à la profession fournies par M. DECROUTTE le 5 novembre 2007

[332] ANPEA (Association nationale professionnelle pour les engrais et amendements) – Résultats enquête amendements basiques - http://www.anpea.com/

[333] AGRESTE – Irrigation et matériel 2005, enquête structure 2005 et recensement agricole 2000 (disponible sur le site de l'Agreste http://agreste.agriculture.gouv.fr/)

[334] GRDF – Communication annuelle des émissions nationales de CH4 au CITEPA

[335] ADEME – Second état d'avancement de la mise en conformité des UIOM, 2005

[336] COLLET S. – HAP émis par la combustion du bois en foyers domestiques, INERIS, 2001

[338] COLLET S.– Emissions de la combustion du bois par les foyers domestiques, INERIS, mai 2002

[339] COLLET S. – Emissions de dioxines, furanes et d'autres polluants liés à la combustion du bois naturels et faiblement adjuvantés, INERIS, février 2000

[340] EMEP / CORINAIR Guidebook, section B-810-23, Décembre 2006

[341] COOPER D.A. – HCB, PCB and PCDD/F emissions from ships, Atmospheric Environment 39, Page 4908, Avril 2005

[342] EMEP / CORINAIR Guidebook, section B-810-23, Décembre 2006

[343] EMEP / CORINAIR Guidebook, section B-810-24, Décembre 2006

[346] Determination of atmospheric pollutant emission factors at a small coal-fired heating boiler, AEAT, March 2001

[347] COOPER D. - HCB, PCB, PCDD and PCDF emissions from ships, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, October 2004

[348] Arrêté du 31 mars 2008 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008 – 2012

[349] EMEP / CORINAIR Guidebook, chapter « Source of PCB emissions », Décembre 2006

[350] Determination of atmospheric pollutant emission factors at small industrial wood burning furnace, AEAT, March 2001

[351] SESSI – Résultats annuels des enquêtes de branche

[352] UNICEM – Rapport annuel statistique à partir de 1999

[353] UNICEM – Communication de données internes, 2001

[354] KEPLEIS NE, APTE, MG, GUNDEL LA – Characterizing ETS emissions from cigars : chambers of nicotine, particle mass and particle size, 1999

[355] PNUE – Outil spécialisé (Toolkit) pour l'identification et la quantification des rejets de dioxine et furanes, Février 2005

[356] Observatoire français des drogues et des toxicomanies (OFDT) – Séries statistiques annuelles « Vente de tabac et cigarettes – évolution depuis 1990 »

[357] TNO – Technical paper to the OSPARCOM – HELCOM – UNECE emission inventory, report TNO-MEP R93/247, p26, 1995

[358] EMEP CORINAIR – 3rd emission inventory guidebook, Chapter "Sources of PCB emission", December 2006

[359] GIEC 2006 – Biological Treatment of Solid Waste, Vol. 5, p 4.4

[360] MEEDDAT/DGEC – L'industrie pétrolière - Note annuelle sur les données des produits pétroliers

[361] ECOBILAN / ADEME – Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants, PCW 2002, Novembre 2002

[362] VERMOREL M., JOUANY J.P., EUGENE M., SAUVANT D., NOBLET J, DOURMAD J.Y. – Evaluation quantitative des émissions de méthane entérique par les animaux d'élevage en 2007 en France. INRA prod. Anim., 2008, 21 (5), 403-418.

[363] SOLAGRO – Communication personnelle de M. Couturier du 2 août 2002

[364] Syndicat National des Industries du Plâtre – communication de données internes relatives à la production annuelle

[365] N E Klepeis, M G Apte, L A Gundel – chamber measurements of nicotine, particle mass, and particle size, 1999

[366] ADEME – Communications personnelles de MM. Bajeat et Charre relatives au taux de captage dans les décharges, 2002, 2009

[368] ADEME – Campagnes MODECOM (1993, 2007)

[371] EMEP / EEA Guidebook 2009, Chapter 6Cb « Industrial waste incineration, page 10/20

[372] INERIS – Caractérisation des biogaz- bibliographie - mesures sur sites, 2002

[373] GIEC 2006 – Traitement biologique des déchets solides, Volume 5, chapitre 4

[374] GIEC 2006 – Traitement et relargage des eaux usées, Volume 5, chapitre 6

[375] IFEN – Base de données EIDER, Rejets dans l'eau des principaux émetteurs industriels

[376] Décret n°2005-185 du 25 février 2005 relatif à la mise sur le marché des bateaux de plaisance et des pièces et éléments d'équipement

[377] BRGM/DPSM – Bilan méthane après-mines dans les bassins houillers français à partir de 2004, multi annuel

[378] ADEME – La pollution des sols liée aux activités de préservation du bois – 1998

[379] GIEC – Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapitre 2, page 2.20

[380] EURELECTRIC – European Wide Sector Specific Calculation Method for reporting to the European Pollutant Relase and Transfer Register, January 2008

[381] ERDF – Electricité Réseau Distribution France – rapport annuel « Développement Durable »

[382] IFN – Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane par télédétection satellitaire – Premiers résultats transmis le 16/11/2009

[383] IFN – Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 1 – Guadeloupe – Rapport final août 2009

[384] IFN – Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 2 – Martinique – Rapport final août 2009

[385] IFN – Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 3 – Réunion – Rapport final août 2009

[386] ONF – Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour les forêts de la Guadeloupe, de la Martinique et de la Réunion – Rapport final novembre 2008

[387] L'officiel du cycle, de la moto et du quad – Numéro annuel spécial statistique

[388] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook - Group 7: Road transport – May 2009

[389] TAAF – www.taaf.fr, 2009

[390] JOST C. – www.clipperton.fr

[391] GIEC – Guidelines 2006, Chapter 2, Pages 2.17 and 2.18, Table 2.3 stationary combustion in manufacturing industries and construction

[392] OFEFP - Coefficients d'émission des sources stationnaires, édition 2000, page 145

[393] EMEP / CORINAIR Guidebook, Edition septembre 1999, page B4611-6

[395] EPA – AP42. Janvier 1995, page 11.16-8, table 11.16-4

[396] CONCAWE – Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries, 2009

[397] GIEC – Guidelines 2006, Chapter 2, Pages 2.15 and 2.16, Table 2.2 stationary combustion in the energy industries

[398] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, Partie 1A2, table 3-24, May 2009

[399] ATILH – données internes communiquées le 28 octobre 2005 relatives à l'estimation du facteur d'émission de NH3 dans les cimenteries

[400] I.E.O.M. Institut d'Emission d'Outre-Mer, rapport annuel

[401] I.E.D.O.M. Institut d'Emission des Départements d'Outre-mer, rapport annuel

[402] Observatoire Energie Réunion - Bilan énergétique île de Mayotte, année 2008, édition 2009

[403] DIMENC – Bilan de l'énergie de Nouvelle-Calédonie 2007 à 2009 + coefficients de conversion

[404] Elf Aquitaine – Communications personnelles chaque année

[405] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009, Technical report No 9/2009 – chapter 11.A Volcanoes

[406] http://www.volcano.si.edu/

[407] OFEFP – Coefficients d'émission des sources stationnaires, édition 2000, page 90

[409] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, Part 1A2, table 3-26, May 2009

[410] SSP – AGRESTE. Données téléchargeables sur : http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/page-d-accueil/article/donnees-en-ligne.

[412] ADEME – Communication de M. Erwan AUTRET du 20 octobre 2009

[413] IPCC – Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories - Background Papers - Annex 1 - Table 2 - CH4 default emission factors, 2000

[414] EMEP/EEA – Emission Inventory Guidebook, Part B111(S1)-6, December 2006

[415] SOeS – L'activité pétrochimique en France, Données 2005-2008, Chiffres & statistiques, Publication annuelle

[416] GIEC – Guidelines for national greenhouse gases inventories », 2006, Vol. 3, chap. 7

[417] FEDEM – Communication de données annuelles relatives à la consommation de plomb

[418] E. TRUFFAUT – La fabrication du ferro-manganèse aux hauts-fourneaux en France, Soleils d'Acier, 2004

[419] EMEP / EEA Guidebook – Chapter B111, page 55, 2006

[420] ADEME – Les installations de traitement des ordures ménagères, résultats 2008

[421] CEREN – Bilan national du bois de chauffage, Janvier 2009

[422] Observ'ER : Synthèse annuelle du marché (anciennement SER – Brochure annuelle : le chauffage au bois domestique)

[423] Directive européenne 2002/88/CE relative aux moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers

[424] INRA INFOSOL – Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), 2009

[425] GALY LACAUX C. – Modification des échanges de constituants mineurs liés à la création d'une retenue hydroélectrique : Impact des barrages sur le bilan de méthane dans l'atmosphère, 1996

[426] ADEME/MEDDTL/DGPR – Performances de captage de biogaz de décharges, 2010[367] ADEME - Outil de calcul des émissions dans l'air de CH4, CO2, SOx et NOx issues des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés, mars 2003

[428] SOLAGRO – Note méthodologique : « Note d'estimation des gaz CH4 - CO2 - SOx - NOx des CET », 2002

[432] GIEC – Guidelines 2006, Volume 5, Chapitre 5, page 5-18

[433] EMEP/EEA – Emission Inventory Guidebook 2009, Chapter 6Cb Industrial waste incineration, May 2009

[434] Comité des Plastiques Agricoles (CPA) – Communication personnelle de Claude BERGER, 2010.

[435] FAO – Dietary Protein consumption per countries (extraction du site FAO 24/10/2010)

[436] MEDDTL – IREP, Déclarations des industriels (rejets directs en azote)

[437] GIEC – Good Practice Guidance, Chapter 4, p 4.73

[438] GIEC – Reference Manual, Chapter 4.5.4, Table 4-24

[439] IFEN – L'assainissement en France en 1998 et 2001, février 2006

[440] IFEN/SCEES – Enquête eau et assainissement 2004 dans les collectivités locales, 2006

[441] EMEP/CORINAIR – Guidebook 1996, Volume 2, page B 9103-2

[442] ADEME – Les marchés des activités liées aux déchets (publications régulières)

[443] MEDDTL – Efficacité énergétique du transport maritime, 2008

[444] EUROSTAT – Tables matricielles croisant le nombre de touchées de navires par Grand Port Maritime par classes de port en lourd et types de navires, 2007

[445] LLOYD'S – Base de données Seaweb, flotte et caractéristiques techniques des navires, 2007

[446] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2009 – secteur 1A1b – SNAP 010301/010302/010306 – FE NOx – p 43 à 49

[447] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2009 – secteur 1A1b – SNAP 010305 – FE NOx – p 50 et 51

[448] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2009 – secteur 1A1a – SNAP 010304 assimilée à SNAP 010104 et 010105 – FE NOx – p 33 et 34

[449] CONCAWE – Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries - 2009 edition, p 83

[450] GIEC – Guide sur les Bonnes Pratiques, 2003, chapitre 2 « Energie », tableau 2.16, page 2.86, « Pétrole conventionnel »

[451] EMEP EEA Emission Inventory Guidebook – May 2009, Section 1A4, table 3-28

[452] INSEE – Publication annuelle – Les consommations d'énergie dans l'industrie

[453] NERI – Heavy metal emissions for Danish road transport, technical report n° 780, 2010

[454] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook -- Technical report N° 9/2009- 1.A.3.b Road transport (update June 2010)

[456] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – Technical report N° 9/2009- 1.A.3.b.vi Road tyre and brake wear

[457] Fédération des industries du verre – Rapport d'activité annuel

[458] CITEPA – Etude comparative des rejets atmosphériques des principales énergies de chauffage – Avril 2003

[459] EMEP / EEA Guidebook – édition 2016 – 1A4 Small combustion - FE pour le 1A4b residential (Tables 3-16, 3-19, 3-21)

[460] Default emission factor Handbook 2nd edition - Janvier 1992 - Commission of european community

[462] EMEP / CORINAIR Guidebook – Février 1996 – Section « Small consumers »

[463] EMEP EEA Guidebook - Mai 2009 – Secteur 1A1 – Table 3-7 "Heavy fuel oil"

[464] EMEP / CORINAIR Guidebook – Mai 2009 - 2A6 - Table 3-1

[465] INSEE – Statistiques ProdFRA de 2008 à année N-1 – production de panneaux de particules (codes 1621131310 ; 1621122420 ; 1621135000 ; 1621131320)

[466] Arrêté du 3 octobre 2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

[467] Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC) – Données internes relatives à la composition des matériaux, 2011

[468] CORPEN – Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux vaches laitières et à leur système fourrager. Influence de l'alimentation et du niveau de prouction. Groupe "Alimentation animale" Sous groupe « Vaches laitières", 1999

[469] CORPEN – Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux bovins allaitants et aux bovins en croissance ou à l'engrais, issus des troupeaux allaitants et laitiers, et à leur système fourrager, 2001

[470] CORPEN – Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre, zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites, 2003

[471] CORPEN – Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre, zinc par les élevages avicoles. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections, 2006

[472] Ph. Schmidely, F. Meschy, J. Tessiera and D. Sauvant – Lactation Response and Nitrogen, Calcium, and Phosphorus Utilization of Dairy Goats Differing by the Genotype for αS1-Casein in Milk, and Fed Diets Varying in Crude Protein Concentration. Journal of Dairy Science. Volume 85, Issue 9, September 2002, Pages 2299-2307.

[473] William MARTIN-ROSSET – Nutrition et alimentation des chevaux. Editions QUAE, 2012

[476] Biomasse Normandie – Evaluation des quantités actuelles et futures des déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités. Lot 3 : Effluents d'élevage. Rapport final, 2002

[477] CNIEL, Institut de l'élevage – Observatoire de l'alimentation des vaches laitières. Données 2007

[478] Fichier réalisé par l'Institut de l'Elevage suite à une extraction des données des PMPOA 1 et 2. Communication du 31/01/2011

[479] IFIP – Le porc par les chiffres 2009

[480] Résultats des Enquêtes Bâtiment 1994, 2001 et 2008. Service de la statistique et de la prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement de Territoire

[481] EMEP/EEA Guidebook – 4B Animal husbandry and Manure Management, 2009

[482] B. Meda, P. Robin, C. Aubert, C. Rigolot, J.-Y. Dourmad and M. Hassouna, – MOLDAVI: A dynamic model simulating nutrient and energy flows from broiler rearing systems. A paraître dans Animal Sciences

[483] EMEP/EEA 2006. Manure Management regarding organic compounds. Group 10

[484] IIASA, Klimont Z, Cofala J, Bertok I, Amann M, Heyes C, Gyarfas F. – Modelling particulate emissions in Europe, A framework to estimate reduction potential and control costs. Interim report IR-02-076. December 2002, table 3.74

[485] MAAF / SSP – Résultats des Enquêtes Pratiques Culturales 2000, 2005 et 2011

[486] CITEPA – Méthodologie d'estimation des quantités de matière sèche et d'azote contenues dans les résidus de culture en France, 2013.

[487] EMEP/EEA – 4B Crop production and agricultural soils, 2009

[488] INERIS – Facteurs d'émission de polluants de feux simulés de déchets et de produits issus de la biomasse, 2011

[489] ADEME – Enquête nationale sur la gestion des déchets organiques - septembre 2008

[490] EMEP / EEA – Chapitre 4F Field burning of agricultural wastes, 2009

[491] ARER/OER (Observatoire Energie Réunion) – Bilan énergétique de la Réunion, Chiffres clés, publication annuelle

[492] DIMENC – Données internes du gouvernement de Nouvelle-Calédonie relative au bilan énergétique, 2011

[493] IFN/FCBA/SOLAGRO – Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, Novembre 2009

[494] ANMF – Fiches statistiques

[495] ANSES / AFSSA – Enquête INCA (Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires), 1999

[496] ANSES / AFSSA – Enquête INCA2 (Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires), 2009

[497] Direction générale des douanes – importation et exportation du carbure de calcium

[499] Kreider et al. – Physical and chemical characterization of tire-related particles: Comparison of particles generated using different methodologies – Science of total environment, 2010, p 632-659

[500] ADEME – Véhicules particuliers vendus en France. Evolution du marché, caractéristiques environnementales et techniques. Données et Références. Publication annuelle

[501] MIQUEL G. – Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport n° 261 du Sénat, avril 2001

[503] CORPEN – Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles. Groupe alimentation animale, sous-groupe aviculture, 1996

[504] CORPEN – Estimation des rejets d'azote - phosphore - calcium - cuivre et zinc par les élevages avicoles. Mise à jour des références CORPEN - Volailles de 2006, 2012, 61p.

[505] IFIP – GTE : Evolution des résultats moyens nationaux

[506] Haras Nationaux – Chiffres Clés de la filière équine, 2011 –. http://www.haras-nationaux.fr/fileadmin/bibliotheque/chiffres-2011-internet.pdf

[507] Haras Nationaux, 2012. Annuaire de la monte 2011 – Chiffres globaux, 2012 – http://www.haras-nationaux.fr/uploads/tx_dlcubeargus/chiffres_globaux_elevage.pdf

[508] EUGENE M., DOREAU M., LHERM M., VIALLARD D., FAVERDIN F., SAUVANT D. – Rapport préliminaire du projet MONDFERENT « Emissions de méthane par les bovins en France », 2012, 57p. à paraître.

[509] EUGENE M. – Outil de calcul accompagnant le rapport préliminaire du projet MONDFERENT « Emissions de méthane par les bovins en France », 2012, non publié.

[510] SAUVANT D., GIGER-REVERDIN S., SERMENT A., BROUDISCOU L. – « Influences des régimes et de leur fermentation dans le rumen sur la production de méthane par les ruminants » – INRA Prod. Anim., 24, 2011, 429-442

[511] MEDDE/DEB – Base de Données sur les Eaux Résiduaires Urbaines, 05/03/2012

[512] ADEME – ITOM : Les installations de traitement des ordures ménagères, résultats 2010

[513] INERIS – Caractérisation des biogaz – Bibliographie – mesures sur sites, 2002

[514] EPA – Background information Document for Updating AP42 section 2,4 for estimating Emissions from Municipal Solid Waste Landfills, 2010

[515] ADEME – Communications personnelles, 2000-2002

[516] ADEME – ITOM 6 : sixième inventaire des installations de traitement, de transit ou de mise en décharge de déchets ménagers et assimilés en France, 1995, p. 35

[517] Syndicat national du charbon de bois – Données annuelles internes

[518] Fédération nationale du bois – Données internes à partir de 2009

[519] Environnement Canada – Division des gaz à effet de serre – " La production d'aluminium de première fusion - Guide pour l'estimation des gaz à effet de serre produits par des systèmes de combustion et des procédés industriels ", mars 2004

[520] EReIE – Inventaires d'émissions de gaz fluorés dans le secteur d'activité des mousses d'isolation – résultats, novembre 2012

[521] GSK – GlaxoSmithKline – communication annuelle de données internes

[522] Arrêté du 22 septembre 2005 relatif à la réception des moteurs destinés à être installés sur les engins mobiles non routiers installés sur les engins mobiles non routiers

[523] US EPA – AP42 Ch.11 – Mineral product industry & Ch. 13 – Miscellaneous sources, 1995.

[525] Arrêté du 31 octobre 2012 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour sa troisième période (2013-2020)

[526] Données fournies par des producteurs de sucre, juillet 2009

[527] SNFS (Syndicat National des Fabricants de Sucre) – Données internes, octobre 2012

[528] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories – 2006, Chapitre 4 : Metal Industry Emissions, p4.65

[529] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories de 1996 – Page 2.7

[530] BREF Fabrication des polymères, Août 2007 – Chapitre PVC – p. 107 et 108

[532] SSP – Mémento Agreste Filière Forêt-Bois édition 2012

[533] IGN – Communication personnelle, septembre 2012

[534] ONF – Communication personnelle, septembre 2012

[535] Chambre d'Agriculture de la Somme – Epandage des produits organiques, Cahier Technique, Annexe 2, Août 2010

[536] CITEPA/MEDDE – Enquête auprès des exploitants d'ISDND sur les quantités de déchets stockés, 2012

[537] ADEME – Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets, 2005

[538] EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 – Chapitre 2.C.2 Ferroalloys production

[539] USGS Minerals Information - Aluminium

[540] Guide EMEP/EEA 2013 – Chapitre 2.C.3

[541] http://ledialoguesurlaluminium.com/laluminium/sa-fabrication/laluminium-de-première-fusion

[542] PULLES T. et al. – Emission factors for heavy metals from diesel and petrol used in European vehicles, Atmospheric Environment 2012, n°61, pp 641-651

[543] EMEP/EEA – Air Pollutant Emission Inventory Guidebook – Technical report N° 12/2013 - 1.A.3.b.vi Road tyre and brake wear

[544] EMEP/EEA – Air Pollutant Emission Inventory Guidebook -- Technical report N° 12/2013 - 1.A.3.b Road transport

[545] EEA – Données annuelles relatives à la surveillance des émissions de CO2 des véhicules particuliers en application du règlement 443/2009

[546] Observatoire national interministériel de la sécurité routière – Bilans annuels de la sécurité routière en France

[547] ANDRE M. et al. – Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France, rapport provisoire de l'IFSTTAR, 2013

[548] MEDDE/CGDD/SOeS – Enquêtes annuelles sur le transport routier de marchandises (TRM)

[549] MEDDE/CGDD/SOeS – Le transport collectif routier de voyageurs (publication annuelle)

[550] MEDDE/CGDD/SOeS – Enquêtes sur l'utilisation des VUL (publication quinquennale depuis 1986)

[551] MEDDE/CGDD/SOeS – Enquête sur l'utilisation des deux-roues motorisés, 2012

[552] DOUANES – Données annuelles de mise à la consommation d'agro-carburants issues des déclarations relatives à la TGAP (données non publiques)

[553] EMEP/EEA – Emission Inventory Guidebook 2013 – 1.A.3.c Railways

[554] Buckowiecki et al. – Iron, manganese and copper emitted by cargo and passenger trains in Zürich (Switzerland): size-segregated mass concentrations in ambient air, 2006

[555] EMEP/EEA – Emission Inventory Guidebook 2013 – 1.B.2.c Venting and flaring (p 11 - table 3-4)

[556] Base aérienne 702 - communication de données internes, octobre 2013

[557] Société Française de Radiothérapie Oncologique – Livre blanc de la radiothérapie en France, 2013

[558] GTT - communication de données internes, 2013

[559] Service statistique du Ministère en charge de l'environnement - SDES (ex SOeS et ex Observatoire de l'énergie) – Logement et construction Sit@del2 (publication annuelle)

[560] EMEP/EEA – Emission Inventory Guidebook 2013 – 1A2 Cement production (table 3-24)

[561] CFA – Comité Français des Aérosols – Estimation des ventes d'aérosols de crème chantilly en France et quantité de N2O contenu dans un boitier, 2013

[562] EMEP / CORINAIR Guidebook 1999, section B146-11 coke oven furnaces, table 8-2

[563] ADEME/ATEE/ Club Biogaz – Etat des lieux de la filière méthanisation en France (rapport finalisé sept. 2011), page 44, 2011

[564] ADEME/ATEE/ Club Biogaz – Etat des lieux de la filière méthanisation en France (rapport finalisé sept. 2011), pages 25-26, 2011

[565] EMEP / EEA – Emission Inventory Guidebook 2013 – 5.C.1.b.v Cremation (p9 - table 3-1)

[566] DIRECTION DE LA SECURITE CIVILE – Services d'incendie et de secours, statistiques annuelles

[567] ADEME – Amélioration de la connaissance des émissions atmosphériques liées aux brûlages de véhicules – contribution de cette source à l'inventaire national d'émissions, 2013

[568] EMEP / EEA – Emission Inventory Guidebook 2013 – 5.E Other Waste, Tier 2 Emissions factors, car fires (p.6)

[569] EMEP/EEA 2013 – 6.C Industrial waste incineration including hazardous waste and sewage sludge (page 11, table 3-2)

[570] EMEP / EEA 2013 – 6.C Industrial waste incineration including hazardous waste and sewage sludge (page 10, table 3-1)

[571] EMEP / EEA 2013 – 6.C Clinical waste incineration (page 10, table 3-2)

[573] Tinus et al. – Atmospheric Environment 61, 2012, 641-651

[574] EMEP / EEA 2013 – 1A4 Non-road mobile source & machinery, Table 3-1 (Tier 1)

[575] EMEP / EEA 2013 – 1A4 Small combustion, Table 3-13

[576] EPA – AP 42 Compilation of air pollutant emission factors, version en vigueur en Août 2013

[577] California Air resources Board – CATEF (California Air Toxics Emission Factor) – Base de données (http://www.arb.ca.gov/ei/catef/catef.htm), Facteurs d'émission pour les HAP

[578] Brasseurs de France – Statistiques de vente 2006-2010 (www.brasseurs-de-france.com), novembre 2013

[579] EMEP/EEA 2013 – Section 2.H.2 Food and beverages industry

[580] EMEP / EEA Mai 2009 – Secteur 1A4, Tables 3-22 et 3-28

[583] EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 – section B333-6

[584] CITEPA – Technical note on BAT in iron foundry industry, 1992, page 34

[585] EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 – section B339-5

[586] Guidebook EMEP/EEA 2013 Part B – Section 2C7a Copper production - Table 3.2

[587] EPA – AP42, Janvier 1995, tableau 12.12-1

[588] EMEP / CORINAIR Guidebook 1999 – section B427-5 à 7

[589] EMEP / EEA 2013 – Section 2.C.7.b Nickel production, Table 3.1

[590] GIEC – Guide sur les Bonnes Pratiques, 2003, chapitre 4, table 4.6

[591] MEDDE – Evaluation des quantités actuelles et futures de déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités, 2002, p 51-52. Disponible à l'adresse suivante : http://www.biomasse-normandie.org/IMG/pdf/rapport.pdf.

[592] Voortgangsrapport mestbank reports – Disponible à l'adresse suivante : http://www.vlm.be/lijsten/publicaties/Pages/MB_Voortgangsrapporten.asp

[593] EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 – section B146-6

[594] IGN - http://inventaire-forestier.ign.fr/

[595] VALLET et al – Development of total aboveground volume equations for seven important forest tree species in France, 2006

[596] ANDERSEN A. – Biomasse Normandie. Le chauffage domestique au bois – Approvisionnement et marchés. Réalisée pour l'ADEME, 1999

[597] Les cahiers du CLIP – La ressource en bois énergie, n°3 Octobre 1994

[598] AFOCEL – CTBA – Communication personnelle

[599] GUERIN F. – Emission de gaz à effet de serre (CO2,CH4) par une retenue de barrage hydroélectrique en zone tropicale (Petit-saut, Guyane française) : expérimentation et modélisation. Thèse soutenue en 2006

[600] DESCLOUX – EDF – Mise à jours de données de la thèse de F. GUERIN pour le barrage de Petit-Saut, 2013

[601] DRAAF Réunion – Surfaces incendiées annuellement sur l'île de La Réunion

[602] ONF – Université de Louvain – Analyse du réseau RENECOFOR, 2013

[603] GIEC – Guidelines for national greenhouse gases inventories », 2006, Vol. 3 chap.4.7, paragraphe 4.7.2.2, p 4.80

[604] Commission européenne – Règlement UE N°601/2012 du 21 juin 2012 relatif à la surveillance et à la déclaration des émissions de gaz à effet de serre au titre de la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil

[605] ADEME – Déchets / Chiffres clés, édition 2014

[606] GIEC – Guidelines 2006, Volume 5 Déchets, Chapitre 3

[607] GIEC – Guidelines 2006, Volume 5, Chapitre 3, Table 3.2

[608] MEDDE – Bureau de la Planification et de la Gestion des Déchets – Plan déchets 2014-2020, selon les hypothèses d'application du scénario de prospective tendancielle à l'horizon 2025

[609] IGN – GEOFLA

[610] INSEE (www.insee.fr)

[611] IEDOM/IEOM (www.iedom.fr / www.ieom.fr)

[612] Commission européenne – Annexe 1 aux lignes directrices DAU (TAXUD/1619/08 rev.3.4): Liste des pays de l'Union européenne, novembre 2013

[613] GIEC – Lignes directrices 2006 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Volume 3 Procédés industriels et utilisation des produits – Chapitre 2 – section 2.2

[614] Lignes directrices du GIEC – Version 2006 – Chapitre 2 : émissions dans l'industrie minérale – tableau 2.4

[615] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 5, Chapitre 6, Tables 6.2, 6.3, 6.4

[616] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 5, Chapitre 6, Wastewater treatment and discharge, 6.3.1.2 choice of emission factors

[617] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 5, chapitre 2, table 2.4

[618] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 2, chapitre 2.1

[619] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 5, chapitre 5, table 5.3

[620] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 5, table 5.6

[621] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 5, Chapitre 5, table 5.2

[622] INSEE – Indice de la production industrielle - Produit détaillé dans les industries manufacturières

[623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)

[624] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 3, Combustion mobile, Table 3.3.1 et 3.2.2

[625] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook – Table 3-24 cement production - 1A2, Edition 2013

[626] EMEP/EEA Emission inventory guidebook – Edition 2013 – Chapitre 1.B.1.b Fugitive emissions from solid fuels ; solid fuel transformation, Section 3.2.2, table 3-1 Tier 1 emission factors

[627] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 4, Fugitive emissions, Table 4.2.4, p4.50

[628] EMEP / EEA 2013 – Section 1.B.2.a.v Distribution of oil products, p.17

[629] Transport Infrastructure Gaz France (TIGF) – Données internes, avril - octobre 2014

[630] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – Technical report N° 12/2013- 1.A.3.b.v Gasoline evaporation

[631] OREC (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat) créé en 2013 – Bilan énergétique de la Guadeloupe, publication annuelle

[632] OREDD (Observatoire Régional de l'Energie et du Développement Durable) créé en 2008 – Bilan énergétique de la Guyane, publication annuelle

[633] OMEGA (Observatoire Martiniquais de l'Energie et des Gaz à effet de serre) créé en 2013 – Bilan énergétique de la Martinique, publication annuelle

[634] COGO Base Carbone du 19 septembre 2012 – PCI anhydre moyen du bois

[635] IPCC – 2006 Guidelines for National Greenhouse gas Inventories – Volume 2 – chapitre 1 – table 1.2

[637] EMEP/EEA Guidebook – edition 2013 – 1A1 Energy industries - Appendix C sulphur content in fuels – contenu en soufre du gaz de haut fourneau (blast furnace)

[638] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 2 - section I.8 - table 1- 4 (CO2) ; Volume 2 - tables 2.2, 2.3, 2.4 et 2.5 (CH4 et N2O)

[639] Données internes Gaz de France basées sur des mesures

[641] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 3 – Industrial Processes and product Use – Chapter 1: Introduction

[642] EMEP/EEA guidebook, 1A3b road transport, version 2013 updated 09/2014

[643] Commission Européenne – BREF Incinération des déchets p406 et 412 – Août 2006

[644] Direction générale des douanes – importation et exportation d'urée

[645] IPCC – Guidelines 2006 – Volume 2 – Chapitre 3 Combustion sources mobiles, Table 3.3.1

[646] IPCC – Guidelines 2006 – Volume 2 – Chapitre 2 Combustion sources fixes, Table 2.5

[647] EMEP EEA Guidebook – mai 2009 - Secteur 1A4, table 3.22

[648] F2 Chemicals – Communication de données internes annuelles

[649] ADEME – Déclaration des flux de SF6 dans le secteur des équipements électriques

[650] Oko-Recherch – « SF6 Bestand und Emissionen aus Teilchenbeschleunigern », 2012

[651] INRA – communication de données internes, 2014

[652] IRSN – communication de données internes, 2014

[653] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 3, Chapitre 5, section 5.2.2.2

[654] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 3, Chapitre 5, section 5.3.2.2

[655] Aubert et Coutelet, 2013, Les rejets d'azote et de phosphore par les élevages de lapins : évolution et perspectives. TeMA n°28 - octobre/novembre/décembre 2013

[656] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 10

[657] CIV, 2012. Alimentation des bovins : rations moyennes et autonomie alimentaire

[658] INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins - Besoins des animaux - Valeurs des aliments - Tables INRA 2007

[660] MeteoFrance, www.meteofrance.com

[661] Ecosecurities – CITEPA, 2007. Méthodologie spécifique pour les projets de Méthanisation des effluents d'élevage

[662] Enquêtes TERUTI, 1992-2003, Service Statistique et Prospective du Ministère de l'Agriculture.

[663] La culture du riz en Camargue http://www.rizdecamargue.com/section/culture/une-r%C3%A9gion-un-m%C3%A9tier

[666] Bilan de l'énergie Outre-mer annuel compilé par le CITEPA

[667] Gasoline Aviation Designation, DERD 2485, 91-90/Issue 1, 8 May 1996

[668] Edition annuelle du Bilan RSE SNCF

[669] GIEC – Guidelines 2006, Volume 2, Chapitre 3

[670] Commission des Comptes et Transports de la Nation (CCTN), Les transports, éditions annuelles. Section transport de marchandises - Tableau E.4.c

[671] EMEP/EEA Emission inventory Guidebook 2013, Navigation section

[672] GIEC 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4

[673] IGN – ONF Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol entre 1990 et 2012, Novembre 2014

[674] Carbone 4. Méthode opérationnelle de comptabilisation des produits-bois dans l'inventaire national GES, Juin 2014.

[675] Emission factors for heavy metals from diesel and petrol used in European vehicles - Table 6. Atmospheric environment 61 (2012) 641-651. Pulles et al.

[676] Guide méthodologique E-PRTR de déclaration des rejets pollutants des sites thermiques à flamme

[677] CONCAWE - Air Pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries, 2009 edition, HAP unece pour le gaz de raffinerie (p78 - table 29)

[678] Guidebook EMEP-2009 p.122

[679] Caractéristiques des gisements de gaz naturel http://www.societechimiquedefrance.fr/extras/Donnees/archives/donnees%206eme%20edition%201994/produits%20organiques/gaznaturel.htm

[681] Emissions of Black carbon and Organic carbon in Norway 1990-2011

[682] FE CO2 par défaut du transport aérien, CENWG10 EG 5 : "Default values for air transport" – FNAM, Date: 11/02/2010

[683] CEFIC – European Chemical Industry Council. Communication de données sectorielles pour le nettoyage à sec et le dégraissage.

[684] INSEE – Données statistiques sur les productions de produits à base de solvants ou aqueux (peintures, encres, etc.) (ProdFRA de l'année 2009 à n-1)

[685] Direction générale des douanes et droits indirects – Données imports/exports

[686] ADEME - Panorama du marché du polyuréthane et état de l'art de ses techniques de recyclage (février 2014)

[687] CITEPA - Mise à jour des données relatives aux moyens de réduction des émissions de pentane issues de la transformation du polystyrène expansé. Citepa, 2015

[688] ADEME – Observatoire des Fluides Frigorigènes

[689] Etude isOlafrance sur la production de polyuréthane projeté http://www.association-technique-polyurethane-projete.fr/

[690] BASF - Communication confidentielle annuelle

[691] Lignes directrices du GIEC 2006 – Volume 3 – Chapitre 7 – Tableaux 7.6 et 7.7

[692] GIFAM - Communication confidentielle annuelle

[693] Siemens – informations sur le taux d'émission de HFC lors du recyclage

[694] DuPont – Communication annuelle de données internes

[695] Solvay – Communication annuelle de données internes

[696] Schneider Electric – taux de perte vidange du SF6 des équipements en fin de vie

[697] BORT R., ANDRE J-M., SERVEAU L. – Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs - CITEPA, 2013

[698] SSP – AGRESTE. PRODCOM - Production commercialisée des produits des IAA. Données téléchargeables sur : https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-web/accueil.disar

[699] Projet CORTEA EMICER : Estimation des émissions liées à la manutention et au séchage des céréales. Note du CITEPA 2015

[701] MEDDE /CGDD /Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme/SES. Mémento de statistiques des transports — Résultats de 1980 à 2014, éditions bisannuelles. Chapitre 6 Navigation intérieure — Tableau 6.5.1.

[702] Alliance contre le tabac - Livre Blanc sur le contrôle du tabac en France d'Outre-Mer, Septembre 2014

[703] Guidebook EMEP 2013 - 1A4 Non-road mobile source & machinery - Table 3-1 (Tier 1)

[704] Institut de l'élevage – Communication des poids moyens relatifs aux ovins en France. 2015

[705] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol. 3, chap. 3, page 3.75

[706] IFA – FAO - Estimation des émissions gazeuses de NH3, NO et N2O par les terres agricoles à l'échelle mondiale - édité en 2003

[707] MAAPRAT / SSP – Résultats des Enquêtes Pratiques Culturales 2006 (viticulture)

[708] AMADEPA - Le brûlage de la canne à sucre en Martinique : évolution, motivations, impacts. De la nécessité d'un engagement collectif, 2007

[709] CIRAD – LA canne à sucre et l'environnement à la Réunion, 2005

[710] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 4, Chap. 12

[712] A3M – Communication de données annuelles relatives à la consommation de plomb

[713] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B section 2C Lead production

[714] Recytech - Communications annuelles

[715] USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française) - Les produits de l'industrie routière. Publication annuelle

[717] CITEPA - Analyse réglementaire relative aux émissions atmosphériques des installations de production d'enrobés routiers. Rapport d'étude et base de données B11. Janvier 2016, confidentiel

[718] Marland, E. S., Stellar, K. & Marland, G. H. A distributed approach to accounting for carbon in wood products. Mitigation Adapt. Strat. Glob. Change 15, 71:91 (2010).

[719] INRA, Unité Infosol, Base de données géographique des sols de France, 1999.

[720] Cubizolle, H., Mouandza, M. M., & Muller, F. (2013). Mires and Histosols in French Guiana (South America): new data relating to location and area. Mires and Peat, 12(3), 1-10.

[721] Robert C. 2016, Comprendre les changements d'utilisation des terres en France pour mieux estimer leurs impacts sur les émissions de gaz à effet de serre. De l'observation à la modélisation. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Diderot, ADEME-CITEPA-LADYSS, 530p

[722] JRC, Carte des zones climatiques en Europe, d'après le Giec. http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/RenewableEnergy/

[723] base de données sur les incendies de forêt (BDIFF). bdiff.ifn.fr

[724] "SDIS974, Dispositif de lutte contre les feux de forêts à La Réunion Saison 2015. Présentation du dispositif de lutte contre les feux de forêts. Mercredi 7 octobre 2014

http://www.sdis974.re/fileadmin/user_upload/les_rencontres_de_la_securite__2015/2015_DISPOSITIF_FEUX_DE_FORET_dossier_de_presse.pdf"

[725] Feux de végétation - d'après l'etat major de la zone de défense de Guyane

http://www.guyane.pref.gouv.fr/Politiques-publiques/Protection-de-la-population/Enseignements-et-evenements-reels/Les-feux-de-vegetations-en-Guyane-et-retour-d-experience

[726] Orientations Forestières du Département de Mayotte Préfigurant le Programme de la Forêt et du Bois du Département de Mayotte, 2015. voir pages utilisées dans l'onglet DOM, section Mayotte

http://www.mayotte.pref.gouv.fr/content/download/4924/41778/file/OFDM-PFBDM%20Mayotte_versionFinale.pdf"

[727] Eurobitume – European bitumen consumption statistics. Publication annuelle depuis 2008

[728] ToiturePro – Bardeaux d'asphalte, Description du produit - https://www.toiturepro.com/revetement/bardeau-d-asphalte

[729] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B, 2.D.3.c Asphalt roofing

[730] R. Sonan Occho. CCCFA. adblue® pour véhicules légers diesel (véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers). Réunion UIP/CCFA – Octobre 2014

[731] GIEC, IPCC Waste Tool (modèle de cinétique de dégradation d'ordre 1 des déchets)

[732] GIEC – Guidelines 2006, Volume 5, Chapitre 2, Table 2.4

[733] Rhodia – Communication de données confidentielles. Octobre 2002

[734] SESSI/INSEE - Enquêtes (2006, 2008, 2012) sur la production des déchets dans l'industrie

[735] EMEP/EEA 2013 – 5A Biological treatment – Solid waste disposal on land

[736] ADEME - Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmoshériques du compostage - connaissances acquises et synthèse bibliographique;

[737] SYPRED - Panorama de la gestion des déchets dangereux (tonnages traités en France en 2014)

[738] GIEC - Lignes Directrices 2006, Volume 5, chapitre 5, paragraphe 5.4.2

[739] Jared Downard & al. - Uncontrolled combustion of shredded tires in a landfill Part 1 : characterization of gaseous and particles emissions, 2015

[740] EMEP / EEA Emission inventory guidebook 2013 – 2.B Chemical industries

[741] EMEP / EEA Emission inventory guidebook 2013 – 5.C.2 Open burning of waste / Table 3-1 : Tier 1 Emissions factors for small scale burning

[742] Pechiney – Vérification des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre de l'Engagement Volontaire AERES –Périmètre France Années 2001, 2002 et 2003. Octobre 2004

[743] GIEC - Lignes Directrices 2006, Volume 5, chapitre 5, paragraphe 5.2.1.1, equation 5.2

[744] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B section 2C Aluminium production

[745] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B section 2D3b Road paving with asphalt

[746] IIASA - Interim report: Primary Emissions of Submicron and Carbonaceous particles in Europe and the Potential for their Control - Kaarle Kupiainen, Zbigniew Klimont, 2004

[747] EMEP / EEA Mai 2009 – Secteur 1A4, Table 3-9 « Other liquid fuels »

[748] UNEP - Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases. Edition 2.1 - Décembre 2005 - UNEP Chemicals - Table 35, 37, 48, 50

[749] INSEE – Statistiques ProdFRA de 2008 à année N-1 – production de polyesters (codes 2016407000; 2016408000)

[750] MEDDE - Publication "Vers l'interdiction du perchloréthylène en France" - Aout 2013

[751] CEMAGREF -Le lagunage naturel, leçons tirées de 15 ans de pratiques en France (96/0219), 1997

[752] Ministère de l'environnement - Base de Données sur les Eaux Résiduaires Urbaines

[753] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2A1 Cement production - table 3.1

[754] US EPA - AP 42 - 5ème édition, Volume 1 - Chapter 11.6 : portland cement manufacturing

[755] IIASA - A framework to estimate the potential and costs for the control of fine particulate emissions in Europe, Interim Report IR-01-023 - 2001.

[756] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1A2 Manufacturing industries and construction - table 3.3 Tier 1 emission factor for 1A2 combustion in industry using gaseous fuels

[757] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2A3 Glass Production, tables 3.2 à 3.7

[758] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2A2 Lime Production, table 3.1

[759] http://outils.ifip.asso.fr/CritStand/CourbeCroit/Default.aspx

[760] Agreste, 1999. La cuniculture française - Enquête cuniculture 1994. Les cahiers de l'Agreste novembre 1999 n°42 et 43.

[761] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.A.2 Manufacturing industries and construction (combustion), tables 3-2 à 3-5

[762] Methodology report on the calculation of emissions to air from the sectors Energy, Industry and Waste, as used by the Dutch Pollutant Release and Transfer Register – National Institute for Public Health and the Environment – RIVM Report 2016-0055 – page 48

[763] GIEC – Guidelines 2006, Volume 3, Chapitre 2, Industrial industry - Table 2.1

[764] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.A.1 Energy industries, table 3-2 Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.a using hard coal

[765] HOULLIER C. et CROZET B. - Analyse critique des méthodes utilisées par différents pays pour établir leurs inventaires nationaux d'émissions de dioxyde de carbone - mai 1992, CITEPA

[766] Rapport CARBOFOR - teneur moyenne en carbone du bois (page 65), Juin 2004

[767] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.B.1.b Fugitive emissions from solid fuels - Solid fuel transformation, Table 3-1 Tier 1 emission factors for source category 1.B.1.b Solid fuel transformation

[768] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.A.1 Energy industries, table 3-5 Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.a using heavy fuel oil

[769] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2.C.1 Iron and steel production, Table 3.1 Tier 1 emission factors for source category 2.C.1 Iron and steel production

[770] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2.C.2 Ferroalloys production, Table 3.1 Tier 1 emission factors for source category 2.C.2 Ferroalloys production

[771] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 3_1_Chapitre 1_Introduction, Box 1.1

[772] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 3_5_Chapitre 5_Non energy products from fuels and solvent use, paragraphe 5.5 Solvent use

[773] EDF – Electricité de France – rapport annuel « Développement Durable »

[774] Enertime – Base de données système ORC en France, 2016

[775] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Table 3-38 p76 et Table 3-40 p78

[776] Communication personnelle de COOP de France Déshydratation sur les données de production et de consommation d'énergie pour le secteur de la déshydratation de fourrage vert

[777] Guide technique : Méthodes de quantification des flux annuels des unités de déshydratation de fourrages pour les polluants du registre E-PRTR - Etude LRD/CITEPA - Juillet 2010 - ETUDE CONFIDENTIELLE

[778] Rapport de synthèse réglementaire - Impact du préfanage à plat sur les rejets de polluants atmosphériques des installations du secteur de la déshydratation - Etude LRD/CITEPA - Juillet 2010 - ETUDE CONFIDENTIELLE

[779] MISE A JOUR DU FACTEUR D'EMISSION DES COVNM DES INSTALLATIONS DE DESHYDRATATION DE FOURRAGE UTILISE DANS LE CADRE DE L'ARRETE GEREP - CITEPA pour COOP de France - Avril 2016 - ETUDE CONFIDENTIELLE

[780] Compte rendu du CITEPA (Laëtitia SERVEAU) de la réunion dans les locaux de COOP de France déshydratation avec Yann MARTINET du 24 août 2016

[781] Données communiquées par COOP de France déshydratation (Yann MARTINET) par mail le 20 juillet 2016

[782] Mail reçu de COOP de France déshydratation (Yann MARTINET) du 24/08/2016 sur deux rapports d'essai réalisés sur les particules en termes de granulométrie - ETUDE CONFIDENTIELLE

[783] Méthode GRDF pour déterminer les émissions de méthane du Réseau de distribution de gaz naturel en France

[784] Méthode GRTgaz pour déterminer les émissions de méthane du Réseau de transport de gaz naturel en France, GRTgaz, 17/10/2016

[785] Méthode TIGF pour déterminer les émissions de méthane du Réseau de transport de gaz naturel en France, TIGF, mail 04/14/2016

[786] Evaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. RMT Elevages et Environnement, 2015, Paris, 26 pages.

[787] Guide EMEP/EEA 2013 – Chapitre 1A3a - Aviation

[788] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP). Observatoires volcanologiques

http://www.ipgp.fr/fr/ovpf/activite-recente-piton-de-fournaise

http://www.ipgp.fr/sites/default/files/liste_activite_fournaise_1998_2016_0.pdf

http://www.ipgp.fr/fr/ovsg/soufriere-de-guadeloupe

http://www.ipgp.fr/fr/ovsm/montagne-pelee

[789] Agreste, L'essentiel du recensement agricole 2010 - Mayotte

[790] Schéma directeur de l'aménagement agricole et rural de Mayotte, 2009.

[791] FAO, Evaluation des ressources forestières mondiales 2010 - Mayotte

[792] Base de données OMINEA

[793] Rigolot C., Espagnol S., Pomar C., Dourmad J.Y., 2010a. Modelling of manure production by pigs and NH3, N2O and CH4 emissions. Part I: animal excretion and enteric CH4, effect of feeding and performance. Animal, 4, 1401-1412

[794] SAUVANT D., GIGER-REVERDIN S. – « Modélisation des interactions digestives et de la production de méthane chez les ruminants » – INRA Prod. Anim., 22, 2009, 375-384

[795] SIMPSON D. Inventorying emissions from nature in Europe. Journal of Geophysical Research. 1999

[796] EUGENE M., MANSARD L. – Rapport final du projet MONDFERENT 2 « Emissions de méthane entérique et MOND des petits ruminants en France », 2015, non publié.

[797] EUGENE M., MANSARD L. – Outil de calcul accompagnant le rapport du projet MONDFERENT 2 «Emissions de méthane entérique et MOND des petits ruminants en France», 2015, non publié.

[798] Base de données SINOE - ADEME

[799] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 11

[800] Groot Koerkamp, 1993. Review on emissions of ammonia from housing systems for layins hens in relation to sources, processes, building design and manure handling.

[801] Acquisition de facteurs d'émissions d'ammoniac en élevages de volailles - Rapport final. ITAVI/ADEME. 11 décembre 2015. P. 30/45

[802] Clement and Tashiro (1991). Forest fires as a source of PCDD and PCDF. 11th International Symposium on Chlorinated dioxins and related compounds, 1991

[803] Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030. ADEME. Juillet 2013

[804] Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol

[805] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 5

[806] RTE Guyane - Référentiel Technico-Economique agricole, 2002 et 2012

[807] Fiches d'Itinéraires Technique - Chambre d'Agriculture de Martinique, 2014

[808] Base de données Corine Land Cover, Agence Européenne pour l'Environnement

[809] Options for Ammonia Mitigation - Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen

[900] EMEP 2016, Chapitre 3D - Crop production and agricultural soils.

[901] Composition des effluents porcins - Institut Technique du Porc, 2005

[902] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 2

[903] GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 2, Chapitre 3.6

[904] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.3.b.vi-vii Road tyre and brake wear

[906] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update July 2017 - 1.A.3.a Aviation

[907] Données locales d'énergie (gaz) - https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-locales-denergie/#_

[908] Données locales d'énergie (électricité) - https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-locales-denergie/#_

[910] Réseau RASTA (Réseau d'Aides Scientifiques et Techniques des Accélérateurs) - http://rasta.free-hosting.fr/partenaires

[911] Santé publique France (Inpes) - Baromètre santé DOM 2014 - http://inpes.santepubliquefrance.fr/Barometres/barometre-sante-DOM-2014/index.asp

[912] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 11.C Other natural sources B111000 Lightning 2016

[913] INSEE - Code officiel géographique au 1er janvier 2017 - https://www.insee.fr/fr/information/2666684#titre-bloc-23

[914] JO (UE) - RÈGLEMENT (UE) 2016/2066 DE LA COMMISSION du 21 novembre 2016 - http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R2066&from=FR

[915] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.3.c Railways

[916] INSEE – Statistiques ProdFRA de 2008 à année N-1 – production d'éthanol (codes 2014740000-Alcool éthylique non dénaturé, >= 80 % en volume, non rectifié et 2014750000-Alcool éthylique et eaux de vie dénaturés, de tous titres)

[917] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2H2 Food and Beverages industry, table 3-7 FE COVNM de la fermentation

[918] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 1999 - Group04 Production process, page B4510-4, table 8.1

[919] EMEP EEA Guidebook version 2013 - 2B Chemical Industry, tables 3-41 et 3-42 (FE poussières)

[920] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A1 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1

[921] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.3.d Navigation -shipping

[922] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A3 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1

[923] Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC, Switzerland.

[924] COPACEL - Statistiques annuelles sur la production de pâte à papier

[925] Guidebook EMEP 2016- Chapter 2H1 Pulp and paper industry - Tier 2 (table 3.2)

[926] BREF "pulp and paper production" - Best available techniques (BAT) - Reference document for the production of pulp, paper and board - 2015

[927] Décision du 26/09/2014 établissant les conclusions sur les MTD pour la production de pâte à papier, de papier et de carton

[928] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A5c - storage, handling and transport of mineral products

[929] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A2 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1

[930] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2.C.7.a Copper production - Section 3.3.2 Technology-specific emission factors - Table 3-2 and 3-3

[931] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.B.2.c Venting and flaring, table 3-1

[932] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.1 Energy industries, tables 4-5 et 4-6, FE TSP pour le gaz naturel et le FOD

[933] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.1 Energy industries, tables 4-8, FE BC pour les moteurs au FOD

[934] Concawe - report 9/16 Emission factors for metals from combustion of refinery fuel gas and residual fuel oil - Table 1 pour le gaz de raffinerie

[935] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1A4 Non-road mobile sources and machinery, table 3-1, FE NH3 / FE BC / FE particules GPL

[936] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.1 Energy industries, tables 3-2 / 3-4 / 3-7 / 3-11 / 3-19, FE BC

[937] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction - Table 3-13

[938] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1A4 Non-road mobile sources and machinery, Appendix E, Fraction black carbon pour EMNR diesel (moyenne entre <130kW et >130kW selon les normes)

[939] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.1 Energy industries, tables 3-2 / 3-4 / 3-5 / 3-6, FE CO et COVNM

[940] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.4 Small combustion, tables 3-29 / 3-30 / 3-31 / 3-37 pour FE NOx, TSP, CO et COVNM et tables 3-3 / 3-6 / 3-10 pour FE NH3

[941] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2.D.3.i, 2.G Other solvent and product use, table 3-5

[942] INSEE – Données statistiques sur les productions de produits inorganiques (ProdFRA de l'année 2009 à n-1)

[943] FAO – site internet FAOSTAT – Statistiques sur la production d'engrais phosphatés

[944] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction - Table 3-17

[945] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.B Chemical industry, table 3.7

[946] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.B Chemical industry, table 3.30

[947] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Section 2.C.7.b Nickel production - Table 3.1

[948] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Section 2.B.10.a other chemical industry - Table 3.35

[949] République Française – Circulaire du 14 avril 1962 relative à l'évacuation et au traitement des ordures ménagères

[950] 2006 IPCC Guidelines, Volume 3 chapter 4 table 4.7 (pp 4.39)

[951] Best Available Techniques (BAT) Reference (BREF) Document for Iron and Steel Production - 2013

[952] Norme NF EN 1964-2 - Détermination des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les industries énergo-intensives - Partie 2 : Industrie sidérurgique (17 septembre 2016)

[953] 2006 IPCC Guidelines, Volume 3 chapter 4 - Metal Industry - table 4.3

[954] GreenHouse gas emissions from biological treatment of waste - Overview of existing measurements, Oonk & al., Mars 2017

[955] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.B.1.a Fugitive emissions from solid fuels: Coal mining and handling, table 3.6

[956] Statistiques des services d'incendie et de secours (SDIS)

[957] Statistiques de la Fédération Forge et Fonderie

[958] USGS, Minerals Yearbook - Ferromanganese and silicomanganese : world production by country

[959] 2006 IPCC Guidelines, Volume 3 chapter 4 - Metal Industry - table 4.5 - pp 4.37

[960] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Section 3B Manure Management

[961] Institut de l'élevage, juin 2014. Alimentation des ovins : rations moyennes et niveaux d'autonomie alimentaire.

[962] INRA, Projet C-SOPRA (Prédiction des impacts des pratiques culturales sur le stockage et déstockage de C organique en sols agricoles) (en cours)

[963] INRA, Etude 4 pour 1000 (Le potentiel de l'agriculture et de la forêt françaises en vue de l'objectif d'un stockage de carbone dans les sols à hauteur de 4 pour mille) (en cours)

[964] Riziculture - La paille de riz Camarguaise - Pratiques au champ et filières de valorisation pour un développement durable. Inra, Cemagref, 2009.

[965] Base de Données d'Analyses des Terres – BDAT, GIS SOL.

[966] Hassouna M., Meda B., Chantal A., Dourmad J-Y., Garcia Launay F. Excretions of organic matter and nitrogen of poultry and pig productions to assess gas emissions, MONDFERENT 2. Novembre 2015, non publié

[967] EMEP / EEA emission inventory guidebook, 2016, 3F Field burning of agricultural residues

[968] US EPA - AP 42 - 5ème édition, Volume 1 - Chapter 1.6 : Wood Residue Combustion In Boilers - table 1.6-3

[969] Institut National du Cancer – L'essentiel de la radiothérapie en France en 2016

[970] EMEP / EEA emissions inventory guidebook 2016, 1.B.2.c Venting and flaring, Table 3-4 Tier 2 emission factors for source category 1.B.2.c , p12

[971] EMEP / EEA emissions inventory guidebook 2016, 2.B.6 Titanium dioxide production, chloride process - Table 3.21 Tier 2 emission factors for source category

[972] CITEPA - Emissions de COV issues des stations-service, 2007, p105 et p145

[973] Guide EMEP/EEA 2016, 1.B.2.a.v Distribution of oil products, Table 3-15, p.17-18-20

[974] DSECE – Données d'importation et d'exportation - https://lekiosque.finances.gouv.fr/portail_default.asp

[975] Rapports annuels IEOM - Institut d'Emission des départements d'Outre-Mer (http://www.ieom.fr/ieom/publications/)

[976] ONFi Luc Durrieu de Madron Évaluation de la biomasse à St Pierre et Miquelon en Nouvelle Calédonie, à Wallis et Futuna Paris, 14 mai 2009].

[977] Bélanger et al. 2008. Rapport de mission sur l'état des bois de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.

[978] Marianne Rubio (ONF), Inventaire national des GES du secteur UTCF pour les territoires d'outre-mer - Polynesie francaise. Mai 2009]

[979] Cartes relatives à l'occupation du sol à Wallis et Futuna, Service territorial des affaires rurales et de la pêche (STARP), 2008, http://orioai.univ-nc.nc/search-gred/notice/view/univ-nc.nc-ori-15466

[980] Résultats des Enquêtes Pratiques d'élevage, 2015. Service de la Statistique et de la Prospective Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

[981] Institut du Porc, 2010. Porc performances 2009

[982] IDELE, 2004. Une nurserie adaptée aux besoins des animaux.

[983] IDELE, Octobre 2016. Estimation des flux d'azote associés aux ovins, aux caprins, aux équins et à leurs systèmes fourragers.

[984] Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE). Bases de données du SIRE et de l'Observatoire Economique et Social du Cheval (http://statscheval.haras-nationaux.fr)

[985] Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE), 2012 et 2016. Annuaires ECUS.

[986] EUGENE M., SAUVANT D., NOZIERE P., VIALLARD D., OUESLATI K., LHERM M., MATHIAS E., DOREAU M. A new Tier 3 method to calculate methane emission inventory for ruminants. Journal of Environmental Management 231 (2019) 982-988.

[987] Communication annuelle ITAVI. Données d'effectifs des poulets de chair par mode de production (export, standard, lourd, CCP, bio, label rouge) et des poules pondeuses par mode de production (au sol, bio, en cage, label rouge, plein air).

[988] Sampère, J. 2017. Mise en place d'un protocole d'estimation des changements d'occupation des sols sur le territoire de France métropolitaine. Mémoire de Master 2 Environnement : Dynamiques des territoires et des sociétés, sous la direction de M. Cohen et C. Robert. 94p.

[989] Levasseur 2003, 2006. Etat des lieux du traitement des lisiers de porcs en France

[990] Lessirard 2007. La filiere porcine francaise et le developpement durable

[991] Bilan UGPVB. Données 2013 : 421 stations de traitement de lisier de porc en service. Enquête auprès des groupements de producteurs de porcs

[992] UGPVB 2016, 2017. Rapport d'activité

[993] Canaveira, P., Manso, S., Pellis, G., Perugini, L., De Angelis, P., Neves, R., Papale, D., Paulino, J., Pereira, T., Pina, A., Pita, G., Santos, E., Scarascia-Mugnozza, G., Domingos, T., and Chiti, T. (2018). Biomass Data on Cropland and Grassland in the Mediterranean Region. Final Report for Action A4 of Project MediNet

[994] Roux, A., Dhôte, J. F., Achat, D., Bastick, C., Colin, A., Bailly, A., & Schmitt, B. (2017). Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique. Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon, 2050, 101.

[995] LAGADEC S., LANDRAIN P., BELLEC F., MASSON L., DAPELLO C., GUINGAND N., 2015. Enquête sur 31 laveurs d'air de porcherie en Bretagne, clés d'amélioration de l'efficacité sur l'abattement de l'ammoniac. Journées de la Recherche Porcine en France, 47:177-182.

[996] Pignard, G. et J. L. Dupouey (2000). "Carbon stocks estimates for french forests." Biology Agronomy Society and Environment 4(4): 285-289

[997] PUIG H., J.P. DELOBELLE (1988). Production de litière, nécromasse, apports minéraux au sol par la litière en forêt guyanaise, Revue écologie (Terre Vie). 43: 3-22 p.

[998] "Meersmans, Manuel Martin, Lacarce, De Baets, Jolivet, et al.. A high resolution map of French soil organic carbon. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2012, 32 (4), pp.841-851."

[999] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update July 2018 - 1.A.3.b.i-iv Road transport

[1000] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Update April 2018 - 1.A.3.b.v Gasoline evaporation

[1001] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.C.5

[1002] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.C.6

[1003] Concawe - report 4/17 Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries - Values for 'Destruction of a gaseous stream - EF for fuel gas in a furnace'

© CITEPA 2019
www.citepa.org
infos@citepa.org
42, rue de Paradis
75010 PARIS