REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana - Tanindrazana - Fandrosoana

RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL DES EMISSIONS DE GES
NATIONAL INVENTORY REPORT (NIR)

Mars 2026

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX i

LISTE DES FIGURES ii

LISTE DES ACRONYMES iv

RÉSUMÉ EXÉCUTIF 4

Chapitre 1 : Situation nationale, dispositions institutionnelles et informations transversales 8

1.1 Informations générales sur les inventaires de GES et le changement climatique 8
1.2 Description de la situation nationale et des dispositions institutionnelles 8
1.2.1. Entité nationale ou point focal national 9
1.2.2. Processus de préparation de l'inventaire 9
1.2.3. Archivage des informations 9
1.2.4. Processus d'examen officiel et d'approbation de l'inventaire 10
1.3 Brève description générale des méthodologies 10
1.4 Description des catégories clés 11
1.4.1 Résultats de l'analyse sans le secteur UTCATF pour l'année de base 1994 et la dernière année de l'inventaire 2023 12
1.4.2 Résultats de l'analyse sans le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019 13
1.4.3 Les catégories clés avec le secteur UTCATF pour l'année de base 1994 et la dernière année de l'inventaire 2023 16
1.4.4 Résultats de l'analyse avec le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019 18
1.5 Brève description générale du plan d'AQ/CQ et de sa mise en œuvre 21
1.6 Évaluation générale de l'incertitude, y compris les données relatives à l'incertitude globale des totaux d'inventaire 21
1.7 Évaluation générale de l'exhaustivité 25
1.7.1 Informations sur l'exhaustivité 25
1.7.2 Description des catégories non significatives, le cas échéant 28
1.7.3 Émissions globales totales considérées comme négligeables, le cas échéant 29
1.8 Mesures liées à une disposition non obligatoire conformément au paragraphe 37 des directives ministérielles 29
1.9 Résumé de toute flexibilité appliquée 29

Chapitre 2 : Tendances des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre 32

2.1 Description des tendances agrégées des émissions et des absorptions de GES 32
2.1.1 Émissions et absorptions globales pour l'année de référence 2019 32

2.1.2 Description et analyse des tendances agrégées d'émissions et d'absorptions globales de GES SANS et AVEC UTCATF pour la série temporelle 1994-2023 39

2.2 Description et analyse des tendances d'émissions et d'absorptions par secteur et par GES 44

2.2.1 Contribution des secteurs d'activités par rapport aux émissions/absorptions de GES pour l'année de référence 2019 SANS UTCATF 45

2.2.2 Contribution des secteurs d'activités aux émissions globales de GES AVEC UTCATF 46

2.2.3 Emissions/Absorptions de GES par Gaz 47

Contribution de gaz directs aux émissions globales nettes de GES pour l'année de référence 2019 47

Contribution de Gaz directs par Secteur aux émissions globales nettes de GES pour l'année de référence 2019 47

2.2.4 Tendance des émissions et absorptions par gaz directs sur la période de 1994-2023 48

2.2.5 Tendance des émissions des GES indirects sur la série temporelle 1994-2023 50

2.2.6 Tendance des émissions et absorptions par secteurs d'activités sur la période de 1994-2023 50

Secteur Énergie 51

Secteur Agriculture 51

Secteur UTCATF 51

Secteur PIUP 52

Secteur des Déchets 52

2.2.7 Totales des émissions/Absorptions de GES (au niveau national), par an sur la période 1994-2023 SANS et AVEC UTCATF 52

2.2.8 Projection des émissions des GES directs vers 2050 54

Chapitre 3 : ENERGIE (SECTEUR CRT 1) 56

3.1 Aperçu du secteur et information de base 56

3.2 Méthodologies 57

3.2.1 Inventaire de gaz a effet de serre (iges) et changement climatique 57

3.2.2 Approche 57

3.2.3 Activités 57

3.3 Émissions nationales de GES 64

3.3.1 Introduction 64

3.3.2 Résultats des GES pour l'année de référence 65

Le Tableau 23 suivant récapitule les émissions de GES des 3 années de référence. 72

3.3.3 Tendance des émissions de GES du secteur Energie sur la période 1994-2023 72

3.3.4 Analyse des tendances des émissions de 1994-2023 75

3.3.5 Projection des émissions de GES directs vers 2050 76

3.4 CONTROLE QUALITE (CQ) ASSURANCE QUALITE (AQ) ET INCERTITUDES 78

3.5 INCERTITUDES 78

3.6 EXHAUSTIVITE, TRANSPARENCE, COMPARABILITE ET COHERENCE 83

Chapitre 4 : PROCESSUS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS (SECTEUR CRT 2) 85

4.1 Aperçu du secteur et informations de base 85
4.1.1 Présentation du secteur (CRT2) 85
4.1.2 Niveaux méthodologiques 85
4.1.3 Evolution temporelle des émissions 86
4.2 Description des Catégories 97
4.2.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale 97
4.2.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques Issus de Carburants et de Solvants 97
4.2.3 Catégorie 2.F : Utilisation de Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone 97
4.2.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire et des Boissons) 97
4.3 Questions Méthodologiques 98
4.3.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale 98
4.3.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques 98
4.3.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone 98
4.3.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire) 98
4.4 Description des Flexibilités Appliquées 99
4.4.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale 99
4.4.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques 99
4.4.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone 99
4.4.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire) 99
4.5 Évaluation des Incertitudes et Cohérence des Séries Chronologiques 99
4.5.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale 99
4.5.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques 100
4.5.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone 100
4.5.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire) 100
4.6 Assurance Qualité / Contrôle Qualité et Vérification 100
4.6.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale 100
4.6.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques 100
4.6.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone 101
4.6.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire) 101
4.7 Recalculs, le Cas Échéant 101
4.8 Améliorations Prévisibles 101
4.8.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale 101

4.8.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques 101
4.8.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone 102
4.8.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire) 102
Chapitre 5 : AGRICULTURE (Secteur CRT-3) 102
5.1 Aperçu du secteur Agriculture 102
5.1.1 Présentation des catégories du secteur CRT 3 103
3.A- Fermentation entérique 103
3.B- Gestion du fumier 103
3.C- Riziculture 104
3.D- Sols agricoles 104
3.F- Brûlage des résidus agricoles 104
3.H- Application d'urée 104
5.1.2 Niveau méthodologique pour toutes les catégories et sous-catégories de la catégorie (CRT3) 105
5.2 Tendance des émissions du secteur Agriculture 106
5.2.1 Emissions globales du secteur Agriculture (CRT-3) pour la période 1994-2023 107
Année de base 1994 108
Année de référence 2019 108
Dernière année de l'inventaire 2023 108
5.2.2 Tendance générale des émissions par gaz directs pour la période 1994 -2023 109
5.3 Tendance des émissions de GES directs par catégorie du secteur CRT 3 pour la période de 1994-2023 111
5.3.1 La fermentation entérique 3.A 112
5.3.2 La gestion du fumier 3.B 112
5.3.3 La riziculture 3.C 112
5.3.4 Les sols agricoles 3.D 113
5.3.5 Le brûlage des résidus de cultures 3.F 113
5.3.6 Application d'urée 3 H 113
5.4 Tendance des émissions de GES indirects du secteur CRT 3 pour la période de 1994-2023 115
5.5 Description de la catégorie 116
5.6 Questions méthodologiques 116
5.7 Les sources des données utilisées 117
Référentiels méthodologiques du GIEC 117
Données nationales officielles 117
Données internationales 118
5.8 Description de toute flexibilité appliquée 118
5.9 Évaluation des incertitudes et cohérence des séries chronologiques 118
CHAPITRE 6 : UTCATF (Secteur CRT-4) 119
6.1 Aperçu du secteur et informations de base 119
6.2 Présentation de la catégorie (CRT 4) 121
6.3 Questions méthodologiques 121

6.3.1 Approche 121
6.3.2 Activités 122
6.4 Résultats des émissions du secteur (CRT 4) 123
6.5 Tendance des absorptions du secteur (CRT 4) sur la série temporelle 1994 à 2010, et 2011 à 2023 . 125
6.6 Tendance des émissions des catégories du secteur (CRT 4) 125
6.7 Définitions de l'utilisation des terres et des approches de représentation des terres utilisées et leur correspondance avec les catégories d'utilisation des terres, de changement d'utilisation des terres et de foresterie 127
6.8 Approches propres à chaque pays 128
6.8.1 Informations sur les approches utilisées pour représenter les superficies terrestres et sur les bases de données d'utilisation des terres utilisées pour la préparation de l'inventaire 128
6.8.2 Informations sur les approches utilisées pour les perturbations naturelles 129
6.8.3 Informations sur les approches utilisées pour la déclaration des produits forestiers récoltés 130
6.9 Terres forestières (CRT 4.A) 131
6.9.1 Description 131
6.9.2 Questions méthodologiques 131
6.9.3 Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.A) 132
6.9.4 Description de toute flexibilité appliquée 133
6.9.5 Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie 133
6.9.6 Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification 133
6.10 Terres cultivées (CRT 4.B) 133
Présentation de la catégorie 133
Questions méthodologiques 134
Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.B) 134
Description de toute flexibilité appliquée 134
Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie 134
Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification 135
6.11 Prairies (CRT 4.C) 135
Présentation de la catégorie 135
Questions méthodologiques 135
Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.C) 135
Description de toute flexibilité appliquée 136
Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie 136
Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification 136
6.12 Zones humides (CRT 4.D) 136
Présentation de la catégorie (CRT 4.D) 136
Questions méthodologiques 137
Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.D) 137
Description de toute flexibilité appliquée 137
Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie 137
Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification 137

6.13 Etablissement (CRT 4.E) 138
Présentation de la catégorie (CRT 4.E) 138
Questions méthodologiques 138
Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.E) 138
Description de toute flexibilité appliquée 138
Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie 138
Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification 138
6.14 Autres terres (CRT 4.F) 139
Présentation de la catégorie 139
Questions méthodologiques 139
Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.F) 139
Description de toute flexibilité appliquée 139
Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie 139
Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification 139
6.15 Produits ligneux récoltés (CRT 4.G) 139
Présentation de la catégorie 139
Questions méthodologiques 140
Résultats des émissions de la catégorie 140
Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie 140
Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification 140
Chapitre 7 : DÉCHETS (Secteur CRT-5) 141

7.1 Aperçu du secteur 141
7.2 Aperçu sur les déchets solides 141
7.3 Catégorie (numéro de catégorie du CRT) 142
7.3.1 Élimination des déchets solides municipaux, 4A 142
7.3.2 Description de la catégorie 143
7.3.3 Questions méthodologiques 143
a) Choix de la méthode 143
b) Arbre décisionnel pour les émissions de CH4, des sites d'élimination des déchets solides 144
a) Données d'activités 144
Déchets solides municipaux 144
Composition des déchets 145
Production de déchets 145
b) Choix des facteurs et paramètres d'émissions 146
Carbone organique dégradable (COD) 146
c) Taux de formation de méthane par défaut (k) 146
Coefficient de Correction de Méthane (MCF) 148
Production de DSM et données de gestion (Moyenne par région par défaut) 149
Facteurs d'oxydation pour le SEDS 149
7.3.4 Évaluation des incertitudes et cohérence des séries chronologiques 150
7.3.5 Description de toute flexibilité appliquée 151
7.3.6 Recalculs par catégorie, ... 151
7.3.7 Améliorations prévues spécifiques à la catégorie 154

7.4 Introduction et aperçu sur les déchets liquide 155
7.5 Questions méthodologiques : Traitement et rejet des eaux usées (4D) 155
Émissions de CH4 155
Emissions de N2O 156
7.6 Les catégories de sources clés 157
7.7 ESTIMATIONS DES EMISSIONS GES 157
7.7.1 Introduction 157
7.7.2 Résultats de l'IGES avec IPCC 2006 de 1994-2023 157
7.7.3 Résultats de l'IGES pour l'année de références 2019 162
8 Les catégories de sources clés pour les années de références : 164
9 Analyses des gaz effets de serre directs et indirects pour les années de références 164
10 Analyses des tendances des émissions de 1994-2010 et 2011-2023 164
11 166
12 CONTROLE QUALITE, INCERTITUDES, EXHAUSTIVITE, TRANSPARENCE, COMPARABILITE ET COHERENCE 167
13 Informations sur le Contrôle Qualité (CQ) et l'Assurance Qualité (AQ) 167
14 Evaluation des incertitudes 167
15 EXHAUSTIVITE 167
Conclusion générale 168
Améliorations pour les futurs inventaires nationaux de GES et besoins d'appui et de renforcement des capacités 169
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 171
ANNEXES 174

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les catégories de sources clés SANS UTCATF-Année 1994 12
Tableau 2: Les catégories de sources clés SANS UTCATF-Année 2023 13
Tableau 3: Les catégories clés sans le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019 15
Tableau 4: Les catégories de sources clés avec UTCATF-Année 1994 17
Tableau 5: Les catégories de sources clés avec UTCATF-Année 2023 18
Tableau 6: Les catégories des sources clés avec le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019 19
Tableau 7: synthèse des incertitudes à l'inventaire global et sectoriel 22
Tableau 8:Evaluation de l'exhaustivité par rapport à l'inventaire des émissions/absorptions de GES pour l'année de référence 2019 26
Tableau 9:Application de la flexibilité 30
Tableau 10:Les équivalences en CO2 de AR5 GWPs (100 years time horizon) 32
Tableau 11:Résultats d'inventaire des émissions/absorptions de GES pour l'année de référence 2019 33
Tableau 12:Émissions agrégées (globales) et émissions nettes des principaux GES directs pour l'année de référence 2019 39
Tableau 13:Emissions et absorptions globales de GES SANS et AVEC UTCATF pour la série temporelle 1994-2023 40
Tableau 14: Taux de croissance moyen annuel des émissions sans et avec UTCATF sur la période 1994–202342
Tableau 15: Emission/absorption de GES SANS et AVEC UTCATF pour l'année de référence 2019 pour tous les secteurs 44
Tableau 16: Totales des émissions/Absorptions de GES, par an sur la période 1994-2023 SANS et AVEC UTCATF 52
Tableau 17: Projection des émissions globales des GES en Gg de CO2 Eq directs sans UTCATF vers 2050 55
Tableau 18: Données collectées et Sources d'information du secteur Energie 59
Tableau 19: Facteurs de conversion du MdE du secteur Energie 60
Tableau 20: Teneurs en soufre 61
Tableau 21: Niveau méthodologique et facteurs d'émission utilisés 62
Tableau 22: Facteurs d'émission des GES directs des lignes directives du GIEC 2006 62
Tableau 23: Facteurs d'émission des GES indirects des lignes directives du GIEC 1996 63
Tableau 24: Extrapolations des données d'émissions de gaz à effet de serre du secteur Energie 64
Tableau 25: Estimation des émissions de GES du secteur Energie pour l'année de référence 2000 de la DCN . 65
Tableau 26: Estimation des émissions de GES du secteur Energie pour l'année de référence 2005 de la TCN .. 68
Tableau 27: Estimation des émissions de GES du secteur Energie pour l'année de référence 2019 69
Tableau 28: Emissions de GES du secteur Energie pour les 3 années de référence en Gg 72
Tableau 29: Tendance des émissions de GES du secteur énergie sur la période 1994-2023 72
Tableau 30: Evolution des GES directs 75
Tableau 31: Projection de GES directs horizon 2050 76
Tableau 32: Projection de GES indirects horizon 2050 du secteur Energie 77
Tableau 33: Année de référence pour l'évaluation de l'incertitude de la tendance : 2011, année T : 2019 du secteur Energie 79
Tableau 34: Les émissions totales de CO2 par année de référence 87
Tableau 35: Les émissions globales du secteur PIUP par type de gaz 88
Tableau 36: Contribution des catégories/sous catégories du SECTEUR PIUP dans l'émission des GES 95
Tableau 37: Niveau méthodologique, facteur d'émission et source des données d'activités pour le secteur (CRT3) 106
Tableau 38: Emissions globales du secteur Agriculture (CRT3) pour la période 1994-2023 107

Tableau 39: Emission GES direct en Gg de CO2 Eq par catégorie 111
Tableau 40: Émissions de GES par catégorie du secteur Agriculture (Gg CO2 Eq) sur la période 1994-2023 113
Tableau 41: Tendance des émissions de GES indirects du secteur CRT 3 pour la période de 1994-2023..... 115
Tableau 42: Taux annuel de déforestation, de 1994 à 2023 119
Tableau 43: Données collectées et Sources d'information du secteur UTCATF 122
Tableau 44: Synthèse émissions CO2 AFAT année 2019 123
Tableau 45: Emissions CO2 détaillées AFAT année 2019..... 124
Tableau 46: Catégories et types d'affectation des terres 127
Tableau 47: Répartition des affectations des terres année 2019 128
Tableau 48: Catégorie de sources des GES 143
Tableau 49: Taux de formation de méthane par défaut (k)..... 146
Tableau 50: valeur de la demi-vie 147
Tableau 51: Production de DSM et données de traitement - par défaut/par région 149
Tableau 52: Facteur d'oxydation pour les SEDS 149
Tableau 53: Zones d'incertitude dans l'estimation des émissions de CH4 dans les SEDS 150
Tableau 54: Catégories de sources non estimées 151
Tableau 55: Émissions totales de GES directs des SEDS pour la série temporelle 1994 – 2010 (Gg CO2 eq) . 152
Tableau 56: Tableau des améliorations prévues spécifiques à la catégorie 154
Tableau 57: Résultats de l'IGES 1994 – 2010 158
Tableau 58: Résultats de l'IGES 2011 – 2023 159
Tableau 59: Eq CO2 CH4 Gg 2011-2023 160
Tableau 60: Comparaison d'IGES pour les années de références : 1994, 2000, 2005,2019 162
Tableau 61: Analyse et projections de l'IGES jusqu'en 2050 165

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Tendances agrégées des émissions de GES SANS et AVEC UTCATF pour la période 1994-2023.... 41
Figure 2: Contribution des secteurs d'activités aux émissions globales des GES sans UTCATF pour l'année de référence 2019 45
Figure 3: Contribution des secteurs d'activités aux émissions totales nettes de GES avec UTCATF pour l'année de référence 2019..... 46
Figure 4: Contribution de gaz directs aux émissions globales nettes de GES pour l'année de référence 2019... 47
Figure 5: Tendance des émissions/absorptions des gaz directs sur la période 1994-2023 49
Figure 6: Tendance des émissions des GES indirects sur la série temporelle 1994-2023..... 50
Figure 7: Tendance des émissions et absorptions par secteurs d'activités sur période de 1994-2023 51
Figure 8: Schéma du circuit de collecte de données du Secteur Energie 59
Figure 9: Poids de chaque GES direct du secteur Energie en 2019 71
Figure 10: Emission globale CO2 Eq. du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023 74
Figure 11: Tendance des émissions de CO2 en Gg du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023 74
Figure 12: Tendance des émissions de CH4 CO2 Eq en Gg du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023 ... 75
Figure 13: Tendance des émissions de N2O CO2 Eq en Gg du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023 ... 75
Figure 14: Projection des émissions de GES directs horizon 2050 du secteur Energie 77
Figure 15: Projection des émissions de GES indirects horizon 2050 du secteur Energie 77
Figure 16: Répartition des GES directs du secteur Energie pour l'année 2000 (année de référence de la CN1) . 83
Figure 17: Répartition des GES directs du secteur Energie pour l'année 2005 (année de référence de la CN2) . 84

Figure 18: Répartition des GES directs du secteur Energie pour l'année 2019 (année de référence de l'étude actuelle) 84
Figure 19: Emissions totales de CO2 par année de référence (Gg) 87
Figure 20: Emission par type de gaz (en gigagramme) du secteur PIUP 90
Figure 21: Emission de CO2 en Gg du secteur PIUP 90
Figure 22: Emission de HFCs en Gg du secteur PIUP 91
Figure 23: Tendance des émissions de CO2 en Gg du Secteur PIUP sur la période 1994-2023 93
Figure 24: Evolution des émissions de HFCs en Gg du Secteur PIUP sur la période 1994-2023 93
Figure 25: Emission COVNM par année de références (en kg) du secteur PIUP 94
Figure 26: Contribution des catégories du secteur PIUP aux Emissions globales d GES sur la période 1994-2023 96
Figure 27: Projection des émissions pour le secteur PIUP entre 2024-2050 (en Gg) 96
Figure 28: Évolution et tendance des émissions globales de GES direct du secteur Agriculture (1994–2023) . 108
Figure 29: Tendance générale des émissions par gaz directs pour la période 1994 -2023 109
Figure 30: Emissions globales CO2 Eq de N2O du secteur Agriculture sur la période 1994-2023 110
Figure 31: Tendance des émissions des catégories du secteur Agriculture pour la période 1994-2023 112
Figure 32: Evolution absorptions du secteur (CRT 4) sur la série temporelle 1994 à 2010, et 2011 à 2023 125
Figure 33: Évolutions des émissions et absorptions de GES par grandes catégories d'utilisation des terres 126
Figure 34: Evolution des feux de végétations 129
Figure 35: BURNING FOREST LAND CH4 130
Figure 36: BURNNG CROPLAND 130
Figure 37: Evolution émission/absorption de CO2 des terres forestières (1994-2023) 132
Figure 38: absorptions/émissions terres cultivées Serie temporelle 2011-2023 134
Figure 39: Evolution absorption/émissions CO2 prairies (1994-2023) 136
Figure 40: Composition des déchets SEDS 142
Figure 41: Arbre décisionnel pour les émissions de CH4, des sites d'élimination des déchets solides 144
Figure 42: Coefficient de Correction de Méthane (MCF) 148
Figure 43: Emission Gg CO2 Eq 153
Figure 44: Estimations des émissions GES 1994-2010 159
Figure 45: Eq CO2 N2O Gg 1994-2010 159
Figure 46: Récapitulation des émissions de GES en Gg Eq CO2 de 1994 à 2010 159
Figure 47: Eq CO2 N2O Gg 2011-2023 161
Figure 48: Récapitulation des émissions de GES en Gg Eq CO2 de 2011 à 2023 161
Figure 49: Récapitulation des émissions de GES en Gg CO2 Eq pour l'Année de référence 2019 162
Figure 50: Pourcentage des principaux GES pour le sous secteur déchet liquide année de référence 2019 162
Figure 51: Tendance des émissions de gaz à effet de serre (GES) au cours des années de référence 1994, 2000, 2005 et 2019 163
Figure 52: Emissions de CO2 au cours des années de projection 167

LISTE DES ACRONYMES

AFAT : Agriculture, Foresterie et autres Affectations des Terres

AQ/CQ : Assurance Qualité/Contrôle Qualité

AR5 : Assessment Report 5

BNCC REDD+ : Bureau National de Coordination des Changements Climatiques et de la Réduction des Emissions liées à la Déforestation et à la Dégradation des Forêts

CC : Changement Climatique

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

CDN : Contribution Déterminée Nationale

CH4 : Méthane

CNCC : Comité National sur le Changement Climatique

CO : Monoxyde de Carbone

CO2 : Dioxyde de Carbone

COD : Carbone Organique Dégradable

COP : Conférence des Parties

CPDN : Contribution Prévue Déterminée au niveau National

CPGU : Cellule de Prévention et de Gestion des Urgences

CRT : Common Reporting Tables

CTSIE : Comité Technique du Système d'Information Énergétique

DCN : Deuxième Communication Nationale sur les changements climatiques

DPO : Décomposition de Premier Ordre

DREDD : Direction Régionale de l'Environnement et du Développement Durable

FEM : Fonds pour l'Environnement Mondial

GES : Gaz à Effet de Serre

Gg : Gigagramme

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

GIZ : Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

HFCs : Hydrofluorocarbures

INSTAT : Institut National de la Statistique

LOFM :	Laboratoire de l'Observatoire de Forêts de Madagascar
MEDD :	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MINAE :	Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
MNP:	Madagascar National Parks
MNVOCs:	Non-Methane Volatile Organic Compound
MPGs	Modalities, Procedures and Guidelines
N20 :	Oxyde nitreux
NIR/RIN:	Rapport d'Inventaire National
NOx	Oxyde d'azote
NPE :	Nouvelle Politique de l'Énergie
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
OSC :	Organisation de la Société Civile
PIUP :	Procédés Industriels et Utilisation des Produits
PMA :	Pays Moins Avancés
PNA :	Plan National d'Adaptation
PNLCC :	Politique Nationale de Lutte contre le Changement Climatique
PNUD :	Programme des Nations Unies pour le développement
PNUE :	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PRG/GWP:	Potentiel de Réchauffement Global
RBA/BUR :	Rapports Biennaux Actualisés
RBT/BTR :	Rapports biennaux de transparence
SEDS :	Site d'Élimination des Décharges Solides
SMA:	Société Municipale d'Assainissement
UNFCCC:	United Nations Framework Convention on Climate Change
UTCATF:	Utilisation des Terres, Changement d'Affectations des Terres et Foresteries
WB:	World Bank

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

RE.1. Informations générales sur les inventaires de GES et le changement

Le présent inventaire national des gaz à effet de serre (GES) de Madagascar est élaboré conformément à l'article 13 de l'Accord de Paris, aux Modalités, procédures et lignes directrices (MPG) adoptées par la décision 18/CMA.1, et aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

L'inventaire couvre l'ensemble des gaz et secteurs requis sur une série chronologique de 1994 à 2023, avec 1994 comme année de base et l'année 2019 comme année de référence. Il fournit des estimations transparentes, cohérentes et comparables des émissions anthropiques par sources et des absorptions par puits de GES.

Le Chapitre 1 décrit le cadre institutionnel et le périmètre de l'inventaire, y compris les institutions impliquées, les responsabilités, les gaz et secteurs couverts, ainsi que les principales sources de données. Conformément aux paragraphes 4 à 6 des MPG, Madagascar a appliqué des flexibilités prévues pour les pays en développement Parties qui en ont besoin, notamment par l'utilisation de méthodes de niveau 1, de facteurs d'émission par défaut du GIEC et d'approches qualitatives lorsque les données quantitatives étaient limitées.

Le chapitre met en évidence les principales améliorations par rapport aux rapports précédents, ainsi que les contraintes persistantes liées à la disponibilité et à la qualité des données, et réaffirme l'engagement de Madagascar à renforcer progressivement ses capacités nationales dans les futurs cycles de reporting au titre du Cadre de transparence renforcée.

RE.2. Résumé des tendances relatives aux émissions et aux absorptions nationales

Le Chapitre 2 présente l'évolution des émissions et absorptions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) à Madagascar sur la période 1994–2023, avec une analyse détaillée de l'année de référence 2019. Les estimations portent sur les gaz directs non couverts par le Protocole de Montréal et sont exprimées en équivalent CO2, sur la base des potentiels de réchauffement global du GIEC (AR5, horizon 100 ans).

Pour l'année de référence 2019, les résultats mettent en évidence un profil national dominé par des émissions de CH4 et de N2O, principalement issues des secteurs de l'Agriculture et des Déchets, ainsi que par des émissions de HFCs associées aux procédés industriels et à l'utilisation de produits. Ces émissions sont toutefois largement compensées par des absorptions nettes de CO2 provenant du secteur AFAT, confirmant que Madagascar demeure un puits net de carbone pour l'année considérée.

Sur l'ensemble de la série chronologique, les tendances agrégées reflètent une augmentation progressive des émissions hors AFAT, liée à la croissance démographique et aux activités économiques, tandis que le secteur AFAT continue de jouer un rôle déterminant dans le bilan national. Les résultats détaillés par gaz, secteur et catégorie de sources et de puits sont présentés dans les tableaux correspondants du chapitre.

RE.3. Vue d'ensemble des estimations et des tendances des émissions des catégories de sources et de puits

Sur la période 1994–2023, les estimations des émissions de gaz à effet de serre à Madagascar montrent une augmentation progressive des émissions totales hors UTCATF, passant d'environ 23 046 Gg CO2 Eq. en 1994 à 35 352 Gg CO2 Eq. en 2023. Cette évolution est principalement portée par les secteurs de l'Agriculture, de l'Énergie et des Déchets, tandis que le secteur PIUP demeure un contributeur marginal, bien qu'en croissance continue sur l'ensemble de la série.

Le secteur de l'Agriculture constitue la principale source d'émissions sur toute la période, avec des niveaux relativement élevés mais variables, reflétant l'évolution des effectifs du cheptel, de la riziculture et des émissions de N2O des sols gérés. Le secteur de l'Énergie affiche une tendance haussière à long terme, en lien avec la croissance démographique, l'urbanisation et l'augmentation de la demande énergétique. Les Déchets présentent également une augmentation régulière des émissions, traduisant l'accroissement des volumes de déchets solides et des eaux usées.

À l'inverse, le secteur UTCATF joue un rôle déterminant dans le bilan national, avec des absorptions nettes de CO2 très importantes sur l'ensemble de la période. Malgré une forte variabilité interannuelle, ces absorptions dépassent largement les émissions des autres secteurs, ce qui conduit à des totaux nationaux négatifs lorsque l'UTCATF est inclus. Ainsi, Madagascar demeure un puits net de carbone pour toutes les années considérées.

RE.4. Autres informations relatives aux GES indirects et gaz précurseurs

Conformément aux Lignes directrices du GIEC et aux Modalités, procédures et lignes directrices (MPG) du Cadre de transparence renforcée, Madagascar présente, à titre d'informations complémentaires, les émissions de GES indirects (gaz précurseurs), ainsi que celles des hydrofluorocarbures (HFCs) et autres gaz fluorés.

Les gaz précurseurs considérés comprennent principalement le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et le dioxyde de soufre (SO2). Leurs émissions proviennent essentiellement des secteurs de l'énergie (combustion de biomasse et de combustibles fossiles), de l'agriculture et, dans une moindre mesure, des procédés industriels. Les estimations ont été réalisées sur la base de données d'activité disponibles au niveau national et de facteurs d'émission par défaut du GIEC, en recourant majoritairement à des méthodes de niveau 1, compte tenu des limites de données et de capacités techniques.

S'agissant des HFCs et des autres gaz fluorés, les émissions demeurent très faibles en raison du niveau limité d'industrialisation et de l'usage restreint de ces substances, principalement associées aux équipements de réfrigération et de climatisation. En l'absence de statistiques nationales détaillées, certaines catégories ont été considérées comme négligeables et temporairement exclues de l'inventaire, conformément aux flexibilités prévues par les MPG.

Malgré ces contraintes, la présentation transparente des hypothèses, des méthodes et des limites garantit la cohérence et la comparabilité des informations communiquées. Les améliorations futures porteront prioritairement sur le renforcement des systèmes de collecte de données, l'élaboration progressive de facteurs d'émission spécifiques et l'élargissement de la couverture des gaz, afin de réduire le recours aux flexibilités et d'améliorer la qualité des prochains inventaires.

RE.5. Analyse des catégories clés

Conformément au paragraphe 25 des MPG (Annexe à la décision 18/CMA.1), Madagascar a identifié ses catégories clés de sources et de puits d'émissions de gaz à effet de serre pour l'ensemble de la série temporelle, en appliquant la méthode de niveau 1 et l'analyse de tendance recommandées par le GIEC, avec recours à la flexibilité prévue pour les pays en développement. Les catégories clés sont définies comme celles contribuant cumulativement à plus de 85 % des émissions nationales totales.

Les résultats montrent que, avec l'inclusion de l'UTCATF, les catégories clés de Madagascar sont dominées par le secteur AFAT. En 1994, deux catégories clés ont été identifiées : Forest land Remaining Forest land (3.B.1.a) et Grassland Remaining Grassland (3.B.3.a). En 2023, ces deux catégories demeurent clés, auxquelles s'ajoute la Fermentation entérique (3.A.1). Ensemble, elles représentent plus de 85 % des émissions brutes nationales.

Ces catégories ont fait l'objet d'une attention prioritaire en matière de collecte des données, d'application des méthodes de calcul et de vérification des résultats. La flexibilité prévue par les MPG a été appliquée, notamment par le maintien de méthodes de niveau 1 pour certaines catégories, compte tenu des capacités nationales. Madagascar prévoit de réduire progressivement cette flexibilité en renforçant la qualité des données et en développant des facteurs d'émission nationaux, notamment pour la riziculture, dans les futurs cycles d'inventaire.

RE 6. Améliorations introduites et flexibilités appliquées suivant le paragraphe 7 des MPGs

Conformément au paragraphe 7 des Modalités, Procédures et Lignes directrices (MPG) du Cadre de transparence renforcée de l'Accord de Paris, Madagascar présente une synthèse des principales améliorations, contraintes, flexibilités appliquées et orientations futures relatives à son inventaire national des gaz à effet de serre (INGES).

Les principales limites identifiées concernent la disponibilité, la désagrégation, la continuité temporelle et la spécificité nationale des données d'activité, ainsi que l'absence généralisée de facteurs d'émission nationaux, à l'exception partielle du secteur UTCATF. Ces contraintes ont conduit à l'application majoritaire de méthodologies de niveau 1 et de facteurs d'émission par défaut du GIEC, conformément aux dispositions des MPG.

Dans le secteur de l'Agriculture, Foresterie et autres Affectations de Terres (AFAT) l'insuffisance de données fiables sur les effectifs du cheptel et les pratiques rizicoles a limité la précision des estimations des émissions de CH4. Certaines pratiques agricoles et les zones humides n'ont pas pu être estimées faute de données. Dans le secteur des déchets, seules les eaux usées domestiques ont été prises en compte, tandis que les émissions liées aux gaz fluorés ont été considérées comme négligeables en raison de la faible activité industrielle et de l'absence de statistiques spécifiques.

Malgré ces contraintes, Madagascar a veillé à couvrir l'ensemble des principales catégories de sources et de puits afin de garantir la cohérence, la comparabilité et la continuité temporelle de l'INGES. Des recalculs ont été effectués, notamment dans le secteur UTCATF, afin d'améliorer la cohérence des séries temporelles et la comparabilité avec les communications nationales précédentes. L'analyse des catégories de sources clés a été réalisée conformément à l'approche 1 du GIEC, avec un seuil de 85 %.

Conformément au paragraphe 7(c) des MPG, des flexibilités ont été appliquées de manière transparente, notamment en ce qui concerne l'utilisation de méthodes de niveau 1, de facteurs d'émission par défaut, la

réalisation d'analyses qualitatives des incertitudes, la mise en œuvre progressive des procédures d'assurance et de contrôle de la qualité, la couverture limitée des gaz, ainsi que la période de la série temporelle (1994–2023).

Les domaines d'amélioration identifiés soulignent la nécessité d'un renforcement durable des capacités techniques, institutionnelles et statistiques, incluant le développement de systèmes MRV, l'élaboration progressive de facteurs d'émission nationaux, l'amélioration des systèmes de données sectoriels et l'intégration des données géospatiales, en particulier pour l'UTCATF.

Malgré des contraintes persistantes, Madagascar a établi un INGES conforme aux exigences minimales du Cadre de transparence renforcée. Le pays réaffirme son engagement à réduire progressivement le recours aux flexibilités au cours des prochains cycles d'inventaire, afin d'améliorer l'exhaustivité, la précision et la robustesse de l'INGES.

Chapitre 1 : Situation nationale, dispositions institutionnelles et informations transversales

1.1 Informations générales sur les inventaires de GES et le changement climatique

Madagascar figure parmi les pays les plus vulnérables aux effets du changement climatique. L'irrégularité croissante des précipitations, les sécheresses récurrentes dans le Sud, l'intensification des cyclones et la dégradation des écosystèmes exercent déjà des pressions significatives sur la sécurité alimentaire, les ressources en eau, la santé publique et les moyens de subsistance, en particulier dans les zones rurales.

Face à ces défis, Madagascar a ratifié la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 1998 et l'Accord de Paris en 2016. Bien que le pays demeure globalement un puits net de carbone, il s'est engagé, en tant que Partie, à renforcer la transparence et l'efficacité de son action climatique, notamment à travers l'élaboration régulière d'inventaires nationaux des émissions et absorptions de gaz à effet de serre (GES) et la soumission de rapports officiels conformément aux exigences internationales.

Les inventaires nationaux de GES couvrent l'ensemble des secteurs définis par le GIEC — Énergie, Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP), Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres (AFAT), et Déchets — et sont réalisés selon les lignes directrices méthodologiques du GIEC. Ils constituent une base essentielle pour l'élaboration et la mise à jour des Communications nationales, des Rapports biennaux actualisés (RBA/BUR) et des Rapports biennaux de transparence (BTR), tout en appuyant la planification du développement durable, la transition énergétique et les stratégies d'atténuation.

À ce jour, Madagascar a soumis trois Communications nationales à la CCNUCC, avec l'appui du Fonds pour l'environnement mondial (FEM) et de partenaires techniques dont le PNUE ; une quatrième est en cours d'élaboration. Parallèlement, le BUR est en phase de finalisation et le BTR, requis au titre de l'Accord de Paris, est en cours de préparation. Le BTR intègre notamment le Rapport d'Inventaire National des émissions et absorptions de GES (NIR), le suivi des progrès dans la mise en œuvre de la Contribution déterminée au niveau national (CDN) ainsi que des informations sur les impacts et adaptation et sur les appuis reçus par Madagascar en terme de financement, de renforcement de capacité et transfert de technologie. Le présent rapport est consacré au NIR.

Dans leur ensemble, ces rapports et inventaires constituent des outils stratégiques d'aide à la décision publique, facilitent l'accès aux financements climatiques et renforcent la transparence, tout en contribuant à l'information et à la sensibilisation des parties prenantes nationales.

1.2 Description de la situation nationale et des dispositions institutionnelles

Madagascar dispose d'un cadre institutionnel structuré pour la coordination, la préparation et la mise à jour des inventaires de GES. Ce dispositif est placé sous la responsabilité du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) à travers le Bureau National des Changements Climatiques et de la REDD+ (BNCCREDD+), qui agit en tant que structure chargée de la soumission des rapports au titre de la CCNUCC et de l'Accord de Paris. Le processus s'appuie sur la collaboration intersectorielle entre les

ministères techniques, les institutions de recherche, les établissements universitaires, l'Institut National de la Statistique (INSTAT), ainsi que les partenaires techniques et financiers. Les données utilisées proviennent de multiples sources telles que les statistiques nationales, des bibliographies, les bases de données des ministères et celles des ONGs et des secteurs privés. Cette organisation institutionnelle garantit la cohérence méthodologique, la qualité des données, ainsi que la continuité des travaux d'inventaire, conformément aux exigences internationales en matière de transparence et de traçabilité des informations.

1.2.1. Entité nationale ou point focal national

Le point focal national pour la CCNUCC est le MEDD à travers le BNCCREDD+. Il supervise la coordination technique des inventaires de GES et la préparation des rapports nationaux. L'équipe nationale d'inventaire comprend des experts sectoriels issus des ministères de l'Énergie et des Transports, de l'Industrie, de l'Agriculture, de la Forêt et des Déchets, ainsi que des chercheurs et universitaires. Cette entité assure la compilation des données, l'application des méthodologies du GIEC, la vérification interne et la validation des résultats avant leur soumission officielle.

1.2.2. Processus de préparation de l'inventaire

Le processus de préparation de l'inventaire suit plusieurs étapes successives :

- Collecte et harmonisation des données d'activité auprès des départements ministériels techniques concernés, des institutions nationales de recherche, des universités et des partenaires techniques à travers les programmes et projets.
- Utilisation de la ligne directrice du GIEC 2006 pour les inventaires des Gaz à effet de serre
- Application des facteurs d'émission par défaut conformément aux directives du GIEC
- Vérification, Contrôle qualité (QC) et assurance qualité (AQ), évaluation des incertitudes pour garantir la cohérence et la fiabilité des résultats.
- Validation technique par le comité d'experts nationaux, CNCC, etc…avant intégration dans le rapport national.

Une attention particulière est portée à l'amélioration continue des capacités institutionnelles et techniques, à travers la formation des équipes, la mise à jour des bases de données et la documentation des sources d'incertitude.

1.2.3. Archivage des informations

L'archivage des informations relatives aux inventaires de GES est assuré par le BNCCREDD+ à travers le service en charge de la Base des données et le service en charge de l'Atténuation. Ces services disposeront de toutes les données sources, feuilles de calcul, métadonnées, rapports techniques, correspondances et documents justificatifs sont conservés pour assurer la transparence, la traçabilité et la possibilité de révision.

Des efforts ont été entrepris par Madagascar pour la mise en place d'un système de métadonnées relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Ce système, bien que déjà interconnecté entre les institutions concernées, nécessite encore des améliorations afin d'atteindre son plein potentiel opérationnel. Il vise à centraliser, au niveau du BNCCREDD+, les données brutes provenant des différents secteurs contribuant aux inventaires de GES, tout en renforçant la digitalisation, la traçabilité et la sécurité des archives nationales.

Toutefois, le système demeure partiellement alimenté en raison de contraintes liées à la disponibilité de données actualisées et aux moyens techniques et financiers limités des ministères sectoriels. Par ailleurs, des besoins importants en renforcement des capacités ont été identifiés pour le personnel des institutions en charge de l'alimentation et de la gestion du système, tant au niveau central que sectoriel. Ces limitations

affectent encore la complétude et la mise à jour régulière des informations nécessaires aux inventaires nationaux.

Afin de répondre à ces défis, des actions prioritaires peuvent être envisagées, notamment le renforcement des capacités techniques du personnel des ministères sectoriels, l'institutionnalisation de procédures normalisées de collecte, de transmission et d'archivage des données, ainsi que l'amélioration progressive des fonctionnalités du système de métadonnées. Ces actions visent à garantir la continuité institutionnelle, y compris en cas de changement de personnel, et à faciliter les audits externes ainsi que les examens techniques internationaux, conformément aux exigences de l'Article 13 de l'Accord de Paris

Le MRV sectoriel et national complète l'archivage national en organisant, dans chaque secteur, la manière dont les données liées aux émissions et absorptions de GES sont collectées, vérifiées et transmises. Chaque ministère ou institution produit et conserve ses propres informations, comme les données d'activité, les facteurs utilisés, les méthodes appliquées et les documents justificatifs. Ces informations sont ensuite partagées avec le BNCCREDD+, qui les intègre dans le système national d'archivage. Ce fonctionnement permet d'assurer une bonne circulation des données entre les secteurs et le niveau national, d'éviter les pertes d'informations et de faciliter les vérifications ou mises à jour ultérieures. L'objectif est que chaque secteur dispose d'un dispositif clair, fiable et compatible avec les exigences internationales, tout en tenant compte des capacités réelles du pays et des améliorations en cours pour moderniser la gestion des données.

1.2.4. Processus d'examen officiel et d'approbation de l'inventaire

Le processus d'examen et d'approbation de l'inventaire national des gaz à effet de serre de Madagascar est en cours de structuration. Jusqu'à présent, les travaux reposaient principalement sur les pratiques mises en place lors de l'élaboration des inventaires précédents. Il s'agit de regrouper, vérifier et harmoniser les données sectorielles avant la préparation du rapport national.

Dans le cadre du futur processus formalisé, le MEDD, à travers le BNCCREDD+, jouera le rôle de coordination centrale. Après la réception et la compilation des données provenant des secteurs. Une révision technique interne sera ensuite réalisée pour s'assurer de la cohérence méthodologique, de la qualité des données, du respect des lignes directrices du GIEC et de l'alignement avec les exigences du Cadre de transparence renforcé (ETF). À terme, le rapport consolidé sera soumis au Comité National du Changement Climatique (CNCC) pour approbation politique avant sa transmission officielle à la CCNUCC.
Cette approche planifiée vise à renforcer la transparence, la traçabilité et la crédibilité de l'inventaire national. Elle permettra également d'assurer une continuité institutionnelle et un processus d'examen plus structuré que celui utilisé dans les inventaires précédents.

1.3 Brève description générale des méthodologies

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'Accord de Paris, et conformément à la décision 18/CMA.1, paragraphe 48, les Parties doivent communiquer les données relatives aux sept gaz suivants : CO2, CH4, N2O, HFC, PFC, SF6 et NF3. Les pays en développement Parties à la convention, qui ont besoin de flexibilité liée à leurs capacités, ont la possibilité de communiquer uniquement les données relatives à un minimum de trois (3) gaz (CO2, CH4 et N2O) plus l'un des quatre gaz supplémentaires (HFC, PFC, SF6 et NF3) qui sont inclus à leur CDN, et couverts par une activité au titre de l'article 6 de l'Accord de Paris ou ayant déjà fait l'objet d'un rapport. Aussi, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties à l'Accord de Paris a adoptée entre autres les tableaux communs (CRT) visés au chapitre II de l'annexe de

la décision 18/CMA.1 pour la communication électronique des informations contenues dans les rapports nationaux d'inventaire des émissions anthropiques par les sources et des absorptions anthropiques par les puits de GES, tels qu'ils figurent à l'annexe I à travers la décision 1/CP.24. Cette partie traite de la méthodologie adoptée pour les estimations des émissions de GES conformément aux orientations des lignes directrices, modalités et procédures aux fins du Cadre de Transparence Renforcée (CTR).

Aussi, l'inventaire national des GES de Madagascar a été élaboré conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, complétées par le Volume 1 du Manuel de Bonnes Pratiques et Gestion de l'Incertitude**.** Pour la majorité des secteurs, le Niveau 1 a été privilégié, compte tenu des capacités nationales et de la disponibilité limitée de données détaillées. Cependant, des approches de Niveau 2 ont été appliquées dans certains sous-secteurs disposant de statistiques plus précises, notamment dans les changements d'affectation des terres.

Les émissions et absorptions ont été estimées pour les principaux GES directs : CO2, CH4 et N2O et gaz supplémentaire, GES indirects tels que HFC exprimés en équivalent CO2 selon les potentiels de réchauffement global (PRG) du GIEC AR5-ainsi que les GES indirects (Nox, CO, NMVOCs). Les méthodes d'estimation suivent la structure par secteur : Energie, Procédés Industriels, Agriculture, utilisation des terres et foresterie (UTCATF) et Déchets.

Les sources de données proviennent principalement des enquêtes et des statistiques officielles nationales :

- INSTAT et document des circonstances nationales pour les données démographiques et économiques ;
- Ministère en charge de l'Agriculture et de l'Elevage **à travers le Service de Statistique Agricole** pour les données sur la production agricole et les cheptels;
- Ministère en charge de l'Énergie et des Hydrocarbures (MEH) pour la consommation énergétique ;
- Ministère en charge de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) pour les données forestières et de reboisement ;
- Ministère en charge de l'assainissement et déchets
- SMA
- Ministère en charge de l'Energie
- Ministère en charge des transports
- Ministère en charge de l'Industrie
- Office National pour l'Environnement (ONE)
- ainsi que des bases de données internationales (FAOSTAT, Global Forest Watch, Banque Mondiale etc.) pour compléter les informations nationales manquantes.

1.4 Description des catégories clés

Conformément au paragraphe 25 des MPG- Annexe à la décision 18/CMA.1, Madagascar a procédé à l'identification de ses catégories clés de sources et de puits d'émissions, y compris l'analyse de la tendance de ces catégories sur la période considérée, en appliquant la méthode de niveau 1 et la méthode de tendance recommandées par le GIEC (Volume 1, Chapitre 4) ainsi que la flexibilité. Les catégories sources clés sont identifiées par un seuil des émissions cumulatives prédéfini. Elles sont celles qui, une fois ajoutées par ordre décroissant d'importance, représentent plus de 85% du niveau total des émissions. Cette analyse a permis d'identifier les sources et puits contribuant de manière significative au total national des émissions de gaz à effet de serre.

1.4.1 Résultats de l'analyse sans le secteur UTCATF pour l'année de base 1994 et la dernière année de l'inventaire 2023

Les résultats de l'analyse effectuée pour la première année (1994) et la dernière année (2023) de la série temporelle de l'inventaire montrent que les catégories clés SANS UTCATF pour Madagascar sont principalement associées au secteur Agriculture. Pour l'année 1994, six catégories clés ont été identifiées : 3.A.1 Enteric Fermentation, 3C1 Burning, 3C4 Direct N2O from Managed Soil, 3C7 Rice cultivation, 1A Energy industries, 4A Solid Waste Disposal. Pour l'année 2023, sept catégories clés ont été identifiées 3.A.1 Enteric Fermentation, 3C7 Rice cultivation, 3C4 Direct N2O from Managed Soil, 3C1 Burning , 4A Solid Waste Disposal, 4D Wastewater treatment and discharge, Transport
Ces catégories représentent ensemble plus de 85 % des émissions brutes nationales.

Tableau 1: Les catégories de sources clés SANS UTCATF-Année 1994

Catégorie	Emissions	%	Cumul %
Enteric fermentation	**6037,9844**	**26,20**	**26,20**
Burning	**4007,7482**	**17,39**	**43,59**
Direct N2O	**3330,7494**	**14,45**	**58,04**
Rice cultivation	**3076,3189**	**13,35**	**71,39**
Energy industries	**1662,7626**	**7,21**	**78,61**
Solid Waste Disposal	**1122,5409**	**4,87**	**83,48**
Other sectors	843,6153	3,66	87,14
Indirect N2O	786,1508	3,41	90,55
Wastewater Treatment and Discharge	774,0914	3,36	93,91
Transport	638,5026	2,77	96,68
Manure management	419,5878	1,82	98,50
Manufacturing industries and co	291,4289	1,26	99,76
Non-specified	34,6020	0,15	99,91
Refrigeration and Air conditionning	12,2964	0,05	99,97
Cement production	4,2261	0,02	99,99
Urea application	1,6133	0,01	99,99
Lime production	0,9633	0,00	100,00
Paraffin Wax Use	0,6160	0,00	100,00
Lubricant Use	0,1760	0,00	100,00
TOTAL	23045,9742		

Tableau 2: Les catégories de sources clés SANS UTCATF-Année 2023

CATEGORIE	Emission CO2 Eq Gg	%	
Enteric fermentation	**7606,5800**	**21,52**	**21,52**
Rice cultivation	**5527,3989**	**15,64**	**37,16**
Direct N2O	**3922,2504**	**11,09**	**48,25**
Burning	**3801,0625**	**10,75**	**59,00**
Solid Waste Disposal	**3549,7933**	**10,04**	**69,04**
Wastewater Treatment and Discharge	**3447,5353**	**9,75**	**78,79**
Transport	**1690,8034**	**4,78**	**83,58**
Energy industries	1318,1189	3,73	87,31
Other sectors	1308,4840	3,70	91,01
Manufacturing industries and co	1245,2361	3,52	94,53
Indirect N2O	567,7095	1,61	96,14
Manure management	321,8472	0,91	97,05
Refrigeration and Air conditionning	283,3966	0,80	97,85
Non-specified	233,8579	0,66	98,51
Cement production	61,4382	0,17	98,68
Lubricant Use	12,7160	0,04	98,72
Lime production	10,6590	0,03	98,75
Urea application	10,2101	0,03	98,78
Paraffin Wax Use	0,4693	0,00	98,78

1.4.2 Résultats de l'analyse sans le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019

Pour l'année de référence 2019 en excluant le secteur UTCATF, huit (8) catégories clés, classées par ordre décroissant de contribution aux émissions nationales totales ont été identifiées. Le cumul des contributions de ces catégories atteint 83,58 % des émissions totales de GES.

La fermentation entérique (3.A.1) constitue la principale catégorie clé avec 8 606,8256 Gg CO2 Eq, représentant 24,06 % des émissions totales. Cette contribution élevée reflète l'importance du cheptel bovin dans le système d'élevage malgache et le rôle dominant du méthane (CH4) issu de la digestion entérique des ruminants.

La deuxième catégorie clé correspond aux émissions directes de N20 des sols gérés (3.C.4), avec 5 260,8571 Gg CO2 Eq, soit 14,71 % des émissions nationales. Ces émissions sont principalement associées aux apports d'azote dans les sols agricoles, notamment via les résidus de cultures et la gestion des déjections animales.

La riziculture (3.C.7) représente la troisième catégorie clé avec 4 271,6943 Gg CO2 Eq, soit 11,94 % des émissions. Les émissions sont essentiellement constituées de CH4 produit dans les conditions anaérobies caractéristiques des rizières inondées, ce qui souligne l'importance du secteur rizicole dans le profil d'émissions du pays.

Les secteurs des déchets apparaissent également parmi les principales sources. L'élimination des déchets solides (4.A) contribue à hauteur de 3 087,8119 Gg CO2 Eq (8,63 %), tandis que le traitement et le rejet des eaux usées (4.D) représentent 2 916,7507 Gg CO2 Eq (8,15 %). Dans les deux cas, les émissions sont dominées par le méthane (CH4) issu de la décomposition anaérobie de la matière organique.

La combustion de biomasse dans le secteur Agriculture (3.C.1) constitue également une catégorie clé pour deux gaz distincts : CH4 avec 2 189,3439 Gg CO2 Eq (6,12 %) et N20 avec 1 769,6815 Gg CO2 Eq (4,95 %). Ces émissions sont associées principalement aux pratiques de brûlage des résidus agricoles et des savanes.

Enfin, la catégorie Autres secteurs – biomasse solide (1.A.4) contribue pour 1 356,6914 Gg CO2 Eq, soit 3,79 % des émissions totales, reflétant l'importance de l'utilisation du bois-énergie dans les ménages pour la cuisson et le chauffage.

Dans l'ensemble, l'analyse montre que les catégories clés de Madagascar en 2019 sont dominées par les émissions de méthane (CH4) provenant principalement de l'élevage, de la riziculture irriguée et de la gestion des déchets, ainsi que par les émissions de protoxyde d'azote (N2O) liées aux sols agricoles et au brûlage de biomasse. La forte contribution du secteur Agriculture parmi les catégories clés souligne l'importance de ce secteur dans le profil national d'émissions et confirme la nécessité d'y concentrer les efforts d'amélioration méthodologique, de collecte de données d'activité et de réduction des incertitudes dans les futurs inventaires

Tableau 3: Les catégories clés sans le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019

IPCC Category code	IPCC Category	Greenhouse gas	2019 Ex,t (Gg CO2 Eq)	%	Cumulative Total of Column F
3.A.1	**Enteric Fermentation**	**METHANE (CH4)**	**8606,8256**	**24,06**	**24,06**
3.C.4	**Direct N2O Emissions from managed s**	**NITROUS OXIDE (N2O)**	**5260,8571**	**14,71**	**38,76**
3.C.7	**Rice cultivation**	**METHANE (CH4)**	**4271,6943**	**11,94**	**50,70**
4.A	**Solid Waste Disposal**	**METHANE (CH4)**	**3087,8119**	**8,63**	**59,34**
4.D	**Wastewater Treatment and Discharge**	**METHANE (CH4)**	**2916,7507**	**8,15**	**67,49**
3.C.1	**Burning**	**METHANE (CH4)**	**2189,3439**	**6,12**	**73,61**
3.C.1	**Burning**	**NITROUS OXIDE (N2O)**	**1769,6815**	**4,95**	**78,55**
1.A.4	**Other Sectors - Biomass - solid**	**METHANE (CH4)**	**1356,6914**	**3,79**	**82,35**
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	1313,9407	3,67	86,02
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - S	CARBON DIOXIDE (CO2)	1077,1844	3,01	89,03
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	725,3829	2,03	91,06
3.C.5	Indirect N2O Emissions from managed soils	NITROUS OXIDE (N2O)	548,8619	1,53	92,59
3.A.2	Manure Management	NITROUS OXIDE (N2O)	411,3576	1,15	93,74
3.A.2	Manure Management	METHANE (CH4)	329,3906	0,92	94,66
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - L	CARBON DIOXIDE (CO2)	276,5294	0,77	95,44
2.F.1	Refrigeration and Air Conditioning	HFCs, PFCs	193,9146	0,54	95,98
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	NITROUS OXIDE (N2O)	183,6594	0,51	96,49
4.D	Wastewater Treatment and Discharge	NITROUS OXIDE (N2O)	176,6876	0,49	96,99
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	174,3439	0,49	97,47
3.C.6	Indirect N2O Emissions from manure manage	NITROUS OXIDE (N2O)	169,4298	0,47	97,95
1.A.4	Other Sectors - Biomass - solid	NITROUS OXIDE (N2O)	162,9718	0,46	98,40
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	METHANE (CH4)	145,5414	0,41	98,81
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	128,3775	0,36	99,17
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	74,9409	0,21	99,38
2.A.1	Cement production	CARBON DIOXIDE (CO2)	65,8786	0,18	99,56
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	45,1635	0,13	99,69
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	23,2957	0,07	99,75
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	22,4076	0,06	99,82
3.C.3	Urea application	CARBON DIOXIDE (CO2)	13,2765	0,04	99,85
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - E	METHANE (CH4)	11,7383	0,03	99,89
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - E	NITROUS OXIDE (N2O)	8,9128	0,02	99,91
2.A.2	Lime production	CARBON DIOXIDE (CO2)	8,7734	0,02	99,93
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - S	NITROUS OXIDE (N2O)	4,2394	0,01	99,95
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	4,0520	0,01	99,96
2.D	Non-Energy Products from Fuels and Solvent	CARBON DIOXIDE (CO2)	4,0480	0,01	99,97
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - S	METHANE (CH4)	2,9863	0,01	99,98
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	2,3827	0,01	99,98
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	1,5341	0,00	99,99
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,8105	0,00	99,99
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - L	NITROUS OXIDE (N2O)	0,5767	0,00	99,99
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,5360	0,00	99,99
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,4348	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,3782	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,3366	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - L	METHANE (CH4)	0,3060	0,00	100,00
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,2150	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,1998	0,00	100,00
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,1982	0,00	100,00
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,0365	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,0089	0,00	100,00
Total Sans UTCATF			**35774,8969**		

1.4.3 Les catégories clés avec le secteur UTCATF pour l'année de base 1994 et la dernière année de l'inventaire 2023

Les résultats de l'analyse effectuée pour la première année (1994) et la dernière année (2023) de la série temporelle de l'inventaire montrent que les catégories clés avec UTCATF pour Madagascar sont principalement associées au secteur AFAT. Pour l'année 1994, deux catégories clés ont été identifiées : 3.B.1.a Forest land Remaining Forest land et 3.B.3.a Grassland Remaining Grassland. Pour l'année 2023, trois catégories clés ont été retenues, à savoir 3.B.1.a Forest land Remaining Forest land, 3.B.3.a Grassland Remaining Grassland et 3.A.1 Enteric Fermentation.

Ces catégories représentent ensemble plus de 85 % des émissions brutes nationales. Elles ont, de ce fait, fait l'objet d'une attention prioritaire dans la collecte des données d'activité, l'application des méthodes de calcul et la vérification croisée des résultats.

La flexibilité prévue pour les pays en développement au titre du paragraphe 25 des MPG- Annexe à la décision 18/CMA.1 a été appliquée en tenant compte des capacités institutionnelles et techniques nationales, notamment par le maintien du niveau 1 pour certaines catégories. Néanmoins, Madagascar prévoit de renforcer progressivement la précision et la robustesse de son inventaire, notamment par l'élaboration de facteurs d'émission nationaux, actuellement en cours pour la riziculture, et par l'amélioration continue de la qualité, de la cohérence et de la disponibilité des données dans les futures mises à jour de l'inventaire.

Tableau 4: Les catégories de sources clés avec UTCATF-Année 1994

IPCC Category code	IPCC Category	|Ex,t|(Gg CO2 Eq)	%	Cumulative Total of Column D
3.B.1.a	**Forest land Remaining Forest land**	**99917,6125**	**75,27**	**75,27**
3.B.3.a	**Grassland Remaining Grassland**	**7403,0665**	**5,58**	**80,84**
3.B.2.a	Cropland Remaining Cropland	7118,0759	5,36	86,21
3.A.1	Enteric Fermentation	6037,9844	4,55	90,75
3.C.4	Direct N2O Emissions from managed soils	3330,7494	2,51	93,26
3.C.1	Burning	2227,0857	1,68	94,94
3.C.1	Burning	1780,6626	1,34	96,28
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	1602,8361	1,21	97,49
3.C.5	Indirect N2O Emissions from managed soils	702,2130	0,53	98,02
4.D	Wastewater Treatment and Discharge	678,3128	0,51	98,53
1.A.4	Other Sectors - Biomass - solid	644,4027	0,49	99,02
3.A.2	Manure Management	212,9572	0,16	99,18
3.A.2	Manure Management	206,6306	0,16	99,33
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	196,6618	0,15	99,48
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	120,5038	0,09	99,57
4.D	Wastewater Treatment and Discharge	95,7785	0,07	99,64
3.C.6	Indirect N2O Emissions from manure management	83,9378	0,06	99,71
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	82,4867	0,06	99,77
1.A.4	Other Sectors - Biomass - solid	77,9979	0,06	99,83
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	67,3225	0,05	99,88
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	46,8221	0,04	99,91
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	34,4877	0,03	99,94
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	30,4741	0,02	99,96
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	24,1493	0,02	99,98
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Biomass - s	5,8612	0,00	99,98
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Biomass - s	5,2367	0,00	99,99
2.A.1	Cement production	4,2261	0,00	99,99
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	3,4699	0,00	99,99
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	1,8331	0,00	100,00
3.C.3	Urea application	1,6133	0,00	100,00
2.A.2	Lime production	0,9633	0,00	100,00
2.D	Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use	0,7920	0,00	100,00
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	0,4815	0,00	100,00
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	0,4570	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	0,4114	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	0,3485	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	0,3246	0,00	100,00
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	0,2539	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	0,2287	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	0,2178	0,00	100,00
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	0,1781	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	0,0748	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	0,0395	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	0,0285	0,00	100,00

Tableau 5: Les catégories de sources clés avec UTCATF-Année 2023

IPCC Category code	IPCC Category	|Ex,t|(Gg CO2 Eq)	%	Cumulative Total of Column D
3.B.1.a	**Forest land Remaining Forest land**	**137393,8159**	**75,50**	**75,50**
3.B.3.a	**Grassland Remaining Grassland**	**7718,7516**	**4,24**	**79,74**
3.A.1	**Enteric Fermentation**	**7606,5800**	**4,18**	**83,92**
3.C.7	Rice cultivation	5527,3989	3,04	86,95
3.C.4	Direct N2O Emissions from managed soils	3922,2504	2,16	89,11
4.A	Solid Waste Disposal	3549,7933	1,95	91,06
4.D	Wastewater Treatment and Discharge	3270,0460	1,80	92,86
3.C.1	Burning	2229,8879	1,23	94,08
3.C.1	Burning	1775,0049	0,98	95,06
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	1503,2980	0,83	95,88
3.B.2.a	Cropland Remaining Cropland	1288,8988	0,71	96,59
1.A.4	Other Sectors - Biomass - solid	1058,3445	0,58	97,17
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	956,9466	0,53	97,70
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	908,3168	0,50	98,20
3.A.2	Manure Management	432,7770	0,24	98,44
3.C.5	Indirect N2O Emissions from managed soils	373,2955	0,21	98,64
3.A.2	Manure Management	321,8472	0,18	98,82
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	309,5391	0,17	98,99
2.F.1	Refrigeration and Air Conditioning	283,3966	0,16	99,14
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	233,0852	0,13	99,27
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	199,7625	0,11	99,38
3.C.6	Indirect N2O Emissions from manure management	194,4005	0,11	99,49
4.D	Wastewater Treatment and Discharge	177,4893	0,10	99,59
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	158,3024	0,09	99,67
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	127,1435	0,07	99,74
1.A.4	Other Sectors - Biomass - solid	122,3739	0,07	99,81
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	73,2426	0,04	99,85
2.A.1	Cement production	61,4382	0,03	99,88
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	54,2065	0,03	99,91
3.B.5.a	Settlements Remaining Settlements	30,2808	0,02	99,93
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	26,8242	0,01	99,95
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	25,0058	0,01	99,96
2.D	Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use	13,1853	0,01	99,97
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Biomass - sol	12,5326	0,01	99,97
2.A.2	Lime production	10,6590	0,01	99,98
3.C.3	Urea application	10,2101	0,01	99,98
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Biomass - sol	7,7613	0,00	99,99
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	4,3088	0,00	99,99
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	3,5748	0,00	99,99
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	2,7436	0,00	99,99
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	2,5181	0,00	100,00
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	2,0332	0,00	100,00
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	1,0741	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	0,6492	0,00	100,00
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	0,5239	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	0,5056	0,00	100,00
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	0,4202	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	0,4036	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	0,3442	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	0,2671	0,00	100,00
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	0,2019	0,00	100,00
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	0,1937	0,00	100,00
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	0,0421	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	0,0107	0,00	100,00

1.4.4 Résultats de l'analyse avec le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019

Tableau 6: Les catégories des sources clés avec le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019

IPCC Category code	IPCC Category	Greenhouse gas	2019 Year Estimate Ext (Gg CO2 Eq)		% Contribution to Trend	Cumulative Total of Column G
3.B.1.a	**Forest land Remaining Forest land**	**CARBON DIOXIDE (CO2)**	**- 160 652,2551**	**160 652,2551**	**77,91**	**77,91**
3.A.1	**Enteric Fermentation**	**METHANE (CH4)**	**8 606,8256**	**8 606,8256**	**4,17**	**82,09**
3.B.3.a	**Grassland Remaining Grassland**	**CARBON DIOXIDE (CO2)**	**- 7 739,2621**	**7 739,2621**	**3,75**	**85,84**
3.C.4	Direct N2O Emissions from managed soils	NITROUS OXIDE (N2O)	5 260,8571	5 260,8571	2,55	88,39
3.C.7	Rice cultivation	METHANE (CH4)	4 271,6943	4 271,6943	2,07	90,46
4.A	Solid Waste Disposal	METHANE (CH4)	3 087,8119	3 087,8119	1,50	91,96
4.D	Wastewater Treatment and Discharge	METHANE (CH4)	2 916,7507	2 916,7507	1,41	93,37
3.C.1	Burning	METHANE (CH4)	2 189,3439	2 189,3439	1,06	94,44
3.B.2.a	Cropland Remaining Cropland	CARBON DIOXIDE (CO2)	2 061,1342	2 061,1342	1,00	95,44
3.C.1	Burning	NITROUS OXIDE (N2O)	1 769,6815	1 769,6815	0,86	98,11
1.A.4	Other Sectors - Biomass - solid	METHANE (CH4)	1 356,6914	1 356,6914	0,66	97,25
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	1 313,9407	1 313,9407	0,64	96,60
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid F	CARBON DIOXIDE (CO2)	1 077,1844	1 077,1844	0,52	95,96
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	725,3829	725,3829	0,35	98,82
3.C.5	Indirect N2O Emissions from managed soils	NITROUS OXIDE (N2O)	548,8619	548,8619	0,27	99,49
3.A.2	Manure Management	NITROUS OXIDE (N2O)	411,3576	411,3576	0,20	98,31
3.A.2	Manure Management	METHANE (CH4)	329,3906	329,3906	0,16	98,47
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid	CARBON DIOXIDE (CO2)	276,5294	276,5294	0,13	99,14
2.F.1	Refrigeration and Air Conditioning	HFCs, PFCs	193,9146	193,9146	0,09	98,92
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	NITROUS OXIDE (N2O)	183,6594	183,6594	0,09	99,01
4.D	Wastewater Treatment and Discharge	NITROUS OXIDE (N2O)	176,6876	176,6876	0,09	99,65
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	174,3439	174,3439	0,08	99,22
3.C.6	Indirect N2O Emissions from manure management	NITROUS OXIDE (N2O)	169,4298	169,4298	0,08	99,73
1.A.4	Other Sectors - Biomass - solid	NITROUS OXIDE (N2O)	162,9718	162,9718	0,08	99,81
1.A.1	Energy Industries - Biomass - solid	METHANE (CH4)	145,5414	145,5414	0,07	99,56
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	128,3775	128,3775	0,06	99,90
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	74,9409	74,9409	0,04	99,94
2.A.1	Cement production	CARBON DIOXIDE (CO2)	65,8786	65,8786	0,03	99,84
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	45,1635	45,1635	0,02	99,96
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	CARBON DIOXIDE (CO2)	23,2957	23,2957	0,01	99,97
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	22,4076	22,4076	0,01	99,98
3.B.5.a	Settlements Remaining Settlements	CARBON DIOXIDE (CO2)	- 30,2808	- 30,2808	-0,01	99,97
3.C.3	Urea application	CARBON DIOXIDE (CO2)	13,2765	13,2765	0,01	99,97
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Biomas	METHANE (CH4)	11,7383	11,7383	0,01	99,98
2.A.2	Lime production	CARBON DIOXIDE (CO2)	8,7734	8,7734	0,00	99,98
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Biomas	NITROUS OXIDE (N2O)	8,9128	8,9128	0,00	99,99
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid F	NITROUS OXIDE (N2O)	4,2394	4,2394	0,00	99,99
2.D	Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use	CARBON DIOXIDE (CO2)	4,0480	4,0480	0,00	99,99
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Solid F	METHANE (CH4)	2,9863	2,9863	0,00	99,99
1.A.3.b	Road Transportation - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	4,0520	4,0520	0,00	100,00
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	2,3827	2,3827	0,00	100,00
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	1,5341	1,5341	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid	NITROUS OXIDE (N2O)	0,5767	0,5767	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,3782	0,3782	0,00	100,00
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,5360	0,5360	0,00	100,00
1.A.1	Energy Industries - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,8105	0,8105	0,00	100,00
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction - Liquid	METHANE (CH4)	0,3060	0,3060	0,00	100,00
1.A.5	Non-Specified - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,1998	0,1998	0,00	100,00
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,4348	0,4348	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,3366	0,3366	0,00	100,00
1.A.3.d	Water-borne Navigation - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,1982	0,1982	0,00	100,00
1.A.4	Other Sectors - Liquid Fuels	NITROUS OXIDE (N2O)	0,2150	0,2150	0,00	100,00
1.A.3.c	Railways - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,0365	0,0365	0,00	100,00
1.A.3.a	Civil Aviation - Liquid Fuels	METHANE (CH4)	0,0089	0,0089	0,00	100,00

Analyse des catégories clés AVEC le secteur UTCATF pour l'année de référence 2019

L'analyse cumulative réalisée conformément aux Lignes directrices du GIEC 2006 et avec application de flexibilité selon les MPGs et incluant le secteur UTCATF montre que les trois premières catégories permettent d'atteindre environ 85,84 % de la contribution totale, ce qui indique une forte concentration des émissions et absorptions dans un nombre limité de catégories. La structure de l'inventaire national des émissions et absorptions de GES pour l'année de référence 2019 de Madagascar est fortement dominée par les flux de carbone liés aux terres forestières.

La catégorie 3.B.1.a Forest land remaining Forest land (CO2) constitue la principale catégorie clé avec une estimation de -160 652,2551 Gg CO2 Eq, représentant 77,91 % de la contribution totale. Cette valeur négative indique que les forêts agissent comme puits net de carbone, reflétant le rôle majeur des écosystèmes forestiers dans l'absorption du CO2 atmosphérique.

La deuxième catégorie clé est 3.A.1 Fermentation entérique (CH4) avec 8 606,8256 Gg CO2 Eq, soit 4,17 % de la contribution totale. Cette catégorie reflète l'importance du cheptel bovin dans les émissions nationales de méthane.

La catégorie 3.B.3.a Grassland remaining Grassland (CO_2) apparaît également parmi les principales catégories avec -7 739,2621 Gg CO2 Eq, représentant 3,75 % de la contribution totale.

Les autres catégories clés moins importantes mais significatives concernent principalement le secteur Agriculture, notamment :

3.C.4 Émissions directes de N_2O des sols gérés : 5 260,8571 Gg CO2 Eq (2,55 %)

3.C.7 Riziculture (CH_4) : 4 271,6943 Gg CO2 Eq (2,07 %)

Le secteur Déchets contribue également :

4.A Décharges solides (CH_4) : 3 087,8119 Gg CO2 Eq (1,50 %)

4.D Traitement et rejet des eaux usées (CH_4) : 2 916,7507 Gg CO2 Eq (1,41 %)

Comparativement à l'analyse sans le secteur UTCATF, où huit catégories clés dominées par l'agriculture ont été identifiées, l'inclusion de l'UTCATF modifie fortement la hiérarchie des contributions. En effet, les puits de carbone forestiers deviennent la composante dominante de l'inventaire, tandis que les catégories agricoles, bien que toujours importantes, voient leur contribution relative diminuer.

Ces résultats confirment que les principaux leviers d'atténuation des émissions de GES à Madagascar concernent à la fois la gestion durable des forêts et la réduction de la déforestation, l'amélioration des pratiques agricoles, notamment dans l'élevage et la riziculture, ainsi que l'amélioration de la gestion des déchets.

1.5 Brève description générale du plan d'AQ/CQ et de sa mise en œuvre

Dans le cadre de l'élaboration de l'inventaire national des gaz à effet de serre, Madagascar met en œuvre des procédures visant à garantir la transparence, la cohérence, la comparabilité, l'exhaustivité et l'exactitude des estimations, conformément aux principes des bonnes pratiques du GIEC et aux exigences des Modalités, Procédures et Lignes directrices (MPG) de l'Accord de Paris, notamment celles visées aux paragraphes 20, 34 et 35.

Compte tenu de ses capacités institutionnelles et techniques, et en application de la flexibilité accordée aux pays en développement, Madagascar applique de manière progressive un ensemble de procédures générales et spécifiques de contrôle de la qualité et d'assurance de la qualité, alignées sur les Lignes directrices du GIEC (2000, 2006). Ces procédures, bien que non encore formalisées dans un plan national unique, sont intégrées au processus d'élaboration de l'inventaire, en particulier pour les catégories clés, afin de renforcer la fiabilité des données, des méthodes et des résultats.

Le dispositif repose principalement sur des activités de contrôle de la qualité mises en œuvre tout au long du cycle de préparation de l'inventaire. Celles-ci comprennent la vérification des données d'activité, le contrôle de l'exactitude des calculs d'émissions et d'absorptions, la cohérence des paramètres, des unités et des facteurs d'émission utilisés, ainsi que la vérification des méthodes d'évaluation des incertitudes. Ces activités sont réalisées de manière coordonnée entre les membres sectoriels de l'équipe nationale d'inventaire des GES, ce qui rend leur application opérationnelle et faisable.

Des éléments d'assurance qualité sont également intégrés à travers des revues internes, des comparaisons de séries temporelles et des revues croisées entre secteurs, contribuant à l'identification d'éventuelles incohérences et à l'amélioration continue du processus d'inventaire. Les vérifications de CQ sont effectuées à chaque étape clé de l'élaboration de l'inventaire, et les résultats sont archivés avec la documentation technique associée.

Dans une perspective d'amélioration continue, Madagascar a engagé et poursuit des efforts visant à la formalisation progressive d'un plan national d'AQ/CQ de l'inventaire des GES, à travers le renforcement des capacités, l'amélioration du cadre institutionnel et l'élaboration d'un manuel national d'AQ/CQ, en vue de consolider un système pleinement conforme aux lignes directrices du GIEC et aux exigences de l'Accord de Paris.

1.6 Évaluation générale de l'incertitude, y compris les données relatives à l'incertitude globale des totaux d'inventaire

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et au paragraphe 29 des Modalités, procédures et lignes directrices (MPG), une évaluation quantitative et qualitative des incertitudes a été réalisée suivant l'approche du niveau 1 pour l'ensemble des catégories de sources et de puits, y compris au niveau des totaux nationaux et de la tendance des émissions. L'évaluation a été réalisée suivant l'approche de niveau 1 basée sur les équations de propagation des erreurs. Les incertitudes associées aux données d'activité et aux facteurs d'émission ont été déterminées pour chaque catégorie de source et pour chaque gaz. Comme le pays ne disposent pas d'informations spécifiques, les valeurs d'incertitude par défaut proposées par le GIEC ont été utilisées. Ces incertitudes ont d'abord été combinées afin d'obtenir une incertitude agrégée pour chaque catégorie d'émission en utilisant l'équation

$$I_{totale} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \ldots + I_n^2}$$

.

Par la suite, les incertitudes des différentes catégories ont été agrégées en tenant compte de leur contribution relative aux émissions totales afin d'estimer l'incertitude globale de l'inventaire national (équation 2)

$$I_{totale} = \frac{\sqrt{(I_1 \bullet x_1)^2 + (I_2 \bullet x_2)^2 + \ldots + (I_n \bullet x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \ldots + x_n|}$$

Où

✓ I totale = pourcentage d'incertitude de la somme des quantités (moitié de l'intervalle de confiance de 95% divisée par le total) ;

✓ Xn et In = Quantités incertaines et leur pourcentage d'incertitude respectifs

La même approche a également été appliquée pour évaluer l'incertitude associée à la tendance des émissions entre l'année de base et l'année de référence. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau

Tableau 7: synthèse des incertitudes à l'inventaire global et sectoriel

Désignation	Incertitudes pour l'inventaire (%)	Incertitude de la tendance (%)
Inventaire global	2,75	10,64
Energie	33,84	88,09
PIUP	13,68	14,44
Agriculture	6,22	45,86
UTCATF	1,17	32,26
DÉCHETS	0	0

L'analyse du tableau met en évidence une précision globalement satisfaisante de l'inventaire national, avec une incertitude globale de 2,75 % et une incertitude associée à la tendance de 10,64 %. Ces résultats traduisent une fiabilité acceptable des estimations des émissions, tout en révélant une variabilité plus marquée dans l'évolution temporelle des émissions nationales.

Dans le secteur Energie, l'incertitude de l'inventaire est relativement élevée (33,84 %), ce qui reflète des incertitudes importantes liées aux données d'activités et aux facteurs d'émission utilisés. L'incertitude de la tendance est également élevée (88,09 %), indiquant une forte variabilité interannuelle des émissions et une sensibilité accrue aux changements des paramètres d'estimation.

Le secteur PIUP présente une situation plus équilibrée, avec une incertitude de l'inventaire de 13,69 % et une incertitude de la tendance de 14,44 %. Ces valeurs suggèrent une cohérence relative des estimations, tant pour le niveau des émissions que pour leur évolution dans le temps.

Pour le secteur Agriculture, l'incertitude de l'inventaire est modérée (6,22 %), tandis que l'incertitude de la tendance est plus élevée (45,86 %), traduisant une variabilité notable des émissions agricoles au cours de

la période considérée, probablement liée aux fluctuations des pratiques agricoles et des conditions climatiques.

Le secteur UTCATF se distingue par une faible incertitude de l'inventaire (1,17 %), indiquant une amélioration de la qualité des données relatives aux terres et à la couverture forestière. Toutefois, l'incertitude de la tendance reste significative (32,26 %), ce qui reflète la sensibilité de ce secteur aux changements d'affectation des terres et aux dynamiques des puits et sources de carbone.

Enfin, le secteur Déchets présente des incertitudes nulles pour l'inventaire et pour la tendance (0 %), ce qui s'explique par l'absence de variations ou par l'utilisation de données constantes sur la période analysée.

Dans l'ensemble, ces résultats soulignent la nécessité de renforcer la qualité et la cohérence des données, en particulier pour les secteurs de l'énergie et de l'agriculture, afin de réduire les incertitudes associées à l'évolution des émissions nationales.

Sur le plan qualitatif, les principales sources d'incertitude concernent les données d'activité agricoles, les estimations des changements d'affectation des terres et l'utilisation de facteurs d'émission par défaut. L'incertitude globale des émissions nationales est jugée modérée, traduisant un niveau de confiance intermédiaire dans les estimations.

Les détails sur l'incertitude sectorielle se présentent ci-après :

SECTEUR ENERGIE :
Le secteur a considéré les incertitudes par défaut du GIEC de l'IPCC 2006

SECTEUR PIUP :
L'évaluation de l'incertitude se repose principalement sur les Lignes directrices 2006 du GIEC. Elle montre une incertitude agrégée estimée entre ±25 % et ±35 % sur le total des émissions. Cette fourchette résulte de la combinaison de niveaux de confiance variables selon les sous-secteurs, directement liés aux méthodes employées. L'incertitude la plus faible (±15-20 %) est associée à la production de ciment, qui bénéficie d'une méthode de Niveau 2 avec des facteurs d'émission spécifiques au pays, tandis que les émissions des HFC présentent l'incertitude la plus élevée (±30-40 %) en raison du recours à des hypothèses de Niveau 1 sur les taux de fuite et d'un manque de données de vérification directe. Conformément à la flexibilité accordée aux pays en développement parties qui en ont besoin compte tenu de leurs capacités (paragraphe 29 des MPG), cette évaluation reconnaît l'utilisation de méthodes simplifiées (Niveau 1) comme une étape nécessaire, tout en identifiant clairement les priorités pour réduire les incertitudes dans les cycles futurs, notamment par le renforcement des données d'activité et le développement de facteurs d'émission plus spécifiques.

SECTEUR AFAT :
L'évaluation des incertitudes du secteur AFAT se porte sur les données d'activités et les facteurs d'émissions.
Pour les estimations d'émissions des GES, le secteur AFAT a utilisé les incertitudes par défaut du GIEC de l'IPCC 2006.

Agriculture

Les données statistiques relatives à la riziculture ont été extraites des documents des « Recensements de l'Agriculture » de 1984/1985, 2004/2005, ainsi que de l'« Enquête Rizicole » de 1995/1996, en complément

des données de la FAOSTAT. Ces sources représentent des enquêtes par sondage avec une marge d'erreur n'excédant pas 5 %. Toutefois, concernant Madagascar, aucune donnée n'est disponible pour la répartition de la riziculture suivant le régime de gestion de l'eau. Pour pallier cette lacune, les valeurs par défaut de la FAO (1996) ayant servi de base d'une enquête auprès des responsables techniciens dans le domaine de riziculture ont été utilisées pour y remédier. Basées sur les discussions, les données d'activités pour la riziculture ont été interprétées et se présentent alors comme suit : 30 % de la riziculture irriguée est équipée avec une bonne maîtrise de l'eau (surtout pour les Grands Périmètres Irrigués (GPI) des grandes plaines rizicoles), 60 % de la riziculture irriguée sont alimentées par les pluies sur le bas-fond, plus ou moins équipées en infrastructures et canaux d'irrigation, dont 50 % sont irriguées régulièrement et 10% sont sujettes à la sécheresse avec mauvaise maîtrise de l'eau et 10 % sont de la riziculture strictement pluvial cultivée sur tanety sans irrigation.

En ce qui concerne le brûlage sur place des résidus de cultures, notamment des céréales et des légumineuses, par rapport aux sols cultivés, aucune donnée n'a été recensée pour Madagascar. Toutefois, un certain nombre d'agriculteurs pratiquent l'incinération des résidus de riz et du maïs. Il convient de noter que la culture industrielle de la canne à sucre est susceptible d'y être associée, bien que des cultures de canne à sucre en milieu paysan soient également observées. Cependant, aucune donnée précise sur les méthodes de récolte utilisées n'est disponible. Par défaut, les données d'activité supposent que 10 % des superficies cultivées sont concernées par l'incinération des résidus. Le maïs, le riz et la canne à sucre sont alors prise en compte pour le brulage des résidus de cultures.
Quant aux sols cultivés, aucune information n'est disponible sur les quantités de chaux et de l'urée utilisée, ce qui rend difficile une évaluation précise de ces pratiques.

Foresterie et autres affectations des terres

Pour l'analyse des incertitudes, en matière de superficies, Madagascar dispose de 2 inventaires écologique et forestiers nationaux en 1996 et 2000. Puis en 2018, le Laboratoire d'Observation des Forêts à Madagascar (LOFM) a sorti des données spatiales suivies d'inventaire forestier sur terrain dans les forêts humide et sèche et mangroves. De plus, des données statistiques annuelles sont disponibles auprès du service en charge de forets sur le changement d'utilisation des terres comme le défrichement, le reboisement, les feux facilitant ainsi le calcul annuel de la superficie d'affectation de terres. De ce fait, les incertitudes sur les superficies sont assez faibles. Par contre sur les biomasses, litières, bois morts et les sols, les incertitudes proposées par le GIEC ont été fortement appliquées compte tenu de l'indisponibilité de données spécifiques au pays

Les experts ont collecté des données sur les incertitudes aussi bien sur les données d'activités que sur les facteurs d'émission. Les données sur les incertitudes concernent les forêts, les prairies et les infrastructures. Après l'insertion de ces données dans le logiciel IPCC 2006, les valeurs de l'incertitude combinée par catégorie des sources clés ont été calculées.

Madagascar reconnaît la nécessité de réduire ces incertitudes dans les inventaires futurs, notamment par le renforcement des systèmes statistiques sectoriels, le développement de facteurs d'émission nationaux et l'amélioration de la coordination institutionnelle.

Déchets

Il existe deux zones d'incertitude dans l'estimation des émissions de CH4 dans les Sites d'Élimination des Décharges Solides (SEDS) : (i) l'incertitude imputable à la méthode utilisée ; et (ii) l'incertitude imputable aux données (données d'activité et paramètres).

- Incertitudes imputables aux méthodes : le modèle DPO a été utilisé dans l'estimation de CH4, les incertitudes sont ainsi liées au volume total de CH4 formé durant la vie des SEDS et les incertitudes dans la répartition de ce volume tous les ans.
- Incertitudes liées aux données subdivisées en incertitude liés aux données d'activité (Valeur par défaut GIEC : 30%) et incertitude liées aux paramètres (Valeur par défauts du GIEC : MCF 0,8 : ±20%, MCF 0,4 : 30%, COD : ±20%)

En ce qui concerne les déchets liquide pour Madagascar, l'incertitude dans l'estimation des émissions de méthane provenant des eaux usées domestiques est importante, surtout en raison du manque de collecte centralisée des eaux usées et de la diversité des pratiques d'assainissement.

Le paramètre Ti,j qui indique la fraction des eaux usées traitées dans les latrines/fosses septiques ou rejetées dans les égouts selon le type de ménage (urbain/rural, bas/revenus élevés) est particulièrement incertain. Dans les zones rurales et les quartiers urbains à faibles revenus, la majorité des eaux usées sont gérées localement dans des latrines ou fosses, souvent sans traitement.

Cette variabilité rend difficile une estimation précise des émissions, et les valeurs par défaut proposées par le GIEC sont utilisées avec un intervalle d'incertitude large pour refléter cette variabilité.

1.7 Évaluation générale de l'exhaustivité

1.7.1 Informations sur l'exhaustivité

Conformément au paragraphe 30 des MPG, l'inventaire national de Madagascar couvre l'ensemble des GES directs (CO2, CH4, N2O) et les principaux secteurs sources et puits conformément aux lignes directrices du GIEC (2006). Certaines lacunes méthodologiques subsistent dans la collecte des données d'activité, notamment pour les émissions liées à la gestion des déjections animales hors exploitation, aux brûlis de résidus agricoles et à certaines sous-catégories de l'UTCATF. Ces limitations découlent principalement de la disponibilité incomplète des statistiques nationales et de la capacité institutionnelle actuelle. Des efforts sont en cours pour combler ces manques à travers la consolidation des bases de données sectorielles et la mise à jour périodique des informations d'activité.

Tableau 8:Evaluation de l'exhaustivité par rapport à l'inventaire des émissions/absorptions de GES pour l'année de référence 2019

Catégories	**Net CO2 (1) (2)**	**CH4**	**N2O**	**HFCs**	**NOx**	**CO**	**NMVOCs**	**OBSERVATIONS**
1. B - Fugitive émissions from fuels	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	Les données et informations ne sont pas disponibles
1. C - Carbon dioxide Transport and Storage	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national
2. B - Chemical Industry	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national
2. C - Metal Industry	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national
3A1.b Buffalo	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national
3A.1.e Camels	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national
3A1.g Mules and Asses	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national
3. B.4 - Wetlands	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	Les données et informations ne sont pas disponibles
3. C.2 - Liming	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	Les données et informations ne sont pas disponibles
4.B - Biological Treatment of Solid Waste	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national
4.C - Incineration and Open Burning of Waste	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	Activité inexistante sur le territoire national

« Néant », pour les catégories ou les processus, y compris la récupération, relevant d'une catégorie de sources ou de puits donnée, qui n'existent pas sur le territoire d'une Partie ;

« NE » (Non Estimées), pour les données sur les activités et/ou les émissions par les sources et les absorptions par les puits de gaz à effet de serre qui n'ont pas été estimées, mais pour lesquelles une activité correspondante peut avoir lieu sur le territoire d'une Partie ;

SECTEUR ENERGIE : Les données d'activités sont relevées à partir des bilans énergétiques. Chaque bilan énergétique a été établi d'une manière exhaustive pour une évaluation annuelle complète du secteur ; les bilans servent de base solide pour connaître d'une manière quantitative le secteur Energie, et les prévisions en vue des programmes et plans d'actions pour le développement du secteur.

SECTEUR PIUP

L'inventaire du secteur PIUP de Madagascar est considéré comme partiellement exhaustif. Il couvre les catégories sources clés identifiées comme significatives au niveau national et pour lesquelles des données sont disponibles, incluant l'industrie minérale (ciment, chaux), l'utilisation non énergétique de lubrifiants et de paraffine, les émissions de HFC/PFC issues des systèmes de réfrigération et de climatisation, ainsi que les émissions de COVNM de l'industrie alimentaire et des boissons. Cependant, certaines catégories des Lignes directrices 2006 du GIEC ne sont pas déclarées en raison d'une absence d'activités identifiées ou de lacunes méthodologiques et de données. C'est notamment le cas de la production de verre, des industries chimique et métallurgique (ex : production d'acier ou d'aluminium), des émissions fugitives de CO2liées à la production de gaz industriels, et de l'utilisation non énergétique de solvants autres que dans le secteur alimentaire. L'exhaustivité méthodologique est également variable, avec une application majoritaire des méthodes de Niveau 1 (facteurs par défaut), à l'exception notable de la production de ciment traitée en Niveau 2. Conformément à la flexibilité prévue au paragraphe 30 des MPG pour les pays en développement Parties, ces exclusions et limitations sont justifiées par les capacités nationales actuelles et la priorisation des sources d'émissions les plus significatives. Les améliorations prévues visent précisément à combiner ces lacunes progressivement.

SECTEUR AFAT

Pour le secteur AFAT une attention particulière basée sur l'IGES des trois premières communications a été portée à l'identification des sources clés et à collecter le maximum des données d'activités nécessaires. Conformément aux lignes directrices du GIEC 2006, l'évaluation de l'exhaustivité vise à s'assurer que toutes les sources et tous les puits significatifs de GES ont été identifiés et pris en compte pour les IGES du secteur AFAT. Cette démarche permet de garantir que l'IGES couvre l'ensemble des catégories, d'activités, ainsi que des principaux GES concernés par la CCNUCC.

Agriculture

Pour le SECTEUR agriculture, les émissions liées à la fermentation entérique des bovins n'ont pas pu être estimées de manière fiable et exacte en raison de l'absence de données précises et à jour sur le nombre d'animaux produits annuellement (NAPA). De même, les émissions de méthane associées à la culture du riz irrigué en continu n'ont pas pu être quantifiées correctement en l'absence de statistiques détaillées sur les superficies de rizières irriguées. Par ailleurs, certaines pratiques agricoles telles que l'utilisation de la chaux dans l'amendement des sols et l'incinération des résidus agricoles sur les champs n'ont pas été prises en compte en raison de l'indisponibilité des données sur les quantités utilisées ou les surfaces concernées par ces pratiques. Malgré ces limitations, les principales catégories de sources d'émissions ont été couvertes, et une amélioration de l'exhaustivité est prévue pour les prochains cycles d'inventaire, à travers le renforcement de la collecte de données nationales, la mise en place d'enquêtes sectorielles ciblées et le développement de systèmes d'information sectoriels fiables (MRV Sectoriel).

Foresterie et Autres Affectation des terres

Avec les données à dispositions, toutes les catégories d'occupation des terres sont couvertes à savoir les Forêts, Cropland, Grassland, Wetland, Settlements et Others Land. Un des objectifs étant de vérifier qu'au niveau du pays, toutes les catégories de sources et puits et tous les GES et en particuliers ceux mentionnés dans les « lignes directrices du GIEC » ont été tenu en compte.

Il en est de même pour tous les réservoirs incluant Biomasse aérienne, souterraine, DOM, Sol

Le changement d'utilisation et d'affectation de terres sont identifiées et documentées sur la période demandée. Des ajustements, des recalculs ont été faits selon les données surtout s'il y a des données manquantes. Pour une meilleure cohérence, une comparaison systématique des estimations de l'inventaire national entre les années et surtout avec les estimations dans les communications 1,2 et 3 avec IPPC 1996.

Déchets

La catégorie « Traitement et rejet des eaux usées » comprend deux sous-catégories : eaux usées domestiques et eaux usées industrielles. Dans la présente analyse, seules les eaux usées domestiques ont été quantifiées en raison de l'absence de données fiables sur les effluents industriels disponibles au niveau national. Il est important de noter que, à Madagascar, une part importante des eaux usées d'origine industrielle est traitée au niveau des usines puis déversée dans les canaux d'évacuation publique ; ces rejets peuvent donc contribuer aux émissions calculables dans la présente catégorie. Pour améliorer l'exhaustivité des futurs inventaires, nous recommandons d'intégrer des facteurs d'émission (ou facteurs combinés) qui tiennent compte de la charge polluante des effluents industriels (I = 1,25) ou, lorsque possible, d'établir des estimations séparées pour le secteur industriel.

Pour le N2O : l'estimation des émissions d'effluents azotés (principalement N20) suit la méthodologie par défaut du GIEC, avec les points clés suivants :

Basée sur la population :

En l'absence de données sur l'évacuation et le traitement des boues, l'estimation se fait à partir du nombre d'habitants et de la quantité d'azote générée par la consommation et l'utilisation domestique.

Tout l'azote des eaux usées domestiques, et éventuellement celui provenant des eaux usées industrielles mélangées dans les égouts, est supposé finir dans un cours d'eau.

Cela permet de couvrir l'intégralité de la source associée à l'utilisation domestique des eaux usées, même si cela peut surestimer légèrement les émissions.

Exclusion des sources industrielles directes :

Les émissions de N2O provenant d'industries spécifiques (hors eaux usées mélangées aux domestiques) ne sont pas incluses, car elles sont généralement faibles par rapport aux eaux usées domestiques.

1.7.2 Description des catégories non significatives, le cas échéant

Conformément au paragraphe 32 des MPG, les catégories d'émission dont la contribution au total national est inférieure au seuil de signification (moins de 1 % des émissions totales) ont été considérées comme non significatives. Pour Madagascar, il s'agit notamment de certaines sources ponctuelles du secteur industriel et énergétique dont l'impact global reste marginal. Ces catégories ont été conservées dans l'inventaire à des fins de cohérence, mais avec l'application de méthodes simplifiées (Niveau 1).

1.7.3 Émissions globales totales considérées comme négligeables, le cas échéant

Conformément au paragraphe 32 des MPG et en application de la flexibilité prévue pour les pays en développement, certaines émissions mineures ont été jugées négligeables du fait de leur très faible contribution aux totaux nationaux et de l'absence de données fiables. Cela concerne principalement des composés fluorés (HFC, PFC, SF_6) pour lesquels les activités correspondantes restent limitées à Madagascar, il en est de même pour le chaulage en agriculture. Ces émissions seront réévaluées au fur et à mesure du développement des capacités de suivi sectoriel et de l'amélioration des inventaires futurs.

1.8 Mesures liées à une disposition non obligatoire conformément au paragraphe 37 des directives ministérielles

Conformément au paragraphe 37 des MPG, Madagascar a identifié plusieurs mesures destinées à améliorer la qualité, la cohérence et la durabilité de son inventaire national de gaz à effet de serre (INGES). Ces mesures incluent le renforcement des capacités techniques des institutions impliquées, la mise en place d'un système permanent de gestion et d'archivage des données, l'élaboration de facteurs d'émission nationaux pour les secteurs clés, ainsi que la formalisation d'un cadre institutionnel pour la coordination de l'inventaire. À moyen terme, Madagascar envisage également d'intégrer davantage les systèmes statistiques nationaux et les observations satellitaires afin d'améliorer la précision des estimations et le suivi temporel des émissions et absorptions.

1.9 Résumé de toute flexibilité appliquée

Conformément aux paragraphes 4 à 6 des MPG, Madagascar a fait usage des flexibilités prévues pour les pays en développement Parties qui en ont besoin, compte tenu de leurs capacités, dans l'application des dispositions de l'article 13 de l'Accord de Paris. Ces flexibilités se sont traduites par l'application de méthodes de niveau 1 pour les catégories de sources clés et non clés pour les secteurs Energie, PIUP, Agriculture, Déchets à l'exception du Secteur UTCATF, l'utilisation de facteurs d'émission par défaut du GIEC, ainsi que le recours à des approches qualitatives pour l'évaluation des incertitudes lorsque les données quantitatives n'étaient pas disponibles. Elles ont également concerné l'Assurance Qualité et le contrôle de la qualité (AQ/CQ) et la portée limitée de certaines vérifications croisées entre années.

L'application de ces flexibilités a permis d'assurer la continuité, la cohérence et la comparabilité de l'inventaire national des gaz à effet de serre, malgré les contraintes institutionnelles, techniques et de disponibilité des données. Madagascar s'engage à réduire progressivement le recours à ces flexibilités, notamment par le renforcement des capacités nationales, l'amélioration des systèmes de données et l'adoption de méthodes plus avancées lors des prochains cycles d'inventaire.

Dans ce cadre, et conformément aux dispositions des MPG et du Cadre de transparence renforcée (CTR) énoncées aux paragraphes 20, 25, 29, 34, 35, 48, 57 et 58 de la décision 18/CMA.1, des flexibilités ont été appliquées dans l'élaboration du présent inventaire.

Le Tableau 6 présente une synthèse des dispositions des MPG pour lesquelles des flexibilités ont été mobilisées dans le cadre de cet inventaire.

Tableau 9:Application de la flexibilité

Référence dans les MPG (annexe à la décision 18/cma.1)	Disposition de flexibilité offerte aux pays en développement parties à la convention qui en ont besoin compte tenu de leurs capacités	Commentaires et applicabilité
Paragraphe 20 : Méthodes, paramètres et données	Chaque Partie applique les Lignes directrices 2006 du GIEC, ainsi que toute version ou amélioration ultérieure des dites Lignes directrices adoptée par la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties à l'Accord de Paris. Chaque Partie est invitée à utiliser le Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : Zones humides.	La version 2.95 des lignes directrices a été utilisée La sous-catégorie 3B4 Wetlands/Zones humides n'a pas été traitée pour le présent INGES
Paragraphe 25 Analyse des catégories de sources clés	Chaque Partie recense les catégories clefs pour la première année et la dernière année considérées, conformément aux dispositions du chapitre II.E.3 (Séries chronologiques) en incluant ou excluant les catégories d'utilisation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie (UTCATF), au moyen de l'approche 1, tant pour l'évaluation du niveau que pour celle des tendances, en effectuant une analyse des catégories clefs conforme aux Lignes directrices du GIEC mentionnées au paragraphe 20 ; les pays en développement parties qui ont besoin d'une certaine flexibilité à cette fin, compte tenu de leurs capacités, peuvent recenser les catégories clefs en appliquant un seuil de 85 % au minimum, au lieu du seuil de 95 % prévu dans les Lignes directrices du GIEC mentionnées au paragraphe 20, ce qui leur permet de se concentrer sur l'amélioration d'un nombre de catégories moins grand et de hiérarchiser les ressources.	Flexibilité appliquée Le seuil de 85 % au minimum au lieu du seuil de 95 % prévu dans les Lignes directrices du GIEC mentionnées au paragraphe 20 a été utilisé. Identification et analyse des catégories de sources clés réalisées avec UTCATF
Paragraphe 29 Evaluation de l'incertitude	Chaque Partie fait un examen quantitatif et qualitatif de l'incertitude des estimations des émissions et des absorptions pour toutes les catégories de sources et de puits, y compris au niveau des totaux de l'inventaire, pour au moins la première année et la dernière année de la série chronologique de l'inventaire, visées aux paragraphes 57 et 58 ci-après. Chaque Partie analyse en outre l'incertitude tendancielle des estimations des émissions et des absorptions pour toutes les catégories de sources et de puits, y compris au niveau des totaux, entre la première année et la dernière année de la série chronologique de l'inventaire, visées aux paragraphes 57 et 58 ci-après, en appliquant au moins l'approche 1, comme le prévoient les Lignes directrices du GIEC visées au paragraphe 20 ci-dessus ; les pays en développement parties qui ont besoin d'une certaine flexibilité à cette fin, compte tenu de leurs capacités, sont invités à fournir, au minimum, une analyse qualitative de l'incertitude pour les catégories clefs, effectuée conformément aux Lignes directrices du GIEC mentionnées au paragraphe 20 ci-dessus, lorsque les données quantitatives ne sont pas disponibles pour une estimation quantitative de	Flexibilité appliquée une analyse qualitative de l'incertitude pour les catégories clefs, effectuée conformément aux Lignes directrices du GIEC mentionnées au paragraphe 20 ci-dessus, lorsque les données quantitatives ne sont pas disponibles pour une estimation quantitative de l'incertitude

	l'incertitude, et sont invitées à fournir une estimation quantitative de l'incertitude pour toutes les catégories de sources et de puits dans l'inventaire des GES.	
Paragraphe 34 AQ/CQ	Chaque Partie doit établir un plan d'assurance qualité/de contrôle qualité (AQ/CQ) de l'inventaire, conformément aux Lignes directrices du GIEC visées au paragraphe 20 ci-dessus, comprenant des informations sur l'organisme chargé d'exécuter ledit plan ; les pays en développement parties qui ont besoin d'une certaine flexibilité à cette fin, compte tenu de leurs capacités, sont invités à établir un plan AQ/CQ de l'inventaire, conformément aux Lignes directrices du GIEC mentionnées au paragraphe 20 ci-dessus, comprenant des informations sur l'organisme chargé d'exécuter ledit plan.	Flexibilité appliquée Madagascar ne dispose pas encore d'un plan AQ/CQ
Paragraphe 35 AQ/CQ	Chaque Partie applique des procédures générales de contrôle de la qualité de l'inventaire conformément à son plan AQ/CQ et aux Lignes directrices du GIEC visées au paragraphe 20 ci-dessus, et fournit des informations relatives auxdites procédures ; les pays en développement parties qui ont besoin d'une certaine flexibilité à cette fin, compte tenu de leurs capacités, sont invités à appliquer des procédures générales de contrôle de la qualité de l'inventaire conformément à leur plan AQ/CQ et aux Lignes directrices du GIEC visées au paragraphe 20 ci-dessus, et à fournir des informations relatives auxdites procédures.	Flexibilité appliquée
Paragraphe 48 Secteurs et gaz	Chaque Partie communique des données sur sept gaz (le CO2, le méthane (CH4), le protoxyde d'azote (N2O), les hydrofluorocarbones (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF6) et le trifluorure d'azote (NF3)) ; les pays en développement parties qui ont besoin d'une certaine flexibilité à cette fin, compte tenu de leurs capacités, sont invités à fournir des données sur trois gaz au moins (le CO2, le CH4 et le N2O), ainsi que sur l'un quelconque des quatre autres gaz (HFC, PFC, SF6 et NF3) qui sont pris en compte dans la CDN de la Partie au titre de l'article 4 de l'Accord de Paris, sont couverts par une activité relevant de l'article 6 de ce texte ou ont été déclarés précédemment.	Flexibilité appliquée Données sur quatre gaz directs (CO2, CH4, N2O) et HFCs
Paragraphe 57 Séries chronologiques	Chaque Partie communique une série chronologique annuelle uniforme à compter de 1990 ; les pays en développement parties qui ont besoin d'une certaine flexibilité à cette fin, compte tenu de leurs capacités, ont la possibilité de communiquer des données couvrant, au minimum, l'année ou la période de référence de leur CDN en vertu de l'article 4 de l'Accord de Paris, ainsi qu'une série chronologique annuelle uniforme à compter de 2020 au moins.	Flexibilité appliquée Début de la série temporelle Année 1994 pour Madagascar
Paragraphe 58	Pour chaque Partie, la dernière année considérée ne doit pas être antérieure de plus de deux ans à l'année de soumission de son rapport national d'inventaire ; pour les pays en développement parties qui ont besoin d'une certaine flexibilité à cette fin, compte tenu de leurs capacités, la dernière année considérée peut être antérieure de trois ans à l'année de soumission de leur rapport national d'inventaire.	Flexibilité appliquée La dernière année considérée : 2023 L'année de soumission du NIR : 2026

Chapitre 2 : Tendances des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre

2.1 Description des tendances agrégées des émissions et des absorptions de GES

Le présent Rapport d'Inventaire National (RIN/NIR) couvre les émissions et absorptions annuelles de GES résultant directement des activités anthropiques à Madagascar, pour la série temporelle allant de 1994 à 2023. Une analyse approfondie est réalisée pour l'année 2019, retenue comme année de référence.
Conformément aux lignes directrices du GIEC et aux exigences de la CCNUCC, l'inventaire porte sur les GES directs non réglementés par le Protocole de Montréal. Les émissions et absorptions sont exprimées en équivalent CO2 (CO2 Eq), en appliquant les potentiels de réchauffement global (PRG) issus du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (AR5).

Tableau 10:Les équivalences en CO2 de AR5 GWPs (100 years time horizon)

CO2, CH4 &N2O	CO2 Equivalent
Dioxyde de Carbone (CO2)	1
Méthane (CH4)	28
Oxyde Nitreux (N20)	265

2.1.1 Émissions et absorptions globales pour l'année de référence 2019

Les résultats de l'inventaire national des émissions et absorptions de gaz à effet de serre (GES) pour l'année de référence 2019 mettent en évidence un profil caractérisé par des émissions significatives de CH4, de N2O et de HFCs, largement compensées par des absorptions substantielles de CO2. Les résultats détaillés par gaz et par catégories sont présentés au tableau 7, tandis que le bilan agrégé des principaux GES directs est synthétisé au tableau 8. Dans l'ensemble, ces résultats confirment que Madagascar se maintient en tant que puits net de carbone pour l'année de référence considérée.

Tableau 11:Résultats d'inventaire des émissions/absorptions de GES pour l'année de référence 2019

	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
Categories	Net CO2 (1)(2)	CH4	N2O	HFCs	PFCs	SF6	NF3	Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)	Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)	NOx	CO	NMVOCs	SO2
Total National Emissions and Removals	- 162 429,5284	818,7436	32,9246	193,9146	0	0	0	0	0	123,4923	2158,2697	0,8246	0
1 - Energy	3 931,1355	54,3930	1,4647	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.A - Fuel Combustion Activities	3 839,1589	54,3930	1,4647	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.A.1 - Energy Industries	725,3829	5,2269	0,6988							0	0	0	0
1.A.2 - Manufacturing Industries and Construction	1 353,7138	0,5368	0,0518							0	0	0	0
1.A.3 - Transport	1 457,3408	0,1534	0,0968							0	0	0	0
1.A.4 - Other Sectors	128,3775	48,4688	0,6158							0	0	0	0
1.A.5 - Non-Specified	174,3439	0,0071	0,0014							0	0	0	0
1.B - Fugitive emissions from fuels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.B.1 - Solid Fuels	0	0	0							0	0	0	0
1.B.2 - Oil and Natural Gas	0	0	0							0	0	0	0
1.B.3 - Other emissions from Energy Production	0	0	0							0	0	0	0
1.C - Carbon dioxide Transport and Storage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.C.1 - Transport of CO2	0									0	0	0	0
1.C.2 - Injection and Storage	0									0	0	0	0
1.C.3 - Other	0									0	0	0	0
2 - Industrial Processes and Product Use	78,7001	0	0	193,9146	0	0	0	0	0	0	0	0,8246	0
2.A - Mineral Industry	74,6521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.A.1 - Cement production	65,8786									0	0	0	0
2.A.2 - Lime production	8,7734									0	0	0	0
2.A.3 - Glass Production	0									0	0	0	0
2.A.4 - Other Process Uses of Carbonates	0									0	0	0	0

	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
Categories	**Net CO2 (1)(2)**	**CH4**	**N2O**	**HFCs**	**PFCs**	**SF6**	**NF3**	**Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)**	**Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)**	**NOx**	**CO**	**NMVOCs**	**SO2**
2.A.5 - Other (please specify)	0	0	0							0	0	0	0
2.B - Chemical Industry	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.B.1 - Ammonia Production	0									0	0	0	0
2.B.2 - Nitric Acid Production	7 678,3178		0							0	0	0	0
2.B.3 - Adipic Acid Production			0							0	0	0	0
2.B.4 - Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production			0							0	0	0	0
2.B.5 - Carbide Production	0	0								0	0	0	0
2.B.6 - Titanium Dioxide Production	0									0	0	0	0
2.B.7 - Soda Ash Production	0									0	0	0	0
2.B.8 - Petrochemical and Carbon Black Production	0	0								0	0	0	0
2.B.9 - Fluorochemical Production				0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.B.10 - Hydrogen Production	0	0	0							0	0	0	0
2.B.11 - Other (Please specify)	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.C - Metal Industry	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.C.1 - Iron and Steel Production	0	0								0	0	0	0
2.C.2 - Ferroalloys Production	0	0								0	0	0	0
2.C.3 - Aluminium production	0				0				0	0	0	0	0
2.C.4 - Magnesium production	0					0			0	0	0	0	0
2.C.5 - Lead Production	0									0	0	0	0
2.C.6 - Zinc Production	0									0	0	0	0
2.C.7 - Rare Earths Production	0				0				0	0	0	0	0
2.C.8 - Other (please specify)	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.D - Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use	4,0480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
Categories	**Net CO2 (1)(2)**	**CH4**	**N2O**	**HFCs**	**PFCs**	**SF6**	**NF3**	**Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)**	**Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)**	**NOx**	**CO**	**NMVOCs**	**SO2**
2.D.1 - Lubricant Use	3,5933									0	0	0	0
2.D.2 - Paraffin Wax Use	0,4547									0	0	0	0
2.D.3 - Solvent Use										0	0	0	0
2.D.4 - Other (please specify)	0	0	0							0	0	0	0
2.E - Electronics Industry	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.E.1 - Integrated Circuit or Semiconductor			0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.E.2 - TFT Flat Panel Display			0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.E.3 - Photovoltaics				0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.E.4 - Heat Transfer Fluid					0				0	0	0	0	0
2.E.5 - Other (please specify)	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.F - Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances	0	0	0	193,9146	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.F.1 - Refrigeration and Air Conditioning				193,9146	0				0	0	0	0	0
2.F.2 - Foam Blowing Agents				0	0				0	0	0	0	0
2.F.3 - Fire Protection				0	0				0	0	0	0	0
2.F.4 - Aerosols				0	0				0	0	0	0	0
2.F.5 - Solvents				0	0				0	0	0	0	0
2.F.6 - Other Applications (please specify)				0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.G - Other Product Manufacture and Use	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.G.1 - Electrical Equipment					0	0			0	0	0	0	0
2.G.2 - SF6 and PFCs from Other Product Uses				0	0	0		0	0	0	0	0	0
2.G.3 - N2O from Product Uses			0							0	0	0	0
2.G.4 - Other (Please specify)	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2.H - Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8246	0

	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
Categories	**Net CO2 (1)(2)**	**CH4**	**N2O**	**HFCs**	**PFCs**	**SF6**	**NF3**	**Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)**	**Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)**	**NOx**	**CO**	**NMVOCs**	**SO2**
2.H.1 - Pulp and Paper Industry	0	0	0							0	0	0	0
2.H.2 - Food and Beverages Industry	0	0	0							0	0	0,8246	0
2.H.3 - Other (please specify)	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
3 - Agriculture, Forestry, and Other Land Use	- 166 347,3873	549,9019	30,7932	0	0	0	0	0	0	123,4923	2158,2697	0	0
3.A - Livestock	0	319,1506	1,5523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.A.1 - Enteric Fermentation		307,3866								0	0	0	0
3.A.2 - Manure Management		11,7639	1,5523							0	0	0	0
3.B - Land	- 166 360,6638	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.1 - Forest land	- 160 652,2551									0	0	0	0
3.B.2 - Cropland	2 061,1342									0	0	0	0
3.B.3 - Grassland	- 7 739,2621									0	0	0	0
3.B.4 - Wetlands	0									0	0	0	0
3.B.5 - Settlements	-30,2808									0	0	0	0
3.B.6 - Other Land	0									0	0	0	0
3.C - Aggregate sources and non-CO2 emissions sources on land	13,2765	230,7514	29,2409	0	0	0	0	0	0	123,4923	2158,2697	0	0
3.C.1 - Burning	0	78,1909	6,6780							123,4923	2158,2697	0	0
3.C.2 - Liming	0									0	0	0	0
3.C.3 - Urea application	13,2765									0	0	0	0
3.C.4 - Direct N2O Emissions from managed soils			19,8523							0	0	0	0
3.C.5 - Indirect N2O Emissions from managed soils			2,0712							0	0	0	0
3.C.6 - Indirect N2O Emissions from manure management			0,6394							0	0	0	0
3.C.7 - Rice cultivation		152,5605								0	0	0	0
3.C.8 - CH4 from Drained Organic Soils		0								0	0	0	0

Categories	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
	Net CO2 (1)(2)	CH4	N2O	HFCs	PFCs	SF6	NF3	Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)	Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)	NOx	CO	NMVOCs	SO2
3.C.9 - CH4 from Drainage Ditches on Organic Soils		0								0	0	0	0
3.C.10 - CH4 from Rewetting of Organic Soils		0								0	0	0	0
3.C.11 - CH4 Emissions from Rewetting of Mangroves and Tidal Marshes		0								0	0	0	0
3.C.12 - N2O Emissions from Aquaculture			0							0	0	0	0
3.C.13 - CH4 Emissions from Rewetted and Created Wetlands on Inland Wetland Mineral Soils		0								0	0	0	0
3.C.14 - Other (please specify)	0	0	0							0	0	0	0
3.D - Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.D.1 - Harvested Wood Products	0									0	0	0	0
3.D.2 - Other (please specify)	0	0	0							0	0	0	0
4 - Waste	0	214,4487	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.A - Solid Waste Disposal		110,2790								0	0	0	0
4.B - Biological Treatment of Solid Waste		0	0							0	0	0	0
4.C - Incineration and Open Burning of Waste	0	0	0							0	0	0	0
4.D - Wastewater Treatment and Discharge		104,1697	0,6667							0	0	0	0
4.E - Other (please specify)	0	0	0							0	0	0	0
5 - Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.A - Indirect N2O emissions from the atmospheric deposition of nitrogen in NOx and NH3			0							0	0	0	0
5.B - Indirect CO2 emissions from the atmospheric oxidation of CH4, CO and NMVOC	0									0	0	0	0
5.C - Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Memo Items (5)													
International Bunkers	154,81765	0,00156	0,00433	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers)	149,3086	0,0010	0,0042							0	0	0	0

	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
Categories	**Net CO2 (1)(2)**	**CH4**	**N2O**	**HFCs**	**PFCs**	**SF6**	**NF3**	**Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)**	**Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)**	**NOx**	**CO**	**NMVOCs**	**SO2**
1.A.3.a.i - Indirect N2O emissions from the atmospheric deposition of nitrogen in NOX and NH3			0,0000										
1.A.3.a.i - Indirect CO2 emissions from the atmospheric oxidation of CH4, CO and NMVOC	0,0000												
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers)	5,5090	0,0005	0,0001							0	0	0	0
1.A.3.d.i - Indirect N2O emissions from the atmospheric deposition of nitrogen in NOX and NH3			0,0000										
1.A.3.d.i - Indirect CO2 emissions from the atmospheric oxidation of CH4, CO and NMVOC	0												
1.A.5.c - Multilateral Operations	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.A.5.c - Indirect N2O emissions from the atmospheric deposition of nitrogen in NOX and NH3			0										
1.A.5.c - Indirect CO2 emissions from the atmospheric oxidation of CH4, CO and NMVOC	0												

Tableau 12:Émissions agrégées (globales) et émissions nettes des principaux GES directs pour l'année de référence 2019

GAZ	unité	Valeur	PRG	Emission/Absorption Gg CO2 Eq
CO2 Absorption	Gg	-166 360,6638	1	-166 360,6638
CO2 Emis	Gg	3 931,1355	1	3 931,1355
CO2 Net	Gg	-162 429,5283	1	-162 429,5283
CH4	Gg	818,7436	28	22 924,8208
N2O	Gg	32,9246	265	8 725,0190
HFCs	Gg	193,9146		193,9146
Emissions globales (GES confondus)	**Gg**			**35 774,8899**
Emissions totales nettes	**Gg**			**-130 585,7739**

Pour l'année de référence 2019, la prise en compte du secteur de l'Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (UTCATF) modifie substantiellement le profil national des émissions de gaz à effet de serre. En incluant l'UTCATF, le bilan national des GES fait apparaître des émissions totales nettes de -130 585,7739 Gg CO2 Eq traduisant le rôle prédominant des absorptions de CO2 associées aux écosystèmes forestiers et aux terres gérées, et confirmant que Madagascar est un puits net de carbone en 2019. En revanche, en excluant le secteur UTCATF, les émissions nationales sont strictement positives, atteignant 35 774,8899 Gg CO2 Eq, reflétant les contributions combinées des secteurs de l'Énergie, de l'Agriculture, des Procédés Industriels et Utilisation des Produits (PIUP) et des Déchets. Cette comparaison met en évidence l'importance stratégique du secteur UTCATF dans l'atténuation des émissions nationales de GES, ainsi que la forte dépendance du bilan climatique global du pays à la préservation et à la gestion durable des ressources forestière

2.1.2 Description et analyse des tendances agrégées d'émissions et d'absorptions globales de GES SANS et AVEC UTCATF pour la série temporelle 1994-2023

Conformément aux lignes directrices du GIEC 2006 et aux Modalités, Procédures et Lignes Directrices (MPGs) de la décision 5/CMA.3, les émissions agrégées de GES SANS et AVEC UTCATF sur la période 1994–2023, sont présentés dans le Tableau 9.

Tableau 13:Emissions et absorptions globales de GES SANS et AVEC UTCATF pour la série temporelle 1994-2023

Année	Emissions (Gg)							ission CO2 Eq (	Emissions (Gg)			Emissions globales CO2 Eq. SANS UTCATF Gg	Emissions/ Absorption totales nettes Gg
	CO2 Absorption	CO2 Emis	CO2 Net	CH4	CH4 CO2 Eq	N2O	N2O CO2 Eq	HFCs	Nox	CO	NMVOCs		
1994	- 114 469,0357	2 666,7486	-111 800,6737	501,0238	14 028,6664	23,9119	6 336,6535	12,2964	123,4541	2 169,2231	1,8973	23 044,3649	- 91 424,6708
1995	- 111 567,5276	2 638,1802	-108 929,3473	520,4973	14 573,9244	24,1150	6 390,4750	17,1502	126,5196	2 277,1595	1,8973	23 619,7298	- 87 947,7978
1996	- 136 780,2769	2 464,5135	-134 315,7633	573,7485	16 064,9580	26,8105	7 104,7825	21,3439	128,1830	2 475,3992	1,8973	25 655,5979	- 111 124,6790
1997	- 164 757,2453	2 792,6066	-161 964,6387	570,7421	15 980,7788	26,4334	7 004,8510	25,0279	126,7843	2 383,0142	1,8973	25 803,2643	- 138 953,9810
1998	- 148 090,7063	2 965,1550	-145 125,5513	560,6451	15 698,0628	25,7990	6 836,7350	28,2903	123,1254	2 144,7664	1,8973	25 528,2431	- 122 562,4632
1999	- 164 776,8167	3 073,8264	-161 702,9903	581,3146	16 276,8088	26,2754	6 962,9810	31,2268	123,5927	2 128,7447	1,8973	26 344,8430	- 138 431,9737
2000	- 331 760,7824	3 156,4422	-328 604,3401	590,9308	16 546,0624	26,5391	7 032,8615	33,8851	123,6012	2 129,0575	1,8973	26 769,2512	- 304 991,5312
2001	- 329 429,9421	2 820,6295	-386 609,3125	606,9922	16 995,7816	27,8071	7 368,8815	36,3722	123,1588	2 145,9980	1,8973	27 221,6648	- 302 208,2773
2002	- 392 236,7360	1 780,2544	-390 456,4815	614,6748	17 210,8944	28,0642	7 437,0130	37,9860	123,1654	2 146,2398	1,8973	26 466,1478	- 365 770,5882
2003	- 394 907,2190	2 801,2092	-392 106,0099	630,7513	17 661,0364	29,0148	7 688,9220	39,7032	123,1719	2 146,4785	1,8973	28 190,8708	- 366 716,3482
2004	- 397 673,4240	2 667,9222	-395 005,5017	643,4473	18 016,5244	29,3523	7 778,3595	41,3666	123,1953	2 147,3412	1,8973	28 504,1727	- 369 169,2513
2005	- 244 939,8325	1 893,6694	-243 051,1496	679,2051	19 017,7428	27,5980	7 313,4700	42,9746	123,3284	2 152,2396	1,8973	28 267,8568	- 216 671,9757
2006	- 243 442,5230	1 762,7247	-241 679,7983	698,0891	19 546,4960	28,0356	7 429,4435	44,5721	123,3537	2 153,1702	1,8973	28 783,2363	- 214 659,2867
2007	- 247 214,3431	1 809,0608	-245 405,2823	700,6076	19 617,0138	28,2388	7 483,2802	47,1843	123,3709	2 153,8020	1,8973	28 956,5391	- 218 257,8040
2008	- 252 855,0361	1 900,4567	-250 954,5794	834,0493	23 353,3800	28,4825	7 547,8621	81,5929	123,3843	2 154,2967	1,8973	32 883,2918	- 219 971,7443
2009	- 258 730,8385	1 803,8899	-256 926,9486	723,6172	20 261,2812	28,9959	7 683,9117	74,6885	123,4226	2 155,7049	1,8973	29 823,7713	- 228 907,0672
2010	- 260 021,1023	2 050,1066	-257 970,9956	734,6368	20 569,8305	29,2900	7 761,8595	70,5773	123,4352	2 156,1683	1,8973	30 452,3738	- 229 568,7285
2011	- 290 679,3294	2 474,0270	-288 205,3024	732,3205	20 504,9729	35,8207	9 492,4807	68,4629	122,1388	2 088,4473	0,7000	32 539,9435	- 258 139,3859
2012	- 281 576,9687	3 048,7625	-278 528,2063	755,5777	21 156,1768	32,8281	8 699,4400	68,1049	122,1991	2 096,1954	1,6508	32 972,4842	- 248 604,4845
2013	- 167 190,8980	3 280,3986	-163 910,4994	739,1094	20 695,0619	29,8155	7 901,1204	68,8481	121,8643	2 094,9469	0,6901	31 945,4290	- 135 245,4690
2014	- 243 018,1533	3 524,9546	-239 493,1987	755,2244	21 146,2818	35,0645	9 292,1030	70,5634	122,0740	2 088,1190	1,6485	34 033,9028	- 208 984,2505
2015	- 193 016,8809	3 602,9674	-189 413,9135	756,8813	21 192,6764	30,1979	8 002,4435	75,0255	121,9232	2 088,0693	0,7588	32 873,1128	- 160 143,7681
2016	- 260 872,2876	3 411,5863	-257 460,7013	772,8824	21 640,7072	35,8201	9 492,3265	89,8190	122,4517	2 097,9752	1,7749	34 634,4390	- 226 237,8486
2017	- 267 821,5920	4 048,0733	-263 773,5187	756,8662	21 192,2536	35,0640	9 291,9600	120,8092	122,3586	2 093,5492	0,7557	34 653,0961	- 233 168,4959
2018	- 89 886,4734	3 846,2128	- 86 040,2606	792,7530	22 197,0840	32,5417	8 623,5505	159,9407	123,1567	2 140,3888	1,7662	34 826,7880	- 55 059,6854
2019	- 166 360,6638	3 931,1355	-162 429,5283	818,7436	22 924,8208	32,9246	8 725,0190	193,9146	123,4923	2 158,2697	0,8246	35 774,8899	- 130 585,7739
2020	- 113 164,7422	3 518,5699	-109 646,1723	794,2325	22 238,5100	27,0816	7 176,6240	210,7692	123,4899	2 155,7714	1,9774	33 144,4731	- 80 020,2691
2021	- 172 096,9769	4 115,0981	-167 981,8788	772,7604	21 637,2912	26,4208	7 001,5120	239,6968	123,5527	2 162,0459	0,8200	32 993,5981	- 139 103,3788
2022	- 139 957,3835	4 412,9194	-135 544,4641	750,1058	21 002,9624	25,7002	6 810,5530	263,4706	122,3371	2 176,1376	1,8973	32 489,9054	- 107 467,4781
2023	- 143 853,9494	4 288,0953	-139 565,8541	842,1515	23 580,2420	27,1721	7 200,6065	283,3966	122,8784	2 170,1549	1,8973	35 352,3404	- 108 501,6090

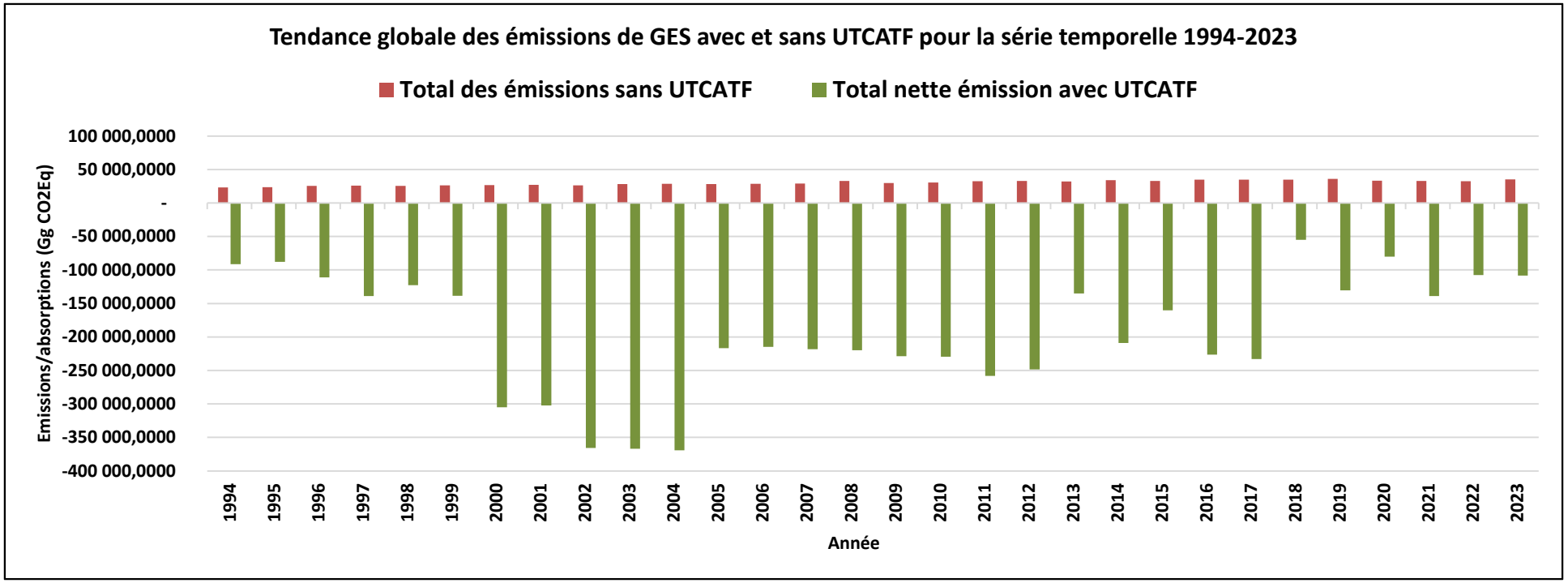


Figure 1: Tendances agrégées des émissions de GES SANS et AVEC UTCATF pour la période 1994-2023

Sur l'ensemble de la série temporelle, les émissions de GES sans UTCATF à Madagascar affichent une tendance globale à la hausse, malgré des fluctuations interannuelles modérées. Ces émissions sont passées de 23 044, 3649 Gg CO2 Eq en 1994 à 35 352,3404 Gg CO2 Eq en 2023.Cette évolution traduit une augmentation progressive des émissions anthropiques issues principalement des secteurs Agriculture, Énergie et Déchet.

Les niveaux d'émissions, relativement faibles au milieu des années 1990, augmentent graduellement à partir des années 2000, avec une accentuation plus marquée au cours de la dernière décennie. Cette évolution temporelle suggère l'existence d'une tendance sous-jacente de long terme, au-delà des variations annuelles observées. Cette dynamique est cohérente avec :

- l'expansion de la riziculture irriguée et de l'élevage bovin, contribuant à l'augmentation des émissions de CH4;
- la hausse des émissions de N2O provenant des sols agricoles gérés ;
- l'augmentation progressive des émissions de CO2 issues de la combustion d'énergie, bien que celles-ci demeurent marginales à l'échelle nationale.

Afin de caractériser de manière synthétique et quantitative cette évolution sur le long terme, l'analyse s'appuie sur le taux de croissance moyen annuel (TCMA)**,** indicateur permettant de lisser les fluctuations interannuelles et de mettre en évidence la tendance structurelle des émissions. Calculé conformément à la méthodologie standard, le TCMA mesure le rythme moyen d'évolution d'une variable sur une période donnée, en tenant compte de l'effet cumulatif de la croissance d'une année à l'autre. Il exprime le pourcentage annuel constant qui aurait permis de passer de la valeur initiale à la valeur finale sur l'ensemble de la période considérée, à partir de la valeur initiale (1994), de la valeur finale (2023) et de la durée de la période (29 ans), selon la formule classique :

$$TCMA = \left(\frac{V_f}{V_i}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Vf : Valeur finale (2023)
Vi : Valeur initiale (1994)
n : 2023–1994 (29)

Sur cette base, le TCMA des émissions SANS UTCATF sur la période 1994–2023 indique une croissance positive soutenue de 1,49 % par an . Ce résultat confirme que, indépendamment des variations annuelles, la trajectoire des émissions sans UTCATF demeure structurellement ascendante sur l'ensemble de la période analysée.

Tableau 14: Taux de croissance moyen annuel des émissions sans et avec UTCATF sur la période 1994–2023

	1994	2023	TCMA	%
SANS UTCATF	23 044,3649	35 352,3404	0,0149	1,49
AVEC UTCATF	- 91 424,6708	-108 501,6090	0,0059	0,59

L'inclusion du secteur UTCATF modifie substantiellement le profil national des émissions de GES. Madagascar présente un solde net négatif d'émissions, traduisant un statut global de puits net de CO2, les absorptions du secteur des terres excédant les émissions des autres secteurs. Sur la période 1994-2023, le TCMA des émissions/absorptions nettes avec UTCATF est estimé à 0,59 %, les absorptions étant principalement attribuables aux terres forestières, et dans une moindre mesure aux autres catégories de terres.

Toutefois, l'analyse temporelle met en évidence une variabilité interannuelle marquée des absorptions nettes, ainsi qu'une réduction progressive de l'ampleur du puits net au cours des dernières années de la série. Le TCMA calculé indique ainsi une diminution relative de la capacité d'absorption du secteur des terres. Bien que le solde demeure négatif en 2023, cette évolution traduit une érosion progressive du rôle d'atténuation du secteur UTCATF.

La comparaison des tendances agrégées AVEC et SANS UTCATF (Figure 2-XXXX) souligne le rôle déterminant du secteur des terres dans le bilan national des GES de Madagascar. Sans UTCATF, les émissions nationales suivent une trajectoire de croissance continue, confirmée par un TCMA positif, reflétant l'augmentation structurelle des émissions anthropiques. Avec UTCATF, Madagascar demeure un puits net de GES, mais avec une contraction progressive des absorptions nettes.

Dans l’ensemble, cette divergence met en évidence que le profil d’atténuation national repose fortement sur le maintien des absorptions du secteur UTCATF, tandis que les émissions des secteurs hors UTCATF continuent de croître..

2.2 Description et analyse des tendances d'émissions et d'absorptions par secteur et par GES

Les émissions/absorptions de GES à Madagascar proviennent principalement des secteurs AFAT et ENERGIE, avec une prédominance nette du CH4 et du N2O.

Tableau 15: Emission/absorption de GES SANS et AVEC UTCATF pour l'année de référence 2019 pour tous les secteurs

SECTEUR	ENERGIE		PIUP		AFAT		DECHET		TOTAL GES Gg CO2 Eq		
GES	Gg	Gg CO2 Eq	Gg	Gg CO2 Eq	Gg	Gg CO2 Eq	Gg	Gg CO2 Eq	TOTAL GES Gg	PRG	Gg CO2 Eq
CO2 Absorption					-166 360,6638	-166 360,6638			-166 360,6638	1	-166 360,6638
GES DIRECTS											0,0000
CO2 Emission	3 839,1589	3 839,1589	78,7001	78,7001	13,2765	13,2765	0	0	3 931,1355	1	3 931,1355
CH4	54,3930	1523,0040	0	0	549,9019	15397,2532	214,45	6004,564	818,7436	28	22 924,8208
N20	1,4647	388,1455	0	0	30,7932	8160,198	0,6667	176,6755	32,9246	265	8 725,0190
HFCs	0	0	193,9146	193,9146	0	0	0	0	193,9146	1	193,9146
TOTAL sans UTCATF		**5 750,3084**		**272,6147**		**23 570,7277**		**6181,2391**			**35 774,8899**
GES INDIRECT											
NOX	54,2600				7,6055						
CO	1 066,0000				313,1021						
NMVOCS	108,4000		1,82								
SO2	28,3900										
PFCs											
SF6											
TOTAL SANS UTCATF		5750,3084		272,6147		23 570,7277		6181,2391			35 774,8899
TOTALE AVEC UTCATF		**5750,3084**		**272,615**		**-142 789,9361**		**6181,2391**			**-130 585,7739**

2.2.1 Contribution des secteurs d'activités par rapport aux émissions/absorptions de GES pour l'année de référence 2019 SANS UTCATF

Le Tableau 11 ci-dessus présente les émissions et absorptions de GES par secteur d'activités pour l'année de référence 2019, exprimées en Gg CO2 Eq., avec et sans prise en compte du secteur Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Foresterie (UTCATF)

En excluant le secteur UTCATF, les émissions totales de GES en 2019 s'élèvent à 35 774,8899 Gg CO2 Eq. Le profil sectoriel des émissions est dominé par le secteur Agriculture, Foresterie et autres Affectations des Terres (AFAT) hors absorptions, qui contribue à hauteur de 23 570,7277 Gg CO2 Eq., soit environ 65,9 % des émissions nationales hors UTCATF. Cette contribution élevée est principalement imputable aux émissions du sous-secteur Agriculture, notamment celles de CH4 issues de la fermentation entérique et de la riziculture irriguée, ainsi qu'aux émissions de N2O provenant des sols agricoles gérés.

Le secteur des Déchets constitue la deuxième source d'émissions, avec 6 181,2391 Gg CO2 Eq., représentant environ 17,3 % du total hors UTCATF. Ces émissions sont essentiellement liées au CH4 provenant de la gestion des déchets solides et des eaux usées.

Le secteur de l'Énergie contribue à hauteur de 5 750,3084 Gg CO2 Eq., soit environ 16,1 % des émissions totales hors UTCATF. Les émissions de ce secteur sont dominées par le CH4 et le N2O, tandis que les émissions de CO2 issues de la combustion d'énergie demeurent relativement faibles à l'échelle nationale.

Le secteur des Procédés Industriels et Utilisation des Produits (PIUP) représente une contribution marginale, avec 272,6147 Gg CO2 Eq, soit moins de 1 %, principalement associée aux HFCs.

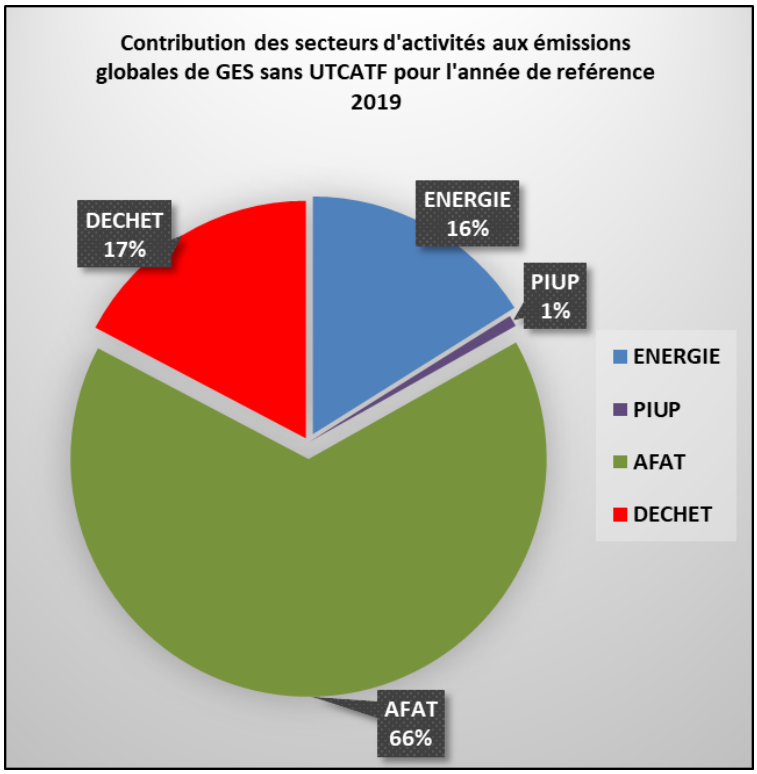


Figure 2: Contribution des secteurs d'activités aux émissions globales des GES sans UTCATF pour l'année de référence 2019

2.2.2 Contribution des secteurs d'activités aux émissions globales de GES AVEC UTCATF

L'inclusion du secteur UTCATF modifie substantiellement le bilan national des GES. En 2019, les absorptions nettes de CO2 du secteur AFAT s'élèvent à –166 360,6638 Gg CO2 Eq, largement supérieures aux émissions des autres secteurs. En conséquence, le total national des émissions/absorptions avec UTCATF atteint –130 585,7739 Gg CO2 Eq, indiquant que Madagascar est un puits net de GES pour l'année de référence.

Les absorptions sont quasi exclusivement attribuables au CO2, principalement issues des terres forestières, tandis que les émissions de CH4 et de N2O du secteur AFAT demeurent positives mais sont plus que compensées par les absorptions.

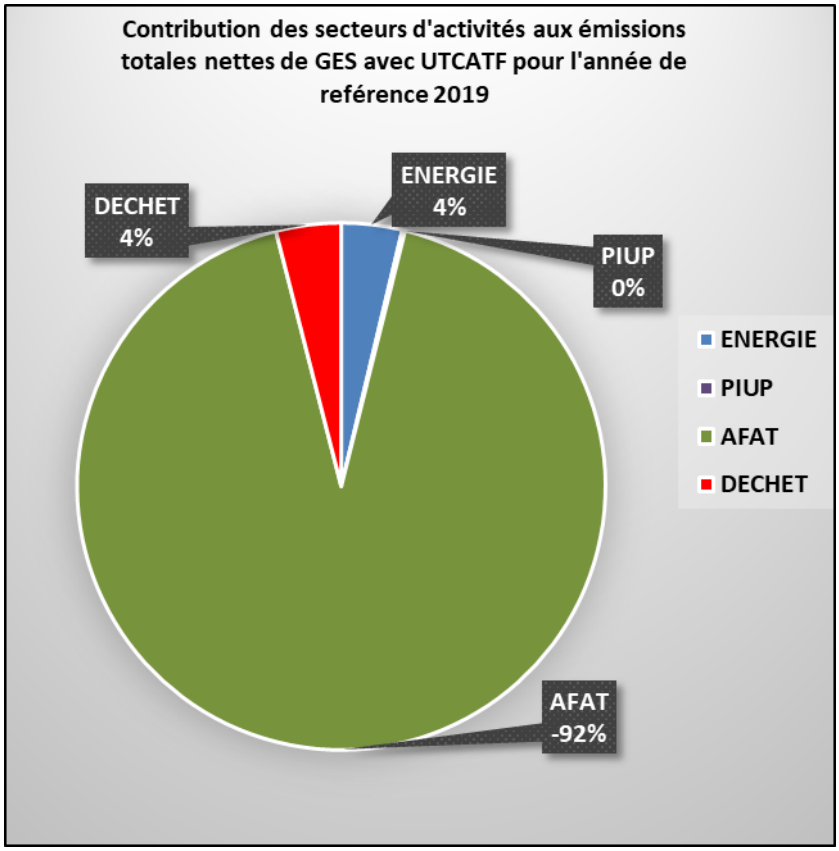


Figure 3: Contribution des secteurs d'activités aux émissions totales nettes de GES avec UTCATF pour l'année de référence 2019

Analyse comparative SANS et AVEC UTCATF

La comparaison des bilans SANS ET AVEC met en évidence le rôle déterminant du secteur des terres dans le profil national des émissions de GES. Sans UTCATF, les émissions nationales sont dominées par le secteur Agriculture et celui des déchets, reflétant une structure typique des pays à faible industrialisation. Avec UTCATF, le bilan global est largement conditionné par les absorptions du secteur forestier, qui confèrent à Madagascar un statut net de puits de carbone en 2019.

Cette divergence souligne que le maintien et le renforcement des absorptions du secteur UTCATF constituent un élément clé du bilan national de GES, tandis que les émissions des secteurs hors UTCATF,

en particulier l'Agriculture et les déchets, représentent les principaux leviers d'action pour la réduction des émissions futures.

2.2.3 Emissions/Absorptions de GES par Gaz

Contribution de gaz directs aux émissions globales nettes de GES pour l'année de référence 2019

A noter que la totalité de CO2 émise a été absorbée. En effet, 35 774, 8901 Gg CO2 Eq a été émis contre une capacité d'absorption de -166 360,6638 Gg CO2, soit un bilan net de CO2 de l'ordre de – 130 585,7739 Gg CO2.
L'analyse concerne donc le CH4, le N2O et le HFCs. Le total des émissions de ces gaz directs a été estimé à 31 843, 7546 Gg CO2 Eq.

La Figure 4 montre une prédominance du CH4 avec une contribution de 72 % ; soit 22 924, 8210 CO2 Eq. La contribution de N2O et de HFC est respectivement de 27% soit 8725, 0190 Gg CO2 Eq et de 1% soit 193, 9146 Gg CO2 Eq.

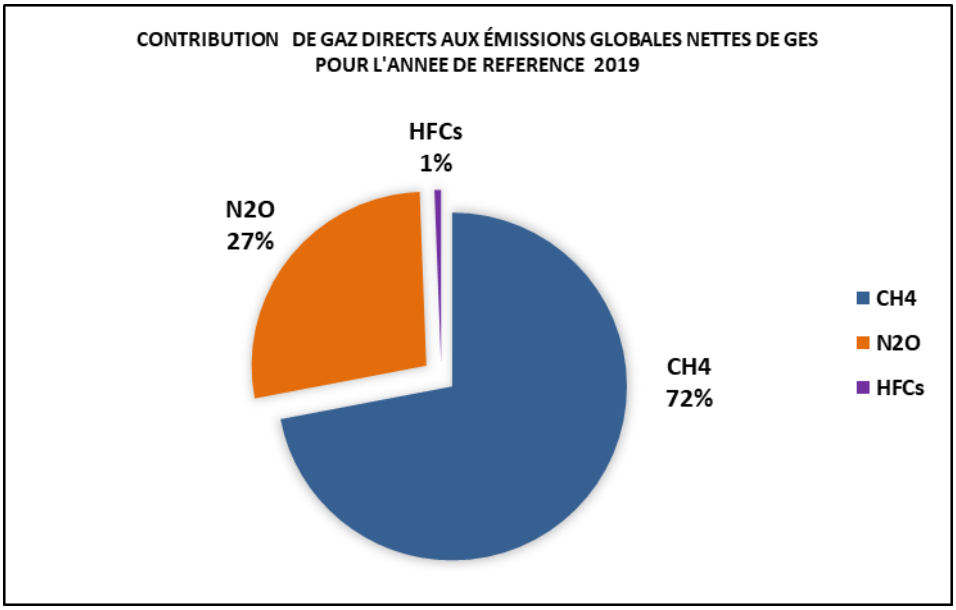


Figure 4: Contribution de gaz directs aux émissions globales nettes de GES pour l'année de référence 2019

Contribution de Gaz directs par Secteur aux émissions globales nettes de GES pour l'année de référence 2019

CO2

Pour le secteur UTCATF/AFAT, la totalité du CO2 émis est largement compensée par les absorptions, avec un puits net estimé à –166 360,6638 GgCO2, confirmant le rôle majeur de ce secteur comme puits net de carbone en 2019.

Hors UTCATF, les émissions totales de CO2 s'élèvent à 3931,1355 Gg. Le secteur ENERGIE constitue de loin la principale source, avec 3 839,1589 Gg, soit 97,66 % des émissions nationales de CO2. Il est suivi par le secteur PIUP avec 78,7001 Gg soit 2 %, puis par le secteur AFAT avec 13,2765 Gg soit 0,34 %. Le secteur DÉCHETS ne contribue pas aux émissions de CO2 en 2019.

CH4

Les émissions totales de CH4, exprimées en équivalent CO2, sont estimées à 22 924,8208 Gg CO2 Eq. L'analyse montre que le secteur AFAT est la principale source de CH4, avec 15 397,2532 Gg CO2 Eq, représentant 67,2 % du total national. Il est suivi par le secteur DÉCHETS, qui contribue à hauteur de 6004,5636 Gg CO2 Eq soit 26,2 %, et par le secteur ENERGIE avec 1523,0040 Gg CO2 Eq soit 6,6 %. Le secteur PIUP n'enregistre pas d'émissions de CH4 pour l'année considérée.

N2O

Les émissions totales de N2O sont évaluées à 8725,0190 Gg CO2 Eq. Le secteur AFAT demeure le principal contributeur, avec 8160,1878 Gg CO2 Eq, soit 59,1 % des émissions nationales de N2O. Il est suivi du secteur ENERGIE avec 388,1455 Gg CO2 Eq, soit 28,1 % et du secteur DÉCHETS avec 176,6755 Gg CO2 Eq soit 12,8 %. Le secteur PIUP ne génère pas d'émissions de N2O en 2019.

HFC, PFC et SF6

Les gaz fluorés sont émis exclusivement par le secteur PIUP. En 2019, les émissions sont estimées à 193,9146 Gg CO2 Eq, constituées uniquement de HFC, tandis que les PFC et le SF6 ne présentent aucune émission déclarée.

En synthèse, le profil des émissions nationales en 2019 est caractérisé par :

- une forte domination du CO2 du secteur de l'Énergie,
- une prépondérance du CH4 et du N2O issus du secteur AFAT,
- et un rôle structurant du secteur UTCATF comme puits net de carbone, conditionnant fortement le solde national des émissions de GES avec UTCATF.

2.2.4 Tendance des émissions et absorptions par gaz directs sur la période de 1994-2023

L'analyse de la figure 5 sur la série temporelle entre 1994 et 2023, montre une tendance générale à la hausse des émissions.

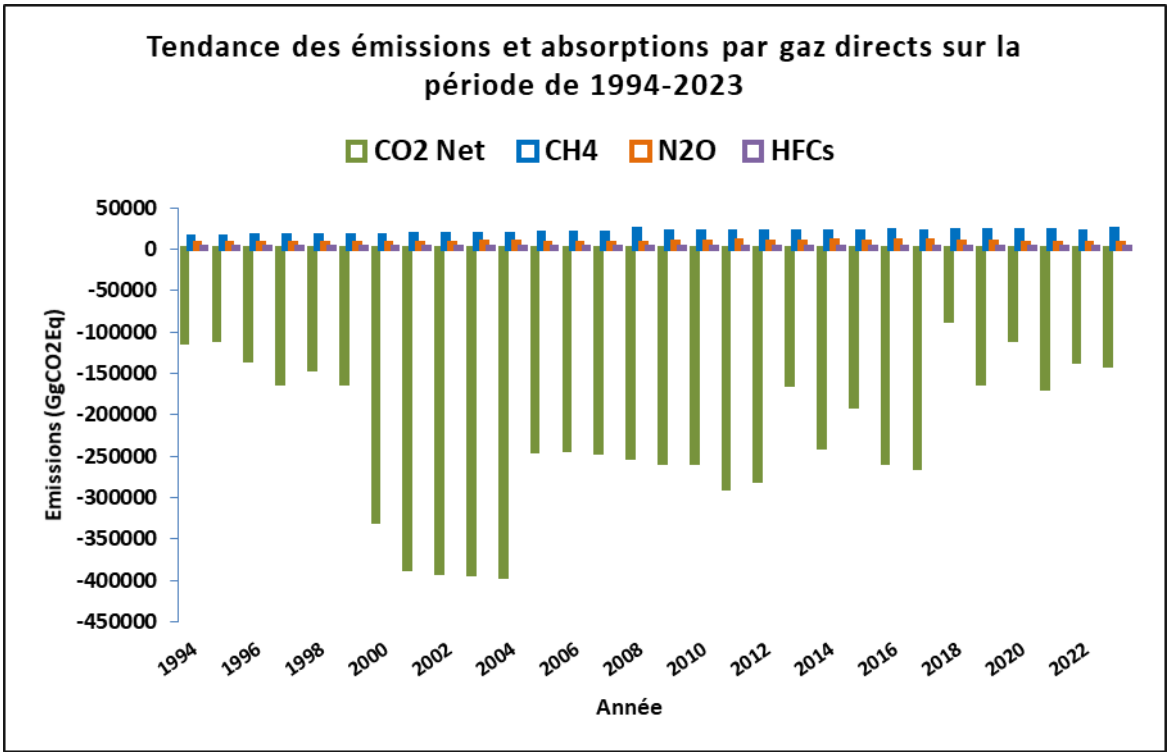


Figure 5: Tendance des émissions/absorptions des gaz directs sur la période 1994-2023

Les émissions de CH4 montrent une augmentation progressive sur l'ensemble de la période 1994-2023. Elles passent d'environ de 14 028,6664 Gg CO2 Eq au début de la période en 1994) à près de 23 580,2420 Gg CO2 Eq en fin de période (2023), principalement sous l'effet des activités agricoles, en particulier l'élevage et la riziculture. Cette évolution reflète l'augmentation des effectifs de bétail et la persistance de systèmes de production extensifs.

Les émissions de N2O, gaz dont le potentiel de réchauffement global est nettement supérieur à celui du CO2, connaissent également une hausse. Elles évoluent d'environ 6336,6535 Gg CO2 Eq en 1994 à 7200,6065 Gg CO2 Eq en 2023. Cette tendance est principalement liée aux émissions directes et indirectes des sols agricoles, notamment l'utilisation des engrais azotés, la gestion des résidus de culture et les pratiques culturales.

Les HFCs, introduits plus tard dans la série temporelle, présentent des niveaux d'émissions relativement faibles mais en augmentation. En 2023, leurs émissions atteignent environ 283, 3966 Gg CO2 Eq, traduisant l'essor progressif des équipements de réfrigération et de climatisation. Leur contribution reste toutefois marginale par rapport aux autres gaz.

Enfin, les émissions nettes de CO2 demeurent négatives sur toute la période, indiquant que le pays conserve un rôle de puits net de carbone grâce au secteur UTCATF. Toutefois, la capacité d'absorption montre une diminution progressive, avec des valeurs passant d'environ – 111 800.6737 Gg CO2 Eq en 1994 à –139 565, 8541 Gg CO2 Eq en 2023. Cette évolution suggère une pression croissante sur les ressources forestières et les terres, liée notamment à la déforestation et à la dégradation des écosystèmes.
Dans l'ensemble, la dynamique observée met en évidence une augmentation des émissions de CH4 et de N2O, combinée à une réduction progressive des absorptions nettes de CO2, ce qui accentue la vulnérabilité du bilan national des émissions à long terme.

2.2.5 Tendance des émissions des GES indirects sur la série temporelle 1994-2023

Sur la période 1994–2023, les émissions de gaz indirects sont dominées par le monoxyde de carbone (CO), avec des fluctuations interannuelles liées principalement aux pratiques de combustion de biomasse. Les émissions de NOx et de NMVOCs restent globalement stables, reflétant une évolution modérée des activités sous-jacentes et l'utilisation de paramètres méthodologiques constants. Aucune émission de SO2 n'a été rapportée sur la période.

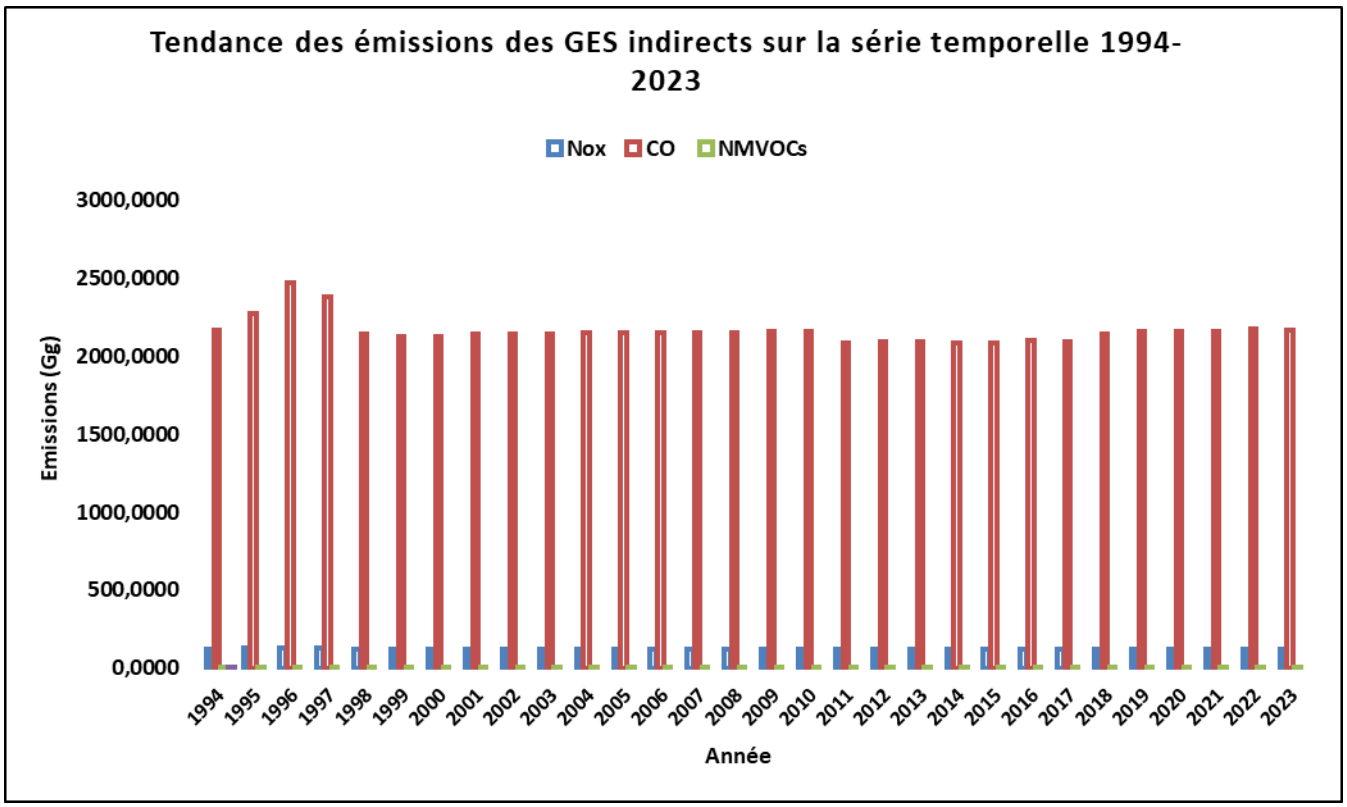


Figure 6: Tendance des émissions des GES indirects sur la série temporelle 1994-2023

2.2.6 Tendance des émissions et absorptions par secteurs d'activités sur la période de 1994-2023

La tendance observée à la Figure 7 montre une augmentation généralisée des émissions de GES sur la période 1994 à 2023.

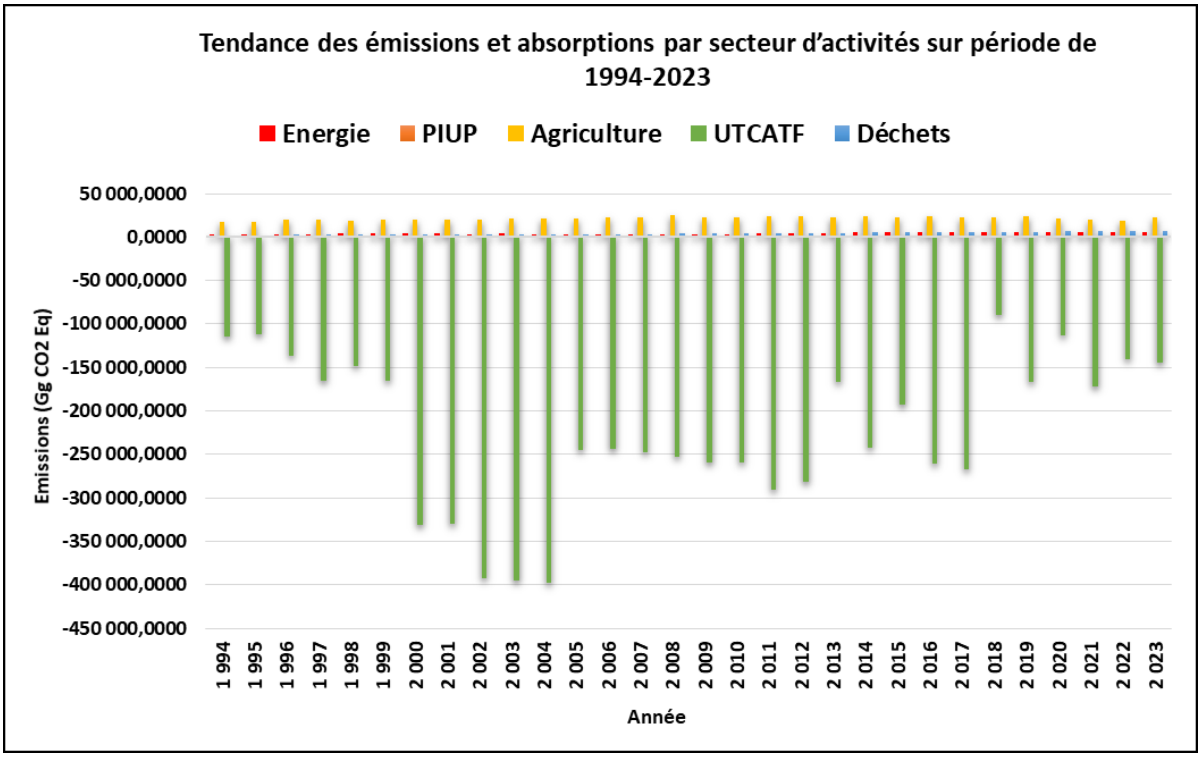


Figure 7: Tendance des émissions et absorptions par secteurs d'activités sur période de 1994-2023

Secteur Énergie

Le secteur Energie montre une augmentation progressive de ses émissions sur la période 1994-2023. Celles-ci passent d'environ de 3470,9113 Gg CO2 Eq en début de période en 1994 à près de 5796,5003 Gg CO2 Eq en 2023, avec un taux de croissance moyen annuel (TCMA) estimé à 1,78 %. Cette évolution s'explique principalement par l'urbanisation croissante, l'augmentation de la demande en électricité et le développement du transport routier. L'extension des infrastructures énergétiques et la dépendance persistante aux combustibles fossiles contribuent également à cette tendance, malgré les efforts engagés pour promouvoir les énergies renouvelables.

Secteur Agriculture

Le secteur agricole demeure l'un des principaux contributeurs aux émissions de GES. Les émissions augmentent d'environ 17 660,1529 Gg CO2 Eq en 1994 à 22 189,8221 Gg CO2 Eq en 2023, correspondant à un taux de croissance moyen annuel (TCMA) d'environ 0,79 %. Cette hausse est principalement liée à l'expansion des activités agricoles, notamment l'élevage et la riziculture, qui génèrent d'importantes émissions de méthane (CH4) et de protoxyde d'azote (N2O). Bien que ce secteur soit essentiel pour l'économie nationale, l'intensification des pratiques agricoles, sans adoption généralisée de techniques plus durables, contribue à l'augmentation continue des émissions.

Secteur UTCATF

Le secteur UTCATF conserve un rôle central dans le bilan national des émissions, en agissant comme un puits net de carbone sur l'ensemble de la période. La capacité d'absorption du CO2 passe d'environ -96 808,8828 Gg CO2 Eq en 1994 à -121 664,1273 Gg CO2 Eq en 2023, traduisant une diminution progressive des absorptions, avec une réduction moyenne annuelle estimée à 0,79 %. Cette tendance est liée à la déforestation, à la dégradation des terres et à l'expansion des surfaces agricoles. Bien que le secteur reste un puits, l'affaiblissement de cette capacité souligne la nécessité de renforcer les actions de conservation forestière et de gestion durable des terres.

Secteur PIUP

Le secteur des procédés industriels et utilisation des produits (PIUP) présente une croissance rapide de ses émissions, passant d'environ 18,2778 Gg CO2 Eq en 1994 à 368,6792 Gg CO2 Eq en 2023, avec un taux de croissance moyen annuel estimé à 10,9 %. Cette évolution est particulièrement marquée à partir des années récentes et s'explique par l'introduction et l'utilisation croissante de substances à fort potentiel de réchauffement global, notamment les HFC. Malgré un poids encore limité dans le total national, ce secteur affiche une dynamique de croissance à surveiller.

Secteur des Déchets

Les émissions issues du secteur des déchets augmentent régulièrement sur la période, passant d'environ 1896,6247 Gg CO2 Eq en 1994 à 6997,3286 Gg CO2 Eq en 2023, avec un taux de croissance moyen annuel de 4,6 %. Cette évolution reflète la croissance démographique et l'urbanisation, qui entraînent une production accrue de déchets solides et d'eaux usées. Les émissions de CH4 issues de la décomposition des déchets organiques et celles de N2O liées au traitement des eaux usées constituent les principales sources. L'insuffisance des infrastructures de gestion et de traitement des déchets accentue cette tendance, soulignant l'importance d'améliorer les systèmes de collecte, de valorisation et de traitement.

2.2.7 Totales des émissions/Absorptions de GES (au niveau national), par an sur la période 1994-2023 SANS et AVEC UTCATF

Tableau 16: Totales des émissions/Absorptions de GES, par an sur la période 1994-2023 SANS et AVEC UTCATF

Année	Energie	PIUP	Agriculture	UTCATF	Déchets	Totales des émissions SANS UTCATF	Totales des émissions AVEC UTCATF
1 994	3 470,9113	18,2778	17 660,1529	-96 808,8828	1 896,6247	23 045,9667	-91 423,0690
1 995	3 457,0955	23,8771	17 805,7053	-93 761,8223	2 333,0524	23 619,7303	-87 947,7973
1 996	3 291,7196	28,6849	19 854,7071	-116 925,5697	2 480,4821	25 655,5937	-111 124,6832
1 997	3 635,6506	36,5846	19 481,4435	-145 275,8017	2 649,5803	25 803,2590	-138 953,9862
1 998	3 849,6533	41,3655	18 853,6367	-129 237,0696	2 783,5882	25 528,2436	-122 562,4627
1 999	4 066,8786	56,5876	19 431,9580	-312 328,8243	2 872,0288	26 427,4531	-305 333,3293
2 000	4 108,6302	58,1899	19 620,7782	-312 140,0041	2 980,6039	26 768,2022	-304 992,5801
2 001	3 813,6299	68,9598	20 275,4803	-369 154,4618	3 063,6045	27 221,6745	-362 208,2677
2 002	2 758,5123	71,1603	20 475,4739	-371 761,2621	3 161,0025	26 466,1490	-365 770,5870
2 003	3 801,9479	101,4783	21 032,5102	-373 874,7088	3 254,9423	28 190,8787	-366 716,3403
2 004	3 689,1054	104,7544	21 343,1998	-376 330,2241	3 367,1907	28 504,2503	-369 169,1737
2 005	2 886,4443	104,6769	21 823,5006	-223 121,3185	3 453,2407	28 267,8625	-216 676,9566
2 006	2 847,6103	106,0918	22 268,4607	-221 174,0624	3 561,0736	28 783,2364	-214 659,2867
2 007	2 933,9924	114,6965	22 231,5644	-224 982,7787	3 676,2857	28 956,5391	-218 257,8040
2 008	3 065,3838	153,6802	25 835,1733	-227 019,8629	3 829,0545	32 883,2918	-219 971,7443
2 009	3 037,8379	141,9378	22 630,1991	-236 100,6395	4 013,7966	29 823,7714	-228 907,0672
2 010	3 332,3234	137,8808	22 808,6745	-237 212,4277	4 173,4951	30 452,3739	-229 568,7284
2 011	3 812,1516	140,8838	24 219,0283	-266 460,3011	4 367,8798	32 539,9435	-258 139,3859
2 012	4 454,6096	142,6830	23 789,1830	-257 787,7856	4 586,0084	32 972,4841	-248 604,4846
2 013	4 751,8163	140,6755	22 254,8890	-144 936,0090	4 798,0482	31 945,4290	-135 245,4690

2 014	5 050,0815	145,3165	23 821,1889	-219 196,9644	5 017,3160	34 033,9028	-208 984,2505
2 015	5 005,8377	149,0015	22 289,3907	-238 582,8969	5 237,5077	32 681,7376	-228 190,5500
2 016	5 078,6747	163,7951	23 942,3147	-236 929,9729	5 449,6505	34 634,4350	-226 237,8526
2 017	5 845,6502	193,4210	22 945,2334	-244 876,3587	5 668,8055	34 653,1101	-233 168,4820
2 018	5 600,2615	242,8426	23 055,0204	-66 831,4530	5 928,6521	34 826,7766	-55 059,6968
2 019	5 842,2898	272,6147	23 570,7187	-142 789,9451	6 181,2503	35 866,8735	-130 493,7904
2 020	5 040,2707	282,3984	21 394,4024	-91 770,3398	6 427,3887	33 144,4602	-80 020,2820
2 021	5 670,9581	306,7748	20 339,7948	-151 757,1822	6 676,0591	32 993,5868	-139 103,3902
2 022	5 982,2458	338,7678	19 283,0849	-120 674,2986	6 885,7969	32 489,8954	-107 467,4881
2 023	5 796,5003	368,6792	22 189,8221	-121 664,1273	6 997,3286	35 352,3302	-108 501,6192

L'analyse montre une augmentation marquée des émissions totales sans UTCATF sur la période 1994–2023. Celles-ci passent de 23 045,9667 Gg CO2 Eq en 1994 à 35 352,3302 Gg CO2 Eq en 2023, traduisant une hausse soutenue des émissions brutes nationales. Cette évolution reflète l'intensification progressive des activités économiques, en particulier dans les secteurs de l'Agriculture, de l'Énergie et des Déchets, qui constituent les principales sources d'émissions. La croissance démographique, l'extension des activités agricoles et l'augmentation de la demande énergétique contribuent de manière significative à cette tendance haussière.

En revanche, les émissions totales avec UTCATF présentent une dynamique différente. Sur l'ensemble de la période, le bilan reste négatif, confirmant que Madagascar demeure un puits net de carbone. Les émissions nettes passent de -91 423,0690 Gg CO2 Eq en 1994 à -108 501,6192 en 2023. Cette situation traduit le rôle central du secteur UTCATF, dont les absorptions compensent largement les émissions des autres secteurs. Toutefois, les fortes fluctuations observées au cours de la période traduisent une vulnérabilité du puits forestier, liée notamment à la déforestation, à la dégradation des terres et aux changements d'affectation des sols.

Dans l'ensemble, ces résultats mettent en évidence un contraste net entre la hausse continue des émissions brutes hors UTCATF et le rôle déterminant du secteur UTCATF dans le maintien d'un bilan national négatif. Ils soulignent l'importance stratégique de la gestion durable des forêts et des terres pour préserver la capacité d'absorption du pays et limiter l'impact de l'augmentation des émissions des secteurs productifs.

2.2.8 Projection des émissions des GES directs vers 2050

Les projections simples des émissions de GES SANS UTCATF de Madagascar jusqu'en 2050 ont été estimées suivant la tendance historique des émissions totales de GES pour la période 1994-2023. Cette approche correspond au scénario Business as Usual (BAU) basé sur le taux de croissance moyen annuel (TCMA) des émissions sur cette période historique, estimé à 1,49 % par an.

Les émissions futures ont été calculées à partir de l'équation suivante :
Et =E2023 x (1+r) (t - 2023)
Où :

- Et : émissions projetées pour l'année t (2050)
- E2023 : Emission pour la dernière année de l'inventaire 35 352,3404 Gg CO2 Eq
- r : TCMA 1,49 %

Les résultats de projection BAU sont données dans le tableau 17 ci-après.

Année	Emissions projetées (Gg CO2 Eq)
2023	35 352
2025	36 411
2030	39 199
2035	42 201
2040	45 433
2045	48 911
2050	**52 657**

Tableau 17: Projection des émissions globales des GES en Gg de CO2 Eq directs sans UTCATF vers 2050

Year	Emissions CO2 Eq Gg	Series
1994	23 044,36	Historical
1995	23 619,73	Historical
1996	25 655,60	Historical
1997	25 803,26	Historical
1998	25 528,24	Historical
1999	26 344,84	Historical
2000	26 769,25	Historical
2001	27 221,66	Historical
2002	26 466,15	Historical
2003	28 190,87	Historical
2004	28 504,17	Historical
2005	28 267,86	Historical
2006	28 783,24	Historical
2007	28 956,54	Historical
2008	32 883,29	Historical
2009	29 823,77	Historical
2010	30 452,37	Historical
2011	32 539,94	Historical
2012	32 972,48	Historical
2013	31 945,43	Historical
2014	34 033,90	Historical
2015	32 873,11	Historical
2016	34 634,44	Historical
2017	34 653,10	Historical
2018	34 826,79	Historical
2019	35 774,89	Historical
2020	33 144,47	Historical
2021	32 993,60	Historical
2022	32 489,91	Historical
2023	35 352,34	Historical
2024	35 877,89	Projected
2025	36 411,25	Projected
2026	36 952,55	Projected
2027	37 501,89	Projected
2028	38 059,39	Projected
2029	38 625,19	Projected
2030	39 199,39	Projected
2031	39 782,13	Projected
2032	40 373,54	Projected
2033	40 973,74	Projected
2034	41 582,85	Projected
2035	42 201,03	Projected
2036	42 828,39	Projected
2037	43 465,08	Projected
2038	44 111,24	Projected
2039	44 767,00	Projected
2040	45 432,51	Projected
2041	46 107,91	Projected
2042	46 793,36	Projected
2043	47 488,99	Projected
2044	48 194,97	Projected
2045	48 911,44	Projected
2046	49 638,56	Projected
2047	50 376,49	Projected
2048	51 125,39	Projected
2049	51 885,43	Projected
2050	52 656,76	Projected

Tendance générale des émissions SANS UTCATF

L'analyse des projections montre une augmentation continue des émissions de GES jusqu'en 2050, caractéristique d'un scénario Business as Usual (BAU). La trajectoire est croissante et quasi exponentielle, traduisant la croissance démographique, l'intensification des activités agricoles, la hausse de la demande énergétique.

Les secteurs dominants restent :

- Secteur Agriculture principal émetteur de CH_4 et de N_2O
- Secteur Énergie, principal émetteur de CO2 avec une croissance rapide liée à l'urbanisation
- Secteur Déchets et PIUP, contribution encore faible mais en hausse.

Cette dynamique est cohérente avec les tendances nationales observées, où l'agriculture et l'énergie deviennent les principaux contributeurs SANS UTCATF.

Analyse par phases temporelles

a) Période 2020–2030 : phase d'accélération
Les émissions augmentent rapidement. Cette phase correspond à la croissance du cheptel (fermentation entérique) et à l'extension des surfaces rizicoles irriguées ainsi qu'à l'augmentation de la consommation énergétique.

b) Période 2030–2040 : croissance soutenue
Les émissions continuent d'augmenter, mais parfois à un rythme légèrement stabilisé selon les hypothèses. Les gains d'efficacité (s'ils existent) ne compensent pas la croissance structurelle.

c) Période 2040–2050 : effet cumulatif
Les émissions atteignent leur maximum. Le système devient fortement dépendant : des pratiques agricoles intensives, des énergies fossiles ou biomasse non durable.

Chapitre 3 : ENERGIE (SECTEUR CRT 1)

3.1 Aperçu du secteur et information de base

Le secteur Energie reste un secteur conséquent des émissions de gaz à effet de serre mais il est également le secteur qui dispose le plus d'alternatives à travers les énergies renouvelables (éolienne, biomasse, solaires, etc.), avec toutefois des prix d'installation très élevés. L'utilisation de technologies écologiquement rationnelles dans le secteur Energie n'est pas une nouveauté à Madagascar, étant donné que l'utilisation des énergies renouvelables était déjà adoptée depuis longtemps de manière plus ou moins instinctive. Toutefois, ceci mérite d'être développé davantage. Actuellement, avec la prise de conscience auprès de différents intervenants (administration publique, investisseurs, commerçants, etc.), leur exploitation commence à être privilégiée. La biomasse, formée surtout par le bois-énergie, constitue la plus importante source d'énergie exploitée à Madagascar. Cette source représente 92% de l'offre d'énergie, car elle est utilisée essentiellement par les ménages pour la cuisson. Différentes techniques de cuisson peuvent être classées comme 112 technologies écologiquement rationnelles, dans la mesure où les paysans effectuent systématiquement le reboisement des eucalyptus. Le bois-énergie est constitué de bois de chauffe (82% des ménages) et de charbon de bois (17% des ménages). Seuls 1% des ménages ont la possibilité d'utiliser l'électricité ou le gaz pour la préparation de leurs nourritures. Des petites technologiques thermiques sont développées par des nationaux : fours de cuisson à biomasse, chaudière pour eau chaude, pyrolyseur et fours et cuiseurs solaires.

3.2 Méthodologies

3.2.1 Inventaire de gaz a effet de serre (iges) et changement climatique

La CCNUCC caractérise les changements climatiques comme « les modifications du climat qui sont attribuables directement ou indirectement à une activité humaine modifiant la composition de l'atmosphère mondiale et qui s'ajoutent la variabilité naturelle du climat observée sur des périodes similaires ». L'idée de Les changements climatiques se distinguent de la variabilité climatique du système climatique qui se modifie au fil du temps sous l'effet de sa propre dynamique interne, mais également de facteurs externes (forçages) influençant le climat.

3.2.2 Approche

Nous adoptons une démarche itérative, complémentaire et participative qui implique les parties prenantes dans le cadre de notre mission. Nous effectuons cette tâche en étroite coopération avec les coopérations responsables, avec les responsables, notamment le BNCCREDD+, qui assure la coordination et fournit des personnes-ressources notamment le BNCCREDD.

La réalisation des missions prend en considération les directives du GIEC 2006 pour les IGES.

La formule générale suivante est utilisée pour calculer les émissions de GES :

Émission de GES (GgCO2 Eqq) = Donnée d'activité (TJ) x Facteur d'émission (GgCO2 Eqq/TJ)

3.2.3 Activités

Les activités du présent rapport se présentent comme suit :

Checking des données fournies par la TCN

Secteurs d'activité

Industries énergétiques

- Centrales électriques

. - Meules de carbonisation

Industries manufacturières et de la construction

- Toutes les industries autres que les Industries énergétiques

- Les entreprises de construction.

Transport

- Transport intérieur comprenant : transport routier, ferroviaire, aérien et maritime à l'intérieur du pays

- Transport extérieur comprenant : transport aérien et maritime à l'extérieur du pays

Service, commerce et institutionnel

-Toutes les prestations de service

-Tout commerce

-L'Administration

Résidentiel

-Les ménages

Agriculture, pêche et sylviculture

- Agriculture

-Pêche

-Foresterie

Combustibles

Energie primaire

-Pétrole brut

-Charbon Minéral (compté sous anthracite)

-Bois énergie

-Bagasse

-Balle de riz

Energie secondaire

-Produits pétroliers

Gaz liquéfié

Essence (essence super, tourisme et aviation ont été regroupés ici)

Kérosène pour carburéacteur

Pétrole lampant (compté sous autre kérosène)

Gazole

Fioul

Lubrifiant

Bitume

-Charbon de bois

Les inventaires ont été structurés par secteur d'activité (utilisateur), combustible utilisé et par GES directs (CO2, CH4, N2O) et GES indirects émis (NOx, CO, COVNM et SO_2).

Données

Les données d'activités collectées et utilisées pour la TCN sont les données de la série temporelle 1994 à 2010. Les facteurs d'émission choisis pour évaluer les émissions des GES sont les valeurs par défaut du GIEC pour les calculs de niveau 1.

Collecter les données d'activités de 2011-2023

L'acquisition des données opérationnelles ont été réalisées auprès des entités responsables des sous-secteurs. Une partie a été récupérée via les sites internet de ces entités, tandis que le reste a été déterminé au sein du Ministère chargé de l'Énergie.

Selon la note de service du 18 janvier 2019, un Comité Technique Système d'Information Énergétique (CTSIE) a été créé au sein du Ministère et a pour mission de dresser chaque année le bilan énergétique. Le CTSIE réalise les collectes de données auprès des Départements et Organismes répertoriés dans le Tableau 13 ci-après.

Tableau 18: Données collectées et Sources d'information du secteur Energie

Données collectées	Sources d'information
Statistiques annuelles de production et vente des IPP ADER	ADER
Statistiques de production sucrière	CMCS
Statistiques démographiques et comptes nationaux ; bulletins périodiques et statistiques des immatriculations	INSTAT
Statistiques annuelles de production et de vente d'électricité et rapports d'activités	JIRAMA
Projection de la ressource forestière durable	Ministère en charge des Forêts
Statistiques de production rizicole	Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
Statistiques annuelles d'approvisionnement et de vente des hydrocarbures ; Statistiques de vente par province	OMH
Statistiques d'importation de charbon fossile	Douanes

Le circuit de collecte des données est schématisé comme suit :

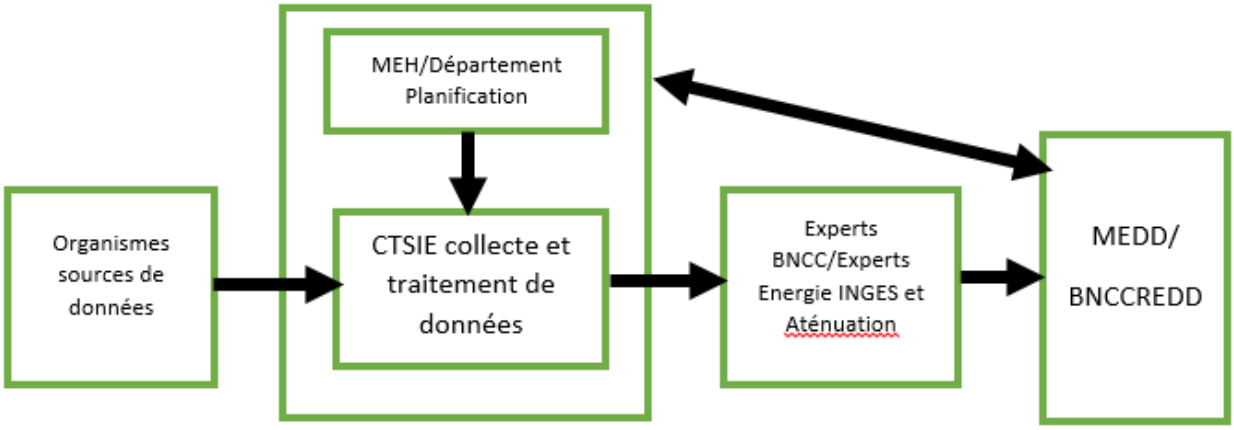


Figure 8: Schéma du circuit de collecte de données du Secteur Energie

Les données sur la consommation d'énergie de chaque secteur sont collectées et traitées par chaque unité chargée du système d'informations des départements/organismes sources d'informations. Ces données sont ensuite mises à la disposition du CTSIE pour analyse et traitements en vue d'établir le bilan énergétique. Le bilan énergétique avec ses données sera exploité par les experts en Energie - Changement Climatique en concertation avec les experts de BNCC/MEDD pour l'IGES et l'identification des mesures d'atténuation.

Le BNCCRED+/MEDD établit le BUR et la CN en concert entre autres avec le MEH faisant partie du comité de pilotage de la mise en œuvre des CPDN/AP.

Les données d'activités obtenues de 2011 à 2023 avec les unités originales (physiques) sont présentées en Annexe.

Les unités d'origine sont les unités utilisées par les fournisseurs de données. La conversion en ktep pour une unité unique des combustibles, se rapporte au bilan énergétique. Les unités des facteurs d'émission sont tCO2/TJ et kg GES/TJ. En conséquence le ktep est converti en TJ.

Tableau 19: Facteurs de conversion du MdE du secteur Energie

	DENSITE		***(Source)***	**PCI**		***(Source)***
Pétrole Brut	0,850	tonne/m3	MdE	1,000	tep/tonne	MdE
Charbon Minéral				0,600	tep/tonne	MdE
Hydro-énergie						
Bois Energie						
- Bois De Feu	0,600	tonne/m3	MdE	0,359	tep/tonne	MdE
- Bois De Carbonisation	0,700	tonne/m3	MdE	0,299	tep/tonne	MdE
Bagasse				0,200	tep/tonne	MdE
Balle De Riz				0,320	tep/tonne	MdE
Autres Primaires						
Electricité				0,086	tep/MWh	MdE
Gaz Liquéfié	0,575	tonne/m3	OMH	1,100	tep/tonne	MdE
Essences	0,725	tonne/m3	MdE	1,050	tep/tonne	MdE
- Essence Super	0,745	tonne/m3	OMH	1,050	tep/tonne	MdE
- Essence Tourisme	0,725	tonne/m3	OMH	1,050	tep/tonne	MdE
- Essence Aviation	0,715	tonne/m3	OMH	1,050	tep/tonne	MdE
Kérosènes	0,791	tonne/m3	OMH	1,030	tep/tonne	MdE
- Pétrole Lampant	0,791	tonne/m3	OMH	1,030	tep/tonne	MdE
Gas Oil	0,845	tonne/m3	OMH	1,020	tep/tonne	MdE
Fuel Oil	0,955	tonne/m3	MdE	0,970	tep/tonne	MdE
Fuel Oil	0,955	tonne/m3	MdE	0,970	tep/tonne	MdE
Charbon De Bois				0,690	tep/tonne	MdE
Bitume	1,031	tonne/m3	OMH	1,000	tep/tonne	MdE
Lubrifiant	0,900	tonne/m3	OMH	1,000	tep/tonne	MdE

Tableau 20: Teneurs en soufre

TYPE DE COMBUSTIBLES	TENEUR EN SOUFRE (%) MAXIMAL (SOURCE MdE)	TENEUR EN SOUFRE (%) (SOURCE GIEC)	TENEUR EN SOUFRE (%) UTILISE	SOURCE
Charbon	0,6	0.5-1,5-3	0,5	GIEC
Fioul léger/Diesel	3,5	1-3	3	GIEC
Diesel	1	0,3	0,3	GIEC
Essence	0,20	0,1	0,1	GIEC
Kérosène pour carburéacteur	0,30	0,05	0,05	GIEC
Autres kérosènes	0,15		0,15	MdE
GPL				
Bois		0,2	0,2	GIEC
Autres biomasses		0,03	0,03	GIEC
Charbon de bois			0,015	Agritrop[1]

Bilans énergétiques

Un bilan énergétique annuel a été établi sur la base des données d'activités en unités originales (physiques). Le MEH se sert du ktep comme unité de mesure, convertie en TJ pour l'IPCC 2006 du GIEC afin d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre, sachant qu'1 ktep équivaut à 41,868 TJ. L'annexe 1 fournit les bilans énergétiques de 2011 à 2023 exprimés en TJ.

La méthode d'estimation des émissions de GES est décidée à partir de l'utilisation du diagramme décisionnel2 donné en Annexe 2. Les données d'activités disponibles comprennent les statistiques sur l'offre en combustibles et les données sur la consommation de combustible de chaque secteur d'utilisation. Le pays ne dispose pas de mesures d'émissions avec un CQ satisfaisant ; et facteurs d'émissions spécifiques. La méthode d'estimation des émissions de GES appropriée est de ce fait, la méthode de niveau 1 (MN1) par l'approche de référence et l'approche sectorielle conformément aux Lignes Directrices 2006 du GIEC pour les INGES. Les sources d'émission du secteur de l'énergie à Madagascar comprennent les secteurs des industries énergétiques, des industries manufacturières et construction, commerciale et institutionnelle, du transport et résidentielle. Madagascar ne dispose pas encore de facteurs d'émission spécifiques pour la combustion stationnaire et la combustion mobile, les facteurs d'émission par défaut du GIEC ont été adoptés pour les calculs des émissions de GES.

La situation est synthétisée dans le Tableau 16 suivant :

[1] La carbonisation des bois tropicaux « Essais de laboratoire et perspectives industrielles » - J. Doat et G. Petroff Division Cellusose et Chimie du Centre Technique Forestier Tropical – Revue Bois et Forêts des Tropiques, n°159, Janvier- Février 1975 – page 69 (page 15 sur document6443605 . pdf)

[2] Chapitre 1 – INTRODUCTION – Lignes Directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – page 10

Tableau 21: Niveau méthodologique et facteurs d'émission utilisés

Activités sources de GES	CO_2		CH_4		N_2O	
	Méthode	FE	Méthode	FE	Méthode	FE
A. Activité de combustion de carburant	MN1	D	MN1	D	MN1	D
A1. Industries énergétiques	MN1	D	MN1	D	MN1	D
A2. Industries manufacturières et construction	MN1	D	MN1	D	MN1	D
A3. Transport	MN1	D	MN1	D	MN1	D
A4. Autres secteurs	MN1	D	MN1	D	MN1	D
A4.a. Secteur Commercial et institutionnel	MN1	D	MN1	D	MN1	D
A4.b. Secteur Résidentiel	MN1	D	MN1	D	MN1	D
A4.c. Agriculture/ Foresterie/pêche/pisciculture	MN1	D	MN1	D	MN1	D
B. Emissions fugitives imputables aux combustibles	NL	NL	NL	NL	NL	NL

MN1 : méthode de niveau 1 ; D : Facteur d'émission par défaut du GIEC ; NL : activité n'ayant pas eu lieu.

Facteur d'émission

Les tableaux 17 et 18 ci-dessous présentent les facteurs d'émission standards du GIEC appliqués dans la méthode de calcul de niveau 1.

Tableau 22: Facteurs d'émission des GES directs des lignes directives du GIEC 2006

FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAUT POUR LA COMBUSTION STATIONNAIRE ET MOBILE SECTEUR ENERGETIQUE - TRANSPORT (kg GES/TJ)									
Type de combustible	CO_2			CH_4			N_2O		
	Facteur d'émission par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure	Facteur d'émission par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure	Facteur d'émission par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure
Pétrole brute	73 300	71 100	75 500	3	1	10	0,6	0,2	2
Essence automobile	68 300	67 500	73 000	3	1	10	0,6	0,2	2
Essence aviation	70 000	67 500	73 000	3	1	10	0,6	0,2	2
Kérosène d'avion	71 500	69 700	74 400	3	1	10	0,6	0,2	2
Autres kérosènes	71 900	70 800	73 700	3	1	10	0,6	0,2	2
Gasoil/Diesel	74 100	72 600	74 800	3	1	10	0,6	0,2	2
Fuels résiduels	77 400	75 500	78 800	3	1	10	0,6	0,2	2
Gaz de pétrole liquéfiés	63 100	61 600	65 600	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

Bitume	80 700	73 000	89 900	3	1	10	0,6	0,2	2
Lubrifiants	73 300	71 900	75 200	3	1	10	0,6	0,2	2
Anthracite	98 300	94 600	101 000	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Déchets industriels	143 000 n	110 000	183 000	30 n	10	100	4	1,5	15
Bois/déchets de bois	112 000 n	95 000	132000	30 n	10	100	4	1,5	15
Charbon de bois	112 000 n	95 000	132000	200 n	70	600	4	1,5	15
Autre biomasse solide primaire	100 000 n	84 700	117 000	30 n	10	100	4	1,5	15
n : non inclus dans LD 1996 GIEC									

Tableau 23: Facteurs d'émission des GES indirects des lignes directives du GIEC 1996

FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAUT DES GES INDIRECTS (kg GES/TJ)				
ACTIVITE	**FE NOx**	**FE CO**	**FE NMVOC**	**FE SO2**
COMBUSTION STATIONNAIRE				
Industrie de l'Energie				
Charbon (Anthracite)	300	20	5	113,45
Produits pétroliers liquides	200	15	5	42,15
Bois/Déchets de bois	100	1000	50	79,84
Autres biomasses et déchets	100	1000	50	9,55
Industries manufacturières et Construction				
Charbon (Anthracite)	300	150	20p	113,45
Produits pétroliers liquides	200	10	5	42,15
Bois/Déchets de bois	100	2000	50	79,84
Charbon de bois	100	4000	100	
Autres biomasses et déchets	100	4000	50	9,55
Commercial/Institutionnel				
Gasoil	100	20	5	42,15
Pétrole lampant	100	20	5	21,50
Bois/Déchets de bois	100	5000	600	79,84
Charbon de bois	100	7000	100	3,12
Résidentiel				
Essence	100	20	5	13,65
Pétrole lampant	100	20	5(	21,50

Bois/Déchets de bois	100	5000	600	79,84
Charbon de bois	100	7000	100	3,12
Autres biomasses et déchets	100	5000	600	9,55
Agriculture/sylviculture/Pêche				
Stationnaire				
Gasoil	100	20	5	42,15
Mobile				
Gasoil	1200	1000	200	42,15
COMBUSTION MOBILE				
Transport				
Aérien				
Produits pétroliers	300	100	50	37,10
Routier				
Essence	600	8000	1500	13,65
IGasoil	800	1000	200	42,15
Ferroviaire				
Gasoil	1200	1000	200	42,15
Maritime et fluvial				
Gasoil	1500	1000	200	42,15

3.3 Émissions nationales de GES

3.3.1 Introduction

Le logiciel IPCC GIEC 2006 a servi à calculer les émissions directes de gaz à effet de serre (CO2, CH4 et N2O). Les facteurs d'émission du GIEC fourni dans les directives de 1996 ont été utilisés pour estimer les gaz à effet de serre indirects (NOx, CO, NMVOC, SO2), et ces estimations ont été introduites dans le tableau XML exporté depuis l'IPCC 2006, ne prend pas en compte les précurseurs (GES indirects) dans ses calculs.

Pour combler les vides dans les données d'activité de 2011 à 2023, les extrapolations ci-après ont été réalisées :

Tableau 24: Extrapolations des données d'émissions de gaz à effet de serre du secteur Energie

SECTEUR	UNITE	EXTRAPOLATION DES DONNEES
IMPORTATION		
Lubrifiant	TJ	Extrapolation simple de 2019 à 2023

Bitume	TJ	Extrapolation simple de 2016 à 2023
CENTRALES ELECTRIQUES (JIRAMA & IPPs Partenaires)		
(Input) LUBRIFIANTS	TJ	Extrapolation function de 2016 à 2023
PERTES & GAINS LOGISTIQUES PRODUITS PETROLIERS (Exploitation et Transport)		
ESSENCES :	TJ	Forcast function 2019 à 2023
TRANSPORT INTERNATIONAL (MARTIME, AERIEN)		
LUBRIFIANTS	TJ	Extrapolation simple de 2016 à 2023
INDUSTRIE NON ENERGETIQUE, MINES, CONSTRUCTION		
PETROLE LAMPANT	TJ	Extrapolation simple de 2016 à 2023
BITUMES	TJ	Extrapolation simple de 2016 à 2023

3.3.2 Résultats des GES pour l'année de référence

Les années de référence prise en compte dans notre étude se présentent comme ci-après :

1994 pour la première communication nationale (CN1)

2000 pour la deuxième communication nationale (DCN)

2005 pour la TCN

2019 pour la QCN

Les résultats des estimations des émissions de GES pour les années 2000 et 2005 sont donnés dans les tableaux ci-dessous. Les résultats de l'année 2019 sont montrés au tableau 10.

Tableau 25: Estimation des émissions de GES du secteur Energie pour l'année de référence 2000 de la DCN

	Emissions (Gg)

Categories	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOCs	SO2
1 - Energy	3129,468	28,884	0,643	27,407	574,853	56,247	15,006
1.A - Fuel Combustion Activities	3129,468	28,884	0,643	27,407	574,853	56,247	15,006
1.A.1 - Energy Industries	1581,05	1,5727	0,214	9,939	97,134	4,862	7,802
1.A.1.a - Main Activity Electricity and Heat Production	253,1412	0,0161	0,003	0,227	0,017	0,006	0,048
1.A.1.a.i - Electricity Generation	253,1412	0,0161	0,003	0,227	0,017	0,006	0,048
1.A.1.a.ii - Combined Heat and Power Generation (CHP)							
1.A.1.a.iii - Heat Plants							
1.A.1.b - Petroleum Refining	1327,908	0,0543	0,011	3,623	0,272	0,091	0,764
1.A.1.c - Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	0	1,5023	0,2	5,008	50,077	2,504	3,998
1.A.1.c.i - Manufacture of Solid Fuels	0	1,5023	0,2				
1.A.1.c.ii - Other Energy Industries							
1.A.2 - Manufacturing Industries and Construction	334,7092	0,2835	0,024	0,513	6,192	0,166	0,322
1.A.2.a - Iron and Steel							
1.A.2.b - Non-Ferrous Metals							
1.A.2.c - Chemicals							
1.A.2.d - Pulp, Paper and Print							
1.A.2.e - Food Processing, Beverages and Tobacco							
1.A.2.f - Non-Metallic Minerals							
1.A.2.g - Transport Equipment							
1.A.2.h - Machinery							
1.A.2.i - Mining (excluding fuels) and Quarrying							
1.A.2.j - Wood and wood products							
1.A.2.k - Construction							
1.A.2.l - Textile and Leather							
1.A.2.m - Non-specified Industry	334,7092	0,2835	0,024	0,513	6,192	0,166	0,322
1.A.3 - Transport	942,1013	0,1426	0,067	7,625	1,619	1,801	0,369
1.A.3.a - Civil Aviation	79,93986	0,0006	0,002	0,373	0,124	0,062	0,046
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) (1)							
1.A.3.a.ii - Domestic Aviation	79,93986	0,0006	0,002	0,373	0,124	0,062	0,046
1.A.3.b - Road Transportation	743,2413	0,1312	0,058	4,885	1,763	1,417	0,255

1.A.3.b.i - Cars	743,2413	0,1312	0,058	4,885	1,763	1,417	0,255
1.A.3.b.i.1 - Passenger cars with 3-way catalysts							
1.A.3.b.i.2 - Passenger cars without 3-way catalysts							
1.A.3.b.ii - Light-duty trucks							
1.A.3.b.ii.1 - Light-duty trucks with 3-way catalysts							
1.A.3.b.ii.2 - Light-duty trucks without 3-way catalysts							
1.A.3.b.iii - Heavy-duty trucks and buses							
1.A.3.b.iv - Motorcycles							
1.A.3.b.v - Evaporative emissions from vehicles							
1.A.3.b.vi - Urea-based catalysts							
1.A.3.c - Railways	10,77077	0,0006	0,004	0,178	0,148	0,030	0,006
1.A.3.d - Water-borne Navigation	108,1494	0,0102	0,003	2,189	1,460	0,292	0,062
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) (1)							
1.A.3.d.ii - Domestic Water-borne Navigation	108,1494	0,0102	0,003	2,189	1,460	0,292	0,062
1.A.3.e - Other Transportation							
1.A.3.e.i - Pipeline Transport							
1.A.3.e.ii - Off-road							
1.A.4 - Other Sectors	130,8289	26,88	0,337	9,330	469,908	49,418	6,513
1.A.4.a - Commercial/Institutional	27,55781	5,9327	0,073	1,758	86,251	10,351	1,384
1.A.4.b - Residential	94,26384	20,946	0,264	7,411	383,522	39,040	5,124
1.A.4.c - Agriculture/Forestry/Fishing/Fish Farms	9,007242	0,0012	7E-05	0,161	0,134	0,027	0,006
1.A.4.c.i - Stationary	9,007242	0,0012	7E-05	0,161	0,134	0,027	0,006
1.A.4.c.ii - Off-road Vehicles and Other Machinery							
1.A.4.c.iii - Fishing (mobile combustion)							
1.A.5 - Non-Specified	140,7791	0,0058	0,001	0,564	0,283	0,085	0,043
1.A.5.a - Stationary							
1.A.5.b - Mobile	140,7791	0,0058	0,001	0,564	0,283	0,085	0,043
1.A.5.b.i - Mobile (aviation component)							
1.A.5.b.ii - Mobile (water-borne component)							

1.A.5.b.iii - Mobile (Other)	140,7791	0,0058	0,001	0,564	0,283	0,085	0,043
1.A.5.c - Multilateral Operations (1)(2)							

Tableau 26: Estimation des émissions de GES du secteur Energie pour l'année de référence 2005 de la TCN

	Emissions (Gg)						
Categorise	CO2	CH4	N2O	CO	Nox	NMVOCs	SO2
1 - Energy	1826,98	31,23	0,698	679,013	30,535	69,088	16,111
1.A - Fuel Combustion Activities	1826,98	31,23	0,698	679,013	30,535	69,088	16,111
1.A.1 - Energy Industries	342,86	1,70	0,228	97,133	9,936	4,861	7,801
1.A.1.a - Main Activity Electricity and Heat Production	342,86	0,02	0,003	0,017	0,225	0,006	0,047
1.A.1.a.i - Electricity Generation	342,86	0,02	0,003	0,017	0,225	0,006	0,047
1.A.1.a.ii - Combined Heat and Power Generation (CHP)							
1.A.1.a.iii - Heat Plants							
1.A.1.b - Petroleum Refining							
1.A.1.c - Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	0,00	1,68	0,224	9,71166	97,117	4,856	7,754
1.A.1.c.i - Manufacture of Solid Fuels	0,00	1,68	0,224	9,71166	97,117	4,856	7,754
1.A.1.c.ii - Other Energy Industries							
1.A.2 - Manufacturing Industries and Construction	365,65	0,30	0,026	0,504	7,579	0,196	0,349
1.A.2.a - Iron and Steel							
1.A.2.b - Non-Ferrous Metals							
1.A.2.c - Chemicals							
1.A.2.d - Pulp, Paper and Print							
1.A.2.e - Food Processing, Beverages and Tobacco							
1.A.2.f - Non-Metallic Minerals							
1.A.2.g - Transport Equipment							
1.A.2.h - Machinery							
1.A.2.i - Mining (excluding fuels) and Quarrying							
1.A.2.j - Wood and wood products							
1.A.2.k - Construction							
1.A.2.l - Textile and Leather							
1.A.2.m - Non-specified Industry	365,65	0,30	0,026	0,504	7,579	0,196	0,349
1.A.3 - Transport	906,04	0,12	0,063	9,35976	29,6576	6,754819	0,423608
1.A.3.a - Civil Aviation	87,86	0,00	0,002	0,37347	0,12449	0,062245	0,046186
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) (1)							
1.A.3.a.ii - Domestic Aviation	87,86	0,00	0,002	0,37347	0,12449	0,062245	0,046186
1.A.3.b - Road Transportation	742,77	0,11	0,054	7,51306	28,0053	6,488898	0,334497
1.A.3.b.i - Cars	742,77	0,11	0,054	7,51306	28,0053	6,488898	0,334497
1.A.3.b.i.1 - Passenger cars with 3-way catalysts							
1.A.3.b.i.2 - Passenger cars without 3-way catalysts							
1.A.3.b.ii - Light-duty trucks							

1.A.3.b.ii.1 - Light-duty trucks with 3-way catalysts							
1.A.3.b.ii.2 - Light-duty trucks without 3-way catalysts							
1.A.3.b.iii - Heavy-duty trucks and buses							
1.A.3.b.iv - Motorcycles							
1.A.3.b.v - Evaporative emissions from vehicles							
1.A.3.b.vi - Urea-based catalysts							
1.A.3.c - Railways	13,37	0,00	0,005	0,21736	0,18113	0,036226	0,007635
1.A.3.d - Water-borne Navigation	62,04	0,01	0,002	1,25588	1,3467	0,16745	0,03529
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) (1)							
1.A.3.d.ii - Domestic Water-borne Navigation	62,04	0,01	0,002	1,25588	1,3467	0,16745	0,03529
1.A.3.e - Other Transportation							
1.A.3.e.i - Pipeline Transport							
1.A.3.e.ii - Off-road							
1.A.4 - Other Sectors	116,22	29,11	0,380	10,7347	544,642	57,27479	7,537389
1.A.4.a - Commercial/Institutional	13,63	7,17	0,089	2,13389	106,462	12,77557	1,700975
1.A.4.b - Residential	93,01	21,93	0,291	8,44003	438,046	44,47242	5,830766
1.A.4.c - Agriculture/Forestry/Fishing/Fish Farms	9,57	0,00	0,000	0,1608	0,134	0,0268	0,005648
1.A.4.c.i - Stationary	9,57	0,00	0,000	0,1608	0,134	0,0268	0,005648
1.A.4.c.ii - Off-road Vehicles and Other Machinery							
1.A.4.c.iii - Fishing (mobile combustion)							
1.A.5 - Non-Specified	96,22	0,00	0,001				
1.A.5.a - Stationary							
1.A.5.b - Mobile	96,22	0,00	0,001				
1.A.5.b.i - Mobile (aviation component)							
1.A.5.b.ii - Mobile (water-borne component)							
1.A.5.b.iii - Mobile (Other)	96,22	0,00	0,001				
1.A.5.c - Multilateral Operations (1)(2)							

	Emissions (Gg)						
Categories	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOCs	SO2
Memo Items (3)							
International Bunkers	96,156	0,0022	0,0027	0,39835	0,25373	0,054296	0,014587
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) (1)	78,2317	0,0005	0,0022	0,03551	0,01184	0,005918	0,004391
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) (1)	17,9243	0,0017	0,0005	0,36284	0,24189	0,048379	0,010196
1.A.5.c - Multilateral Operations (1)(2)							
Information Items							
CO2 from Biomass Combustion	17965,4						

L'estimation des émissions de GES directs et indirects en 2019, se présente comme suit :

Tableau 27: Estimation des émissions de GES du secteur Energie pour l'année de référence 2019

	Emissions (Gg)						
Categories	**CO2**	**CH4**	**N2O**	**NOx**	**CO**	**NMVOCs**	**SO2**
1 - Energy	3839,16	54,39	1,465	54,26	1066	108,4	28,39
1.A - Fuel Combustion Activities	3839,16	54,39	1,465	54,26	1066	108,4	28,39
1.A.1 - Energy Industries	725,383	5,227	0,699	18,47	173	8,674	14,05
1.A.1.a - Main Activity Electricity and Heat Production	725,383	0,04	0,007	1,18	0,089	0,03	0,249
1.A.1.a.i - Electricity Generation	725,383	0,04	0,007	1,18	0,089	0,03	0,249
1.A.1.c - Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	0	5,187	0,692	17,29	172,9	8,644	13,8
1.A.1.c.i - Manufacture of Solid Fuels	0	5,187	0,692	17,29	172,9	8,644	13,8
1.A.2 - Manufacturing Industries and Construction	1353,71	0,537	0,052	3,729	12,18	0,478	1,632
1.A.2.m - Non-specified Industry	1353,71	0,537	0,052	3,729	12,18	0,478	1,632
1.A.3 - Transport	1457,34	0,153	0,097	15,75	44,12	8,49	0,736
1.A.3.a - Civil Aviation	45,1635	3E-04	0,001	0,193	0,064	0,032	0,024
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) (1)							
1.A.3.a.ii - Domestic Aviation	45,1635	3E-04	0,001	0,193	0,064	0,032	0,024
1.A.3.b - Road Transportation	1313,94	0,145	0,085	13,66	42,73	8,192	0,656
1.A.3.b.i - Cars	1313,94	0,145	0,085	13,66	42,73	8,192	0,656
1.A.3.c - Railways	23,2957	0,001	0,009	0,377	0,314	0,063	0,013
1.A.3.d - Water-borne Navigation	74,9409	0,007	0,002	1,517	1,011	0,202	0,043
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) (1)							
1.A.3.d.ii - Domestic Water-borne Navigation	74,9409	0,007	0,002	1,517	1,011	0,202	0,043
1.A.4 - Other Sectors	128,378	48,47	0,616	16,31	836,5	90,76	11,97
1.A.4.a - Commercial/Institutional	18,9604	10,12	0,126	2,996	149,8	17,97	2,392
1.A.4.b - Residential	98,7091	38,35	0,49	13,32	686,7	72,78	9,574
1.A.4.c - Agriculture/Forestry/Fishing/Fish Farms	10,708	0,001	9E-05	0,153	0,128	0,026	0,005
1.A.4.c.i - Stationary	10,708	0,001	9E-05	0,153	0,128	0,026	0,005

	Emissions (Gg)						
Categories	**CO2**	**CH4**	**N2O**	**NOx**	**CO**	**NMVOCs**	**SO2**
Memo Items (3)							
International Bunkers	154,818	0,002	0,004	0,738	0,283	0,119	0,081
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) (1)	149,309	0,001	0,004	0,626	0,209	0,104	0,077

1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) (1)	5,50903	5E-04	1E-04	0,112	0,074	0,015	0,003
1.A.5.c - Multilateral Operations (1)(2)							
Information Items							
CO2 from Biomass Combustion	39102						
CO2 from Biomass Combustion Captured							

Analyse des émissions de 2019, l'année de référence la plus récente par gaz

Le tableau 10 précédent présente les émissions de plusieurs gaz : CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SO2, exprimées en gigagrammes (Gg). Les émissions sont réparties par secteur et sous-catégorie, permettant de voir les contributions relatives de chaque secteur d'activité.

Gaz directs

Dioxyde de carbone (CO2)

Les émissions de CO2 s'élèvent à 3 839,16 Gg, ce qui représente environ 67 % des émissions totales du secteur énergie. Ce gaz est majoritairement émis par la production d'électricité et la chaleur, les industries manufacturières, ainsi que par le transport, spécialement le transport routier qui contribue à environ 1 314 Gg.

Méthane (CH4)

Le méthane atteint 54,39 Gg. Près de 26% de ce gaz sont émis par le secteur résidentiel et commercial (48,5 Gg), montrant l'importance de la combustion incomplète ou de la gestion de biomasse et déchets dans ces secteurs. Le reste vient des activités industrielles et du transport, bien que ces derniers contribuent beaucoup moins.

Protoxyde d'azote (N2O)

Le N2O, avec 1,465 Gg, est un gaz moins émis en volume avec 7% mais important pour son potentiel de réchauffement. Il provient principalement des activités industrielles, énergétiques et du transport, réparties relativement équitablement, chaque secteur contribuant à quelques dixièmes de gigagramme.

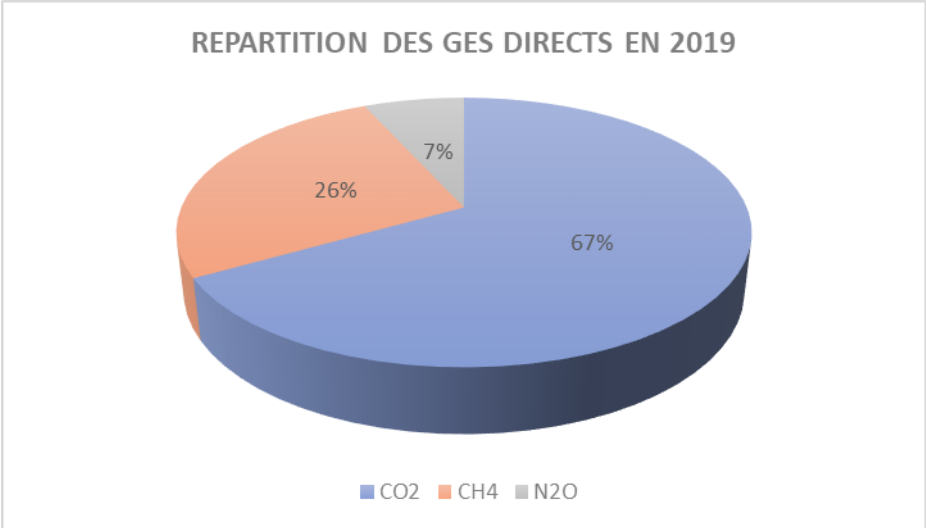


Figure 9: Poids de chaque GES direct du secteur Energie en 2019

Gaz indirects

Oxydes d'azote (NOx)

Les émissions de NOx totalisent 54,26 Gg, dont environ 83% (45,12 Gg) proviennent du transport routier, ce qui en fait le secteur le plus gros émetteur. Les industries manufacturières et la production d'énergie en émettent beaucoup moins.

Monoxyde de carbone (CO)

Le CO atteint 1 066 Gg, dont 80% (852 Gg) sont émis par le transport routier, montrant une forte pollution automobile liée aux combustions incomplètes.

Composés organiques volatils non méthaniques (NMVOC)

Les NMVOC totalisent 108,4 Gg, dont environ 81% (88 Gg) sont dus au transport routier, ce qui souligne l'effet important de ces polluants sur la qualité de l'air urbain.

Dioxyde de soufre (SO2)

Les émissions de SO2 s'élèvent à 28,39 Gg, émanant majoritairement des industries manufacturières (49%, soit 13,8 Gg) et de la production électrique (29%, soit 8,2 Gg), secteurs associés à l'utilisation de combustibles sulfurés.

Analyse des GES directs et indirects pour les années de référence

Le Tableau 23 suivant récapitule les émissions de GES des 3 années de référence.

Tableau 28: Emissions de GES du secteur Energie pour les 3 années de référence en Gg

GES	GES DIRECTS			GES INDIRECTS			
Année	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
2000	3129,47	28,88	0,64	27,41	574,85	56,25	15,01
2005	1826,98	31,23	0,698	30,54	679,013	69,088	16,111
2019	3839,16	54,39	1,465	54,26	1066	108,4	28,39
Evolution	23%	88%	128%	98%	85%	93%	89%

Le CO2 est le plus important en termes de quantité. Il est suivi par les précurseurs CO et NMVOC. La croissance de l'émission pour chaque GES est supérieure à 85% pour tous les GES. L'évolution est relativement faible pour le CO2 entre 2000 et 2019. En effet, la raffinerie a encore fonctionné en 2000 et s'est arrêtée en 2004. En conséquence, le fait a entraîné une réduction importante en 2005.

3.3.3 Tendance des émissions de GES du secteur Energie sur la période 1994-2023

Tableau 29: Tendance des émissions de GES du secteur énergie sur la période 1994-2023

Année						Emissions globales SANS UTCATF Gg
	CO2 Emis	CH4	CH4 CO2 Eq	N2O	N2O CO2 Eq	
1994	2660,7672	24,2783	679,7929	0,4919	130,3512	3 470,9113
1995	2629,8400	24,6947	691,4506	0,5125	135,8049	3 457,0955
1996	2455,5593	25,029578	700,8282	0,5106872	135,3321	3 291,7196
1997	2779,4366	25,5342	714,9566	0,5330	141,2574	3 635,6506
1998	2950,4665	26,5644	743,8025	0,5864	155,3843	3 849,6533
1999	3056,8565	27,605059	772,9417	0,6206371	164,4688	3 994,2670
2000	3129,4681	28,8842	808,7569	0,6430	170,4052	4 108,6302
2001	2786,4286	30,3630	850,1632	0,6681	177,0381	3 813,6299
2002	1745,2314	29,9648	839,0134	0,6576	174,2674	2 758,5123
2003	2734,0445	31,3952	879,0645	0,7126	188,8389	3 801,9479
2004	2603,3678	32,2246	902,2892	0,6923	183,4484	3 689,1054
2005	1826,9806	31,2342	874,5582	0,6978	184,9056	2 886,4443
2006	1698,2380	34,1833	957,1328	0,7254	192,2395	2 847,6103
2007	1738,4543	35,4691	993,1339	0,7638	202,4041	2 933,9924
2008	1820,4523	36,8759	1 032,5252	0,8015	212,4063	3 065,3838
2009	1732,1615	38,2653	1 071,4280	0,8840	234,2483	3 037,8379
2010	1978,5675	39,5677	1 107,8969	0,9278	245,8591	3 332,3234
2011	2396,6007	41,3681	1 158,3070	0,9707	257,2439	3 812,1516
2012	2971,0935	43,2416	1 210,7656	1,0292	272,7506	4 454,6096
2013	3205,4804	45,0242	1 260,6770	1,0780	285,6588	4 751,8163
2014	3437,6609	46,8713	1 312,3976	1,1322	300,0230	5 050,0815
2015	3524,8000	48,6823	1 363,1048	1,1825	313,3615	5 201,2663
2016	3329,3714	49,6049	1 388,9364	1,3599	360,3669	5 078,6747
2017	3965,9316	53,4667	1 497,0683	1,4440	382,6502	5 845,6502
2018	3753,8367	52,5372	1 471,0416	1,4165	375,3833	5 600,2615
2019	3931,1355	54,3930	1 523,0040	1,4647	388,1503	5 842,2898
2020	3435,6223	44,6320	1 249,6954	1,3394	354,9531	5 040,2707
2021	4040,7445	45,2552	1 267,1444	1,3701	363,0692	5 670,9581
2022	4325,7279	45,8217	1 283,0087	1,4095	373,5091	5 982,2458
2023	4192,6026	44,2271	1 238,3586	1,3794	365,5391	5 796,5003

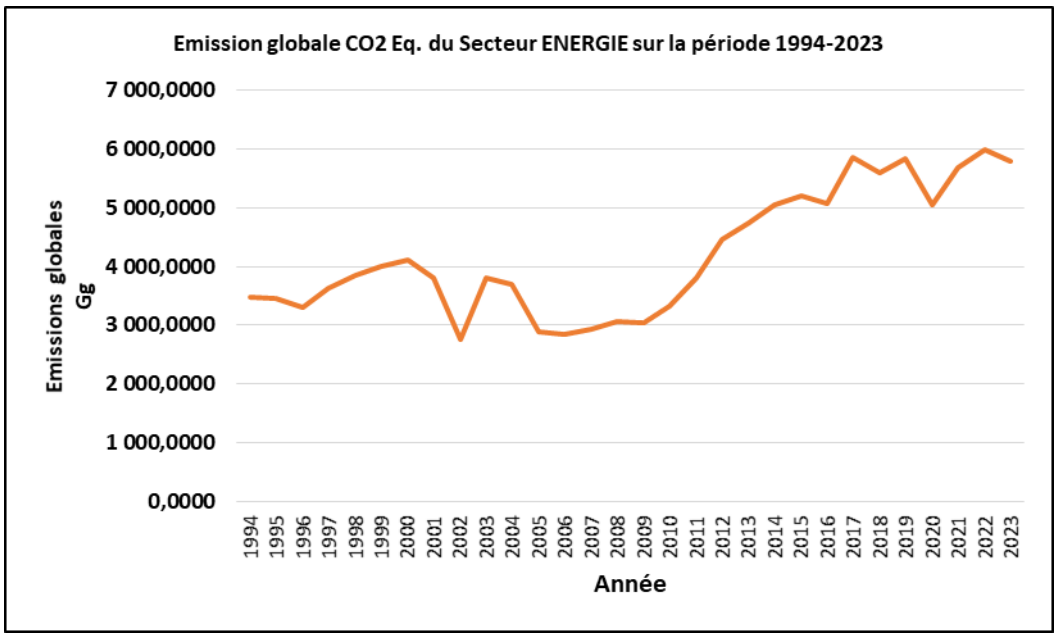


Figure 10: Emission globale CO2 Eq. du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023

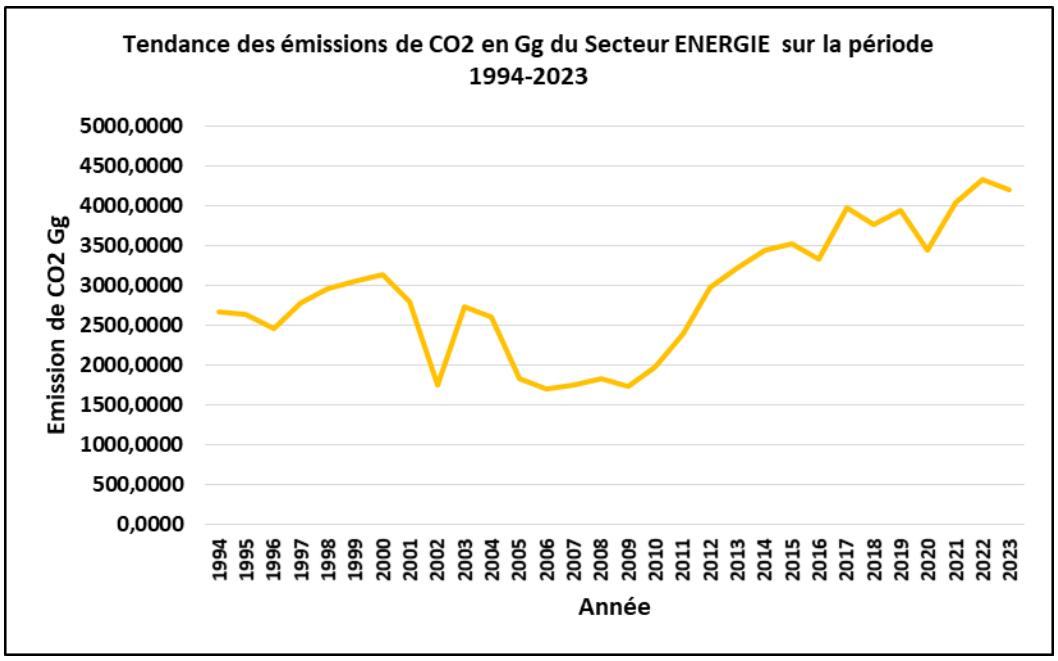


Figure 11: Tendance des émissions de CO2 en Gg du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023

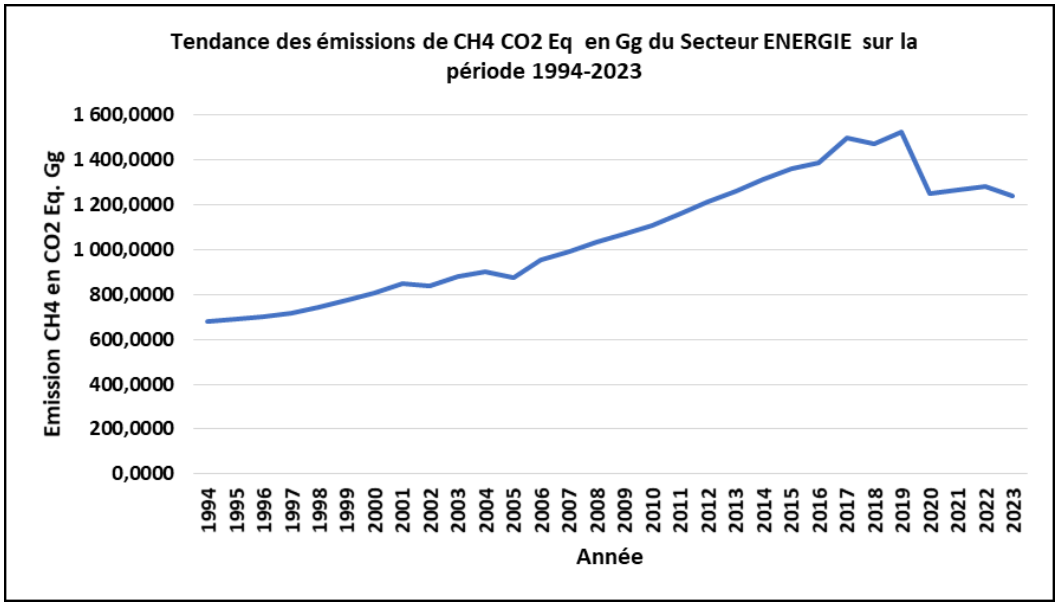


Figure 12: Tendance des émissions de CH4 CO2 Eq en Gg du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023

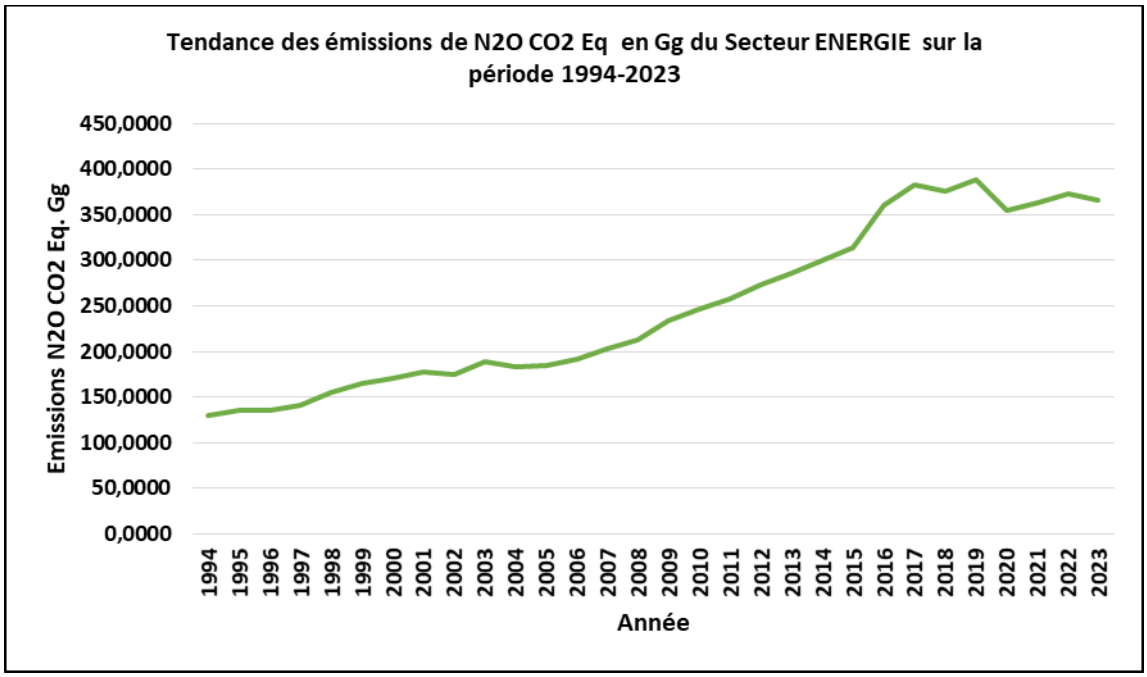


Figure 13: Tendance des émissions de N2O CO2 Eq en Gg du Secteur ENERGIE sur la période 1994-2023

3.3.4 Analyse des tendances des émissions de 1994-2023

Tendance des émissions des GES directs

L'évolution des émissions de 2011 à 2023 et le taux de croissance annuelle de chaque GES direct sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 30: Evolution des GES directs

GES DIRECTS	Evolution 2011 à 2023	Taux de croissance annuelle
CO2	75%	6%
CH4	7%	1%
N2O	38%	3%
TOTAL	52%	4%

L'émission des GES directs a connu une hausse de 52% de 2011 à 2023 avec une croissance annuelle de 4%. La plus importante augmentation est celle de l'émission de CO2 qui atteint 75% durant la période avec taux de croissance annuelle de 6%. Le taux de croissance de l'émission de CH4 est relativement faible.

3.3.5 Projection des émissions de GES directs vers 2050

Tableau 31: Projection de GES directs horizon 2050

Année						Emissions globales
	CO2 Emis	CH4	CH4	N2O	N2O	SANS UTCATF
			CO2 Eq		CO2 Eq	Gg
2011	2396,6007	41,3681	1 158,31	0,9707	257,2439	3 812,15
2012	2971,0935	43,2416	1 210,77	1,0292	272,7506	4 454,61
2013	3205,4804	45,0242	1 260,68	1,078	285,6588	4 751,82
2014	3437,6609	46,8713	1 312,40	1,1322	300,023	5 050,08
2015	3524,8	48,6823	1 363,10	1,1825	313,3615	5 201,27
2016	3329,3714	49,6049	1 388,94	1,3599	360,3669	5 078,67
2017	3965,9316	53,4667	1 497,07	1,444	382,6502	5 845,65
2018	3753,8367	52,5372	1 471,04	1,4165	375,3833	5 600,26
2019	3931,1355	54,393	1 523,00	1,4647	388,1503	5 842,29
2020	3435,6223	44,632	1 249,70	1,3394	354,9531	5 040,27
2021	4040,7445	45,2552	1 267,14	1,3701	363,0692	5 670,96
2022	4325,7279	45,8217	1 283,01	1,4095	373,5091	5 982,25
2023	4192,6026	44,2271	1 238,36	1,3794	365,5391	5 796,50
2024	4415	0	1353	0	407	6174
2025	4536	0	1358	0	417	6309
2030	5138	0	1381	0	466	6985
2035	5741	0	1405	0	516	7661
2040	6344	0	1428	0	565	8337
2045	6947	0	1452	0	615	9013
2050	7550	0	1475	0	665	9689

Les taux de croissance de CH4 (fermentation anaérobique) et N2O sont très faibles. La projection des émissions de GES directs suit pratiquement celle du CO2 (combustion).

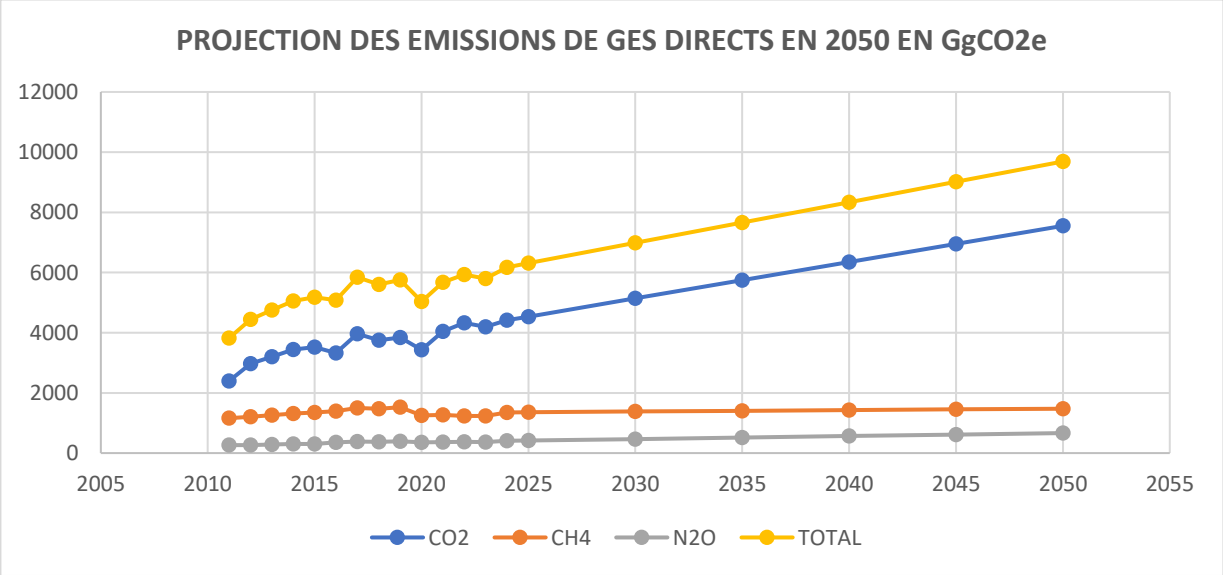


Figure 14: Projection des émissions de GES directs horizon 2050 du secteur Energie

Projection des émissions de GES indirects vers 2050

Tableau 32: Projection de GES indirects horizon 2050 du secteur Energie

	2011	2015	2019	2023	2030	2035	2040	2045	2050
NOx	35,81	44,97	54,26	53,18	67,00	74,68	82,35	90,02	97,70
CO	767,3	941,2	1066	915,04	1106,99	1178,00	1249,00	1320,00	1391,00
NMVOCs	80,72	94,76	108,4	85,94	101,97	105,64	109,30	112,96	116,62
SO2	18,35	22,99	28,39	26,23	33,42	37,05	40,68	44,31	47,93
TOTAL	**902,18**	**1103,92**	**1257,05**	**1080,378**	**1309,392**	**1395,358**	**1481,323**	**1567,289**	**1653,254**

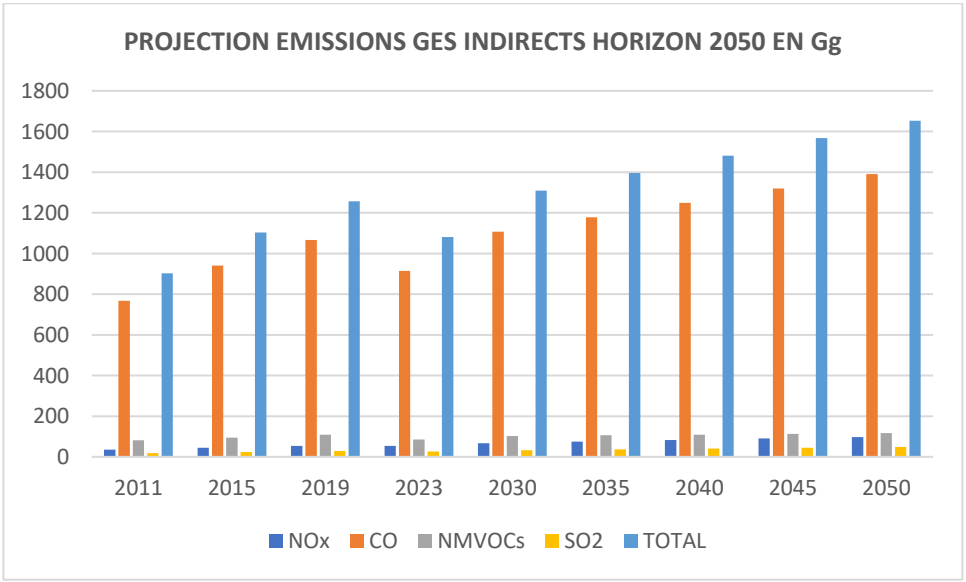


Figure 15: Projection des émissions de GES indirects horizon 2050 du secteur Energie

La projection des émissions de GES indirects suit celle du CO.

3.4 CONTROLE QUALITE (CQ) ASSURANCE QUALITE (AQ) ET INCERTITUDES

Le CQ a été assuré par l'équipe technique composée du consultant et des techniciens des Ministères en charge respectivement de l'Energie et du Transport. Des réunions ainsi que des échanges par Email et WhatsApp ont été pratiqués d'une manière effective.

L'AQ relève d'une expertise extérieure à l'équipe en charge de l'IGES, désignée par la BNCC. MEDD

3.5 INCERTITUDES

Nous n'avons pas de données sur les incertitudes. Ainsi, nous avons considéré les incertitudes par défaut du GIEC de l'IPCC 2006 présentées ci-après pour l'année de référence 2019.

Tableau 33: Année de référence pour l'évaluation de l'incertitude de la tendance : 2011, année T : 2019 du secteur Energie

A	B	E	F	G	K	L	M
2006 IPCC Categories	Gas	Activity Data Uncertainty (%)	Emission Factor Uncertainty (%)	Combined Uncertainty (%)	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor uncertainty (%)	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty (%)	Uncertainty introduced into the trend in total national emissions (%)
1.A - Fuel Combustion Activities							
1.A.1.a.i - Electricity Generation - Liquid Fuels	**CO2**	5	6,1	7,9	0,13	1,34	1,81
1.A.1.a.i - Electricity Generation - Liquid Fuels	**CH4**	5	228,8	228,8	0,00	0,00	0,00
1.A.1.a.i - Electricity Generation - Liquid Fuels	**N2O**	5	228,8	228,8	0,00	0,00	0,00
1.A.1.a.i - Electricity Generation - Other Fossil Fuels	**CO2**	5	20,5	21,1	0,35	0,22	0,17
1.A.1.a.i - Electricity Generation - Other Fossil Fuels	**CH4**	5	233,3	233,4	0,00	0,00	0,00
1.A.1.a.i - Electricity Generation - Other Fossil Fuels	**N2O**	5	275,0	275,0	0,00	0,00	0,00
1.A.1.c.i - Manufacture of Solid Fuels - Biomass - solid	**CO2**	5	17,6	18,3	0,00	0,00	0,00
1.A.1.c.i - Manufacture of Solid Fuels - Biomass - solid	**CH4**	5	222,2	222,3	4,54	0,37	20,79
1.A.1.c.i - Manufacture of Solid Fuels - Biomass - solid	**N2O**	5	275,0	275,0	6,58	0,45	43,46
1.A.4.a - Commercial/Institutional - Liquid Fuels	**CO2**	5	6,1	7,9	0,02	0,14	0,02
1.A.4.a - Commercial/Institutional - Liquid Fuels	**CH4**	5	200,0	200,1	0,00	0,00	0,00
1.A.4.a - Commercial/Institutional - Liquid Fuels	**N2O**	5	228,8	228,8	0,00	0,00	0,00
1.A.4.a - Commercial/Institutional - Biomass - solid	**CO2**	5	17,6	18,3	0,00	0,00	0,00
1.A.4.a - Commercial/Institutional - Biomass - solid	**CH4**	5	200,0	200,1	0,06	0,02	0,00
1.A.4.a - Commercial/Institutional - Biomass - solid	**N2O**	5	250,0	250,0	0,00	0,00	0,00
1.A.4.b - Residential - Liquid Fuels	**CO2**	5	6,1	7,9	0,18	0,49	0,27
1.A.4.b - Residential - Liquid Fuels	**CH4**	5	200,0	200,1	0,00	0,00	0,00
1.A.4.b - Residential - Liquid Fuels	**N2O**	5	236,4	236,4	0,00	0,00	0,00
1.A.4.b - Residential - Biomass - solid	**CO2**	5	17,6	18,3	0,00	0,00	0,00
1.A.4.b - Residential - Biomass - solid	**CH4**	5	200,0	200,1	0,04	0,08	0,01

1.A.4.b - Residential - Biomass - solid	**N2O**	5	250,0	250,0	0,00	0,00	0,00
1.A.2.m - Non-specified Industry - Liquid Fuels	**CO2**	5	6,1	7,9	0,04	0,45	0,20
1.A.2.m - Non-specified Industry - Liquid Fuels	**CH4**	5	228,8	228,8	0,00	0,00	0,00
1.A.2.m - Non-specified Industry - Liquid Fuels	**N2O**	5	228,8	228,8	0,00	0,00	0,00
1.A.2.m - Non-specified Industry - Solid Fuels	**CO2**	5	12,5	13,4	0,19	0,99	1,01
1.A.2.m - Non-specified Industry - Solid Fuels	**CH4**	5	200,0	200,1	0,00	0,00	0,00
1.A.2.m - Non-specified Industry - Solid Fuels	**N2O**	5	222,2	222,3	0,00	0,00	0,00
1.A.2.m - Non-specified Industry - Other Fossil Fuels	**CO2**	5	20,5	21,1	0,16	0,52	0,30
1.A.2.m - Non-specified Industry - Other Fossil Fuels	**CH4**	5	233,3	233,4	0,00	0,00	0,00
1.A.2.m - Non-specified Industry - Other Fossil Fuels	**N2O**	5	108,3	108,4	0,00	0,00	0,00
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) - Liquid Fuels	**CO2**	5	4,2	6,5	0,01	0,22	0,05
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) - Liquid Fuels	**CH4**	5	100,0	100,1	0,00	0,00	0,00
1.A.3.a.i - International Aviation (International Bunkers) - Liquid Fuels	**N2O**	5	150,0	150,1	0,00	0,00	0,00
1.A.3.a.ii - Domestic Aviation - Liquid Fuels	**CO2**	5	4,2	6,5	0,01	0,22	0,05
1.A.3.a.ii - Domestic Aviation - Liquid Fuels	**CH4**	5	100,0	100,1	0,00	0,00	0,00
1.A.3.a.ii - Domestic Aviation - Liquid Fuels	**N2O**	5	150,0	150,1	0,00	0,00	0,00
1.A.3.b.i - Cars - Liquid Fuels	**CO2**	5	3,1	5,9	0,09	1,98	3,92
1.A.3.b.i - Cars - Liquid Fuels	**CH4**	5	244,7	244,7	0,00	0,00	0,00
1.A.3.b.i - Cars - Liquid Fuels	**N2O**	5	209,9	210,0	0,00	0,00	0,00
1.A.3.b.vi - Urea-based catalysts	**CO2**	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
1.A.3.c - Railways - Liquid Fuels	**CO2**	5	2,0	5,4	0,00	0,03	0,00
1.A.3.c - Railways - Liquid Fuels	**CH4**	5	150,6	150,7	0,00	0,00	0,00
1.A.3.c - Railways - Liquid Fuels	**N2O**	5	200,0	200,1	0,00	0,00	0,00
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) - Liquid Fuels	**CO2**	5	4,3	6,6	0,00	0,07	0,00
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) - Liquid Fuels	**CH4**	5	50,0	50,2	0,00	0,00	0,00
1.A.3.d.i - International water-borne navigation (International bunkers) - Liquid Fuels	**N2O**	5	140,0	140,1	0,00	0,00	0,00
1.A.3.d.ii - Domestic Water-borne Navigation - Liquid Fuels	**CO2**	5	4,3	6,6	0,02	0,24	0,06
1.A.3.d.ii - Domestic Water-borne Navigation - Liquid Fuels	**CH4**	5	50,0	50,2	0,00	0,00	0,00

1.A.3.d.ii - Domestic Water-borne Navigation - Liquid Fuels	**N2O**	5	140,0	140,1	0,00	0,00	0,00
1.A.4.c.ii - Off-road Vehicles and Other Machinery - Liquid Fuels	**CO2**	5	3,9	6,3	0,00	0,02	0,00
1.A.4.c.ii - Off-road Vehicles and Other Machinery - Liquid Fuels	**CH4**	5	150,2	150,3	0,00	0,00	0,00
1.A.4.c.ii - Off-road Vehicles and Other Machinery - Liquid Fuels	**N2O**	5	200,0	200,1	0,00	0,00	0,00

L’incertitude par défaut pour chaque activité reste 5%.

Pour les facteurs d’émission (FE), Les incertitudes sont plus faibles pour la combustion mobile par rapport à la combustion fixe. Elles varient en fonction des types d’activité et des types de combustible.

Le transport n’utilise que combustibles liquides. Le FECO2 varie de 2% pour le ferroviaire à 4,3% pour navigation, les voitures est 3% ; le FECH4 varie de 50%, navigation, à 244,7% pour voitures ; et le FEN2O sont à 140%, navigation, à 209,9% pour voitures.

Concernant la combustion fixe, le FECO2 se trouve à 6,1%, combustible liquide, et à 17,5% pour la biomasse solide ; le FECH4, 200% pour liquide et solide, à 222,2% pour biomasse solide ; et le FEN2O, 222,2 pour solide et 275% pour biomasse solide.

La plus précise est le FECO2 du fuel liquide pour le ferroviaire. La plus grande incertitude correspond au FEN2O de la biomasse liquide.

Les incertitudes relatives à la tendance des sources clés ne dépassent pas les 2% sauf pour les facteurs d’émissions de CH4 et de N2O des industries non énergétiques respectivement de 20,8% et 43,5%. Les incertitudes des facteurs d’émissions des 2 GES sont relativement élevées : 222,3 % pour le FECH4 et 275% pour le FEN2O.

3.6 EXHAUSTIVITE, TRANSPARENCE, COMPARABILITE ET COHERENCE

EXHAUSTIVITE

Les données d'activités sont relevées à partir des bilans énergétiques. Chaque bilan énergétique a été établi d'une manière exhaustive pour une évaluation annuelle complète du secteur ; les bilans servent de base solide pour connaître d'une manière quantitative le secteur Energie, et les prévisions en vue des programmes et plans d'actions pour le développement du secteur.

TRANSPARENCE

Pour la transparence, des tableaux et figures ainsi que des références bibliographiques sont présentées dans le corps du rapport. Ils sont complétés par les différents tableaux et figures données en annexe.

COMPARABILITE

Le recalcule des émissions de GES de 1994 à 2010 avec l'IPCC 2006 permet de comparer l'évolution des émissions avec celles de 2011 à 2023.

Les graphes suivants précisent la répartition des GES directs après la recalcule, dans chaque année de référence pour les 3 premières communications nationales et la présente étude.

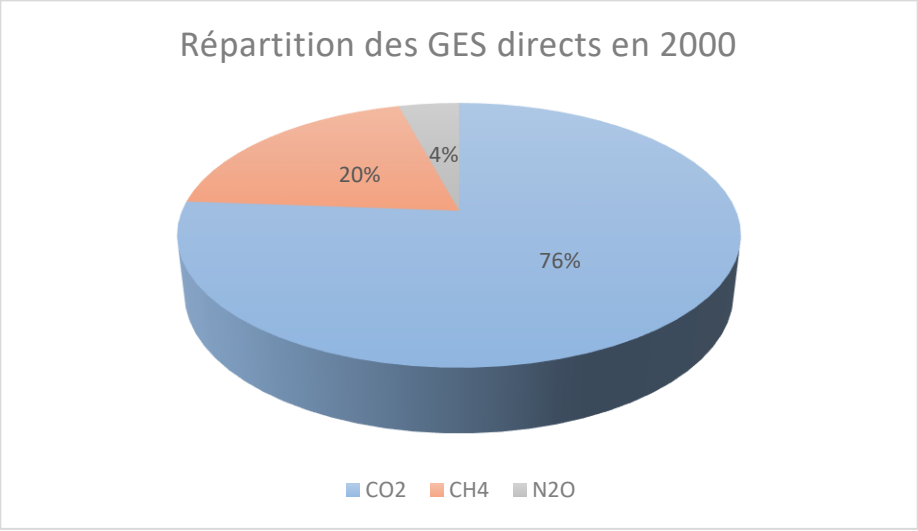


Figure 16: Répartition des GES directs du secteur Energie pour l'année 2000 (année de référence de la CN1)

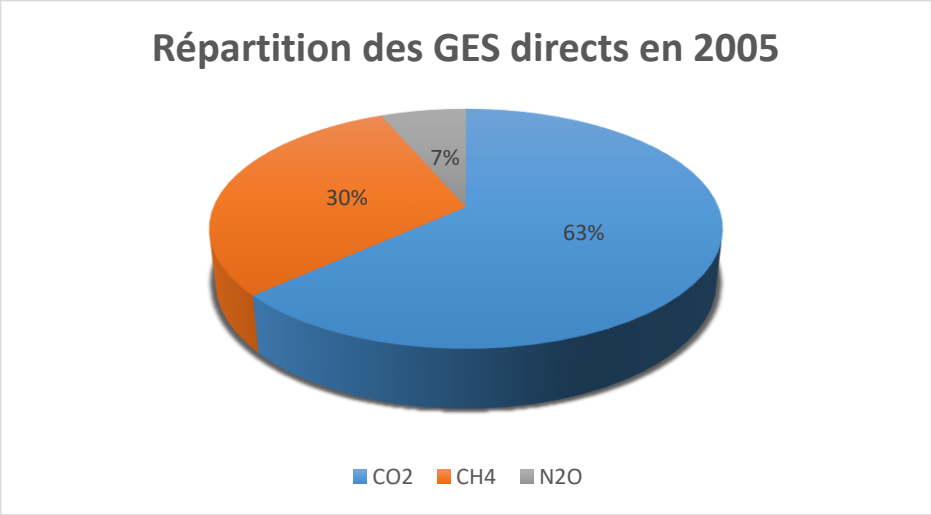


Figure 17: Répartition des GES directs du secteur Energie pour l'année 2005 (année de référence de la CN2)

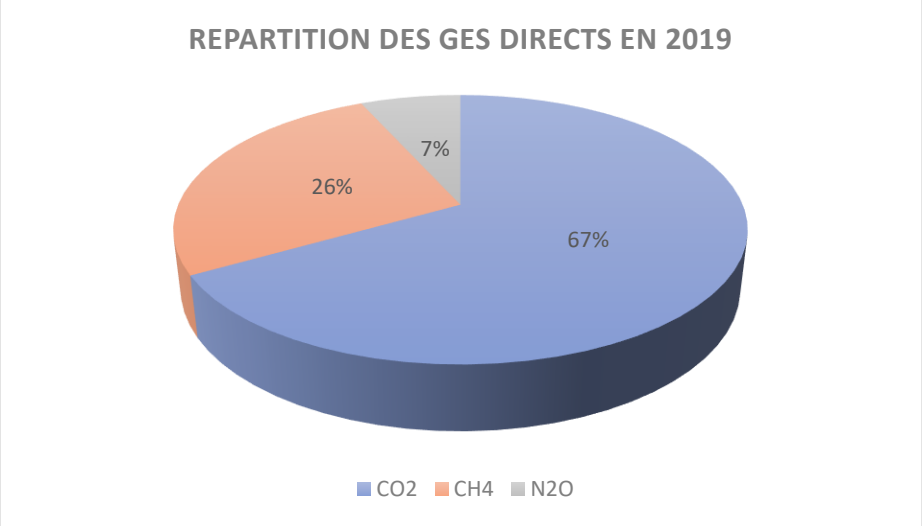


Figure 18: Répartition des GES directs du secteur Energie pour l'année 2019 (année de référence de l'étude actuelle)

Le CO2 est le principal GES directs, mais sa part s'est réduite de 76% à 67% entre 2000 et 2019. Le CH4 a connu une hausse de sa part de 20% à 26% et celle du N20 de 4% à 7% durant cette période.

COHERENCE

L'étude a été menée selon la méthodologie établie. Les efforts dispensés ont abouti une présentation cohérente des émissions de GES réalisées.

La base de données d'INGES pour le secteur Energie est constituée des données de tous les tableaux et figures ainsi que les annexes du rapport.

CONCLUSION

L'INGES a été réalisé conformément aux lignes directrices du GIEC 2006. Les données d'activités ont été collectées, les bilans énergétiques de la série temporelle 2011 – 2023 ont été établis et servis pour la compilation des données introduites dans le logiciel GIEC IPCC 2006 utilisé pour estimer les émissions de GES, les secteurs clés, les incertitudes. Les GES directs et les précurseurs sont en conséquence connus et peuvent servir de base pour les étapes en vue de l'établissement du NIR.

Chapitre 4 : PROCESSUS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS (SECTEUR CRT 2)

4.1 Aperçu du secteur et informations de base

4.1.1 Présentation du secteur (CRT2)

Le secteur des Procédés Industriels et de l'Utilisation des Produits (PIUP) constitue une composante distincte et essentielle de l'inventaire national des gaz à effet de serre de Madagascar. Il regroupe l'ensemble des émissions issues de réactions chimiques inhérentes aux procédés de transformation industrielle, ainsi que de l'utilisation spécifique de produits manufacturés, en excluant explicitement les émissions directes liées à la combustion d'énergie pour la production de chaleur ou d'électricité. À Madagascar, ce secteur, bien que modeste en volume comparé aux grands secteurs émetteurs comme l'agriculture ou les changements d'affectation des terres, présente une dynamique de croissance significative et rapide, intimement liée au processus d'industrialisation et d'urbanisation du pays.

Son périmètre inclut plusieurs activités clés, dont la plus prédominante est l'industrie minérale, principalement la production de ciment et, dans une moindre mesure, la production de chaux. Ces activités génèrent des émissions substantielles de dioxyde de carbone (CO2) provenant de la décarbonatation du calcaire (calcination) lors de la fabrication du clinker et de la chaux vive. Un deuxième pôle important est constitué par l'utilisation de produits de substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO), notamment les hydrofluorocarbures (HFC) utilisés comme frigorigènes dans les systèmes de réfrigération et de climatisation stationnaires. Le secteur englobe également les émissions liées aux produits non énergétiques issus de carburants et de solvants, telles que l'utilisation de lubrifiants et de paraffine. Enfin, des émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) sont associées à certaines activités industrielles, notamment dans la transformation alimentaire et la production de boissons.

4.1.2 Niveaux méthodologiques

D'un point de vue méthodologique, l'estimation des émissions de ce secteur suit rigoureusement les Lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Une combinaison d'approches par « niveaux » est utilisée,

adaptée aux disponibilités en données pour chaque sous-catégorie. Pour la production de ciment, une méthodologie de Niveau 2, intégrant des facteurs d'émission spécifiques au pays dérivés des ratios de production de clinker, a été privilégiée, offrant une précision améliorée. Pour d'autres catégories comme la production de chaux ou les émissions de HFC, les méthodes de Niveau 1, reposant sur des facteurs d'émission par défaut du GIEC et des hypothèses standardisées (taux de fuite, durée de vie des équipements), ont été appliquées en raison de limitations de données. Des procédures de contrôle et d'assurance qualité (CQ/AQ) ont été mises en œuvre tout au long du processus d'inventaire pour en garantir la robustesse. Néanmoins, des incertitudes modérées à élevées persistent, particulièrement pour les émissions de HFCs (30-40%) et de chaux (25-30%), soulignant un besoin important d'amélioration des systèmes de collecte de données et de monitoring direct pour les cycles futurs.

4.1.3 Evolution temporelle des émissions

L'évolution des émissions du secteur PIUP est caractérisée par une augmentation rapide au cours des trois dernières décennies, alors que le secteur demeure un contributeur marginal aux émissions nationales de GES. En 2023, les émissions nationales hors UTCATF sont estimées à 35 352,3302 Gg CO2 Eq tandis que celles du PIUP s'élèvent à 368,6792 Gg CO2 Eq soit 1,04 % du total national. La production de ciment demeure la source principale, représentant les deux tiers des émissions du secteur PIUP en 2019. Ce faible poids relatif contraste avec un profil d'émissions spécifique, distinct de ceux de l'Agriculture, des Déchets et de l'Énergie.

L'analyse par gaz met en évidence une prédominance structurelle des HFCs, qui totalisent 283,3966 Gg CO2 Eq et représentent 76,9 % des émissions du secteur. Cette structure reflète la dépendance persistante aux substances fluorées utilisées dans les systèmes de réfrigération, de climatisation et certaines applications industrielles. Les émissions de CO2 ont fortement progressé, passant de 5,9814 Gg en 1994 à 85,2826 Gg en 2023, correspondant à un taux de croissance moyen annuel de 9,6 %. Elles contribuent toutefois à seulement 23,1 % des émissions du PIUP, indiquant que les procédés industriels émetteurs de CO2 restent secondaires dans le profil global du secteur. Les HFCs connaissent la croissance la plus rapide, passant de 12,2964 Gg CO2 Eq en 1994 à 283,3966 Gg CO2 Eq en 2023, avec un TCMA de 11,43 %. Depuis le début des années 2000, les HFCs constituent la deuxième source du secteur, en lien avec la diffusion des équipements de froid et de climatisation et l'amélioration du niveau de vie. Les NMVOCs, estimés à 1,8973 Gg, présentent une contribution marginale d'environ 0,5 % et n'influencent pas la tendance d'ensemble.

La dynamique observée reflète les transformations structurelles de l'économie malgache, marquées par le développement des infrastructures, l'urbanisation, l'expansion du parc bâti et l'augmentation de la demande en biens de consommation et en services de confort thermique.

Entre 1994 et 2005, les émissions ont été multipliées par plus de dix, avec une hausse plus modérée de plus de 54% entre 2005 et 2019. Un léger recul a été observé en 2020-2021 en raison de la pandémie de COVID-19, suivi d'un rebond dès 2022.

Tableau 34: Les émissions totales de CO2 par année de référence

Année	Emissions totales
1994	18,2778
2000	58,1899
2005	104,6769
2019	272,6147

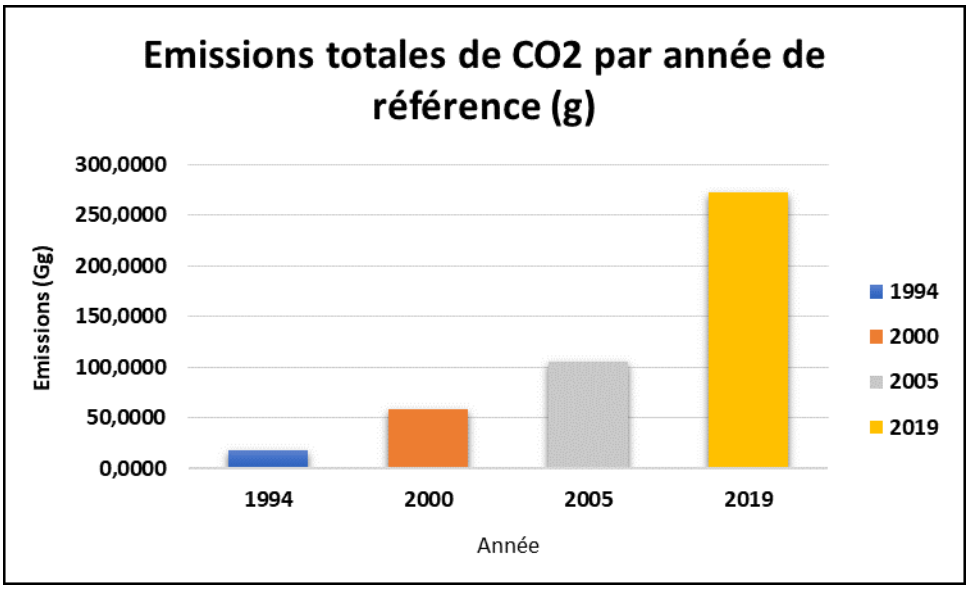


Figure 19: Emissions totales de CO2 par année de référence (Gg)

Le CO2 reste le gaz majoritaire, issu principalement de la calcination dans l'industrie minérale et de l'oxydation des lubrifiants. Sa part relative dans le total du secteur a toutefois diminué, passant de 96% en 2005 à 80% en 2019, en raison de la montée en puissance des HFC. Ces gaz fluorés, à très haut potentiel de réchauffement planétaire (PRP), représentent le phénomène le

plus marquant de l'évolution du panier gazeux. Leur part est passée de 4% en 2005 à 20% en 2019. Leur croissance spectaculaire (+670% entre 2005 et 2019) pose un défi climatique disproportionné.

Tableau 35: Les émissions globales du secteur PIUP par type de gaz

Année	Emission CO2 Eq (Gg)			Emissions globales SANS UTCATF Gg
	CO2 Emis	HFCs	NMVOCS	
1994	5,9814	12,2964	1,8973	18,2778
1995	6,7269	17,1502	1,8973	23,8771
1996	7,3409	21,3439	1,8973	28,6849
1997	11,5567	25,0279	1,8973	36,5846
1998	13,0752	28,2903	1,8973	41,3655
1999	25,3608	31,2268	1,8973	56,5876
2000	24,3048	33,8851	1,8973	58,1899
2001	32,5876	36,3722	1,8973	68,9598
2002	33,1743	37,9860	1,8973	71,1603
2003	61,7751	39,7032	1,8973	101,4783
2004	63,3878	41,3666	1,8973	104,7544
2005	61,7023	42,9746	1,8973	104,6769
2006	61,5197	44,5721	1,8973	106,0918
2007	67,5122	47,1843	1,8973	114,6965
2008	72,0873	81,5929	1,8973	153,6802
2009	67,2492	74,6885	1,8973	141,9378
2010	67,3035	70,5773	1,8973	137,8808
2011	72,4209	68,4629	0,7000	140,8838
2012	74,5782	68,1049	1,6508	142,6830
2013	71,8274	68,8481	0,6901	140,6755
2014	74,7531	70,5634	1,6485	145,3165
2015	73,0974	75,0255	0,7588	148,1229
2016	73,9761	89,8190	1,7749	163,7951
2017	72,6118	120,8092	0,7557	193,4210
2018	82,9019	159,9407	1,7662	242,8426
2019	78,7001	193,9146	0,8246	272,6147
2020	71,6292	210,7692	1,9774	282,3984
2021	67,0780	239,6968	0,8200	306,7748
2022	75,2973	263,4706	1,8973	338,7678
2023	85,2826	283,3966	1,8973	368,6792

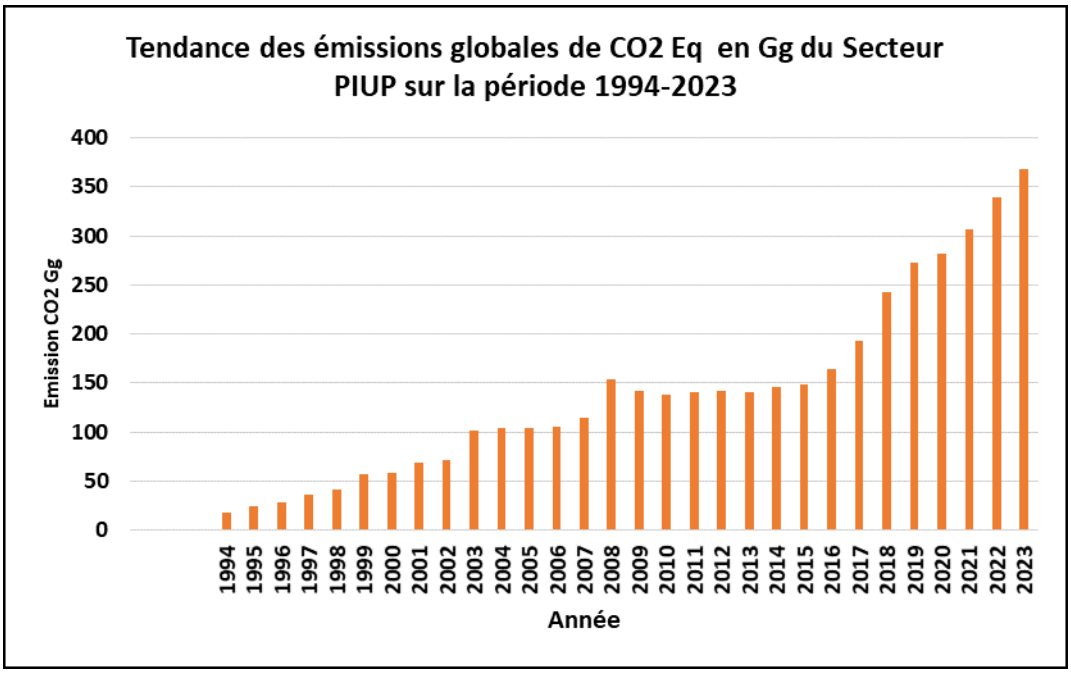


Figure 20: Emission par type de gaz (en gigagramme) du secteur PIUP

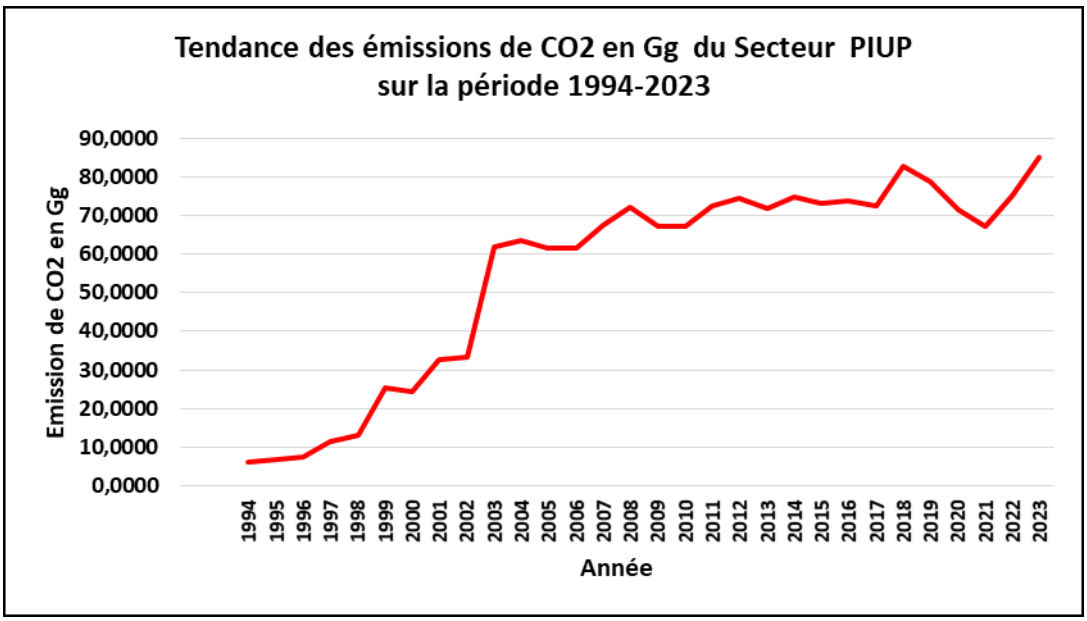


Figure 21: Emission de CO2 en Gg du secteur PIUP

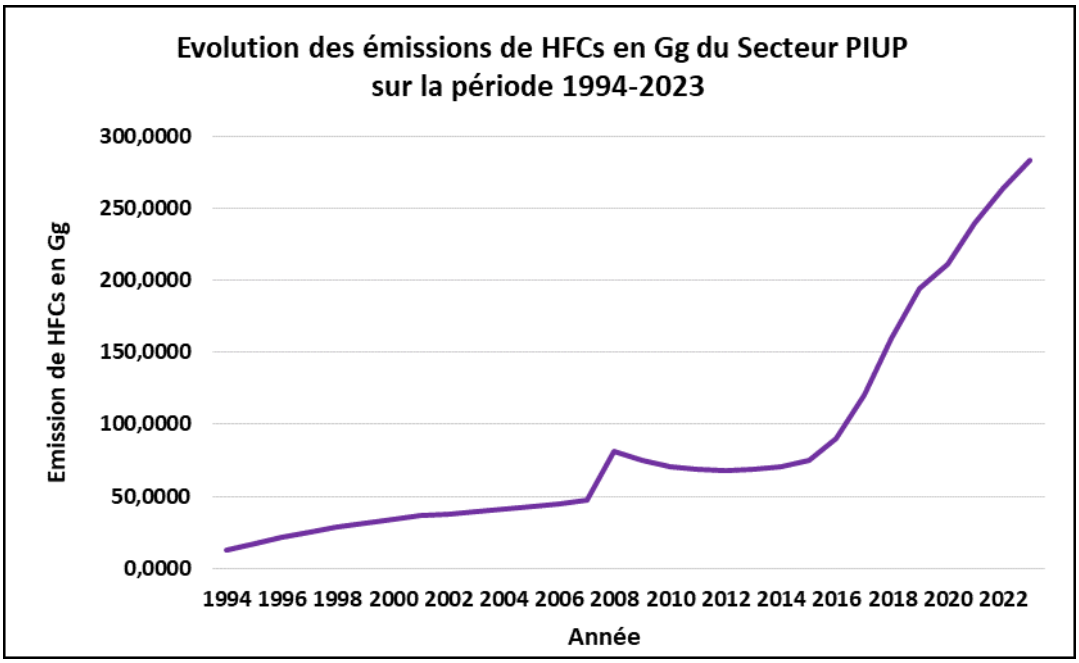


Figure 22: Emission de HFCs en Gg du secteur PIUP

Sur l'ensemble de la période 1994-2023, les émissions globales directes (CO2 et HFCs) du secteur PIUP, exprimées en Gg CO2 Eq, affichent une tendance nettement croissante, passant de 18,28 Gg CO2 Eq. en 1994 à 368,68 Gg CO2 Eq. en 2023, soit une multiplication par environ 20 sur trois décennies.

Cette évolution traduit une dynamique structurelle de croissance du secteur, cohérente avec l'industrialisation progressive, l'augmentation de la consommation de produits manufacturés et le développement des usages de substances de remplacement dans les procédés industriels.

La figure 20 met en évidence une accélération marquée des émissions à partir du milieu des années 2000, suivie d'une hausse très rapide après 2015, sans retour aux niveaux antérieurs. Les analyses par phase temporelle des émissions par gaz directs sur la période 1994-2923 se présentent comme suit :

Phase de faibles émissions et croissance progressive (1994-2002)

Entre 1994 et 2002, les émissions globales augmentent de 18,28 à 71,16 Gg CO2 Eq, soit un triplement en moins de dix ans. Cette phase est caractérisée par (i) des émissions de CO2 encore limitées (de 6 à 33 Gg), (ii) une contribution modérée mais croissante des HFCs, (iii) une structure d'émissions encore dominée par les procédés industriels classiques.

La croissance reste relativement régulière, reflétant une industrialisation encore embryonnaire et une diffusion progressive des équipements industriels.

Phase de transition et de structuration industrielle (2003-2007)

La période 2003-2007 marque un changement de palier, avec des émissions globales passant d'environ 101 Gg à 115 Gg CO2 Eq. Cette rupture est principalement imputable à une augmentation significative des émissions de CO2, liées à l'intensification des procédés industriels, une montée graduelle des HFCs, indiquant l'élargissement de leur utilisation dans les systèmes de réfrigération, de climatisation et certains procédés spécifiques.

Les émissions restent toutefois relativement stables autour de 100-115 Gg CO2 Eq., traduisant une phase de consolidation du secteur.

Phase d'accélération marquée dominée par les HFCs (2008-2014)

À partir de 2008, la trajectoire des émissions s'infléchit fortement à la hausse, avec un saut à 153,68 Gg CO2 Eq, suivi d'un palier élevé autour de 140-145 Gg CO2 Eq jusqu'en 2014. Cette phase se distingue par : une augmentation rapide des HFCs, qui deviennent un facteur structurant de la croissance des émissions, une relative stabilisation des émissions de CO2, qui évoluent plus lentement que les HFCs. La dynamique observée reflète une transition technologique, avec une diffusion accrue d'équipements utilisant des HFCs à fort potentiel de réchauffement global (PRG).

Phase de croissance rapide et continue (2015-2023)

La période 2015-2023 correspond à la phase la plus dynamique et la plus contributive en termes d'émissions : les émissions globales passent de 149,00 Gg CO2 Eq. en 2015 à 368,68 Gg CO2 Eq. en 2023, soit une augmentation absolue de près de 220 Gg CO2 Eq en moins de dix ans. Cette forte croissance est largement dominée par les HFCs, dont les émissions passent d'environ 75 Gg CO2 Eq. en 2015 à plus de 283 Gg CO2 Eq. en 2023, représentant près de 77 % des émissions totales du secteur PIUP en 2023. Les émissions de CO2, bien qu'en légère augmentation sur la période récente, demeurent secondaires dans la structure globale, confirmant la spécificité du profil d'émissions du secteur PIUP, fortement orienté vers les gaz fluorés.

Tendance des émissions par gaz directs sur la période 1994-2023

Sur l'ensemble de la période analysée, la structure des émissions évolue clairement :

Au début de la période, le CO2 représente une part significative des émissions totales.
À partir de la fin des années 2000, les HFCs deviennent progressivement dominants, jusqu'à constituer la principale source d'émissions directes du secteur PIUP.

Il est à noter que les HFCs sont déjà exprimés en CO2 équivalent, ce qui signifie que leur contribution élevée reflète directement leur fort PRG, même pour des quantités physiques relativement faibles.

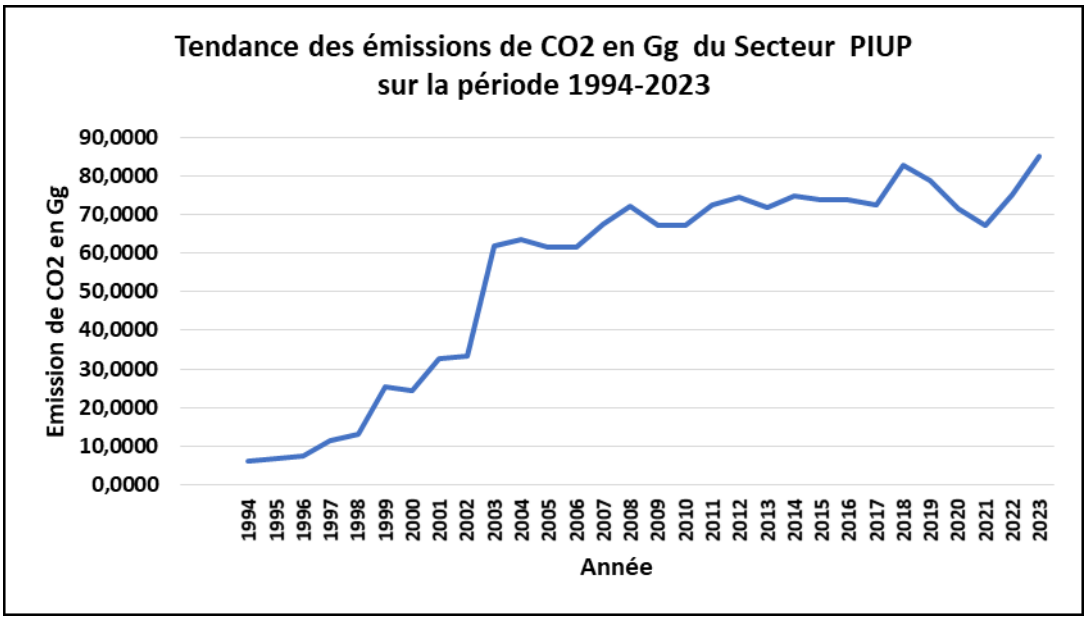


Figure 23: Tendance des émissions de CO2 en Gg du Secteur PIUP sur la période 1994-2023

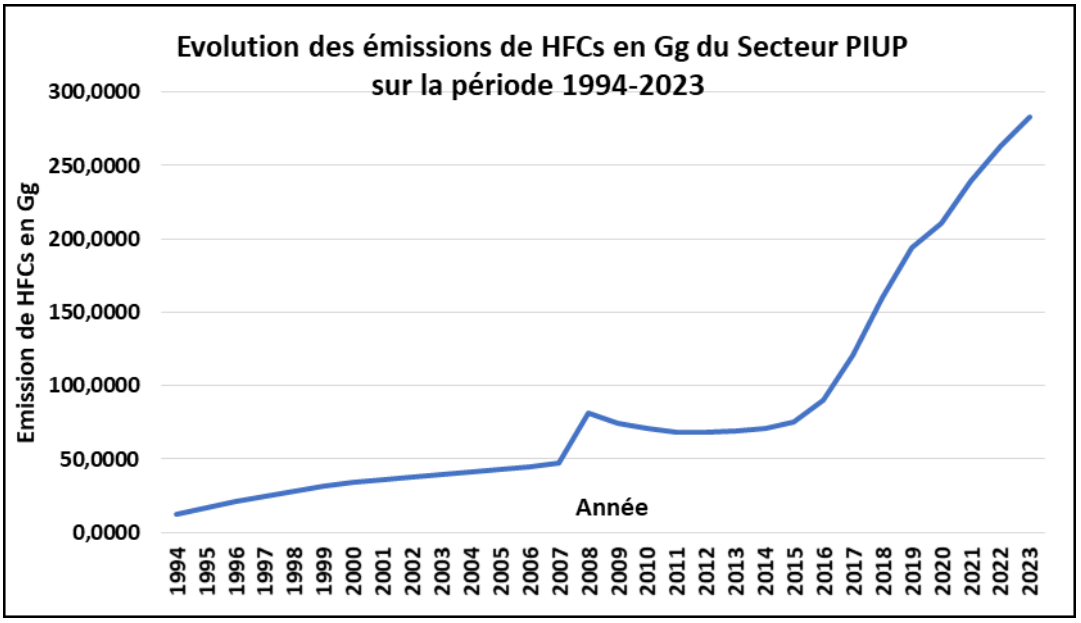


Figure 24: Evolution des émissions de HFCs en Gg du Secteur PIUP sur la période 1994-2023

Bien que non inclus dans le total des GES, les émissions de COVNM de l'industrie alimentaire et des boissons sont reportées. Elles ont augmenté d'environ 144% entre 1994 et 2019, suivant l'expansion de ce secteur économique. Ces composés ont un impact sur la qualité de l'air et la formation d'ozone troposphérique.

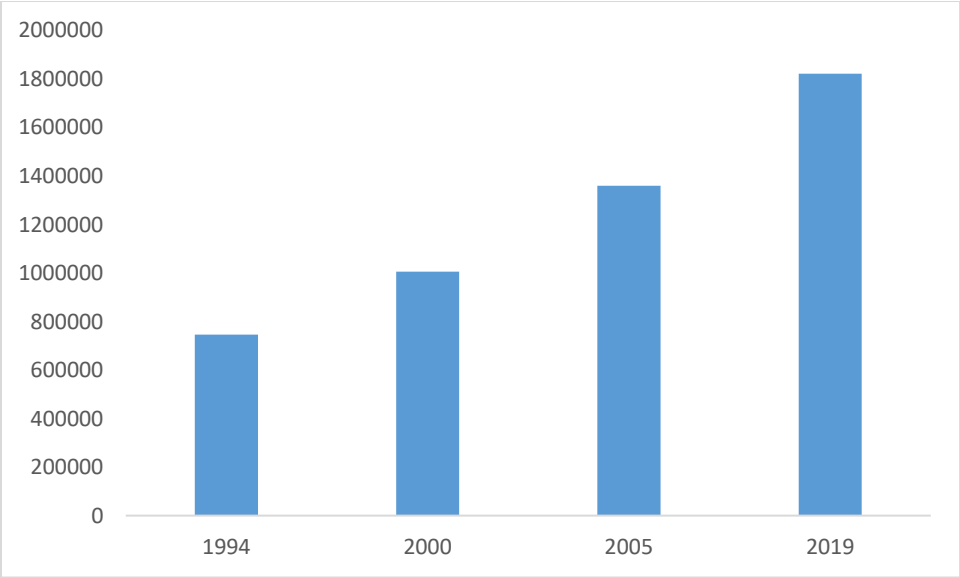


Figure 25: Emission COVNM par année de références (en kg) du secteur PIUP

La projection pour les périodes entre 2024 et 2050 indique que les émissions totales affichent une croissance exponentielle, passant d'environ 121,3 Gg en 2024 à plus de 214 Gg en 2050. Les émissions de CO2, principal GES, augmentent régulièrement, passant d'environ 87,1 Gg en 2024 à près de 149,2 Gg en 2050, soit une croissance d'environ 71 % sur l'ensemble de la période. Cette évolution reflète une industrialisation et une consommation énergétique croissantes, liées au développement économique du pays.

Parallèlement, les émissions de HFC (hydrofluorocarbures), exprimées en équivalent CO2, connaissent une progression encore plus marquée, passant de 31,3 Gg en 2024 à 65,4 Gg en 2050, ce qui représente un doublement sur la période. Les HFC, gaz à fort potentiel de réchauffement global, sont notamment utilisés dans la réfrigération, la climatisation et certains procédés industriels.

Tableau 36: Contribution des catégories/sous catégories du SECTEUR PIUP dans l'émission des GES

Année	Cement production	Lime production	Lubricant Use	Paraffin Wax Use	Refrigeration and Air conditionning
1994	4,2261	0,9633	0,1760	0,6160	12,2964
1995	4,8092	1,0963	0,1907	0,6307	17,1502
1996	5,3929	1,2294	0,2493	0,4693	21,3439
1997	9,6991	1,4029	0,1760	0,2787	25,0279
1998	11,0385	1,5967	0,2493	0,1907	28,2903
1999	12,3782	1,7904	0,3813	0,8067	31,2268
2000	22,2617	2,0431	0,5867	0,4693	33,8851
2001	28,4108	2,6075	0,6307	0,9387	36,3722
2002	28,4108	2,6075	0,6160	1,5400	37,9860
2003	56,5702	2,9756	0,7040	1,5253	39,7032
2004	58,1532	3,3865	0,6747	1,1733	41,3666
2005	56,5702	3,7975	0,6747	0,6600	42,9746
2006	56,5702	4,3335	0,2347	0,3813	44,5721
2007	59,7642	4,9320	2,3467	0,4693	47,1843
2008	63,1835	5,5305	3,1533	0,2200	81,5929
2009	58,4533	4,6013	3,0507	1,1440	74,6885
2010	58,1162	5,2507	3,3880	0,5485	70,5773
2011	62,0890	5,9759	3,7253	0,6307	68,4629
2012	63,8291	6,7011	3,5933	0,4547	68,1049
2013	62,5416	5,5752	3,5933	0,1173	68,8481
2014	64,3430	6,3621	3,5933	0,4547	70,5634
2015	61,8086	7,2408	3,5933	0,4547	75,0255
2016	61,8086	8,1195	3,5933	0,4547	89,8190
2017	61,8086	6,7552	3,5933	0,4547	120,8092
2018	71,1452	7,7087	3,5933	0,4547	159,9407
2019	65,8786	8,7734	3,5933	0,4547	193,9146
2020	57,3032	9,8381	4,2533	0,2347	210,7692
2021	52,0876	8,1850	6,4827	0,3227	239,6968
2022	56,5702	9,3404	8,9173	0,4693	263,4706
2023	61,4382	10,6590	12,7160	0,4693	283,3966

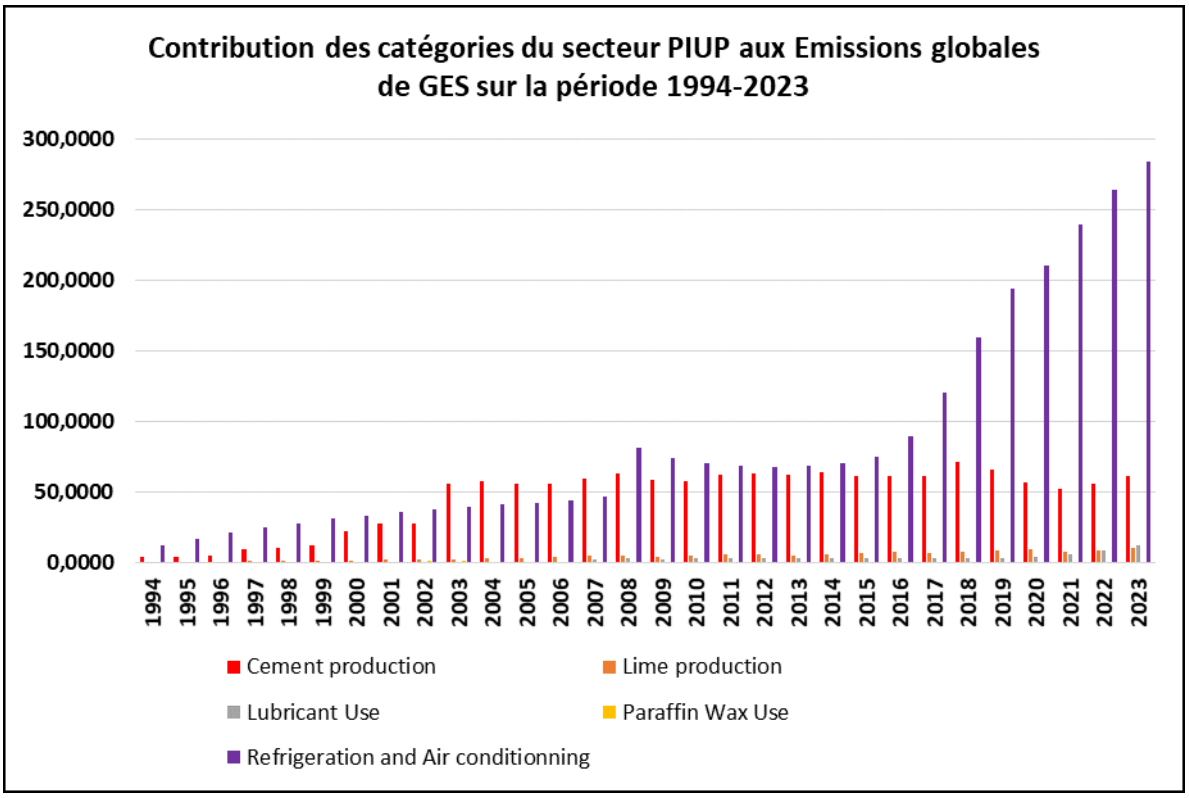


Figure 26: Contribution des catégories du secteur PIUP aux Emissions globales d GES sur la période 1994-2023

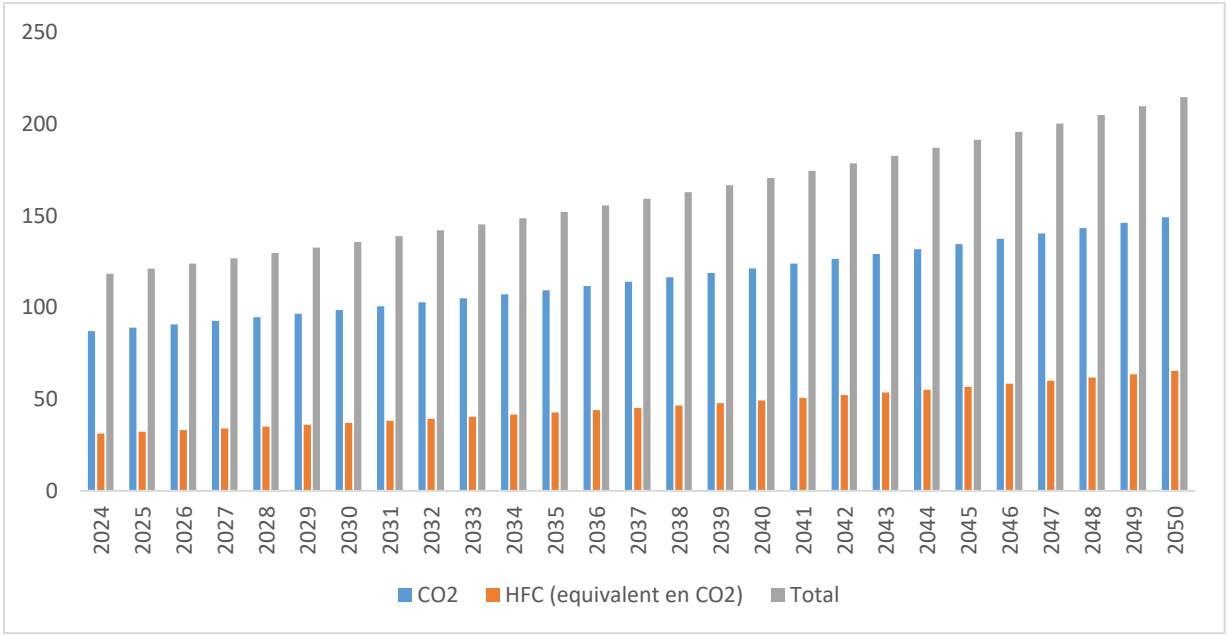


Figure 27: Projection des émissions pour le secteur PIUP entre 2024-2050 (en Gg)

Les émissions de NMVOC (gaz indirecte), qui sont des gaz indirects contribuant à la formation d'ozone troposphérique, affichent une croissance plus modérée, passant de 1,92 Gg à 2,51 Gg

entre 2024 et 2050, soit une hausse d'environ 31 %. Bien que leur ampleur absolue reste nettement inférieure à celle du CO2 et des HFC, leur augmentation nécessite aussi une attention particulière en raison de leurs impacts sur la qualité de l'air et la santé publique.

4.2 Description des Catégories

4.2.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale

Cette catégorie couvre les émissions de dioxyde de carbone (CO2) issues de la transformation chimique des minéraux carbonatés, principalement lors de la production de ciment et de chaux. À Madagascar, ces activités industrielles sont étroitement liées au développement des infrastructures et au boom de la construction. La croissance rapide de ces émissions depuis 1994 reflète directement l'urbanisation accélérée et les besoins en reconstruction du pays. La production de ciment constitue la source industrielle la plus émettrice de gaz à effet de serre en dehors du secteur énergétique.

4.2.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques Issus de Carburants et de Solvants

Cette catégorie traite des émissions de CO2résultant de l'utilisation de produits pétroliers comme matières premières, solvants ou lubrifiants, et non comme combustibles. Les principales sources identifiées à Madagascar sont l'utilisation de lubrifiants et de paraffine. Bien que leur contribution relative aux émissions totales du secteur soit modeste (environ 4 % en 2019), leur suivi est important car ils servent d'indicateur de l'intensité de la mécanisation et de l'activité industrielle.

4.2.3 Catégorie 2.F : Utilisation de Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone

Cette catégorie est consacrée aux émissions de gaz fluorés, principalement les hydrofluorocarbures (HFC), utilisés comme frigorigènes. À Madagascar, ces émissions proviennent presque exclusivement des systèmes de réfrigération et de climatisation. La croissance de cette catégorie est la plus dynamique du secteur PIUP : de niveaux quasi nuls au début des années 2000, les émissions de HFC sont devenues la deuxième source en importance (20,4 % en 2019), multipliées par huit entre 2005 et 2019, reflétant une demande croissante en équipements de froid.

4.2.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire et des Boissons)

Cette catégorie résiduelle permet de comptabiliser les émissions de précurseurs de gaz à effet de serre provenant de procédés industriels non couverts ailleurs. À Madagascar, elle est utilisée pour estimer les émissions de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) issues de l'industrie de transformation alimentaire et des boissons, notamment via la fermentation, la carbonatation et divers procédés thermiques. L'évolution de ces émissions suit la croissance du secteur agroalimentaire, pilier de l'économie d'exportation.

4.3 Questions Méthodologiques

4.3.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale

Pour cette catégorie, des approches méthodologiques différenciées ont été appliquées. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, l'estimation des émissions pour la production de ciment a utilisé une méthode de Niveau 2. Ce choix, permis par la collaboration des producteurs nationaux, permet une meilleure précision en tenant compte des spécificités du procédé malgache, avec comme donnée d'activité centrale la production nationale de clinker. Pour la production de chaux, une méthode de Niveau 1 a été appliquée, utilisant les facteurs d'émission par défaut du GIEC, en raison d'une moindre disponibilité de données détaillées. Une hypothèse fondamentale est que la totalité du CO2issu de la décarbonatation est émise lors de la production, sans tenir compte de la réabsorption potentielle en fin de vie.

4.3.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques

La méthode de Niveau 1 du GIEC a été retenue, justifiée par la nature diffuse de ces usages et l'absence de système de suivi spécifique. La donnée d'activité clé est la quantité de lubrifiants et de paraffine mis à la consommation, estimée à partir des statistiques d'importation de la Douane, en supposant une production locale négligeable et des variations de stocks minimes. Les facteurs d'émission par défaut du GIEC ont été appliqués, traduisant l'hypothèse que la quasi-totalité du carbone contenu dans ces produits est finalement oxydée et émise l'année de leur mise sur le marché.

4.3.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone

Une approche de Niveau 1, dite « méthode des ventes », a été appliquée. Elle estime les émissions à partir des quantités de HFC importées chaque année, obtenues auprès de la Douane. Les valeurs du Potentiel de Réchauffement Planétaire (PRP) du 5e Rapport du GIEC (AR5) ont été utilisées pour la conversion en équivalent CO2. Faute de données nationales, des taux d'émission annuels par défaut pour les pays en développement (5% pour le secteur commercial, 2% pour le résidentiel) et une durée de vie moyenne des équipements de 15 ans ont été appliqués, avec une répartition hypothétique fixe (70/30) entre les secteurs.

4.3.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire)

La méthode de Niveau 1 du GIEC a été appliquée, étant la plus adaptée en l'absence d'études de mesures spécifiques sur les procédés locaux. Les données d'activité proviennent des volumes de production des principales brasseries et sociétés d'embouteillage pour les boissons, et d'estimations basées sur les volumes d'exportation pour d'autres activités de transformation. Les facteurs d'émission par défaut du GIEC pour la fermentation, la carbonatation et les procédés génériques de l'industrie alimentaire ont été utilisés, en supposant que les procédés locaux sont comparables aux standards et que la totalité des COV produits est émise.

4.4 Description des Flexibilités Appliquées

4.4.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale

Madagascar a fait usage de la flexibilité prévue pour les pays en développement en appliquant une méthode mixte : Niveau 2 pour le ciment et Niveau 1 pour la chaux. Cette approche pragmatique permet de concentrer les efforts de collecte de données sur la source d'émissions la plus significative tout en assurant une couverture complète du secteur avec les moyens disponibles, justifiant l'utilisation de facteurs par défaut pour la chaux par son poids relatif plus faible.

4.4.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques

L'utilisation exclusive de la méthode de Niveau 1 et la dépendance aux données douanières comme proxy de la consommation illustrent l'application des flexibilités. Compte tenu des capacités limitées pour mener des enquêtes complexes sur les flux de produits en aval, l'approche simplifiée recommandée par le GIEC a été jugée appropriée et proportionnée à l'importance de cette source d'émissions.

4.4.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone

L'application de la méthode de Niveau 1 avec des hypothèses par défaut constitue une utilisation explicite de la flexibilité accordée aux pays en développement. La complexité et le coût d'un suivi précis des nombreux équipements disséminés justifient pleinement cette approche simplifiée pour le cycle d'inventaire actuel, le manque de données sur la répartition précise et les taux de fuite réels étant reconnu comme une limite.

4.4.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire)

L'inclusion de cette catégorie, bien que ses émissions ne soient pas comptabilisées dans le total national de GES, montre un souci d'exhaustivité. L'utilisation de données d'activité partielles, focalisées sur les grandes entreprises, et de facteurs par défaut est une application de la flexibilité, permettant de fournir un ordre de grandeur des émissions sans mobiliser des ressources disproportionnées pour un secteur très fragmenté et souvent informel.

4.5 Évaluation des Incertitudes et Cohérence des Séries Chronologiques

4.5.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale

Une évaluation qualitative et semi-quantitative des incertitudes a été conduite. Pour la production de ciment (méthode Niveau 2), l'incertitude est estimée entre 15 et 20 %, provenant principalement de la variabilité potentielle de la composition du clinker et de l'exhaustivité des données déclarées. Pour la chaux (méthode Niveau 1), l'incertitude est plus élevée (2530 %), due à la qualité moins fiable des données d'activité et à l'utilisation d'un facteur d'émission générique. La méthodologie pour le ciment est stable depuis 2010, et les séries antérieures ont été reconstituées sur la base de tendances, assurant une cohérence rétrospective.

4.5.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques

L'incertitude globale pour cette catégorie est estimée entre 20 et 25 %. Elle provient principalement de la qualité et de l'exhaustivité des données douanières, ainsi que de l'hypothèse simplificatrice d'une consommation et émission immédiates sans prise en compte des stocks intermédiaires. La série chronologique est cohérente car la méthodologie et la source de données (Douanes) sont restées identiques sur toute la période 19942023.

4.5.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone

L'incertitude pour cette catégorie est la plus élevée du secteur PIUP, estimée entre 30 et 40 %. Les sources principales sont la qualité des données douanières, l'application de taux d'émission et de durées de vie par défaut qui peuvent ne pas refléter fidèlement les pratiques locales, et l'hypothèse arbitraire de répartition commercial/résidentiel. La méthodologie est restée stable depuis l'introduction de la catégorie (2005), et l'utilisation constante des mêmes hypothèses garantit la comparabilité des données d'une année sur l'autre.

4.5.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire)

L'incertitude est estimée entre 25 et 35 %. Elle est principalement due à la couverture incomplète des données d'activité (exclusion des petites et moyennes entreprises), à la variabilité potentielle des facteurs d'émission réels selon les technologies locales, et à la qualité variable des données d'exportation utilisées comme proxy. La méthodologie est restée stable, mais l'amélioration progressive de la couverture des données au fil du temps peut introduire un léger biais dans la tendance à la hausse.

4.6 Assurance Qualité / Contrôle Qualité et Vérification

4.6.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale

Des vérifications internes systématiques (CQ) ont été menées, incluant la confrontation croisée des données de production avec les statistiques nationales et la validation des facteurs d'émission calculés. Une revue technique externe informelle (AQ) par des pairs nationaux et des discussions dans le cadre d'ateliers internationaux ont validé les hypothèses. Une validation croisée indirecte a été tentée en comparant les tendances d'émissions avec l'évolution des indicateurs macroéconomiques du secteur de la construction, confirmant leur corrélation.

4.6.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques

Les données d'importation ont été vérifiées pour leur cohérence interne (CQ) et croisées avec des données sectorielles agrégées. La méthodologie a été passée en revue (AQ) pour s'assurer de son alignement avec les bonnes pratiques du GIEC pour les pays à données limitées, l'hypothèse d'une émission immédiate étant retenue comme la plus prudente. Aucune vérification externe spécifique n'a été réalisée.

4.6.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone

Les listes d'importation de la Douane ont été examinées pour identifier et corriger d'éventuelles incohérences (CQ), et les totaux annuels ont été comparés aux tendances régionales. La méthodologie et les hypothèses ont fait l'objet d'un examen (AQ) par des consultants internationaux spécialisés. Une validation indirecte a été tentée en confrontant l'augmentation estimée du parc d'équipements avec les statistiques d'importation d'appareils de froid, montrant une corrélation positive.

4.6.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire)

Les données de production des grandes entreprises ont été vérifiées pour leur cohérence interne et comparées aux statistiques du commerce extérieur (CQ). Le choix de se concentrer sur les sources majeures identifiables a été validé comme une approche raisonnable (AQ). Aucune vérification spécifique n'a été réalisée, mais une analyse de corrélation avec la valeur ajoutée du secteur agroalimentaire pourrait servir de contrôle de cohérence macroéconomique.

4.7 Recalculs, le Cas Échéant

Aucun recalcul n'a été effectué. Les estimations annuelles sont basées sur les données disponibles l'année du calcul, sans révision des séries passées.

4.8 Améliorations Prévisibles

4.8.1 Catégorie 2.A : Industrie Minérale

Les améliorations prévues incluent, pour la production de chaux, la réalisation d'une étude ou d'une enquête détaillée auprès des acteurs pour obtenir des données d'activité directes et fiables, avec l'objectif de passer d'une méthode de Niveau 1 à une méthode de Niveau 2 en développant un facteur d'émission spécifique au pays. Pour le ciment, il est prévu de renforcer le système de collecte pour obtenir annuellement des informations sur la composition minéralogique des matières premières et des ajouts. De manière générale, il sera exploré la possibilité d'introduire une estimation du CO2réabsorbé par les produits cimentaires en fin de vie (carbonatation) pour une vision plus complète du cycle de carbone.

4.8.2 Catégorie 2.D : Produits Non Énergétiques

Les améliorations visent à affiner les données d'activité en engageant une collaboration plus étroite avec l'organisme national des hydrocarbures pour obtenir des données sur les ventes nationales. Une étude sur la gestion des huiles usagées est également prévue pour mieux estimer la fraction brûlée et affiner le facteur d'émission par défaut. Enfin, une enquête auprès des importateurs et transformateurs permettra de mieux comprendre les flux et usages de la paraffine et vérifier la pertinence du facteur d'émission utilisé.

4.8.3 Catégorie 2.F : Produits de Substitution aux substances appauvrissant la couche d'ozone

Il est prévu de mener une enquête nationale représentative auprès des acteurs de la filière du froid pour collecter des données spécifiques sur les types d'équipements, les charges en frigorigène, les pratiques de maintenance et les taux de fuite observés. À plus long terme, l'objectif est de mettre en place un registre national pour une déclaration plus détaillée des importations de HFC. Parallèlement, des actions de promotion des équipements utilisant des frigorigènes naturels à faible PRP seront documentées, et un renforcement de la précision du codage douanier des frigorigènes sera engagé.

4.8.4 Catégorie 2.H : Autres (Industrie Alimentaire)

Les améliorations consistent à réaliser une étude de caractérisation des procédés sur une ou deux filières importantes (ex. : transformation de la vanille, brasseries) pour mesurer ou estimer plus précisément les facteurs d'émission spécifiques aux pratiques malgaches et ainsi passer à une méthode de Niveau 2. Il est également prévu d'élargir la collecte de données à un échantillon plus large d'entreprises du secteur alimentaire, y compris les unités de taille moyenne, via un questionnaire simplifié. Enfin, la possibilité d'estimer d'autres émissions liées à ce secteur, comme le CO2de la carbonatation ou le CH4 de la fermentation, sera explorée.

Chapitre 5 : AGRICULTURE (Secteur CRT-3)

5.1 Aperçu du secteur Agriculture

Le secteur de l'agriculture figure parmi les principales sources d'émissions de GES, selon les résultats de l'inventaire national des GES de Madagascar élaboré conformément aux lignes directrices 2006 du GIEC. Les émissions sectorielles proviennent majoritairement de la fermentation entérique des ruminants (CRT 3.A), de la gestion des déjections animales (CRT 3.B), de la riziculture irriguée (CRT 3.C) ainsi que des sols agricoles (CRT 3.D). En revanche, le brûlage des résidus de cultures (CRT 3.F) et l'application d'urée (CRT 3.D.2) représentent des contributions plus limitées au total du secteur. Les principaux gaz émis sont le méthane (CH4), l'oxyde nitreux (N2O) et, dans une moindre mesure, le dioxyde de carbone (CO2).

Le secteur agricole joue un rôle central dans l'économie nationale et dans les moyens de subsistance de la population. Selon les données issues du dernier recensement général de la population et de l'habitation en 2018, plus de 80 % de la population réside en milieu rural et l'agriculture emploie plus de 70 % de la population active, tout en contribuant à environ un quart du produit intérieur brut. Ces caractéristiques socio-économiques expliquent l'importance du secteur agricole dans l'inventaire national des GES.

Les systèmes de production agricole sont majoritairement extensifs et à faible niveau d'intrants, avec une prédominance de petites exploitations familiales. Les pratiques agricoles varient selon les zones agroécologiques, notamment l'élevage bovin extensif dans le Sud et Sud-Ouest et dans presque toute l'île, la riziculture irriguée dans les plaines et vallées des hautes terres, ainsi que les cultures pluviales associées à l'élevage caprin dans les zones sèches et semi-arides. Ces spécificités régionales influencent les profils d'émissions et les paramètres utilisés pour l'estimation des émissions.

Au cours de la période d'inventaire, les émissions totales du secteur Agriculture ont enregistré une légère augmentation. Cette évolution est principalement attribuable à l'accroissement des effectifs de bétail et à l'extension des superficies de riziculture irriguée. Les principales catégories d'émissions de GES : fermentation entérique, gestion du fumier, riziculture irriguée et sols agricoles, représentent ensemble plus de 85 % des émissions totales du secteur.

5.1.1 Présentation des catégories du secteur CRT 3

Les catégories sources d'émissions agricoles de Madagascar se distinguent par une forte dépendance aux systèmes traditionnels et extensifs, avec un faible recours aux intrants chimiques et à la mécanisation. Cette configuration entraîne des émissions principalement d'origine biologique (fermentation, décomposition, activité microbienne des sols) plutôt qu'industrielle. Les principales caractéristiques des sources sont donc liées aux effectifs des animaux, aux pratiques d'élevage et à la gestion des sols cultivés et pâturés. Ces spécificités nationales justifient l'emploi des méthodes Tier 1 tout en soulignant la nécessité de renforcer la disponibilité et la qualité des données pour améliorer la précision des estimations dans les inventaires futurs. Le secteur CRT 3 comprennent les catégories suivant:

3.A- Fermentation entérique

Cette catégorie couvre les émissions de méthane (CH4) issues principalement de la fermentation entérique des bovins, suivis des ovins, des caprins et des porcins. Les données d'activité utilisées sont les effectifs de bétail : races laitières et autres bovins, ovin, porcin, autres animaux (caprin, volaille). Ces effectifs proviennent des statistiques agricoles nationales (MINAE, Service STATAGRI), INSTAT et de la FAOSTAT. Les données sur les régimes alimentaires et la productivité étant limitées, la méthode Tier 1 du GIEC (2006, Volume 4, Chapitre 10) a été appliquée avec les facteurs d'émission par défaut. Madagascar prévoit de passer à une approche Tier 2 lorsque des données locales sur les performances zootechniques et la qualité des fourrages seront disponibles.

3.B- Gestion du fumier

Les systèmes de gestion du fumier incluent le pâturage, le stockage et le traitement ainsi que la répartition du fumier entre systèmes. Cette catégorie couvre les émissions de CH4 et de N20 provenant du stockage et du traitement du fumier. Les systèmes de gestion dominants à

Madagascar sont le pâturage libre et extensif ainsi que le dépôt au champ, avec une part minoritaire de stockage en tas ou en fosse. La méthode Tier 1 a été utilisée avec les répartitions régionales du GIEC, adaptées au climat tropical. Les émissions ont été estimées en combinant les effectifs animaux, les excrétions moyennes et les fractions attribuées à chaque système de gestion.

3.C- Riziculture

Les types de rizières considérés à Madagascar sont irriguées avec bonne maîtrise de l'eau, irriguées , pluviales sur les bas-fond sujettes à la sècheresse et rizières sur tanety (upland rice). Les paramètresdurée d'inondation, types de sols, pratiques de gestion de l'eau ainsi que l'utilisation des fertilisants chimiques et organiques ont été également considérés. Les émissions de CH4 proviennent des rizières irriguées, qui constituent le principal mode de culture du riz à Madagascar. Les données sur les superficies irriguées sont issues des statistiques du MINAE et de la FAOSTAT. La méthode Tier 1 a été appliquée en utilisant les facteurs d'émission par défaut pour les rizières tropicales irriguées à inondation continue. Les émissions des rizières strictement pluviales ont été considérées comme non significatives.

3.D- Sols agricoles

Les émissions de N20 directes et indirectes issus des sols agricoles proviennent de l'utilisation d'engrais minéraux et organiques, de la décomposition des résidus de culture, des cultures fixatrices d'azote et du piétinement des animaux au pâturage. Les données d'activité sont basées sur les statistiques de consommation d'engrais (FAOSTAT, MINAE). La méthode Tier 1 a été utilisée, avec les facteurs d'émission par défaut du GIEC. Les émissions indirectes dues à la volatilisation et au lessivage ont été incluses conformément aux recommandations méthodologiques.

3.F- Brûlage des résidus agricoles

Les types de cultures concernées comprennent le riz, le maïs et la canne à sucre. Les méthodes de calcul des émissions de CO2, CH4 et N2O avec justification si l'activité est non significative (NO/NE) ont été appliquées. Le brûlage des résidus de riz, de maïs et de canne à sucre a été considéré comme une source mineure d'émissions de CO2, CH4 et N2O. En raison du manque de données fiables sur la proportion réellement brûlée, cette catégorie a été considérée comme non significative (NO), conformément à la flexibilité accordée aux pays en développement.

3.H- Application d'urée

M La catégorie 3.H du secteur Agriculture (CRT 3) concerne les émissions de dioxyde de carbone (CO2) résultant de l'application d'urée sur les sols agricoles. Ces émissions sont liées à l'hydrolyse de l'urée après son épandage, entraînant la libération de CO2 dans l'atmosphère.

À l'échelle nationale, l'utilisation d'engrais chimiques, et en particulier de l'urée, demeure limitée à Madagascar. Cette situation se traduit par une contribution marginale de la catégorie 3.H aux émissions totales du secteur Agriculture, comparativement aux autres sources d'émission telles que la fermentation entérique, la gestion du fumier , la riziculture et les sols agricoles.

L'estimation des émissions associées à l'application d'urée a été réalisée selon la méthodologie de niveau 1 (Tier 1), conformément aux lignes directrices 2006 du GIEC. Cette approche repose sur l'utilisation de facteurs d'émission par défaut et des données d'activité disponibles au niveau national, garantissant la cohérence, la transparence et la comparabilité des résultats avec les autres catégories du secteur Agriculture.

5.1.2 Niveau méthodologique pour toutes les catégories et sous-catégories de la catégorie (CRT3)

Les émissions du secteur CRT 3 ont été estimées conformément aux méthodologies et lignes directrices du GIEC, à l'aide du logiciel IPCC 2006 Inventory Software. Dans le cadre de cette mission, une approche participative, complémentaire et itérative a été adoptée, impliquant étroitement l'ensemble des parties prenantes. Cette démarche a été mise en œuvre en collaboration avec les responsables concernés, notamment le BNCCREDD+, en charge de la coordination, ainsi qu'avec les départements ministériels et organismes sectoriels impliqués.

L'estimation et a été réalisée en conformité avec les orientations définies par les décisions 1/CP.1, 18/CMA.1 et 5/CMA.3.

À cet effet, les méthodologies et outils suivants ont été mobilisés :

- le logiciel IPCC 2006 Inventory Software, version 2.95
- les bonnes pratiques du GIEC relatives à l'élaboration des inventaires de GES
- les approches méthodologiques et les équations proposées dans les lignes directrices 2006 du GIEC.

L'utilisation combinée de ces outils et référentiels permet d'assurer une estimation cohérente et transparente des émissions et absorptions du secteur Agriculture, tout en tenant compte des spécificités nationales et de données d'activité progressivement améliorées.

Toutefois, en raison des contraintes liées à la disponibilité et à la qualité des données nationales, les estimations reposent principalement sur l'application de méthodes de niveau 1 (Tier 1). À cet égard, des améliorations méthodologiques ainsi qu'un renforcement des systèmes de collecte de données sont envisagés afin d'accroître la précision, la fiabilité et la transparence des estimations lors des futurs inventaires.

Les niveaux méthodologiques retenus, les facteurs d'émission appliqués ainsi que les sources des données d'activité utilisées sont consignés dans le tableau 32.

Tableau 37: Niveau méthodologique, facteur d'émission et source des données d'activités pour le secteur (CRT3)

Catégories	Approche Méthodologique	Facteur d'émission	Sources des données d'activités
3.A - Livestock			
3.A.1 - Enteric Fermentation	Tier 1	Par défaut	MINAE MEDD Service Statistique Agricole STATAGRI INSTAT FAOSTAT
3.A.2 - Manure Management	Tier 1	Par défaut	
3.C - Aggregate sources and non-CO2 emissions sources on land			
3.C.1 - Burning	Tier 1	Par défaut	
3.C.2 - Liming	Non Applicable	Non applicable	
3.C.3 - Urea application	Tier 1	Par défaut	
3.C.4 - Direct N2O Emissions from managed soils	Tier 1	Par défaut	
3.C.5 - Indirect N2O Emissions from managed soils	Tier 1	Par défaut	
3.C.6 - Indirect N2O Emissions from manure management	Tier 1	Par défaut	
3C7-Rice cultivation	Tier 1	Par défaut	
3.C.8 - CH4 provenant de sols organiques drainés	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
3.C.9 - CH4 provenant des fossés de drainage sur sols organiques	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
3.C.10 - CH4 provenant de la réhumidification des sols organiques	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
3.C.11 -Émissions de CH4 provenant dela Réhumidification des Mangroves et des marais littoraux	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
3.C.12 -Émissions de N2O provenant de l'aquaculture	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
3.C.13 -Émissions de CH4 provenant de zones humides réhumidifiées et créées sur des sols minéraux de zones humides intérieures	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
3.C.14 – Autres (A spécifier)	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable

5.2 Tendance des émissions du secteur Agriculture

Au cours de la période d'inventaire de 1994-2023, les émissions totales du secteur Agriculture ont enregistré une légère augmentation. Cette évolution est principalement attribuable à l'accroissement des effectifs de bétail, influençant les émissions de la fermentation entérique (3.A) et de la gestion du fumier (3.B), ainsi qu'à l'extension des superficies de riziculture

irriguée, affectant les émissions de la catégorie 3.C. Les catégories 3.A, 3.B, 3.C et 3.D représentent ensemble plus de 80 % des émissions totales du secteur. Les variations observées d'une année à l'autre sont principalement liées aux évolutions des cheptels, des superficies cultivées, ainsi qu'aux pratiques de gestion des sols agricoles.

5.2.1 Emissions globales du secteur Agriculture (CRT-3) pour la période 1994-2023

Tableau 38: Emissions globales du secteur Agriculture (CRT3) pour la période 1994-2023

Année	Emissions (Gg)							Emissions globales AGRICULTURE CO2 Eq Gg
	CO2	CH4	CH4 CO2 Eq	N2O	N2O CO2 Eq	Nox	CO	
1994	1,6133	412,4293	11 548,0196	23,0586	6110,5200	123,4541	2169,2231	17 660,1529
1995	1,6133	415,9007	11 645,2189	23,2410	6158,8730	126,5196	2 277,1595	17 805,7053
1996	1,6133	463,6624	12 982,5474	25,9266	6870,5464	128,1830	2475,3992	19 854,7071
1997	1,6133	454,1122	12 715,1414	25,5271	6764,6888	126,7843	2383,0142	19 481,4435
1998	1,6133	438,4307	12 276,0593	24,8150	6575,9640	123,1254	2 144,7664	18 853,6367
1999	1,6133	455,0184	12 740,5153	25,2446	6689,8294	123,5927	2128,7447	19 431,9580
2000	1,6133	459,5974	12 868,7285	25,4733	6750,4363	123,6012	2 129,0575	19 620,7782
2001	1,6133	471,3363	13 197,4160	26,7036	7076,4510	123,1588	2 145,9980	20 275,4803
2002	1,8487	476,0602	13 329,6852	26,9583	7143,9400	123,1654	2 146,2398	20 475,4739
2003	5,3896	487,4738	13 649,2656	27,8410	7377,8551	123,1719	2 146,4785	21 032,5102
2004	1,1666	495,4571	13 872,7974	28,1858	7469,2358	123,1953	2 147,3412	21 343,1998
2005	4,9865	529,2606	14 819,2974	26,4121	6999,2166	123,3284	2 152,2396	21 823,5006
2006	2,9670	541,4754	15 161,3124	26,8082	7104,1812	123,3537	2 153,1702	22 268,4607
2007	3,0943	538,7270	15 084,3562	26,9589	7144,1139	123,3709	2 153,8020	22 231,5644
2008	7,9171	665,4417	18 632,3666	27,1505	7194,8896	123,3843	2 154,2967	25 835,1733
2009	4,4792	547,1615	15 320,5233	27,5668	7305,1966	123,4226	2 155,7049	22 630,1991
2010	4,2357	551,3176	15 436,8925	27,8021	7367,5463	123,4352	2 156,1683	22 808,6745
2011	5,0054	540,3604	15 130,0914	34,2790	9083,9315	122,1388	2 088,4473	24 219,0283
2012	3,0908	554,0742	15 514,0766	31,2152	8272,0157	122,1991	2 096,1954	23 789,1830
2013	3,0908	528,3471	14 793,7196	28,1437	7458,0786	121,8643	2 094,9469	22 254,8890
2014	12,5406	534,8887	14 976,8823	33,3274	8831,7659	122,0740	2 088,1190	23 821,1889
2015	5,0701	527,0064	14 756,1780	28,3961	7524,9738	121,9232	2 088,0694	22 286,2219
2016	8,2388	534,7318	14 972,4898	33,8173	8961,5861	122,4517	2 097,9752	23 942,3147
2017	9,5299	507,2136	14 201,9821	32,9574	8733,7214	122,3586	2 093,5492	22 945,2334
2018	9,4742	534,9340	14 978,1519	30,4430	8067,3942	123,1567	2 140,3888	23 055,0204
2019	13,2765	549,9019	15 397,2544	30,7932	8160,1878	123,4923	2 158,2697	23 570,7187
2020	11,3184	526,3898	14 738,9138	25,0723	6644,1702	123,4899	2 155,7714	21 394,4024
2021	7,2756	495,4135	13 871,5780	24,3809	6460,9411	123,5527	2 162,0459	20 339,7948
2022	11,8942	464,7017	13 011,6471	23,6209	6259,5436	122,3371	2 176,1376	19 283,0849
2023	10,2101	554,3587	15 522,0436	25,1229	6657,5684	122,8784	2 170,1549	22 189,8221

Tendance des émissions globales de GES direct du secteur Agriculture (1994–2023)

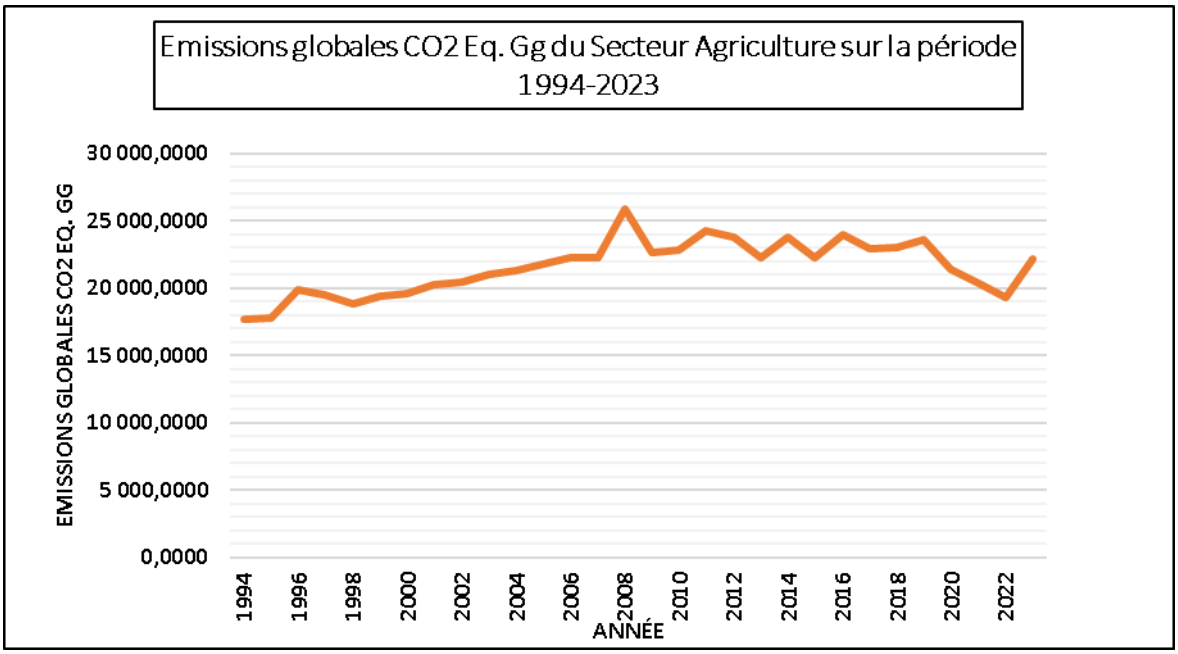


Figure 28: Évolution et tendance des émissions globales de GES direct du secteur Agriculture (1994–2023)

Sur la période 1994–2023, les émissions globales de GES du secteur Agriculture, exprimées en Gg CO2 Eq, montrent une tendance globalement croissante à long terme, marquée par des fluctuations interannuelles liées à l'évolution des activités agricoles.

Année de base 1994

En 1994, année de base de l'inventaire, les émissions globales du secteur Agriculture sont estimées à 17 660,2 Gg CO2 Eq. Ce niveau relativement modéré reflète un système agricole majoritairement extensif, caractérisé par des effectifs de cheptel plus faibles et une intensité limitée des pratiques agricoles. Cette valeur constitue le point de référence pour l'évaluation des évolutions ultérieures.

Année de référence 2019

En 2019, les émissions atteignent 23 570,7 Gg CO2 Eq, soit une augmentation d'environ 33 % par rapport à 1994. Cette hausse s'explique principalement par l'accroissement des émissions de méthane (CH4) et d'Oxyde nitreux (N2O), en lien avec l'augmentation du cheptel, le développement de la riziculture irriguée et une contribution plus marquée des sols agricoles. L'année 2019 correspond ainsi à l'un des niveaux les plus élevés d'émissions sectorielles sur l'ensemble de la période étudiée.

Dernière année de l'inventaire 2023

En 2023, les émissions globales sont estimées à 22 189,8 Gg CO2 Eq, traduisant une baisse par

rapport à 2019, tout en demeurant supérieures au niveau de l'année de base. Cette diminution récente s'inscrit dans une phase de variabilité des émissions observée depuis 2020, probablement liée aux fluctuations des effectifs de bétail, aux variations de la production rizicole et à l'évolution des pratiques agricoles ainsi qu'à la prévalence du COVID.

5.2.2 Tendance générale des émissions par gaz directs pour la période 1994 -2023

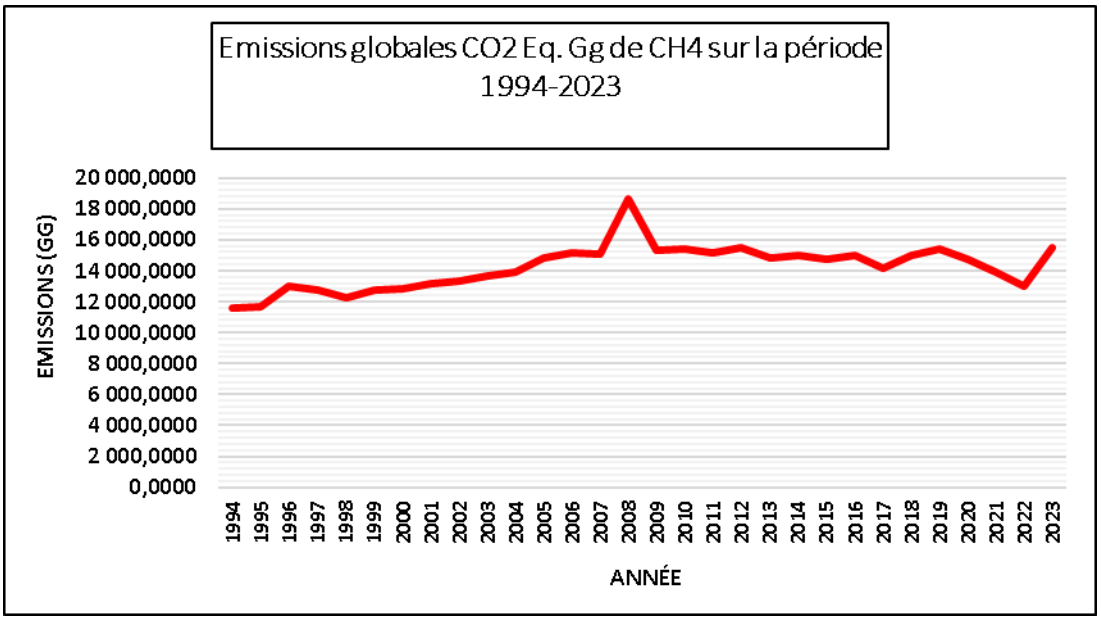


Figure 29: Tendance générale des émissions par gaz directs pour la période 1994 -2023

Les émissions du secteur Agriculture sont largement dominées par le méthane (CH4), qui représente la principale contribution aux émissions totales en CO2 équivalent. Le CH4 provient essentiellement de la fermentation entérique et de la riziculture irriguée, et explique la majeure partie de la hausse observée entre 1994 et 2019.

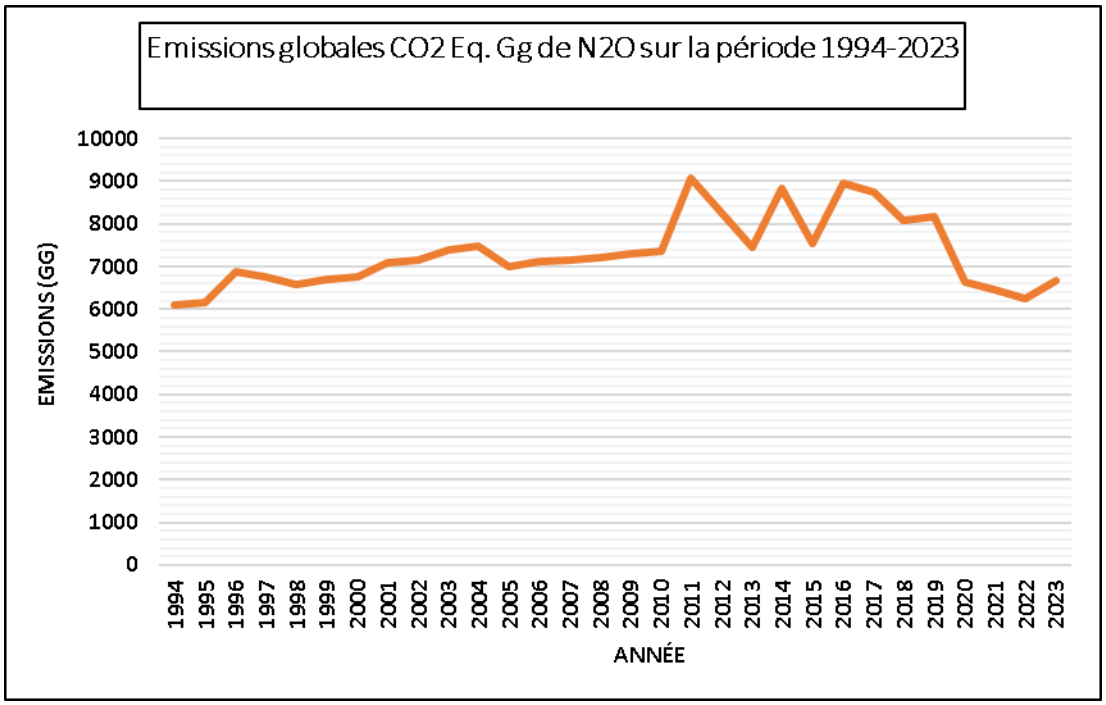


Figure 30: Emissions globales CO2 Eq de N2O du secteur Agriculture sur la période 1994-2023

L'oxyde nitreux (N20) constitue la seconde source majeure d'émissions, principalement liée aux sols agricoles et à la gestion des déjections animales. Ses émissions évoluent globalement à la hausse sur la période, avec des variations interannuelles.

Les émissions de dioxyde de carbone (CO2) restent faibles et marginales au regard du total sectoriel, reflétant notamment la faible utilisation d'intrants chimiques tels que l'urée.

Dans l'ensemble, la structure et la tendance des émissions du secteur Agriculture confirment la prédominance des GES non-CO2 (CH4 et N20), conformément aux caractéristiques des systèmes agricoles nationaux.

5.3 Tendance des émissions de GES directs par catégorie du secteur CRT 3 pour la période de 1994-2023

Tableau 39: Emission GES direct en Gg de CO2 Eq par catégorie

Année	Enteric fermentation	Manure management	Burning	Urea application	Direct N2O	Indirect N2O	Rice cultivation
1994	6037,9844	419,5878	4007,7482	1,6133	3330,7494	786,1508	3076,3189
1995	6025,2533	436,5068	4103,4124	1,6133	3341,0359	791,8549	3106,0287
1996	6809,1223	540,2083	4722,2540	1,6133	3746,4159	890,2392	3144,8541
1997	6684,1373	501,4950	4503,5163	1,6133	3736,5971	870,4050	3183,6795
1998	6640,5272	499,7245	3945,2065	1,6133	3670,5719	873,4884	3222,5048
1999	7147,1099	495,9987	3827,9634	1,6133	3804,8855	893,0571	3261,3302
2000	7270,1278	477,0915	3828,2835	1,6133	3864,8172	912,6531	3266,1918
2001	7490,1119	500,9782	3946,4670	1,6133	4100,9176	960,1525	3275,2398
2002	7610,5633	498,7779	3946,7143	1,8487	4159,9173	973,3105	3284,3418
2003	7905,3726	533,8413	3946,9587	5,3896	4326,0960	1021,5162	3293,3358
2004	7999,5581	549,1500	3947,8415	1,1666	4390,0702	1038,3496	7999,5581
2005	8930,0957	619,5439	3952,8544	4,9865	3978,3610	961,5408	3376,1182
2006	9232,1728	645,1822	3953,8068	2,9670	4048,9040	980,5182	3404,9097
2007	9125,6643	647,1264	3954,4533	3,0943	4076,1216	989,4857	3435,6189
2008	9210,6487	657,3317	3954,9595	7,9171	4114,2407	996,4554	6893,6202
2009	9288,7377	666,8693	3956,4007	4,4792	4193,7025	1021,8489	3498,1608
2010	9368,0607	677,4464	3956,8749	4,2357	4237,0566	1034,8158	3530,1845
2011	9771,1952	876,5688	3773,2107	5,0054	5870,7281	959,8361	2962,4840
2012	9855,7586	758,8686	3775,4810	3,0908	5882,6351	257,4560	3255,8929
2013	9937,8545	744,2149	3762,8700	3,0908	4688,1983	658,8908	2459,7697
2014	10028,6353	778,1745	3770,7667	12,5406	5934,7122	754,8349	2541,5246
2015	10104,7820	763,9663	3765,0886	5,0701	4787,4480	614,3574	2245,5096
2016	10184,9649	811,4200	3816,3180	8,2388	6030,6002	763,5254	2327,2474
2017	9795,0690	781,2200	3822,9700	9,5299	5826,0902	747,7782	1962,5760
2018	8512,2152	717,5542	3923,9393	9,4742	5192,0521	720,8641	3978,9213
2019	8606,8256	740,7482	3959,0254	13,2765	5260,8571	718,2916	4271,6943
2020	7781,1129	681,1847	3949,1524	11,3184	3967,4928	532,2112	4471,9300
2021	7108,9342	692,9542	3967,6035	7,2756	3774,3319	517,0011	4271,6943
2022	6464,6994	682,8599	3780,6756	11,8942	3575,8214	557,0620	4210,0725
2023	7606,5800	321,8472	3801,0625	10,2101	3922,2504	567,7095	5527,3989

Le tableau montre l'évolution des émissions de CH4 et de N2O exprimées en Gg CO2 Eq, issues de chaque principale catégories du secteur CRT 3 entre 1994 et 2023. Les émissions des GES en Gg CO2 Eq du secteur Agriculture présentent une structure dominée par quelques catégories clés, avec des évolutions différenciées selon les sources.

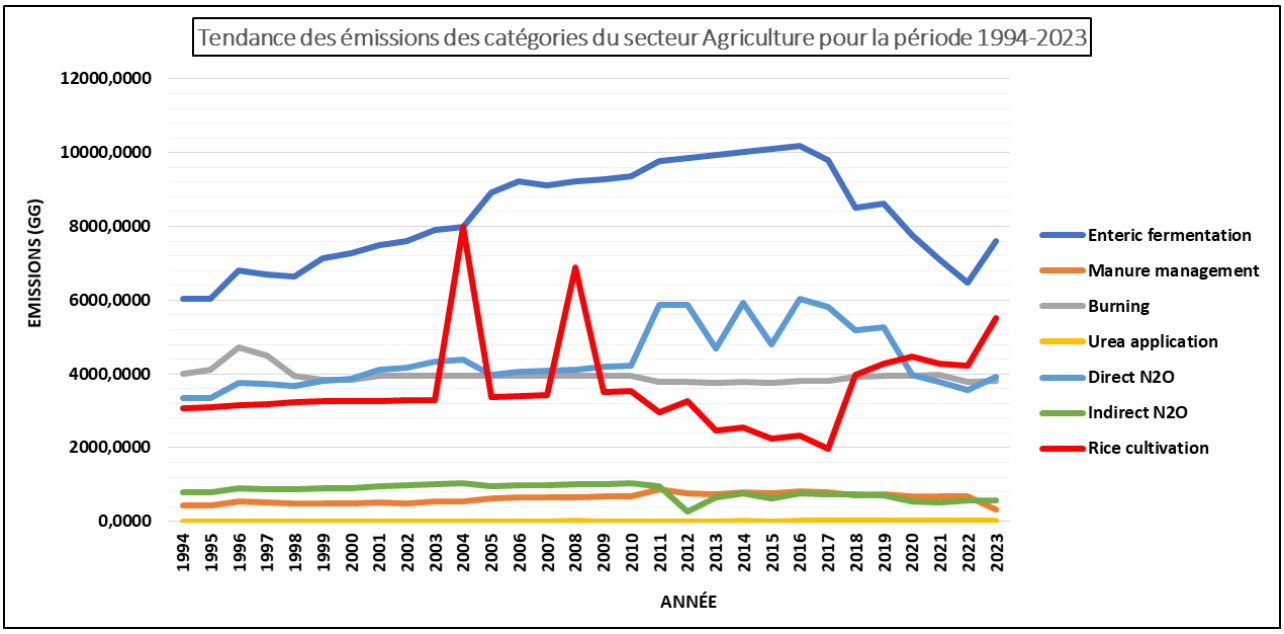


Figure 31: Tendance des émissions des catégories du secteur Agriculture pour la période 1994-2023

5.3.1 La fermentation entérique 3.A

Constitue la principale source d'émissions sur l'ensemble de la période. Les émissions passent de 6 037,9844 Gg CO2 Eq en 1994 à 8 606,8256 Gg CO2 Eq en 2019, traduisant une augmentation soutenue liée à l'évolution des effectifs de ruminants. Une légère baisse apparaît ensuite en 2020 puis en 2023, elles s'établissent à 7 606,5800 Gg CO2 Eq indiquant un recul par rapport à 2019 tout en restant nettement supérieures au niveau de l'année de base- signe probable d'un changement de structure du troupeau ou d'un ralentissement de la croissance du nombre de têtes due au COVID

5.3.2 La gestion du fumier 3.B

Les émissions issues de la gestion des déjections animales restent relativement stables pour la période de 1994-2023. Les émissions de GES passent d'environ 419,5878 Gg CO2 Eq en 1994 à près de 677,4464 Gg CO2 Eq en 2010, avec une tendance modérément croissante de 740,7482 Gg CO2 Eq en 2019 , avant une diminution marquée à 321,8472 Gg CO2 Eq en 2023. Cette évolution reflète les variations des pratiques de gestion et des effectifs du cheptel.

5.3.3 La riziculture 3.C

La riziculture constitue une source majeure de méthane, avec des émissions passant de 3 076,3189 Gg CO2 Eq en 1994 à 4 271,6943 Gg CO2 Eq en 2019. En 2023, elles atteignent 5 527,3989 Gg CO2 Eq, traduisant un élargissement des superficies irriguées ou une intensification des systèmes rizicoles, très sensibles à la production de méthane.

5.3.4 Les sols agricoles 3.D

Les émissions directes de N2O provenant des sols agricoles montrent une tendance globalement à la hausse, passant de 3 330,7494 Gg CO2 Eq en 1994 à 5 260,8571 Gg CO2 Eq en 2019, avant de diminuer à 3 922,2504 Gg CO2 Eq en 2023. Ces variations sont étroitement liées aux pratiques de gestion des sols et des intrants. En ce qui concerne les émissions indirectes de N2O, elles varient progressivement entre 1994 et 2019 de 786,1508 Gg CO2 Eq à 718,2916 Gg CO2 Eq puis restent relativement stables à 567,7095 Gg CO2éq en 2023 tout en représentant une part secondaire du total sectoriel. Ces valeurs relativement stables reflètent des pratiques agricoles qui évoluent moins rapidement que l'élevage ou la riziculture, même si l'usage d'engrais et la gestion des résidus jouent un rôle constant.

5.3.5 Le brûlage des résidus de cultures 3.F

Les émissions liées au brûlage des résidus agricoles demeurent élevées et relativement constantes sur la période, oscillant autour de 3 700 à 4 000 Gg CO2 Eq. Elles atteignent 3 959,0254 Gg CO2 Eq en 2019 et 3 801,0625 Gg CO2 Eq en 2023, confirmant leur contribution significative mais stable au total sectoriel.

5.3.6 Application d'urée 3 H

L'application d'urée génère des émissions très faibles tout au long de la période. Celles-ci passent de 1,6133 Gg CO2 Eq en 1994 à 13,2765 Gg CO2 Eq en 2019, puis 10,2101 Gg CO2 Eq en 2023, traduisant une contribution marginale liée à la faible utilisation d'engrais chimiques. Cette catégorie reste une source marginale mais variable.

Dans l'ensemble, la dynamique des émissions du secteur Agriculture sur la période 1994–2023 est principalement portée par la fermentation entérique, la riziculture et les émissions directes de N2O des sols agricoles, tandis que l'application d'urée demeure marginale. La hausse observée jusqu'en 2010, suivie de tendances plus contrastées selon les catégories, montre que les dynamiques d'élevage et de production rizicole restent les principaux moteurs des variations d'émissions de CH4 et de N2O dans le profil global du secteur Agriculture. Au final, les données confirment que la fermentation entérique et la riziculture dominent largement les émissions agricoles. Les émissions sont résumées dans le tableau 35.

Tableau 40: Émissions de GES par catégorie du secteur Agriculture (Gg CO2 Eq) sur la période 1994-2023

	1994		2019		2023	
Catégorie	**Gg CO2 Eq**	**%**	**Gg CO2 Eq**	**%**	**Gg CO2 Eq**	**%**
Fermentation entérique	6 037,98	34,2	8 606,83	36,52	7 606,58	34,28
Gestion du fumier	419,5878	2,38	740,7482	3,14	321,8472	1,45
Brûlage des résidus de culture	4 007,75	22,69	3 959,03	16,8	3 801,06	17,13
Application d'urée	1,6133	0,01	13,2765	0,06	10,2101	0,05

Émissions directes de N2O des sols agricoles	3 330,75	18,86	5 260,86	22,32	3 922,25	17,68
Émissions indirectes de N2O des sols agricoles et de la gestion de fumier	786,1508	4,45	718,2916	3,05	567,7095	2,56
Riziculture irriguée	3 076,32	17,41	4 271,69	18,12	5 527,40	24,92
Total	**17 660,15**	**100**	**23 570,72**	**100**	**22 189,82**	**100**

Le tableau met en évidence une augmentation significative des émissions totales du secteur Agriculture entre 1994 et 2019, suivie d'une baisse modérée en 2023**,** tout en restant au-dessus du niveau de l'année de base. Sur l'ensemble de la période, les émissions sont principalement dominées par l'émission de CH4 de la fermentation entérique, de la riziculture et des émissions directes de N2O des sols agricoles**,** qui constituent les principales sources d'émissions du secteur. À l'inverse, l'application d'urée contribue de manière marginale aux émissions globales.

5.4 Tendance des émissions de GES indirects du secteur CRT 3 pour la période de 1994-2023

Tableau 41: Tendance des émissions de GES indirects du secteur CRT 3 pour la période de 1994-2023

Année	Emission en Gg	
	Nox	CO
1994	123,4541	2169,2231
1995	126,5196	2 277,1595
1996	128,1830	2475,3992
1997	126,7843	2383,0142
1998	123,1254	2 144,7664
1999	123,5927	2128,7447
2000	123,6012	2 129,0575
2001	123,1588	2 145,9980
2002	123,1654	2 146,2398
2003	123,1719	2 146,4785
2004	123,1953	2 147,3412
2005	123,3284	2 152,2396
2006	123,3537	2 153,1702
2007	123,3709	2 153,8020
2008	123,3843	2 154,2967
2009	123,4226	2 155,7049
2010	123,4352	2 156,1683
2011	122,1388	2 088,4473
2012	122,1991	2 096,1954
2013	121,8643	2 094,9469
2014	122,0740	2 088,1190
2015	121,9232	2 088,0694
2016	122,4517	2 097,9752
2017	122,3586	2 093,5492
2018	123,1567	2 140,3888
2019	123,4923	2 158,2697
2020	123,4899	2 155,7714
2021	123,5527	2 162,0459
2022	122,3371	2 176,1376
2023	122,8784	2 170,1549

Les émissions des gaz indirects NOx et CO du secteur Agriculture sur la période 1994–2023, à savoir les oxydes d'azote (NOx) et le monoxyde de carbone (CO), présentent une évolution globalement stable, avec de légères fluctuations interannuelles. Les émissions de NOx varient entre 121,8643 Gg (2013) et 128,1830 Gg (1996). Elles s'établissent à 123,4541 Gg en 1994, 123,4923 Gg en 2019 et 122,8784 Gg en 2023, indiquant une stabilité à long terme des émissions issues principalement du brûlage des résidus agricoles et des pratiques de gestion des sols.

Les émissions de CO évoluent entre 2 088,0694 Gg (2015) et 2 475,3992 Gg (1996). Elles passent de 2 169,2231 Gg en 1994 à 2 158,2697 Gg en 2019, puis à 2 170,1549 Gg en 2023, traduisant également une variation limitée sur l'ensemble de la période.

Il convient de noter que les gaz Nox et CO ne disposent pas de coefficients de conversion en potentiel de réchauffement global (PRG) dans les lignes directrices du GIEC et ne sont donc pas exprimés en équivalent CO2 dans l'inventaire national.

Bien que ces gaz ne soient pas comptabilisés dans le total des émissions en CO2 équivalent, ils jouent un rôle indirect important dans le système climatique, notamment en tant que précurseurs de l'ozone troposphérique et en influençant les processus chimiques de l'atmosphère, ce qui justifie leur suivi dans le cadre de l'inventaire des émissions du secteur Agricultur**e.**

5.5 Description de la catégorie

Les sources d'émissions agricoles de Madagascar se distinguent par une forte dépendance aux systèmes traditionnels et extensifs, avec un faible recours aux intrants chimiques et à la mécanisation. Cette configuration entraîne des émissions principalement d'origine biologique (fermentation, décomposition, activité microbienne des sols) plutôt qu'industrielle. Les principales caractéristiques des sources sont donc liées aux effectifs des animaux, aux pratiques d'élevage et à la gestion des sols cultivés et pâturés. Ces spécificités nationales justifient l'emploi des méthodes Tier 1 tout en soulignant la nécessité de renforcer la disponibilité et la qualité des données pour améliorer la précision des estimations dans les inventaires futurs.

5.6 Questions méthodologiques

L'approche participative, complémentaire et itérative impliquant les parties prenantes a été adoptée dans le cadre de notre mission. Nous la réalisons en étroite collaboration avec les responsables en l'occurrence le BNCCREDD+ assurant la Coordination et les Départements Ministériels et organismes concernés.

La méthode de niveau 1 (Tier 1) a été appliquée pour le secteur Agriculture. L'estimation des émissions a été réalisée conformément aux orientations définies dans les décisions 1/CP.1, 18/CMA.1 et 5/CMA.3.

Dans ce cadre, les méthodologies et outils suivants ont été mobilisés :

- Le logiciel « IPCC 2006 Inventory Software, Version 2.95 » ;

- Les bonnes pratiques du GIEC en matière d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;

- Les approches méthodologiques et équations proposées dans les lignes directrices 2006 du GIEC.

Le diagramme décisionnel permettant de déterminer la méthode appropriée (Niveau 1 ou 2) est présenté en Annexe 1

S'agissant des données d'activité, celles-ci ont été collectées directement auprès des départements sectoriels concernés, ou extraites de publications officielles et de séries statistiques produites par les départements concernés aussi bien au niveau national et qu'international.

5.7 Les sources des données utilisées

Afin de répondre aux objectifs assignés et d'améliorer la qualité des résultats de l'IGES, plusieurs sources de référence méthodologique et des données ont été utilisées. Les détails sont donnés ci-après :

Référentiels méthodologiques du GIEC

- Lignes directrices de 2006 et leur mise à jour de 2019 relatives aux inventaires nationaux de GES, en particulier le Volume 1 (Orientations générales et établissement des rapports - OGER) et le Volume 4 (Agriculture, Foresterie et Autres Affectations des Terres - AFAT) ;
- Recommandations sur les bonnes pratiques et la gestion des incertitudes pour les inventaires de GES ;
- Directives de la Conférence des Parties pour la préparation des communications nationales des Parties non visées à l'annexe I de la Convention, conformément à la Décision 17/CP.8.
- MPG : décision 18/CMA.1
- 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories pour le Secteur AFAT

Données nationales officielles

- Le document des circonstances nationales élaboré par le BNCCREDD+/MEDD ;
- L'inventaire écologique forestier national en 1996 et en 2000 (IEFN 1996 et IEFN 2000)
- L'analyse images issue du Laboratoire de l'Observatoire de Forets de Madagascar (LOFM) en 2018 suivi d'un inventaire forestier sur terrain
- Les données d'activités issues des documents de planification nationaux, notamment les stratégies et les plans d'actions nationaux, les rapports d'activités annuelles des départements ministériels ainsi que les rapports d'études divers
- Les données sur les superficies reboisées issues du Système d'Information sur le Reboisement (SIR)
- Les données sur les feux de végétation à Madagascar avec le système de Météo Feux pour la prévention, puis le système FireAlert pour évaluer les superficies brulées à Madagascar
- Les autres données statistiques forestières telles que les superficies défrichées, les superficies exploitées illicitement, les productions forestières y afférentes en bois d'œuvre, bois de chauffe et charbon

- Les données statistiques agricoles et zootechniques fournies par le Service de la Statistique Agricole et des Directions techniques du Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage (MINAE), incluant :
    - Les effectifs du cheptel issus des rapports annuels des directions régionales de l'Agriculture et de l'élevage (DRAE), notamment à partir des campagnes de vaccination pour les ruminants (bovins, ovins, caprins) ;
    - Les enquêtes par sondage réalisées auprès des exploitations pour les autres espèces animales ;
    - L'annuaire des statistiques agricoles 2005–2008 publié par le même service ;
- Le Recensement général de l'Agriculture 2004-2005
- Les rapports socioéconomiques et démographiques produits par l'Institut National de la Statistique (INSTAT).

Données internationales

- Données de la base FAOSTAT de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) ;
- Manuel méthodologique de la FAO pour l'estimation des émissions de GES dans le secteur AFAT.

5.8 Description de toute flexibilité appliquée

Conformément aux paragraphes 4 à 6 des MPG, Madagascar a appliqué la flexibilité accordée aux pays en développement en fonction de ses capacités institutionnelles et techniques. Cette flexibilité s'est traduite par :

- l'utilisation de méthodes Tier 1 pour toutes les catégories agricoles
- le recours à des facteurs d'émission par défaut du GIEC en l'absence de valeurs nationales
- l'estimation qualitative de certaines sous-catégories où les données d'activité sont incomplètes, notamment pour le brûlage des résidus et la gestion du fumier non stocké
- la documentation partielle des incertitudes et des contrôles de cohérence temporelle.

Certaines catégories jugées non significatives, telles que les émissions des cultures industrielles ou des composts, n'ont pas été estimées faute de données disponibles. Madagascar prévoit de renforcer la collecte de ces informations dans le cadre des futurs cycles d'inventaire et des programmes de renforcement des capacités agricoles.

5.9 Évaluation des incertitudes et cohérence des séries chronologiques

L'évaluation des incertitudes a été réalisée selon l'approche recommandée par le GIEC et les lignes directrices 2006, notamment le Volume 1 et Chapitre 3 relatif à l'incertitude. Il faut noter que le niveau 1 basé sur les données nationales et les plages d'incertitudes par défaut des facteurs d'émissions ont été utilisés pour évaluer l'incertitude globale. Les principales sources d'incertitude concernent les effectifs de bétail, la consommation d'engrais, la répartition du fumier entre systèmes de gestion et les superficies de rizières selon les régimes d'inondation.

Par ailleurs, la cohérence temporelle liée à la catégorie a été vérifiée conformément aux directives du GIEC contenues dans le volume 1, chapitre 5 des lignes directrices 2006. Au niveau national, les données sur la série temporelle sont obtenues auprès des Ministères en charge de l'Agriculture et l'Elevage.
L'estimation des émissions de GES de la série temporelle 1994-2023 a été faite à l'aide de la même méthode et des mêmes sources de données et informations pour toutes les années.

La cohérence temporelle des séries a été vérifiée par la comparaison des tendances sur plusieurs années. Les variations observées restent cohérentes avec les évolutions des statistiques agricoles et des pratiques de production. En raison de la flexibilité accordée, certaines séries demeurent partielles ou reconstruites à partir de moyennes pluriannuelles lorsque les données annuelles sont indisponibles. Madagascar envisage d'améliorer cette cohérence à travers la standardisation des sources de données et la mise en place d'un mécanisme de collecte continue au niveau institutionnel.

CHAPITRE 6 : UTCATF (Secteur CRT-4)

6.1 Aperçu du secteur et informations de base

Doté d'une biodiversité faunistique et floristique d'une valeur exceptionnelle, le pays bénéficie largement de la richesse de ses ressources forestières. Conscient de l'importance mondiale de cette biodiversité unique, il a intensifié ses efforts de gestion et de protection des forêts. Parmi les engagements majeurs figurent l'extension des aires protégées à au moins 10 % du territoire national, conformément aux recommandations de l'UICN.

Quand bien même, suivant les données issues du Laboratoire d'Observation des Forêts de Madagascar (LOFM), le taux de déforestation du pays demeure élevé et s'est même accéléré depuis 2005, entraînant une perte significative de couverture forestière — estimée à près de 44 % en l'espace de 60 ans. Malgré les efforts de conservation en cours, la tendance reste préoccupante, avec une fragmentation croissante des forêts et des pics annuels de déforestation atteignant plusieurs centaines de milliers d'hectares.

Tableau 42: Taux annuel de déforestation, de 1994 à 2023

Période	Taux annuel moyen	Statut de données
1990-2010	0.64%	Calculé IEFN, statistique forestière sur foret naturelle, revérifiée avec LOFM
2011-2019	0.51%	Calculé IEFN, statistique forestière sur foret naturelle
2020-2023	0.07%	Calculé IEFN, statistique forestière sur foret naturelle

Source: LOFM, BNCCREDD+, Statistique forestière, IEFN

L'analyse de l'évolution du taux annuel de déforestation montre des tendances contrastées selon les périodes. Entre 1990 et 2010, le taux annuel de déforestation a connu une diminution progressive, passant d'environ 0,8 % à 0,4 %, traduisant un ralentissement relatif de la perte forestière et surtout à la politique de qui prévaut de tripler le surface des aires protégées à Madagascar et le taux annuel moyen de déforestation est de 0,64%. En revanche, la période 2011–2019 se caractérise par une recrudescence marquée de la déforestation sur une courte période, indiquant une intensification des pressions anthropiques sur les écosystèmes forestiers et l'exploitation illicite des bois précieux (Bois de rose et bois d'ébène) mais avec un taux moyen annuel de déforestation de 0,51%. Pour la période 2020–2023, le calcul basé sur les superficies des forêts naturelles révèle une perte totale d'environ 23 259 ha, correspondant à un taux de déforestation annuel moyen estimé à 0,07 %. Cette dernière période suggère ainsi un net ralentissement du rythme de déforestation par rapport à la décennie précédente. De plus, cette dernière période a aussi été marquée par la politique de «Reverdissement de Madagascar» enregistrant ainsi une hausse de la superficie forestière à travers le reboisement, et le taux de reforestation ou gain forestier est de 0,29 % par an.

Actuellement, les surfaces forestières jouent un rôle déterminant dans la préservation de l'équilibre écologique. Elles couvrent 10 289 660 ha, dont 6 693 904 ha sont intégrées au réseau des Aires Protégées depuis 2010. Madagascar abrite trois grands écosystèmes forestiers : les forêts humides de l'Est, les forêts denses sèches de l'Ouest et les forêts épineuses du Sud, auxquels s'ajoutent les forêts et formations marécageuses, les mangroves et les forêts de plantation.

En plus de sa richesse forestière, le pays dispose d'autres ressources naturelles importantes : terres arables, zones agricoles, zones humides, surfaces bâties et divers ensembles montagneux et pédologiques.

Dans le cadre de la protection de ces ressources, Madagascar a ratifié la Convention sur le Changement Climatique en décembre 1998 et le Protocole de Kyoto en septembre 2003, affirmant ainsi son engagement dans l'atténuation du changement climatique. Le pays a déjà soumis sa Première, sa Deuxième et sa troisième Communication Nationale et prépare actuellement la Quatrième Communication Nationale.

Dans ce rapport, une recalculation complète des inventaires du secteur UTCATF a été réalisée selon les Lignes Directrices Révisées du GIEC (IPCC) 2006, contrairement aux précédentes communications qui utilisaient les lignes directrices de l'IPCC 1996. Cette mise à jour méthodologique permet d'améliorer la précision, la comparabilité et la cohérence des estimations.

Les absorptions de GES, notamment du CO2, proviennent principalement des terres forestières et des prairies grâce à leur capacité d'absorber et de stocker le carbone dans la biomasse et le sol. Cette fonction de puits de carbone devient de plus en plus stratégique pour le secteur forestier face aux défis climatiques. Les émissions, en revanche, proviennent principalement de la conversion des terres forestières en prairies ou en zones cultivées.

6.2 Présentation de la catégorie (CRT 4)

Le pays est confronté à d'importants défis en matière d'utilisation des terres, de changements d'affectation et de gestion forestière, dans un contexte marqué par une forte pression sur les écosystèmes. À Madagascar, près de 100 000 hectares de forêts ou formations forestières subissent chaque année des pressions au profit de l'agriculture ou sont ravagées par les feux de végétation. Pour répondre à cette situation préoccupante, le Gouvernement a engagé plusieurs actions majeures, dont l'ambition de restaurer 4 millions d'hectares de paysages dégradés d'ici 2030. Cet engagement s'inscrit dans l'Initiative Africaine pour la Restauration des Paysages Forestiers (AFR100), renforçant ainsi la résilience des écosystèmes et la capacité du pays à faire face aux impacts du changement climatique.

L'analyse de l'occupation du sol a permis de déceler 4 grandes utilisations:

- les formations naturelles regroupant les forêts naturelles, les zones humides (lacs, rivières, marais.)
- les prairies arborés ou. Cette zone provient en général de la déforestation, servant de terrain de culture ou pâturage selon le cas. Cette zone subit des feux de brousse répétitifs les rendant moins fertiles.
- Les zones d'habitations y compris les routes
- Les autres terres comme les roches

6.3 Questions méthodologiques

6.3.1 Approche

L'approche participative, complémentaire et itérative impliquant les parties prenantes a été adoptée dans le cadre de notre mission. Nous la réalisons en étroite collaboration avec les responsables en l'occurrence le BNCCREDD+ assurant la Coordination et les Départements Ministériels et organismes concernés.

La méthode de niveau 2 (Tier 2) a été appliquée. L'estimation des émissions a été réalisée conformément aux orientations définies dans les décisions 1/CP.1, 18/CMA.1 et 5/CMA.3.

Dans ce cadre, les méthodologies et outils suivants ont été mobilisés :

- Le logiciel « IPCC 2006 Inventory Software, Version 2.92040 » ;

- Les bonnes pratiques du GIEC en matière d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;

- Les approches méthodologiques et équations proposées dans les lignes directrices 2006 du GIEC.

Ces outils garantissent une estimation plus précise des émissions et absorptions du secteur UTCAFT, en tenant compte des spécificités nationales et de données d'activité améliorées.

6.3.2 Activités

Les activités à mener au cours de l'élaboration de ce rapport repose sur la bibliographie, la collecte des données et surtout la recalculation de l'émission suivant le logiciel GIEC 2006. De ce fait, les étapes ci-après seront considérées :

- Choix de la méthode repose sur la disponibilité et surtout l'exactitude des données
- Choix des facteurs d'émission laquelle sera renforcée par la bibliographie et l'analyse des experts
- Choix des données d'activité
- Calcul pour le niveau 2 suivant les données et facteurs identifiés et collectés
- Évaluation des incertitudes
- Considération des émissions de gaz à effet de serre autres que le CO2 provenant de la combustion de la biomasse.

Après ces étapes, les éléments suivants ont été à analyser :

Exhaustivité, séries chronologiques, AQ/CQ, rapports et documentation....

Assurance et contrôle de la qualité tout au long du processus

Les données de base à collecter sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 43: Données collectées et Sources d'information du secteur UTCATF

Données collectées	**Sources d'information**
Superficie de terrain forestier, terres couvertes de forêts	Direction générale en charge des forêts, LOFM
Superficie de prairies converties en forêts	Direction générale en charge des forêts
Superficie de zones humides converties en forêts	Direction générale en charge des forêts, LOFM
Superficie de terres cultivées restantes	Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Direction générale en charge des forêts
Superficie de terres converties en terres cultivées	Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Direction générale en charge des forêts
Superficie de prairies	Direction générale en charge des forêts

Superficie de Zones humides	Direction générale en charge des forêts et partenaires
Information sur les feux de végétation dans les forets, terres forestières et savanes/prairies	Direction générale en charge des forêts/ Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
Information sur brûlage de terres cultivées et prairie	Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Direction générale en charge des forêts
Statistiques démographiques et comptes nationaux ; bulletins périodiques et statistiques des immatriculations	INSTAT
Projection de la ressource forestière durable	Direction générale en charge des Forêts

D'autres données complémentaires ont été collectées suivant les cas dans le but d'améliorer le rapport.

6.4 Résultats des émissions du secteur (CRT 4)

Le CO2 est le seul gaz direct émis dans ce secteur. Les résultats montrent que le secteur UTCAFT est une source de séquestration des émissions de GES. En effet, pour l'année 2019, les absorptions sont évaluées à -166 347,38 GgCO2eq. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 44: Synthèse émissions CO2 AFAT année 2019

Inventory Year: 2019

	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
Categories	Net CO2 (1)(2)	CH4	N2O	HFCs	PFCs	SF6	NF3	Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)	Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)	NOx	CO	NMVOCs	SO2
Total National Emissions and Removals	-166347,3873	479,0311	24,3224	0	0	0	0	0	0	3,3201	155,3994	0	0
3 - Agriculture, Forestry, and Other Land Use	-166347,3873	479,0311	24,3224	0	0	0	0	0	0	3,3201	155,3994	0	0
3.A - Livestock		319,1506	1,55229							0	0	0	0
3.B - Land	-166360,6638									0	0	0	0
3.C - Aggregate sources and non-CO2 emissions sources on land	13,276538	159,8806	22,7701							3,3201	155,3994	0	0
3.D - Other	0	0	0							0	0	0	0

Tableau 45: Emissions CO2 détaillées AFAT année 2019

Inventory Year: 2019

Categories	Emissions (Gg)			Emissions CO2 Equivalents (Gg)					Emissions (Gg)				
	Net CO2 (1)(2)	CH4	N2O	HFCs	PFCs	SF6	NF3	Other halogenated gases with CO2 equivalent conversion factors (3)	Other halogenated gases without CO2 equivalent conversion factors (4)	NOx	CO	NMVOCs	SO2
Total National Emissions and Removals	-166347,3873	479,0311	24,3224	0	0	0	0	0	0	3,3201	155,3994	0	0
3 - Agriculture, Forestry, and Other Land Use	-166347,3873	479,0311	24,3224	0	0	0	0	0	0	3,3201	155,3994	0	0
3.A - Livestock	0	319,1506	1,55229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.A.1 - Enteric Fermentation		307,3866								0	0	0	0
3.A.2 - Manure Management		11,76395	1,55229							0	0	0	0
3.B - Land	-166360,6638	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.1 - Forest land	-160652,2551									0	0	0	0
3.B.2 - Cropland	2061,134159									0	0	0	0
3.B.3 - Grassland	-7739,262137									0	0	0	0
3.B.4 - Wetlands	0									0	0	0	0
3.B.5 - Settlements	-30,2808									0	0	0	0
3.B.6 - Other Land	0									0	0	0	0
3.C - Aggregate sources and non-CO2 emissions sources on land	13,276538	159,8806	22,7701	0	0	0	0	0	0	3,3201	155,3994	0	0
3.C.1 - Burning	0	7,320059	0,20723							3,3201	155,3994	0	0
3.C.2 - Liming	0									0	0	0	0
3.C.3 - Urea application	13,276538									0	0	0	0
3.C.4 - Direct N2O Emissions from managed soils			19,8523							0	0	0	0
3.C.5 - Indirect N2O Emissions from managed soils			2,07118							0	0	0	0
3.C.6 - Indirect N2O Emissions from manure management			0,63936							0	0	0	0
3.C.7 - Rice cultivation		152,5605								0	0	0	0
3.C.8 - CH4 from Drained Organic Soils		0								0	0	0	0
3.C.9 - CH4 from Drainage Ditches on Organic Soils		0								0	0	0	0
3.C.10 - CH4 from Rewetting of Organic Soils		0								0	0	0	0
3.C.11 - CH4 Emissions from Rewetting of Mangroves and Tidal Marshes		0								0	0	0	0
3.C.12 - N2O Emissions from Aquaculture			0							0	0	0	0
3.C.13 - CH4 Emissions from Rewetted and Created Wetlands on Inland Wetland Mineral Soils		0								0	0	0	0
3.C.14 - Other (please specify)	0	0	0							0	0	0	0
3.D - Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.D.1 - Harvested Wood Products	0									0	0	0	0
3.D.2 - Other (please specify)	0	0	0							0	0	0	0

Ce tableau présente les émissions et absorptions de gaz à effet de serre du secteur AFAT par type de gaz. Le secteur agit globalement comme un puits net de carbone, grâce aux absorptions importantes de CO2 provenant principalement des forêts et de l'utilisation des terres. En revanche, l'agriculture, notamment l'élevage, est une source majeure d'émissions de CH4 et de N20, liées à la fermentation entérique, à la gestion des déjections animales et aux sols agricoles. Les autres sources non-CO2 contribuent de manière plus limitée et ne compensent pas les absorptions forestières. Les gaz fluorés sont absents de ce secteur, tandis que les émissions indirectes (NO_x, CO, COVNM) restent marginales. Dans l'ensemble, le tableau met en évidence le rôle clé des forêts dans la réduction des émissions et l'importance de maîtriser les émissions agricoles non-CO2.

6.5 Tendance des absorptions du secteur (CRT 4) sur la série temporelle 1994 à 2010, et 2011 à 2023

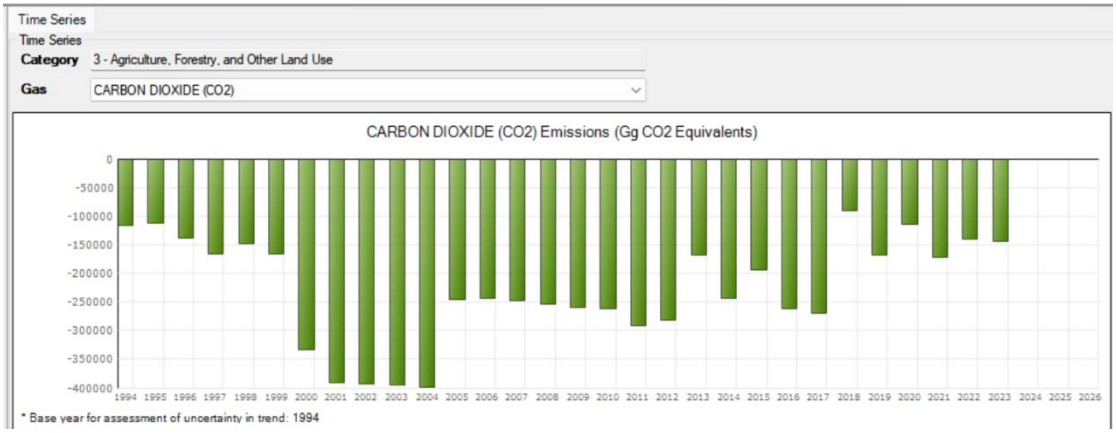


Figure 32: Evolution absorptions du secteur (CRT 4) sur la série temporelle 1994 à 2010, et 2011 à 2023

L'analyse de la figure ci-dessus nous montre une variation d'absorptions de CO2 à Madagascar. En effet, avant 2000 il y avait une forte exploitation forestière mal gérée montrant ainsi des absorptions de –111 800,6737 Gg CO2 en 1994. Après l'adoption des textes réglementaires sur l'exploitation forestière par adjudication en 1998 et son application, l'absorption est 328 604,3401 GgCO2 -en 2000. Cette décision a permis une stabilisation d'absorption laquelle a été renforcée par vision de Madagascar à tripler la superficie des aires protégées en 2002. L'octroi du permis d'exploitation forestière par adjudication a permis une gestion modérée de la forêt et à la stabilisation des absorptions de CO2 de 2005 à 2012. L'instabilité politique a conduit à une diminution progressive des absorptions de -288 205,3024 GgCO2 en 2011 à -139565,8541Gg CO2 en 2023. Cela s'explique par une exploitation illicite des bois, une exploitation minière illicite dans les forêts et surtout le défrichement lesquels conduisent à une dégradation alarmante des forêts qui réduit la capacité d'absorption du carbone.

6.6 Tendance des émissions des catégories du secteur (CRT 4)

Le graphe ci-dessous montre que, sur la période 1994-2023, le secteur de l'utilisation des terres (UTCAFT) agit comme un puits de carbone majeur, porté quasi exclusivement par les terres forestières dont les capacités d'absorption ont connu un pic significatif entre 2001 et 2004.

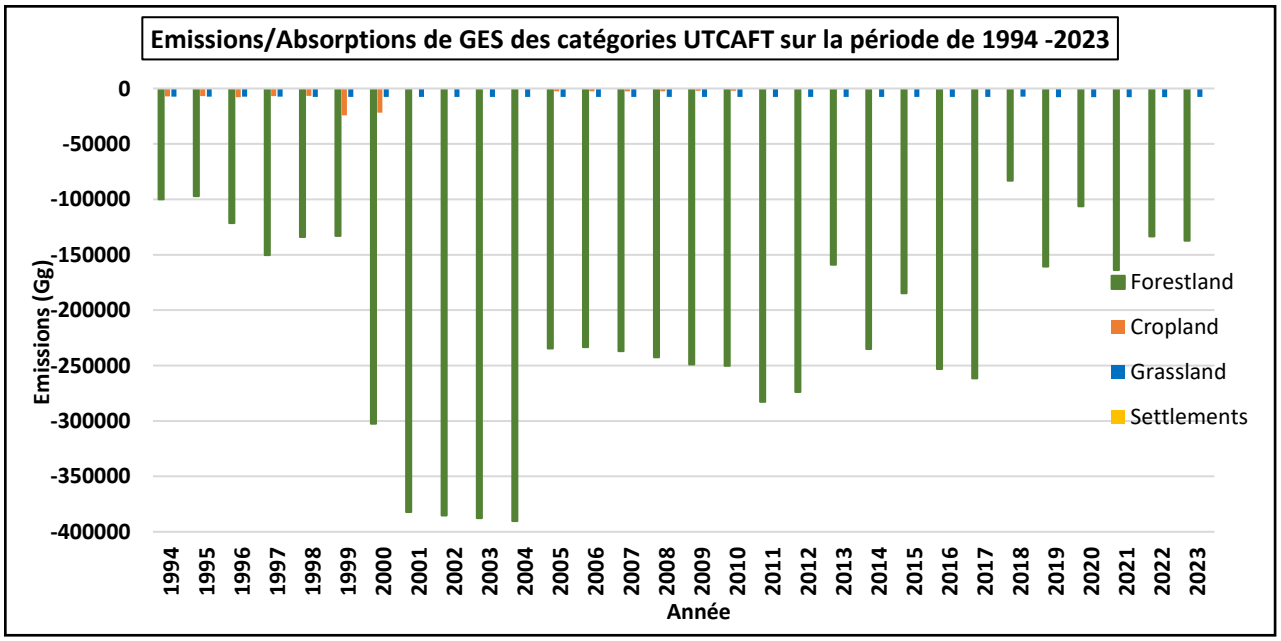


Figure 33: Évolutions des émissions et absorptions de GES par grandes catégories d'utilisation des terres

La catégorie « Terres forestières (CRT 3.A) », a vu des absorptions de -99917,6125 GgCO2 en 1994 dues à des exploitation forestière mal gérées, puis une hausse d'absorptions de -302 420,6923 Gg CO2 en 2000 après l'application du texte réglementaire et la concrétisation de la politique de l'Etat de maintenir les forêts naturelles existantes par la mise en place des aires protégées. Mais avec l'instabilité politique, on assiste à une diminution progressive des absorptions de -282 746,1257 GgCO2 en 2011 à -137 393,8159 en 2023. Donc on assiste à une réduction d'absorptions de CO2 par les forêts.

La catégorie « Terres cultivées (CRT 3.B) » montrent des variations importantes avec des émissions et des absorptions. Entre 1994 à 2000 et 2005 à 2016, les terres cultivées ont agi comme un puits de carbone significatif avec une absorption oscillant de -7118,0759 GgCO2 à -117,21525 GgCO2, avec des valeurs largement négatives indiquant une forte accumulation de carbone dans les sols et la biomasse, liée à l'expansion des cultures pérennes et des systèmes agroforestiers. Puis, entre 2001 à 2004 et 2017 à 2023,la tendance s'inverse nettement, et les terres cultivées deviennent une source importante d'émissions, avec des valeurs positives et élevées attribuables à l'augmentation des cultures annuelles, à la réduction du couvert arboré et à une intensification des pratiques agricoles avec des émissions oscillant de 1434,1548 GgCO2 à 1288,8988 GgCO2.

La catégorie « Prairies (CRT 3.C) » se distinguent comme un puits de carbone majeur sur l'ensemble de la période analysée, avec des absorptions fortement négatives entre 1994 et 2023 dont absorptions de -7739,26 GgCO2 en 2019, traduisant une accumulation importante de carbone dans les sols. Les prairies demeurent globalement une composante clé du secteur FOLU, contribuant de manière significative à la séquestration du carbone.

La catégorie «Etablissements» montre sur toute la période 1994–2010 que les émissions de CO2associées restent faiblement négatives, généralement comprises entre –2 et –4 Gg CO2. Ces valeurs indiquent une légère absorption nette, traduisant une stabilité des zones urbanisées

ou construites, où les variations du couvert végétal restent limitées et n'entraînent que de faibles fluctuations de carbone.

6.7 Définitions de l'utilisation des terres et des approches de représentation des terres utilisées et leur correspondance avec les catégories d'utilisation des terres, de changement d'utilisation des terres et de foresterie

Les catégories des terres sont définies dans le cadre de l'IGES : Terres forestières, Terres cultivées, Terres pastorales, Zones humides, Etablissements et Autres terres.

La superficie totale des affectations des terres est de 58704000 Ha superficie totale de Madagascar répartie entre les 6 catégories du GIEC suivant le tableau ci dessous.

Tableau 46: Catégories et types d'affectation des terres

Catégorie d'utilisation des terres	Sous-catégorie	Superficie (ha) 2019	Définitions
Terres Forestières	Forêt ripicole/alluvion/ marécage	8.517	Cette catégorie inclut les surfaces portant des assemblages d'éléments ligneux et non ligneux classés dans la catégorie des forêts naturelles ou plantées 11.724.238 ha
	Forêt dense humide	4.538.610	
	Forêt dense sèche	4.224.766	
	Forêt épineuse	2.275.605	
	Mangrove	227.152	
	Plantation Anacarde	8.723	
	Plantation Eucalyptus	116.202	
	Plantation de pins	188.445	
	Plantation mélangée	136.218	
Terres cultivées	Cultures pérennes	1.825.890	Cette catégorie inclut les terres arables et labourables et les systèmes agroforestiers dont la végétation est inférieure aux seuils de la catégorie des terres forestières, conformément aux définitions nationales. 6.928.058 ha
	Cultures annuelles	23.181	
	Agroforesterie	4.778.987	
Prairies	Prairies /savane arborées	38.784.550	Cette catégorie inclut les parcours et les grands pâturages libres qui ne sont pas considérés comme des terres cultivées. Elle inclut également des systèmes dont la végétation est inférieure aux seuils de la catégorie des terres forestières,

Zones humides	Fleuves, Rivières,Lacs, marais et marécages, ruisseaux	621.694	Cette catégorie inclut les terres couvertes d'eau ou saturées pendant la totalité ou une partie de l'année.
Etablissements	Bâtiments, route et autres infrastructures	229.457	Cette catégorie inclut les terres couverts habitations, routes et autres infrastructures.
Autres terres		641.233	Cette catégorie inclut les sols dénudés, les roches, et toutes les superficies terrestres non exploitées qui ne figurent pas dans une des cinq autres catégories

Cette répartition est issue de l'inventaire National en 1994-1996, en 2000 et suite aux analyse par le laboratoire d'observation des forêts de Madagascar en 2018 accompagnées des vérifications sur terrain ainsi des statistiques forestières annuelles auprès du Ministère en charge des forêts.

6.8 Approches propres à chaque pays

6.8.1 Informations sur les approches utilisées pour représenter les superficies terrestres et sur les bases de données d'utilisation des terres utilisées pour la préparation de l'inventaire

En se basant sur l'inventaire national en 1994, 2000, le suivi satellitaire LOFM 2018, les statistiques forestières annuelles sur le reboisement et la restauration à travers le système de Suivi de suivi des activités de Reboisement (SIR) , sur le permis exploitation,sur le défrichement, sur les superficies brûlées issues du système de suivi satellitaire des feux, les productions forestières (bois d'oeuvre, bois de service, bois énergie...), les informations sur les constructions routières, les plantations agricoles, le tableau ci après montre l'affectation des terres en 2019.

Tableau 47: Répartition des affectations des terres année 2019

Region MADAGASCAR_1 Region area (ha) 58 704 000,000 Approach 2 2019

Initial		Forest Land		Cropland		Grassland		Wetlands		Settlements		Other Land			
Final		Managed Forest Land	Unmanaged Forest Land	Cropland Annual Crops	Cropland Perennial Crops	Managed Grassland	Unmanaged Grassland	Managed Wetlands	Unmanaged Wetlands	Settlements (Treed)	Settlements (Other)	Managed Other Land	Unmanaged Other Land	Final Area (ha)	Net change (ha)
Forest Land	Managed Forest Land	11 724 2...												11 724 238	0
	Unmanaged Forest Land													0	0
Cropland	Cropland Annual Crops			2 199 274										2 199 274	0
	Cropland Perennial Crops				4 495 445,...									4 495 445,...	0
Grassland	Managed Grassland					38 792 6...								38 792 646	0
	Unmanaged Grassland													0	0
Wetlands	Managed Wetlands							621 694						621 694	0
	Unmanaged Wetlands													0	0
Settlements	Settlements (Treed)													0	0
	Settlements (Other)										229 457			229 457	0
Other Land	Managed Other Land													0	0
	Unmanaged Other Land												641 233	641 233	0
	Initial Area (ha)	11 724 2...	0	2 199 274	4 495 445,...	38 792 6...	0	621 694	0	0	229 457	0	641 233	58 703 987...	0

Ce tableau présente la matrice de changements d'occupation des terres pour Madagascar en 2019, selon l'approche 2 du GIEC. Il montre une stabilité globale des surfaces par catégorie d'utilisation des terres, la totalité de la superficie nationale (environ 58,7 millions d'hectares) restant inchangée entre la période initiale et finale. Les principales classes sont les prairies (grasslands), qui représentent la plus grande part du territoire, suivies des forêts, des terres cultivées, des zones humides, des établissements humains et des autres terres. L'absence de flux entre catégories indique qu'aucun changement net d'affectation des terres n'a été enregistré pour l'année considérée, ce qui se traduit par un changement net nul pour l'ensemble des classes. Ce tableau fournit ainsi une base cohérente pour l'estimation des émissions et absorptions du secteur UTCATF.

6.8.2 Informations sur les approches utilisées pour les perturbations naturelles

Les feux de végétations associées aux défrichements dans la foret sont les principales perturbations entraînant la déforestation et la réduction du couvert forestier et de la biomasse. Les feux attaquent principalement les prairies et la foret secondaire par le défrichement suivi de feux ou «Tavy». Puis, il y a aussi les feux de culture lors de la préparation des sols.

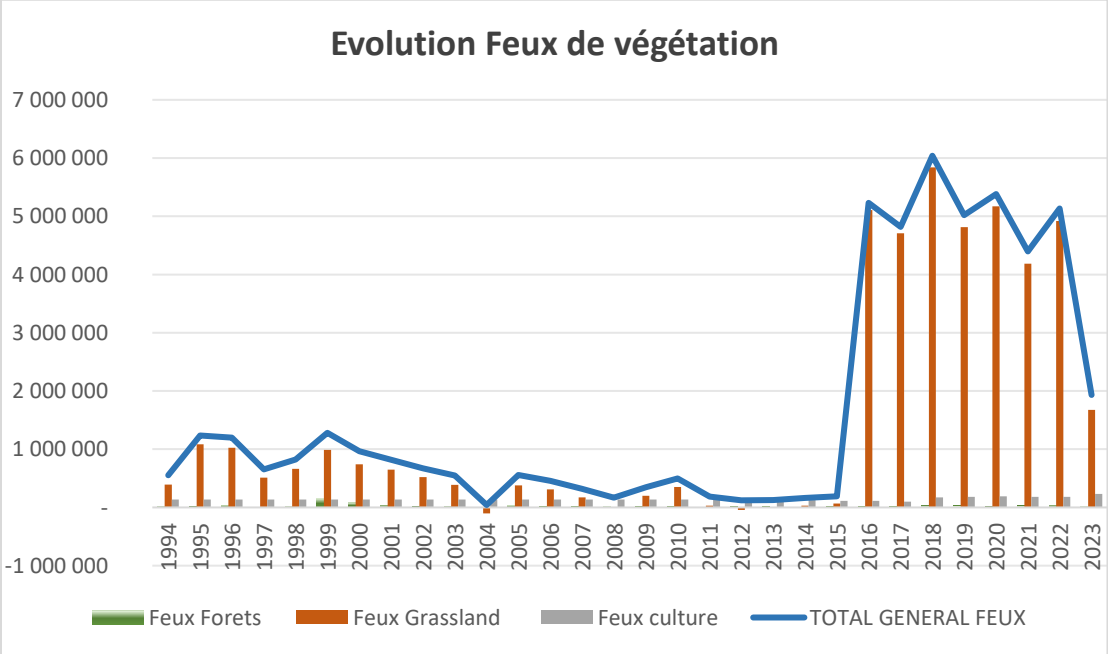


Figure 34: Evolution des feux de végétations

Madagascar dispose d'un système de suivi satellitaire de feux journalier. La figure montre une augmentation des feux de végétation à partir de 2016. Les feux observés sur les prairies proviennent principalement des pratiques de renouvellement des pâturages pour l'élevage bovin extensif, auxquelles s'ajoutent les brûlis agricoles dans les zones cultivées, des techniques ancestrales encore largement utilisées.

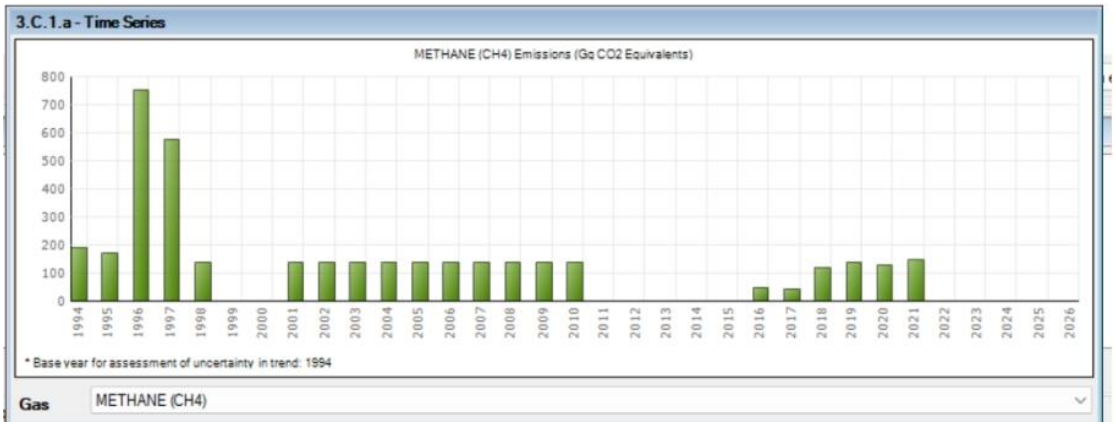


Figure 35: BURNING FOREST LAND CH4

Cette figure montre l'évolution des émissions de CH4 liées aux feux de forêts, caractérisée par une forte variabilité interannuelle. Des niveaux élevés sont observés durant certaines années, notamment au début de la période, tandis que les émissions restent plus faibles et relativement stables sur les années récentes, avec quelques fluctuations. Ces variations reflètent principalement la nature ponctuelle des feux dans les forêts lesquelles sont fortement liées à des feux de prairies ou défrichement incontrôlés, et ponctuellement des mécontentements de la population ou des exploitations minières illicites.

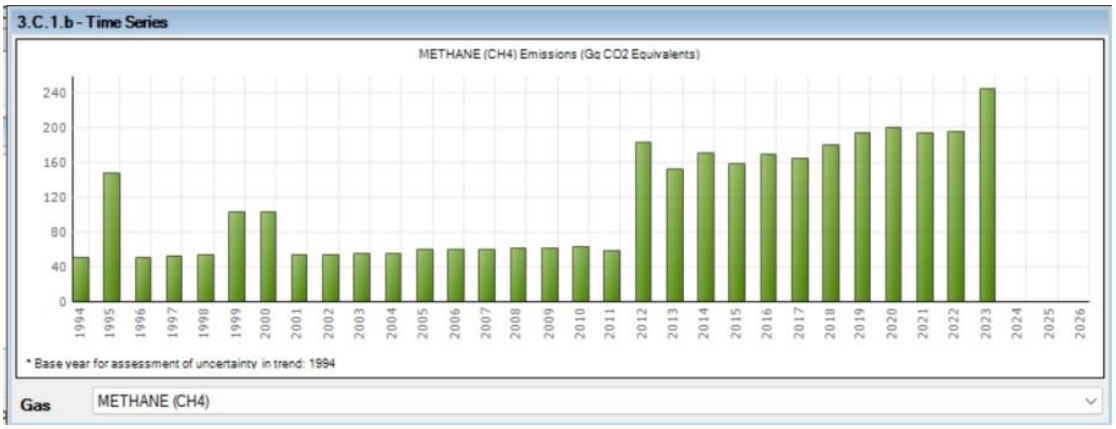


Figure 36: BURNNG CROPLAND

Ce graphique montre une augmentation globale et inquiétante des émissions de méthane liées aux feux de culture entre 1994 et 2023. Après une période de relative stabilité jusqu'en 2011, les émissions ont brusquement triplé en 2012, avant de repartir à la hausse ces dernières années. L'année 2023 marque un record historique, atteignant son niveau le plus haut jamais enregistré, ce qui traduit une intensification des brûlages agricoles et un impact croissant sur le réchauffement climatique.

6.8.3 Informations sur les approches utilisées pour la déclaration des produits forestiers récoltés .

Les données statistiques forestières annuelles sur la production et l'exportation des produits forestiers ligneux existent au niveau de la Direction générale en charge des forets. A cet effet,

la situation de la production des grumes et bois débités, de charbons et bois de chauffe sont disponibles et ont été rapportés dans le logiciel IPPC.

6.9 Terres forestières (CRT 4.A)

6.9.1 Description

Les terres forestières ont été stratifiées en différentes sous-catégories pour réduire la variation du taux de croissance et d'autres paramètres forestiers et pour réduire l'incertitude.

Les terres forestières constituent 19.97% de la superficie nationale. Toutefois, leur étendue diminue sous l'effet de fortes pressions anthropiques, notamment l'agriculture extensive et itinérante sur brûlis, les feux de forêts et la collecte de bois pour divers usages. Entre 2011 et 2023, cette superficie est passée de 11876701 ha à 11724238 ha.

À Madagascar, la catégorie « Terres forestières » regroupe deux sous-catégories : « Terres forestières restant Terres forestières » et « Terres converties en Terres forestières ». Cette dernière résulte principalement des activités de reboisement sur des terrains dégradées. Les catégories des forêts sont réparties 9 groupes bien distinctes dont 5 écosystèmes forestiers naturels tel que foret humide, foret sèche et foret épineuse et mangroves, foret ripicole et marécageuse, puis 4 plantations les plus marquées à Madagascar.

6.9.2 Questions méthodologiques

La méthode de calcul utilisée est celle décrite dans le Manuel de Gaz à effet de serre et les recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur d'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie du Groupe d'expert Intergouvernemental sur l' évolution du Climat. Elle est complétée par la consultation des données de 2005

Pour les estimations des émissions/absorptions au niveau de la catégorie, les équations 2.2 ; 2.3 ; 2.9 et 2.10 contenues dans les lignes directrices du GIEC, notamment le volume 4 et chapitre 2 relatif à la méthodologie générique applicable à diverses catégories d'affectation des terres ont été utilisées.

En général les paramètres et les facteurs par défaut utilisés sont ceux énumérés dans le GIEC. Mais, les experts ont établi des facteurs spécifiques au pays lesquels ont été calculés à partir des facteurs par défaut du GIEC en tenant compte des espèces dominantes pour chaque sous catégories de forêts. Le logiciel IPCC2006, version 2.92 a été utilisée pour estimer les émissions de la catégorie.

Le niveau de détails utilisés dans les calculs des différentes valeurs dans le cadre des forêts est niveau 2 (source auprès du Ministère en charge des forêts). En effet, certaines données sont disponibles et spécifiques au pays (niveau 2) comme dans les connaissances des accroissements moyen annuels de chaque type de forêts. Pour certaines valeurs adimensionnelles (exemple facteur d'expansion de la biomasse), des valeurs par défaut sont utilisées.

6.9.3 Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.A)

Pour l'année de référence 2019, les absorptions sont estimées à –160 652,2551 Gg CO2, principalement imputables aux terres forestières restant terres forestières. La Figure ci dessous illustre l'évolution de ces absorptions au cours de la série temporelle : elles sont passées de –282 746,1257 GgCO2 en 2011 à –137 393,8159 GgCO2 en 2023.

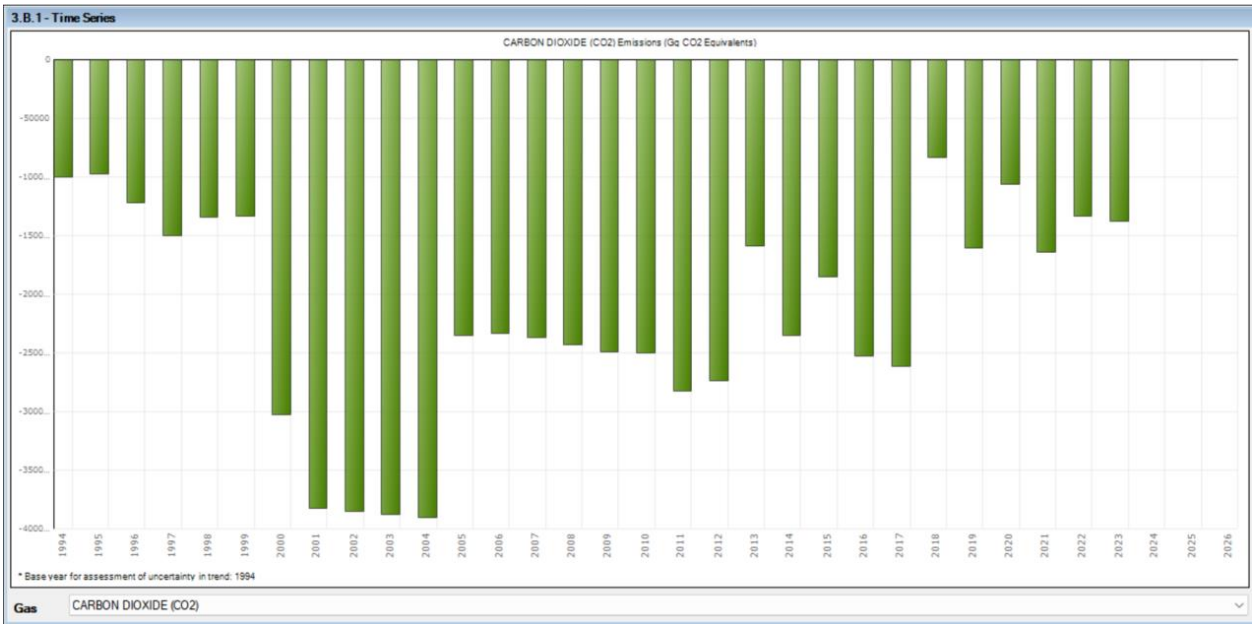


Figure 37: Evolution émission/absorption de CO2 des terres forestières (1994-2023)

Les deux figures nous montre que la forêt agit comme un puits de carbone : elle absorbe plus de CO2 qu'elle n'en émet. Entre 1994 - 1999 (Phase initiale), une absorption modérée, oscillant entre -100 000 et -150 000 Gg CO2 est observé ceci peut être expliqué par la non maîtrise de exploitation forestière en cette période et la dominance des défrichements. Ensuite, la vision et politique de l'Etat de tripler les aires protégées en 2002 a modifié la tendance entre 2001 - 2004 (Pic d'absorption historique) où on observe une performance exceptionnelle du puits de carbone. L'absorption dépasse les -350000 Gg chaque année, atteignant presque les -400000 Gg en 2004. Après, le puits se stabilise autour de -250000 Gg entre 2005 - 2012 avec une politique d'exploitation forestière par voie d'adjudication. Enfin de 2013 - 2023 , on assiste à une tendance à l'affaiblissement, bien que la forêt reste un puits, son efficacité diminue suite à la recrudescence des exploitations illicites. En 2018, on note une chute brutale de l'absorption (environ -80000 Gg), et en 2023, elle se situe autour de -140000 Gg, soit un niveau bien inférieur aux records du début des années 2000. Ces dernières années, la baisse est fortement liée à des exploitations illicites de bois et des exploitations minières illicites à l'intérieur des forets naturelles.

En conclusion, bien que ce secteur compense une partie des émissions nationales (comme celles des feux de culture), sa capacité de stockage semble diminuer progressivement depuis ces dix dernières années.

6.9.4 Description de toute flexibilité appliquée

Conformément aux directives énoncées dans les paragraphes 25, 29, 34, 35, 48 et 57 de la Décision 18/CMA.1, aucune mesure de flexibilité n'a été appliquée à cette catégorie. L'ensemble des données et informations nationales pertinentes a été entièrement renseigné. Ainsi, il a été possible d'estimer les émissions de la catégorie CRT 4.A sur l'ensemble de la série chronologique 2011–2023.

6.9.5 Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie

Dans le cadre des séries temporelles, d'une part l'incertitude des données d'activités est évaluée à 19.36%, ceci s'explique par le fait de l'existence des données issues de l'inventaire forestier et des statistiques forestières annuelles. D'autre part concernant les facteurs d'émissions l'incertitude est évaluée à 8%.

6.9.6 Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification

Les experts ont essayé de recouper les données statistiques avec la littérature soit de niveau national (IEFN), statistique forestière nationale annuelle, soit de niveau international (FAO, USAID,CI) et surtout les données issues des inventaires et analysa satellitaire effectué par LOFM en 2018 pour des vérifications. Pour Madagascar, grâce aux techniques utilisant la superposition des données numériques des images satellites avec les données numériques cartographiques issus du FTM, les superficies données sont stables.

6.10 Terres cultivées (CRT 4.B)

Présentation de la catégorie

Selon les lignes directrices du GIEC de 2006, la quantité de carbone stockée dans les terres cultivées permanentes, ainsi que celle émise ou absorbée, dépendent du type de culture, des pratiques de gestion, ainsi que du sol et du climat. Par exemple, les cultures annuelles (céréales, légumineuses) sont récoltées chaque année, il n'y a donc pas de stockage à long terme du carbone dans la biomasse. En revanche, la végétation ligneuse pérenne des systèmes agroforestiers (cacao, café...) et des cultures pérennes (thé, cisal, ...) peut contenir des dépôts de carbone de biomasse à longue durée de vie, dont la quantité dépend du type d'espèce à cultiver, de la densité, des taux de croissance et des pratiques de récolte et de taille. Cette catégorie comprend les émissions et les absorptions de CO2 générées par les changements dans la biomasse et les émissions non-CO2 dues aux incendies sur les terres cultivées qui restent des terres cultivées.

Les terres cultivées comprennent :

- Cultures annuelles
- Cultures pérennes
- Agroforesterie

Il convient de noter que la catégorie 4.B Terres cultivées représente 11.42% du territoire national et fait partie des grandes catégories du secteur UTCATF.

Questions méthodologiques

Pour les estimations des émissions/absorptions au niveau de la catégorie les équations 2.2 ; 2.3 et 2.7 contenues dans les lignes directrices du GIEC, notamment le volume 4 et chapitre 2 relatif à la méthodologie générique applicable à diverses catégories d'affectation des terres ont été utilisées. Les paramètres et les facteurs par défaut utilisés sont ceux énumérés dans le Tableau 70 (Voir secteur 6.1.2). Le logiciel IPCC2006, version 2.95 a été utilisée pour estimer les émissions de la catégorie.

Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.B)

En 2019, cette sous-catégorie représente une émission de 2061.13Gg Eq CO2.

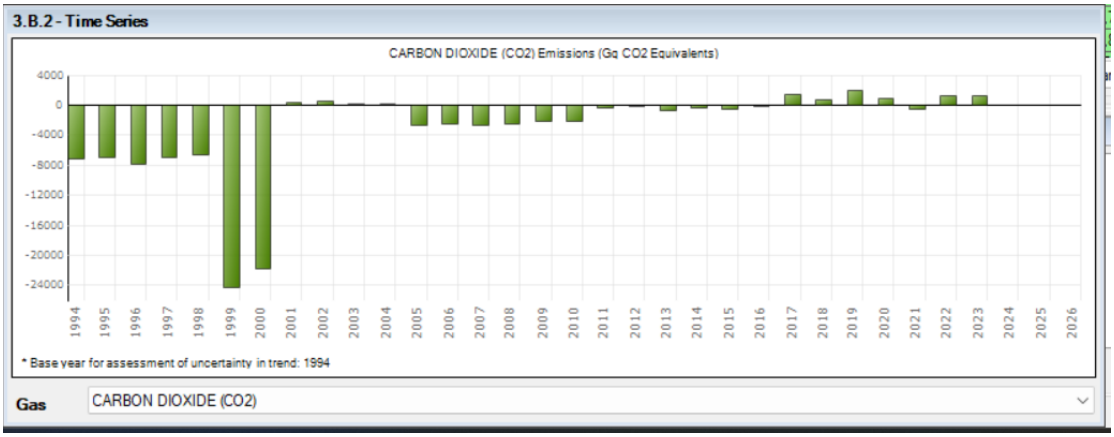


Figure 38: absorptions/émissions terres cultivées Serie temporelle 2011-2023

Description de toute flexibilité appliquée

Conformément aux directives énoncées dans les paragraphes 25, 29, 34, 35, 48 et 57 de la Décision 18/CMA.1, aucune mesure de flexibilité n'a été appliquée à cette catégorie. L'ensemble des données et informations nationales pertinentes a été entièrement renseigné. Ainsi, il a été possible d'estimer les émissions de la catégorie CRT 4.B sur l'ensemble de la série chronologique 2011–2023.

Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie

Cohérence des séries chronologiques et nouveaux calculs

Pour maintenir la cohérence des séries temporelles 2011-2023, les mêmes facteurs d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série temporelle, et pour compléter les séries temporelles de données d'activité incomplètes, des méthodes ont été utilisées conformément à ce qui a été suggéré dans le volume 1 des lignes directrices du GIEC. 2006. ▪ Évaluation de l'incertitude L'analyse des incertitudes a été réalisée en utilisant la méthodologie établie par les lignes directrices du GIEC de 2006 et dans le logiciel GIEC. Le tableau ci-dessous (Aiza io Tableau io ???) présente les incertitudes pour la sous catégorie 4.B.

L'évaluation de l'incertitude a été menée conformément aux bonnes pratiques du GIEC et les lignes directrice 2006. Il ressort de cette évaluation une incertitude sur les données d'activité de 17,32% pour l'année 2019 et une incertitude sur les facteurs d'émissions de 8.6%.

Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification

Le contrôle de qualité est observé à chaque étape du processus d'élaboration de l'inventaire, de la collecte à la compilation des données et l'analyse des résultats. L'analyse des données est faite d'abord au sein de l'équipe du secteur AFAT puis avec la coordination de l'inventaire et les parties prenantes détentrices des données et informations y relatives. Certaines lacunes dans les données ont été comblées à l'aide des méthodes d'extrapolation et d'interpolation conformément aux bonnes pratiques du GIEC.

6.11 Prairies (CRT 4.C)

Présentation de la catégorie

La catégorie « Prairie » servent de pâturage pour l'élevage bovin extensif. En effet, en 2019, les prairies occupent une place essentielle dans l'utilisation des terres, représentant environ 38 millions d'hectares. Ces terres jouent un rôle important dans les activités agricoles et de pastoralisme.

Dans le cadre de cet inventaire, les prairies avec une superficie estimée à 38 784 550 ha pour l'année 2019 comprennent les savanes et savanes arbustives représentant 66% du territoire national.

Questions méthodologiques

Pour les estimations des émissions/absorptions au niveau de la catégorie les équations 2.2 ; 2.3 et 2.7 contenues dans les lignes directrices du GIEC, notamment le volume 4 et chapitre 2 relatif à la méthodologie générique applicable à diverses catégories d'affectation des terres ont été utilisées. Les paramètres et les facteurs par défaut ont été utilisés. Le logiciel IPCC2006, version 2.92 a été utilisée pour estimer les émissions de la catégorie.

Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.C)

En 2019, les absorptions liées à cette catégorie prairies est estimées à -7739.26GgCO2. La tendance temporelle montre que cette catégorie constitue encore un puits même si on a assisté à une émission de 271,43GgCO2 en 2018 peut s'expliquer par les changement d'affectations de terres et surtout la perte de couverture herbacée due aux feux répétitifs.

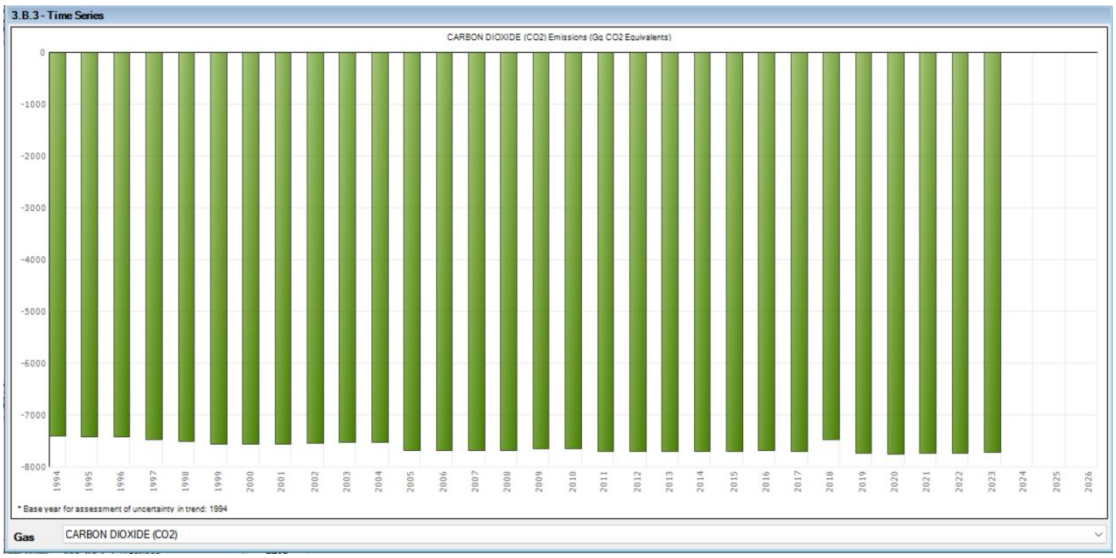


Figure 39: Evolution absorption/émissions CO2 prairies (1994-2023)

Description de toute flexibilité appliquée

Conformément aux directives énoncées dans les paragraphes 25, 29, 34, 35, 48 et 57 de la Décision 18/CMA.1, aucune mesure de flexibilité n'a été appliquée à cette catégorie. L'ensemble des données et informations nationales pertinentes a été entièrement renseigné. Ainsi, il a été possible d'estimer les émissions de la catégorie CRT 4.A sur l'ensemble de la série chronologique 2011–2023.

Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie

L'évaluation de l'incertitude a été menée conformément aux bonnes pratiques du GIEC et les lignes directrice 2006, notamment le volume 1 et chapitre 3 y relatif. Le niveau 1 basé sur les données nationales et les plages d'incertitude par défaut des facteurs d'émissions a été utilisé pour évaluer l'incertitude globale. Il ressort de cette évaluation une incertitude combinée de 13.22% pour l'année 2019.

Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification

Le contrôle de qualité est observé à chaque étape du processus d'élaboration de l'inventaire, de la collecte à la compilation des données et l'analyse des résultats. L'analyse des données est faite d'abord au sein de l'équipe du secteur AFAT puis en rapport avec la coordination de l'inventaire et les parties prenantes détentrices des données et informations y relatives. Certaines lacunes dans les données ont été comblées à l'aide des méthodes d'extrapolation, d'interpolation conformément aux bonnes pratiques du GIEC.

6.12 Zones humides (CRT 4.D)

Présentation de la catégorie (CRT 4.D)

Les Lignes directrices 2006 du GIEC fournissent des orientations sur la manière d'estimer et de déclarer les émissions de GES provenant des zones humides gérées en considérant trois

catégories : les tourbières, les terres inondées et les terres converties en zones humides. Il convient de noter que la catégorie 4.D.

Dans le cadre de cet inventaire, les zones humides représentent 1,09% du territoire et correspondent aux superficies occupées par les plans d'eau, lacs, rivières, fleuves, marais et marécages à partir des données d'inventaire IEFN, LOFM.

Questions méthodologiques

Pour les estimations des émissions/absorptions au niveau de la catégorie les équations 2.2 ; 2.3 ; 2.16 ;7.2 ;7.3 et 7.4 contenues dans les lignes directrices du GIEC, notamment le volume 4 et chapitre 2 relatif à la méthodologie générique applicable à diverses catégories d'affectation des terres ont été utilisées. Les paramètres et les facteurs par défaut ont utilisés conformément à la ligne directrice. Le logiciel IPCC2006, version 2.92 a été utilisée pour estimer les émissions de la catégorie.

Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.D)

Dans le cadre de cet inventaire et pour l'année 2019 aucun changement d'affectation des terres n'a été enregistré, par conséquence, les émissions de cette catégorie sont nulles.

Pour maintenir la cohérence des séries temporelles 2011-2023, les mêmes facteurs d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série temporelle, et pour compléter les séries temporelles de données d'activité incomplètes, des méthodes ont été utilisées conformément à ce qui a été suggéré dans le volume 1 des lignes directrices du GIEC. 2006.

Description de toute flexibilité appliquée

Conformément aux directives énoncées dans les paragraphes 25, 29, 34, 35, 48 et 57 de la Décision 18/CMA.1, aucune mesure de flexibilité n'a été appliquée à cette catégorie. L'ensemble des données et informations nationales pertinentes a été entièrement renseigné. Ainsi, il a été possible d'estimer les émissions de la catégorie CRT 4.F sur l'ensemble de la série chronologique 2011–2023.

Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie

Pour les zones humides, l'incertitude demeure relativement élevée en raison du manque de données spécifiques sur la dynamique hydrologique, de la variabilité spatiale des écosystèmes et de la disponibilité limitée de facteurs d'émission adaptés au contexte national.

Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification

Le contrôle de qualité est observé à chaque étape du processus d'élaboration de l'inventaire, de la collecte à la compilation des données et l'analyse des résultats. L'analyse des données est faite d'abord au sein de l'équipe du secteur AFAT puis en rapport avec la coordination de l'inventaire et les parties prenantes détentrices des données et informations y relatives. Certaines lacunes dans les données ont été comblées à l'aide des méthodes d'extrapolation, d'interpolation conformément aux bonnes pratiques du GIEC.

6.13 Etablissement (CRT 4.E)

Présentation de la catégorie (CRT 4.E)

Cette catégorie comprend les émissions et absorptions de CO2 générées sur les terres où se trouvent des établissements humains, des zones urbaines et des infrastructures bâties (aéroports, routes, sites industriels). Dans cette catégorie, on prend en compte les émissions de CO2 associées à la conversion des terres en établissements et les émissions et absorptions des établissement qui restent inchangées. Cette catégorie représente 0.39% du territoire.

Questions méthodologiques

Pour les estimations des émissions/absorptions au niveau de la catégorie les équations 2.2 ; 2.3 ; 8.2 et 8.3 contenues dans les lignes directrices du GIEC, notamment le volume 4 et chapitre 2 relatif à la méthodologie générique applicable à diverses catégories d'affectation des terres ont été utilisées. Les paramètres et les facteurs par défaut ont été utilisés. Le logiciel IPCC2006, version 2.92 a été utilisée pour estimer les émissions de la catégorie.

Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.E)

Dans le cadre de cet inventaire et pour l'année 2019 aucun changement d'affectation des terres n'a été enregistré, par conséquent, les émissions de cette catégorie sont nulles.

L'analyse des incertitudes a été réalisée en utilisant la méthodologie établie par les lignes directrices du GIEC de 2006 et dans le logiciel GIEC. Le tableau ci-dessous présente les incertitudes pour la sous catégorie 4.E.

Description de toute flexibilité appliquée

Conformément aux directives énoncées dans les paragraphes 25, 29, 34, 35, 48 et 57 de la Décision 18/CMA.1, aucune mesure de flexibilité n'a été appliquée à cette catégorie. L'ensemble des données et informations nationales pertinentes a été entièrement renseigné. Ainsi, il a été possible d'estimer les émissions de la catégorie CRT 4.F sur l'ensemble de la série chronologique 201.

Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie

L'évaluation de l'incertitude a été menée conformément aux bonnes pratiques du GIEC et les lignes directrice 2006. Il ressort une incertitude combinée de 10% pour l'année 2019 en utilisant les facteurs par défaut.

Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification

Le contrôle de qualité est observé à chaque étape du processus d'élaboration de l'inventaire, de la collecte à la compilation des données et l'analyse des résultats. L'analyse des données est faite d'abord au sein de l'équipe du secteur AFAT puis en rapport avec la coordination de l'inventaire et les parties prenantes détentrices des données et informations y relatives. Certaines lacunes dans les données ont été comblées à l'aide des méthodes d'extrapolation, d'interpolation conformément aux bonnes pratiques du GIEC.

6.14 Autres terres (CRT 4.F)

Présentation de la catégorie

Cette catégorie comprend les sols nus, les affleurements rocheux et les zones ombrées lors des prise de vues aériennes. Elle représente 1,09% du territoire national.

Questions méthodologiques

Pour les estimations des émissions/absorptions au niveau de la catégorie les équations 2.2 ; 2.3 et 2.16 contenues dans les lignes directrices 2006 du GIEC, notamment le volume 4 et chapitre 2 relatif à la méthodologie générique applicable à diverses catégories d'affectation des terres ont été utilisées. Les paramètres et les facteurs par défaut ont été utilisés. Le logiciel IPCC2006, version 2.92 a été utilisée pour estimer les émissions de la catégorie.

Résultats des émissions de la catégorie (CRT 4.F)

Dans le cadre de cet inventaire et pour l'année 2019 aucun changement d'affectation des terres n'a été enregistré, par conséquent, les émissions de cette catégorie sont nulles.

Description de toute flexibilité appliquée

Conformément aux directives énoncées dans les paragraphes 25, 29, 34, 35, 48 et 57 de la Décision 18/CMA.1, aucune mesure de flexibilité n'a été appliquée à cette catégorie. L'ensemble des données et informations nationales pertinentes a été entièrement renseigné. Ainsi, il a été possible d'estimer les émissions de la catégorie CRT 4.F sur l'ensemble de la série chronologique 2011–2023.

Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie

Pour cette catégorie l'incertitude est généralement élevée, en raison du manque de données locales sur le carbone du sol, de la faible dynamique biologique et de la dépendance aux facteurs d'émission par défaut fournis par le GIEC.

Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification

Le contrôle de qualité est observé à chaque étape du processus d'élaboration de l'inventaire, de la collecte à la compilation des données et l'analyse des résultats. L'analyse des données est faite d'abord au sein de l'équipe du secteur AFAT puis en rapport avec la coordination de l'inventaire et les parties prenantes détentrices des données et informations y relatives. Certaines lacunes dans les données ont été comblées à l'aide des méthodes d'extrapolation et d'interpolation conformément aux bonnes pratiques du GIEC.

6.15 Produits ligneux récoltés (CRT 4.G)

Présentation de la catégorie

Les produits forestiers ligneux récoltés sont les grumes, bois débités et les bois énergie regroupant bois de chauffe et charbon de bois les produits, bien que limitée par des diverses

contraintes, reste une source importante de revenus pour les communautés rurales. Parmi les produits les plus couramment récoltés, on trouve le bois de feu, le charbon de bois.

Selon les lignes directrices du GIEC, une grande partie du bois récolté sur les terres forestières, terres cultivées et autres types d'utilisation des terres se maintient dans des produits pendant des durées de temps variables. Les Produits Ligneux Récoltés (PLR) incluent tous les matériaux ligneux (y compris l'écorce) extraits des sites de récoltes.

Questions méthodologiques

Dans le cadre de cet inventaire, les émissions/absorptions ont été estimées à travers les approches méthodologiques contenues dans le volume 4 et chapitre 12 relatif aux PLR. A cet effet, les variables et l'équation 12.4 des lignes directrices ont été utilisées.

Résultats des émissions de la catégorie

Les données utilisées ont été extraites de la production de bois d'œuvre et de service, ensuite la production de bois de chauffe et charbon de bois légalement. Les produits illicitement ne sont pas comptabilisés. Conformément aux lignes directrices du GIEC (section 12.2.1), le changement annuel des stocks de produits ligneux récoltés est insignifiant puisque la production nationale de bois d'œuvre est faible et fortement dominée par la production de bois de chauffe et de charbon de bois. Dans ce contexte, le carbone contenu dans les HWP est oxydé rapidement et ne conduit pas à une accumulation significative de stocks, justifiant l'hypothèse d'un changement annuel nul des stocks de HWP.

Évaluation de l'incertitude et cohérence temporelle spécifiques à la catégorie

L'évaluation de l'incertitude a été menée conformément aux bonnes pratiques du GIEC et les lignes directrice 2006, et avec l'avis des experts. Il ressort de cette évaluation une incertitude combinée de la catégorie de +/- 15% pour l'année 2019.

Par ailleurs, la cohérence temporelle liée à la catégorie a été vérifiée conformément aux directives du GIEC des lignes directrices 2006. L'estimation de la série temporelle 2011-2023 a été faite à l'aide de la même méthode et des mêmes sources de données et informations pour toutes les années, mais l'évaluation des incertitudes peut aller jusqu'à+/-50% dues à des données manquantes.

Assurance Qualité/Contrôle Qualité et vérification

Le contrôle de qualité est observé à chaque étape du processus d'élaboration de l'inventaire, de la collecte à la compilation des données et l'analyse des résultats. L'analyse des données est faite d'abord au sein de l'équipe du secteur AFAT puis avec la coordination de l'inventaire et les parties prenantes détentrices des données et informations y relatives.

Certaines lacunes dans les données ont été comblées à l'aide des méthodes d'extrapolation et d'interpolation conformément aux bonnes pratiques du GIEC.

Chapitre 7 : DÉCHETS (Secteur CRT-5)

7.1 Aperçu du secteur

Depuis ratification de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques en 1998, l'Accord de Paris en 2016, Madagascar comme tous les autres Pays Parties vise à réduire les émissions de GES bien que le pays soit classé encore comme étant un puits carbone. Cinq secteurs dont le secteur déchets est considéré comme source d'émissions pour Madagascar et est sujet aux inventaires de GES.

Secteurs d'émissions et focus sur le secteur des déchets
Les impacts du changement climatique touchent l'ensemble des secteurs clés du développement à Madagascar. Dans le cadre des inventaires nationaux de GES, cinq secteurs sont considérés comme sources d'émissions, dont le secteur des déchets.

Pour les déchets solides, les principaux gaz à effet de serre pris en compte sont le méthane (CH4) et le dioxyde de carbone (CO2), estimés conformément aux lignes directrices du GIEC 2006. Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) et d'ammoniac (NH_3), issues respectivement du brûlage des déchets solides et du compostage, peuvent conduire à des émissions indirectes de protoxyde d'azote (N20). Toutefois, conformément aux orientations du GIEC, ces émissions indirectes de N20 sont généralement considérées comme négligeables dans le contexte du secteur des déchets à Madagascar.

7.2 Aperçu sur les déchets solides

Concernant le secteur déchets solide, le méthane (CH4) et le dioxyde de carbone (CO2) sont les principaux gaz à effet de serre dont les émissions seront à estimer suivant les orientations méthodologiques du GIEC 2006. Les émissions des oxydes d'azote (Nox) et de l'ammoniac (NH3) peuvent entrainer des émissions indirectes de N20. Les Nox proviennent principalement du brûlage de déchets solides alors que le NH3 provient du compostage. Généralement, les estimations de N2O sont négligeable (GIEC 2006)

Les déchets solides sont produits principalement par les ménages, les marchés, les installations industrielles, les activités agricoles et les constructions à Madagascar. L'inventaire des GES de ce secteur comprend les catégories sur l'élimination des déchets solides municipaux, le traitement biologique des déchets solides, l'incinération et combustion à l'air libre des déchets. Faute de données disponibles, seule la catégorie élimination des déchets solides municipaux sont traités dans le présent rapport.
Les déchets municipaux sont les déchets ramassés par les municipalités. Bien que le pays prévoie des triages à la source, des pré-collectes au niveau des ménages vers les bacs à ordure intermédiaire, ainsi que des collectes consistants à transporter les déchets du bac à ordures vers les sites de décharges, Madagascar fait face encore à de grande difficulté en ce qui concerne la gestion des déchets solides.

Par ailleurs, les sites de décharges du pays sont situés seulement au niveau des communes urbaines, les zones rurales n'en disposent pas. Seule la décharge municipale de la capitale dispose d'un système de broyage et à titre pilote. Les déchets solides municipaux de Madagascar sont composés à environ 60 % de déchets alimentaires et des déchets fermentescibles. Les matériaux utiles étant récupérés par les chiffonniers dans les bacs intermédiaires et dans les sites de décharges (plastique, bois, fer, verre, etc.). Avec une croissance démographique[3] exponentielle, la production des déchets ont augmenté à Madagascar, entrainant une augmentation des émissions de GES issues des sites d'élimination des déchets solides (SEDS).

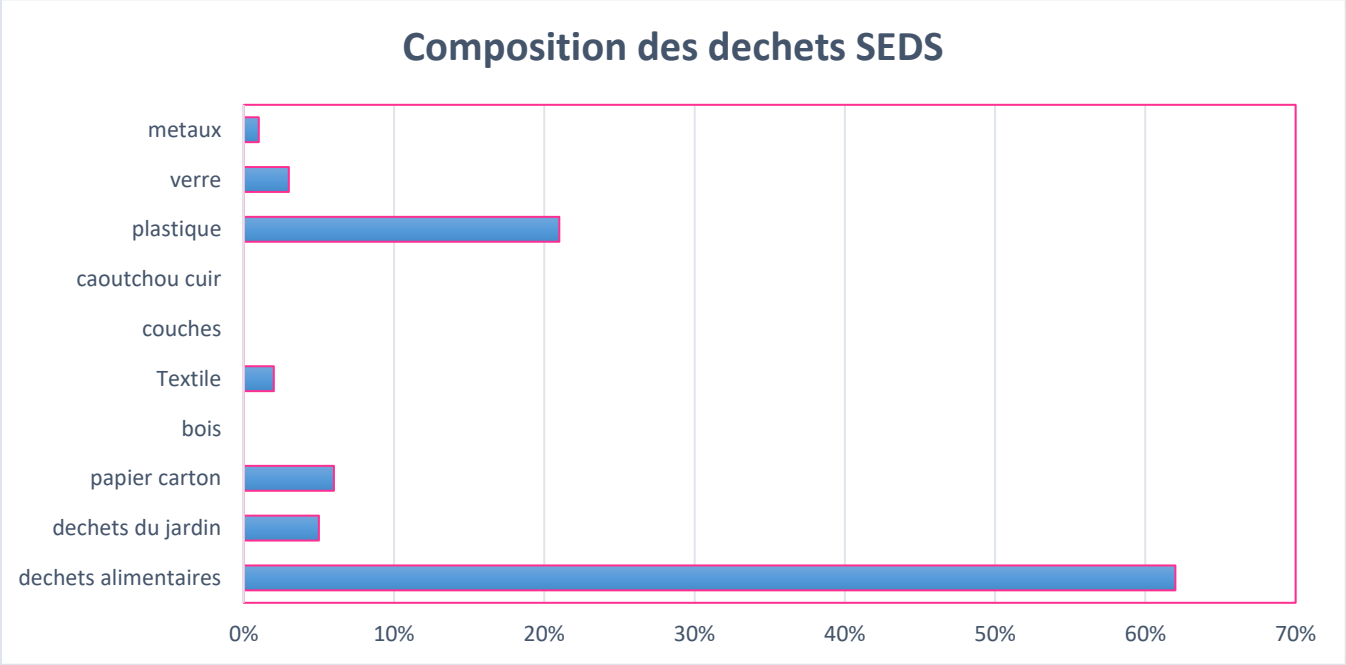


Figure 40: Composition des déchets SEDS

Conformément à la recommandation de la ligne directrice du GIEC 2006, la méthode basée sur la décomposition de premier ordre (DPO) niveau 1, a été utilisée pour estimer les émissions de CH4 des SEDS.

7.3 Catégorie (numéro de catégorie du CRT)

7.3.1 Élimination des déchets solides municipaux, 4A

Les émissions produites par les Décharges Solides Municipaux (DSM) sont estimés suivant le modèle utilisé est basé sur les données de compositions des déchets. Les volumes de chacun des types de déchets dégradables (aliments, déchets de jardins et de parcs, papier et carton, bois, textiles, etc.) relevés dans les DSM, sont saisis séparément. Les émissions provenant des

[3] INSTAT (2020) , Résultats globaux du recensement général de la population et de l' habitation de 2018 de Madagascar (RGPH-3)

déchets industriels et des boues sont calculées d'une façon similaire à celle utilisée pour les DSM en vrac.

Tableau 48: Catégorie de sources des GES

Catégories de sources de GES	CO2		CH4		N20	
	METHODE	FE	METHODE	FE	METHODE	FE
4A- élimination des déchets solides	NA	NA	T1	D	NA	NA
Traitement biologique des déchets solides	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Incinération et combustion à l'air libre	NE	NE	NE	NE	NE	NE

NA : Non applicable, L'activité ou la catégorie existe mais on estime que des émissions et absorptions pertinentes n'ont jamais lieu. De telles cases sont généralement ombrées dans les tableaux de présentation.
NE : Non estimé, Les émissions et/ou absorptions ont lieu mais n'ont pas été estimées ou rapportées.
T1 : Niveau 1
D : par défaut

7.3.2 Description de la catégorie

Les sites d'élimination des déchets solides municipaux produisent principalement des méthanes (CH4) mais également du dioxyde de carbone, des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) ainsi que de petites quantités d'oxyde nitreux (N2O), d'oxydes d'azote (NOx) et de monoxyde de carbone (CO) en faible quantité.

7.3.3 Questions méthodologiques

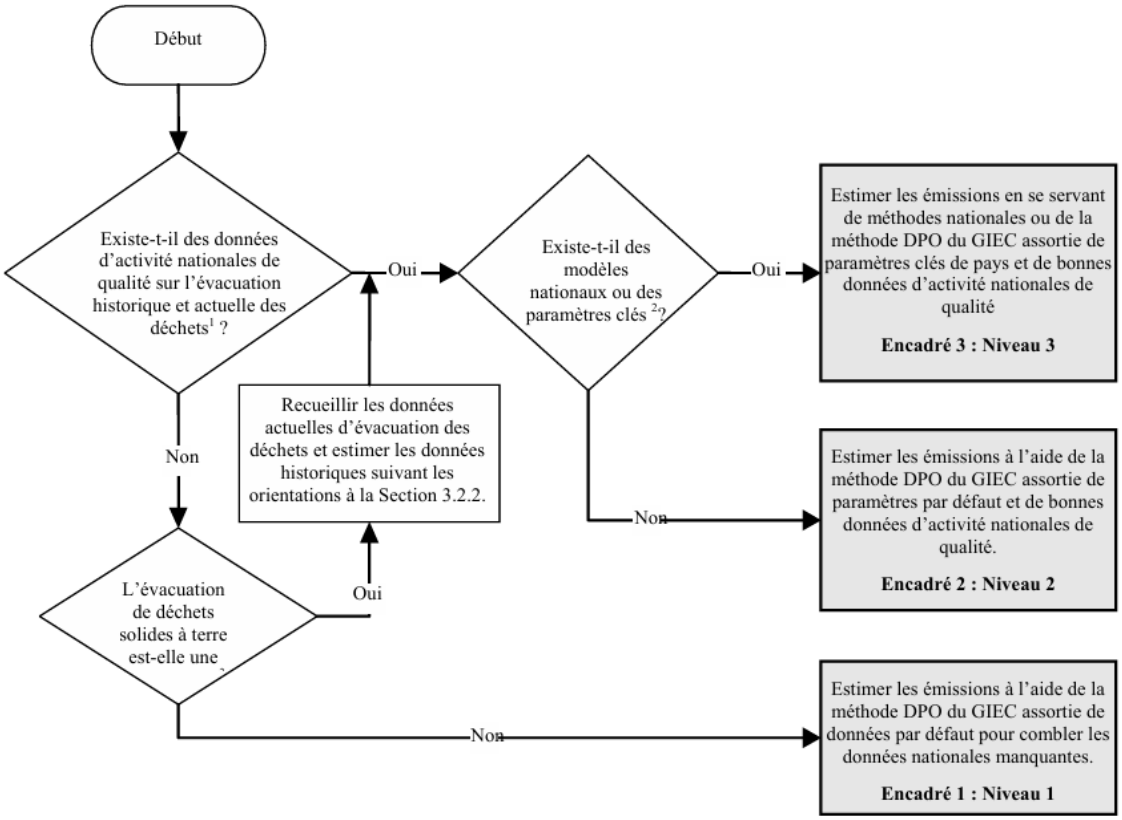
a) Choix de la méthode

La méthode de décomposition de premier ordre (DPO) a été utilisée comme méthode de d'estimation des émissions de CH4 issues des Site d'Élimination des Décharges Solides (SEDS). Cette méthode est recommandée par le GIEC au lieu d'utiliser le bilan massique. La méthode DPO présuppose que la composante organique destructible (carbone organique dégradable, COD) des déchets se décompose lentement sur plusieurs décennies ; période au cours de laquelle du CH4 et du CO2 se forment. Si les conditions sont constantes, le taux de production du CH4 ne devra dépendre que du volume de carbone qui reste dans les déchets. Par conséquent, les émissions de CH4 provenant de déchets, déposés dans une décharge, sont plus élevées pendant les premières années de leur dépôt avant de commencer à diminuer

progressivement au fur et à mesure que le carbone dégradable du déchet est consommé par les bactéries responsables de la décomposition.

La méthode Niveau 1 a été utilisée dans les estimations de CH4 du SEDS, elle utilise la méthode DPO du GIEC et quelques paramètres par défaut. Les données historiques d'élimination des déchets, sur une durée de plus de 10 ans ont été basées sur les statistiques, études et autres sources propres au pays.

b) Arbre décisionnel pour les émissions de CH4, des sites d'élimination des déchets solides



Notes :

1. Par « données d'activité nationales de qualité » on entend les données de pays sur les déchets évacués dans les SEDS depuis 10 ou plus.
2. Paramètres clés : DOC/L_o, DOC_f et durée de demi-vie.
3. Voir Volume 1, Chapitre 4 « Choix méthodologiques et identification des catégories de source clés » (noter la Section 4.1.2. sur les ressources limitées), pour un exposé sur les *catégories clés* et l'utilisation des arbres décisionnels.

Figure 41: Arbre décisionnel pour les émissions de CH4, des sites d'élimination des déchets solides

a) Données d'activités

Déchets solides municipaux

Les données d'activités comprennent la génération de déchets par composante de déchet, et la fraction de déchets éliminés au niveau des SEDS. La production de déchets est le résultat du

taux de déchets produits par habitant (tonnes/habitant/an) pour chacune des composantes et de la population (habitant)

Composition des déchets

La composition des déchets influent sur les émissions produites par le traitement des déchets solides dues aux taux de carbone fossile et carbone organique dégradable (COD). Les données sur la composition des déchets de Madagascar ont été basées sur une étude réalisée par l'ONG Fianara de 2011 à 2023 sur la caractérisation de déchets dans le cadre d'une étude de la Banque Mondiale. 23 chefs-lieux de Madagascar ont été couverts par cette étude à savoir Antananarivo, Maintirano, Fenerive Est, Moramanga, Maevatanana, Tsiroanimandidy, Antsirabe, Toamasina, Farafangana, Mananjary, Ikongo, Fort Dauphin, Ambovombe, Toliara, Ihosy, Fianarantsoa, Ambositra, Miarinarivo, Morondava, Mahajanga, Analalava, Antalaha, et Antsiranana. (Cf. Annexe xxxxxx 1).

Les pourcentages de la composition des différents types[4] de déchets sont considérés dans l'estimation du méthane provenant du DSM selon la potentialité en COD. Il s'agit entre autres des déchets alimentaire, déchets provenant des jardins, des déchets du parc, papiers et carton, bois, textiles, couches jetables, caoutchoucs et les cuirs, plastiques, métaux, verres, et autres (cendres, poussières, déchets électroniques).

Le tableur DPO a été utilisé pour servir à estimer les données d'activité sur la base des données démographiques, des données de déchets par habitant (pour les DSM) et du PIB (déchets industriels). Comme les données ne couvrent pas les 50 dernières années, les données historiques manquantes ont été estimées en proportion de la population (rurale et urbaine). Concernant la part de déchets stockés en décharges, les valeurs sur l'étude nationale de gestion des déchets5 a été retenue. Ainsi, il est considéré que la récupération informelle sur les décharges ou les bennes de collecte, le ré usage sont assimilés à la catégorie "recyclage" et que le compostage couvre le compostage domestique (par les ménages) et Industriel

Production de déchets

La production de déchets est le résultat du taux de déchets produits par habitant (tonnes/habitant/an) pour chacune des composantes et de la population (habitant). D' après une étude menée de 2015 à 2018 le taux de production de ménagers est de 0,4 kg/hab/j soit 0,146 tonnes/hab/an[6]. Les LD 2006 du GIEC recommandent pour l'Afrique un taux de production de déchets ménagers par défaut de (représentatif de 2010) : 0,29 tonne/hab/an. La révision 2019 [7] recommande pour l'Afrique un taux de production de déchets ménagers par défaut (représentatif de 2010). Le taux de production de l'étude nationale est choisi et supposée plus représentative.

[4] Volume5_Chapitre 2_Production, composition et données de gestion des déchets, Lignes Directrices du GIEC pour les inventaires de GES
[5] Gestion de déchets à Madagascar (2012), Dr Salama
[6] Gestion de déchets à Madagascar (2012), Dr Salama
[7] Chapitre 2, Volume 5 de la révision 2019 des LD 2006 du GIEC

b) Choix des facteurs et paramètres d'émissions

Carbone organique dégradable (COD)

Le carbone organique dégradable (COD) est le carbone organique qui se trouve dans les déchets et qui se prête à la décomposition biochimique (Teneur en COD en % du poids humide) Le COD par défaut[8] du GIEC a été utilisé.

Tableau 2 : Carbone organique dégradable

Food waste	0,15
Garden	0,2
Paper	0,4
Wood and straw	0,43
Textiles	0,24
Disposable nappies	0,24
Sewage sludge	0,05
Bulk MSW	0
Industrial waste	0,15

c) Taux de formation de méthane par défaut (k)

La valeur de demi-vie, t1/2, est le temps que prend le COD, dans le déchet, pour se réduire à la moitié de sa masse initiale. Dans le modèle DPO et dans les équations, la constante de réaction k par défauts du GIEC [9] est utilisée. La relation entre k et t1/2 est : k = ln (2) /t1/2. Par conséquent :

- k = 0,07 pour les déchets de papier, de textiles
- k= 0,035 pour les déchets de bois
- k= 0,17 pour les autres déchets (non alimentaires organiques), les déchets de jardins et des parcs
- k=0,06 pour les déchets alimentaires et les boues d'égout
- k=0,17 pour les déchets en vrac

Tableau 49: Taux de formation de méthane par défaut (k)

[8] Volume5_Chapitre2.15_Production, composition et données de gestion des déchets

[9] Volume 5_chapitre 3.18 _SWDS , GIEC 2006

TABLEAU 3.3
TAUX DE FORMATION DE METHANE PAR DEFAUT (K) RECOMMANDES SOUS LE NIVEAU 1

(dérivés des valeurs *k* obtenues des mesures expérimentales, calculés à l'aide de modèles ou utilisés dans les inventaires de gaz à effet de serre ou d'autres études)

Type de déchet		Zone climatique*							
		Boréale tempérée (TAM ≤ 20°C)				Tropicale[1] (TAM > 20°C)			
		Sec (PAM/PET < 1)		Humide (PAM/PET > 1)		Sec (PAM < 1000 mm)		Humide (PAM ≥ 1000 mm)	
		Défaut	Gamme[2]	Défaut	Gamme[2]	Défaut	Gamme[2]	Défaut	Gamme[2]
Déchet à dégradation lente	Déchets de papier/textiles	0,04	0,03[3,5] – 0,05[3,4]	0,06	0,05 – 0,07[3,5]	0,045	0,04 – 0,06	0,07	0,06 – 0,085
	Déchets de bois	0,02	0,01[3,4] – 0,03[6,7]	0,03	0,02 – 0,04	0,025	0,02 – 0,04	0,035	0,03 – 0,05
Déchet à dégradation moyenne	Autres déchets (non alimentaires) organiques putrescibles/ Déchets des jardins et des parcs	0,05	0,04 – 0,06	0,1	0,06 – 0,1[8]	0,065	0,05 – 0,08	0,17	0,15 – 0,2
Déchet à dégradation rapide	Déchets alimentaires/ boues d'égout	0,06	0,05 – 0,08	0,185[4]	0,1[3,4] – 0,2[9]	0,085	0,07 – 0,1	0,4	0,17 – 0,7[10]
Déchets en vrac		0,05	0,04 – 0,06	0,09	0,08[8] – 0,1	0,065	0,05 – 0,08	0,17	0,15[11] – 0,2

La demi-vie est affectée par une série de facteurs liés à la composition du déchet, aux conditions climatiques sur le lieu du SEDS, aux caractéristiques du SEDS, aux pratiques d'élimination des déchets et à bien d'autres facteurs[10]. La valeur de demi- vie par défauts du GIEC a été utilisée.

Tableau 50: valeur de la demi-vie

Food waste	0,4
Garden	0,17
Paper	0,07
Wood and straw	0,035
Textiles	0,07
Disposable nappies	0,17
Sewage sludge	0,4
Bulk MSW	0,15
Industrial waste	0,15

[10] Pelt et al., 1998 ; Environment Canada, 2003)

Coefficient de Correction de Méthane (MCF)

Le coefficient de correction CH4 (MCF)[11] compte pour le fait que les SEDS non gérés produisent moins de CH4 d'un volume donné de déchets que les SEDS gérés en environnement aérobie. Sur la base des données sur le nombre de la population, les déchets stockés sont répartis par type de décharge. Il est supposé ainsi que :

- Les déchets issus de la population urbaine vont dans des décharges de très grande taille assimilées à des décharges sauvage de profondeur supérieure à 5 mètres.
- Les déchets issus de la population rurale vont dans des décharges de très grande taille assimilées à des décharges sauvage de profondeur inférieure à 5 mètres.

En effet, il n'y a pas de décharges contrôlées à Madagascar, mais on assimile les décharges dans les communes urbaines comme contrôlées. Les valeurs de MCF utilisées sont ceux par défauts du GIEC :

- Non Géré, profond (> 5m) : MCF = 0,8
- Non géré, peu profond (< 5m) ; MCF = 0,4

TABLEAU 3.1
CLASSIFICATION DES SEDS ET FACTEURS DE CORRECTION DU METHANE (MCF)

Type de site	Valeurs par défaut du coefficient de correction du méthane (MCF)
Géré – anaérobie [1]	1,0
Géré – semi-aérobie [2]	0,5
Non géré [3] – profond (>5 m déchets) et/ou niveau hydrostatique élevé	0,8
Non géré [4] – peu profond (<5 m déchets)	0,4
SEDS non catégorisés [5]	0,6

[1] **SEDS anaérobies gérés**: ces sites doivent être dotés d'un placement contrôlé des déchets (les déchets sont affectés à des lieux de dépôt spécifiques et sont soumis à un certain degré de contrôle du piégeage et de contrôle des incendies) et doivent comporter au moins un des éléments suivants: (i) terrain de couverture; (ii) compactage mécanique; ou (iii) régalement des déchets.

[2] **SEDS semi-aérobies gérés**: ces sites doivent être dotés d'un placement contrôlé des déchets et comprendre toutes les structures suivantes permettant l'introduction de l'air dans la couche de déchet: (i) terrain de couverture perméable; (ii) système de drainage au lixiviat; (iii) réserve de régularisation; et (iv) dispositif de circulation des gaz.

[3] **Sites d'élimination des déchets solides non gérés – profonds et/ou à niveau hydrostatique élevé**: tout SEDS qui ne satisfait pas les critères de SEDS géré, et dont la profondeur est égale ou supérieure à 5 mètres et/ou dont le niveau hydrostatique est proche de la surface. Cette dernière situation correspond au remplissage d'eaux intérieures (étang, fleuve, terres inondées).

[4] **Sites d'élimination des déchets solides peu profonds et non gérés:** tout SEDS qui ne satisfait pas les critères de site géré et dont la profondeur est égale ou inférieure à 5 mètres.

[5] **Sites d'élimination des déchets solides non catégorisés**: le MCF est utilisé exceptionnellement si les pays ne sont pas en mesure de classer leurs décharges dans l'une des quatre catégories de SEDS gérés ou non gérés.

Sources: IPCC (2000); Matsufuji *et al*. (1996)

Figure 42: Coefficient de Correction de Méthane (MCF)

[11] Volume5_chapitre 3.16_elimination des dechets solides, GIEC 2006

Production de DSM et données de gestion (Moyenne par région par défaut)

La production de déchets[12] par tête d'habitant se fond sur le poids des déchets humides. Madagascar a utilisé le taux de production et données de traitement par défaut, par région du GIEC qui est 0,29 tonnes/hab./an

Tableau 51: Production de DSM et données de traitement - par défaut/par région

Région	Taux de production de DSM[1, 2, 3] (tonnes/hab./an)	Fraction de DSM déposée dans les SEDS	Fraction de DSM incinérée	Fraction de DSM compostée	Fraction d'autres formes de gestion de DSM (non précisées)[4]
Asie					
Asie de l'Est	0,37	0,55	0,26	0,01	0,18
Asie du Sud	0,21	0,74	-	0,05	0,21
Asie du Sud-Est	0,27	0,59	0,09	0,05	0,27
Afrique[5]	0,29	0,69	-	-	0,31
Europe					
Europe orientale	0,38	0,90	0,04	0,01	0,02
Europe du Nord	0,64	0,47	0,24	0,08	0,20
Europe du Sud	0,52	0,85	0,05	0,05	0,05
Europe occidentale	0,56	0,47	0,22	0,15	0,15

Facteurs d'oxydation pour le SEDS

Le facteur d'oxydation (OX) [13] montre le volume de CH4 des SEDS qui est oxydé dans le sol ou autres matériaux couvrant les déchets. Les valeurs par défauts ont été utilisé ainsi Ox = 0

Tableau 52: Facteur d'oxydation pour les SEDS

[12] Volume5_chapitre 2.5 _ production, composition et données de gestion des déchets

[13] Volume5_chapitre 3.17_elimination des déchets solides, GIEC 2006

TABLEAU 3.2 FACTEUR D'OXYDATION (OX) POUR LES SEDS	
Type de site	**Valeurs par défaut du facteur d'oxydation (OX)**
Site géré [1], non géré et non catégorisé	0
Site géré et couvert d'un matériau oxydant le CH_4 [2]	0,1
[1] Géré mais non couvert de matériaux aérés [2] Exemples: sol, compost	

7.3.4 Évaluation des incertitudes et cohérence des séries chronologiques

Il existe deux zones d'incertitude dans l'estimation des émissions de CH4 dans les SEDS : (i) l'incertitude imputable à la méthode utilisée ; et (ii) l'incertitude imputable aux données (données d'activité et paramètres).

- Incertitudes imputables aux méthodes : le modèle DPO a été utilisé dans l'estimation de CH4, les incertitudes sont ainsi liées au volume total de CH4 formé durant la vie des SEDS et les incertitudes dans la répartition de ce volume tous les ans.
- Incertitudes liées aux données subdivisées en incertitude liés aux données d'activités et incertitude liées aux paramètres

Tableau 53: Zones d'incertitude dans l'estimation des émissions de CH4 dans les SEDS

Incertitudes liées aux données d'activités	- Elles sont liées à l'existence, la qualité des donnés de production, de composition et de gestion des déchets. L'incertitude liée aux données d'évacuation des déchets dépend de la manière dont les données sont obtenues, elles sont réduites si les déchets dans le SEDS sont réduits. - Toutefois, pour Madagascar, les volumes de déchets sont estimés en général sur la capacité de charge des véhicules de collecte de déchets Madagascar, dans ce sens l'incertitude est plus élevée. - De plus, les déchets ne sont ramassés (pré-collecte et collecte) que chez les populations urbaines, par conséquent, le nombre de la population urbaine varie en	30% Par défaut GIEC)

	raison des mobilités, saisons ce qui entrainera des incertitudes.	
Incertitude liée aux paramètres	- MCF : valeur expérimentale, incertitude dans la classification des sites - COD : incertitude sur l'assignation du COD, la composition des déchets) - Fraction CH4 : fixer à 0,5 mais peut varier entre 0,5 et 0,55 - Facteur d'oxydation : variation en fonction de la condition atmosphérique, fissure des terrains de couverture - Demi-vie : difficulté dans la mesure de la vitesse de décomposition	Valeur par défauts du GIEC : MCF 0,8 : ±20% MCF 0,4 : 30% COD : ±20%

7.3.5 Description de toute flexibilité appliquée

En ce qui concerne les déchets solides, Seule la catégorie SEDS a été estimée suivant la LD2006 du GIEC, les catégories 4B sur les traitements biologiques des déchets solides et 4C sur l'incinération et combustion à l'air libre n'ont pas été estimées.

Tableau 54: Catégories de sources non estimées

Catégorie de sources de GES	Raisons
4B Traitement biologique des déchets solides	Manque de données sur le type de déchet composté, le volume et type de matériau d'accompagnement
4C Incinération et combustion à l'air libre des déchets	Manque de données sur le volume de déchets mis dans l'incinérateur, les volumes de déchets brulés à l'air libre

7.3.6 Recalculs par catégorie,

Concernant le secteur déchets, les lignes directrices du GIEC 1996 et lignes directrices 2006 ont des approches différentes particulièrement en ce qui concerne les sites d'élimination des déchets. La méthodologie de la LD GIEC 1996 est basée sur le bilan massique tandis que la LD GIEC 2006 est basée sur la méthode de décomposition de premier ordre (DPO), qui est plus précise, avec des estimations annuelle plus exacte, et des facteurs d'émissions et paramètres plus détaillés. GIEC 2006 offre également la possibilité d'adapter l'inventaire suivant les données disponibles.

De ce fait, le recalcul des émissions de CH4 des SEDS de 1994 à 2010 permet de comparer l'évolution des émissions avec celles de 2011 à 2023.

Tableau 55: Émissions totales de GES directs des SEDS pour la série temporelle 1994 – 2010 (Gg CO2 eq)

	Catégorie : Élimination des déchets solides	
Année	**Émissions annuelles CH4**	**Émissions Gg CO2 Eq**
1994	40,097	1122,5409
1995	40,9857134	1147,6
1996	42,1039169	1178,9097
1997	43,9169747	1229,6753
1998	45,3372519	1269,4431
1999	46,8015176	1310,4425
2000	48,1311301	1347,6716
2001	49,6572973	1390,4043
2002	51,6600044	1446,4801
2003	53,4929822	1497,8035
2004	55,8976535	1565,1343
2005	57,2903151	1604,1288
2006	59,3704104	1662,3715
2007	61,7071111	1727,7991
2008	65,3338442	1829,3476
2009	70,1403666	1963,9303
2010	73,9583065	2070,8326

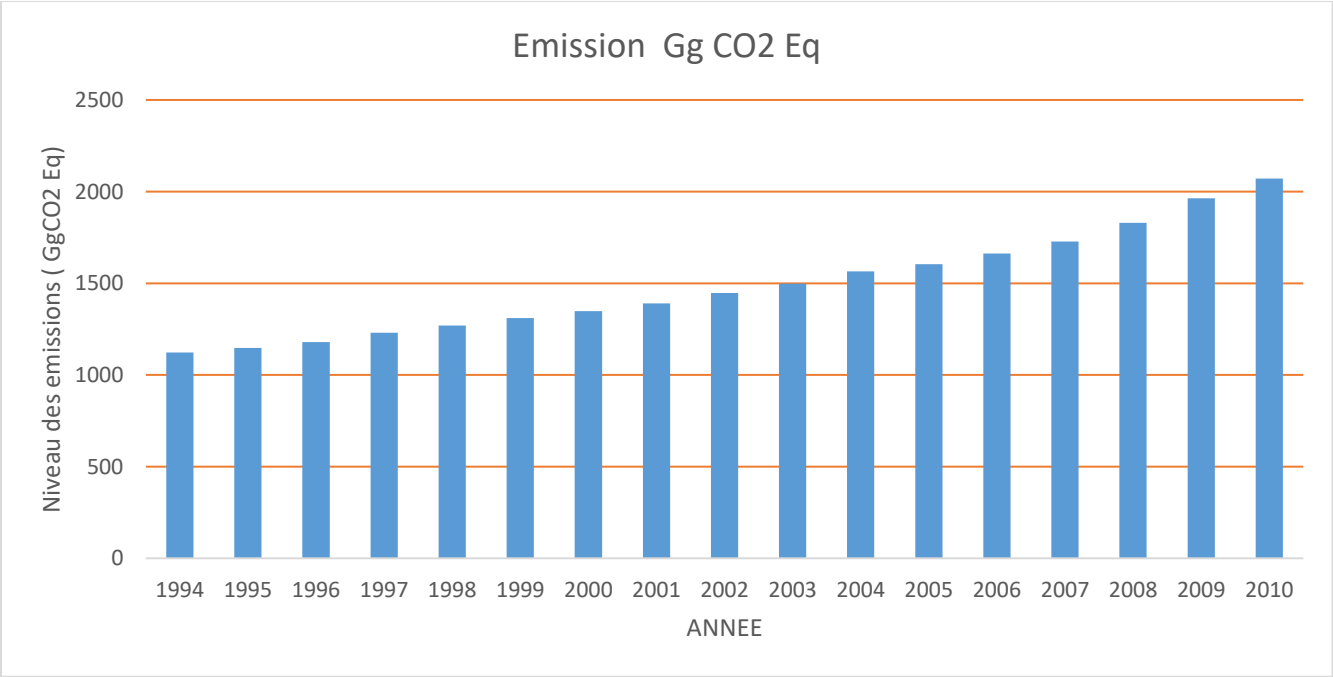


Figure 43: Emission Gg CO2 Eq

Les émissions de méthane issues de sites d'élimination des déchets solides ont presque doublé en 15 ans passant de 1122,54 GgCO2 Eq en 1994 à 2070,83 Gg CO2 en 2010. Cette augmentation des émissions est liée à l'augmentation de la production des déchets due à l'augmentation du nombre de la population.

Le flux de déchet, de la collecte, du transport des décharges vers les sites de décharge ainsi que la récupération des déchets influent également sur la quantité de déchets déposés dans les sites de décharges. De ce fait, il est probable qu'avec l'amélioration de la collecte des déchets, c'est à dire, l'augmentation progressif du nombre de camion disponible de 1997 à 2010 pour transporter les déchets vers les sites de décharges, a entrainé une augmentation de la quantité des déchets déposé dans les SEDS entrainant une augmentation des émissions dans la mesure où ce sont les déchets qui sont ramassées par la municipalité qui sont sujettes aux estimations des émissions.

Par ailleurs, les différents types de déchets contiennent différents taux de carbone fossile et carbone organique dégradable (COD)[14]. L'augmentation des émissions dépend de la

[14] Les types de déchets (1) à (6) contiennent l'essentiel du COD dans les DSM :

1. déchets alimentaires
2. déchets provenant des jardins (cours) et parcs
3. papier et carton
4. bois
5. textiles
6. couches jetables
7. caoutchouc et cuirs
8. plastiques
9. métaux
10. verre (poterie et porcelaine)

composition des déchets qui arrivent dans les décharges. En effet, dans le cas de Madagascar, les déchets municipaux est composée de 60% de déchets alimentaires (COD le plus élevé). La quantité de déchets alimentaires, fermentescibles s'élève progressivement au fil des années, tandis que les déchets de bois, de textiles, de plastiques, de métaux, de verre et autres (déchets électronique) sont récupérés à la source par les chiffonniers lors du dépôt des déchets dans les bacs à ordures intermédiaires et les sites de décharges municipaux.

7.3.7 Améliorations prévues spécifiques à la catégorie

Tableau 56: Tableau des améliorations prévues spécifiques à la catégorie

CATEGORIE	DONNEE D'ACTIVITE	AMELIORATION
Elimination des déchets solides	- Le volume des déchets en vrac dans les décharges - Composition des déchets et volume - Production des déchets - -Nombre de la population	Pour obtenir ces données il est nécessaire d'améliorer la gestion des déchets à Madagascar notamment : - Le pré- collecte (ménage vers le bac intermédiaire) - Le collecte (Bac intermédiaire vers les sites de charges) - La mise en place d'infrastructure (pesage, centre de triage, mise en place de décharge normalisé et contrôlé dans le milieu rural et milieu urbain) - Renforcement d'acquisition de matériel roulant permettant la collecte des déchets du bac intermédiaire vers les sites de décharges - Application des lois et texte en vigueur - Renforcement des capacités sur la gestion des déchets - Mise en place de système centralisé de
Traitement biologique des déchets solides	- Volume de déchets composté - Type de déchets composté et volume - Type de matériaux d'accompagnement et volume - Installation de production de biogaz	
Incinération et combustion à l'air libre des déchets	- Installation d'incinération, technologie, combustion en couche, foyer mécanique, combustion en lit fluidisé, four de calcination - Taille de l'installation - Types de déchets incinérés ? Brulés et volumes (déchets municipaux, déchets industriels, déchets dangereux, déchets des	

11. autres (ex.: cendres, saletés, poussières, terre, déchets électroniques)

	hôpitaux, boues d'égout) - Volume de plastiques, caoutchouc, huiles usés brulés dans les décharges à ciel ouverts, dans la nature, les fumées, sans passés par le cheminé	base de données sur les déchets - Renforcement des capacités sur la collecte des données sur les déchets, caractérisation des déchets - Renforcement des collaborations entre entité publique et privés, CTD, STD

7.4 Introduction et aperçu sur les déchets liquide

La catégorie 4D Traitement et rejet des eaux usées comprend toutes les émissions résultant de la manipulation des déchets liquides et des boues provenant des ménages et des industries.

La Catégorie de source 4D2 les eaux usées industrielles comprend toutes les émissions provenant de la manipulation des déchets liquides et des boues provenant de processus industriels tels que l'industrie alimentaire et l'industrie de transformation des métaux.

Plusieurs grandes installations industrielles traitent ou prétraitent leurs eaux usées sur place avant de les rejeter dans l'environnement ou dans les réseaux des eaux usées municipales.

La catégorie 4D1 « Traitement et rejet des eaux usées domestiques » couvre l'ensemble des émissions issues des fosses septiques, des latrines ainsi que des rejets directs dans l'eau. Seule cette sous-catégorie de source a été prise en compte dans l'analyse. À Madagascar, deux principaux types de systèmes de latrines sont recensés : les latrines traditionnelles à fosses perdues et les latrines modernes à fosses septiques. Ces installations sont présentes aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural, bien que les taux d'utilisation varient selon le contexte.

7.5 Questions méthodologiques : Traitement et rejet des eaux usées (4D)

Émissions de CH4

a) Méthodologie

Les émissions sont calculées par une méthode de niveau 1 basée sur l'arbre de décision des Fig. 6.2 du chapitre 6.

La quantité de gaz d'égout produite est mesurée ainsi que les quantités récupérées dans les chaudières, les centrales de cogénération, brûlées à la torche et valorisées. Les paramètres généraux suivants ont été appliqués (valeurs par défaut selon IPCC2006) :

- BOD (BOD5) : 37 g/personne/jour, valeur par défaut proposée pour l'Afrique dans le Tableau 6.4 des Lignes directrices du GIEC 2006. Elle représente la quantité moyenne de matière organique générée quotidiennement par une personne et potentiellement dégradable par des micro-organismes.
- I : 1, c'est le facteur de correction utilisé pour tenir compte de la charge supplémentaire de DBO d'origine industrielle rejetée dans les systèmes d'assainissement, en plus de la DBO domestique. 1 signifie que, dans le calcul des émissions de méthane provenant des eaux usées, on considère que l'apport industriel est négligeable ou inexistant, et la charge organique est donc uniquement celle des eaux usées domestiques.
- Bo : 0,6 kg CH4/kg BOD, facteur par défaut basé sur le tableau 6.2 du chapitre 6
- MCF : 0,1 pour le rejet dans la rivière ; 0,5 pour les fosses septiques ; 0,7 pour les latrines dans un climat humide/eau d'entraînement, nappe phréatique moins profonde que la latrine.

Les facteurs d'émissions sont par défaut basé sur l'équation 6.2 du chapitre 6

b) Données d'activités

L'approche utilisée pour estimer les émissions de CH4 attribuables au traitement des eaux usées domestiques est fondée sur la quantité de matière organique produite par personne selon les Lignes directrices 2006 du GIEC.

La méthode consiste à déterminer le nombre de personnes desservies par type de système de traitement des eaux usées (fosse septique, latrines, sans traitement). La population utilisant des fosses septiques et latrines a été déterminée à partir d'une analyse de l'Enquête auprès des ménages (EPM) effectué par l'Institut National de la Statistique de Madagascar.

Les pourcentages de population urbaine (% du total) sont fournis de la Banque Mondiale, extrait de la BDD le 21/10/2024 https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=MG)

Emissions de N2O

a) Méthodologie

Les émissions de N2O des eaux usées domestiques sont calculées à l'aide d'une méthode de niveau 1 conformément aux lignes directrices 2006 du GIEC. Les paramètres généraux suivants ont été appliqués, ce sont des valeurs par défaut selon le GIEC 2006 dans l'équation 6.8.

- $F_{NON-COM}$ (facteur pour la protéine non consommée ajoutée aux eaux usées) : 1,1
- $F_{IND-COM}$ (facteur pour la protéine industrielle et commerciale co-rejetée dans le réseau d'égouts) : 1,25
- N_{SLUDGE} (azote retiré des boues) = 0 Kg N/an
- F_{NPR}, fraction d'azote dans les protéines = 0,16 kg N/kg p

b) Données d'activités

Les émissions de N_2O sont estimées selon la quantité d'azote mesurée dans les eaux usées, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC. La quantité d'azote rejeté dans les eaux usées est estimée d'après la consommation de protéines par habitant.

Les valeurs estimatives de la quantité de protéines consommées sont obtenues, en kg/personne/ année basé sur les données de la FAO.

7.6 Les catégories de sources clés

L'analyse des catégories clés est effectuée sur la base de L'analyse des catégories clés automatique mise en œuvre dans le logiciel GIEC 2006. Pour la catégorie Déchets liquides, seule la sous-catégorie D1 – Traitement et rejet des eaux usées domestiques (4D1) a été prise en compte dans l'analyse. Les autres sous-catégories prévues dans le cadre méthodologique n'ont pas été traitées, faute de données disponibles. En conséquence, les résultats relatifs au secteur des déchets liquides se limitent exclusivement aux émissions issues du traitement et du rejet des eaux usées domestiques.

7.7 ESTIMATIONS DES EMISSIONS GES

7.7.1 Introduction

Le secteur des Déchets liquide comprend les émissions de CH4 et de N2O résultant du traitement et rejet des eaux usées.

7.7.2 Résultats de l'IGES avec IPCC 2006 de 1994-2023

- **Résultats de l'IGES 1994 – 2010**

La série temporelle couvrant la période 1994–2010 a été recalculée afin d'assurer la cohérence temporelle et la comparabilité des estimations, le dernier inventaire national ayant été élaboré conformément aux lignes directrices du GIEC de 1996, alors que le présent inventaire repose sur les lignes directrices du GIEC de 2006.

Tableau 57: Résultats de l'IGES 1994 – 2010

ANNEE	CH4	Eq CO2 CH4 Gg	N2O	Eq CO2 N2O Gg
1994	24,225	678,312	0,361	95,778
1995	38,916	1089,655	0,361	95,804
1996	42,952	1202,673	0,373	98,899
1997	47,179	1321,005	0,373	98,899
1998	50,313	1408,758	0,398	105,386
1999	51,890	1452,909	0,410	108,689
2000	54,318	1520,905	0,423	112,026
2001	55,636	1557,798	0,435	115,401
2002	56,990	1595,716	0,448	118,805
2003	58,389	1634,902	0,461	122,236
2004	59,868	1676,302	0,475	125,754
2005	61,620	1719,759	0,488	129,352
2006	63,060	1765,679	0,502	133,022
2007	64,704	1811,724	0,516	136,762
2008	66,398	1859,140	0,530	140,566
2009	68,050	1905,399	0,545	144,466
2010	69,793	1954,208	0,560	148,454

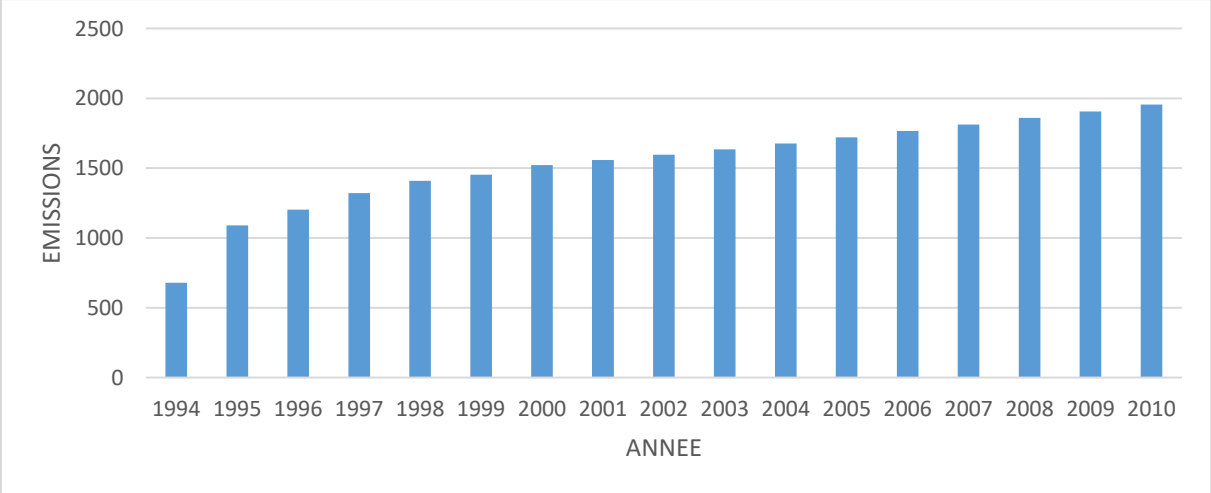


Figure 44: Estimations des émissions GES 1994-2010

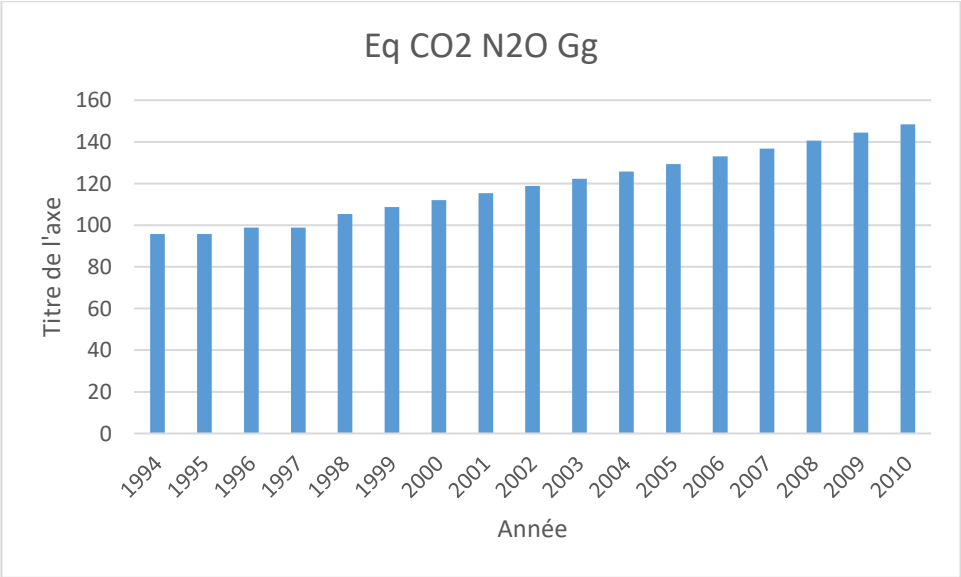


Figure 45: Eq CO2 N2O Gg 1994-2010

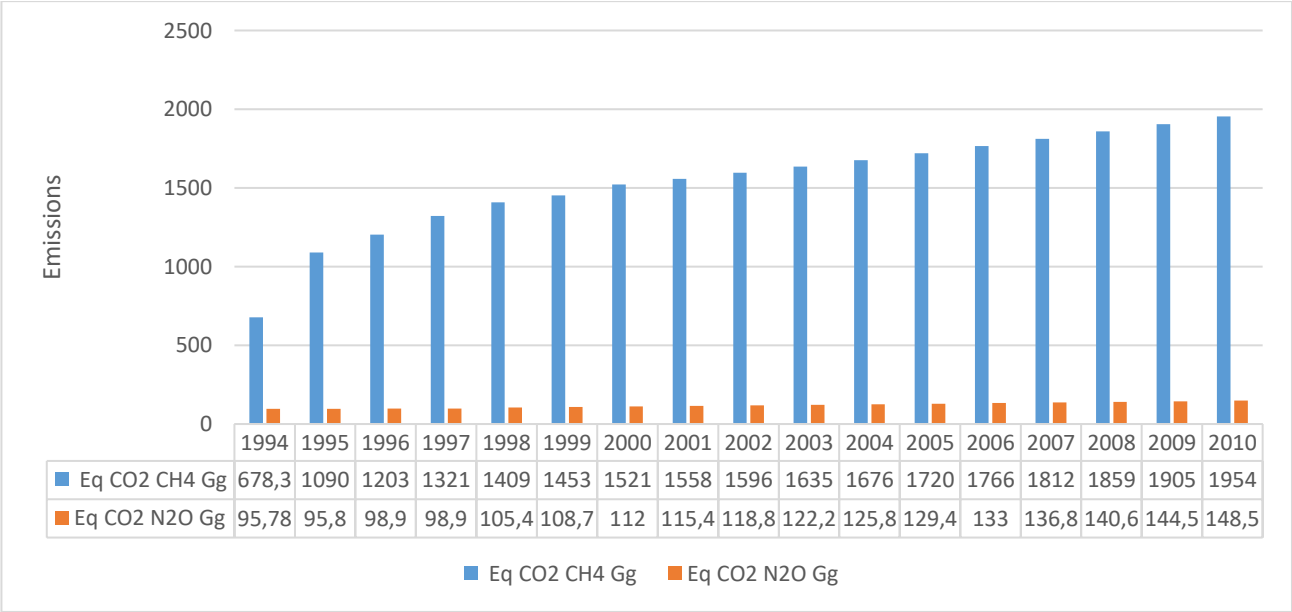


Figure 46: Récapitulation des émissions de GES en Gg Eq CO2 de 1994 à 2010

Tableau 58: Résultats de l'IGES 2011 – 2023

ANNEE	CH4	Eq CO2 CH4 Gg	N2O	Eq CO2 N2O Gg
2011	72,892	20240,977	0,571	151,305
2012	76,043	2129,206	0,584	154,673

2013	79,334	2221,354	0,594	157,382
2014	82,667	2314,671	0,605	160,314
2015	86,137	2411,848	0,619	164,114
2016	90,651	2538,220	0,643	170,368
2017	95,264	2667,384	0,663	175,601
2018	99,918	2779,713	0,682	180,760
2019	104,170	2916,750	0,667	176,687
2020	108,501	3038,040	0,670	177,489
2021	113,836	3138,417	0,670	177,489
2022	116,787	3270,046	0,670	177,489
2023	116,787	3270,046	0,670	177,489

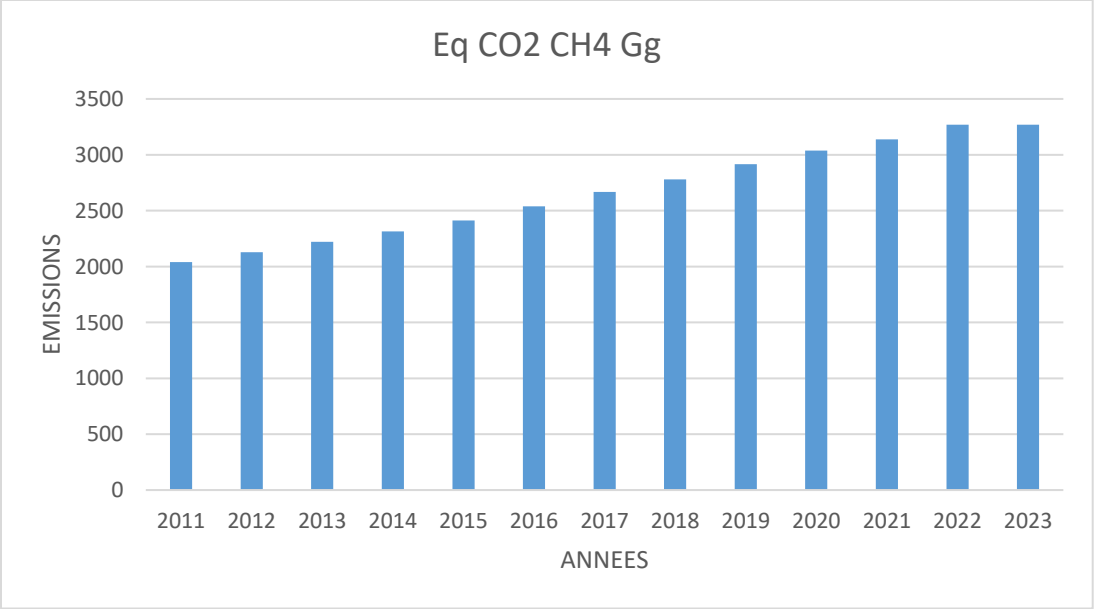


Tableau 59: Eq CO2 CH4 Gg 2011-2023

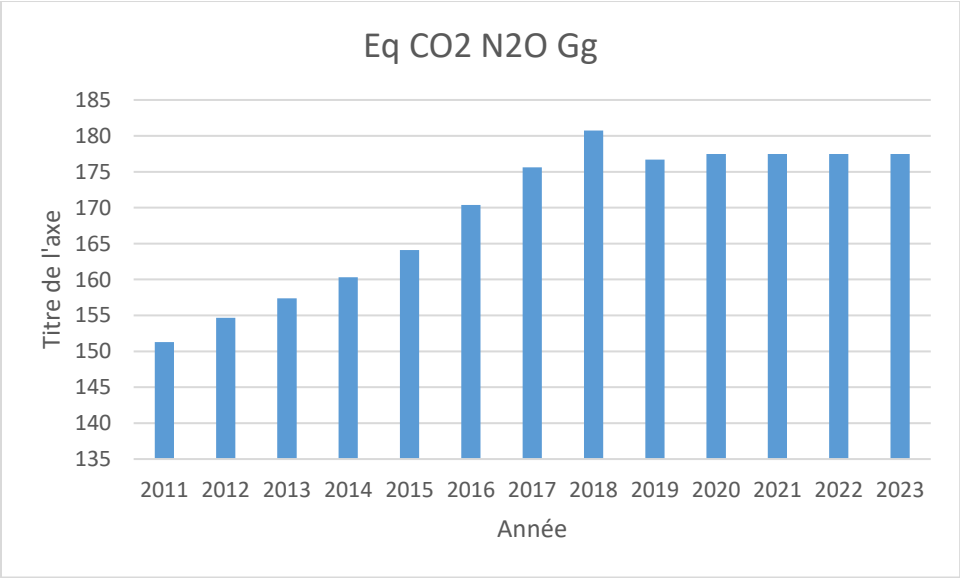
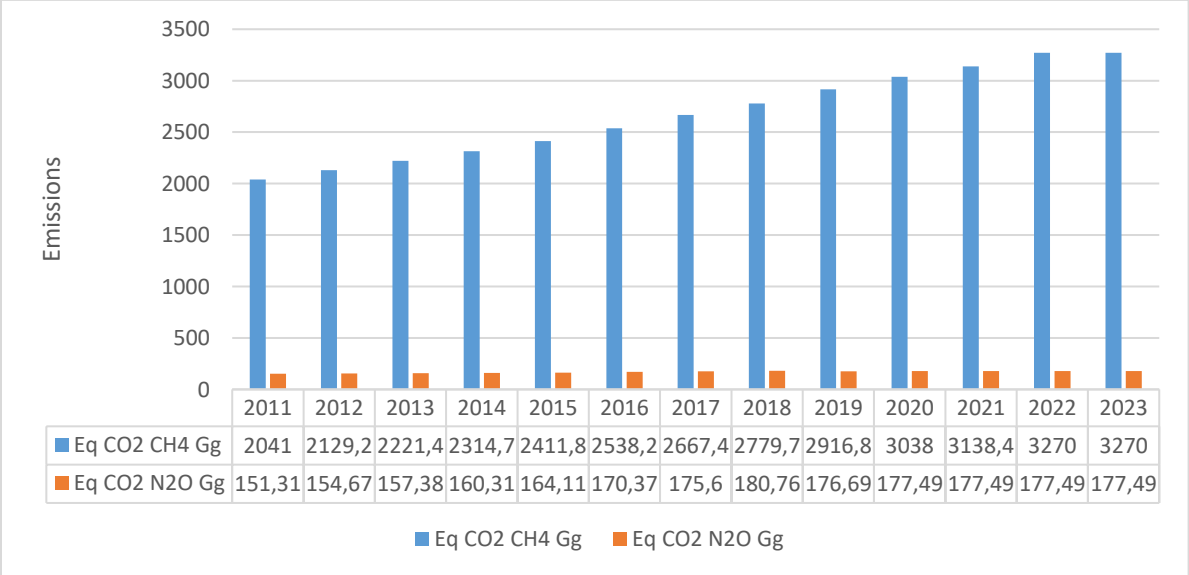


Figure 47: Eq CO2 N2O Gg 2011-2023



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Eq CO2 CH4 Gg	2041	2129,2	2221,4	2314,7	2411,8	2538,2	2667,4	2779,7	2916,8	3038	3138,4	3270	3270
Eq CO2 N2O Gg	151,31	154,67	157,38	160,31	164,11	170,37	175,6	180,76	176,69	177,49	177,49	177,49	177,49

Figure 48: Récapitulation des émissions de GES en Gg Eq CO2 de 2011 à 2023

Les émissions de CH4 entre 2010 et 2023 ont légèrement augmenté, principalement en raison de la croissance de la population, qui a entraîné une production accrue d'eaux usées domestiques. Cependant, les fosses et latrines traditionnelles, déjà largement utilisées, continuent de générer du méthane de manière relativement stable, ce qui se traduit par une augmentation annuelle progressive et régulière plutôt que par des pics. Étant donné que la grande majorité des eaux usées restent non collectées et sont gérées dans ces systèmes, la capacité totale de production de CH4 n'a pas connu d'augmentation spectaculaire. En outre, Il n'y a pas eu de nouvelles installations de traitement aérobie ou anaérobie des eaux usées. La production de CH4 dépend de la décomposition anaérobie : température, pH, durée de rétention.

Dans la majorité des fosses septiques et latrines, ces conditions sont assez constantes d'une année sur l'autre, limitant l'ampleur de la variation annuelle.

Les eaux usées industrielles n'ont pas été évaluées, donc elles n'augmentent pas significativement la production de CH4. Le coefficient de correction I reste 1,00, ce qui reflète l'absence d'apports supplémentaires d'origine industrielle.

L'utilisation des facteurs par défaut du GIEC (DBO_5, EF, coefficient I) pour le calcul des émissions lisse les variations réelles. Ainsi, même si localement certaines fosses produisent plus de méthane, l'inventaire montre une augmentation progressive mais faible au niveau national.

7.7.3 Résultats de l'IGES pour l'année de références 2019

Figure 49: Récapitulation des émissions de GES en Gg CO2 Eq pour l'Année de référence 2019

	Eq CO2 CH4 Gg	Eq CO2 N2O Gg
	2916,75	176,687
TOTAL en Eq CO2	**3093, 437**	

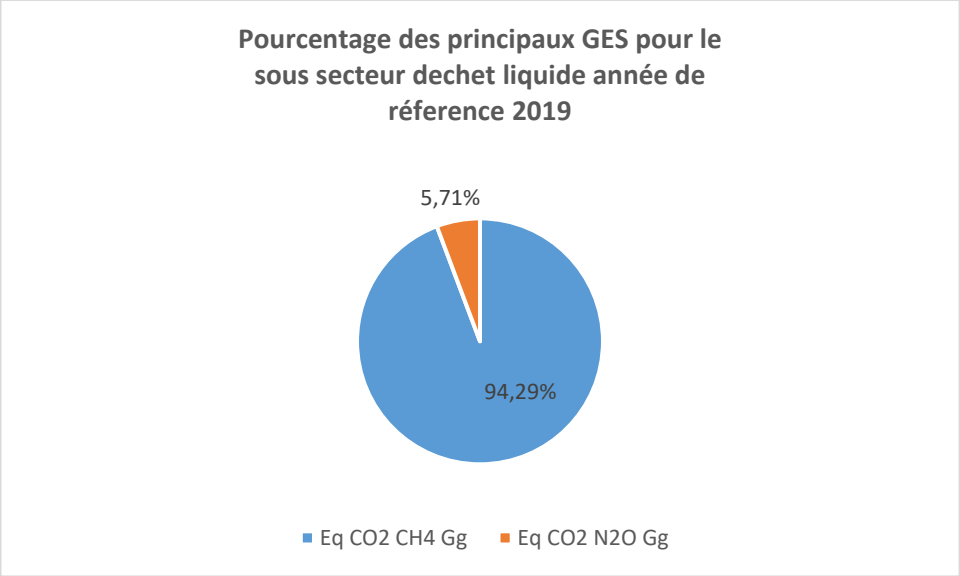


Figure 50: Pourcentage des principaux GES pour le sous secteur déchet liquide année de référence 2019

Tableau 60: Comparaison d'IGES pour les années de références : 1994, 2000, 2005,2019

GAZ	1994	2000	2005	2019

CH4 eq CO2	678,312	1520,905	1719,759	2916,75
N2O	95,778	112,026	129,352	176,687

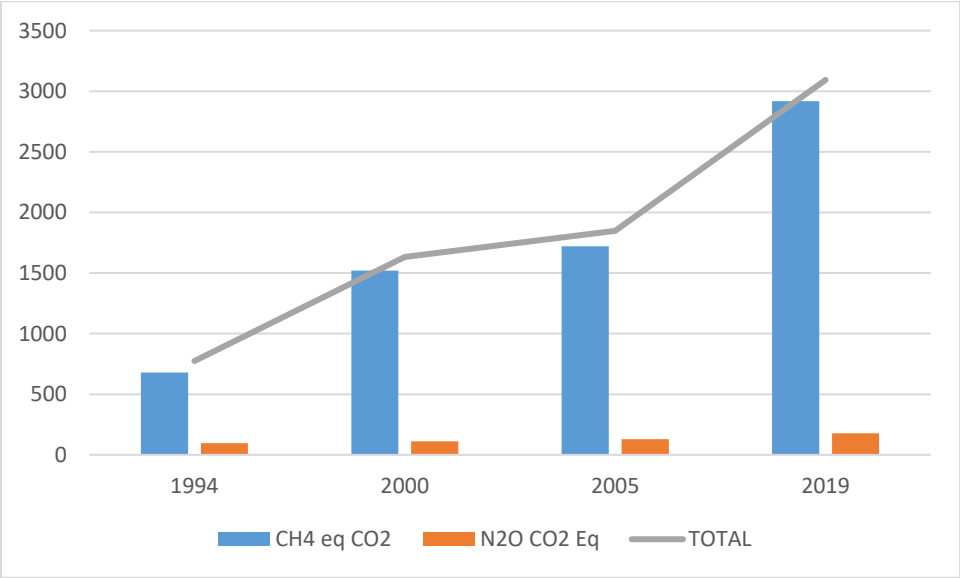


Figure 51: Tendance des émissions de gaz à effet de serre (GES) au cours des années de référence 1994, 2000, 2005 et 2019

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont connu une augmentation au cours des années de référence 1994, 2000, 2005 et 2019, principalement en raison de l'accroissement démographique observé à Madagascar au cours de ces périodes.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant des latrines à Madagascar ont montré une tendance à l'augmentation. Cette hausse peut s'expliquer par plusieurs facteurs. D'abord, la croissance démographique a entraîné un accroissement du nombre de latrines utilisées, ce qui a directement augmenté la production de matières fécales et d'eaux usées. Ensuite, l'urbanisation et la densification des zones habitées ont favorisé la construction de nouvelles latrines, souvent traditionnelles (fosses perdues), qui émettent davantage de méthane que les systèmes modernes de type fosse septique. Enfin, les conditions climatiques locales, notamment la température et l'humidité, ont favorisé la décomposition anaérobie des matières organiques dans les fosses, amplifiant ainsi les émissions.

8 Les catégories de sources clés pour les années de références :

9 Analyses des gaz effets de serre directs et indirects pour les années de références

10 Analyses des tendances des émissions de 1994-2010 et 2011-2023

→Gaz direct

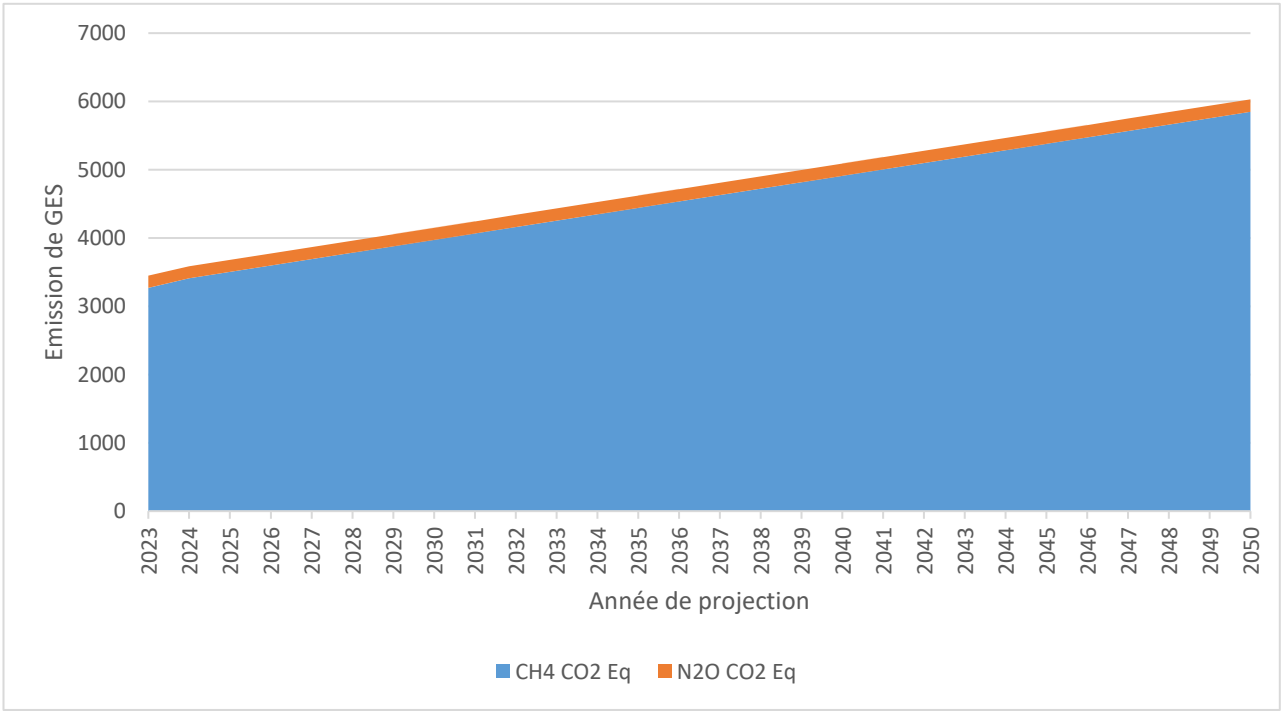
→Gaz indirect

Tableau 61: Analyse et projections de l'IGES jusqu'en 2050

ANNEE	CH4 Teq CO2	N2O TeqCO2
2023	3270,046	177,489
2024	3408,2392	177,8098
2025	3502,099	177,9702
2026	3595,9588	178,1306
2027	3689,8186	178,291
2028	3783,6784	178,4514
2029	3877,5382	178,6118
2030	3971,398	178,7722
2031	4065,2578	178,9326
2032	4159,1176	179,093
2033	4252,9774	179,2534
2034	4346,8372	179,4138
2035	4440,697	179,5742
2036	4534,5568	179,7346
2037	4628,4166	179,895
2038	4722,2764	180,0554
2039	4816,1362	180,2158
2040	4909,996	180,3762
2041	5003,8558	180,5366
2042	5097,7156	180,697
2043	5191,5754	180,8574
2044	5285,4352	181,0178

2045	5379,295	181,1782
2046	5473,1548	181,3386
2047	5567,0146	181,499
2048	5660,8744	181,6594
2049	5754,7342	181,8198
2050	5848,594	181,9802

Les émissions de GES pour la période 2024-2050 ont été projetées à l'aide d'un outil Excel, en s'appuyant sur les données historiques de 2019 à 2023. Le graphe indique une augmentation des émissions de CO2 au cours de la période de projection.



.

11

Figure 52: Emissions de CO2 au cours des années de projection

12 CONTROLE QUALITE, INCERTITUDES, EXHAUSTIVITE, TRANSPARENCE, COMPARABILITE ET COHERENCE

13 Informations sur le Contrôle Qualité (CQ) et l'Assurance Qualité (AQ)

Certaines activités de contrôle qualité ont été mises en œuvre afin de garantir l'utilisation de données fiables dans l'inventaire. Les activités de CQ réalisées lors de la collecte des données et de l'estimation des émissions de GES sont les suivantes :

- caractérisation de toutes les eaux usées selon les pourcentages allant vers d'autres systèmes de traitement (aérobie et anaérobie), et le pourcentage d'eaux usées non traitées : dans le cas de Madagascar, 100 % des eaux usées sont non traitées, cela signifie que toutes les eaux usées domestiques sont rejetées directement dans l'environnement (sols, rivières, lacs, fosses simples sans traitement efficace) sans passage par un système aérobie ou anaérobie de traitement.
- L'ensemble des eaux usées générées dans le pays a été caractérisé, représentant 100 % de la production nationale. La demande biologique en oxygène (DBO) des eaux usées domestiques a été estimée à partir de la valeur par défaut proposée par le GIEC.

14 Evaluation des incertitudes

Pour Madagascar, l'incertitude dans l'estimation des émissions de méthane provenant des eaux usées domestiques est importante, surtout en raison du manque de collecte centralisée des eaux usées et de la diversité des pratiques d'assainissement.

Le paramètre Ti,j qui indique la fraction des eaux usées traitées dans les latrines/fosses septiques ou rejetées dans les égouts selon le type de ménage (urbain/rural, bas/revenus élevés) est particulièrement incertain. Dans les zones rurales et les quartiers urbains à faibles revenus, la majorité des eaux usées sont gérées localement dans des latrines ou fosses, souvent sans traitement.

Cette variabilité rend difficile une estimation précise des émissions, et les valeurs par défaut proposées par le GIEC sont utilisées avec un intervalle d'incertitude large pour refléter cette variabilité.

15 EXHAUSTIVITE

La catégorie « Traitement et rejet des eaux usées » comprend deux sous-catégories : eaux usées domestiques et eaux usées industrielles. Dans la présente analyse, seules les eaux usées domestiques ont été quantifiées

en raison de l'absence de données fiables sur les effluents industriels disponibles au niveau national. Il est important de noter que, à Madagascar, une part importante des eaux usées d'origine industrielle est traitée au niveau des usines puis déversée dans les canaux d'évacuation publique ; ces rejets peuvent donc contribuer aux émissions calculables dans la présente catégorie. Pour améliorer l'exhaustivité des futurs inventaires, nous recommandons d'intégrer des facteurs d'émission (ou facteurs combinés) qui tiennent compte de la charge polluante des effluents industriels (I = 1,25) ou, lorsque possible, d'établir des estimations séparées pour le secteur industriel.

Pour le N2O : l'estimation des émissions d'effluents azotés (principalement N20) suit la méthodologie par défaut du GIEC, avec les points clés suivants :
Basée sur la population :

En l'absence de données sur l'évacuation et le traitement des boues, l'estimation se fait à partir du nombre d'habitants et de la quantité d'azote générée par la consommation et l'utilisation domestique.
Tout l'azote des eaux usées domestiques, et éventuellement celui provenant des eaux usées industrielles mélangées dans les égouts, est supposé finir dans un cours d'eau.
Cela permet de couvrir l'intégralité de la source associée à l'utilisation domestique des eaux usées, même si cela peut surestimer légèrement les émissions.
Exclusion des sources industrielles directes :
Les émissions de N20 provenant d'industries spécifiques (hors eaux usées mélangées aux domestiques) ne sont pas incluses, car elles sont généralement faibles par rapport aux eaux usées domestiques.

Conclusion générale

Le présent Rapport d'Inventaire National (NIR) des émissions et absorptions GES de Madagascar, couvrant la période 1994–2023, met en évidence une augmentation progressive des émissions anthropiques nationales, dominées par les gaz non-CO2, dans un contexte de capacités institutionnelles et statistiques encore contraintes mais en amélioration continue. Pour l'année de référence 2019, les émissions brutes nationales de méthane (CH4) et de protoxyde d'azote (N2O) sont estimées respectivement à 818,7 Gg soit 22 924,8210 Gg CO2 Eq CH4 et 32,9 Gg soit 8 725,0190 Gg CO2 Eq N20 , tandis que les absorptions nettes de CO2 du secteur UTCATF atteignent -162 429,5284 Gg, confirmant que Madagascar demeure un puits net de carbone malgré une croissance des émissions totales au cours de la période considérée.

L'analyse des catégories clés, réalisée conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et aux MPGs, montre que plus de 85 % des émissions brutes nationales proviennent du secteur AFAT. Les émissions agricoles sont largement dominées par le CH4 issu de la fermentation entérique qui s'élèvent à 8 606,8256 Gg CO2 Eq CH4 en 2019 et de la riziculture irriguée atteignant 4271, 6943 de CH4 CO2 Eq ainsi que par

les émissions de N2O liées aux sols cultivés (environ 22,6 Gg N2O directs et indirects), reflétant le caractère structurellement agricole du pays. Le secteur UTCATF demeure le principal puits de carbone, porté par les terres forestières à -160 652,2551 Gg CO2 en 2019, bien que la tendance révèle une diminution progressive de la capacité d'absorption des forêts liée aux changements d'affectation des terres et à la dégradation forestière.

Les secteurs Énergie, PIUP et Déchets contribuent de manière croissante mais encore modérée aux émissions nationales. En 2019, le secteur Énergie émet 3 931,1355 Gg CO2 dont 1 457,3408 Gg CO2 principalement issus des transports et 1 353,7138 Gg CO2 des industries manufacturières et de la construction. Le secteur PIUP génère 78,7001 Gg CO2 et 193,9146 Gg CO2 Eq sous forme de HFCs, tandis que le secteur Déchets émet 6004,5626 Gg CH4 CO2 Eq, principalement liés à l'élimination des déchets solides et aux eaux usées domestiques, malgré des lacunes persistantes en matière de données d'activités. L'inventaire présente une incertitude globale modérée de 2,75 % pour le niveau d'inventaire et de 10,64 % pour la tendance, reflétant l'application de méthodes de niveau 1 et de facteurs d'émission par défaut, conformément aux flexibilités prévues pour les pays en développement. Malgré ces limites, le Gouvernement malagasy a engagé des efforts significatifs pour renforcer les systèmes MRV, améliorer la qualité des données et mettre en œuvre des mesures d'atténuation cohérentes avec la CDN. Le présent NIR constitue ainsi une base technique solide pour l'élaboration du premier Rapport Biennal de Transparence (BTR1) de Madagascar, conformément aux exigences du Cadre de transparence renforcée de l'Accord de Paris.

Améliorations pour les futurs inventaires nationaux de GES et besoins d'appui et de renforcement des capacités

Conformément au paragraphe 7 des MPG, Madagascar a identifié plusieurs domaines d'amélioration dans l'élaboration et la notification de son inventaire national des gaz à effet de serre (INGES), liés principalement aux limites de disponibilité, de qualité, de désagrégation et de continuité temporelle des données d'activité, ainsi qu'à l'absence de facteurs d'émission nationaux pour la plupart des secteurs, à l'exception partielle de l'UTCATF. Ces contraintes ont conduit au recours majoritaire aux méthodologies de niveau 1 et aux facteurs d'émission par défaut du GIEC.

Malgré ces limites, Madagascar a assuré la couverture des principales catégories de sources et de puits afin de garantir la cohérence, la comparabilité et la continuité temporelle de l'INGES. Certaines catégories n'ont pas pu être quantifiées en raison de l'indisponibilité de données, mais ont été conservées dans l'inventaire à des fins de transparence. Des ajustements méthodologiques et des recalculs, notamment dans le secteur UTCATF, ont été réalisés afin d'améliorer la cohérence interne de la série temporelle et la comparabilité avec les communications nationales antérieures.

En tant que pays en développement Partie ayant besoin de flexibilité à la lumière de ses capacités, Madagascar a appliqué de manière transparente les flexibilités prévues par les MPG, notamment en ce qui concerne les méthodes utilisées, l'identification des catégories clés, l'évaluation qualitative des incertitudes, la mise en œuvre progressive des procédures d'AQ/CQ, la couverture des gaz et l'étendue de la série temporelle. Ces flexibilités ont permis l'établissement d'un inventaire conforme aux exigences du Cadre de transparence renforcée, tout en tenant compte des capacités nationales actuelles.

La soumission du présent Rapport national d'inventaire a nécessité un délai supplémentaire afin de consolider les données disponibles et de renforcer progressivement les capacités techniques nationales. Madagascar souligne la nécessité d'un appui continu et d'un renforcement des capacités, notamment pour améliorer les systèmes de collecte et de gestion des données, développer des facteurs d'émission nationaux, renforcer les capacités institutionnelles et techniques et mettre en place un cadre institutionnel pérenne de coordination de l'INGES. Le pays réaffirme son engagement à réduire progressivement le recours aux flexibilités et à améliorer la qualité et la ponctualité des futurs inventaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GIEC (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. Manuel méthodologique principal pour les estimations d'émissions et absorptions.

GIEC (IPCC). (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 4: AFOLU*. Mise à jour des lignes directrices de 2006, avec des améliorations méthodologiques.

Lignes directrices de 2006 et leur mise à jour de 2019 relatives aux inventaires nationaux de GES, Volume 1 (Orientations générales et établissement des rapports - OGER) et Volume 4 (Agriculture, Foresterie et Autres Affectations des Terres - AFAT) ;

Recommandations sur les bonnes pratiques et la gestion des incertitudes pour les inventaires de GES ;

Modalités, Procédures et Lignes Directrices (MPGs) de la décision 5/CMA.3 et de la décision 18 /CMA.1

Directives de la Conférence des Parties pour la préparation des communications nationales des Parties non visées à l'annexe I de la Convention, conformément à la Décision 17/CP.8.

UNFCCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG-LULUCF)*.Bonnes pratiques pour assurer la qualité et la transparence des données.

FAO. (2021). *Global Forest Resources Assessment – FRA 2020*. État des forêts mondiales, données utiles sur la couverture forestière et son évolution.

FAO (2015) **Estimations des émissions de gaz à effet de serre en agriculture.** Un manuel pour répondre aux exigences de données des pays en développement

Direction Générale en charge des Forêts: Statistiques forestières depuis 1988 jusqu'en 2023 sur : le défrichement, feux de végétation, production de bois industriel, charbon de bois, bois de chauffe, reboisement

Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts et FTM - 2000: Inventaire Ecologique Forestier National 1: Occupations des sols à Madagascar et des statistiques forestiers.

Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts - 1996: Inventaire Ecologique Forestier National 0: Occupations des sols à Madagascar et des statistiques forestiers

Restauration forestière à Madagascar - 2011: capitalisation des expériences en vue de l'élaboration d'un Plan d'Action d la Restauration par Mac Arthur et Conservation International Madagascar

FAO. (2010). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer* (FAO Forestry Paper 134).Guide technique pour l'estimation de la biomasse dans les forêts tropicales.

CIFOR (Centre for International Forestry Research). Divers rapports sur la déforestation, la REDD+ et la gestion forestière en Afrique.

AFOLU Emission Factor Database (EFDB) – Base de données de facteurs d'émission du GIEC.https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php

LOFM (2019) Rapport de la déforestation nationale de 2000 à 2019Annuaire des statistiques agricoles, Ministère de l'Agriculture, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, Ministère de l'agriculture

Annuaire des statistiques agricoles, Ministère de l'agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 2002 à 2010 ;

Circonstances nationales, troisième communication nationale, Ministère de l'environnement et des Forêts, 2012 ;

Circonstances nationales, BUR et quatrième communication nationale, Ministère de l'environnement et des Forêts, 2024 ;

Communication nationale initiale de Madagascar, projet MAG/99/G31, Changement Climatique, 2001, Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts ;

Convention sur les changements climatiques, PNUE, 1992 ;

Deuxième Communication Nationale de Madagascar sur le Changement climatique (CCNUCC), Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts

Elevage et Environnement, à la recherche d'un équilibre, Cee de Haan et consorts, 1997 ;

Rapport annuel d'activités du Ministère en charge de l'Agriculture et de l'Elevage : 2017, 2018, 2019, 2021, 2022

Enquête agricole, structure des exploitations agricoles, campagne 1995-1996, Ministère de l'Agriculture;

Green gas house inventory, reference manual, volume 3, revised 1996 IPCC guidelines for national GGI;

Rapport national sur l'état des ressources génétiques animales de Madagascar, FAO, 2003 ;

Rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, Ministère de l'Agriculture, janvier 2009 ;

Recensement de l'agriculture, campagne agricole 2004-2005, Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche ;

Recensement national de l'Agriculture, tome II: superficies et cultures, 1984-1985, Ministère de l'Agriculture ;

Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventions nationales ;

Superficies, productions : CANNE –SUCRE –ALCOOL, CNCS, 2004-2013 ;

Tableau de bord environnemental (TBE) au niveau national, Office National pour l'Environnement, 2008.

Stratégie de développement à long terme à faible émission de carbone Bureau National du Changement Climatique (BNCCREDD+) en collaboration avec le Programme de la Nation Unies pour le Développement (PNUD)

Stratégie à long terme de développement à faible émission de gaz à effet de serre (SLT) de Madagascar, Programme des Nations Unies pour le Développement et Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2024

Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNA) Madagascar, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable 201 9

Deuxième Contribution Déterminée au niveau national de la République de Madagascar au titre de l'accord de paris sur les changements climatiques, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2022

Troisième Communication Nationale à la convention cadre des nations unies sur le changement climatique, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2017

Document de Référence de l'Elevage, Ministère de l'Elevage 2003

Stratégie et plan d'action pour le renforcement de la résilience des moyens de subsistance face au changement climatique à travers la mise à l'échelle de la diffusion de l'agriculture intelligente face au climat à Madagascar, Dr RAKOTONDRALAMBO Andriantahina et RANDRIAMANANTENA Mihaja , 2017

Stratégie nationale face au changement climatique secteur Agriculture- Elevage- Pêche, Ministère de l'Environnement et des Forêts-Ministère de l'Agriculture-Ministère de l'Elevage-Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques, 2012

Troisième communication nationale- CCNUCC Analyse des options d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre Secteur Agriculture, RAOZIVELOMANANA Veromanitra et ANDRIAMAHAZO Michelle, 2014

ANNEXES

Annexe 1: diagrammes décisionnels d'identification du niveau approprié/ méthode pour chaque catégorie des sources pour le secteur Agriculture

Le passage en revue et l'examen des IGES nationaux précédents des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les secteurs de l'agriculture et de l'élevage e a permis de déterminer que les sols cultivés, la fermentation entérique et la gestion des fumiers sont des catégories des sources clés pour ces secteurs. Notamment, il est important de souligner que la riziculture se distingue comme la principale émettrice de méthane (CH4).
Ces résultats ont conduit à l'élaboration de diagrammes de prise de décision pour identifier la méthode et le niveau d'estimation d'émission de GES appropriée ainsi que les méthodes méthode pour chaque catégorie des sources

Choix méthodologique : comment a été choisie le niveau méthodologique ?

Le choix méthodologique consiste à sélectionner la méthode la plus appropriée pour estimer les émissions ou les absorptions de GES tout en tenant compte des INGES précédents et des circonstances nationales. L'analyse des catégories clés a pour but d'aider les pays à choisir les méthodes les plus adaptées. Elle permet d'identifier les catégories de sources et de puits que le pays devrait prioriser dans son système national, c'est-à-dire celles qui ont une influence significative sur son inventaire total de GES en termes de niveaux absolus, de tendances ou d'incertitude. Lorsque les circonstances nationales le permettent, il est préférable d'utiliser les méthodes de niveau supérieur pour les catégories clés. Compte tenu des circonstances nationales, l'équipe inventoriste du Secteur Agriculture a décidé de rester à la méthodologie du niveau 1 pour l'estimation des GES dans le cadre du NIR et de la BTR1

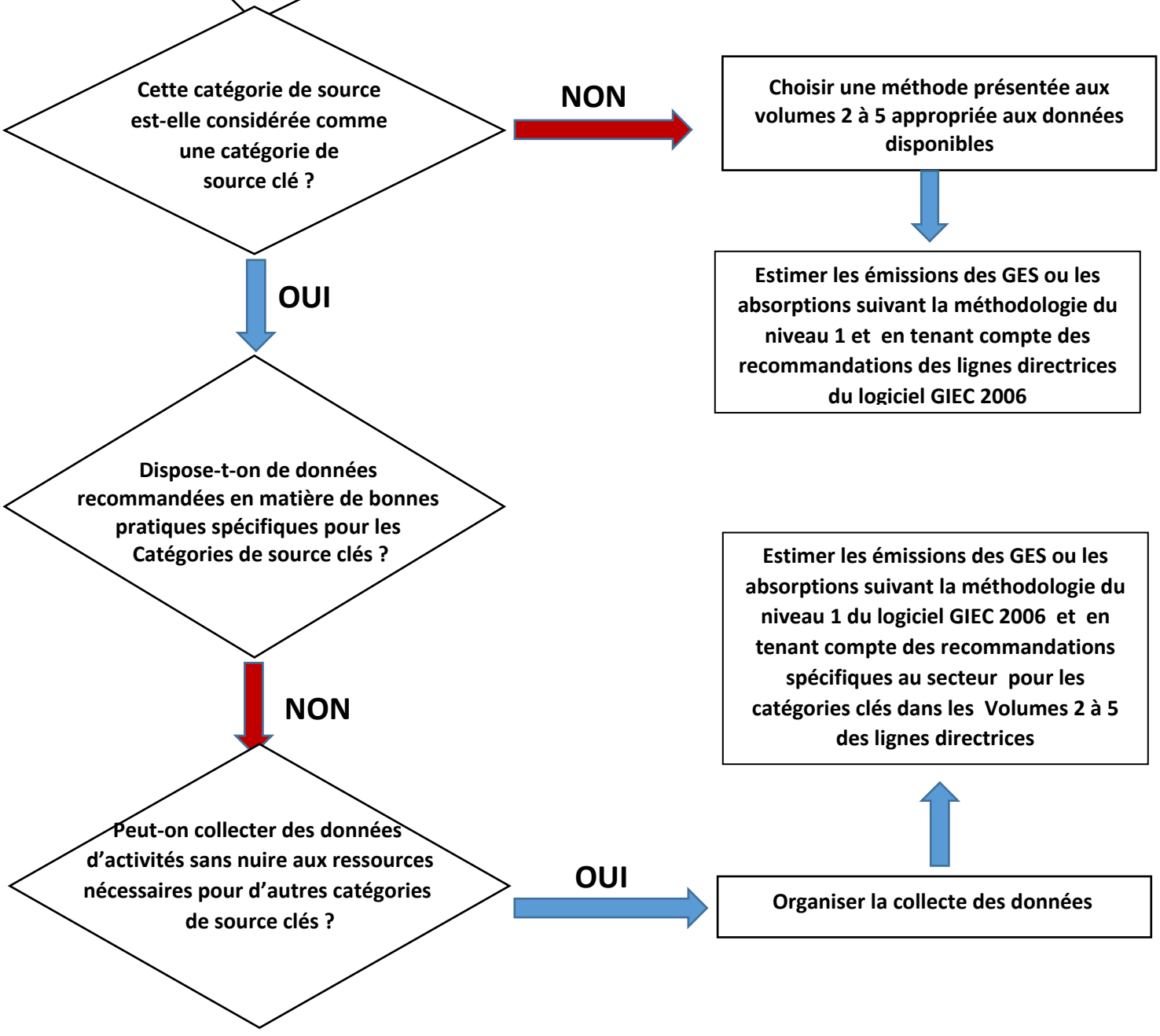
En ce qui concerne l'identification des catégories de sources clés, la flexibilité a été appliquée et l'Approche 1 a été utilisée. Les catégories, qui, cumulées par ordre décroissant d'importance, contribuent à 85 % au lieu de 95 % du total des émissions absolues nationales sont des catégories des sources clés.

Les pays devraient évaluer les catégories clés tant quantitativement que qualitativement. Le tableau 4.2 du Volume 1, du chapitre 4, des Lignes directrices 2006 du GIEC présente une feuille de calcul afin d'identifier quantitativement les catégories clés. Pour les utilisateurs du logiciel d'inventaire du GIEC 2006, l'analyse des catégories clés sera également générée par le logiciel (cf. encadré 2).

Après identification des catégories des sources clés, le diagramme décisionnel se présente comme suit pour chaque catégorie de sources clés.

Diagrammes décisionnels d'identification du niveau approprié/ méthode pour chaque catégorie des sources

- 3A1 Fermentation entérique
- 3A2 Gestion du fumier
- 3B2a Terre cultivée restant terre cultivée
- 3C Emissions de GES non CO2 agrégé
- 3C1b Brûlage des résidus agricoles des terres cultivées
- 3C2 Chaulage
- 3C3 Application d'urée
- 3C4 Emission directe de N2O provenant des sols gérés
- 3C5 Emissions indirectes de N2O provenant des sols gérés
- 3C6 Emissions indirectes de N2O provenant de la gestion du fumier
- 3C7 Riziculture irriguée



Annexe 2: Typologie des rizières à Madagascar

Quatre types de rizières inscrites dans un continuum de niveaux différenciés de maîtrise de l'eau sont rencontrés à Madagascar

Type 1 : Rizières bien irriguées ou tanimbary midi-drano, tanimbary miharandrano, tanimbary miadandrano (Riziculture irriguée inondée avec une bonne maîtrise de l'eau (RBME), de manière intermittente avec des périodes d'aération multiple) 30 %

Ce sont des rizières de grandes plaines rizicoles, grands périmètres irrigués qui ne rencontrent pratiquement pas de problèmes d'eau pour l'irrigation. Elles bénéficient non seulement de très bonnes conditions de disponibilité en eau, mais également d'un meilleur contrôle du système d'irrigation. Elles peuvent toutefois connaître des phénomènes passagers d'inondation pendant la saisonscyclonique (cas de certaines plaines rizicoles sur les hautes terres de Madagascar). En d'autres termes, les rizières sont inondées de manière intermittente pendant des périodes importantes et le régime hydrique est entièrement contrôlé. La période d'aération est multiple.

Type 2: Rizières mal irriguées ou tanimbary mihafy rano: Les rizières sont inondées pendant des périodes importantes et le régime hydrique dépend en grande partie des eaux de précipitation (50 %)

Ce sont des rizières de bas-fonds qui souffrent de la mauvaise distribution de l'eau d'irrigation. Les causes peuvent être l'insuffisance des ressources ou la carence dans la gestion de l'eau au niveau du terroir rizicole, toutes deux liées à une mauvaise organisation collective des usagers ou bien encore la défaillance des infrastructures hydro-agricoles. Elles se situent souvent au même niveau géographique ou topographique que les rizières de type 1. Elles sont en situation de déficit hydrique temporaire (en début et/ou en cours de campagne culturale) étant donné qu'elles sont plus éloignées des sources ou des canaux, les rizières de type 1 étant les premières alimentées en eau.

Type 3: Rizières pluviales ou mixtes, ou tanimbary mijaly rano/saro-drano susceptible à sécheresse (10%)

Ce sont des rizières qui souffrent de déficit hydrique quasi permanent. Elles dépendent presque exclusivement des eaux pluviales de ruissellement pour leur irrigation. Elles peuvent être soumises à des conditions d'alternance d'assec et de submersion, d'où l'appellation de rizières mixtes. Le contrôle de l'eau y étant toujours difficile sinon impossible, les risques d'assec sont plus fréquents et plus longs par rapport aux rizières de type 2. Il s'agît souvent des rizières hautes en terrasses, en situation topographique relativement élevée par rapport à celui du cours d'eau ou des canaux d'irrigation.

Type 4 : Riz uniquement pluvial ou Vary an tanety (10%)

Le champ peut être sur des montagnes ou de colline, un plateau ou un coteau. Terre non inondée. On appelle vary an tanety les riz qui poussent sur les tanety et qui ne sont pas irrigués.

Ces différents types de rizières sont partout présents constituant une mosaïque de situation. La maîtrise complète de l'eau d'irrigation (rizières bien irriguées) est absente dans plus de la moitié des situations de la riziculture aquatique à Madagascar. Cette dernière comporte une variabilité interne qui se présente comme suit selon les points de vue et les estimations des techniciens, agronomes, fédération des AUE et expert : 30 % des rizières sont bien irriguées avec maîtrise de l'eau, 50 % de rizières sont irriguées (eaux d'irrigation et eaux de pluies), 10 % de rizières sont pluviales susceptibles à sécheresse, et 10 % de rizières sont entièrement pluviales sur les tanety et ne sont pas inondées.

Annexe 3: Superficie des rizières récoltées suivant le type de régime de gestion de l'eau à Madagascar 1994-2023

Riz/Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Inondée et sujette à la sécheresse 10%	113 900	115 000	116 438	117 875	119 313	120 750	120 930	121 265	121 602	121 935	126 516	125 000	126 066	127 203	128 356	129 519	130 704
RBME : (30%)	341 700	345 000	349 313	353 625	357 938	362 250	362 790	363 795	364 806	365 805	379 548	375 000	378 198	381 609	385 068	388 556	392 113
Regular Inondable 50%	569 500	575 000	582 188	589 375	596 563	603 750	604 650	606 325	608 010	609 675	632 580	625 000	630 330	636 015	641 780	647 593	653 521
Riz Tanety et Tavy 10%	113 900	115 000	116 438	117 875	119 313	120 750	120 930	121 265	121 602	121 935	126 516	125 000	126 066	127 203	128 356	129 519	130 704
Total	1 139 000	1 150 000	1 164 375	1 178 750	1 193 125	1 207 500	1 209 300	1 212 650	1 216 020	1 219 350	1 265 160	1 250 000	1 260 660	1 272 030	1 283 560	1 295 186	1 307 043

Riz/Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Inondée et sujette à la sécheresse10%	115 456	121 952	92 133	95 195	84 108	86 166	73 000	148 000	160 000	167 500
RBME : (30%)	346 369	365 857	276 398	285 585	252 323	258 497	219 000	444 000	480 000	502 500
Regular Inondable 50%	577 281	609 762	460 664	475 975	420 538	430 829	365 000	740 000	800 000	837 500
Riz Tanety et Tavy 10%	115 456	121 952	92 133	95 195	84 108	86 166	73 000	148 000	160 000	167 500
Total	1 154 562	1 219 523	921 328	951 950	841 075	861 658	730 000	1 480 000	1 600 000	1 675 000

Systéme de riziculture/Année	2021	2022	2023
RBME : (30%)	480 000	473 076	621 101
regular Inondable 50%	800 000	788 460	1 035 168
Inondée et sujette à la sécheresse10%	160 000	157 692	207 034
Riz Tanety et Tavy 10%	160 000	157 692	207 034
Total	1 600 000	1 576 919	2 070 335

Annexe 4: Effectif des cheptels animaux 1994-2023

ANNEE	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total BOVINS	6 167 995	6 140 594	6 879 413	6 932 467	6 753 772	7 316 507	7 428 052	7 665 455	7 786 138	8 020 450	8 105 000	9 500 137	9 573 200	9 647 000	9 730 000	9 805 000	9 881 130
Vache laitière /Dairy cows	1 110 239	1 105 307	1 238 294	1 247 844	1 215 679	1 316 971	1 337 049	1 379 782	1 401 505	1 443 681	1 458 900	1 710 025	1 723 176	1 736 460	1 751 400	1 764 900	1 778 603
Bovins non laitiers/Other cattle	5 057 756	5 035 287	5 641 119	5 684 623	5 538 093	5 999 536	6 091 003	6 285 673	6 384 633	6 576 769	6 646 100	7 790 112	7 850 024	7 910 540	7 978 600	8 040 100	8 102 527
Mouton/Sheep	449 438	441 042	520 637	244 563	664 425	523 902	584 018	610 885	643 586	843 178	859 861	695 228	712 400	729 900	747 800	765 000	780 220
Chèvre/Goats	921 883	1 001 124	1 031 762	533 215	989 992	995 540	1 090 595	1 019 918	1 042 646	1 325 574	1 397 450	1 218 847	1 248 050	1 279 700	1 310 400	1 342 000	1 373 000
Porcs/Swine	591 463	675 191	1 130 560	878 820	869 993	659 558	503 764	558 418	493 304	605 010	676 251	1 247 044	1 283 400	1 314 400	1 346 000	1 375 000	1 408 500
Chevaux/Horses	335	380	400	420	440	460	480	470	470	470	470	470	470	480	480	485	485
Volaille/Poultry	16 338 575	17 836 811	15 989 100	15 989 100	20 478 596	21 129 748	21 830 233	22 863 453	24 002 840	29 417 000	29 436 900	29 150 447	29 850 000	30 579 000	31 312 000	32 062 000	33 135 200

ANNEE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total BOVINS	9 958 000	10 037 600	10 117 900	10 198 800	10 280 300	10 352 500	9 971 890	8 605 900	8 700 000	7 821 019
Vache laitière /Dairy cows	1 792 440	1 806 768	1 821 222	1 835 784	1 850 454	1 863 450	1 794 940	1 549 062	1 566 000	1 407 783
Bovins non laitiers/Other cattle	8 165 560	8 230 832	8 296 678	8 363 016	8 429 846	8 489 050	8 176 950	7 056 838	7 134 000	6 413 235
Mouton/Sheep	806 750	827 460	838 100	843 500	862 840	891 130	826 390	841 270	856 150	871 030
Chèvre/Goats	1 437 890	1 473 070	1 498 100	1 595 530	1 556 680	1 595 500	1 433 400	1 450 500	1 467 600	1 484 700
Porcs/Swine	1 475 980	1 518 180	1 549 900	1 585 600	1 625 200	1 669 000	1 689 400	1 731 100	1 763 200	1 801 700
Chevaux/Horses	490	490	485	490	494	497	503	508	508	508
Volaille/Poultry	33 932 800	34 730 500	35 528 200	36 325 800	37 123 500	37 920 000	38 690 000	39 488 000	40 276 700	36 954 630

ANNEE	2021	2022	2023	Jours de vie	Température annuelle moyenne, °C
Total BOVINS	7 030 843	6 320 500	7 520 290		
Vache laitière /Dairy cows	1 265 552	1 137 690	1 353 652	2920	20°C
Bovins non laitiers/Other cattle	5 765 291	5 182 810	6 166 638	2920	20°C
Mouton/Sheep	943 200	949 012	957 575	1460	20°C
Chèvre/Goats	1 865 000	1 963 902	2 019 044	1460	20°C
Porcs/Swine	2 119 795	2 226 780	2 326 598	1460	20°C
Chevaux/Horses	514	515	516		20°C
Volaille/Poultry	39 056 787	43 213 200	50 541 000	1095	20°C

Annexe: 5 Tendance des émissions et absorptions par gaz directs sur la période de 1994-2023 à Madagascar

Année	CO2 Net	CH4	N2O	HFCs
1994	-111800,674	14028,6664	6336,6535	12,2964
1995	-108929,347	14573,9244	6390,475	17,1502
1996	-134315,763	16064,958	7104,7825	21,3439
1997	-161964,639	15980,7788	7004,851	25,0279
1998	-145125,551	15698,0628	6836,735	28,2903
1999	-161702,99	16276,8088	6962,981	31,2268
2000	-328604,34	16546,0624	7032,8615	33,8851
2001	-386609,313	16995,7816	7368,8815	36,3722
2002	-390456,482	17210,8944	7437,013	37,986
2003	-392106,01	17661,0364	7688,922	39,7032
2004	-395005,502	18016,5244	7778,3595	41,3666
2005	-243051,15	19017,7428	7313,47	42,9746
2006	-241679,798	19546,496	7429,4435	44,5721
2007	-245405,282	19617,0138	7483,2802	47,1843
2008	-250954,579	23353,38	7547,8621	81,5929
2009	-256926,949	20261,2812	7683,9117	74,6885
2010	-257970,996	20569,8305	7761,8595	70,5773
2011	-288205,302	20504,9729	9492,4807	68,4629
2012	-278528,206	21156,1768	8699,44	68,1049
2013	-163910,499	20695,0619	7901,1204	68,8481
2014	-239493,199	21146,2818	9292,103	70,5634
2015	-189413,914	21192,6764	8002,4435	75,0255
2016	-257460,701	21640,7072	9492,3265	89,819
2017	-263773,519	21192,2536	9291,96	120,8092
2018	-86040,2606	22197,084	8623,5505	159,9407
2019	-162429,528	22924,8208	8725,019	193,9146
2020	-109646,172	22238,51	7176,624	210,7692
2021	-167981,879	21637,2912	7001,512	239,6968
2022	-135544,464	21002,9624	6810,553	263,4706
2023	-139565,854	23580,242	7200,6065	283,3966

Secteur : Agriculture **Année : 1994**

TABLE 3 SECTORAL REPORT FOR AGRICULTURE

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO2 kt	CH4 (kt)	N2O (kt)	Nox (kt)	CO (kt)	NMVOCs (kt)	SOx (kt)	CO2 Equivalents (kt)	CO2		CH4		N20	
									Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor
3 - Total Agriculture	1,6133	334,6894	16,3857	1,6656	61,2967			13715,1270	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A - Enteric Fermentation		215,6423						6037,9843	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a - Cattle		207,8614						5820,1200	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a.i -Mature dairy cattle		51,0710						1429,9878	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a.ii - Other mature cattle		156,7904						4390,1322	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.2 - Sheep		2,2472						62,9213	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.3- Swine		0,5915						16,5610	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.4- Other livestock		4,9422						138,3821	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B- Manure Management		7,3797	1,1203					503,5256	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1- Cattle		6,1680	0,5425					316,4724	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1.a.i - Mature dairy cattle		1,1102	0,3415					121,5801	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1.a.ii - Other mature cattle		5,0578	0,2010					194,8923	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.2- Sheep		0,0899	0,0000					2,5169	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.3 - Swine		0,5915	0,2472					82,0562	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.4- Other livestock		0,5303	0,0139					18,5423	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.5 - Indirect N2O emissions		0,0000	0,3167					83,9378	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.C - Rice cultivation		109,8685												
3.D - Agricultural soils			15,2187					4032,9625	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1 - Direct N2O Emissions from managed soils			12,5689					3330,7494	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.a - Inorganic N fertilizers			0,0057					1,5011	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.b - Organic N fertilizers			0,4314					114,3335	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.c - Urine and dung deposited by grazing animals			11,6148					3077,9315	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.2 - Indirect N2O Emissions from managed soils			2,6499					702,2130	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.E - Prescribed burning of savannahs		NO	NO											
3.F - Field burning of agricultural residues		1,7989	0,0466	1,6657	61,2968			62,7292	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.G - Liming	0,0000													
3.H- Urea application	1,6133							1,6133	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.I - Other carbon-containing fertilizers														
3.J - Other														

Secteur : Agriculture Année : 2019

TABLE 3 SECTORAL REPORT FOR AGRICULTURE

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO2 kt	CH4 (kt)	N2O (kt)	Nox (kt)	CO (kt)	NMVOCs (kt)	SOx (kt)	CO2 Equivalents (kt)	CO2		CH4		N20	
									Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor
3 - Total Agriculture	13,2765	474,0244	24,1751	2,1402	78,83			19692,363	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A - Enteric Fermentation		307,38663						8606,8256	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a - Cattle		293,19						8209,32	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a.i -Mature dairy cattle		72,036						2017,008	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a.ii - Other mature cattle		221,154						6192,312	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.2 - Sheep		4,28075						119,861	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.3- Swine		1,7632						49,3696	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.4- Other livestock		8,1527						228,275	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B- Manure Management		11,763949	1,5522928					910,17779	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1- Cattle		8,7	0,7652324					446,3866	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1.a.i - Mature dairy cattle		1,566	0,4816666					171,4896	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1.a.ii - Other mature cattle		7,134	0,2835658					274,897	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.2- Sheep		0,17123	0					4,7944	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.3 - Swine		1,7632	0,7869009					257,8983	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.4- Other livestock		1,1295	0,0001					31,6687	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.5 - Indirect N2O emissions		0	0,3167					169,4297	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.C - Rice cultivation		152,56051						4271,6943	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D - Agricultural soils			15,2187					5809,7189	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1 - Direct N2O Emissions from managed soils			19,852291					5260,8571	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.a - Inorganic N fertilizers			0,0294					7,8123	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.b - Organic N fertilizers			0,8721					231,0965	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.c - Urine and dung deposited by grazing animals			16,4987					4372,1455	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.2 - Indirect N2O Emissions from managed soils			2,0711768					649,8027	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.E - Prescribed burning of savannahs		NO	NO					548,8619	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.F - Field burning of agricultural residues		2,3134	0,0599	2,142	78,83			80,6691	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.G - Liming	0													
3.H- Urea application	13,2765							13,2765	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.I - Other carbon-containing fertilizers														
3.J - Other														

Secteur : Agriculture **Année : 2023**

TABLE 3 SECTORAL REPORT FOR AGRICULTURE

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO2 kt	CH4 (kt)	N2O (kt)	Nox (kt)	CO (kt)	NMVOCs (kt)	SOx (kt)	CO2 Equivalents (kt)	CO2		CH4		N2O	
									Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor	Method applied	Emission factor
3 - Total Agriculture	10,2101	483,4879	18,6521	2,7062	99,5878			18490,6747	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A - Enteric Fermentation		271,6636						7606,5799	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a - Cattle		253,4338						7096,1456	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a.i - Mature dairy cattle		62,267992						1743,5038	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.1.a.ii - Other mature cattle		191,165778						5352,6418	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.2 - Sheep		4,787875						134,0605	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.3 - Swine		2,326598						65,1447	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.A.4 - Other livestock		11,1153						311,2291	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B - Manure Management		11,49454272	1,63312086					949,0247	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1 - Cattle		7,52029	0,594618311					368,1419	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1.a.i - Mature dairy cattle		1,353652	0,41635314					148,1419	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.1.a.ii - Other mature cattle		6,166638	0,178265171					219,9061	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.2 - Sheep		0,191515	0					5,3624	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.3 - Swine		2,326598	1,038340539					340,3049	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.4 - Other livestock		1,4561	0,0001					40,8148	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.B.5 - Indirect N2O emissions		0	0,3167					194,4005	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.C - Rice cultivation		197,4071048						5527,3989	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D - Agricultural soils			15,2187					4295,5458	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1 - Direct N2O Emissions from managed soils			14,80094477					3922,2503	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.a - Inorganic N fertilizers			0,0231					6,1224	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.b - Organic N fertilizers			0,9326					247,157	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.1.c - Urine and dung deposited by grazing animals			11,3322					3003,0391	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.D.2 - Indirect N2O Emissions from managed soils			1,40866218					665,9317	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.E - Prescribed burning of savannahs		NO	NO					373,2955	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.F - Field burning of agricultural residues		2,9227	0,0758	2,7062	99,5878			101,9152	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.G - Liming	0													
3.H - Urea application	1,61333							10,2102	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut	Tier 1	par défaut
3.I - Other carbon-containing fertilizers														
3.J - Other														