

RAPPORT NATIONAL D'INVENTAIRE **DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE** de la Principauté de Monaco **1990-2022**



Gouvernement Princier
PRINCIPAUTÉ DE MONACO

Rapport publié par :

Direction de l'Environnement
Le Triton – 4^{ème} étage
5, rue du Gabian
98000 Monaco

Directeur : Valérie DAVENET

Sous la responsabilité de :

Direction de l'Environnement
Division Energie -Climat
Chef de Division : Jérémie CARLES

Auteurs (par ordre alphabétique) :

Mme Jessica ASTIER	Direction de l'Environnement
Mme Karine BATTISTI	Direction de l'Environnement
M. Jérémie CARLES	Direction de l'Environnement
Mme Laure CHEVALLIER	Direction de l'Environnement
Mme Céline GINDRE	Direction de l'Environnement
Mme Laetitia REBAUDENGO	Direction de l'Environnement

SOMMAIRE

1	SOMMAIRE.....	2
2	TABLE DES FIGURES.....	11
3	TABLE DES TABLEAUX.....	17
4	RESUME ANALYTIQUE	19
5	EXECUTIVE SUMMARY	20
1	INTRODUCTION.....	22
1.1	Cadre général.....	22
1.2	Cadre de réalisation des inventaires des émissions de gaz à effet de serre	22
1.3	Système National d'Inventaire	24
1.3.1	Dispositions prises sur le plan institutionnel pour l'établissement de l'inventaire national.....	24
1.3.2	Dispositions prises sur le plan juridique.....	26
1.3.3	Descriptif synthétique de la préparation des inventaires d'émission	26
1.3.4	Assurance de la qualité, contrôle de la qualité et vérification	30
1.3.4.1	Définitions.....	30
1.3.4.2	Contrôle qualité	31
1.3.4.3	Contrôles Qualité – Données sources et Traitements.....	36
1.3.4.4	Assurance qualité	36
1.3.4.5	Entités extérieures	37
1.3.5	Description des changements dans le système national depuis la soumission précédente.....	37
1.4	Collecte des données, traitement et archivage.....	38
1.4.1	Collecte et traitements.....	38
1.4.2	Traçabilité, Suivi et Archivage	38
1.4.2.1	Traçabilité.....	38
1.4.2.2	Suivi des améliorations et des non-conformités.....	38
1.4.2.3	Archivage	38
1.5	Descriptions générales des méthodologies et sources utilisées	40
1.5.1	Principes	40
1.5.2	Méthodes de calcul et facteurs d'émission.....	41
1.5.3	Pouvoirs de réchauffement globaux.....	46
1.6	Description des catégories clés.....	47
1.6.1	Catégories clés hors UTCATF –Tier 1.....	47
1.6.1.1	Catégories clés en 2022	47
1.6.1.2	Catégories clés en 1990	51
1.6.2	Catégories clés avec UTCATF –Tier 1	52
1.6.3	Catégories clés avec UTCATF – Tier 2	52
1.7	Evaluation des incertitudes	54
1.8	Exhaustivité de l'Inventaire	54
1.8.1	Couverture temporelle	54
1.8.2	Territoire.....	54
1.8.3	Substances	54
1.8.4	Sources émettrices	55
1.8.4.1	Secteur de l'énergie.....	55
1.8.4.2	Processus industriels.....	55
1.8.4.3	UTCATF	56
1.8.4.4	Déchets.....	56
1.8.5	Sources manquantes (reportées comme « NE »).....	56

1.8.6	Explication de l'application de la clé « IE »	56
1.8.7	Explication de l'application de la clé « NO »	59
1.8.8	Explication de la clé « NA »	60
2	EVOLUTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	61
2.1	Descriptions des tendances pour les émissions de gaz à effet de serre agrégées	61
2.1.1	Emissions globales de gaz à effet de serre en 2022	61
2.1.2	Evolution des émissions globales de gaz à effet de serre	63
2.1.3	Evolution des émissions par gaz à effet de serre	64
2.1.3.1	CO ₂	64
2.1.3.2	CH ₄	66
2.1.3.3	N ₂ O	67
2.1.3.4	HFC-PFC	68
2.1.3.5	SF ₆	69
2.1.4	Evolution des émissions de gaz à effet de serre indirects et de SO ₂	71
2.2	Descriptions des tendances pour les émissions de gaz à effet de serre par secteur	74
2.2.1	Secteur Energie	74
2.2.2	Secteur Procédés industriels	75
2.2.3	Secteur Déchets	76
2.2.4	Secteur UTCATF	77
3	ENERGIE (SECTEUR 1 DU CRT)	78
3.1	Caractéristiques générales du secteur	78
3.2	Comparaison de l'approche sectorielle avec l'approche de référence	79
3.2.1	1A -Consommation de combustibles	80
3.2.2	1A1a Production publique d'électricité et de chaleur	81
3.2.2.1	Caractéristiques générales de la catégorie source	82
3.2.2.2	Incinération des déchets solides et des boues d'épuration	83
3.2.2.3	Déchets incinérés	87
3.2.2.4	Évolution du facteur d'émission induit pour les déchets incinérés	98
3.2.2.5	Boues d'épuration des eaux incinérées	100
3.2.2.6	Combustion du fioul lourd et du gaz naturel	103
3.2.3	1A1b Raffinage du pétrole	106
3.2.4	1A1c Manufacture de combustibles solides et autres industries de l'énergie	106
3.2.5	1A2 Industries manufacturières et construction	107
3.2.5.1	1A2gvii Engins mobiles non routiers	108
3.2.5.2	1A2gviii. Combustion stationnaire – Secteur industriel	113
3.2.6	1A3 Transports	121
3.2.6.1	Caractéristiques générales de la catégorie source	122
3.2.6.2	Bilan énergétique	123
3.2.6.3	1A3a Aviation domestique	127
3.2.6.4	1A3b Transport routier	135
3.2.6.5	1A3c Chemins de fer	151
3.2.6.6	1A3d Navigation (domestique)	152
3.2.6.7	1A3e Autres modes de transport	157
3.2.7	1A4 Autres secteurs du domaine de l'énergie	158
3.2.7.1	1A4a Autres secteurs du domaine de l'énergie – Etablissements commerciaux et publics	159
3.2.7.2	1A4a – Commercial Off-road Transport- Racing cars	166
3.2.7.3	1A4.b. Autres secteurs du domaine de l'énergie – Secteur résidentiel	167
3.2.7.4	1A4c Agriculture, forêts, pêches	174
3.2.8	1A5 Divers	174
3.3	1B. Emissions fugitives à partir des combustibles	175
3.3.1	1B1 Emissions fugitives à partir des combustibles solides	176
1.1.1.	1B2b Emissions fugitives de gaz naturel	176

3.3.1.1	Réseaux de distribution de gaz	177
3.3.2	1B2c - Emissions due aux torchères et au venting	181
3.4	Recalcul du Secteur 1	182
3.5	Memo Items- 1.D.....	183
3.5.1	Soutes internationales - 1D1 International Bunkers.....	183
3.5.1.1	Caractéristiques générales de la catégorie.....	184
3.5.1.2	Répartition générale de la consommation énergétique	184
3.5.1.3	Aviation internationale (1.D.1.a).....	185
3.5.1.4	Navigation internationale (1.D.1.b)	187
4	PROCEDES INDUSTRIELS ET UTILISATION DE PRODUITS (SECTEUR 2 DU CRT).....	189
4.1	Caractéristiques générales du secteur	189
4.2	Catégories sources.....	190
4.2.1	2A – Industrie Minière.....	190
4.2.2	2B – Industrie Chimique	190
4.2.3	2C – Industrie Métallurgique	190
4.2.4	2D – Produits non énergétiques issus de combustibles et de l'utilisation des solvants.....	191
4.2.4.1	Caractéristiques générales de la catégorie.....	192
4.2.4.2	2.D.1 - Utilisation de lubrifiant.....	192
4.2.4.3	2.D.2 - Utilisation de cire de paraffine	194
4.2.4.4	2.D.3 - Autres	196
4.2.4.5	Entreprises de peinture « Paint application ».....	196
4.2.4.6	Nettoyage à sec de vêtements « dry cleaning »	198
4.2.4.7	Épandage d'enrobés bitumeux « Road paving with asphalt ».....	199
4.2.4.8	Imprimeries « printing ».....	201
4.2.4.9	Menuiseries « Wood preservation »	202
4.2.4.10	Utilisation d'Urée (par le transport routier)	204
4.2.4.11	Utilisation domestique des solvants « Domestic solvent use ».....	205
4.2.4.12	Application de colles et adhésifs « Application of glues and adhesives »	206
4.2.5	2E – Industrie Electronique.....	207
4.2.6	2F – Utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (ODS)	208
4.2.6.1	2.F.1.b - Réfrigération domestique	209
4.2.6.2	2.F.1.e - HFC et PFC utilisés pour la climatisation des véhicules.....	216
4.2.6.3	2.F.1.f - Climatisation stationnaire	228
4.2.6.5	2.F.2.a - Utilisation de mousse.....	232
4.2.6.6	2.F.4.a - Utilisation d'aérosols et d'inhalateurs	234
4.2.7	2G –Autres usages et fabrication de produits	236
4.2.7.1	2.G.1 - SF ₆ utilisé dans les appareillages électriques	237
4.2.7.2	2.G.2.b - SF ₆ utilisé dans les accélérateurs de particules	239
4.2.7.3	2.G.3.a - N ₂ O utilisé comme anesthésiant et/ou analgésique	240
4.2.7.4	2.G.3.b - N ₂ O utilisé comme gaz propulseur d'aérosols.....	242
4.2.8	2H –Autres.....	244
5	AGRICULTURE (SECTEUR 3 DU CRT)	245
6	UTILISATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE - UTCATF (SECTEUR 4 DU CRT)	246
6.1	Caractéristiques générales.....	247
6.1.1	Définitions et système de classification d'utilisation des terres.....	248
6.1.2	Etablissements cat 4E.....	249
6.1.2.1	4.E.1- Variation du stock de Carbone.....	249
6.1.2.2	4.E.1 - Utilisation de fertilisant	254
6.2	Méthodologies d'estimation des émissions.....	255

6.2.1	Méthodologie de calculs pour la variation du stock de carbone dans la biomasse active des arbres.....	255
6.2.1.1	Surface totale du houppier en phase de croissance.....	255
6.2.1.2	Taux de croissance	259
6.2.2	Méthodologies relatives aux émissions dues à l'utilisation d'engrais dans les espaces verts.....	261
6.2.2.1	Emissions directes.....	261
6.2.2.2	Emissions indirectes	262
6.2.2.3	Produit ligneux récolté - Catégorie 4G	264
7	DECHETS (SECTEUR 5 DU CRT).....	267
7.1	Généralités sur la gestion des déchets à Monaco.....	268
7.2	Catégories sources.....	269
7.2.1	Dépôt de déchets solides sur les sites de décharge publique (secteur 5.A)	269
7.2.2	Traitement biologique des déchets solides (secteur 5.B).....	269
7.2.3	Incinération et combustion à l'air libre des déchets (secteur 5.C)	270
7.2.3.1	Activités relatives au traitement des déchets solides.....	270
7.2.3.2	Activités liées à la crémation	270
7.2.4	Traitement des eaux résiduaires (secteur 5.D.).....	272
7.2.4.1	Description de la catégorie source.....	273
7.2.4.2	Boues d'épurations.....	274
7.2.4.3	Postes d'émissions pour la catégorie source 5.D.1	275
7.2.4.4	Données d'activité.....	276
7.2.4.5	Estimation des volumes d'eaux non traitées.....	280
7.2.4.6	Autre (secteur 5.E.)	292
8	AUTRES SECTEURS.....	293
9	EMISSIONS INDIRECTES DE CO ₂ ET D'OXYDES NITREUX	294
10	NOUVEAUX CALCULS ET AMELIORATIONS.....	295
10.1	Recalcul - comparaison pour l'année de référence et 2021.	295
10.2	Implications sur les niveaux d'émissions	301
10.3	Implications sur les tendances	301
10.4	Améliorations planifiées.....	302
10.5	Statut des recommandations	303
10.6	Synthèse des émissions de 1990 et 2021 estimées dans les NIR 2023 et NIR 2024 ...	310
10.6.1	Tableau des émissions de l'année 1990 - soumission 2024	310
10.6.2	Tableau des émissions de l'année 1990 -soumission 2023.....	311
10.6.3	Tableau des émissions de l'année 2021 -soumission 2024.....	312
10.6.4	Tableau des émissions de l'année 2021 -soumission 2023	313
11	MODIFICATIONS APPORTEES AU SYSTEME NATIONAL	315
11.1	Nom et coordonnées du responsable du système national d'inventaire désigné par la Partie	315
11.2	Répartition des rôles et des responsabilités au sein du système national d'inventaire.....	315
12	AUTRES INFORMATIONS.....	316
13	ANNEXE 1 - ANALYSE DES CATEGORIES CLES	317
13.1	Résumé des catégories clés	318
13.2	Evaluation des catégories principales pour l'année 1990 – Méthode Tier 1.....	325
13.3	Evaluation des catégories principales pour l'année 2022 – Méthode Tier 1.....	327
13.4	Evaluation des catégories principales pour l'année 2022 – Méthode Tier 2 – Contribution	329
13.5	Evaluation des catégories principales pour l'année 2022 – Méthode Tier 2 - Evolution	333

14	ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.....	337
15	ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES.....	341
15.1	Annexe 3.A - 1A1a Production publique d'électricité et de chaleur valorisation énergétique des déchets.....	341
15.1.1	Incinération des déchets solides.....	341
15.1.1.1	Calcul des émissions annuelles de NO _x , CO, NMVOC et de SO ₂	341
15.1.1.2	Tonnages des différentes catégories de déchets solides sur la série temporelle.....	342
15.1.2	Incinération des boues d'épuration.....	343
15.1.2.1	Calcul des émissions annuelles de CH ₄ et de N ₂ O.....	343
15.1.3	Combustion du fioul lourd et du gaz naturel.....	343
15.1.4	Fioul lourd.....	343
15.1.4.1	Données d'activité.....	343
15.1.4.2	Calcul des émissions de CO ₂	344
15.1.4.3	Calcul des émissions de CH ₄	344
15.1.4.4	Calcul des émissions de N ₂ O.....	344
15.1.4.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	344
15.1.4.6	Calcul des émissions de NH ₃	345
15.1.5	Gaz naturel.....	345
15.1.5.1	Données d'activité.....	345
15.1.5.2	Calcul des émissions de CO ₂	345
15.1.5.3	Calcul des émissions de CH ₄	346
15.1.5.4	Calcul des émissions de N ₂ O.....	346
15.1.5.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	346
15.1.5.6	Calcul des émissions de NH ₃	347
15.2	Annexe 3.B. - Transport (1A3).....	348
15.2.1	Biocarburants.....	348
15.2.2	Transport routier (1A3.b).....	349
15.2.2.1	Calcul du FE CO2 Country Specific.....	349
15.2.2.2	Parc statique par norme.....	351
15.2.2.3	Age du parc par norme.....	352
15.2.2.4	Kilométrage annuel moyen brut par norme.....	353
15.2.2.5	Trafic brut par norme.....	354
15.2.2.6	Consommation brute de carburant par norme.....	354
15.2.2.7	Balance énergétique.....	355
15.2.2.8	Trafic calé par norme.....	355
15.2.2.9	Consommation calée de carburant par norme.....	355
15.2.2.10	Consommations de lubrifiants, de produits pétroliers, de biocarburants et d'urée.....	355
15.2.2.11	Calculs des facteurs d'émissions de COVNM des évaporations.....	356
15.2.2.12	Calculs des émissions de GES et de polluants.....	356
15.2.3	Navigation nationale (1A3d).....	356
15.2.3.1	Détermination de la Part de navigation nationale dans l'utilisation des carburants utilisés pour la navigation (1A3d).....	356
15.2.3.2	Calcul des émissions de gaz à effet de serre par les bateaux à moteur à essence et à moteur Diesel.....	358
15.3	Annexe 3.C. – Industrie manufacturière - 1A2g Autres secteurs – Sources mobiles..	362
15.3.1	Données d'activité.....	362
15.3.1.1	Calcul des émissions de CO ₂	363
15.3.1.2	Calcul des émissions de CH ₄	363
15.3.1.3	Calcul des émissions de N ₂ O.....	364
15.3.2	Formules d'estimation des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	365
15.3.2.1	Fioul domestique et Gazole non routier.....	365

15.3.2.2	Biomass To Liquid (BTL)	366
15.3.2.3	Gas To Liquid (GTL)	366
15.3.2.4	Calcul des émissions de NH ₃	367
15.4	Annexe 3.D. – Combustion stationnaire - 1A2gviii Secteur Industriel	368
15.4.1	Fioul domestique (FOD)	369
15.4.1.1	Données d'activité.....	369
15.4.1.2	Calcul des émissions de CO ₂	369
15.4.1.3	Calcul des émissions de CH ₄	369
15.4.1.4	Calcul des émissions de N ₂ O	369
15.4.1.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	370
15.4.1.6	Calcul des émissions de NH ₃	370
15.4.2	Gaz naturel	370
15.4.2.1	Données d'activité.....	370
15.4.2.2	Calcul des émissions de CO ₂	371
15.4.2.3	Calcul des émissions de CH ₄	371
15.4.2.4	Calcul des émissions de N ₂ O	371
15.4.2.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	372
15.4.2.6	Calcul des émissions de NH ₃	372
15.4.3	Gaz de pétrole liquéfié/ Gaz de pétrole liquéfié bio.....	372
15.4.3.1	Donnes d'activités	372
15.4.3.2	Calcul des émissions de CO ₂	373
15.4.3.3	Calcul des émissions de CH ₄	373
15.4.3.4	Calcul des émissions de N ₂ O	373
15.4.3.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	373
15.4.3.6	Calcul des émissions de NH ₃	373
15.4.4	Gas To Liquid (GTL).....	374
15.4.4.1	Données d'activité.....	374
15.4.4.2	Calcul des émissions de CO ₂	374
15.4.4.3	Calcul des émissions de CH ₄	374
15.4.4.4	Calcul des émissions de N ₂ O	374
15.4.4.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	375
15.4.4.6	Calcul des émissions de NH ₃	375
15.4.5	Biomass To Liquid (BTL)	375
15.4.5.1	Données d'activité.....	375
15.4.5.2	Calcul des émissions de CO ₂	376
15.4.5.3	Calcul des émissions de CH ₄	376
15.4.5.4	Calcul des émissions de N ₂ O	376
15.4.5.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	376
15.4.5.6	Calcul des émissions de NH ₃	377
15.5	Annexe 3.D. – Combustion stationnaire - 1A2gviii Secteur Industriel	378
15.5.1	Fioul domestique (FOD)	379
15.5.1.1	Données d'activité.....	379
15.5.1.2	Calcul des émissions de CO ₂	379
15.5.1.3	Calcul des émissions de CH ₄	379
15.5.1.4	Calcul des émissions de N ₂ O	379
15.5.1.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	380
15.5.1.6	Calcul des émissions de NH ₃	380
15.5.2	Gaz naturel	380
15.5.2.1	Données d'activité.....	380
15.5.2.2	Calcul des émissions de CO ₂	381
15.5.2.3	Calcul des émissions de CH ₄	381
15.5.2.4	Calcul des émissions de N ₂ O	381
15.5.2.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	382
15.5.2.6	Calcul des émissions de NH ₃	382
15.6	Annexe 3.E. - Autres secteurs du domaine de l'énergie 1A4a Etablissements commerciaux et publics	383
15.6.1	Fioul domestique (FOD)	384

15.6.1.1	Données d'activité.....	384
15.6.1.2	Calcul des émissions de CO ₂	384
15.6.1.3	Calcul des émissions de CH ₄	384
15.6.1.4	Calcul des émissions de N ₂ O	384
15.6.1.5	Formules des émissions pour les gaz à effet indirects.....	385
15.6.1.6	Calcul des émissions de NH ₃	385
15.6.2	Gaz naturel	385
15.6.2.1	Données d'activité.....	385
15.6.2.2	Calcul des émissions de CO ₂	386
15.6.2.3	Calcul des émissions de CH ₄	386
15.6.2.4	Calcul des émissions de N ₂ O	386
15.6.2.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	387
15.6.2.6	Calcul des émissions de NH ₃	387
15.7	Annexe 3.E. - Autres secteurs du domaine de l'énergie - 1A4b Secteur résidentiel..	388
15.7.1	Fioul domestique (FOD)	388
15.7.1.1	Données d'activité.....	388
15.7.1.2	Calcul des émissions de CO ₂	388
15.7.1.3	Calcul des émissions de CH ₄	388
15.7.2	Calcul des émissions de N ₂ O	389
15.7.2.1	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	389
15.7.2.2	Calcul des émissions de NH ₃	389
15.7.3	Gaz naturel	389
15.7.3.1	Données d'activité.....	389
15.7.3.2	Calcul des émissions de CO ₂	390
15.7.3.3	Calcul des émissions de CH ₄	390
15.7.3.4	Calcul des émissions de N ₂ O	391
15.7.3.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	391
15.7.3.6	Calcul des émissions de NH ₃	391
15.7.4	Gaz de pétrole liquéfié/ Gaz de pétrole liquéfié bio.....	391
15.7.4.1	Données d'activité.....	392
15.7.4.2	Calcul des émissions de CO ₂	392
15.7.4.3	Calcul des émissions de CH ₄	392
15.7.4.4	Calcul des émissions de N ₂ O	392
15.7.4.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	392
15.7.4.6	Calcul des émissions de NH ₃	393
15.7.5	Gas To Liquid (GTL).....	393
15.7.5.1	Données d'activité.....	393
15.7.5.2	Calcul des émissions de CO ₂	393
15.7.5.3	Calcul des émissions de CH ₄	393
15.7.5.4	Calcul des émissions de N ₂ O	394
15.7.5.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	394
15.7.5.6	Calcul des émissions de NH ₃	394
15.7.6	Biomass To Liquid (BTL)	395
15.7.6.1	Données d'activité.....	395
15.7.6.2	Calcul des émissions de CO ₂	395
15.7.6.3	Calcul des émissions de CH ₄	395
15.7.6.4	Calcul des émissions de N ₂ O	396
15.7.6.5	Formules des émissions pour les gaz à effet de serre indirects.....	396
15.7.6.6	Calcul des émissions de NH ₃	396
16	ANNEXE 4 –BILAN ENERGETIQUE	397
17	ANNEXE 5- INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES.....	398
17.1	Equipe nationale en charge de l'inventaire national et du registre d'émissions de gaz à effet de serre.	398
17.1.1	Entité.....	398

17.1.2	Inventaire national	398
17.1.2.1	Point de contact	398
17.1.2.2	Auteurs.....	399
17.1.3	Point focal pour la Convention-cadre des Nation unies pour les changements climatiques :	399
17.2	Résumé du Contrôle qualité / Assurance Qualité	400
17.2.1	Contrôle qualité.....	400
17.2.2	Plan QA/QC	405
17.3	Tableaux CRT SUMMARY 2	405
17.3.1	Résultats pour la Principauté de Monaco selon le périmètre et le format au titre de la CCNUCC pour l'année 1990	406
17.3.2	Résultats pour la Principauté de Monaco selon le périmètre et le format au titre de la CCNUCC pour l'année 2022	407
18	RÉFÉRENCES.....	408

Table des Figures

Figure 1. Schéma général du système national d'inventaire.....	24
Figure 2 . Planning d'élaboration des inventaires.....	28
Figure 3. Procédures générales de niveau 1 mises en œuvre pour l'établissement des inventaires.....	32
Figure 4. Schéma du système de Contrôle Qualité/ Assurance Qualité.....	35
Figure 5. Emissions de GES par secteur en 2022 (hors UTCATF en ktCO ₂ eq).....	62
Figure 6. Emissions de GES par gaz en 2022 (hors UTCATF en ktCO ₂ eq).....	62
Figure 7. Evolution des émissions globales de gaz à effet de serre entre 1990 et 2022	63
Figure 8. Répartition en 1990 et 2022 des émissions par gaz à effet de serre.	64
Figure 9. Evolution des émissions de CO ₂ entre 1990 et 2022	65
Figure 10. Evolution des émissions de CH ₄ entre 1990 et 2022.....	66
Figure 11. Evolution des émissions de N ₂ O entre 1990 et 2022	67
Figure 12. Evolution des émissions de HFCs-PFCs entre 1990 et 2022.....	68
Figure 13. Evolution des émissions de SF ₆ entre 1990 et 2022	69
Figure 14. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de NOx	71
Figure 15. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de CO.....	71
Figure 16. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de NMVOC	72
Figure 17. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de SO ₂	72
Figure 18. Répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur en 1990 et 2022 ...	74
Figure 19. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Energie entre 1990 et 2022.....	74
Figure 20.Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Energie par rapport à 1990	75
Figure 21. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Procédés Industriels entre 1990 et 2022.....	75
Figure 22. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Procédés Industriels par rapport à 1990.....	75
Figure 23.Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Déchets entre 1990 et 2022.....	76
Figure 24.Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Déchets par rapport à 1990	76
Figure 25.Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur UTCATF entre 1990 et 2022.....	77
Figure 26.Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur UTCATF par rapport à 1990	77
Figure 27.Répartition en 1990 et 2022 des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'énergie.....	78
Figure 28.Evolution des émissions de GES entre 1990 et 2022.....	80
Figure 29.Emissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie- Production publique d'électricité et de chaleur	82
Figure 30.Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - Production publique d'électricité et de chaleur	82
Figure 31. Série temporelle des déchets caractérisés depuis 1990	84
Figure 32. Répartition des émissions de GES par types de déchets depuis 1990	84
Figure 33. Composition des déchets (a) et répartition des émissions de GES par types de déchets pour l'année 2022 (b)	85
Figure 34. Répartition des émissions de GES entre les déchets de Monaco, les déchets de France et les boues d'épuration depuis 1990	86
Figure 35. Caractérisation des émissions de CO ₂ fossile et biogénique depuis 1990	86

Figure 36. Catégorisation des ordures ménagères provenant de Monaco (a) et de France (b) (en poids humide)	90
Figure 37. Recalcul de la quantité de déchets fossiles incinérés (a) et de déchets biogènes incinérés (b)	97
Figure 38. Recalcul des émissions de GES du 1A1a - Déchets incinérés.....	98
Figure 39.Représentation du % d'énergie représenté pour chaque catégorie de déchets solides sur la série temporelle	99
Figure 40.Représentation du % d'émissions de GES représenté pour chaque catégorie de déchets solides sur la série temporelle	100
Figure 41. Évolution des émissions de GES depuis 1990 de la combustion de gaz et de fioul lourd	103
Figure 42. Consommation énergétique de la combustion de gaz naturel et de fioul lourd	104
Figure 43. Recalcul des émissions de GES du 1A1a -Fioul-Gaz	106
Figure 44. Emissions de GES entre 1990 et 2022 du secteur 1A2.....	107
Figure 45.Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 du secteur 1A2	107
Figure 46. Consommation énergétique de la catégorie - 1A2g Construction et BTP - Sources mobiles.....	108
Figure 47. Émissions de GES par catégorie source - 1A2g Construction et BTP - Sources mobiles.....	109
Figure 48. Recalcul des émissions de GES du 1A2gvii	112
Figure 49. Evolution des émissions de GES du secteur des transports entre 1990 et 2022.....	121
Figure 50. Evolution des émissions de GES du secteur des transports par rapport à 1990	121
Figure 51. Répartitions des émissions de GES du transport en 1990 et 2022.....	122
Figure 52. Evolution de la répartition et des émissions des catégories sources du transport	123
Figure 53. Evolution de la consommation énergétique des transports	124
Figure 54. Répartition de la consommation énergétique par carburant en 1990 et 2022	124
Figure 55. Evolution de la consommation énergétique par carburant en 1990 et 2022 du secteur des transports.....	125
Figure 56. Répartition de la consommation énergétique par carburant et catégories source de transport en 1990 et 2022	126
Figure 57. Emissions de GES de l'aviation domestique entre 1990 et 2022	127
Figure 58. Evolution des émissions de GES de l'aviation domestique entre 1990 et 2022	127
Figure 59. Aviation civile : nombre de cycles de décollage et d'atterrissage (mouvements) en fonction des destinations.....	128
Figure 60. Aviation civile : Carburant (volume total) distribué à l'héliport de Monaco	130
Figure 61. Aviation civile : carburant domestique consommé à Monaco.....	131
Figure 62. Aviation civile : émissions des GES totaux en $kt_{eq\ CO_2}$	132
Figure 63. Emissions de GES du transport aérien domestique – recalcul de la série temporelle	134
Figure 64. Emissions de GES du transport routier entre 1990 et 2022.....	135
Figure 65. Evolution des émissions de GES du transport routier entre 1990 et 2022.....	135
Figure 66. Distribution de carburant en Principauté (m^3)	136
Figure 67. Proportion des carburants vendus par type en 1990 et 2022	137
Figure 68. Part de biocarburant dans les carburants	137
Figure 69. Evolution du parc, par catégorie principale, entre 1990 et 2022.....	138
Figure 70. Sous-catégories du parc routier monégasque	139
Figure 71. Classification des véhicules pour chaque catégorie principale, par type de carburant et selon les normes EURO	139
Figure 72. Consommation de lubrifiant total – calcul COPERT	142
Figure 73. Evolution de la consommation énergétique du transport routier entre 1990 et 2022.....	143
Figure 74. Distribution de la consommation énergétique pour le transport routier en 1990 et 2022, par énergie.....	143

Figure 75. Evolution de la consommation énergétique du transport routier entre 1990 et 2022, par catégorie principale de véhicule.....	143
Figure 76. Evolution de la consommation énergétique du transport routier entre 1990 et 2022, par type de fuel, par catégorie de véhicule	144
Figure 77. Evolution des émissions du transport routier par gaz	144
Figure 78. Variation des émissions du transport routier par gaz, par rapport à la référence de 1990	145
Figure 79. Répartitions des émissions du transport routier par catégorie de véhicule en 1990 et 2022.....	147
Figure 80. Evolution des émissions du transport routier par catégorie de véhicule	147
Figure 81. Emissions de GES du transport routier – recalcul de la série temporelle	150
Figure 82. Evolution des émissions de GES de la navigation domestique entre 1990 et 2022	152
Figure 83. Evolution des émissions de GES de la navigation domestique par rapport à 1990	152
Figure 84. Vente totale de carburant à destination de la navigation.....	154
Figure 85. Part nationale de la navigation, par type de carburant (source- enquête ménage)	155
Figure 86. Vente de carburant à destination de la navigation domestique	155
Figure 87. Consommation énergétique de la navigation domestique.....	155
Figure 88. Répartition de la consommation énergétique de la navigation domestique en 1990 et 2022	156
Figure 89. Recalcul des émissions de GES- Secteur 1A3d	157
Figure 90. Evolution des émissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie - 1A4 Autres secteurs du domaine de l'énergie	158
Figure 91. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - 1A4 Autres secteurs du domaine de l'énergie	158
Figure 92. Evolution des émissions de GES depuis 1990 de la catégorie - 1A4a Établissements commerciaux et publics.....	159
Figure 93. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - 1AAa Établissements commerciaux et publics.....	159
Figure 94. Émissions de GES par catégorie source - 1AAa Établissements commerciaux et publics (en kt CO _{2eq}).....	160
Figure 95. Recalcul des émissions de GES du 1A4a	165
Figure 96. Evolution des émissions de GES depuis 1990 de la catégorie - 1A4b Secteur résidentiel	167
Figure 97. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - 1A4b Secteur résidentiel	167
Figure 98. Émissions de GES par catégorie source - 1A4b Secteur résidentiel (en kt CO _{2eq})	168
Figure 99. Consommation énergétique de la catégorie - 1A4b Secteur résidentiel.....	168
Figure 100. Evolution des émissions fugitives à partir des combustibles entre 1990 et 2022	175
Figure 101. Evolution des émissions fugitives par rapport à 1990	175
Figure 102. Evolution des volumes totaux de carburants stockés et distribués sur la Principauté.....	176
Figure 103. Evolution des longueurs de réseau par matériaux et par pression de service..	178
Figure 104. Evolution du nombre d'équipements – branchements de moyenne et basse pression	178
Figure 105. Recalcul du Secteur 1.....	182
Figure 106. Evolution des émissions de GES des soutes internationales entre 1990 et 2022	183
Figure 107. Evolution des émissions de GES des soutes internationales entre 1990 et 2022	183
Figure 108. Evolution de la consommation énergétique des soutes internationales	184
Figure 109. Répartition de la consommation énergétique des soutes internationales	184

Figure 110. Evolution des émissions de GES entre 1990 et 2022 des soutes internationales – Aviation civile.....	185
Figure 111. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 des soutes internationales – Aviation civile.....	185
Figure 112. Consommation énergétique déterminée calée pour l'aérien international.....	186
Figure 113. Recalcul des émissions de l'aviation internationale	186
Figure 114. Evolution des émissions de GES des soutes internationales –Navigation internationale.....	187
Figure 115. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 des soutes internationales – Navigation internationale.....	187
Figure 116. Ventes de carburants à destination de la navigation internationale.....	188
Figure 117. Recalcul pour les émissions de la navigation internationale	188
Figure 118. Répartition en 1990 et 2022 des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'Industrie.....	189
Figure 119. Emissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie source 2D- Produits non énergétiques issus de combustibles et de l'utilisation des solvants.....	191
Figure 120. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie source 2D - Produits non énergétiques de combustibles et de l'utilisation des solvants.....	191
Figure 121. Quantité de lubrifiant des moteurs 4 temps effectivement brûlée (hors moteur 2 temps)	193
Figure 122. Recalcul des émissions liées à la consommation de lubrifiant (hors moteur 2 temps)	194
Figure 123. Evolution des émissions de GES liées à l'utilisation de cire de paraffine.....	195
Figure 124. Recalcul des émissions de GES liées à l'utilisation de cire de paraffine.....	196
Figure 125. Emissions indirectes liées à l'utilisation de peinture.....	197
Figure 126. Emissions indirectes liées au nettoyage à sec de vêtements.....	199
Figure 127. Emissions indirectes liées à l'épandage de bitume.....	200
Figure 128. Emissions liées aux imprimeries	201
Figure 129. Emissions indirectes liées aux traitements du bois.....	203
Figure 130. Emissions indirectes liées à l'utilisation domestique de solvants.....	205
Figure 131. Recalcul des émissions indirectes liées à l'utilisation domestique de solvants	206
Figure 132. Emissions liées à l'utilisation de colles et adhésifs	207
Figure 133. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de colles et adhésifs	207
Figure 134. Emissions de GES entre 1990 et 2021 de la catégorie 2F – Utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	208
Figure 135. Evolution des émissions de la sous-catégorie 2F.1.b	209
Figure 136. Evolution des émissions de la sous-catégorie 2F.1.b en 2022 suivant les postes d'émissions.....	210
Figure 137. Evolution des données d'activité pour les équipements domestique.....	211
Figure 138. Quantité de gaz en banques pour la réfrigération domestique et hôtelière	213
Figure 139. Part des fluides frigorigènes des nouveaux équipements mis sur le marché.....	213
Figure 140. Recalcul des émissions de R134a - réfrigération domestique.....	215
Figure 141. Evolution des émissions pour la climatisation mobile	216
Figure 142. Evolution de la flotte VP : nombre et âge des véhicules	221
Figure 143. Evolution de la flotte de VUL : nombre et âge des véhicules.....	221
Figure 144. Evolution du pourcentage de véhicules neuf climatisés	222
Figure 145. Charges moyennes en R134a suivant l'année de production des véhicules pour les véhicules personnels (VP)	223
Figure 146. Charges moyennes en R134a suivant l'année de production des véhicules	224
Figure 147. Stock de gaz R134a (Bt) au sein de la flotte automobile (VP+VUL)	224
Figure 148. Evolution des facteurs d'émission au sein de la flotte automobile VP.....	225
Figure 149. Evolution des facteurs d'émission au sein de la flotte automobile VUL.....	226
Figure 150. Recalcul des émissions liées à la climatisation des véhicules	227
Figure 151. Gaz fluorés liées à la climatisation stationnaire.....	228
Figure 152. Répartition des émissions par gaz liées à la climatisation stationnaire	229
Figure 153. Emissions de C ₃ F ₈ liées à la climatisation stationnaire	230

Figure 154. Recalcul des émissions totales de HFC liées à la climatisation stationnaire	231
Figure 155. Emissions de HFC liées à l'utilisation de mousses d'isolation	232
Figure 156. Recalcul des émissions de HFC liées à l'utilisation de mousses d'isolation	233
Figure 157. Emissions de HFC liées à l'utilisation d'aérosols et d'inhalateurs	234
Figure 158. Recalcul des émissions de HFC liées à l'utilisation d'aérosols et d'inhalateurs	235
Figure 159. Emissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie 2G – Autres usages et fabrication de produits	236
Figure 160. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie 2G – Autres usages et fabrication de produits	236
Figure 161. Emissions liées à l'utilisation de SF ₆ dans les appareillages électriques	237
Figure 162. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de SF ₆ dans les appareillages électriques	238
Figure 163. Emissions liées à l'utilisation de SF ₆ dans les accélérateurs de particules	239
Figure 164. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de SF ₆ dans les accélérateurs de particules	240
Figure 165. Emissions liées à l'utilisation de N ₂ O comme anesthésiant/analgésique	241
Figure 166. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de N ₂ O comme anesthésiant/analgésique	242
Figure 167. Emissions liées à l'utilisation de N ₂ O comme gaz propulseur d'aérosols	242
Figure 168. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de N ₂ O comme gaz propulseur d'aérosols	244
Figure 169. Emissions de GES du secteur UTCATF	246
Figure 170. Evolution des absorptions de GES du secteur UTCATF	246
Figure 171. Evolution des émissions et capture de GES (CO ₂) par la variation de la biomasse active (Carbon stock Change)	247
Figure 172. Evolution des émissions de GES (N ₂ O) du secteur par l'utilisation des engrais – (Inorganic N Fertilizers)	247
Figure 173. Photographie aérienne du territoire de Monaco 2020 (MonaCarto Portail SIG du Gouvernement Princier de Monaco)	248
Figure 174 : Estimation des surfaces arborées des glacis du Rocher	250
Figure 175. Evolution de la surface d'espace vert de 1990 à 2022	251
Figure 176. Plan topographique General de Monaco (Geomonaco©)	252
Figure 177. Photo aérienne et plan topographique simplifié de Monaco (Geomonaco©) + espaces verts (DAU)	252
Figure 178. Tonnages de déchets verts incinérés à Monaco et émissions de carbone (Secteur - 1A1a énergie)	253
Figure 179. Emissions de carbone des déchets verts (Secteur - 1A1a énergie)	253
Figure 180. Quantité d'azote (tN) utilisée dans les espaces verts	261
Figure 181. Recalcul de la catégorie 4E	265
Figure 182. Evolution des émissions de GES du secteur des déchets entre 1990 et 2022	267
Figure 183. Evolution des émissions de GES du secteur des déchets par rapport 1990	267
Figure 184. Evolution des émissions de GES de la catégorie 5.C liées au four crématoire	271
Figure 185. Evolution des émissions de GES de la catégorie 5.D des déchets entre 1990 et 2022	272
Figure 186. Variation des volumes d'eaux résiduaires en fonction de la pluie et de la consommation d'eau potable	278
Figure 187. Variation des charges polluantes en DBO5 et DCO	278
Figure 188. Evolution de la station de traitement des eaux UTER et des capacités de traitement	279
Figure 189. Temps d'arrêt annuel de la station UTER	280
Figure 190. Dépassement des capacités de traitement de la station UTER pour le paramètre DBO5	280
Figure 191. Volumes d'eau rejetés sans traitement	281
Figure 192. Evolutions des paramètres journaliers de débits et de charge organique TOW UTER en 2022	285

Figure 193. Evolutions des émissions journalières de CH ₄ en 2022 suivant les différents postes d'émission	286
Figure 194. Evolutions des paramètres annuels de débits et de charge organique TOW UTER.....	286
Figure 195. Evolutions des émissions de CH ₄	287
Figure 196. Recalcul de la catégorie 5D	291
Figure 197. Evolution des émissions indirectes	294
Figure 198. Recalcul de l'année de référence.....	295
Figure 199. Recalcul de l'année 2021	298
Figure 200. Comparaison des évolutions des émissions de gaz à effet de serre entre l'inventaire 2023 et l'inventaire 2024.....	301
Figure 201. Comparaison des évolutions des émissions de gaz à effet de serre entre l'inventaire 2022 et l'inventaire 2023	301
Figure 202. Part de la navigation nationale, par type de carburant.....	358
Figure 203. Fiche Contrôle Qualité.....	401

Table des Tableaux

Tableau 1. Liste des acteurs et fonctions générales.....	25
Tableau 2. Table des PRG-AR5.....	46
Tableau 3. Catégories Clés en 2022	49
Tableau 4. Catégories Clés en tendance	50
Tableau 5. Catégories Clés en 1990	51
Tableau 6. Tier 2 – Contribution	52
Tableau 7. Tier 2 – Evolution	53
Tableau 8. Extrait de la table 9 du CRT- « NE ».....	56
Tableau 9. Sources reportées comme IE	57
Tableau 10. Extrait de la table 9 du CRT – « IE ».....	57
Tableau 11. Sources reportées comme « NO ».....	59
Tableau 12. Sources reportées comme « NA »	60
Tableau 13. Evolution des émissions de gaz à effet de serre direct	70
Tableau 14. Evolution des émissions de gaz à effet de serre indirect	73
Tableau 15. Données d'activité.....	87
Tableau 16. Caractérisation des déchets provenant de Monaco (en poids humide)	88
Tableau 17. Caractérisation des déchets provenant de France (en poids humide).....	89
Tableau 18. Catégorisation des ordures ménagères provenant de Monaco et de France (en poids humide)	90
Tableau 19. Fractions massiques WF_i des différentes catégories de déchets solides.....	93
Tableau 20. Valeurs de PCI spécifiques à Monaco des différentes catégories de déchets solides.....	99
Tableau 21. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	115
Tableau 22. Evolution des émissions du transport aérien domestique par gaz	132
Tableau 23. Evolution des émissions du transport aérien domestique 2022 par rapport à 1990	133
Tableau 24. Evolution des émissions du transport routier par gaz	145
Tableau 25. Evolution des émissions du transport routier 2022 par rapport à 1990	146
Tableau 26. Evolution de la distance parcourue entre 1990 et 2022	147
Tableau 27. Emissions de GES du transport routier par catégories de véhicules.....	148
Tableau 28. Evolution des émissions de GES du transport routier entre 1990 et 2022 par catégories de véhicules	148
Tableau 28. Comparaison entre les facteurs d'émissions actuels et les facteurs Country Specific.....	150
Tableau 29. Comparaison entre les facteurs d'émissions actuels et les facteurs Country Specific.....	156
Tableau 30. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	161
Tableau 31. Répartition en % de la quantité de gaz naturel, de biométhane et de GPL consommés sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi.....	162
Tableau 32. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	169
Tableau 33. Répartition en % de la quantité de gaz naturel, de biométhane et de GPL consommés sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi.....	170
Tableau 34. Facteurs d'émission et incertitudes.....	198
Tableau 35. Facteurs d'émission et incertitudes	200
Tableau 36. Facteurs d'émission et incertitudes	201
Tableau 37. Facteurs d'émission et incertitudes	203
Tableau 38. Facteurs d'émission et incertitudes.....	205

Tableau 39. Stock de Gaz R134a Bt par type de véhicules par gaz en tonnes.....	218
Tableau 40. Facteur d'émission par type de véhicules et par gaz en % de perte par an	219
Tableau 41. Evolution de la surface d'espace vert de 1990 à 2022.	251
Tableau 42. Données relatives aux surfaces des espaces verts	256
Tableau 43. Données relatives à la surface arborée	258
Tableau 44. Données relatives à la surface arborée active	259
Tableau 45. Taux de croissance des arbres	260
Tableau 46. Utilisation d'engrais et niveau d'émissions	263
Tableau 47. Principales périodes d'arrêt du système de traitement des eaux	279
Tableau 48. Plan d'amélioration des inventaires	302
Tableau 49. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	368
Tableau 50. Répartition en % de la quantité de gaz naturel consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	368
Tableau 51. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	378
Tableau 52. Répartition en % de la quantité de gaz naturel consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	378
Tableau 53. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	383
Tableau 54. Répartition en % de la quantité de gaz naturel consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi	383

RESUME ANALYTIQUE

Ce rapport présente, pour la période 1990 – 2022, les données de la Principauté de Monaco relatives aux émissions des différents gaz à effet de serre retenus au titre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

Il s'agit principalement des six gaz à effet de serre direct : dioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4), protoxyde d'azote (N_2O), hydrofluorocarbures (HFC), perfluorocarbures (PFC) et hexafluorure de soufre (SF_6). Le trifluorure d'azote (NF_3) n'est pas utilisé à Monaco.

Des données ont également été reportées sur les quatre gaz à effet de serre indirect : le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (NMVOC) et le monoxyde de carbone (CO).

Conformément aux lignes directrices du GIEC (GIEC, Lignes directrices, 2006), l'inventaire des sources et la qualité des émissions sont en amélioration continue. Une incertitude globale de 11,72 % a été estimée par une méthode de niveau 1 pour l'ensemble de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre en 2022.

Les émissions de gaz à effet de serre direct (exprimées en équivalent CO_2) se situent pour l'année 2022 à -34,5 % en dessous de celles de 1990, hors secteur de l'utilisation des terres et du changement d'affectation des terres (UTCATF) et à -34,5 % UTCATF inclus.

En valeur recalculée, les émissions de la Principauté de Monaco sont passées de 101,5kt CO_2eq pour l'année 1990 à 66,5 kt CO_2eq en 2022, hors secteur UTCATF.

En incluant le secteur UTCATF, les émissions sont passées de 101,4 kt CO_2eq pour l'année 1990 à 66,5 kt CO_2eq en 2022.

Dans l'ensemble, les émissions globales ont augmenté de 1990 à 1992, année pour laquelle la valeur maximale de 107,9 kt CO_2eq a été atteinte. Cette augmentation a été suivie d'une tendance relativement décroissante.

En 2022, la contribution des différents gaz à effet de serre est la suivante (en % des émissions en équivalent CO_2 hors UTCATF) : CO_2 , 86,4 % ; HFC et PFC 8,8 %, N_2O 3,4 %, CH_4 , 1,2 % et SF_6 0,2 %.

En 2022, l'énergie, avec 90 % des émissions totales en équivalent CO_2 hors UTCATF, occupe le premier rang des catégories de sources émettrices à Monaco au sens de la classification de la CCNUCC devant les procédés industriels (9,4 %) et les déchets (0,7%).

Par rapport à 1990, la contribution relative des procédés industriels a fortement augmenté, alors que celle de l'énergie a diminué.

Selon les analyses des catégories clés, les émissions de CO_2 liées à la combustion de déchets et à la combustion de carburant du transport routier sont les principales catégories et sont à l'origine de près de la moitié des émissions de la Principauté de Monaco.

Entre 1990 et 2022, les émissions des gaz à effet de serre indirect sont orientées à la baisse pour les quatre gaz visés. Cette baisse est de 95 % pour le dioxyde de soufre, de 87 % pour le monoxyde de carbone, de 64 % pour les composés organiques volatils non méthaniques et de 82 % pour les oxydes d'azote.

EXECUTIVE SUMMARY

Data on different greenhouse gases emissions, held under the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), are submitted within this report for the Principality of Monaco over the period 1990-2022.

Six direct greenhouse gases are taking into consideration: carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O), hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs) and sulfur hexafluoride (SF₆). Nitrogen trifluoride (NF₃) is not used in Monaco.

Data have also been reported for 4 indirect greenhouse gases: sulfur dioxide (SO₂), nitrogen oxide (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOC) and carbon monoxide (CO).

In accordance with the 2006 IPCC Guidelines the sources inventory and the estimates quality are in continuous improvement. An overall uncertainty of 11.72 % (corresponding to a standard deviation) has been estimated for the whole inventory in 2022.

Direct greenhouse gases emissions (in CO₂ equivalents) are, for 2022, 34.5 % below to those reported in 1990, without taking into account the sector of Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF), 34.5 % with LULUCF.

In recalculated value, the Principality of Monaco's emissions moved from 101.5 ktCO₂eq for the year 1990 to 66.5 ktCO₂eq in 2022, excluding LULUCF. With LULUCF, emissions moved from 101.4 ktCO₂eq for the year 1990 to 66.46 ktCO₂eq in 2022.

Global emissions have increased from 1990 to 1992, for which the maximum value of 107.9kt of CO₂ equivalent has been reached. This increase was followed by a relatively decreasing trend

In 2022, the contribution of different greenhouse gases (in % of emissions in CO₂eq excluding LULUCF) is estimated at 86.4 % for CO₂; for HFCs and PFCs at 8.8 %, at 3.4 % for N₂O, at 1.2 % for CH₄ and for SF₆ at 0.2%

In 2022, the Energy sector, representing 90 % of total emissions in CO₂eq (excluding LULUCF), ranks first category of emitting sources in Monaco as defined in the classification of the UNFCCC while industrial processes sector represents 9.41 % and waste sector 0.7 % of total emissions.

Compared to 1990, the relative contributions of waste and industrial processes sectors have greatly increased, while the energy's one decrease.

Regarding the 2022 key categories analysis, the CO₂ emissions from waste incineration and fuels from road transportation are mainly categories and are responsible for around half of emissions of the Principality of Monaco.

Between 1990 and 2022, emissions of indirect greenhouse gases are decreasing for the 4 gases. This decrease is of 94 % for sulfur dioxide, 77 % for carbon monoxide, 64 % for non-methane volatile organic compounds and 80% for the nitrogen oxides.

1.

INVENTAIRE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

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

1.1 Cadre général

Les connaissances scientifiques actuelles ont confirmé que le réchauffement du climat est sans équivoque et que les changements observés sont sans précédent depuis des décennies. Aujourd'hui, il est également établi avec certitude que les activités humaines sont la cause principale du réchauffement observé.

Les conséquences du réchauffement planétaire sont nombreuses. S'il vient directement à l'esprit les impacts environnementaux tels que l'augmentation des températures, la modification du régime des pluies, l'élévation du niveau des mers ou l'augmentation des fréquences des catastrophes naturelles, de nombreux autres bouleversements sont à attendre sur nos modes de vie.

2°C de réchauffement planétaire, c'est le seuil limite que se sont fixés les pays lors de la conférence de Copenhague de 2009 (COP15) afin d'éviter toute interférence dangereuse avec le climat.

Aujourd'hui on estime aussi que cette limite ne garantit pas l'absence de changements irrévocables, qui pourraient intervenir même pour un réchauffement supérieur à 1,5 °C. Afin ne pas dépasser ces seuils, les émissions de gaz à effet de serre (GES) devront être réduites de 40 % à 70 % d'ici à 2050, voire de 80 % à 90 % si l'on souhaite contenir le réchauffement au seuil de 1,5°C.

Cette prise de conscience internationale des risques liés aux changements climatiques, s'est traduite, dès 1992, par la création de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), lors du sommet de la terre qui s'est tenu Rio de Janeiro.

1.2 Cadre de réalisation des inventaires des émissions de gaz à effet de serre

La Principauté de Monaco a adhéré à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques faite à New York le 9 mai 1992 et elle a ratifié cette Convention le 20 novembre 1992 (Ordonnance Souveraine n° 11.260 du 9 mai 1994).

Lors du dépôt de l'instrument de ratification, la Principauté de Monaco a déclaré qu'en accord avec le sous-paragraphe g de l'Article 4.2 de la Convention elle souhaitait être liée par les dispositions des sous-paragraphe a et b de cet article.

Lors de la Conférence des Parties en décembre 1997 à Kyoto, Monaco a été officiellement porté au nombre des pays figurant dans l'Annexe I de la Convention.

En 1997, les pays signataires de la CCNUCC ont établi à Kyoto le premier accord juridiquement contraignant qui fixait des objectifs de réduction des émissions de GES. Cet accord devait permettre sur la période 2008-2012 de diminuer de 5,2% la production les

émissions de GES CO₂ et de 4 autres gaz polluants dans les pays industrialisés, par rapport à l'année de référence de 1990.

Par la [Loi n° 1.308 du 28 décembre 2005](#), S.A.S. le Prince Albert II a approuvé la ratification, par la Principauté de Monaco, du Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, adopté le 11 décembre 1997 et entré en vigueur le 27 février 2006.

Monaco est le premier pays figurant à l'Annexe 1 à avoir déposé ses instruments d'acceptation des amendements de Doha instituant la deuxième période du Protocole de Kyoto, le 27 décembre 2013.

Pour cette période de 8 ans, Monaco s'était fixé l'objectif de maintenir ses émissions à 22 % en moyenne en dessous de celles de 1990 avec l'objectif de 30 % de réduction à l'horizon 2020. Si l'objectif à terme a été atteint grâce aux mesures d'atténuation nationale, l'objectif sur la période a nécessité l'acquisition de crédits carbone.

Par la [Loi n° 1.432 du 12 octobre 2016](#), S.A.S. le Prince Albert II a approuvé la ratification, par la Principauté de Monaco, de l'Accord de Paris à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, adopté le 12 décembre 2015 et entré en vigueur le 4 novembre 2016. La ratification est datée du 24 octobre 2016.

En 2017, la Principauté de Monaco s'est dotée d'un Code de l'environnement ([Loi n° 1.456 du 12/12/2017 portant Code de l'environnement](#)), qui comporte un Livre II « Energie ». L'article L.220-1 dispose notamment de l'obligation d'établissement d'un inventaire national des émissions de gaz à effet de serre.

Dans le cadre de la révision 2020 de sa Contribution Déterminée au Niveau National, la Principauté a augmenté ses engagements et a fixé comme objectif de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 55% à horizon 2030 par rapport à 1990.

Consécutivement, une [Ordonnance Souveraine](#) a été adoptée afin de transcrire cet objectif dans la réglementation nationale.

Ce texte inscrit également dans l'ordre juridique national l'objectif de neutralité carbone de Monaco en 2050.

Le présent rapport est le second rapport d'inventaire sous l'Accord de Paris.

1.3 Système National d'Inventaire

1.3.1 Dispositions prises sur le plan institutionnel pour l'établissement de l'inventaire national

La Division Energie-Climat- de la Direction de l'Environnement est en charge de la planification, de l'établissement et de la gestion des inventaires nationaux des émissions de gaz à effet de serre à Monaco.

La Division Energie-Climat assure également l'établissement des Communications Nationales et des rapports biennaux, la mise en œuvre du registre national d'inventaire et le respect des obligations de reporting, de réponse aux audits et des processus d'évaluation internationale et de l'examen (IAR) et d'évaluation multilatérale (MA).

L'Adjoint au Directeur de l'Environnement est en charge de l'Assurance Qualité.

L'approbation des rapports nationaux d'inventaire est assurée par le Département de l'Équipement, de l'Environnement et de l'Urbanisme en sa qualité de Ministère de tutelle. Une réunion s'est tenue le 19 juin 2024 en présence de Madame CARON-DAGIONI, Conseiller de Gouvernement-Ministre de l'Équipement, de l'Environnement et de l'Urbanisme, lors de laquelle l'ensemble des calculs et méthodologies ont été approuvés.

Figure 1. Schéma général du système national d'inventaire

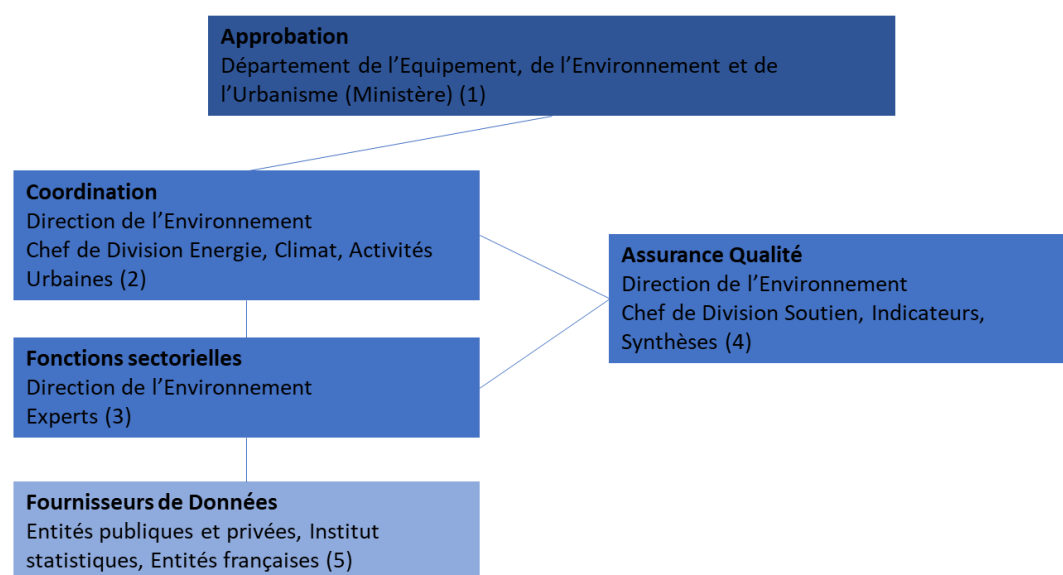


Tableau 1. Liste des acteurs et fonctions générales

Fonction	Entité	Rôle
(1) Approbation	Département de l'Équipement, de l'Environnement et de l'Urbanisme (Ministère)	Approbation des calculs et du plan d'amélioration.
(2) Coordination	Direction de l'Environnement Chef de Division Énergie, Climat, Activités Urbaines	Point focal national pour les inventaires. Responsable de la soumission de l'inventaire et autres rapports CCNUCC. Coordination et compilation de l'inventaire, et approbation des feuilles de calculs. Coordination des réponses aux revues et du suivi des recommandations. Management des experts et gestion des améliorations et des ressources.
(3) Fonctions sectorielles	Direction de l'Environnement Experts sectoriels	Collecte, traite, vérifie et archive les données. Développe des feuilles de calculs, réalisation des calculs et rédaction des parties du rapport national d'inventaire dont l'expert à la charge. Propose des améliorations et coordonne les études nécessaires. Assure les contrôles qualité des feuilles de calculs des autres experts dont il a la charge.
(4) Assurance Qualité	Direction de l'Environnement Adjoint au Directeur - Chef de Division Soutien, Indicateurs, Synthèses	Réalise les missions d'assurance qualité mentionnée au paragraphe 1.2.4.3
(5) Fournisseur de Données	Entités publiques et privées, Institut des statistiques, Entités françaises	Communication des données nécessaires à l'établissement de l'inventaire à la Direction de l'Environnement conformément à la réglementation en vigueur (voir 1.2.2.)

1.3.2 Dispositions prises sur le plan juridique

Deux textes réglementaires en lien avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre et les inventaires sont en vigueur :

- L'[Ordonnance Souveraine n° 8.449](#) du 24 décembre 2020 fixant les objectifs de réduction de gaz à effet de serre pour la Principauté qui fixe les objectifs nationaux de réduction des gaz à effet de serre à horizon 2030 et 2050 ;
- L'[Arrêté Ministériel n° 2020-916](#) du 24 décembre 2020 relatif à l'établissement des inventaires nationaux de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques qui définit le système national d'inventaire et le cadre de leur élaboration en imposant notamment à chaque acteur identifié à communiquer, à la Direction de l'Environnement, les informations nécessaires à l'établissement de l'inventaire national.

L'obligation de communication est applicable à compter des déclarations 2022 qui sont prises en compte dans le rapport national d'inventaire 2024.

1.3.3 Descriptif synthétique de la préparation des inventaires d'émission

Dans le cadre de la réalisation du rapport national d'inventaire, la Division Energie-Climat de la Direction de l'Environnement assure et coordonne l'ensemble des tâches d'exécution. Elles sont présentées dans la Figure 2.

Rassembler les données sur les activités, les procédés et coefficients d'émission nécessaires pour permettre l'application des méthodes retenues pour estimer les émissions anthropiques de gaz à effet de serre par les sources et leurs absorptions anthropiques par les puits ;

Dresser l'inventaire national conformément au paragraphe 7 de l'Article 4 et aux décisions pertinentes de la Conférence des Parties et/ou de la COP/MOP :

- Etablir des estimations conformément aux méthodes décrites dans les Lignes directrices révisées (GIEC, Lignes directrices, 2006) pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre et veiller à ce que des méthodes appropriées soient appliquées pour estimer les émissions provenant des catégories de sources principales ;
- Implémenter les estimations des émissions au sein du CRT Reporter Inventory Software ;
- Définir les catégories de sources principales selon les méthodes décrites dans le Guide des bonnes pratiques (GIEC, Guide des bonnes pratiques) ;
- Procéder à une estimation chiffrée des incertitudes pour chaque catégorie de sources et pour l'inventaire dans son ensemble (GIEC, Guide des bonnes pratiques) ;
- Assurer la cohérence des séries temporelles conformément aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) ;
- Veiller à ce que la procédure et la méthodologie suivie pour calculer ou recalculer des estimations, déjà soumises, des émissions anthropiques de gaz à effet de serre par les sources et de leurs absorptions anthropiques par les puits soient conformes

aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) et aux décisions de la Conférence des Parties et/ou de la COP/MOP ;

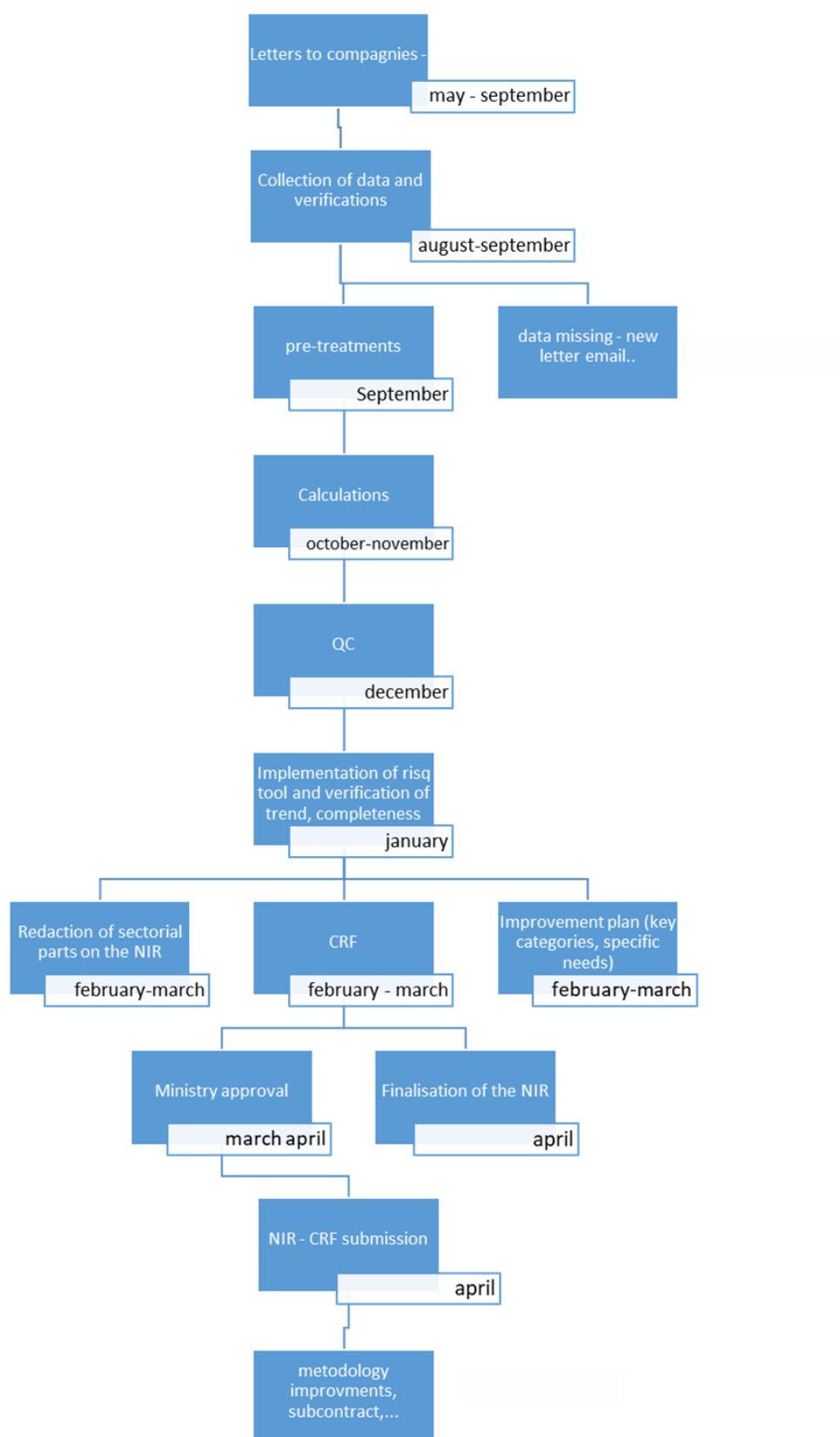
- Mettre en œuvre un plan d'assurance qualité et appliquer des procédures générales de contrôle de la qualité de l'inventaire conformément à son plan d'assurance et de contrôle de la qualité et selon le Guide des bonnes pratiques (GIEC, Guide des bonnes pratiques) ;
- Archiver les données d'inventaire par année conformément aux décisions pertinentes de la Conférence des Parties et/ou de la COP/MOP. Ces données englobent tous les coefficients d'émission désagrégés, toutes les données d'activité et tous les documents sur la manière dont ces coefficients et ces données ont été produits et agrégés en vue de l'établissement de l'inventaire.

Elles englobent aussi la documentation interne sur les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité, les examens externes et internes, les documents sur les sources principales annuelles et l'identification des sources principales ainsi que les améliorations qu'il est prévu d'apporter à l'inventaire.

Assurer le lien entre les inventaires et le secrétariat de la CCNUCC.

- Apporter les réponses, conformément à l'article 13 de l'Accord de Paris concernant le "Mécanisme de facilitation de la mise en œuvre et de promotion de la conformité" pour aider à superviser et à promouvoir la mise en œuvre de l'accord.
- Pourvoir aux équipes d'examen un accès à toutes les données archivées, conformément à l'article 13 paragraphe 7 de l'accord de Paris (UNFCCC).

Figure 2 . Planning d'élaboration des inventaires



Les contacts pour l'établissement de l'inventaire national des gaz à effet de serre réalisé au titre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques sont les suivants :

Direction de l'Environnement :

Division Energie-Climat

Le Triton

5, rue du Gabian

MC 98000 MONACO

MONACO

Tél. : (+377) 98 98 80 00

Fax : (+377) 92 05 28 91

e-mail : environnement@gouv.mc

Web : <http://www.gouv.mc/Gouvernement-et-Institutions/Le-Gouvernement/Departement-de-l-Equipement-de-l-Environnement-et-de-l-Urbanisme/Direction-de-l-Environnement>

Point de contact pour l'inventaire national :

M. Jérémie CARLES

Chef de Division

Division Energie-Climat

Direction de l'Environnement

Le Triton

5, rue du Gabian

MC 98000 MONACO

MONACO

Tél. : (+377) 98 98 81 79

Fax : (+377) 92 05 28 91

e-mail : jcarles@gouv.mc

Point focal pour la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques :

Mme ChrystelCHANTELOUBE

Chef de Division

Département des Relations Extérieures et de la Coopération

Place de la visitation

MC 98000 MONACO

MONACO

Tél. : (+377) 98 98 44 57

e-mail : c.chanteloube@gouv.mc

1.3.4 Assurance de la qualité, contrôle de la qualité et vérification

1.3.4.1 DEFINITIONS

Contrôle qualité : Le Plan de contrôle qualité (CQ) a pour objectif la mise en œuvre de mesures destinées à mesurer et à contrôler la qualité de l'inventaire national pendant son élaboration par un système d'activités techniques systématiques.

La mise en œuvre de ce plan est établie afin de :

- Fournir des vérifications systématiques et cohérentes pour garantir l'intégrité, l'exactitude et l'exhaustivité des données ;
- Identifier et rectifier les erreurs et omissions ;
- Documenter et archiver le matériel des inventaires et consigner toutes les activités CQ.

Les activités de Contrôle de la qualité (CQ) incluent des méthodes générales, telles que des contrôles de l'exactitude des données et des calculs et l'utilisation de procédure standard approuvée pour les calculs d'émissions, les mesures, l'estimation des incertitudes, l'archivage des informations et la présentation de l'inventaire. Les activités CQ de niveau supérieur incluent des examens techniques des données sur les catégories de source, les activités, les facteurs d'émission et les méthodes.

Assurance Qualité : les activités d'Assurance de la qualité (AQ) incluent un système planifié de procédures d'examen mises en œuvre par des personnes n'ayant pas participé directement à la compilation ou au développement de l'inventaire. Les activités d'AQ sont réalisées pour un inventaire terminé à la suite de la mise en œuvre des procédures CQ. Les examens vérifient que les objectifs de qualité relatifs aux données ont été atteints, que l'inventaire représente les meilleures estimations possibles des émissions et des absorptions dans l'état actuel des connaissances scientifiques et des données disponibles et qu'ils sont complémentaires au programme CQ.

La mise en place du processus de contrôle qualité et d'assurance qualité a pour objectif de garantir que l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre de la Principauté de Monaco réponde aux caractéristiques formulées dans les « Lignes directrices du GIEC-2006 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre » (GIEC, Lignes directrices, 2006), à savoir :

- **exhaustivité** (completeness) : toutes les sources entrant dans le périmètre défini par l'inventaire doivent être traitées ;
- **cohérence** (consistency) : les séries doivent être homogènes au fil des années ;
- **exactitude / incertitude** (accuracy / uncertainty) : les estimations doivent être aussi exactes que possible compte tenu des connaissances du moment. Ces estimations ne pouvant pas toujours être très précises compte tenu de la complexité des phénomènes mis en jeu et des difficultés à les mesurer ou les modéliser, elles doivent être accompagnées des incertitudes associées ;
- **transparence (transparency)** : les méthodes et les données utilisées doivent être clairement explicitées pour pouvoir être évaluées dans le cadre de la validation et de la vérification. En conséquence, la traçabilité des données est indispensable. Les

données doivent être enregistrées et accessibles. Cette caractéristique est également très utile pour la mise à jour ou la comparaison des inventaires ;

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

1.3.4.2 CONTROLE QUALITE

1.3.4.2.1 Entité en charge du contrôle qualité

La Division Energie-Climat conduit le processus Contrôle Qualité (CQ) dans le cadre de l'établissement de l'inventaire national et a établi pour ce faire des procédures de contrôle qualité. Les contrôles qualité sont réalisés par les vérificateurs désignés dans le plan.

1.3.4.2.2 Procédures générales Contrôle Qualité

Le contrôle qualité est assuré aux différents niveaux d'établissement des éléments d'inventaire :

- La vérification de la pertinence, de l'exactitude et de l'exhaustivité des données d'entrées ;
- Un contrôle qualité dans le cadre du traitement des données (calculs des émissions, détermination des sources clés, calculs des incertitudes, ...) ;
- Un contrôle de la cohérence entre les données traitées, le NIR et le reporting au sein du CRT reporter ;
- La prise en comptes des remarques des revues ;
- L'intervention des entités extérieures sur le processus de contrôle qualité ;
- La traçabilité et l'archivage des éléments relatifs à l'établissement d'inventaire, des contrôles qualité réalisés tout au long du processus, ainsi que des suivis des non-conformités et des améliorations.

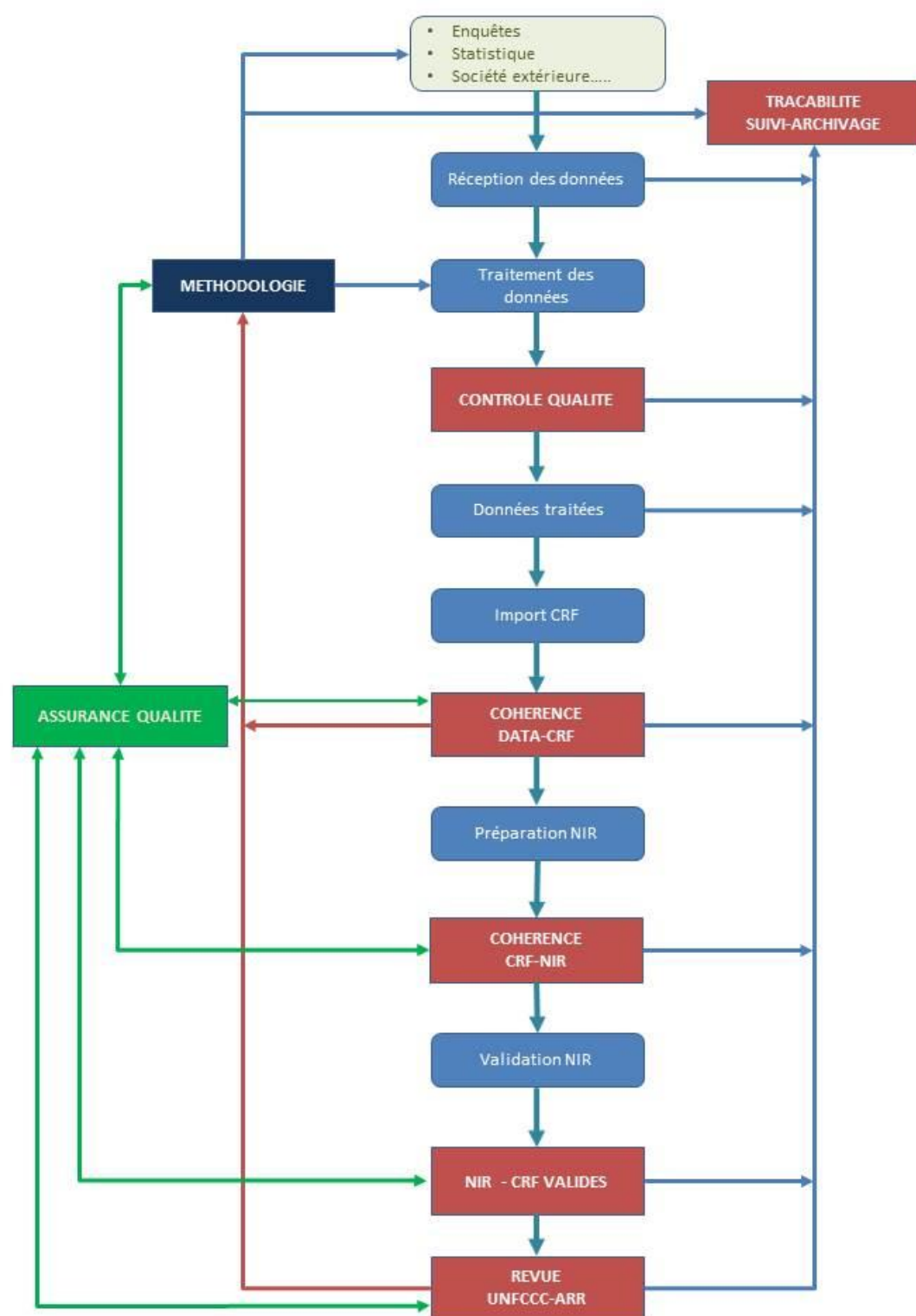
Figure 3. Procédures générales de niveau 1 mises en œuvre pour l'établissement des inventaires

	Activité CQ	Procédures
1	Vérifier que les hypothèses et critères pour la sélection des données sur les activités, les facteurs d'émission et autres paramètres d'estimation sont documentés.	✓ Comparer les descriptions des données sur les activités, les facteurs d'émission et les autres paramètres d'estimation à l'information sur les catégories de source et s'assurer qu'elles sont consignées et archivées correctement.
2	Vérifier l'absence d'erreur de transcription dans les entrées de données et les références.	✓ Confirmer que les références bibliographiques sont citées correctement dans la documentation interne. ✓ Vérifier par recoupement un échantillon de données d'entrée pour chaque catégorie de source (mesures ou paramètres utilisés pour les calculs) afin de rechercher des erreurs de transcription.
3	Vérifier que les émissions et absorptions sont calculées correctement.	✓ Reproduire un ensemble de calculs d'émissions et d'absorptions. ✓ Utiliser une méthode d'approximation simple qui donne des résultats similaires à l'original et des calculs plus complexes pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreur d'entrée des données ou de calcul.
4	Vérifier que les paramètres et les unités d'émission sont consignés correctement et que les facteurs de conversion appropriés sont utilisés.	✓ Vérifier que les unités sont étiquetées correctement dans les feuilles de calculs. ✓ Vérifier que les unités sont utilisées correctement du début à la fin des calculs. ✓ Vérifier que les facteurs de conversion sont corrects. ✓ Vérifier que les facteurs d'ajustement temporel et spatial sont utilisés correctement.
5	Vérifier l'intégrité des fichiers de la base de données.	✓ Confirmer que les phases de traitement des données appropriées sont représentées correctement dans la base de données. ✓ Confirmer que les relations entre les données sont représentées correctement dans la base de données. ✓ Vérifier que les champs de données sont étiquetés correctement et indiquent les spécifications de conception correctes. ✓ Vérifier que la documentation appropriée de la base de données et la structure et le fonctionnement du modèle sont archivés.
6	Vérifier la cohérence des données entre les catégories de source	✓ Identifier les paramètres (données sur les activités, constantes, etc.) communs à plusieurs catégories de source et confirmer la cohérence des valeurs utilisées pour ces paramètres dans les calculs d'émissions
7	Vérifier que le mouvement des données d'inventaire entre les	✓ Vérifier que les données sur les émissions sont agrégées correctement, des niveaux de présentations inférieurs vers des niveaux

	phases de traitement est correct	supérieurs, lors de la préparation des récapitulatifs. ✓ Vérifier que les données sur les émissions sont transcrites correctement entre divers produits intermédiaires
8	Vérifier que les incertitudes des émissions et absorptions sont estimées ou calculées correctement.	✓ Vérifier que les qualifications des personnes apportant une opinion d'experts sur l'estimation de l'incertitude sont appropriées. ✓ Vérifier que les qualifications, hypothèses et opinions d'experts sont consignées. Vérifier que les incertitudes calculées sont complètes et calculées correctement ✓ Au besoin, dupliquer les calculs d'erreurs ou un petit échantillon des distributions de probabilité utilisé par l'analyse Monte-Carlo.
9	Vérifier la cohérence de la série temporelle.	✓ Vérifier la cohérence temporelle des données d'entrée de la série temporelle pour chaque catégorie de source. ✓ Vérifier la cohérence de l'algorithme/la méthode utilisé pour les calculs dans la série temporelle. ✓ Vérifier les changements méthodologiques et de données qui mènent à des recalculs. ✓ Vérifier que les résultats des activités d'atténuation ont été reflétés de manière appropriée dans les calculs de la série temporelle.
10	Vérifier l'exhaustivité.	✓ Confirmer que les estimations sont présentées pour toutes les catégories de source et pour toutes les années, depuis l'année de référence appropriée jusqu'à la période de l'inventaire courant. ✓ Pour les sous-catégories, confirmer que toute la catégorie de source est couverte. ✓ Fournir une définition claire des catégories de type « Autres ». ✓ Vérifier que les lacunes connues en matière de données, à l'origine d'estimations incomplètes sont documentées, y compris une évaluation qualitative de l'importance de l'estimation par rapport aux émissions totales (par exemple, sous-catégories classées comme « non estimées »).
11	Vérification des tendances.	✓ Pour chaque catégorie de source, comparer les estimations de l'inventaire courant à celles des inventaires antérieurs, si elles sont disponibles. En cas de variations importantes ou de variations par rapport à des tendances prévues, vérifier de nouveau les estimations et expliquer toute différence. Des variations importantes des émissions ou absorptions par rapport aux années précédentes peuvent indiquer des erreurs possibles d'entrée ou de calcul. ✓ Vérifier la valeur des facteurs d'émission implicites (émissions agrégées divisées par les données sur les activités) entre séries temporelles.

		✓ - Des observations aberrantes non expliquées sont-elles relevées pour une année quelconque ? ✓ - Si elles restent statiques entre séries temporelles, les variations des émissions ou absorptions sont-elles capturées ? ✓ Vérifier si on observe des tendances inhabituelles et inexpliquées pour des données sur les activités ou d'autres paramètres entre séries temporelles.
12	Effectuer un examen de la documentation interne et de l'archivage.	✓ Vérifier qu'il existe une documentation interne détaillée à la base des estimations et permettant la duplication des estimations d'émissions et d'incertitudes. ✓ Vérifier que les données d'inventaire, données justificatives et dossiers sont archivées et stockées pour faciliter un examen détaillé. ✓ Vérifier que les archives sont fermées et conservées dans un endroit sûr à la fin de l'inventaire. ✓ Vérifier l'intégrité de tout système d'archivage de données par des organisations externes participant à la préparation de l'inventaire.

Figure 4. Schéma du système de Contrôle Qualité/ Assurance Qualité



1.3.4.3 CONTROLES QUALITE – DONNEES SOURCES ET TRAITEMENTS

Pour chacune des catégories, une fiche de calcul est établie. Ces fiches permettent à partir des données d'activité de construire l'ensemble des données d'émission exportables vers le « Online CRT Reporter GHG inventory software (CRT) Web Application ».

Ces fiches disposent de différents dispositifs de vérification, de contrôle des éléments de calculs et de reporting et de suivi des modifications.

Au sein de la fiche sont également notées les références à la documentation, les sources et les hypothèses utilisées pour le calcul.

Un contrôle est réalisé par la vérification des fiches de calcul par un autre membre de l'équipe en charge de l'établissement de l'inventaire.

L'ensemble des étapes de contrôle réalisées permet de vérifier le processus de traitement des données.

Lorsque des modifications méthodologiques ont été apportées, des vérifications de cohérences avec les méthodologies précédemment utilisées sont réalisées. Les modifications méthodologiques font l'objet d'une approbation préalable d'Assurance Qualité.

Le processus de vérification de la qualité des fiches de calcul a pour objectif de satisfaire aux points 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 des procédures générales de contrôle qualité de niveau 1 pour l'établissement des inventaires.

1.3.4.3.1 Cohérence DATA-CRT et CRT-NIR

Une compilation des émissions parallèles au CRT reporter est réalisée dans l'outil RISQ pour disposer à partir des outils internes d'un aperçu de l'ensemble des émissions par catégorie, secteur puis pour l'ensemble des émissions.

Cette opération a pour objectif de vérifier la cohérence entre les différentes étapes d'élaboration du Rapport National d'Inventaire : cohérence entre les méthodologies, les données d'activité utilisées pour les calculs et les résultats, ainsi que la cohérence entre le CRT et le NIR.

Le processus de cohérence a pour objectif de satisfaire aux points 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 des procédures générales de niveau 1 pour l'établissement des inventaires.

1.3.4.4 ASSURANCE QUALITE

L'Adjoint au Directeur de l'Environnement assure la mise en œuvre du plan d'assurance qualité.

La mise en œuvre du plan d'assurance qualité est assurée par :

- La connaissance des conditions nationales ;
- La connaissance des lignes directrices pour l'établissement des inventaires.

La connaissance des données d'entrée et des besoins de reporting permet la gestion et la mise en œuvre des améliorations des inventaires tenant compte à la fois des ressources et du temps nécessaire pour disposer des données et/ou mettre en œuvre des méthodes alternatives et des nécessités d'améliorations des estimations des émissions de gaz à effet de serre.

L'Adjoint au Directeur de l'Environnement vérifie les inventaires des émissions de gaz à effet de serre et les améliorations envisagées. A l'issue de la vérification, si aucune non-conformité n'est identifiée, l'inventaire est proposé au Ministère de tutelle pour approbation.

La conduite de la démarche d'assurance qualité fait également appel à des entités extérieures afin d'identifier les domaines d'améliorations et de s'assurer de la conformité des procédures adoptées.

En complément et périodiquement, des missions d'assurance qualité sont confiées au CITEPA.

1.3.4.5 ENTITES EXTERIEURES

Dans le cadre de la réalisation de l'inventaire 2019, la Direction de l'Environnement s'était appuyée sur une entité extérieure afin de contribuer au processus d'AQ/CQ dans la réalisation de l'inventaire.

CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).

Le CITEPA est l'organisme chargé de l'établissement de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France.

Le CITEPA assure périodiquement des missions d'assurance qualité des rapports nationaux, ainsi que d'assistance et de conseil concernant les émissions de gaz à effet de serre de la Principauté de Monaco.

Lors des missions d'assurance qualité, les inventaires annuels élaborés par Monaco sont vérifiés et des prescriptions sont formulées par cette entité experte indépendante dans le but d'améliorer la qualité et la pertinence des inventaires monégasques.

Chaque année, le CITEPA assure une mission d'assistance et de conseil à l'équipe d'Inventaire, pour toute question méthodologique ou pour la transmission de données françaises.

1.3.5 Description des changements dans le système national depuis la soumission précédente

Aucun changement depuis la soumission précédente.

1.4 Collecte des données, traitement et archivage

1.4.1 Collecte et traitements

Les données nécessaires à l'établissement de l'inventaire national sont collectées chaque année par la Direction de l'Environnement auprès de différentes sources :

- Services de l'Etat ;
- Institut Monégasque de la Statistique et des Etudes Economique (IMSEE) ;
- Entreprise bénéficiant d'une délégation de Services Public en matière d'énergie, de déchets de traitement des eaux ;
- Sociétés privées ;
- Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA, France).

L'[Arrêté Ministériel n° 2020-916](#) du 24 décembre 2020 relatif à l'établissement des inventaires nationaux de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques impose la communication de données par les acteurs privés, tel qu'indiqué au paragraphe 1.3.2 Dispositions prises sur le plan juridique.

En complément, en particulier s'agissant des catégories clés, l'équipe d'inventaire évalue annuellement par le biais de contacts réguliers avec les acteurs locaux si des données « Country Specific » sont disponibles pour améliorer l'estimation des émissions et le niveau méthodologique. La taille du pays permet un échange facilité avec les acteurs fournisseurs de données mais a contrario il n'est pas toujours possible de disposer de données pour des éléments qui seraient régis par la France dans le cadre de l'Union Douanière Franco-Monégasque.

1.4.2 Traçabilité, Suivi et Archivage

1.4.2.1 TRAÇABILITE

L'ensemble des données d'activité et documents sont référencés.

Les références figurent dans les fiches de calculs lorsque les données sont utilisées.

L'ensemble des modifications opérées sur les fiches de calculs sont mentionnées dans l'onglet dédié de la fiche.

1.4.2.2 SUIVI DES AMELIORATIONS ET DES NON-CONFORMITES

Toute proposition d'amélioration et toute non-conformité est consignée dans l'outil RISQ.

Il comporte une description de l'amélioration ou de la non-conformité, la catégorie concernée et une date de résolution.

1.4.2.3 ARCHIVAGE

L'ensemble de la documentation, telles que les données d'entrée, les références et les traitements doivent être archivées dans l'espace dédié du disque dur partagé qui comporte les niveaux adéquats de sécurité et de sauvegarde.

Cette documentation se compose principalement des éléments suivants archivés sur des bases informatiques:

- Courriers et déclarations des données de base nécessaires à la réalisation des inventaires. Données d'activité référencées ;
- Méthodologie et fiches de traitement des données, Facteurs d'émission et méthodes de calcul des émissions de gaz à effet de serre utilisés pour les différents secteurs ;
- Plan d'Assurance Qualité / Contrôle Qualité, incluant la liste des personnels qui composent l'équipe nationale en charge de l'inventaire national et du registre et leurs fonctions, ainsi que le planning d'élaboration du NIR ;
- Enregistrements des activités d'AQ/CQ aux différentes étapes de la réalisation des inventaires ;
- Enregistrements des non-conformités et propositions d'améliorations (détectées en interne ou externe – ex : revue CCNUCC) et planification de leur résolution (cf. RISQ) ;
- Calculs des incertitudes conformément aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) ;
- Lignes Directrices (CCNUCC, GIEC, EMEP) ;
- Manuel d'utilisation du logiciel CRT REPORTER ;
- Publications indépendantes, scientifiques et techniques, ayant trait aux différents secteurs d'activité faisant l'objet de l'inventaire ;
- Rapports nationaux CCNUCC et les rapports d'audits.

Le processus de traçabilité, suivi et archivage a pour objectif de satisfaire aux points 12 des procédures générales de niveau 1 pour l'établissement des inventaires.

1.5 Descriptions générales des méthodologies et sources utilisées

1.5.1 Principes

Les méthodologies d'estimation des émissions de GES sont retenues ou développées avec pour objectif d'atteindre le niveau requis de précision et d'incertitude.

Les axes prioritaires de développement se font en fonction des paramètres suivants :

- Des catégories de sources clés, du développement de méthodes spécifiques aux conditions particulières de la Principauté afin d'augmenter le niveau de confiance de l'estimation des catégories les plus contributrices aux émissions globales. Cet objectif vise à la fois à répondre aux exigences de la CCNUCC, mais aussi à témoigner au plus juste des mesures entreprises dans le cadre du Plan Climat Air Energie de Monaco pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- Des recommandations faites dans le cadre des revues d'inventaires et de l'assurance qualité.
- Des conditions administratives spécifiques aux petits pays pour la réalisation des inventaires, ainsi que de la nécessité de mise en œuvre et d'évolution de ceux-ci, contraintes aux capacités en temps des équipes chargées de la réalisation des inventaires.
- De considérations politiques pour améliorer le suivi des politiques et mesures mises en œuvre.
- De la disponibilité des données. Dans les conditions particulières de la Principauté, certaines données sont aisément accessibles, car venant d'un seul fournisseur. D'autres plus difficilement disponibles du fait des conditions particulières de taille du pays et d'accords spécifiques avec la France. Dans ces cas le choix de méthode est réalisé en veillant à ne pas sous ou sur estimer les émissions et suivant le principe de ne pas effectuer de double comptage. En cas de besoin d'évolution, la Direction de l'Environnement peut entreprendre des actions visant à obtenir ou calculer les données nécessaires.
- Des difficultés d'obtentions de certaines données qui conduisent à utiliser des données alternatives moins représentatives des conditions nationales, moins précises, mais permettant des estimations satisfaisant aux principes de la CCNUCC.
- Du respect des obligations légales, notamment au regard de la confidentialité des informations qui sont utilisées pour la réalisation des inventaires ou pour l'obtention des données d'activité.

1.5.2 Méthodes de calcul et facteurs d'émission

L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre et des puits de carbone à Monaco est établi par la Direction de l'Environnement en suivant, dans toute la mesure du possible, les Lignes Directrices, 2006, du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, Lignes directrices, 2006).

Les différents secteurs d'activité de la Principauté ont été examinés et les émissions correspondantes ont été chiffrées, lorsque les données de base nécessaires à leur calcul ont pu être obtenues.

Dans la mesure où, certains facteurs d'émission n'étaient pas disponibles, il a été utilisé le Guide servant à l'établissement des inventaires des émissions atmosphériques en Europe (EMEP/EEA, 2019) ainsi que des données extraites de la littérature en référence ou utilisées dans le rapport national d'inventaire français.

Secteur 1 –Energie

				Méthodes			Facteurs d'émission		
				CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O
1A1a	Energy industries	Public electricity and heat prod	Liquid	T1	T3	T3	D	D	D
1A1a	Energy industries	Public electricity and heat prod	Gaseous	T2	T3	T3	CS	D	D
1A1a	Energy industries	Public electricity and heat prod	Other fossil fuels	T2a	T1	T1	D	D	D
1A1a	Energy industries	Public electricity and heat prod	Biomass	T2a	T1	T1	D	D	D
1A2gvii	Manufacturing Industry	Off-road vehicles	Liquid	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gvii	Manufacturing Industry	Off-road vehicles	Biomass	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gvii	Manufacturing Industry	Off-road vehicles	Other fossil fuels	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gviii	Manufacturing Industry	Industry	Gaseous	T2	T3	T3	CS	D	D
1A2gviii	Manufacturing Industry	Industry	Liquid	T2	T3	T1	CS	D	D
1A3a	Transport	Civil Aviation	Jet Kerosene	T1	T1	T1	D	D	D
1A3bi	Transport	Road	Cars Gasoline	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3bi	Transport	Road	Cars Diesel	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3bi	Transport	Road	Cars Biomass	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3bii	Transport	Road	Ldt Gasoline	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3bii	Transport	Road	Ldt Diesel	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3bii	Transport	Road	Ldt Biomass	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3biii	Transport	Road	Hdt Gasoline	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3biii	Transport	Road	Hdt Diesel	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3biii	Transport	Road	Hdt Biomass	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3biv	Transport	Road	MT Gasoline	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3biv	Transport	Road	MT Lube	T2	T2	T2	CS	CS	CS

1A3biv	Transport	Road	MT Biomass	T2	T2	T2	CS	D	D
1A3di	Transport	Domestic navigation	Gas/Diesel oil	T2	T1	T1	CS	D	D
1A3di	Transport	Domestic navigation	Gasoline	T2	T1	T1	CS	D	D
1A3di	Transport	Domestic navigation	Biomass	T2	T1	T1	CS	D	D
1A4ai	Other	Stationary combustion	Gaseous	T2	T3	T3	CS	D	D
1A4ai	Other	Stationary combustion	Liquid	T2	T3	T1	CS	D	D
1A4bi	Other	Stationary combustion	Gaseous	T2	T3	T3	CS	D	D
1A4bi	Other	Stationary combustion	Liquid	T1, T2	T1, T3	T1	CS, D	D	D
1A4bi	Other	Stationary combustion	Biomass	T1, T2	T1, T3	T1	CS, D	D	D
1A4bi	Other	Stationary combustion	Other Fossil Fuels	T2	T3	T1	CS, D	D	D
1B2b5	Fugitive emissions	Natural gas distribution	Natural gas	T3	T3	NA	CS	CS	NA
1D1a	International Bunkers	International aviation	Jet kerosene	T1	T1	T1	D	D	D
1D1b	International Bunkers	International navigation	Gas Diesel oil	T1	T1	T1	CS	D	D
1D1b	International Bunkers	International navigation	Gasoline	T1	T1	T1	CS	D	D
1D1b	International Bunkers	International navigation	Biomass	T1	T1	T1	CS	D	D

Secteur 2 –Procédés Industriels

Méthodes					Facteurs d'émission												
		HFC	PFC	Unspecifie d mix of HFCs and PFCs	SF ₆	NF ₃	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	HFC	PF C	Unspecifie d mix of HFCs and PFCs	SF ₆	NF ₃	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
2D	Produits non énergétiques issus de carburants et utilisation de solvants																
2D1	Lubricant Use						T1	T1	T1						CS	CS	CS
2D2	Paraffin Wax Use						T1	NA	NA						D	NA	NA
2D3	Paint application						T1	NA	NA						CS	NA	NA

2D3	Dry cleaning						T2	NA	NA						D	NA	NA
2D3	Road paving						T2	NA	NA						D	NA	NA
2D3	Printing industry						T1	NA	NA						D	NA	NA
2D3	Wood preservation						T2	NA	NA						D	NA	NA
2D3	Urea from road transportation						T1	NA	NA						CS	NA	NA
2D3	Domestic Solvent						T1	NA	NA						D	NA	NA
2D3	Application of glues						CS	NA	NA						CS	NA	NA
2F	Utilisation de produits comme substituts des ODS																
2F1b	Domestic refrigeration	T2	NA	NA	NA	NA				D	NA	NA	NA	NA			
2F1e	Mobile Air-conditioning	T2	NA	NA	NA	NA				CS	NA	NA	NA	NA			
2F1f	Stationary Air-conditioning	T2	T2	NA	NA	NA				D	D	NA	NA	NA			
2F2	Foam Blowing Agents	CS	NA	NA	NA	NA				OTH	NA	NA	NA	NA			
2F4	Aerosols	CS	NA	NA	NA	NA				D	NA	NA	NA	NA			
2G	Autres usages et fabrication de produits																
2G1	Electrical Equipment	NA	NA	NA	T1	NA				NA	NA	NA	D	NA			
2G2b	Accelerators	NA	NA	NA	T1	NA				NA	NA	NA	CS	NA			
2G3a	Medical Applications						NA	D	NA						NA	D	NA
2G3b	Propellant						NA	CS	NA						NA	OTH	NA

Secteur 3 –Agriculture

		Méthodes			Facteurs d'émission		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3	Agriculture	NO	NO	NO	NA	NA	NA

Secteur 4 –UTCATF

		Méthodes			Facteurs d'émission		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
4E1	Tree crown cover	T1,T2	NO	NO	D	NA	NA
4E1	Other settlement	T1,T2	NO	NO	D	NA	NA
4E1	Direct N ₂ O Emissions from N inputs to Managed Soils	NO	NO	T1	NA	NA	D

Secteur 5 –Déchets

		Méthodes			Facteurs d'émission		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
5C1	Cremation	T1	NA	NA	CS	NA	NA
5D1	Domestic wastewater	NO	T3	T1	NO	D	D

1.5.3 Pouvoirs de réchauffement globaux

Dans le cadre de l'établissement de cet inventaire, les pouvoirs de réchauffement globaux (PRG –GWP) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) AR5 ont été utilisés.

Tableau 2. Table des PRG-AR5

Gaz	PRG-GWP
CO2	1
CH4	28
N2O	265
SF6	23500
NF3	16100
C10F18	7190
C2F6	11100
C3F8	8900
C4F10	9200
C5F12	8550
C6F14	7910
c-C3F6	9200
c-C4F8	9540
CF4	6630
HFC-125	3170
HFC-134	1120
HFC-134a	1300
HFC-143	328
HFC-143a	4800
HFC-152	16
HFC-152a	138
HFC-161	4
HFC-227ea	3350
HFC-23	12400
HFC-236cb	1210
HFC-236ea	1330
HFC-236fa	8060
HFC-245ca	716
HFC-245fa	858
HFC-32	677
HFC-365mfc	804
HFC-41	116
HFC-43-10mee	1650

1.6 Description des catégories clés

Une analyse des catégories clés est effectuée dans cette section. Elle est réalisée globalement sur la base des contributions en CO₂ équivalent des différentes sources à un niveau sectoriel plus fin que celui par défaut et pour les sept gaz à effet de serre direct. Suivant les recommandations du GIEC, cette analyse est effectuée par type de combustible pour les installations de combustion.

Deux analyses différentes sont proposées de niveau T1 :

- la première hors UTCATF permettant d'évaluer les contributions des différentes sources vis-à-vis des engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris ;
- la seconde avec UTCATF pour répondre aux recommandations de la CCNUCC.

Une analyse de niveau T2 est également proposée en niveau et en tendance.

1.6.1 Catégories clés hors UTCATF –Tier 1

1.6.1.1 **CATEGORIES CLES EN 2022**

Le tableau ci-après dresse la liste des catégories clés pour l'année 2022, c'est-à-dire qui représentent 95% des émissions totales hors UTCATF.

Tableau 3. Catégories Clés en 2022

Code GIE	Catégorie	Classification	Gaz	Unité	Niveau avec UTCATF	Tendance avec UTCATF	Niveau sans UTCATF	Tendance sans UTCATF	Pourcentage avec UTCATF	Cumul avec UTCATF	Pourcentage sans UTCATF	Cumul sans UTCATF
1.A.1	Energy Industries	Other Fossil Fuels	CO2	kt	0,273	0,077	0,274	0,077	27,2%	27,3%	27,2%	27,4%
1.A.3.b	Road Transportation	Fossil fuels	CO2	kt	0,266	0,044	0,266	0,044	26,5%	53,8%	26,4%	53,8%
1.A.4	Other Sectors	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,146	0,043	0,146	0,043	14,5%	68,3%	14,5%	68,3%
1.A.4	Other Sectors	Liquid Fuels	CO2	kt	0,095	0,155	0,095	0,155	9,5%	77,7%	9,4%	77,7%
2.F.1	Refrigeration and Air conditioning	no classification	Aggregate F-gases	t CO2 equivalent	0,083	0,055	0,083	0,055	8,3%	86,0%	8,2%	86,0%
1.A.2.g	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	CO2	kt	0,054	0,018	0,054	0,018	5,4%	91,4%	5,4%	91,4%
1.A.3.d	Domestic Navigation	Liquid Fuels	CO2	kt	0,015	0,006	0,015	0,006	1,5%	92,9%	1,5%	92,8%
1.A.1	Energy Industries	Biomass	N2O	kt	0,010	0,004	0,010	0,004	1,0%	93,9%	1,0%	93,8%
1.B.2.b	Natural Gas	Operation	CH4	kt	0,009	0,007	0,009	0,007	0,9%	94,8%	0,9%	94,7%
5.D	Wastewater Treatment and Discharge	Wastewater	N2O	kt	0,006	0,001	0,006	0,001	0,6%	95,4%	0,6%	95,3%

Les catégories clés en niveau sont au nombre de 10.

Les émissions de CO₂ résultant de la valorisation énergétique des déchets représentent environ 27,4% des émissions totales et celles de la combustion de carburants par les véhicules routiers représentent 26,4 %. Ces deux secteurs sont à l'origine de plus de la moitié des émissions de la Principauté de Monaco.

Parmi ces catégories clés, sur les 7 gaz à effet de serre direct, le CO₂ représente 92,7 % des émissions totales hors UTCATF.

Le tableau suivant concerne l'analyse des catégories clés au regard de leur évolution entre 1990 et 2022.

Tableau 4. Catégories Clés en tendance

Code GIE	Catégorie	Classificati	Gaz	Unité	Niveau avec UTCATF	Tendance avec UTCATF	Niveau sans UTCATF	Tendance sans UTCATF	Pourcentage avec UTCA	Cumul avec UTCATF	Pourcentage sans UTCA	Cumul sans UTCATF
1.A.1	Energy Industries	Other Fossil Fuels	CO2	kt	0,273	0,077	0,274	0,077	17,5%	17%	17,5%	17,5%
1.A.3.b	Road Transportation	Fossil fuels	CO2	kt	0,266	0,044	0,266	0,044	10,0%	27%	10,0%	27,4%
1.A.4	Other Sectors	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,146	0,043	0,146	0,043	9,8%	37%	9,8%	37,2%
1.A.4	Other Sectors	Liquid Fuels	CO2	kt	0,095	0,155	0,095	0,155	35,1%	72%	35,1%	72,3%
2.F.1	Refrigeration and Air conditioning	no classification	Aggregate F-gases	t CO2 equivalent	0,083	0,055	0,083	0,055	12,5%	85%	12,5%	84,8%
1.A.2.g	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	CO2	kt	0,054	0,018	0,054	0,018	4,1%	89%	4,1%	88,9%
1.A.3.d	Domestic Navigation	Liquid Fuels	CO2	kt	0,015	0,006	0,015	0,006	1,4%	90%	1,4%	90,2%
1.A.1	Energy Industries	Biomass	N2O	kt	0,01	0,004	0,01	0,004	0,9%	91%	0,9%	91,2%
1.B.2.b	Natural Gas	Operation	CH4	kt	0,009	0,007	0,009	0,007	1,6%	93%	1,6%	92,7%
5.D	Wastewater Treatment and Discharge	Wastewater	N2O	kt	0,006	0,001	0,006	0,001	0,2%	93%	0,2%	93,0%
1.A.2.g	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	N2O	kt	0,009	0,005	0,009	0,005	1,1%	94%	1,1%	94,1%
1.B.2.b	Natural Gas	Operation	CH4	kt	0,007	0,007	0,007	0,007	1,6%	96%	1,6%	95,7%

Les catégories clés en tendance sont au nombre de 12

Les 5 premières catégories clés en termes d'évolution sont :

- Les émissions de CO₂ liées à la valorisation énergétique des déchets qui sont relativement stables depuis 2003 ;
- La baisse des émissions de CO₂ dans le secteur du transport routier ;
- Les émissions de CO₂ liées à la consommation de carburant liquide pour les autres secteurs de l'énergie qui ont très fortement diminuées ;
- La consommation de gaz naturel qui est relativement constante depuis 2015.
- Les émissions relatives aux F-gaz.

1.6.1.2 CATEGORIES CLES EN 1990

Le tableau ci-après dresse la liste des catégories clés pour l'année 1990, c'est-à-dire qui représentent 95% des émissions totales hors UTCATF.

Tableau 5.Catégories Clés en 1990

Code GIEC	Catégorie	Classification	Gaz	Unité	Niveau avec UTCATF	Niveau sans UTCATF	Pourcentage avec UTCATF	Cumul avec UTCATF	Pourcentage sans UTCATF	Cumul sans UTCATF
1.A.3.b	Road Transportation	Fossil fuels	CO2	kt	0,333	0,333	33,3%	33,3%	33,4%	33,3%
1.A.4	Other Sectors	Liquid Fuels	CO2	kt	0,332	0,332	33,2%	66,5%	33,3%	66,5%
1.A.1	Energy Industries	Other Fossil Fuels	CO2	kt	0,156	0,156	15,6%	82,1%	15,6%	82,1%
1.A.4	Other Sectors	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,080	0,080	8,0%	90,1%	8,0%	90,1%
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	CO2	kt	0,027	0,027	2,7%	92,8%	2,7%	92,8%
1.B.2.b	Natural Gas	Operation	CH4	kt	0,020	0,020	2,0%	94,8%	2,0%	94,8%
1.A.1	Energy Industries	Liquid Fuels	CO2	kt	0,012	0,012	1,2%	96,0%	1,2%	96,0%

Il est à noter qu'en 1990, seulement 7 catégories formaient les catégories clés. Ces catégories clés de 1990 demeurent en 2022.

Les émissions de CO₂ liées à la consommation de carburant liquide pour les autres secteurs de l'énergie représentaient plus du tiers des émissions de gaz à effet de serre de la Principauté en 1990, alors qu'en 2022, elles représentent 9,5 % des émissions.

La part des émissions CO₂ dans le secteur du transport routier a également diminué entre 1990 et 2022 en passant de 32,9% à 26,6%. Les émissions de CO₂ liées à la valorisation énergétique des déchets ont *a contrario* augmenté de 15,5% à 27,4%.

1.6.2 Catégories clés avec UTCATF –Tier 1

Il s'agit d'analyser les catégories clés en y intégrant l'UTCATF en valeur absolue, pour l'année 2022

Les valeurs sont présentées dans les tableaux figurant au paragraphe 1.6.1.

La part que représente l'UTCATF étant très faible à Monaco, les catégories clés en termes de niveau d'émission et d'évolution des tendances sont quasi identiques aux catégories sans UTCATF.

Pour l'année 1990, les catégories clés avec UTCATF et sans UTCATF étaient identiques

1.6.3 Catégories clés avec UTCATF – Tier 2

L'analyse des catégories clés de Tier 2 inclus l'UTCATF.

Tableau 6. Tier 2 – Contribution

Catégorie	Gaz	1990 (kt CO2 eq)	2022 (kt CO2 eq)	Contribution (%) 2020	Cumul avec UTCATF (%)	Incertitude sur émissions (%)	contribution x incertitude	Evaluation niveau Tier 2 (%)	Cumul tier 2 (%)	Catégorie Clé tier 2 (à 95%)
1.A.1.a - Other fossil fuels	CO2	15,84	18,20	27	27	40	1107	47,0	47	1
1.A.3.b - Transport routier	CO2	33,80	17,71	27	54	8	214	9,1	56	2
2.F.1.f - Stationary air-conditionning	F gaz	0,00	4,45	7	61	25	170	7,2	63	3
5.D.1 - Eaux usées domestiques	N2O	0,51	0,39	1	62	254	150	6,3	70	4
1.A.2.g.vii – liquid fuels	N2O	0,29	0,42	1	62	200	128	5,4	75	5
1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CH4	1,98	0,60	1	63	133	121	5,1	80	6
1.A.1.a - Biomass	N2O	0,49	0,68	1	64	100	103	4,4	85	7
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	6,24	7,96	12	76	6	77	3,3	88	8
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CO2	30,46	6,10	9	85	6	54	2,3	90	9
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CO2	2,53	3,57	5	91	9	46	2,0	92	10
1.A.3.d - Navigation domestique	CO2	0,52	0,98	1	92	24	36	1,5	94	11
2.F.1.e - Climatisation mobile	F gaz	0,00	1,06	2	94	16	25	1,1	95	12

12 catégories constituent des catégories clé Tier2 en contribution.

On peut noter que les émissions de CO₂ de la catégorie 1.A.1.a liées essentiellement à la combustion de déchets contribuent à hauteur de 47%.

Tableau 7. Tier 2 – Evolution

Catégorie	Gaz	1990 (kt CO2 eq)	2022 (kt CO2 eq)	Evolution Tier 1 (%)	Evolution cumulée Tier 1 (%)	Incertitude sur émissions (%)	Evolution x Incertitude	Evaluation Tier 2 (%)	Cumul Tier 2 (%)	Catégorie Clé tier 2 (à 95%)
1.A.1.a - Other fossil fuels	CO2	15,84	18,20	0,08	0,08	40	3,13	34,93	34,93	1
2.F.1.f - Stationary air-conditionning	F gaz	0,00	4,45	0,04	0,04	25	1,10	12,30	47,23	2
1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CH4	1,98	0,60	0,01	0,01	133	0,89	9,94	57,17	3
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CO2	30,46	6,10	0,13	0,13	6	0,78	8,67	65,85	4
1.A.2.g.vii – liquid fuels	N2O	0,29	0,42	0,00	0,00	200	0,46	5,18	71,02	5
1.A.1.a - Biomass	N2O	0,49	0,68	0,00	0,00	100	0,36	3,97	74,99	6
1.A.3.b - Transport routier	CO2	33,80	17,71	0,04	0,04	8	0,33	3,66	78,65	7
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	6,24	7,96	0,04	0,04	6	0,25	2,74	81,39	8
2.F.1.e - Climatisation mobile	F gaz	0,00	1,06	0,01	0,01	16	0,16	1,84	83,23	9
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CO2	2,53	3,57	0,02	0,02	9	0,16	1,81	85,04	10
1.A.3.b - Transport routier	N2O	0,47	0,00	0,00	0,00	54	0,16	1,80	86,84	11
1.A.3.d - Navigation domestique	CO2	0,52	0,98	0,01	0,01	24	0,15	1,71	88,56	12
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CO2	4,21	0,24	0,02	0,02	6	0,14	1,58	90,14	13
5.D.1 - Eaux usées domestiques	N2O	0,51	0,39	0,00	0,00	254	0,14	1,58	91,72	14
2.F.4.a - Inhalateurs médicaux	F gaz	0,00	0,24	0,00	0,00	51	0,12	1,35	93,07	15
2.G.3.a - Other Product Manufacture and Use - Medical Applications	N2O	0,00	0,69	0,01	0,01	13	0,09	1,02	94,08	16
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	N2O	0,07	0,02	0,00	0,00	200	0,06	0,68	94,77	17
1.A.1.a - Other fossil fuels	N2O	0,15	0,16	0,00	0,00	100	0,06	0,62	95,39	18

18 catégories sont des catégories clé en Tier 2 en termes d'évolution

1.7 Evaluation des incertitudes

La Direction de l'Environnement a effectué une analyse des incertitudes associées au calcul des émissions, appliquée à son inventaire soumis en 2022, en suivant la méthode de niveau TI décrite dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, p. Chapitre 6).

Les résultats de cette analyse sont indiqués dans le tableau figurant dans l'Annexe 2 de ce document.

Il ressort de cette analyse que l'incertitude combinée (résultant des incertitudes sur les données d'activité et des incertitudes sur les facteurs d'émission) de la totalité des émissions de gaz à effet de serre à Monaco, calculée pour l'année 2022, est de 11,75 %.

L'incertitude relative à la tendance observée pour les émissions totales entre l'année de base 1990 et 2022 est évaluée à 3,86 %.

1.8 Exhaustivité de l'Inventaire

1.8.1 Couverture temporelle

Les émissions de gaz à effet de serre sont pour l'ensemble des secteurs calculées sur la période 1990-2022.

L'année de référence est 1990 pour le CO₂, le CH₄, et le N₂O et les gaz à effet de serre indirect. Pour les autres gaz à effet de serre direct, l'année de référence est 1995.

1.8.2 Territoire

L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre couvre l'ensemble du territoire.

1.8.3 Substances

Gaz à effet de serre direct :

CO ₂	Dioxyde de carbone
CH ₄	Méthane
N ₂ O	Protoxyde d'azote (oxyde nitreux)
HFC	Hydrofluorocarbure
(HFC-23, HFC-32, HFC-4310mee, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a, HFC-227ea, HFC-365mfc, HFC-245fa),	
PFC	Perfluorocarbure
(PFC-14, PFC-116, C3F8, C4F8, C4F10, C5F12, C6F14, C10F18),	
SF ₆	Hexafluorure de soufre
NF ₃ ,	Trifluorure d'azote

Les gaz à effet de serre indirect :

SO ₂	Dioxyde de soufre
CO	Monoxyde de carbone
NOX	Oxyde d'azote
COVM / NMVOC	Composé Organiques Volatils Non méthanique.

1.8.4 Sources émettrices

1.8.4.1 SECTEUR DE L'ÉNERGIE

Les émissions du secteur de la production énergétique (IA1) sont exclusivement dues au système de tri-génération issu de la valorisation énergétique des déchets comprenant :

- L'incinération des déchets solides et des boues d'épuration,
- L'utilisation d'énergie complémentaire : fioul lourd et gaz naturel.

L'électricité consommée, mais importée de France, n'est pas comptabilisée dans le cadre des inventaires nationaux au titre de la CCNUCC, car produite hors du territoire.

Les émissions du transport routier sont calculées à partir notamment de la vente de carburant sont couvertes pour l'ensemble du territoire.

Le trafic lié au transport aérien domestique et à la navigation domestique est inclus dans le total national, tandis que la part internationale est rapportée dans le cadre des soultes internationales de carburant conformément aux spécifications CCNUCC.

Les émissions dues à la consommation de gaz naturel, de fioul domestique et autres combustibles liquides sont entièrement couvertes sur le périmètre de l'inventaire par la disponibilité des données d'activité.

La consommation de gazole non routier et de gaz de pétrole liquéfié sont couvertes sur le périmètre national.

En absence de production, les émissions fugitives de gaz naturel n'ont lieu que par la distribution au travers du réseau public présent sur le territoire.

1.8.4.2 PROCESSUS INDUSTRIELS

En ce qui concerne le secteur des processus industriels, les données d'activité relatives à l'utilisation d'asphalte pour le goudronnage des rues, les émissions de NMVOC et de CO₂ correspondantes sont calculées.

Pour ce qui est du calcul des émissions réelles de gaz fluorés (HFC, PFC et SF₆), une méthode Tier 2a a été appliquée.

En ce qui concerne le secteur de l'utilisation des solvants, les données d'activité disponibles dans le cas de l'application des peintures, des imprimeries, des opérations de traitement du bois et des opérations de dégraissage et de nettoyage à sec ont permis de déterminer les émissions de NMVOC, ainsi que celles de CO₂.

Les émissions relatives à l'utilisation de paraffine, de colles et de solvants domestiques ont été estimées dans le cadre de cet inventaire.

1.8.4.3 UTCATF

Les émissions directes et indirectes de N₂O causées par l'utilisation des engrais dans les parcs et les jardins publics de la Principauté ont été estimées suivant la méthode préconisée par le GIEC pour l'ensemble du territoire.

1.8.4.4 DECHETS

Concernant le secteur des déchets, seules sont reportées les activités liées au traitement des eaux résiduaires par l'usine de traitement et à la crémation. La valorisation énergétique des déchets, comprenant également le traitement des boues d'épuration, est comptabilisée au sein du secteur 1A1 Production d'énergie. Il n'existe pas d'autre filière de traitement des déchets sur le territoire. Les déchets recyclables, dangereux et ultimes sont exportés.

1.8.5 Sources manquantes (reportées comme « NE »)

Les catégories pour lesquelles il n'a pas été possible d'obtenir les données d'activité correspondantes, pour lesquelles les facteurs d'émission n'étaient pas connus, ou pour lesquelles il n'existe pas de méthodologie d'estimation ont été reportées comme « NE » dans le tableau 1.

Désignation de la catégorie reportée comme NE	
1B2a5	Distribution of Oil Products

Il n'y a normalement aucune source manquante dans l'inventaire.

Tableau 8. Extrait de la table 9 du CRT- « NE »

Sources and sinks not estimated ("NE") ⁽¹⁾			
GHG	Sector ⁽²⁾	Source/sink category ⁽²⁾	Explanation
CH ₄	Energy	1.B Fugitive Emissions from Fuels/1.B.2 Oil and Natural Gas and Other Emissions from Energy Production/1.B.2.a Oil/1.B.2.a.5 Distribution of Oil Products	no method (EF) available in the 2006 IPPC Guidelines
CO ₂	Energy	1.B Fugitive Emissions from Fuels/1.B.2 Oil and Natural Gas and Other Emissions from Energy Production/1.B.2.a Oil/1.B.2.a.5 Distribution of Oil Products	no method (EF) available in the 2006 IPPC Guidelines

1.8.6 Explication de l'application de la clé « IE »

Des catégories peuvent être comptabilisées avec d'autres secteurs pour diverses raisons. Le tableau suivant liste les différents secteurs alloués dans un autre secteur de l'inventaire.

Tableau 9. Sources reportées comme IE

Désignation de la catégorie reportée comme IE		Désignation de la catégorie du report	
2F1a	Commercial Refrigeration	2F1b	Domestic Refrigeration
5C1	Waste incineration	1A1a	Public electricity and heat production
5D2	Industrial wastewater handling	5D1	Domestic wastewater handling

Tableau 10. Extrait de la table 9 du CRT – « IE »

Sources and sinks reported elsewhere ("IE") ⁽³⁾				
GHG	Source/sink category	Allocation as per IPCC Guidelines	Allocation used by the Party	Explanation
C3F8	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.1 Refrigeration and Air conditioning/2.F.1.a Commercial Refrigeration/C3F8	2.F.1.a	2.F.1.f	unable to obtain separate data from companies
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.a Municipal Solid Waste	5.C.1.1.a	1.AA.1.A.1.a	waste used as energy
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Sewage Sludge	5.C.1.1.b	1.AA.1.A.1.a	waste used as energy
CH4	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.a Municipal Solid Waste	5.C.1.2.a	1.AA.1.A.1.a	waste used as energy
CH4	5.D Wastewater Treatment and Discharge/5.D.2 Industrial Wastewater	5.D.2	5.D.1	only one global treatment plant in Monaco (it's a 2km ² City-State)
CO2	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.a Municipal Solid Waste	5.C.1.1.a	1.AA.1.A.1.a	waste used as energy
CO2	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.a Municipal Solid Waste	5.C.1.2.a	1.AA.1.A.1.a	waste used as energy
HFC-125	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.1 Refrigeration and Air conditioning/2.F.1.a	2.F.1.a	2.F.1.f	unable to obtain separate data from companies

	Commercial Refrigeration/HFC-125			
HFC-134a	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.1 Refrigeration and Air conditioning/2.F.1.a Commercial Refrigeration/HFC-134a	2.F.1.a	2.F.1.f	unable to obtain separate data from companies
HFC-143a	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.1 Refrigeration and Air conditioning/2.F.1.a Commercial Refrigeration/HFC-143a	2.F.1.a	2.F.1.f	unable to obtain separate data from companies
HFC-152a	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.1 Refrigeration and Air conditioning/2.F.1.a Commercial Refrigeration/HFC-152a	2.F.1.a	2.F.1.f	
HFC-23	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.1 Refrigeration and Air conditioning/2.F.1.a Commercial Refrigeration/HFC-23	2.F.1.a	2.F.1.f	
HFC-32	2.F Product Uses as Substitutes for ODS/2.F.1 Refrigeration and Air conditioning/2.F.1.a Commercial Refrigeration/HFC-32	2.F.1.a	2.F.1.f	unable to obtain separate data from companies
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.a Municipal Solid Waste	5.C.1.1.a	1.AA.1.A.1.a	waste used as energy
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.1 Biogenic/5.C.1.1.b Other (please specify)/Sewage Sludge	5.C.1.1.b	1A1a	waste used as energy
N2O	5.C Incineration and Open Burning of Waste/5.C.1 Waste Incineration/5.C.1.2 Non-biogenic/5.C.1.2.a Municipal Solid Waste	5.C.1.2.a	1.AA.1.A.1.a	waste used as energy
N2O	5.D Wastewater Treatment and Discharge/5.D.2 Industrial Wastewater	5.D.2	5.D.1	only one global treatment plant in Monaco (it's a 2km ² City-State)

1.8.7 Explication de l'application de la clé « NO »

Cette clé a été utilisée lors que l'activité correspondante est inexistante à Monaco. Etant donné l'exiguïté du territoire, son caractère entièrement urbanisé et l'absence d'industries de matière première, cette clé de notation a été utilisée pour de nombreux codes NFR.

Tableau 11. Sources reportées comme « NO »

Désignation de la catégorie reportée comme NO	
1A1b	Petroleum refining
1A1c	Manufacture of solid fuels and other energy industries
1A2a	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Iron and steel
1A2b	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-ferrous metals
1A2c	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals
1A2d	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Pulp, Paper and Print
1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco
1A2f	Non-metallic Minerals
1A1b	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Food processing, beverages and tobacco
1A2f	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-metallic minerals
1A3ei	Pipeline transport
1A3eii	Other
1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing
1A5	Other
1B1	Fugitive emission from solid fuels
1B2a	Fugitive emissions oil
1B2c	Fugitive emissions venting and flaring
1C	Transport and Storage
1D2	Multilateral Operations
1D4	CO2 Captured
2A1	Cement production
2A2	Lime production
2A3	Glass production
2A4	Other Process Uses of Carbonates
2B1	Ammonia production
2B2	Nitric acid production
2B3	Adipic acid production
2B4	Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production
2B5	Carbide production
2B6	Titanium dioxide production
2B7	Soda ash production
2B8	Petrochemical and Carbon Black Production
2B9	Fluorochemical Production
2B10	Storage, handling and transport of chemical products (please specify in the IIR)
2C1	Iron and steel production
2C2	Ferroalloys production
2C3	Aluminium production
2C4	Magnesium production

2C5	Lead production
2C6	Zinc production
2C7	Other
2D3c	Asphalt roofing
2D3e	Degreasing
2D3g	Chemical products
2D3i	Other solvent use (please specify in the IIR)
2E	Electronics Industry
2H	Pulp and paper industry
2F1c	Industrial Refrigeration
2F1d	Transport Refrigeration
2F2	Foam Blowing Agents
2F3	Fire Protection
2F4	Aerosols
2F5	Solvents
2F6	Other Applications
2G1	Electrical Equipment
2G4	Other
2H	Other
3	Agriculture
4A	Forest Land
4B	Cropland
4C	Grassland
4D	Wetlands
4E2	Land Converted to Settlements
4F	Other Land
4G	Harvested Wood Products
4H	Other
5A	Solid waste disposal
5B	Biological treatment of solid waste
5C2	Open burning of waste
5D3	Other wastewater treatment
5E	Other waste
6	Other

1.8.8 Explication de la clé « NA »

Cette clé a été utilisée lorsqu'une activité existe dans le secteur considéré, mais qu'elle n'est pas à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre en raison de la nature du processus mis en œuvre.

Tableau 12. Sources reportées comme « NA »

Désignation de la catégorie reportée comme NA	
1A3c	Railways

2

EVOLUTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Ce chapitre propose un aperçu des émissions/séquestration de gaz à effet de serre de Monaco pour l'année 2022, les évolutions observées depuis l'année de référence de 1990 par gaz et par secteur d'émission.

2.1 Descriptions des tendances pour les émissions de gaz à effet de serre agrégées

2.1.1 Emissions globales de gaz à effet de serre en 2022

Pour l'année 2022, les émissions globales, secteur UTCATF inclus, sont de : **66,46 ktCO₂eq**

Pour l'année 2022, les émissions globales, hors secteur UTCATF, sont de : **66,53 ktCO₂eq**

Le polluant le plus contributeur est le CO₂ issu très majoritairement du secteur énergétique qui reste aussi la principale source des émissions de Monaco avec 86,4 % des émissions globales.

Catégorie d'émissions ou de puits de gaz à effet de serre	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Mix de HFCs et PFCs non spécifié	NF ₃	Total	Répartition hors UTCATF	Répartition avec UTCATF
	CO ₂ équivalent (kt)									%	%
Energie	57,41	0,76	1,69						59,85	89,96%	90,06%
Procédés industriels et utilisation de produits	0,04	0,00	0,21	5,84	NO,IE	0,13	NO	NO	6,22	9,35%	9,4%
Agriculture	NO	NO,NA	NO						NO,NA	0,00%	0,0%
Déchets	NO,IE	0,07	0,39						0,46	0,69%	0,7%
Autres	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,00%	0,00
Emissions totale en ktCO ₂ équivalent sans UTCATF	57,45	0,83	2,28	5,84	0,00	0,13	0,00	0,00	66,53		
UTCATF	-0,08	NO	0,01						-0,07		-0,11%
Emissions totale en ktCO ₂ équivalent avec UTCATF	57,37	0,83	2,29	5,84	NO,IE	0,13	NO	NO	66,46		
Memo items-International bunkers	10,95	0,03	0,08						11,07		
Aviation	2,35	0,01	0,02						2,38		
Navigation	8,60	0,02	0,07						8,69		
CO ₂ indirect	0,23										

Figure 5. Emissions de GES par secteur en 2022 (hors UTCATF en ktCO₂eq)

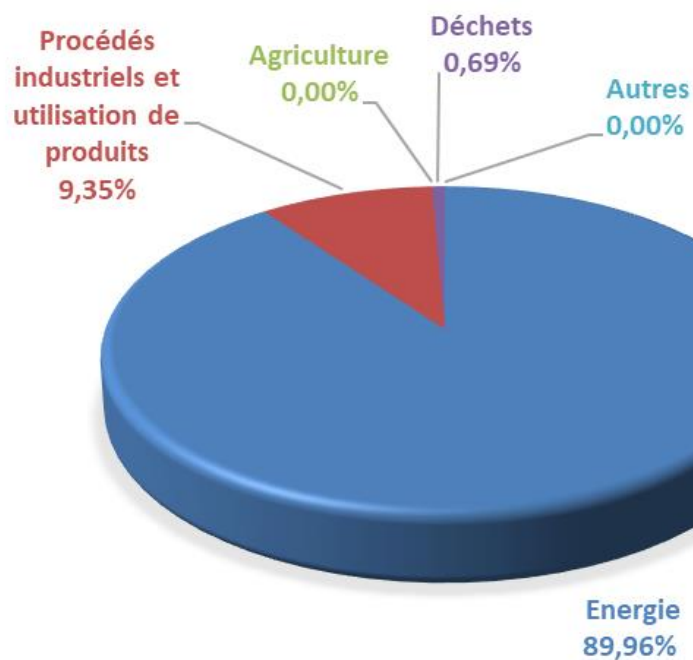
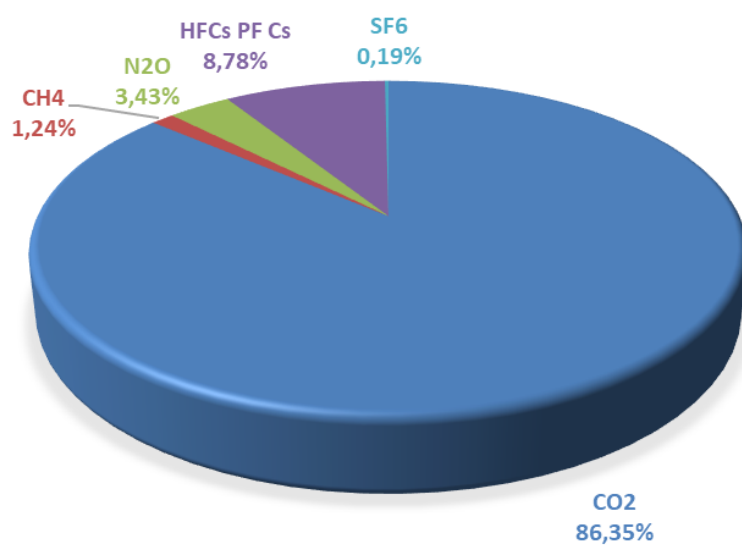


Figure 6. Emissions de GES par gaz en 2022 (hors UTCATF en ktCO₂eq)



2.1.2 Evolution des émissions globales de gaz à effet de serre

L'évolution des émissions globales des gaz à effet de serre entre 1990 et 2022 est présentée dans le tableau 10-1 du cadre commun de présentation (CRT).

Hors secteur UTCATF,

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de :

101,5 ktCO₂eq

Les émissions pour l'année 2022 sont de :

66,5 ktCO₂eq

La diminution observée entre 1990 et 2022 est de :

-35 ktCO₂eq

Par rapport à l'année de référence 1990, la variation est de :

-34,5%

Le pic maximum des émissions a été observé en 1992 :

107,9 ktCO₂eq.

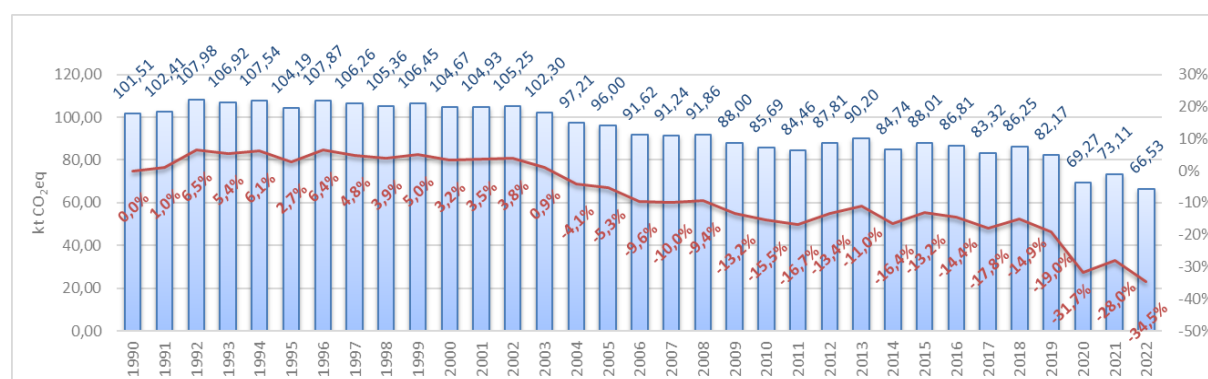
Depuis ce maximum, la diminution observée a été de :

41,3 ktCO₂eq (38,3%)

Avec le secteur UTCATF, les émissions de 1990 sont de 101,4 ktCO₂eq et celles de 2022, de 66,5 ktCO₂eq.

L'évolution des émissions de gaz à effet de serre pour Monaco montre une diminution de 34,5% par rapport à l'année de référence de 1990.

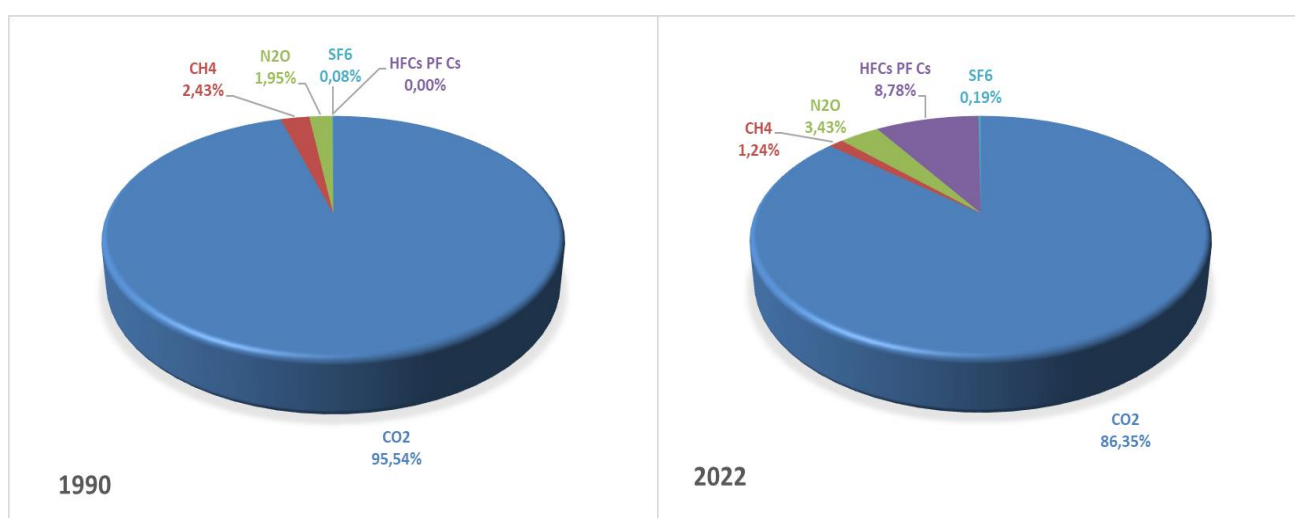
Figure 7. Evolution des émissions globales de gaz à effet de serre entre 1990 et 2022



2.1.3 Evolution des émissions par gaz à effet de serre

L'évolution des émissions des gaz à effet de serre CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆ entre 1990 et 2022 à Monaco est présentée dans les tableaux 10-2 à 10-5 du cadre commun de présentation (CRT) et résumé dans les figures suivantes. Elle est présentée hors UTCATF.

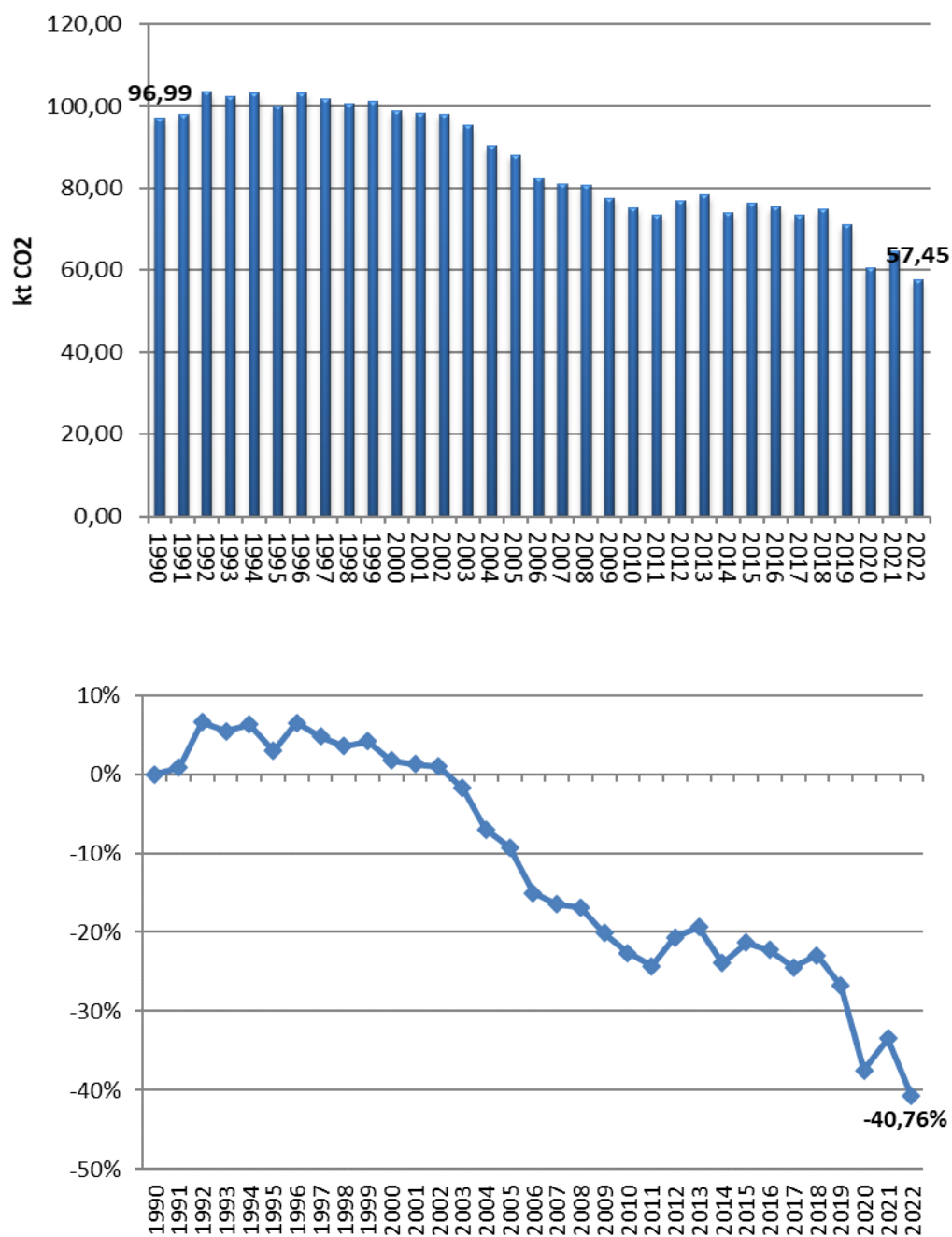
Figure 8. Répartition en 1990 et 2022 des émissions par gaz à effet de serre.



2.1.3.1 CO₂

Le principal gaz émis en 2022 reste le CO₂ qui représente 86,4% des émissions globales. Entre 1990 et 2022, les émissions de CO₂ sont passées de 96,99 kt à 57,45 kt. Cela représente une diminution de 40,7% des émissions de ce gaz en 2022 par rapport à 1990. Le maximum a été observé en 1992.

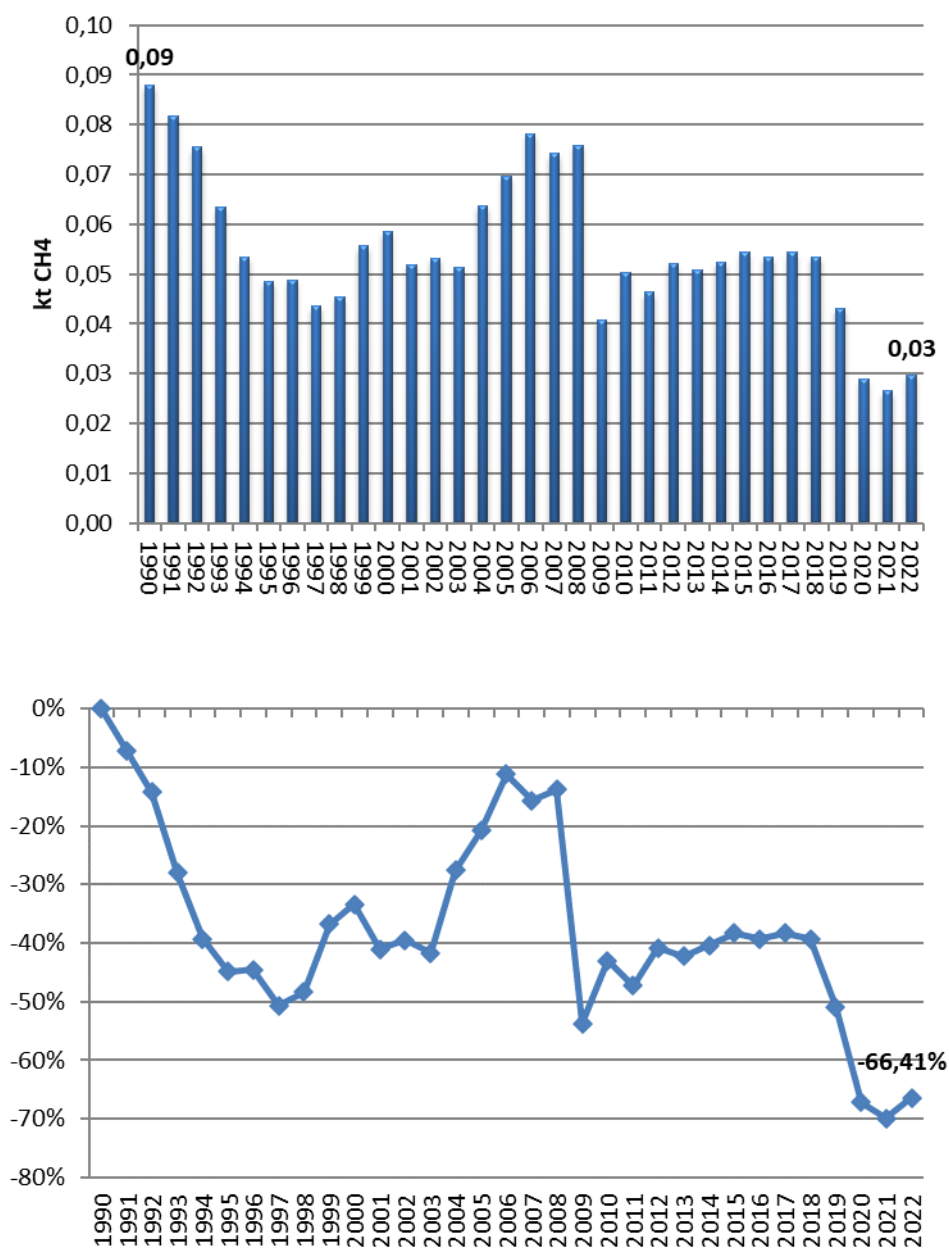
Figure 9. Evolution des émissions de CO₂ entre 1990 et 2022



2.1.3.2 CH₄

Durant la même période, les émissions de CH₄ sont passées de 0,09 kt en 1990 à 0,03 kt en 2022. Le maximum a été observé en 1990.

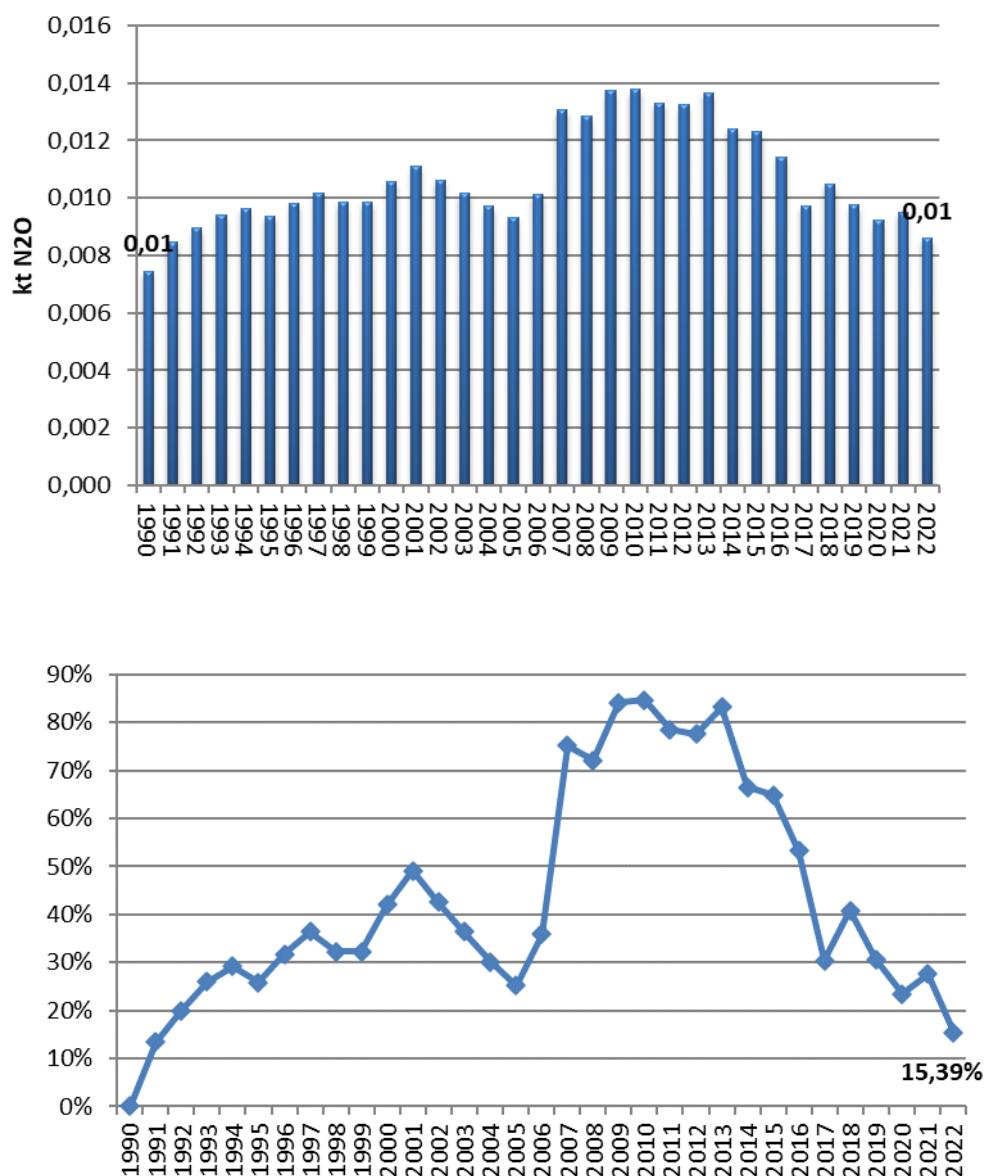
Figure 10. Evolution des émissions de CH₄ entre 1990 et 2022



2.1.3.3 N₂O

Les émissions de N₂O sont passées de 0,007 kt en 1990 à 0,09 kt en 2022, avec un maximum observé en 2010 (0,014kt).

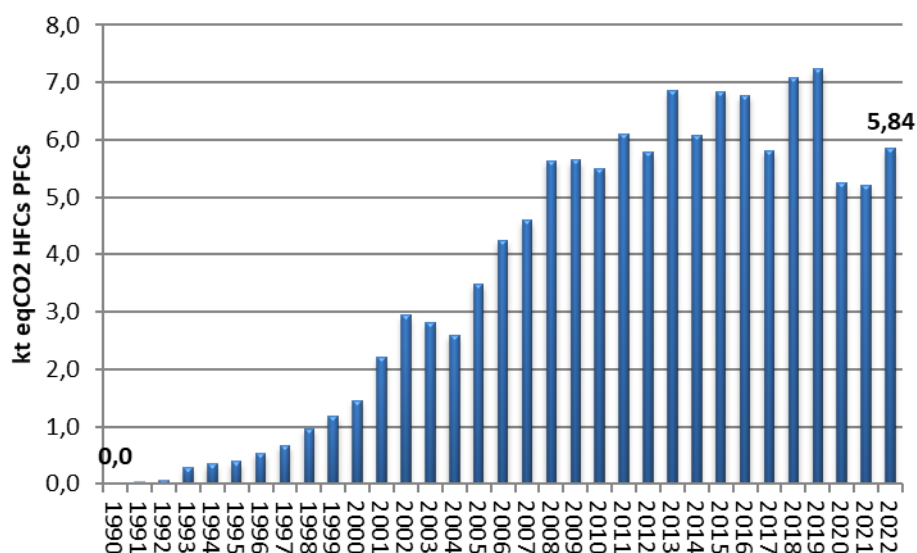
Figure 11. Evolution des émissions de N₂O entre 1990 et 2022



2.1.3.4 HFC-PFC

Les émissions de HFC-PFC sont passées de 0ktCO₂eq en 1990 à 5,8 ktCO₂eq en 2022. L'évolution de secteur est majoritairement due à l'augmentation de l'utilisation des appareils de production de froid et de climatisation.

Figure 12. Evolution des émissions de HFCs-PFCs entre 1990 et 2022



2.1.3.5 SF₆

Les émissions de SF₆ sont passées de $3,6 \cdot 10^{-6}$ kt en 1990 à $5,5 \cdot 10^{-6}$ kt en 2022.

Figure 13. Evolution des émissions de SF₆ entre 1990 et 2022

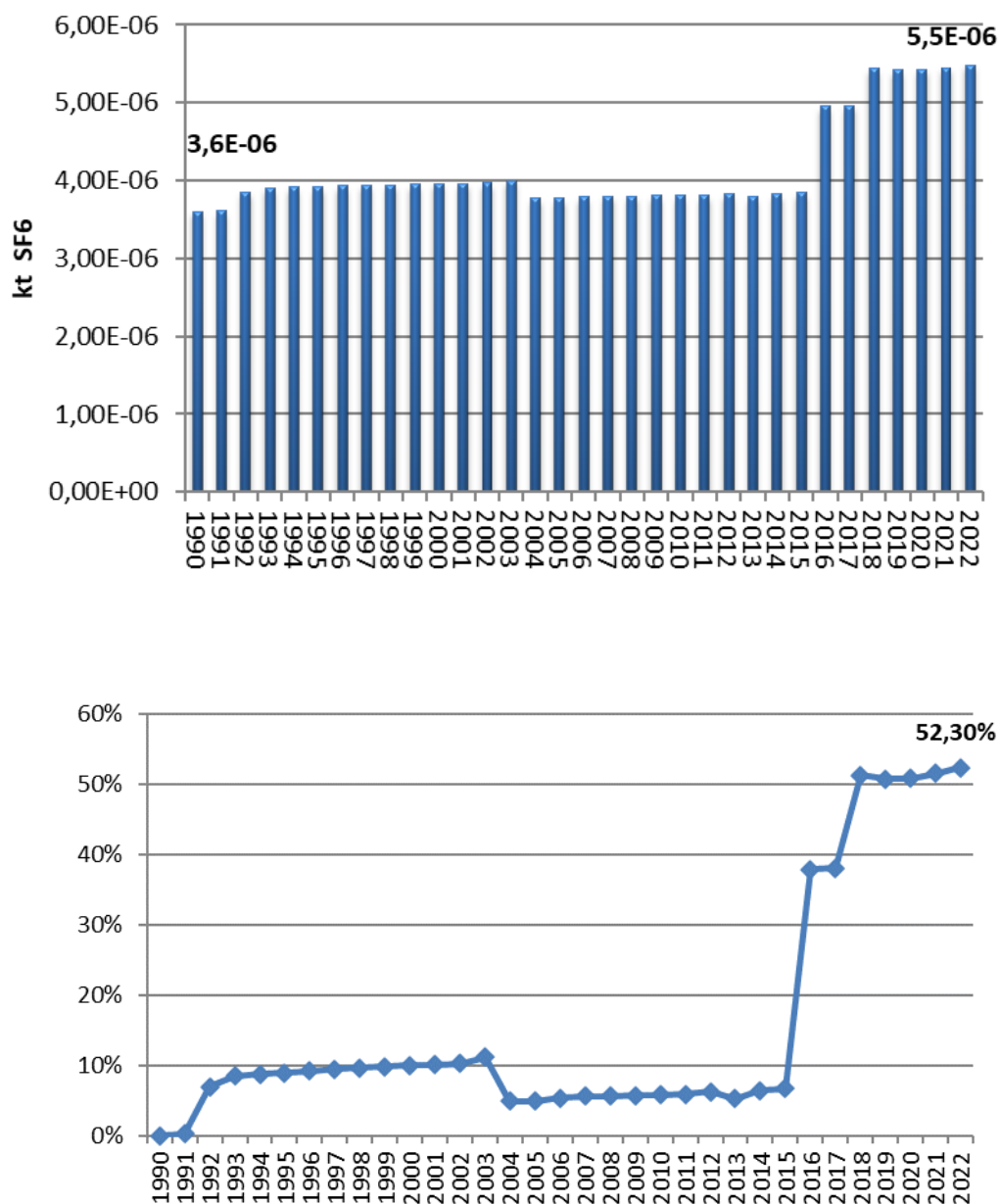


Tableau 13. Evolution des émissions de gaz à effet de serre direct

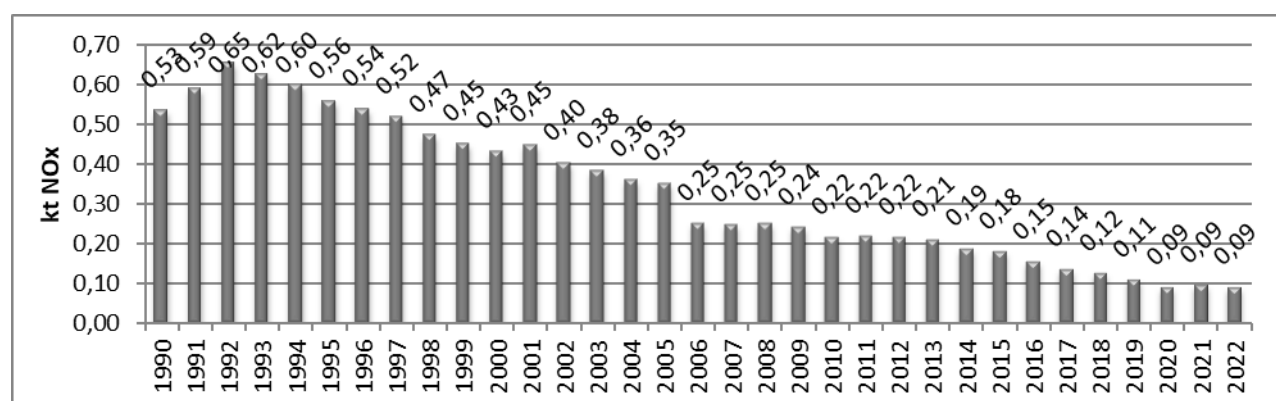
	Total (without LULUCF)	Aggregate F-gases	CO2	CH4	N2O	HFCs	PFCs	SF6	NF3
	kt CO2 eq	t CO2 equivalent	kt	kt	kt	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt	kt
1990	101,40	240,44	96,99	0,09	0,01	NO,IE	NO,IE	0,00	NO
1991	102,30	0,03	97,77	0,08	0,01	0,03	NO,IE	0,00	NO
1992	107,87	0,07	103,34	0,08	0,01	0,07	NO,IE	0,00	NO
1993	106,81	0,29	102,28	0,06	0,01	0,29	NO,IE	0,00	NO
1994	107,42	0,34	103,05	0,05	0,01	0,34	NO,IE	0,00	NO
1995	104,07	0,39	99,86	0,05	0,01	0,39	NO,IE	0,00	NO
1996	107,75	0,53	103,27	0,05	0,01	0,53	NO,IE	0,00	NO
1997	106,15	0,68	101,58	0,04	0,01	0,68	NO,IE	0,00	NO
1998	105,25	0,97	100,42	0,05	0,01	0,97	NO,IE	0,00	NO
1999	106,34	1,19	101,00	0,06	0,01	1,19	NO,IE	0,00	NO
2000	104,57	1,45	98,68	0,06	0,01	1,45	NO,IE	0,00	NO
2001	104,83	2,22	98,22	0,05	0,01	2,17	0,05	0,00	NO
2002	105,16	2,94	97,92	0,05	0,01	2,86	0,07	0,00	NO
2003	102,22	2,81	95,27	0,05	0,01	2,77	0,04	0,00	NO
2004	97,13	2,59	90,17	0,06	0,01	2,59	0,00	0,00	NO
2005	95,91	3,49	87,99	0,07	0,01	3,41	0,08	0,00	NO
2006	91,54	4,25	82,41	0,08	0,01	4,16	0,09	0,00	NO
2007	91,15	4,59	81,02	0,07	0,01	4,51	0,08	0,00	NO
2008	91,78	5,63	80,62	0,08	0,01	5,61	0,02	0,00	NO
2009	87,91	5,65	77,48	0,04	0,01	5,52	0,13	0,00	NO
2010	85,61	5,50	75,05	0,05	0,01	5,47	0,03	0,00	NO
2011	84,38	6,11	73,44	0,05	0,01	6,08	0,03	0,00	NO
2012	87,73	5,78	76,97	0,05	0,01	5,78	NO,IE	0,00	NO
2013	90,13	6,86	78,21	0,05	0,01	6,83	0,03	0,00	NO
2014	84,67	6,08	73,81	0,05	0,01	6,07	0,01	0,00	NO
2015	87,95	6,84	76,30	0,05	0,01	6,84	NO,IE	0,00	NO
2016	86,74	6,77	75,40	0,05	0,01	6,76	0,01	0,00	NO
2017	83,26	5,82	73,29	0,05	0,01	5,81	0,01	0,00	NO
2018	86,19	7,09	74,76	0,05	0,01	7,09	0,00	0,00	NO
2019	82,12	7,23	71,02	0,04	0,01	7,23	0,00	0,00	NO
2020	69,20	5,24	60,65	0,03	0,01	5,24	NO,IE	0,00	NO
2021	73,04	5,20	64,51	0,03	0,01	5,20	0,00	0,00	NO
2022	66,46	5,84	57,45	0,03	0,01	5,84	NO,IE	0,00	NO

2.1.4 Evolution des émissions de gaz à effet de serre indirects et de SO₂

Cette section vise à représenter les niveaux d'émission des gaz indirects que sont les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM / NMVOC), le monoxyde de carbone (CO) ainsi que le dioxyde de soufre (SO₂).

La décroissance des émissions de NO_x est principalement due, au sein du secteur de l'énergie, à la diminution progressive de l'utilisation du fioul pour le chauffage domestique ainsi qu'à l'amélioration technologique des véhicules automobiles en particulier pour les motorisations diesel.

Figure 14. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de NO_x



Ces mêmes raisons évoquées dans le cadre des NO_x, contribuent à la diminution progressive des niveaux d'émissions de NMVOC et de CO.

Figure 15. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de CO

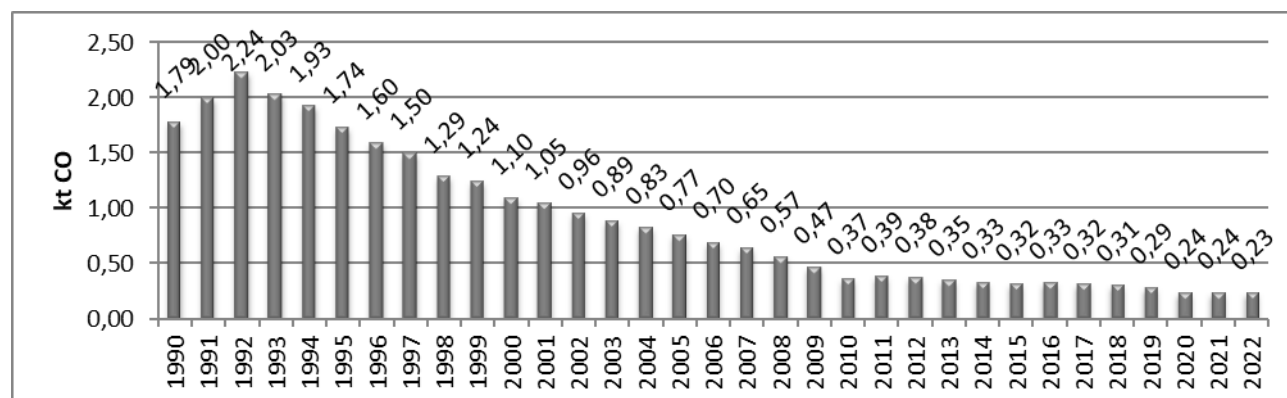
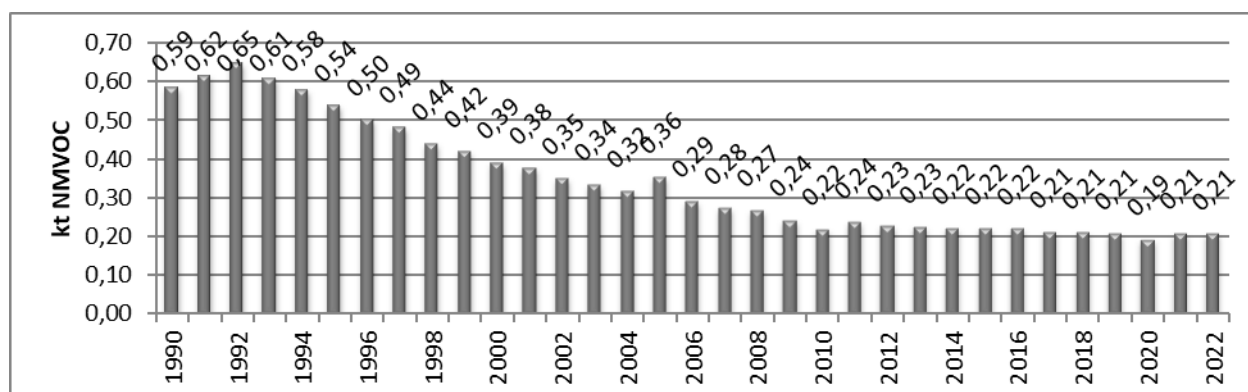


Figure 16. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de NMVOC



La diminution des niveaux de SO₂ émis est la conséquence de la réduction de la teneur en soufre des combustibles pétroliers et à la part, de plus en plus prépondérante, des combustibles peu soufrés.

Figure 17. Evolution de 1990 à 2022 des émissions de SO₂

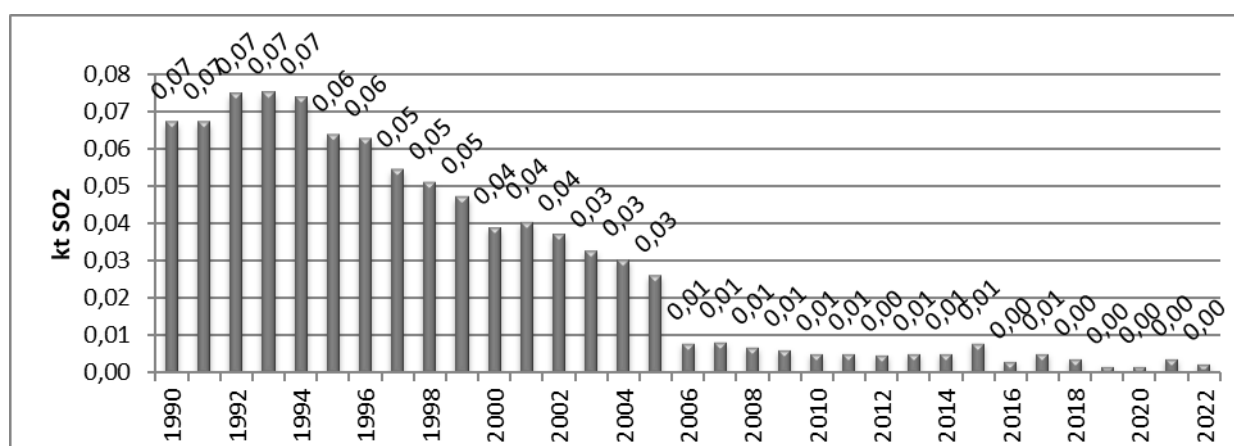
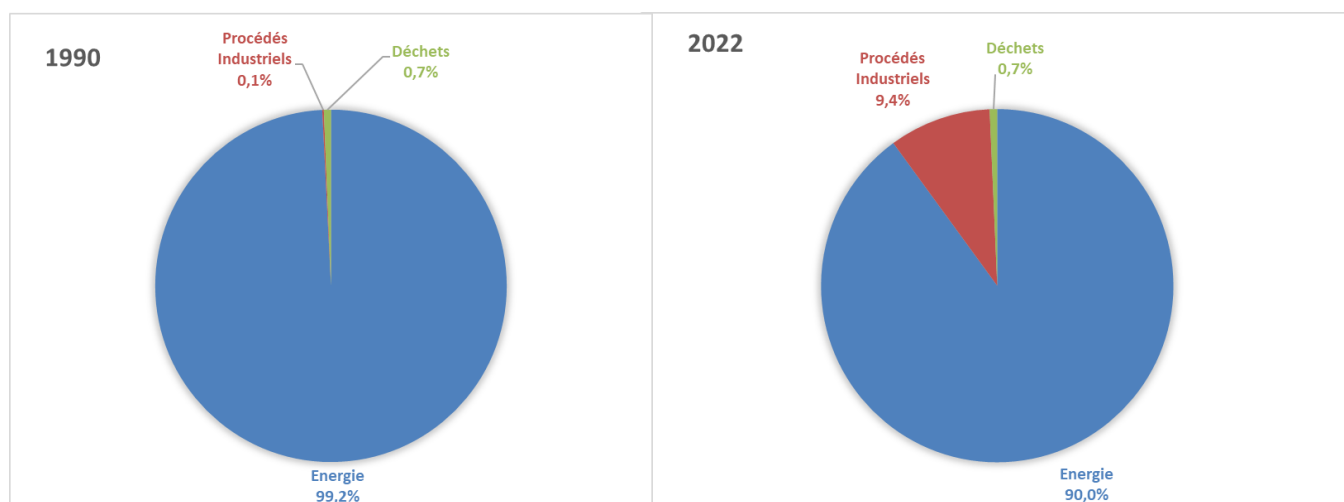


Tableau 14. Evolution des émissions de gaz à effet de serre indirect

	NOx	CO	NM VOC	SO2
	kt	kt	kt	kt
1990	0,565	1,819	0,587	0,130
1991	0,617	2,028	0,618	0,121
1992	0,682	2,262	0,652	0,126
1993	0,652	2,058	0,610	0,127
1994	0,625	1,957	0,583	0,119
1995	0,582	1,765	0,542	0,095
1996	0,565	1,616	0,504	0,096
1997	0,543	1,526	0,486	0,085
1998	0,498	1,315	0,441	0,083
1999	0,476	1,265	0,422	0,079
2000	0,457	1,118	0,394	0,068
2001	0,472	1,072	0,379	0,067
2002	0,428	0,982	0,352	0,067
2003	0,408	0,913	0,337	0,065
2004	0,387	0,844	0,319	0,060
2005	0,376	0,787	0,356	0,054
2006	0,274	0,713	0,294	0,034
2007	0,267	0,662	0,275	0,029
2008	0,271	0,582	0,270	0,017
2009	0,261	0,485	0,245	0,017
2010	0,238	0,387	0,221	0,017
2011	0,237	0,405	0,238	0,014
2012	0,235	0,401	0,231	0,014
2013	0,230	0,372	0,226	0,014
2014	0,206	0,345	0,224	0,012
2015	0,198	0,328	0,223	0,016
2016	0,171	0,339	0,222	0,010
2017	0,153	0,332	0,214	0,012
2018	0,142	0,317	0,212	0,011
2019	0,127	0,297	0,210	0,008
2020	0,106	0,249	0,195	0,006
2021	0,113	0,253	0,211	0,008
2022	0,105	0,245	0,208	0,004

2.2 Descriptions des tendances pour les émissions de gaz à effet de serre par secteur

Figure 18. Répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur en 1990 et 2022



2.2.1 Secteur Énergie

Le principal secteur émetteur de gaz à effet de serre en Principauté est l'Énergie. Entre 1990 et 2022, les émissions sont passées de 100,7 ktCO₂eq à 59,9 ktCO₂eq.

Figure 19. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Énergie entre 1990 et 2022

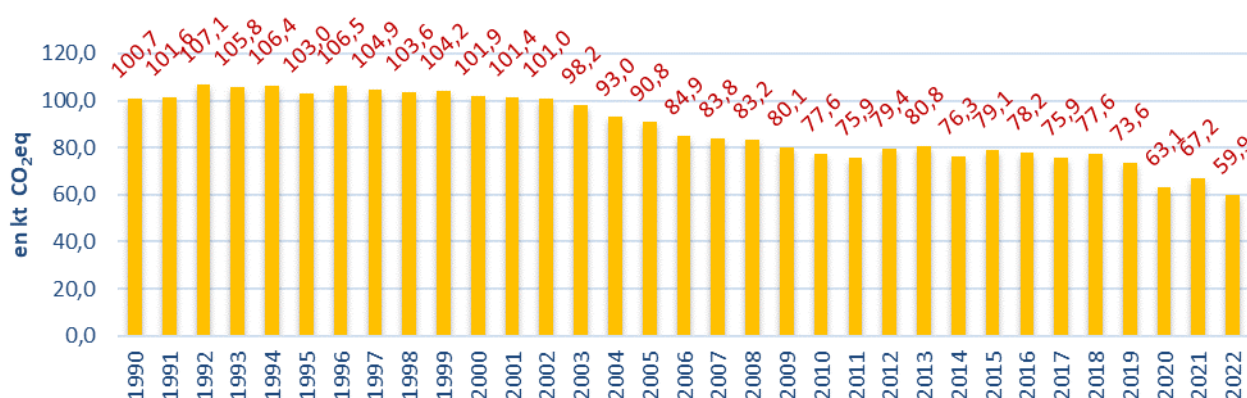
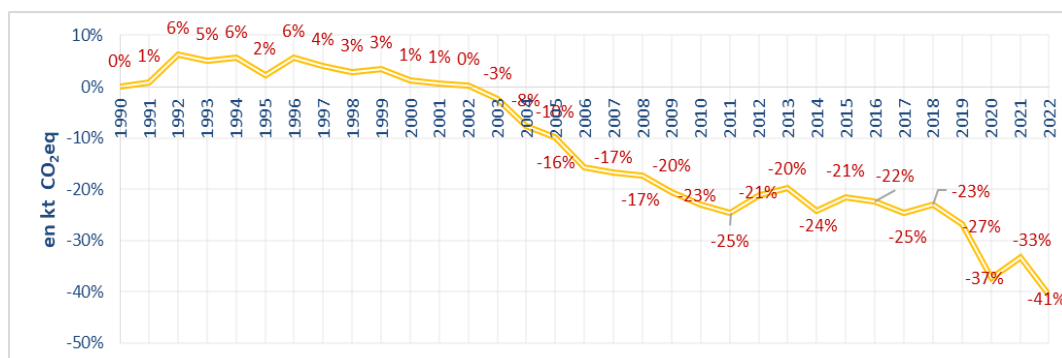


Figure 20. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Energie par rapport à 1990



2.2.2 Secteur Procédés industriels

Les émissions du secteur des Procédés industriels sont en augmentation. Elles résultent essentiellement de l'évolution croissante de l'utilisation de la climatisation. Entre 1990 et 2022, les émissions sont passées de 0,15 ktCO₂eq à 6,2 ktCO₂eq.

Figure 21. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Procédés Industriels entre 1990 et 2022

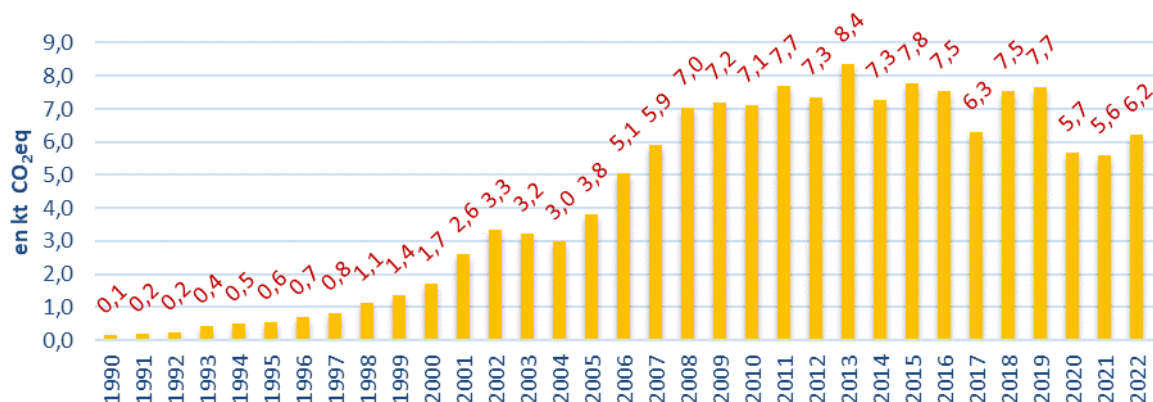
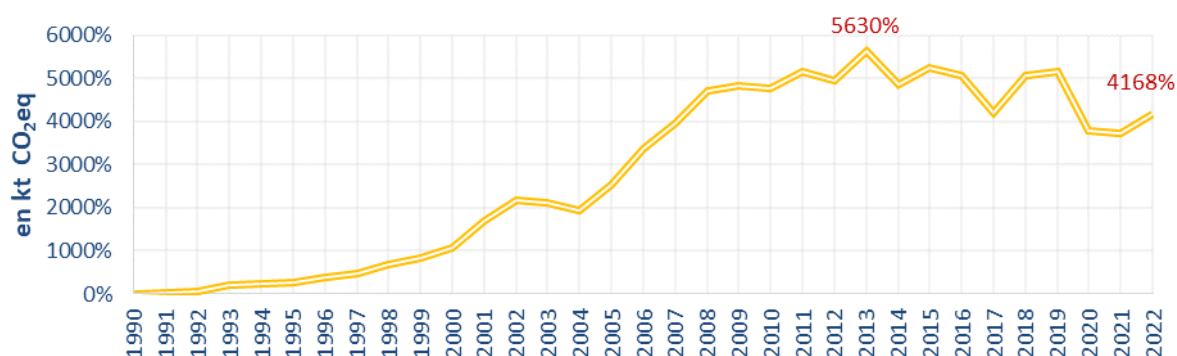


Figure 22. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Procédés Industriels par rapport à 1990



2.2.3 Secteur Déchets

Les émissions du secteur des déchets ne concernent que le traitement des eaux usées domestiques. La tendance observée est majoritairement due à l'augmentation des charges polluantes des eaux provoquant une dégradation du traitement et la production de CH₄. Entre 1990 et 2022, les émissions ont diminué de 0,66 ktCO₂eq à 0,46 ktCO₂eq.

Figure 23. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Déchets entre 1990 et 2022

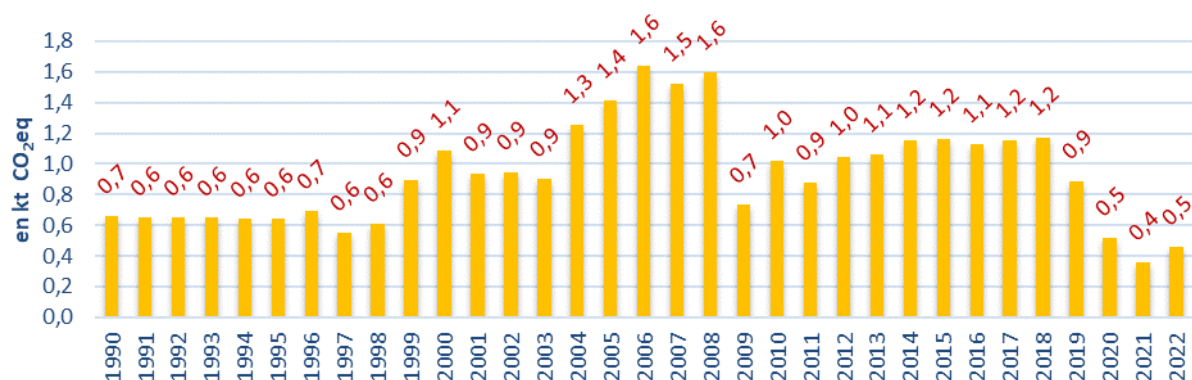
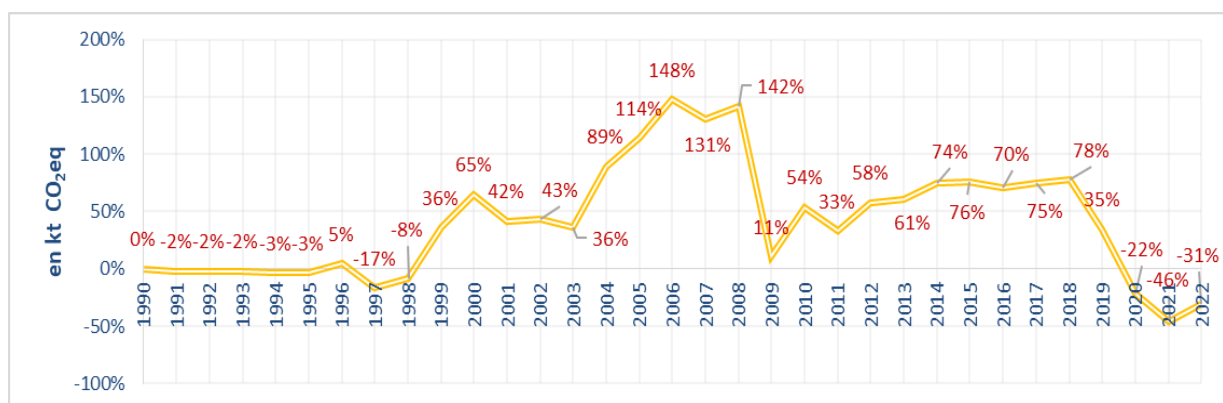


Figure 24. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur Déchets par rapport à 1990



2.2.4 Secteur UTCATF

Entre 1990 et 2022, les émissions sont passées de - 0,11 ktCO₂eq à - 0,07 ktCO₂eq.

L'évolution du secteur est relativement stable entre 1990 et 2014, guidée par une augmentation progressive de la capture de carbone due à l'augmentation des surfaces d'espaces verts. En 2015 et 2019, la mise en œuvre d'importantes restructurations immobilières ont conduit à une perte de surface d'espace vert et des émissions de GES. Ces pertes seront majoritairement compensées par la création de nouveaux espaces verts et la plantation d'arbres.

Figure 25. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur UTCATF entre 1990 et 2022

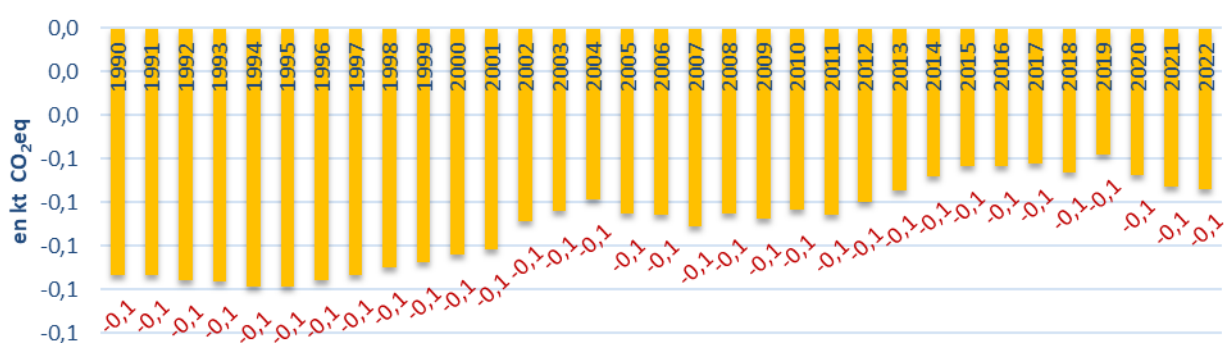
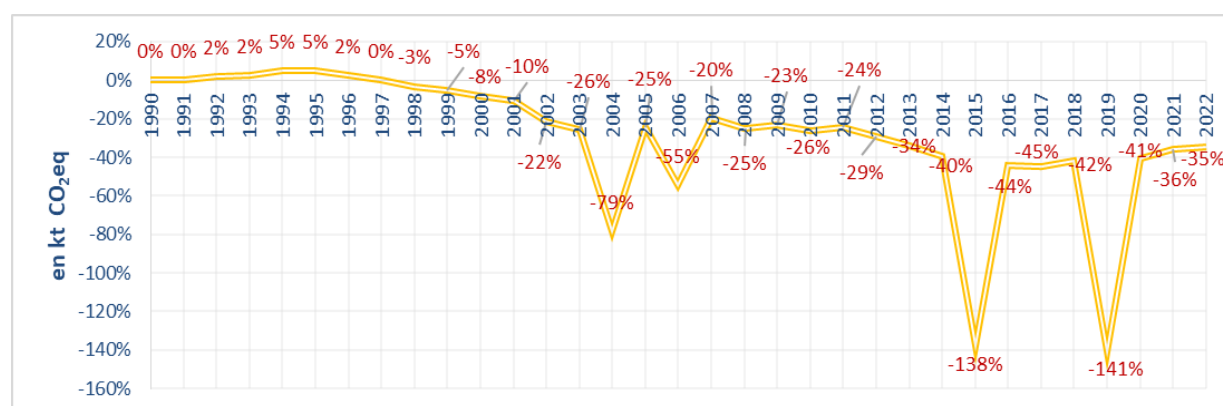


Figure 26. Evolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur UTCATF par rapport à 1990



3

ENERGIE (Secteur 1 du CRT)

3.1 Caractéristiques générales du secteur

Les émissions du secteur de l'énergie en 2022 sont présentées dans les tableaux 1A1, 1A2, 1A3 et 1A4 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur de l'énergie, sont en 2022 de : **59,85 ktCO₂eq**

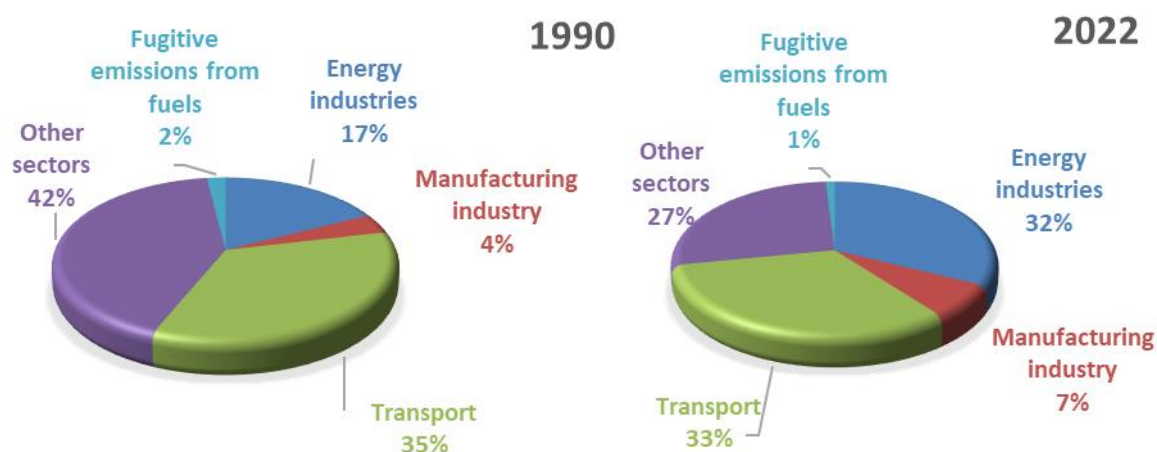
Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **100,71 ktCO₂eq**

La variation observée entre 1990 et 2022 est de : **-40,9 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **-41%.**

Les émissions du secteur de l'énergie représentent :90 % des émissions globales en 2022.
Les émissions du secteur de l'énergie représentent :99,2 % des émissions globales en 1990.

Figure 27.Répartition en 1990 et 2022 des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'énergie



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

Tableau 15. Comparaison de l'approche de référence et de l'approche sectorielle du secteur Énergie

Emissions CO ₂	Approche de référence	Approche sectorielle	Ecart % A/B
	en kt A	en kt B	
1990	95,77	96,94	-1,20%
1991	96,36	97,72	-1,39%
1992	101,74	103,28	-1,49%
1993	100,85	102,23	-1,34%
1994	101,60	103,00	-1,36%
1995	98,48	99,81	-1,33%
1996	101,98	103,22	-1,21%
1997	100,38	101,53	-1,13%
1998	99,30	100,37	-1,06%
1999	99,86	100,95	-1,08%
2000	97,57	98,63	-1,08%
2001	97,26	98,18	-0,94%
2002	96,96	97,87	-0,93%
2003	94,42	95,22	-0,84%
2004	89,37	90,12	-0,83%
2005	87,29	87,95	-0,75%
2006	81,73	82,37	-0,78%
2007	80,39	80,97	-0,72%
2008	80,15	80,58	-0,53%
2009	77,16	77,44	-0,37%
2010	74,86	75,02	-0,21%
2011	73,16	73,40	-0,32%
2012	76,70	76,92	-0,29%
2013	77,93	78,17	-0,30%
2014	73,52	73,76	-0,33%
2015	76,08	76,26	-0,24%
2016	75,15	75,35	-0,27%
2017	73,01	73,24	-0,32%
2018	74,47	74,71	-0,31%
2019	70,69	70,97	-0,40%
2020	60,34	60,61	-0,44%
2021	64,27	64,47	-0,31%
2022	57,12	57,41	-0,50%
Moyenne	85,03	85,72	0,75%

Il n'y a pas de différence, toutes catégories confondues, entre les consommations de l'approche de référence et celles de l'approche sectorielle.

Au niveau global (tous combustibles confondus), sur la période 1990-2022, les écarts des émissions de CO₂ sont en moyenne de 0,75% entre les deux approches. Ces écarts observés sont très faibles par rapport aux recommandations du GIEC (5%).

Au niveau de chaque catégorie de combustibles, des différences sont observées pour les catégories Liquid Fuels, Gaseous Fuels et Other Fossil Fuels. Ces écarts sont principalement dus à des différences mineures de facteurs d'émissions dans l'approche de référence et dans l'approche sectorielle.

- Liquid fuels : l'écart est compris entre 0,42 % et 2,01% selon les années.

Le GNR, le GTL, le BTL et le AvGas sont comptabilisés.

- Gaseous fuels : l'écart est compris entre 0,01% et 0,55% selon les années.
- Other Fossil Fuels : l'écart est compris entre 0,00% et 0,73% selon les années.

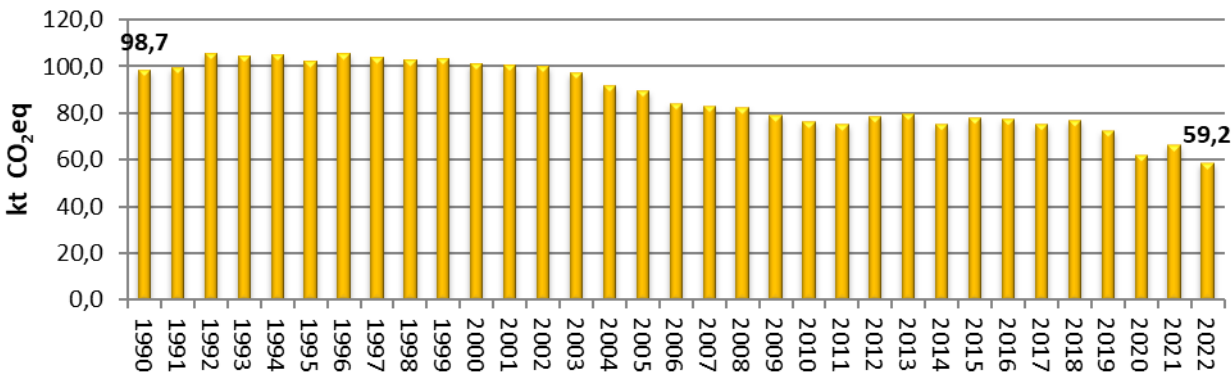
Dans l'approche de référence, les adjuvants des biocarburants ont été rapportés avec la part fossile des carburants alors que dans l'approche sectorielle, ils ont été rapportés en Other Fossil Fuels. Cette différence est liée à une impossibilité technique des tables CRT pour rapporter ce type de produit utilisé par le bunker.

Il n'existe pas d'émission pour la catégorie Solid Fuels.

3.2.1 1A -Consommation de combustibles

Les émissions du secteur 1A, sont en 2022 de :	59,2 kt CO₂eq
Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de :	98,7 kteqCO₂
La variation observée entre 1990 et 2022 est de :	- 39,5 kteqCO₂
Soit une variation de :	- 40 %.

Figure 28.Evolution des émissions de GES entre 1990 et 2022



3.2.2 1A1a Production publique d'électricité et de chaleur

La catégorie 1.A.1.a " Production publique d'électricité et de chaleur " comprend les émissions issues d'un système de production énergétique (de chaud et de froid) basé sur la valorisation énergétique des déchets de Monaco et des déchets importés de France. Ce système comporte :

- Une usine de valorisation énergétique des déchets produisant de la vapeur et de l'électricité ;
- Une usine de transformation de la vapeur en énergie thermique (chaud et froid) et sa distribution par un réseau urbain.

Les sources d'émission suivantes sont classées dans la catégorie 1.A.1.a " Production publique d'électricité et de chaleur" :

- La combustion des déchets ménagers et assimilés (DMA) au sein de l'usine de valorisation énergétique des déchets comprenant également la combustion des boues d'épuration au sein de la même unité de traitement des déchets ;
- La combustion de fioul lourd et de gaz naturel comme énergie complémentaire et de secours à la production de chaud et de froid dans l'usine de transformation de l'énergie thermique.

Les émissions et puits de carbone de la catégorie 1.A.1.a en 2022 sont présentés dans le tableau IS1 et 1.A(a).s1. du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions de la production publique d'électricité et de chaleur sont en 2022 de	19,3 ktCO₂eq
Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de :	17,7 ktCO₂eq
Soit une variation de :	+9,4% (+1,7 ktCO₂eq)

Les émissions du secteur 1.A.1.a " Production publique d'électricité et de chaleur " représentent :

29,1 % des émissions globales (17,4 % en 1990)

32,3 % des émissions du secteur de l'Energie (17,5 % en 1990)

Les émissions de cette catégorie constituent une catégorie clé principalement en lien avec l'incinération des déchets.

Figure 29. Emissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie- Production publique d'électricité et de chaleur

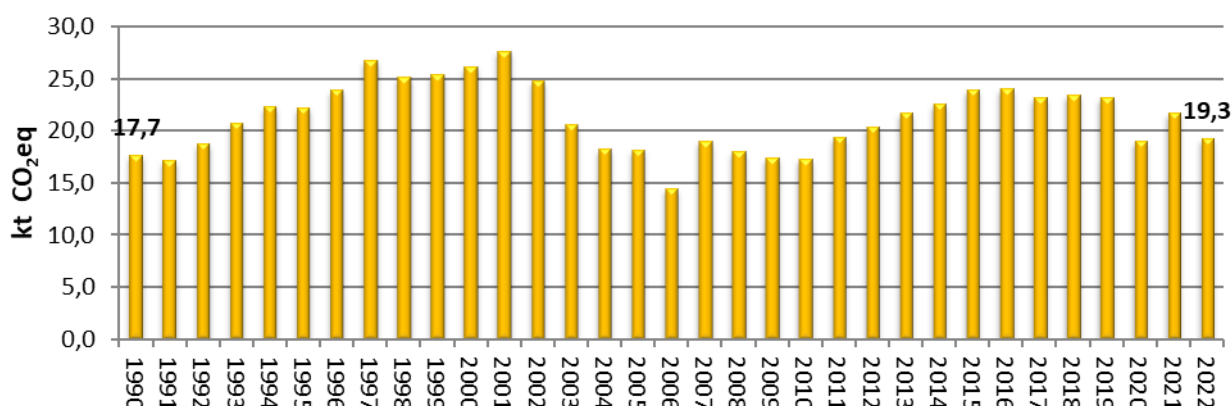


Figure 30. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - Production publique d'électricité et de chaleur



3.2.2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA CATEGORIE SOURCE

L'usine de valorisation énergétique des déchets de Monaco a une capacité maximale de traitement de 80.000 tonnes de déchets par an, comprenant également le traitement des boues humides issues de l'épuration des eaux usées. Cette usine traite les déchets de la Principauté ainsi que ceux de plusieurs communes françaises limitrophes.

La vapeur produite est utilisée en premier lieu pour alimenter un turboalternateur de 2.600 kW raccordé au réseau de distribution opéré par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG). La vapeur résiduelle alimente les groupes à adsorption et à compresseur centrifuge, générateurs de froid, ainsi que les échangeurs de chaleur de la Centrale de production de chaleur et de froid. L'énergie destinée au chauffage et à la climatisation des bâtiments est distribuée par un réseau urbain.

Le calcul des émissions de cette catégorie tient également compte du gaz naturel et du fioul lourd utilisés pour la production d'énergie thermique du réseau. Cette énergie produite par des chaudières à part est utilisée, au besoin, comme énergie complémentaire ou lors des opérations de maintenance de l'incinérateur, lorsque l'énergie produite par la valorisation énergétique des déchets incinérés par l'usine n'est pas suffisante pour le réseau.

à alimenter en aval. Jusqu'en 2000, seul le fioul lourd était utilisé, par la suite, une chaudière fonctionnant au gaz naturel a été installée, la chaudière fonctionnant au fioul lourd étant conservée en secours.

Dans les sections suivantes sont détaillés les aspects relatifs à la combustion des déchets incinérés et des boues d'épuration des eaux, puis à la combustion des carburants utilisés comme énergie complémentaire.

3.2.2.2 INCINERATION DES DECHETS SOLIDES ET DES BOUES D'EPURATION

Les déchets et les boues sont brûlés simultanément au sein de l'incinérateur. Les méthodologies utilisées pour déterminer les émissions de ces deux flux différenciés en entrée d'incinérateur sont décrites par la suite. Nous présentons ici les résultats issus de l'incinération du flux 'déchets et boues'.

Afin d'avoir une connaissance précise du gisement des déchets incinérés au sein de l'usine d'incinération, par catégories conformes aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) sur l'ensemble de la série temporelle, le graphique présentant l'historique des quantités de déchets solides incinérés par type de déchets et des boues d'épuration incinérées (en tonnes de poids humide), est fourni ci-dessous. La méthodologie appliquée pour estimer ces quantités est présentée dans le Chapitre 3.1.2.3.1 Données d'activité.

Analyse des variations

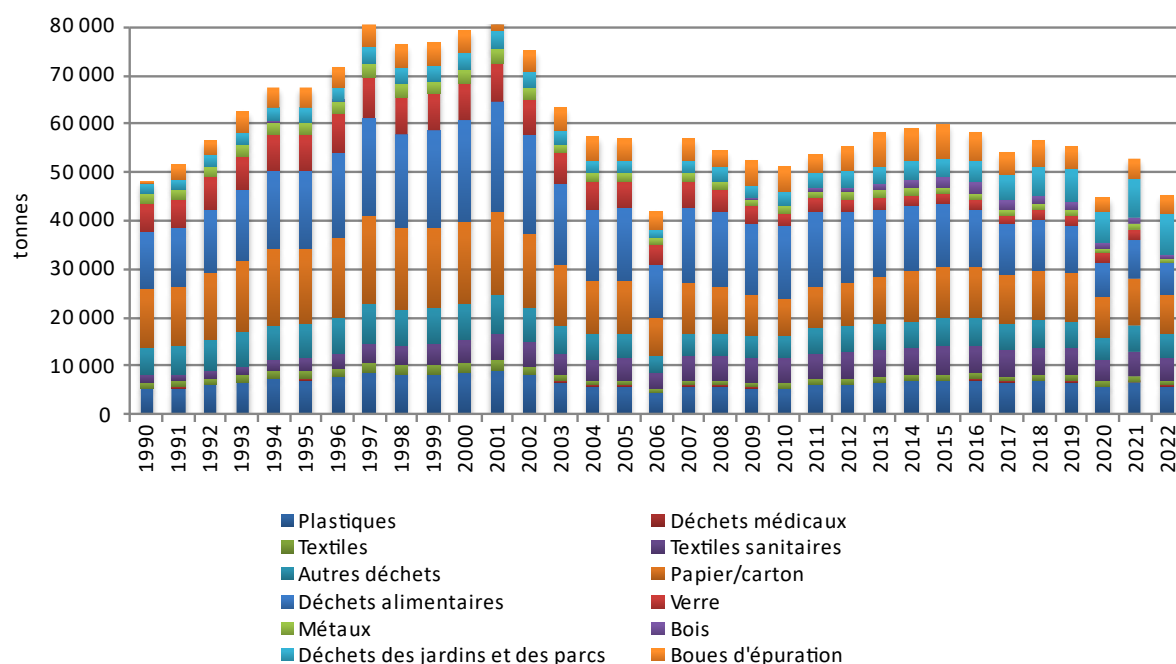
L'Usine d'Incinération des Résidus Urbains et Industriels (U.I.R.U.I.) actuelle est en fonctionnement depuis 1980. L'historique des tonnages de déchets solides incinérés par type de déchets permet de voir l'évolution des quantités incinérées annuelles.

L'Usine de Traitement des Eaux Résiduelles (U.T.E.R.) est en fonctionnement depuis 1989. Le système de transfert des boues d'épuration vers l'Usine d'Incinération des Résidus Urbains et Industriels (U.I.R.U.I.) a été mis en place dans le courant de l'année 1990, où seulement 209 tonnes de boues humides ont été transférées vers l'incinérateur. Les volumes restants ont été évacués vers les filières de valorisation agricole. Le système de traitement thermique est pleinement opérationnel depuis 1991.

En 2008, un renforcement du système d'épuration (floculation, clarification et optimisation de la filtration biologique) et des capacités de transfert des boues vers l'U.I.R.U.I., a conduit à une augmentation de la production et de l'incinération de boues les années suivantes.

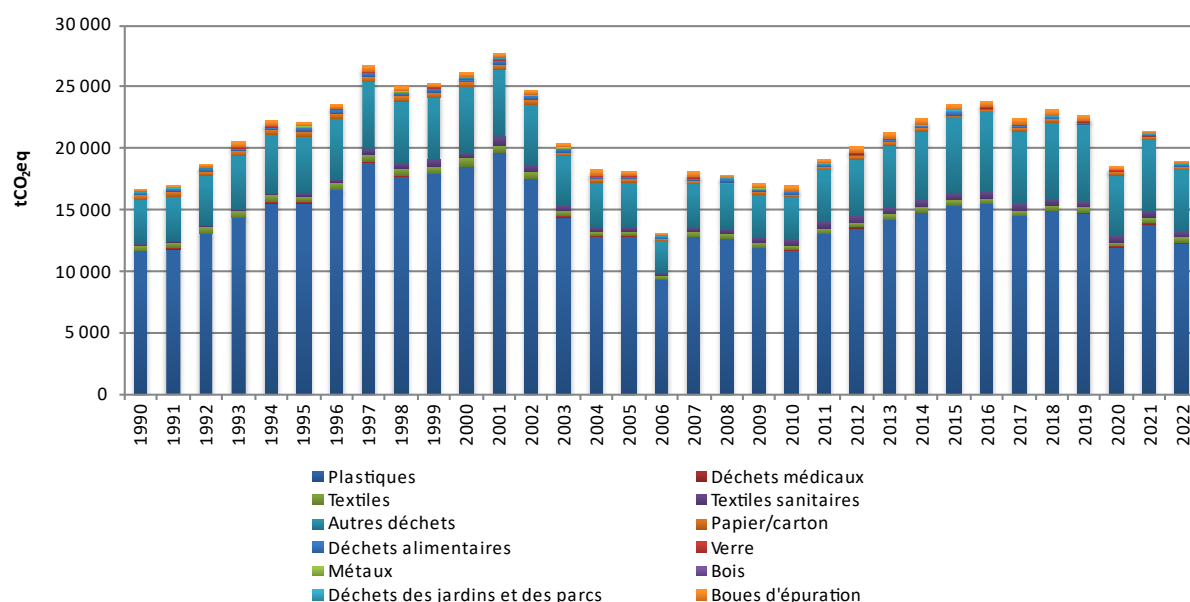
Les baisses de volumes observées les années 2006 et 2010 sont directement liées à des arrêts techniques des installations de l'U.T.E.R. en 2010, ou de l'U.I.R.U.I. en 2006. En 2020, la chute des tonnages est liée à la baisse de l'activité liée aux périodes de confinement (COVID-19). La reprise des activités en 2021 se traduit par un retour à des quantités standards de déchets incinérés avant de chuter légèrement en 2022. Cette baisse des quantités de déchets incinérés en 2022 s'explique à la fois par une diminution de la quantité de déchets importés depuis la France (-22% soit -4,27kt) et par une baisse des volumes de déchets monégasques incinérés (-3% soit -0,99kt) entre 2021 et 2022.

Figure 31. Série temporelle des déchets caractérisés depuis 1990



Le graphique suivant présente l'historique des émissions de GES (CH_4 , N_2O et CO_2 d'origine fossile) associées à l'incinération des déchets. La méthodologie appliquée pour estimer ces quantités est présentée dans le Chapitre 3.1.2.3.2 Méthodologies d'estimation des émissions liées aux déchets solides.

Figure 32. Répartition des émissions de GES par types de déchets depuis 1990



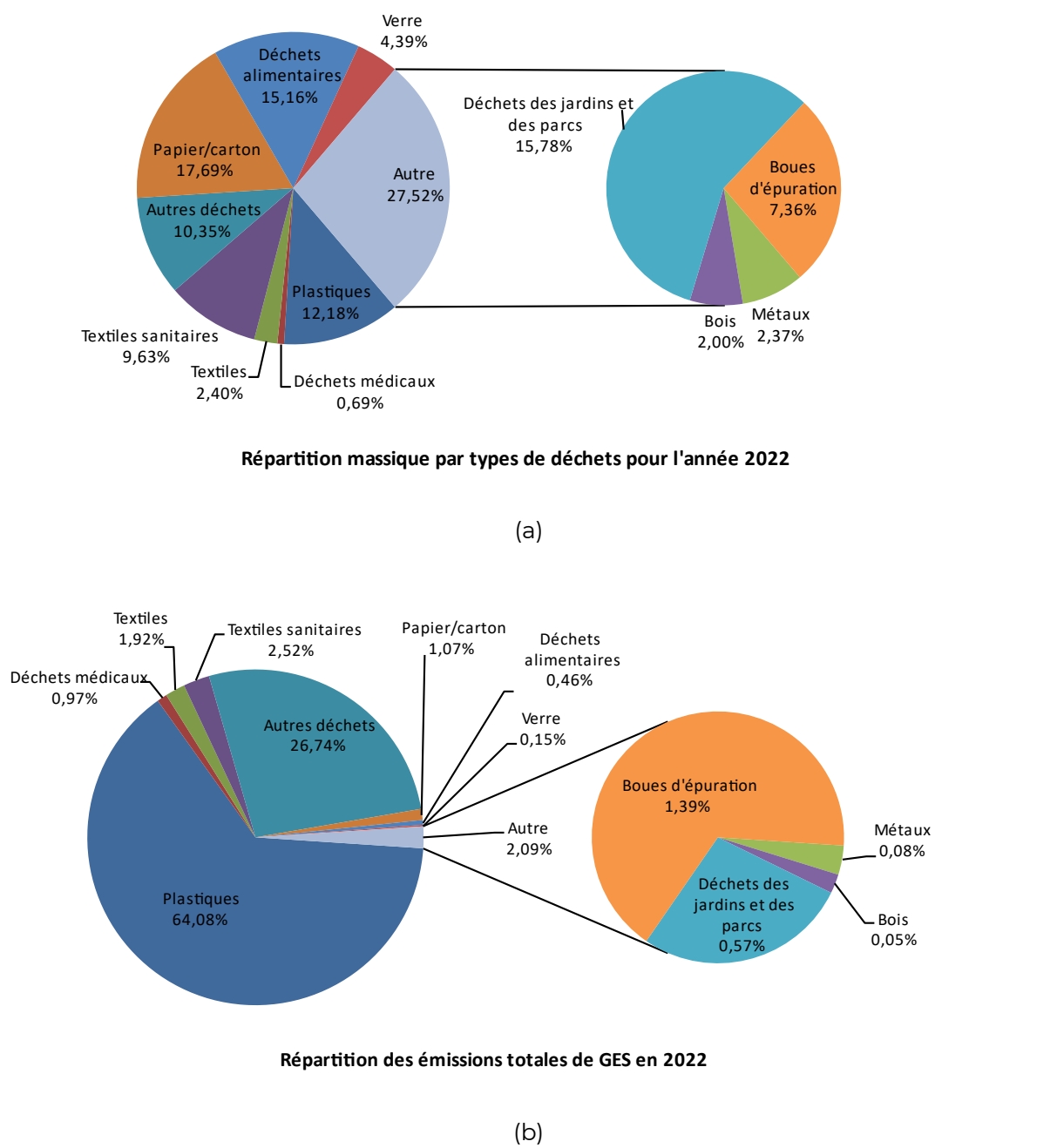
Les émissions liées au traitement des déchets dépendent des quantités incinérées et, dans le cas du CO_2 , de la composition des déchets.

On vérifie sur le graphique que les variations interannuelles des émissions totales liées à l'incinération de déchets sont directement dépendantes des quantités incinérées. Cependant, conformément à la méthode de calcul et aux règles de rapportage des

émissions de CO₂, toutes les catégories de déchets ne contribuent pas de façon équivalente aux émissions de GES. En particulier, le plastique, bien qu'il représente une part relativement faible des déchets incinérés, contribue très fortement aux émissions.

La composition des déchets est ensuite présentée en entrée d'usine après caractérisation des déchets en mélange en pourcentage massique (a) et en termes d'émissions de GES pour ces mêmes types de déchets (boues comprises) pour l'année 2022 (b).

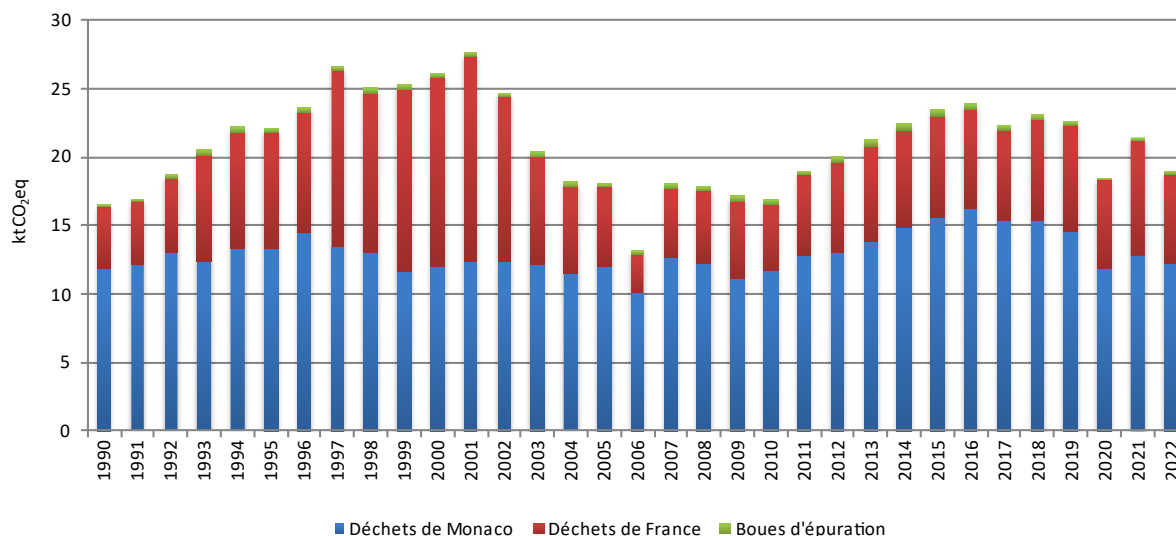
Figure 33. Composition des déchets (a) et répartition des émissions de GES par types de déchets pour l'année 2022 (b)



Les circonstances nationales relatives au traitement des déchets sont particulièrement importantes pour Monaco, notamment en termes de définition des politiques et mesures. En particulier, une part variable des déchets incinérés provient de France et contribue aux

émissions nationales comme le montre le graphique suivant des émissions de GES (CH_4 , N_2O et CO_2 d'origine fossile).

Figure 34. Répartition des émissions de GES entre les déchets de Monaco, les déchets de France et les boues d'épuration depuis 1990

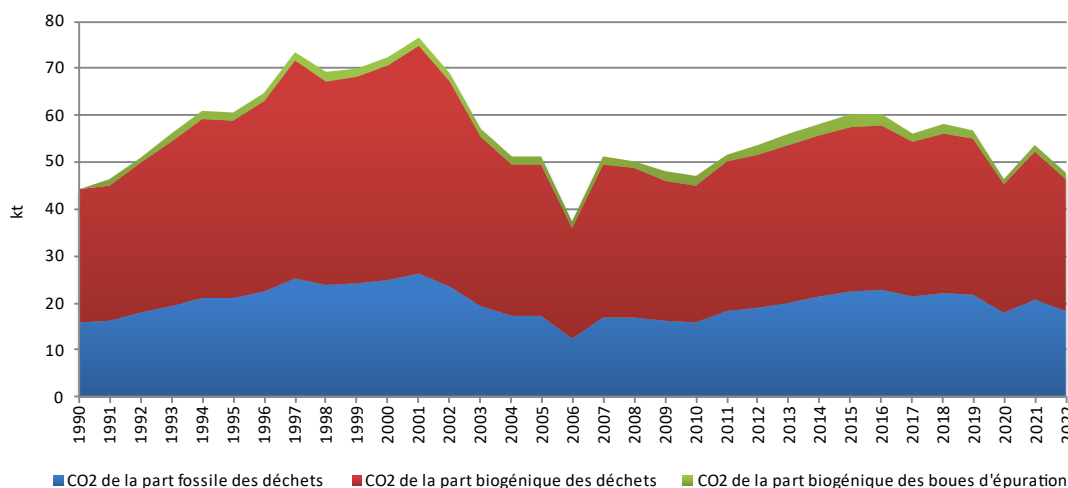


Ce diagramme, présentant les émissions de GES (CH_4 , N_2O et CO_2 d'origine fossile), met en évidence que la part principale des émissions de GES mesurées provient de l'incinération des déchets de Monaco. Cependant la part des émissions dues aux déchets des communes limitrophes est non négligeable mais a tendance à diminuer à partir de 2004 et à se stabiliser à partir de 2012. En 2018 (31,9%), 2019 (34,2%) et 2021 (39,0%), la part des déchets français a eu tendance à augmenter. La contribution des émissions liées à l'incinération des boues d'épuration a quant à elle tendance à rester stable au cours des années.

Une part importante des déchets incinérés est d'origine biomasse. Les émissions associées sont estimées et rapportées dans la catégorie de combustible « *Biomass* » des tables CRT 1.A(a).

Le graphique suivant présente les émissions de CO_2 en distinguant la part d'origine fossile de celle d'origine biomasse.

Figure 35. Caractérisation des émissions de CO_2 fossile et biogénique depuis 1990



3.2.2.3 DECHETS INCINERES

3.2.2.3.1 Données d'activité

Les calculs des émissions de GES pour le secteur de l'incinération des déchets se basent sur les tonnages de déchets pesés en entrée d'usine qui sont fournis annuellement par la Société Monégasque d'Assainissement (SMA). Ces tonnages sont présentés au sein du tableau ci-dessous. Les déchets en entrée d'usine en provenance de Monaco sont notés 'Déchets MC' et ceux en provenance des communes limitrophes sont notés 'Déchets FR'. Tous deux sont exprimés en tonnes de poids humide des déchets totaux pesés en entrée d'usine et la somme de ces deux flux, correspondant au tonnage total de déchets incinérés (hors boues d'épuration), est notée 'MSW' ('MSW' = 'Déchets MC' + 'Déchets FR').

Tableau 16. Données d'activité

Années	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Déchets MC (t)	34 891	35 606	38 220	36 380	39 185	38 977	42 617	39 472	38 494
Déchets FR (t)	12 815	12 956	15 276	21 860	24 108	24 127	24 897	36 617	33 046
MSW (t)	47 706	48 562	53 496	58 240	63 293	63 104	67 514	76 089	71 540

Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Déchets MC (t)	34 396	35 840	36 756	37 066	36 391	34 478	36 194	30 160	38 073
Déchets FR (t)	37 886	38 888	42 452	33 892	22 368	17 947	16 371	8 108	14 428
MSW (t)	72 282	74 728	79 208	70 958	58 759	52 425	52 565	38 268	52 501

Années	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Déchets MC (t)	36 158	32 306	33 450	34 783	34 012	34 451	35 541	36 111	36 309
Déchets FR (t)	14 797	15 028	12 459	15 067	16 265	16 785	16 735	16 861	15 874
MSW (t)	50 955	47 334	45 909	49 850	50 277	51 236	52 276	52 972	52 183

Années	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Déchets MC (t)	34 569	34 548	33 133	27 217	29 501	28 514
Déchets FR (t)	14 669	16 593	17 546	14 619	19 258	14 984
MSW (t)	49 239	51 141	50 679	41 836	48 759	43 498

En se fondant sur un comptage différencié des volumes de déchets en apport à l'usine d'incinération effectué à partir de 2009, ces tonnages globaux sont ensuite répartis en catégories de déchets référencées par les lignes directrices du GIEC, avec une nouvelle méthodologie de caractérisation des déchets présentée par la suite pour obtenir les catégories de déchets préconisées par les lignes directrices.

Le modèle développé s'appuie sur une caractérisation des flux de déchets issus de Monaco et de France qui permet de distinguer les catégories de déchets suivantes :

- Déchets alimentaires ;
- Déchets de jardin ;
- Papier/carton ;
- Composites ;
- Textiles ;
- Textiles sanitaires ;
- Plastiques ;
- Combustibles non classés ;
- Bois ;
- Verre ;
- Métaux ;
- Déchets médicaux ;
- Incombustibles non classés ;
- Déchets spéciaux ;
- Boues d'épuration des eaux.

La caractérisation de la composition des déchets est effectuée de façon différenciée pour les déchets monégasques et les déchets français entre 1990 et 2015. Concernant la principauté monégasque, pour les années 1993 et 2007, la composition des déchets (hors boues d'épuration) est établie sur la base des enquêtes françaises MODECOM de caractérisation des déchets réalisées par l'ADEME¹. Pour cette période temporelle, la composition considérée est une composition « avant renforcement de la politique de tri ». En effet, à Monaco, un renforcement des politiques publiques concernant le tri des déchets recyclables a eu lieu entre 2007 et 2010. L'hypothèse retenue intègre un rattrapage de la situation française dès 2010. Pour les années intermédiaires à 1993, 2007 et 2010, la représentativité de chaque type de déchet est estimée par interpolation linéaire. Le tableau ci-dessous présente les compositions des déchets de Monaco en 1993, 2007 et 2010.

Tableau 17. Caractérisation des déchets provenant de Monaco (en poids humide)

Catégories	Monaco 1993	Monaco 2007	Monaco 2010
Déchets alimentaires	24,5%	27,5%	33,8%
Déchets de jardin	4,1%	4,7%	5,7%
Papier/Carton	25,4%	21,5%	16,2%
Composites	1,4%	1,7%	1,7%
Textiles	2,6%	1,9%	2,3%
Textiles sanitaires	3,1%	8,7%	10,6%
Plastiques	11,1%	11,2%	11,7%
Combustibles non classés	3,1%	2,0%	2,4%
Bois	0,2%	0,1%	0,2%
Verre	13,1%	12,5%	6,3%
Métaux	4,1%	3,0%	3,0%
Déchets médicaux	0,1%	0,2%	0,2%
Incombustibles non classés	6,8%	4,3%	5,3%
Déchets spéciaux	0,4%	0,7%	0,6%

Concernant les déchets provenant de France, la composition des déchets (hors boues d'épuration) en 1993 et 2007 est établie sur la base des enquêtes françaises MODECOM de caractérisation des déchets réalisées par l'ADEME. Pour cette période temporelle, la composition considérée est une composition « après renforcement de la politique de tri ». Pour les années intermédiaire à 1993 et 2007, la représentativité de chaque type de déchet

¹ ADEME, Agence de la Transition Ecologique Française
Rapport National d'Inventaire
2024

est estimée par interpolation linéaire. Le tableau ci-dessous présente les compositions des déchets de France en 1993 et 2007.

Tableau 18. Caractérisation des déchets provenant de France (en poids humide)

Catégories	France 1993	France 2007
Déchets alimentaires	25,7%	33,8%
Déchets de jardin	4,3%	5,7%
Papier/Carton	26,0%	16,2%
Composites	1,0%	1,7%
Textiles	3,0%	2,3%
Textiles sanitaires	3,0%	10,6%
Plastiques	12,0%	11,7%
Combustibles non classés	2,8%	2,4%
Bois	0,2%	0,2%
Verre	10,0%	6,3%
Métaux	4,0%	3,0%
Déchets médicaux	0,3%	0,2%
Incombustibles non classés	7,0%	5,3%
Déchets spéciaux	0,7%	0,6%

Campagnes de caractérisation des déchets en mélange (O.M., C.P.O.M., D.A.E. et encombrants)

La Principauté a mené sa première campagne nationale de caractérisation des déchets entre 2016 et 2017.

Un total de 16 mesures a été réalisé. La méthodologie appliquée est celle de MODECOM, y compris en termes de nomenclature de rapportage.

Les résultats obtenus pour cette caractérisation sont assez similaires à ceux de la composition moyenne française MODECOM utilisée pour la reconstruction des années antérieures à 2016 ce qui permet d'assurer la cohérence des séries temporelles pour cette catégorie.

Une seconde campagne nationale de caractérisation des déchets a été menée de septembre 2021 à décembre 2022 (campagne 2022).

Les résultats de ces caractérisations des déchets traités sur le territoire de Monaco concernent trois flux :

- les Déchets Ménagers et Assimilés (D.M.A.) monégasques ;
- les Déchets Ménagers et Assimilés (D.M.A.) des communes limitrophes françaises ;
- et les Déchets d'Activité Économique (D.A.E.).

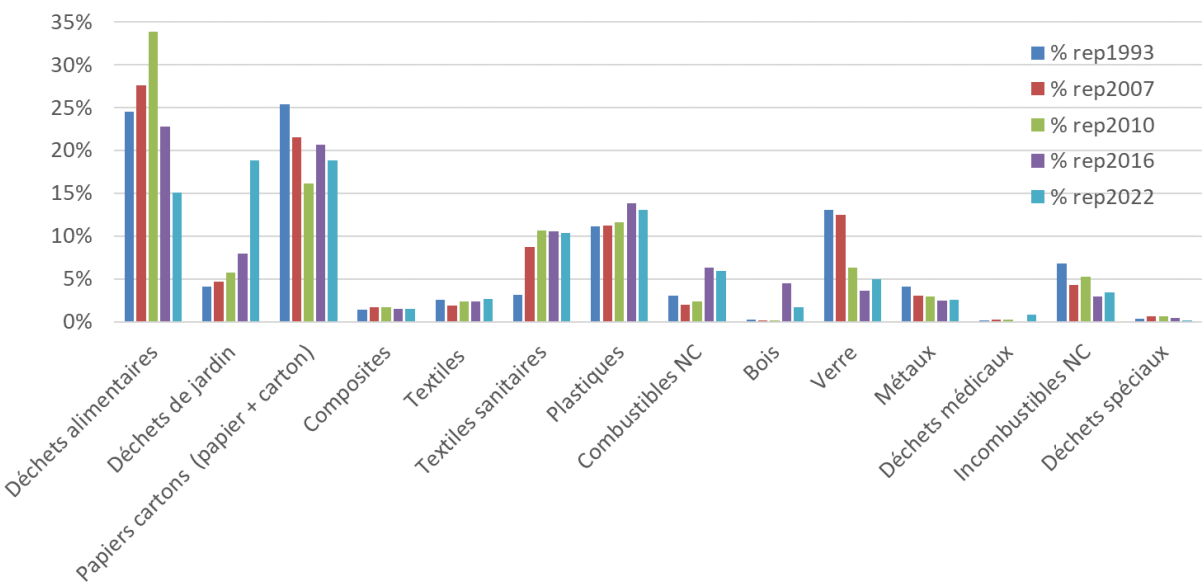
Ces mesures ont permis de déterminer la caractérisation des déchets totaux (Monaco et France) détaillée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19. Catégorisation des ordures ménagères provenant de Monaco et de France (en poids humide)

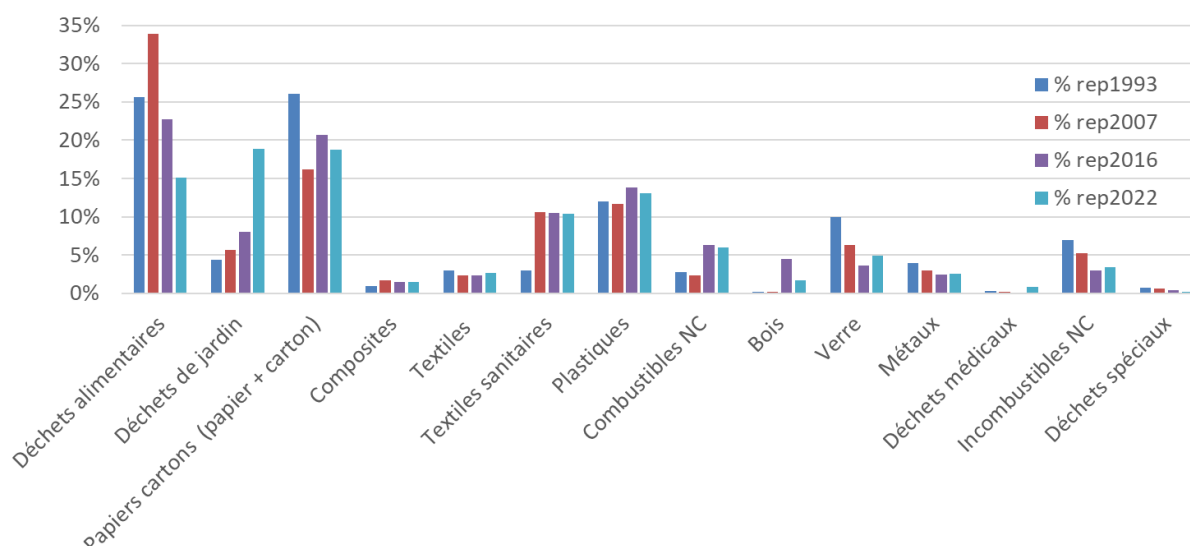
Catégories	2016	2022
Déchets alimentaires	22,7%	15,1%
Déchets de jardin	8,0%	18,8%
Papier/Carton	20,6%	18,8%
Composites	1,5%	1,5%
Textiles	2,4%	2,6%
Textiles sanitaires	10,5%	10,4%
Plastiques	13,8%	13,0%
Combustibles non classés	6,3%	6,0%
Bois	4,5%	1,7%
Verre	3,7%	4,9%
Métaux	2,4%	2,6%
Déchets médicaux	0,1%	0,9%
Incombustibles non classés	2,9%	3,5%
Déchets spéciaux	0,5%	0,2%

Finalement les caractérisations des déchets en mélange (hors boues) et les reconstructions de la série temporelle par provenance sont les suivantes :

Figure 36. Catégorisation des ordures ménagères provenant de Monaco (a) et de France (b) (en poids humide)



(a)



(b)

3.2.2.3.2 Méthodologies d'estimation des émissions liées aux déchets solides

Les niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont détaillés dans le tableau ci-après :

		Méthodes			Facteurs d'émissions		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A1a	Part Biomasse des déchets	T2	T1	T1	D	D	D
1A1a	Part Fossile des déchets (Other Fossil Fuels)	T2	T1	T1	D	D	D

La part des émissions d'origine fossile des déchets urbains incinérés est distinguée de la part des émissions d'origine biogénique (part biomasse) de ces mêmes déchets pour les gaz CO₂, CH₄ et N₂O.

À partir des données caractérisées, une méthodologie de Niveau T2a est utilisée pour le CO₂, T1 pour le CH₄ et le N₂O avec application de facteurs d'émissions par défaut.

Les méthodologies utilisées sont pour la part biomasse de Niveaux T2a pour le CO₂ et T1 pour le CH₄ et le N₂O avec application de facteurs d'émissions par défaut.

Les teneurs en matière sèche et en carbone des différents types de déchets sont issues de la campagne nationale de caractérisation de 2022. Les teneurs en carbone fossile des différents types de déchets solides incinérés sont issues du tableau des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol. 5, Ch.2, Tab.2.4). Les calculs sont effectués selon l'équation des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol. 5, Ch.5, Eq.5.2), suivante :

$$Emissions\ CO_2\ part\ d'origine\ f/b(kt) = \sum_i ((MSW \times WFi) \times [FE_i(CO_2)]_{f/b}) \times \frac{44}{12} \times 10^{-3}$$

Avec :

- MSW : tonnage total de déchets incinérés, hors boues d'épuration, en tonnes de poids humide ('MSW' = 'Déchets MC' + 'Déchets FR') ;

- i : type de déchet incinéré précisé comme suit, à savoir : déchets alimentaires, papier/carton, autres déchets, textiles, textiles sanitaires, plastiques, verre, métaux, déchets médicaux, bois ainsi que déchets des jardins et des parcs ;
 - WF_i : fraction massique du déchet incinéré de type i pendant une année (en tonnes de déchets humides), avec $\sum_i WF_i = 1$;
 - $44/12$: coefficient de conversion de C en CO_2 ;
 - $[FE_i(CO_2)]_{f/b}$: facteur d'émission du CO_2 du composant i de la part d'origine fossile ou biogénique (f ou b) (en tonnes de CO_2 /tonnes de déchets incinérés en poids humide) :
 - $[FE_i(CO_2)]_f = dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i$
 - $[FE_i(CO_2)]_b = dm_i \times CF_i \times (1 - FCF_i) \times OF_i$

Avec :

- dm_i : teneur en matière sèche du déchet de type i en % du poids humide ;
- CF_i : teneur totale en carbone en % du poids sec ;
- FCF_i : fraction de carbone fossile en % du carbone total ;
- OF_i : facteur d'oxydation, (fraction).

Les valeurs des différents paramètres sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Catégories (i)	dm_i	CF_i	FCF_i	OF_i	$[FE_i(CO_2)]$	Références	Justification du choix
Déchets alimentaires	0,48	0,46	0,00	1	0,000	LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.2, Tab.2.4 (FCF et OF) Caractérisation des D.M.A. provenant de Monaco et de France et des D.A.E., PROVADEMS E (dm et CF)	Seules valeurs disponibles pour la fraction de carbone fossile et le facteur d'oxydation
Papier/Carton	0,77	0,41	0,01	1	0,003		
Composites	0,78	0,53	1,00	1	0,414		
Textiles	0,79	0,53	0,20	1	0,084		
Textiles sanitaires	0,48	0,52	0,10	1	0,025		
Plastiques	0,80	0,73	1,00	1	0,584		
Combustibles non classés	0,84	0,48	1,00	1	0,399		
Verre	0,99	0,00	0,00	1	0,000		
Métaux	0,91	0,02	0,00	1	0,000		
Autres déchets	0,94	0,04	1,00	1	0,040		
Déchets médicaux	0,90	0,57	0,25	1	0,129		
Bois	0,84	0,48	0,00	1	0,000		
Déchets de jardins	0,48	0,46	0,00	1	0,000		

Les valeurs de fractions massiques WF_i sur la série temporelle sont fournies dans le tableau suivant :

Tableau 20. Fractions massiques WF_i des différentes catégories de déchets solides

	Déchets alimentaires	Déchets des jardins	Papier Carton	Composites	Textiles	Textiles sanitaires	Plastiques	Combustibles non classés	Bois	Verre	Métaux	Déchets médicaux	Autres
1990	0,25	0,04	0,26	0,01	0,03	0,03	0,11	0,03	0,00	0,12	0,04	0,00	0,07
1991	0,25	0,04	0,26	0,01	0,03	0,03	0,11	0,03	0,00	0,12	0,04	0,00	0,07
1992	0,25	0,04	0,26	0,01	0,03	0,03	0,11	0,03	0,00	0,12	0,04	0,00	0,07
1993	0,25	0,04	0,26	0,01	0,03	0,03	0,11	0,03	0,00	0,12	0,04	0,00	0,07
1994	0,25	0,04	0,25	0,01	0,03	0,04	0,11	0,03	0,00	0,12	0,04	0,00	0,07
1995	0,26	0,04	0,25	0,01	0,03	0,04	0,11	0,03	0,00	0,12	0,04	0,00	0,07
1996	0,26	0,04	0,24	0,01	0,03	0,04	0,11	0,03	0,00	0,12	0,04	0,00	0,07
1997	0,27	0,05	0,24	0,01	0,03	0,05	0,12	0,03	0,00	0,11	0,04	0,00	0,07
1998	0,27	0,05	0,23	0,01	0,03	0,05	0,11	0,03	0,00	0,11	0,04	0,00	0,07
1999	0,28	0,05	0,23	0,01	0,03	0,06	0,12	0,03	0,00	0,11	0,04	0,00	0,07
2000	0,28	0,05	0,22	0,01	0,02	0,06	0,12	0,03	0,00	0,10	0,04	0,00	0,06
2001	0,28	0,05	0,22	0,01	0,02	0,07	0,12	0,03	0,00	0,10	0,03	0,00	0,06
2002	0,29	0,05	0,21	0,02	0,02	0,07	0,11	0,02	0,00	0,10	0,03	0,00	0,06
2003	0,29	0,05	0,21	0,02	0,02	0,08	0,11	0,02	0,00	0,11	0,03	0,00	0,06
2004	0,29	0,05	0,21	0,02	0,02	0,08	0,11	0,02	0,00	0,11	0,03	0,00	0,06
2005	0,29	0,05	0,21	0,02	0,02	0,08	0,11	0,02	0,00	0,11	0,03	0,00	0,06
2006	0,29	0,05	0,21	0,02	0,02	0,09	0,11	0,02	0,00	0,11	0,03	0,00	0,05
2007	0,29	0,05	0,20	0,02	0,02	0,09	0,11	0,02	0,00	0,11	0,03	0,00	0,05
2008	0,31	0,05	0,19	0,02	0,02	0,10	0,12	0,02	0,00	0,09	0,03	0,00	0,05
2009	0,32	0,06	0,18	0,02	0,02	0,10	0,12	0,03	0,00	0,08	0,03	0,00	0,05
2010	0,33	0,06	0,17	0,02	0,02	0,11	0,12	0,03	0,01	0,06	0,03	0,00	0,06
2011	0,31	0,06	0,17	0,02	0,02	0,11	0,12	0,03	0,01	0,06	0,03	0,00	0,05
2012	0,29	0,07	0,18	0,02	0,02	0,11	0,13	0,04	0,02	0,05	0,03	0,00	0,05
2013	0,28	0,07	0,19	0,02	0,02	0,11	0,13	0,05	0,03	0,05	0,03	0,00	0,05
2014	0,26	0,07	0,19	0,02	0,02	0,11	0,13	0,05	0,03	0,04	0,03	0,00	0,04
2015	0,24	0,08	0,20	0,02	0,02	0,11	0,13	0,06	0,04	0,04	0,03	0,00	0,04
2016	0,23	0,08	0,21	0,02	0,02	0,11	0,14	0,06	0,04	0,04	0,02	0,00	0,03
2017	0,21	0,10	0,20	0,02	0,02	0,10	0,14	0,06	0,04	0,04	0,02	0,00	0,03
2018	0,20	0,12	0,20	0,02	0,02	0,10	0,14	0,06	0,04	0,04	0,02	0,00	0,03
2019	0,19	0,13	0,20	0,02	0,02	0,10	0,13	0,06	0,03	0,04	0,03	0,00	0,04
2020	0,18	0,15	0,19	0,02	0,03	0,10	0,13	0,06	0,03	0,05	0,03	0,01	0,04
2021	0,16	0,17	0,19	0,02	0,03	0,10	0,13	0,06	0,02	0,05	0,03	0,01	0,04
2022	0,15	0,19	0,19	0,02	0,03	0,10	0,13	0,06	0,02	0,05	0,03	0,01	0,04

Les valeurs des tonnages correspondants aux fractions massiques fournies précédemment par type de déchets incinérés sont données à titre indicatif dans l'ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES.

Pour le CH_4 , les calculs ont été effectués d'après l'équation 5.4 [LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch. 5] avec un FE issu des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.5, Ch.5, Tab.5.3).

Pour le N_2O , les calculs ont été effectués d'après l'équation 5.5 [LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.5] avec un FE issu des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.5, Ch.5, Tab.5.6).

$$Emissions\ CH_4(kt) = \sum_i (MSW \times WF_i) \times FE(CH_4) \times 10^{-9}$$

$$Emissions\ N_2O(kt) = \sum_i (MSW \times WF_i) \times FE(N_2O) \times 10^{-9}$$

Avec :

- MSW : tonnage total de déchets incinérés, hors boues d'épuration, en tonnes de poids humide ('MSW' = 'Déchets MC' + 'Déchets FR') ;
- i : type de déchet incinéré précisé comme suit, à savoir : déchets alimentaires, papier/carton, autres déchets, textiles, textiles sanitaires, plastiques, verre, métaux, déchets médicaux, bois ainsi que déchets des jardins et des parcs ;
 - WF_i : fraction massique du déchet incinéré de type i pendant une année (en tonnes de déchets humides), avec $\sum_i WF_i = 1$;
- Les valeurs des FE pour le CH₄ et le N₂O sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

	<i>FE</i>	Références	Justification du choix
<i>FE (CH₄)</i>	0,2 kg/kt	LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.5, Tab.5.3	A Monaco, l'incinération des déchets se fait en continu via l'utilisation d'un foyer mécanique
<i>FE (N₂O)</i>	50 g/t	LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.5, Tab.5.6	A Monaco, l'incinération des déchets se fait en continu via l'utilisation d'un foyer mécanique

Les méthodologies de calcul des émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO₂ sont décrites en Annexe 3 de ce rapport.

3.2.2.3.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

Les données d'activité sont considérées comme exhaustives, du fait de la connaissance précise des tonnages de déchets en entrée d'usine d'incinération (pesages à l'entrée de l'usine).

Concernant les valeurs d'incertitudes, la méthodologie utilisée étant différente dans le cas du CO₂ et du CH₄/N₂O, la détermination de ces incertitudes décrite ci-dessous a été effectuée de façon distincte pour les deux cas.

Incertitudes pour le CO₂

Pour les incertitudes sur les données d'activité une valeur par défaut de ±5%, inscrite dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.5, Ch.5, §5.7.2) a été adoptée pour les déchets solides incinérés, pour pallier aux incertitudes de mesures.

Concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO₂, la valeur par défaut de ±40% [Vol.5, Ch.5, §5.7.1] a été utilisée.

Incertitudes pour le CH₄ et le N₂O

Pour les incertitudes sur les données d'activité une valeur par défaut de ±5%, inscrite dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol. 5, Ch. 5, §5.7.2) a été adoptée pour les déchets incinérés, pour pallier aux incertitudes de mesures.

Concernant l'incertitude sur les facteurs d'émissions de CH₄ et N₂O, les valeurs utilisées sont celles fournies dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.5, Ch.5, §5.7.1), les incertitudes sur les facteurs d'émissions considérées sont de ±100%.

Les incertitudes sont rapportées en ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.

3.2.2.3.4 Cohérence des séries temporelles

Pour la valorisation énergétique des déchets, la cohérence de la série temporelle s'applique aux données d'activité qui sont déterminées par :

- La disponibilité des tonnages globaux depuis 1990 ;
- La caractérisation des déchets en mélange depuis 1990.

Tonnages globaux

Les tonnages globaux incinérés sont les données relevées par l'usine dans le cadre de son exploitation.

Caractérisation des déchets en mélange depuis 1990

La série temporelle a intégralement été reconstruite avec la méthode décrite précédemment pour permettre une caractérisation des déchets en mélange assurant la cohérence des séries temporelles et reflétant l'évolution temporelle observée en Principauté suite aux différentes mesures mises en place.

A l'aide de la caractérisation des déchets en mélange et de la reconstruction de la série temporelle, les flux de déchets en provenance de France et de Monaco sont caractérisés indépendamment entre 1990 et 2015 en se basant sur une granulométrie identique et des sources similaires (enquêtes MODECOM). A partir de 2016, des campagnes de caractérisation sont mises en place et permettent une définition d'une composition unique pour les flux de déchets en provenance des deux territoires.

Lors de l'analyse de la campagne de caractérisation des déchets de 2016, celle-ci a montré que les résultats obtenus pour cette caractérisation étaient assez similaires à ceux de la composition moyenne française MODECOM utilisée pour la reconstruction des années antérieures à 2016, ce qui permet d'assurer la cohérence des séries temporelles pour cette catégorie.

3.2.2.3.5 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Le contrôle-qualité de ce secteur a concerné le calcul des émissions de GES et les données d'entrée selon la procédure définie dans le plan d'Assurance-Qualité.

Une mesure de CO₂ en sortie de cheminée est effectuée en continu. En effet, la Direction (DAU) en charge de l'U.I.R.U.I. mène un programme, nommé UIOM 14C, initié par le Cabinet Merlin et ENVEA en partenariat avec l'ADEME et la FNADE et qui a pour objectif de mesurer le contenu biogène et fossile des combustibles hétérogènes issus de déchets telles que les Déchets Ménagers et Assimilés (D.M.A.) valorisés dans des unités d'incinération avec valorisation énergétique (UVE). Le programme est basé sur une campagne de prélèvements mensuels du CO₂ dans les fumées et sur le dispositif MASSBIO2 (brevet Cabinet MERLIN) qui permet de déterminer les caractéristiques biogènes du combustible.

Ainsi, après une consolidation des données le rapport référence « Détermination des quantités de CO₂ d'origine biogène/fossile émise par l'U.I.R.U.I. », version du 28/10/2021, indique les proportions de CO₂ fossile/biogène suivantes qui sont comparées avec ces mêmes proportions déterminées à partir des calculs d'émissions de CO₂ en utilisant les méthodologies des LD du GIEC 2006 :

Années			2017	2018	2019	2020
% CO ₂ biogène mesuré	moyen		62%	60%	65%	65%
% CO ₂ biogène calculé (Avec LD GIEC 2006)	moyen		62%	62%	62%	62%
% CO ₂ fossile mesuré	moyen		38%	40%	35%	35%
% CO ₂ fossile calculé (Avec LD GIEC 2006)	moyen		38%	38%	38%	38%

Nous constatons que les proportions obtenues sont très similaires entre les deux méthodes.

En ce qui concerne les comparaisons des quantités de CO₂ fossile et de CO₂ biogène mesurées (en kt) en sortie de cheminée, le rapport susmentionné fournit des données issues du rapport concernant certaines périodes de l'année mais pas l'année entière. Ainsi après reconstruction des données sur les mois de mesures manquants nous obtenons respectivement les quantités de CO₂ fossile et biogène suivantes qui sont comparées avec ces mêmes données obtenues à partir des calculs d'émissions de CO₂ en utilisant les méthodologies des LD du GIEC 2006 :

Années		2017	2018	2019	2020
Emissions de CO ₂ biogène mesuré (en kt)		36,78	34,45	35,07	25,62
Emissions de CO ₂ biogène calculé (en kt) (Avec LD GIEC 2006)		34,90	36,15	35,12	28,50
% de différence entre mesuré et calculé		5%	5%	0%	10%
Emissions de CO ₂ fossile mesuré (en kt)		22,81	23,17	19,10	13,76
Emissions de CO ₂ fossile calculé (en kt) (Avec LD GIEC 2006)		21,34	22,02	21,66	17,76
% de différence entre mesuré et calculé		6%	5%	12%	23%

Nous constatons, nonobstant les incertitudes des différentes méthodologies que les quantités obtenues sont relativement similaires entre les deux méthodes.

Les fermetures et arrêts temporaires de certaines activités (tourisme, congrès et salons professionnels) fortement génératrices des déchets fossiles, au-delà des périodes de confinement strictes, pourrait être à l'origine d'un accroissement de la différence observée entre les émissions de CO₂ mesurées et estimées.

3.2.2.3.6 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne une actualisation de la caractérisation des déchets incinérés, une amélioration méthodologique et l'application des facteurs d'émission de l'AR5.

La campagne de caractérisation des déchets de 2016 dressait un bilan différent entre les déchets monégasques et les déchets français. Or il est apparu que lors de la caractérisation, l'ensemble des déchets sont mélangés et il est difficile de réellement dresser un bilan distinct en fonction de la provenance des déchets. Par conséquent, l'hypothèse retenue est que la campagne de 2016 dresse un bilan et une composition similaire entre les déchets provenant de Monaco et de France.

En parallèle, une nouvelle enquête de caractérisation a été menée en 2022 et les mêmes hypothèses ont été considérées concernant la représentativité des résultats (entre Monaco et France).

Dans son ensemble, la quantité de déchets traités ne change pas par rapport à la précédente soumission mais la répartition entre la part fossile et la part biogénique évolue.

Enfin, concernant les déchets hors boues d'épuration, les teneurs en matière sèche et la fraction de carbone dans chaque type de déchets ont été modifiées. Ces grandeurs sont à présent nationales et issues de la campagne nationale de caractérisation de 2022. Ces données étaient précédemment issues des valeurs par défaut des Lignes Directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006).

Le recalcul concerne aussi l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5.

Impact du recalcul

Figure 37. Recalcul de la quantité de déchets fossiles incinérés (a) et de déchets biogènes incinérés (b)

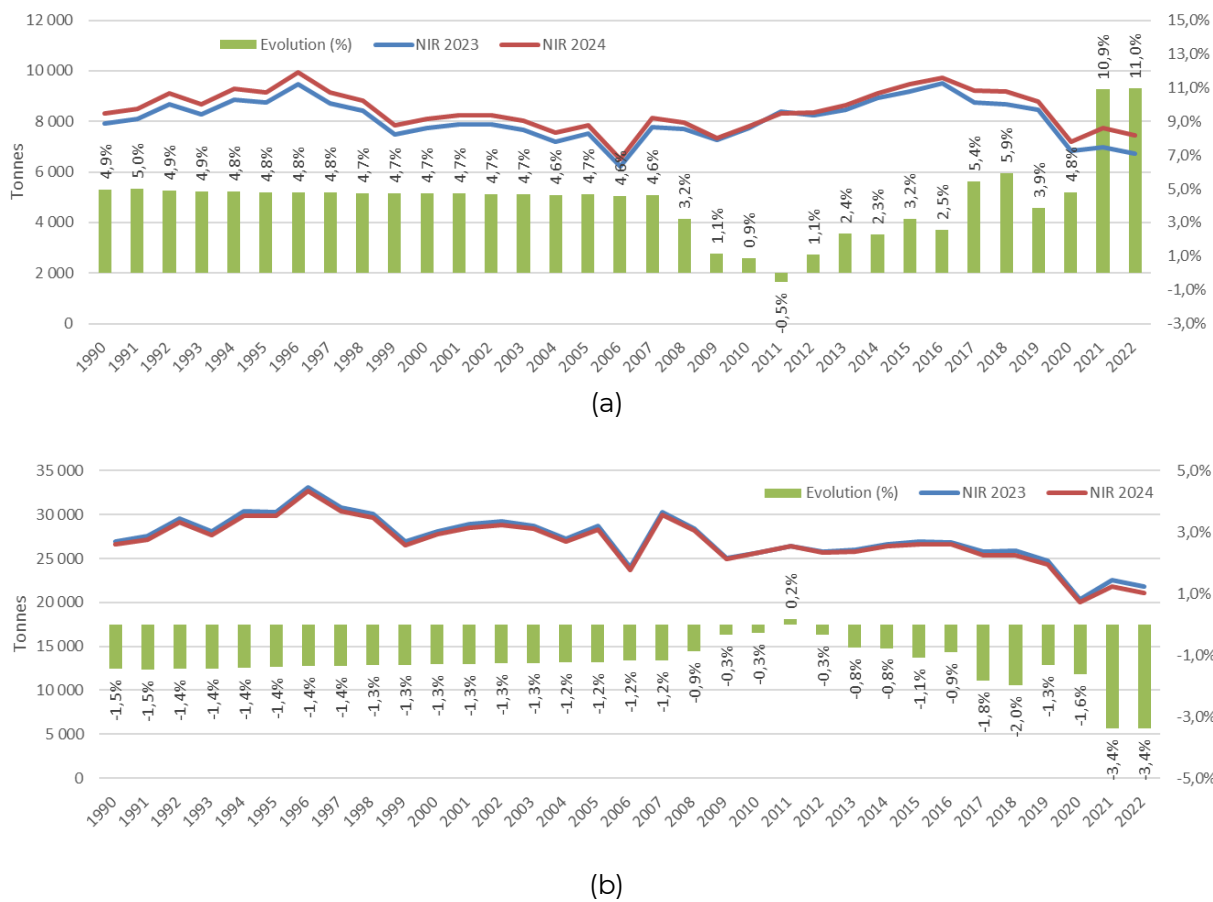
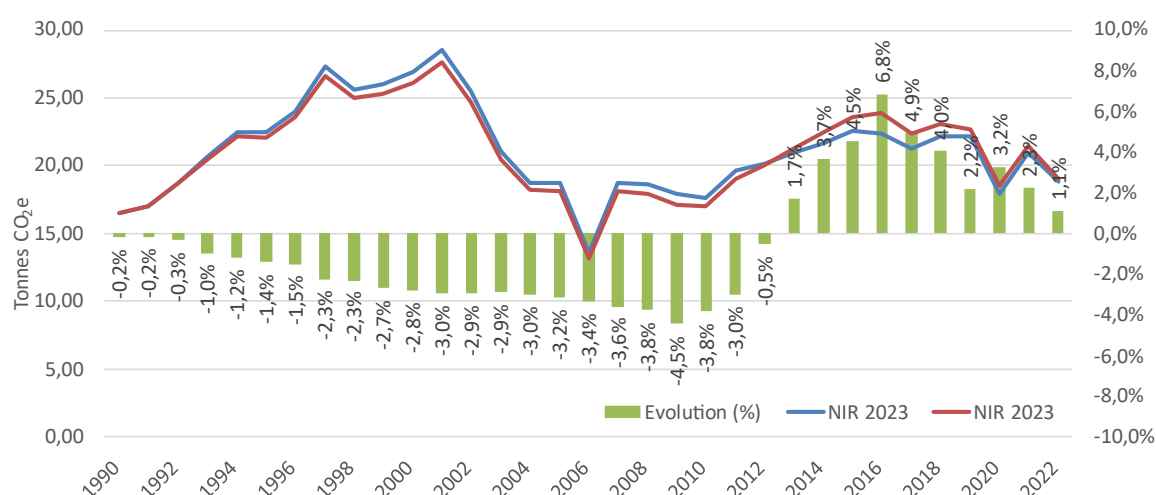


Figure 38. Recalcul des émissions de GES du 1A1a - Déchets incinérés



En 2022, les émissions recalculées présentent une différence de +1,1% en ktCO₂eq par rapport à la précédente soumission.

Raisons et justifications

Le recalcul est lié à la prise en compte de la nouvelle caractérisation des déchets incinérés, ainsi que des nouvelles valeurs de PRG issus de l'AR5 conformément aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006).

3.2.2.3.7 Améliorations

Il n'est pas prévu d'amélioration pour ce secteur.

3.2.2.4 ÉVOLUTION DU FACTEUR D'EMISSION INDUIT POUR LES DECHETS INCINERES

Afin de connaître au mieux l'énergie produite par l'incinération des déchets en Principauté, un choix a été fait de calculer l'énergie des déchets incinérés en utilisant une valeur de PCI spécifique à chaque type de déchets et non plus une valeur moyenne de ce PCI à appliquer au tonnage total de déchets incinérés. Cela permet à la Principauté d'évaluer au mieux l'énergie disponible issue de l'incinération des déchets solides.

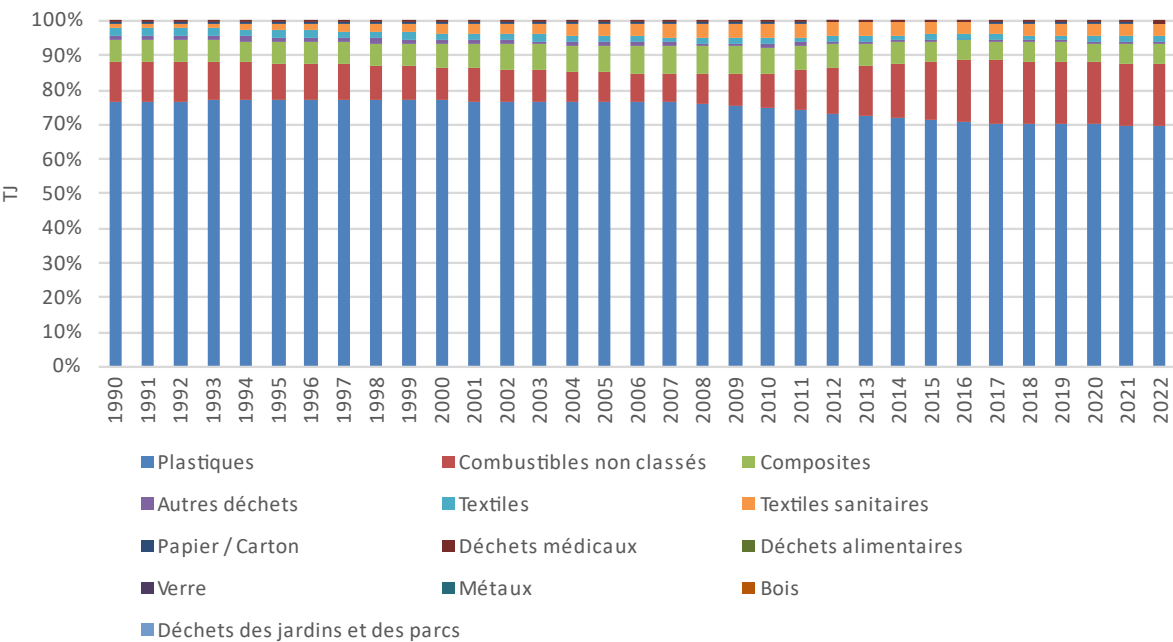
Les valeurs de PCI utilisées jusqu'au NIR 2018 inclus étaient basées sur la littérature, en l'absence de données spécifiques à Monaco. Depuis les campagnes nationales de caractérisation menées par la Principauté entre 2016 et 2017 et 2022, Monaco utilise dorénavant des données de PCI spécifiques à son pays pour les différentes catégories de déchets solides suivantes :

Tableau 21. Valeurs de PCI spécifiques à Monaco des différentes catégories de déchets solides

Catégorie de déchets	PCI (MJ/Kg)
Déchets alimentaires	16,72
Papier / carton	14,21
Composites	22,37
Textiles	18,41
Textiles sanitaires	19,94
Plastiques	31,66
Combustibles non classés	17,69
Verre	3,01
Métaux	0,10
Autres déchets	0,90
Déchets médicaux	19,01
Bois de tri	17,69
Déchets des jardins et des parcs	16,72

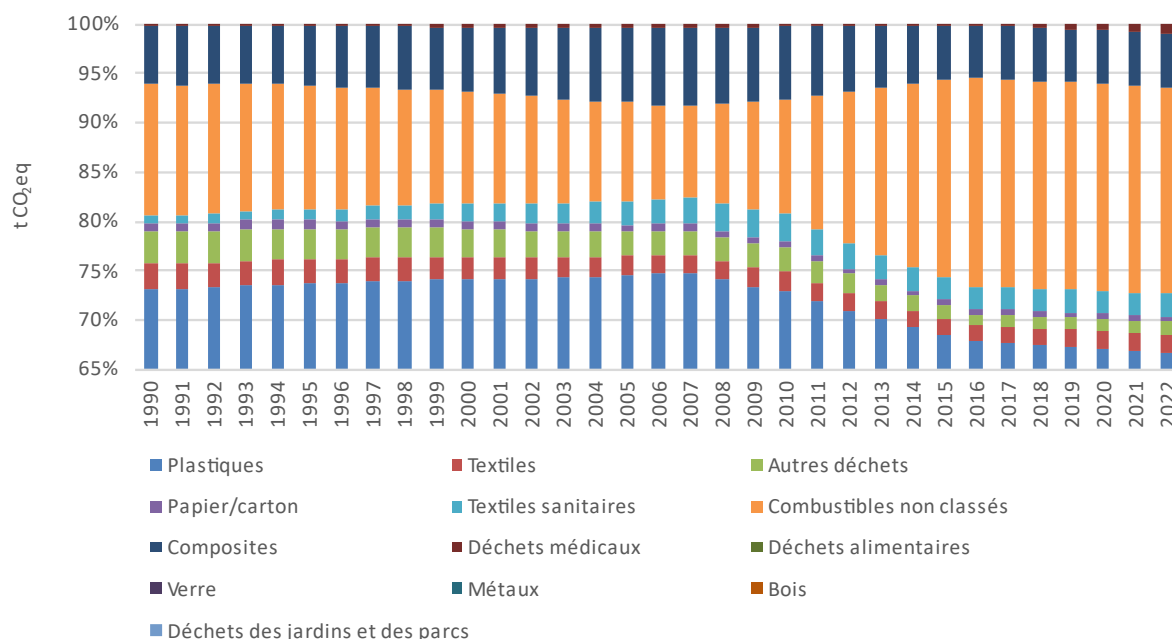
La répartition énergétique ramenée à 100% de la part fossile de déchets représentée sur le graphique ci-après, permet d’apprécier l’apport énergétique de chaque catégorie de déchets au sein du mélange de déchets incinérés chaque année :

Figure 39.Représentation du % d’énergie représenté pour chaque catégorie de déchets solides sur la série temporelle



Afin de mieux comprendre l’évolution du FE du CO₂ induit au cours du temps, on peut confronter cette évolution énergétique avec l’évolution de la répartition des émissions de GES pour les mêmes catégories de déchets pour la part fossile des déchets.

Figure 40. Représentation du % d'émissions de GES représenté pour chaque catégorie de déchets solides sur la série temporelle



Les variations observées sur les valeurs de FE (CO₂) induit sont en lien direct avec l'évolution de la composition du mélange de déchets solides incinérés chaque année. Ainsi sur la période de 1990-2022, la valeur du FE (CO₂) induit de la part fossile de déchets incinérés est pratiquement constante avec un minimum à 69,4 tCO₂/TJ et un maximum à 70,9 tCO₂/TJ.

Les données sur la composition des déchets expliquent la tendance décrite sur la valeur du FE(CO₂) induit. Ainsi, en analysant les courbes précédentes, nous voyons que la diminution du FE(CO₂) est principalement liée à la diminution associée de la part des déchets plastiques (qui présentent une teneur en carbone fossile de CF=0,73), dans la valeur résiduelle à travers la série temporelle.

3.2.2.5 BOUES D'EPURATION DES EAUX INCINEREES

En parallèle des déchets solides, les boues d'épuration des eaux sont injectées directement au sein de l'incinérateur et font l'objet d'un comptage différencié et d'une méthodologie de calcul des émissions de GES spécifique, qui est décrite dans la suite de cette section.

3.2.2.5.1 Description de la catégorie des boues d'épuration des eaux

Les eaux résiduaires sont traitées par une seule unité de traitement, l'Usine de Traitement des Eaux Résiduaires (U.T.E.R), implantée dans le sous-sol d'un immeuble industriel du quartier de Fontvieille.

Depuis 1991, les boues d'épuration sont issues du traitement primaire (physicochimique-floculation) et secondaire (filtre biologique sur support biocarbone) des eaux.

Les boues produites par les processus d'épuration de l'U.T.E.R. peuvent suivre deux filières :

- Un traitement thermique par incinération avec les déchets ménagers et assimilés ;
- L'exportation hors du territoire pour valorisation agricole ou mise en décharge.

Le traitement thermique est la voie de traitement prioritaire. Il est effectué sur le territoire par l'usine de valorisation énergétique des déchets (U.I.R.U.I.). Les deux unités de traitement

(U.T.E.R et U.I.R.U.I.) étant voisines, les boues produites sont injectées directement dans les fours de l'U.I.R.U.I. sous forme liquide (environ 74% d'eau).

La seconde filière de traitement est l'exportation des boues hors du territoire pour leur valorisation agricole dans des unités de compostage ou à défaut pour leur mise en décharge. Cette voie de traitement est utilisée lors des arrêts techniques ou accidentels des installations, ou dans le cas du dépassement des capacités d'incinération des boues.

3.2.2.5.2 Méthodologies d'estimation des émissions liées aux boues d'épuration

Les niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont détaillés dans le tableau ci-après :

		Méthodes			Facteurs d'émissions		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A1a	Boues d'épuration	T2	T1	T1	D	D	D

Les émissions directes de CO₂ produites par l'incinération des boues n'ont pas été incluses dans le bilan des émissions de gaz à effet de serre, le carbone présent dans ces boues étant d'origine biomasse. Seules sont comptabilisées les émissions de CH₄ et de N₂O au sein de la catégorie 1.A.1.a.

À partir des données caractérisées, une méthodologie de Niveau T1 est utilisée pour le CH₄ et le N₂O avec application des FE par défaut. Les calculs des émissions annuelles de CH₄ et N₂O ainsi que les valeurs des FE utilisés pour l'incinération des boues d'épuration sont reportées dans le chapitre 7.2.4.2

Les méthodologies de calcul des émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO₂ sont décrites en ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES de ce rapport.

3.2.2.5.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

La collecte des eaux résiduaires est réalisée sur l'ensemble du territoire et l'U.T.E.R. est la seule unité de traitement. Les données produites par l'U.T.E.R. et utilisées comme données d'activité dans le cadre du calcul d'émissions sont donc exhaustives et représentent l'ensemble de l'activité du pays.

Les données d'activité sont directement issues des mesures physiques effectuées par l'usine de traitement. Les poids sont déterminés par pesée sur l'ensemble des volumes produits et dévoyés.

Pour les incertitudes sur les données d'activité, une valeur par défaut de ±5%, inscrite dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol. 5, Ch. 5, §5.7.2) a été adoptée sur les tonnages de boues incinérées, pour pallier les incertitudes de mesures.

Concernant l'incertitude sur les facteurs d'émissions de CH₄ et N₂O, les valeurs utilisées sont celles fournies dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.5, Ch.5, §5.7.1), les incertitudes sur les facteurs d'émissions considérées sont de ±100%.

Les valeurs d'incertitudes sont reportées en ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.

3.2.2.5.4 Cohérence des séries temporelles

Les données d'activité sont basées sur des données mesurées. En l'absence de donnée pour certaines années, et en l'absence de tendance, une interpolation linéaire a été utilisée. Les tonnages de boues incinérés sont les données relevées par l'usine dans le cadre de son exploitation.

3.2.2.5.5 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Voir le Chapitre 3.1.2.3.5.

3.2.2.5.6 Recalcul

Le calcul des émissions de GES de l'incinération des boues d'épuration n'a fait l'objet d'aucun recalcul.

3.2.2.5.7 Améliorations

Il n'est pas prévu d'amélioration pour ce secteur.

3.2.2.6 COMBUSTION DU FIOUL LOURD ET DU GAZ NATUREL

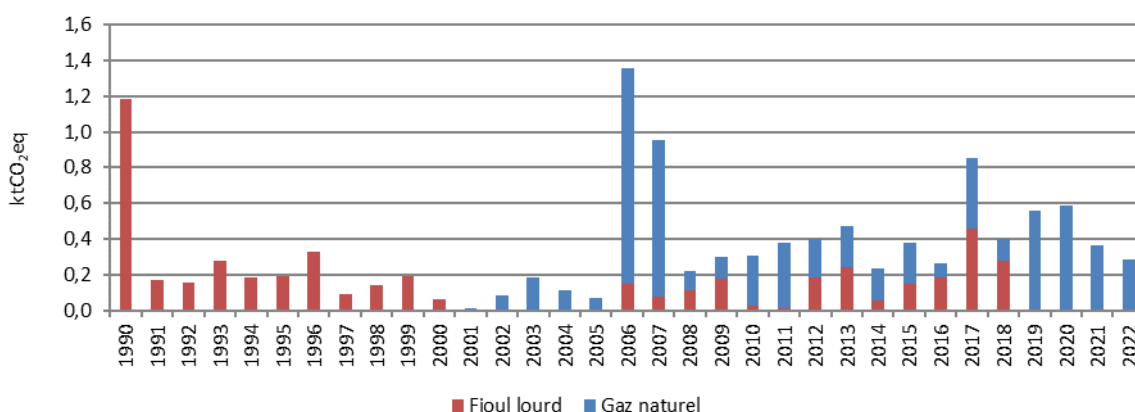
3.2.2.6.1 Description de la catégorie liée à la combustion du fioul lourd et du gaz naturel

Des combustibles sont utilisés par l'usine de production de chaud et de froid urbain en complément ou en substitution de la vapeur fournie par la valorisation énergétique des déchets.

Du fioul lourd et du gaz naturel sont consommés lors des arrêts techniques de l'usine de valorisation des déchets (absence de fourniture de vapeur) ou lorsque la demande en chaud excède les capacités de productions énergétiques par la vapeur.

Pour cette catégorie, le calcul des émissions est basé sur la consommation en combustible par l'unité de production.

Figure 41. Évolution des émissions de GES depuis 1990 de la combustion de gaz et de fioul lourd



3.2.2.6.2 Éléments d'interprétation de l'évolution de la catégorie – données d'activités

Les combustibles utilisés au sein de cette catégorie sont du fioul lourd ou du gaz naturel dans des chaudières mixtes, pouvant utiliser l'un ou l'autre des combustibles.

Les données d'activité, consommation de fioul lourd (m³) et de gaz naturel (GWh, donnée PCS), ont été fournies par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG), concessionnaire de l'usine de production de chaud et de froid depuis 1990.

Jusqu'en 2000, seule l'utilisation du fioul était possible. Depuis le gaz naturel est privilégié. Cependant, la possibilité d'utilisation du fioul lourd est conservée afin de sécuriser la production d'énergie thermique.

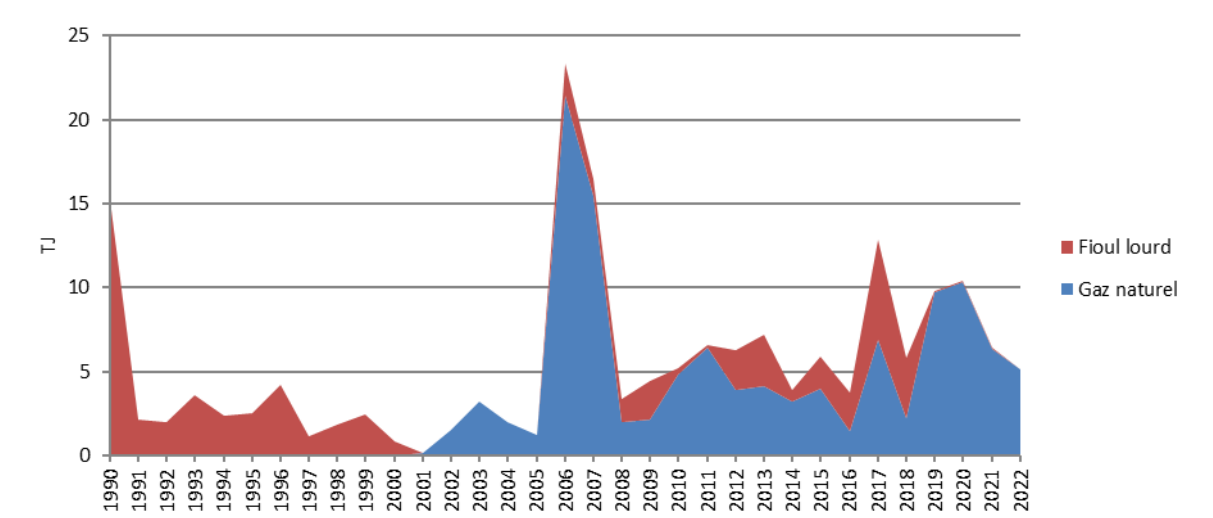
Les augmentations des consommations observées en 2006 et 2007 sont principalement la conséquence d'arrêts techniques de l'usine de valorisation énergétique des déchets, notamment pour le renforcement des capacités de traitement des fumées. L'augmentation des consommations observées en 2017 s'explique par le fait que l'usine d'incinération a connu, fin 2017, une série d'incidents qui ont entraîné l'arrêt de la production de vapeur. Par rapport à 2016, le nombre de jour de non-fourniture est passé de 13 à 37. Au cours de ces périodes d'arrêt, la SMEG a sollicité ses deux chaudières de secours ce qui a engendré une

augmentation de la consommation de fioul lourd et de gaz naturel par l'Usine de production de chaud et de froid.

Des variations ont également pour origine l'augmentation des puissances raccordées au réseau de chaud et de froid, ainsi qu'aux conditions climatiques. À partir de 2019, l'usine n'utilise pratiquement plus de fioul lourd et la majorité de ses consommations se portent sur le gaz naturel.

Dans ce contexte, ce poste d'émissions est très faible, et les émissions principalement liées à des contraintes techniques se montrent très hétérogènes.

Figure 42. Consommation énergétique de la combustion de gaz naturel et de fioul lourd



3.2.2.6.3 Méthodologie de calcul

Les émissions étant issues d'une seule unité (type) de combustion par chaudières, les méthodologies utilisées sont de niveaux 2 ou 3 pour le CH₄ et le N₂O et le CO₂ du gaz naturel. Un facteur d'émission par défaut de niveau 1 est utilisé pour les émissions de CO₂ du fioul lourd.

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, équation 2.2).

Les niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont détaillés dans le tableau ci-après :

		Méthodes			Facteurs d'émissions		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A1a	Gaz Naturel	T2	T3	T3	CS	D	D
1A1a	Fioul lourd	T1	T3	T3	D	D	D

Les calculs sont présentés en ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES de ce rapport.

3.2.2.6.4 Incertitudes et degré d'exhaustivité

Compte tenu des sources d'émission de cette catégorie, qui ne comprend qu'une seule unité de production énergétique, ainsi que de la connaissance des combustibles utilisés, dont les volumes sont fournis par le gestionnaire, il est admis que la totalité des émissions est couverte et les données sont considérées comme exhaustives.

Pour les incertitudes sur les données d'activité une valeur par défaut de $\pm 5\%$, inscrite dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006), a été adoptée pour le gaz naturel, fioul domestique et le gaz de pétrole liquéfié consommés (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, §2.4.2 Incertitudes des données sur les activités).

Concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO_2 pour le fioul lourd, il a été choisi d'appliquer un facteur d'incertitude compris entre $[-2,45\% ; +1,81\%]$ (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. GIEC-Vol.2, Ch.2, Tab.2.2). Pour le gaz naturel, la valeur par défaut de $\pm 4\%$ (LD2006, GIEC-Vol.2, Ch.1, Tab.1.4) a été utilisée, celle-ci a été validée par l'AQ CITEPA.

Pour le CH_4 et le N_2O , afin de ne pas minimiser les incertitudes, et n'ayant pas de valeur locale mesurée à Monaco, un choix a été fait d'opter pour le cas du pays présentant les valeurs d'incertitudes les plus élevées. Le cas de la Norvège a donc été adopté pour quantifier les incertitudes liées à l'application de facteurs d'émission par défaut pour le CH_4 et le N_2O .

Conformément aux lignes directrices, il a été choisi d'appliquer un facteur d'incertitude compris entre $[-50\% ; +100\%]$ pour le CH_4 (Lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999) et compris entre $[-66\% ; +200\%]$ pour le N_2O (LD2006, GIEC-Vol.2, Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999).

Les valeurs d'incertitudes sont reportées en ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.

3.2.2.6.5 Cohérence des séries temporelles

Les données d'activité sur l'ensemble de la période ont été fournies par le gestionnaire en charge de l'utilisation du fioul lourd et du gaz naturel (SMEG). La continuité des données d'activité est ainsi assurée sur l'ensemble de la période.

3.2.2.6.6 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Le contrôle qualité de ce secteur a été effectué selon la procédure définie dans le plan d'Assurance-Qualité.

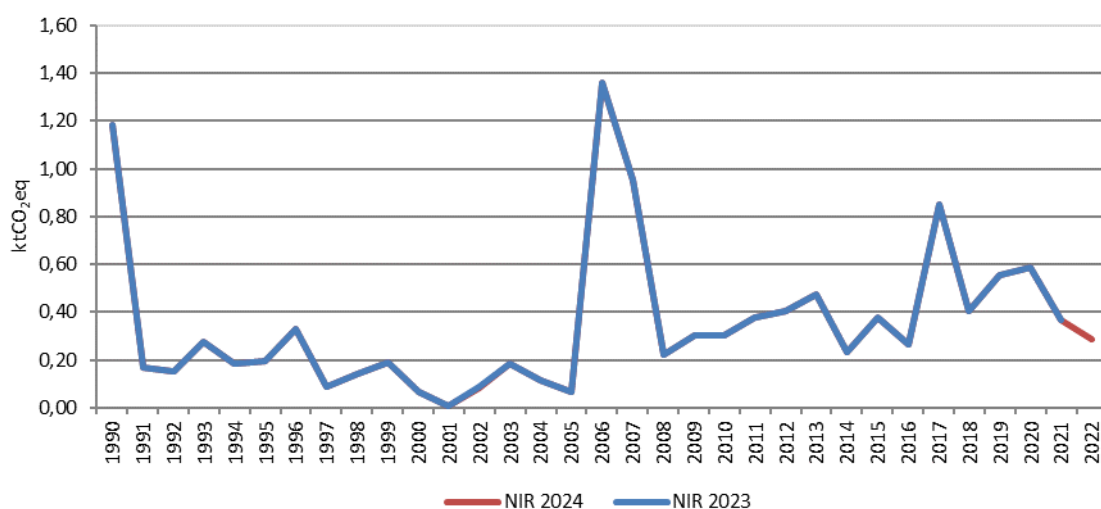
3.2.2.6.7 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne le recalcul du $\text{FE}(\text{CO}_2)$ du gaz naturel à partir de 2019 par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5.

Impact du recalcul

Figure 43. Recalcul des émissions de GES du 1A1a -Fioul-Gaz



L'impact du recalcul est compris entre $-6,58 \times 10^{-4}$ ktCO₂eq et $-5,54 \times 10^{-6}$ ktCO₂eq sur l'ensemble de la série temporelle, par rapport à la précédente soumission.

Raisons et justifications

Il y a eu un recalcul de ce secteur pour intégrer la nouvelle série temporelle du FE(CO₂) du gaz naturel à partir de 2019 ainsi que l'application des nouvelles valeurs de PRG de l'AR5 conformément aux lignes directrices.

3.2.2.6.8 Améliorations

Aucune amélioration n'est prévue à ce jour pour ce secteur.

3.2.3 1A1b Raffinage du pétrole

L'activité industrielle de raffinage de produit pétrolier est inexistante à Monaco. Les produits pétroliers utilisés en Principauté sont importés dans leur totalité.

Il n'existe pas d'émission de GES liée à cette catégorie, la clé de notation « NO » a été utilisée.

3.2.4 1A1c Manufacture de combustibles solides et autres industries de l'énergie

L'activité de manufacture de combustibles solides et autres industries de l'énergie est inexistante à Monaco.

Il n'existe pas d'émission de GES liée à cette catégorie, la clé de notation « NO » a été utilisée.

3.2.5 1A2 Industries manufacturières et construction

Le secteur 1A2 concerne les consommations de combustible et émissions des engins mobiles non routiers (EMNR) de la construction et du BTP (1.A.2.g.vii) et les consommations de gaz et de fioul par les industries (1.A.2g.viii). Cette dernière catégorie a été scindée du 1.A.4.b dans le cadre du NIR 2020.

Il doit être précisé qu'à Monaco il n'existe pas d'industrie métallurgique, sidérurgique et de chimie lourde et que les industries présentes sont situées dans des immeubles.

Les émissions du secteur 1A2 sont en 2022 de **4,3 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **3,9 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **+12 % (+0,5 ktCO₂eq)**

Les émissions du secteur 1A2 représentent :
6,5 % des émissions globales (3,8 % en 1990)
7,2 % des émissions du secteur de l'Energie (3,8 % en 1990)

Figure 44. Emissions de GES entre 1990 et 2022 du secteur 1A2

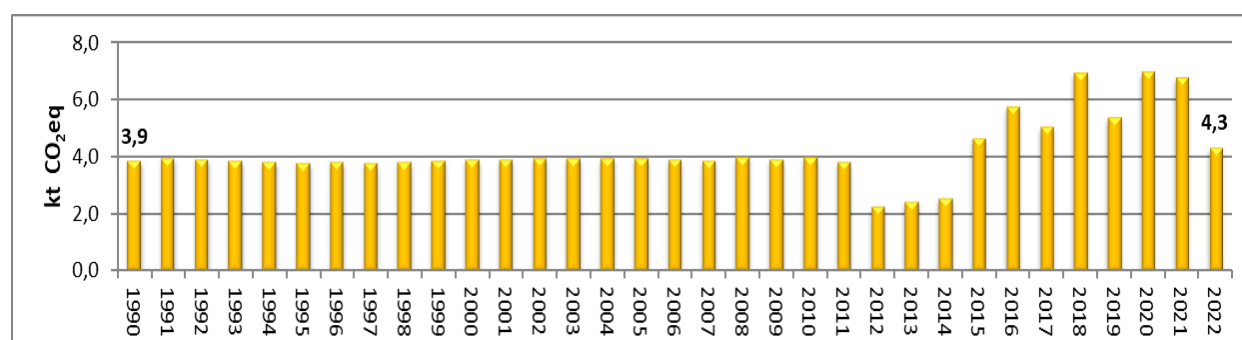
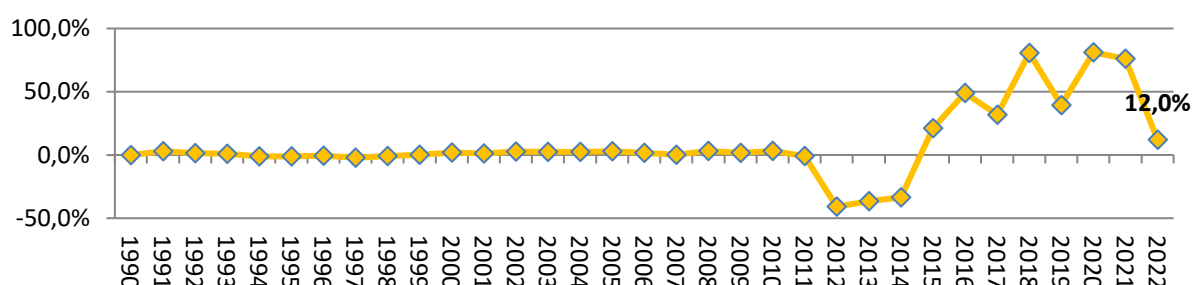


Figure 45. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 du secteur 1A2



Les émissions de CO₂ liées au gaz et aux carburants liquides de cette catégorie constituent des catégories clé.

La consommation de gaz naturel a été répartie entre les trois secteurs 1A2gviii, 1A4a et 1A4b sur la base des Rapports Annuels de la SMEG, l'unique concessionnaire de distribution de gaz en Principauté.

Les consommations de fioul domestique dans la Principauté ont également pu être réparties en utilisant la base de données des usages réalisée dans le cadre du Plan Climat Air Energie 2030 de la Principauté.

En outre, une nouvelle catégorie 1A2gvii a été intégrée depuis le NIR 2019 concernant la consommation de carburant par les engins mobiles non routiers, cette quantité de carburant était jusqu'alors incluse au secteur 1A4b.

3.2.5.1 1A2GVII ENGINS MOBILES NON ROUTIERS

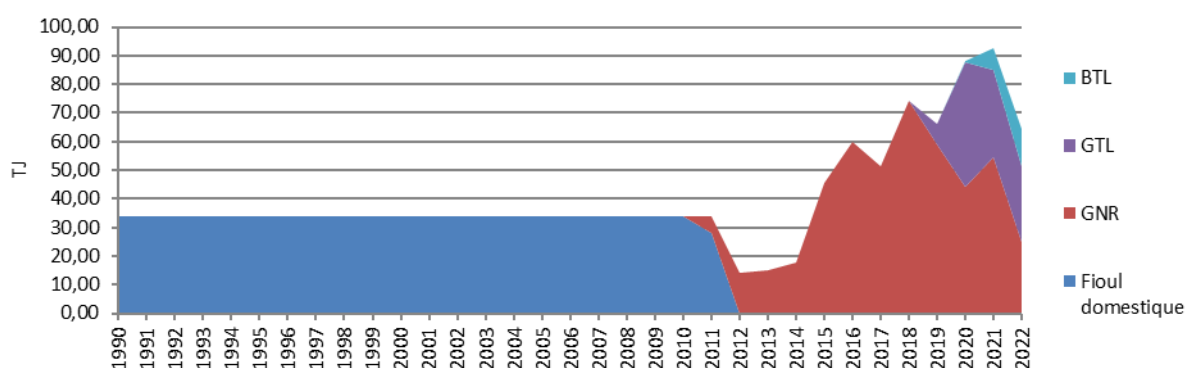
Le secteur 1A2gvii concerne les consommations de combustibles et émissions des engins mobiles non routiers (EMNR) de la construction et du BTP (1A.2.g.vii). De 1990 à 2011, les EMNR consomment du fioul domestique puis du Gazole Non Routier à partir de 2011 (conformément au Code des douanes français, applicable à Monaco). On considère que l'ensemble du GNR vendu à Monaco est consommé dans ces EMNR. À partir de 2019, du GTL (Gas To Liquid), combustible fossile liquide produit à partir de gaz naturel est également consommé par les EMNR à Monaco. À partir de 2020, on voit également apparaître de la consommation de BTL (Biomass To Liquid) au sein de ce secteur.

3.2.5.1.1 Description générale des catégories sources

Bilan énergétique

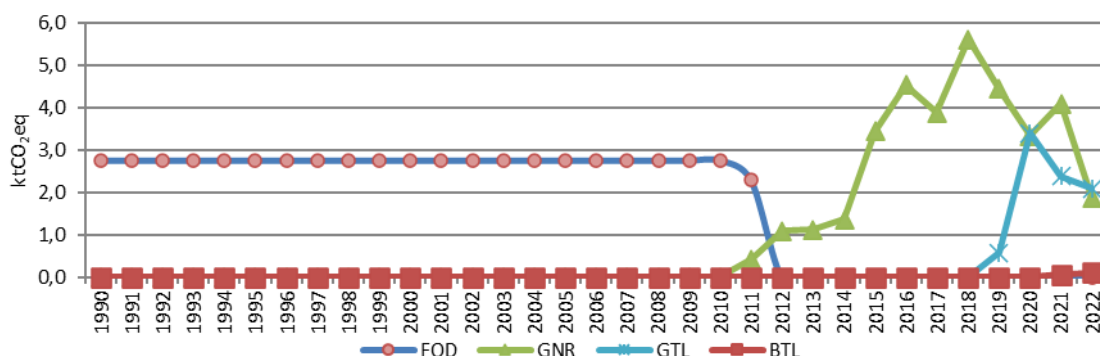
La consommation du GNR a tendance à augmenter au cours du temps, cette tendance semble liée à l'activité économique du secteur de la construction. En 2020, nonobstant une période de confinement, la consommation est restée très élevée. En 2022, nous observons une forte chute de consommation des carburants qui peut être corrélée à la fin des travaux d'infrastructure du chantier Mareterra.

Figure 46. Consommation énergétique de la catégorie - 1A2g Construction et BTP - Sources mobiles



Émissions de GES

Figure 47. Émissions de GES par catégorie source - 1A2g Construction et BTP - Sources mobiles



Données d'activité

Les données de vente de GNR sont disponibles depuis 2011, cette dernière année étant une année de transition, du fioul domestique et du GNR étant consommés. Pour les années antérieures, seul du fioul domestique est utilisé dans ce secteur. Le GTL commence à être utilisé dans ce secteur à partir de 2019, le BTL à partir de 2020.

Faute de donnée spécifique, de 1990 à 2010, la consommation de fioul domestique dans les EMNR est calculée sur la base de la consommation annuelle moyenne de GNR des années 2012 à 2017. En 2011, seule la consommation manquante de fioul domestique est ajoutée à la consommation de GNR.

Au total, la consommation nationale de fioul domestique ne change pas, les consommations attribuées aux EMNR étant retranchées au total national.

La nouvelle catégorie « Other Fossil Fuels » est déduite des quantités de GNR et apparaît ainsi à partir de l'année 2011. A ces quantités s'ajoutent en 2020 la part fossile du BTL.

Méthodologies d'estimation des émissions

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.2.

Dans le cadre du présent inventaire et conformément à la recommandation ARR 2022-E7, Monaco a décidé d'utiliser des facteurs d'émission country-specific (CS) pour l'estimation des émissions relatives aux combustibles liquides consommés.

Pour ce faire, la Direction de l'Environnement a réalisé, en 2021-2022, des campagnes de caractérisation des combustibles liquides distribués sur le territoire. 46 échantillons ont ainsi été prélevés et analysés.

Le but de cette campagne a été notamment de déterminer la part biomasse des combustibles importés et en particulier celle des carburants de synthèse (BTL et GTL) pour lesquelles il n'existe aucune donnée précise dans la littérature et en France.

Il a été fait le choix pour l'estimation des émissions du BTL et du GTL, d'utiliser les valeurs issues de ces campagnes.

Les paramètres analysés sont :

- pouvoirs calorifiques inférieur (PCI) et supérieur (PCS),
- teneurs en :

- o carbone (C),
- o hydrogène (H),
- o oxygène (O),
- o soufre (S),
- o sodium (Na),
- o aluminium (Al), argent (Ag), bore (B), baryum (Ba), cadmium (Cd), calcium (Ca), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), potassium (K), mercure (Hg), magnésium (Mg), manganèse (Mn), molybdène (Mo), nickel (Ni), phosphore (P), plomb (Pb), silicium (Si), étain (Sn), vanadium (V), zinc (Zn),
- les masses volumiques,
- les teneurs en carburant biomasse (éthers méthyliques d'acides gras -EMAG-, éthanol, méthanol, éther éthyle tertiobutyle -ETBE- et méthyl tert-butyl éther -MTBE)
- et la teneur en carbone biogénique dite « Carbone 14 ».

A partir de ces paramètres, les valeurs suivantes ont été calculées :

- les facteurs d'émission (FEs) de CO₂
- les teneurs massiques biomasse,
- les FE de SO₂
- et les FE des différents métaux lourds (ML)

Les niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont détaillés dans le tableau ci-après :

		Méthodes			Facteurs d'émissions		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A2gvii	Gazole Non Routier	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gvii	Other Fossil Fuels	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gvii	Fioul Domestique	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gvii	GTL (Gas To Liquid)	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gvii	BTL (Biomass To Liquid)	T2	T1	T1	CS	D	D

Les calculs sont présentés en ANNEXE 3 METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES de ce rapport.

3.2.5.1.2 Incertitudes et degré d'exhaustivité

Pour les incertitudes sur les données d'activité, une valeur par défaut de $\pm 5 \%$, inscrite dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006), a été adoptée pour le gazole non routier, le GTL, le BTL et le fioul domestique consommés (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.1, §1.5.2 Incertitudes des données sur les activités). Cette incertitude correspond à la limite basse de l'intervalle d'incertitude pour des systèmes statistiques robustes mais comprenant des extrapolations, comme c'est le cas sur la période 1990-2010.

Concernant l'incertitude sur les facteurs d'émission de chaque gaz à effet de serre, pour le CO₂ la valeur par défaut a été appliquée, comme expliqué dans le Chapitre 2 du Volume 2 des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, p. §2.4.1 Emission factor uncertainties), soit une incertitude moyenne de $\pm 7 \%$.

Pour le CH₄, l'intervalle de valeur de l'incertitude est compris entre $[-60 \% ; +151 \%]$, celui-ci a été déterminé à partir du tableau 3.3.1 des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.3, Table 3.3.1 Default emission factors for off-road mobile sources and machinery).

Pour le N₂O, l'intervalle de valeur de l'incertitude est compris entre [-50 % ; +200 %], celui-ci a été déterminé à partir du tableau 3.3.1 des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.3, Table 3.3.1 Default emission factors for off-road mobile sources and machinery).

Les valeurs d'incertitudes sont reportées en ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.

3.2.5.1.3 Cohérence des séries temporelles

Faute de donnée spécifique, de 1990 à 2010, la consommation de fioul domestique dans les EMNR est calculée sur la base de la consommation annuelle moyenne de GNR des années 2012 à 2017. En 2011, comme indiqué supra du fioul domestique et du GNR ont été consommés. Aussi, un reliquat de consommation de fioul domestique a été ajouté à la consommation de GNR. Concernant les données de BTL et de GTL elles ont été fournies par le distributeur de ces carburants sur l'ensemble de la série temporelle. La continuité des données d'activité est ainsi assurée sur l'ensemble de la période.

3.2.5.1.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs issues des analyses réalisées sur les carburants distribués à Monaco, à celles jusqu'alors utilisées dans les inventaires et issues de la littérature ou des inventaires français. Ces valeurs sont proches.

	Masse volumique kg/m ³	PCI mélange	% massique biomasse	% massique « other fossil fuels »	FE(CO ₂) fossile kg/TJ	FE(CO ₂) biomasse kg/TJ
Fioul Domestique						
Inventaire précédent	845	42,6	0	0	74 523	–
Campagne de caractérisation MC	823,4	42,6	0	0	74 523	–
GNR						
Inventaire précédent	845	42,6	6,7	0,37	74 523	68 335
Campagne de caractérisation MC	828,8	42,6	6,6	0,36	74 340	68 200
GTL						
Inventaire précédent	778	44	0	–	69 200	–
Campagne de caractérisation MC	777,5	43,9	0	–	70 790	–
BTL						
Inventaire précédent	781	44	99,9	0,0005	68 335	68 335
Campagne de caractérisation MC	780,3	43,9	98,9	1,1	70 790	70 760

3.2.5.1.5 Recalcul

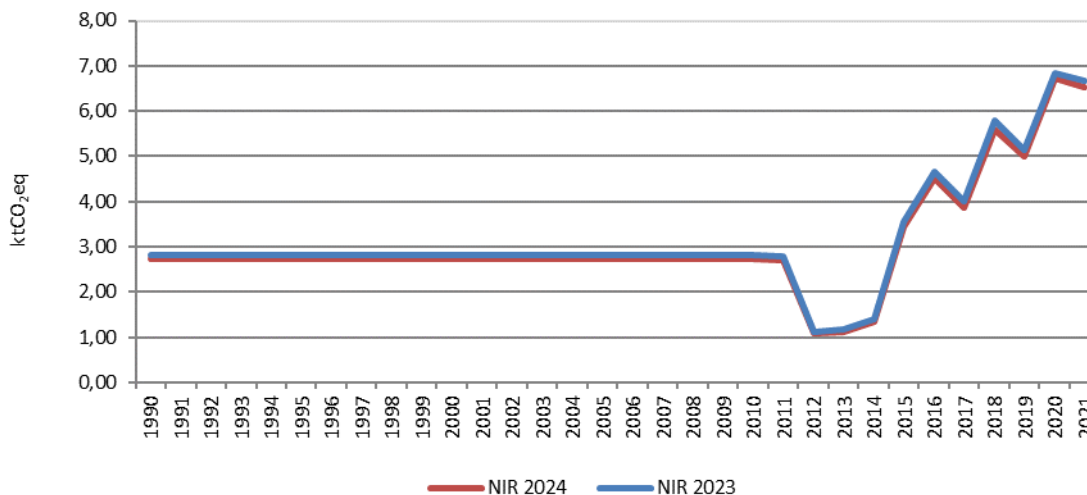
Description du recalcul

Le recalcul concerne l'application des valeurs *country-specific* des combustibles liquides sur l'ensemble de la série temporelle, la fraction non biogénique du biocombustible contenu dans le diesel. Des précisions ont été apportées aux données des biocarburants. Cela a

entraîné des recalculs sur l'ensemble de la série temporelle à partir de l'apparition du GNR, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG).

Impact du recalcul

Figure 48. Recalcul des émissions de GES du 1A2gvii



L'impact du recalcul est compris entre $-1,87 \times 10^{-1}$ ktCO₂eq et $-3,67 \times 10^{-2}$ ktCO₂eq sur l'ensemble de la série temporelle, par rapport à la précédente soumission.

Raisons et justifications

Les résultats de la caractérisation des combustibles liquides distribués à Monaco ont été pris en compte dans les calculs, ainsi que le recalcul de la fraction non biogénique du biocombustible contenu dans le diesel par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices.

3.2.5.1.6 Améliorations

Il n'est pas prévu d'amélioration pour ce secteur.

3.2.5.2 1A2gviii. COMBUSTION STATIONNAIRE – SECTEUR INDUSTRIEL

Les catégories sources d'émission comptabilisées au sein de ce secteur concernent la combustion de gaz naturel (1.A.2.g.viii) et de fioul domestique (1.A.2.g.viii) destinée très majoritairement au chauffage des bâtiments. Depuis le NIR 2024, ont également été intégré les consommations de gaz de pétrole liquéfié (GPL) (butane et propane), de B100, de GTL et de BTL pour la combustion stationnaire du secteur industriel.

Les émissions de la catégorie du secteur industriel en 2022 sont présentées dans le tableau 1s2 et 1.A(a)s4 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du Secteur industriel sont en 2022 de

0,2 ktCO₂eq

Les émissions pour l'année de référence (1990) sont de :

1,1 ktCO₂eq

Soit une variation de :

-78,6 % (-0,9 ktCO₂eq)

Figure 97. Evolution des émissions de GES depuis 1990 de la catégorie - 1A2gviii Secteur industriel

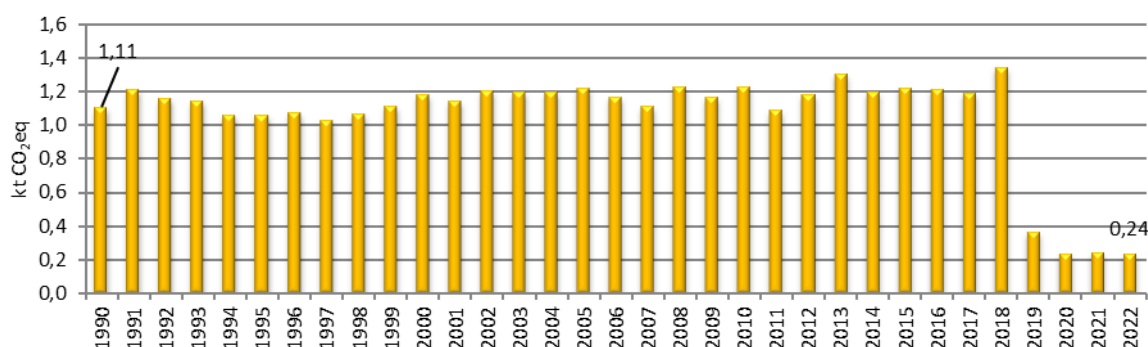


Figure 98. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - 1A2gviii Secteur industriel

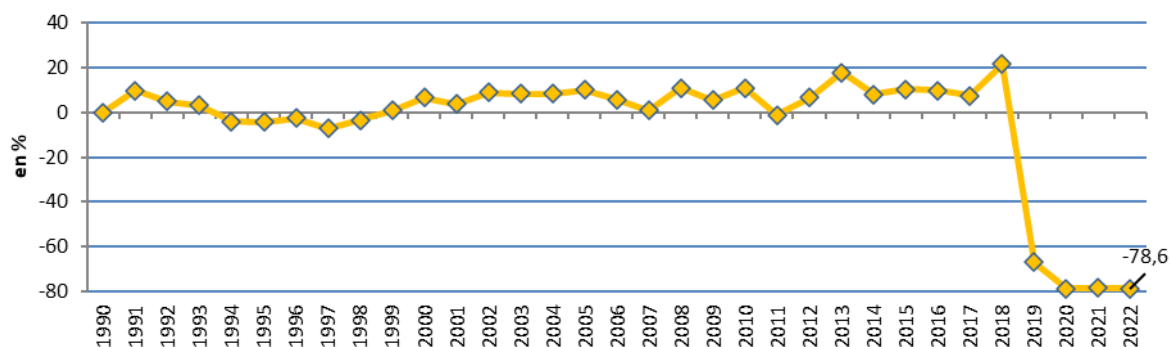
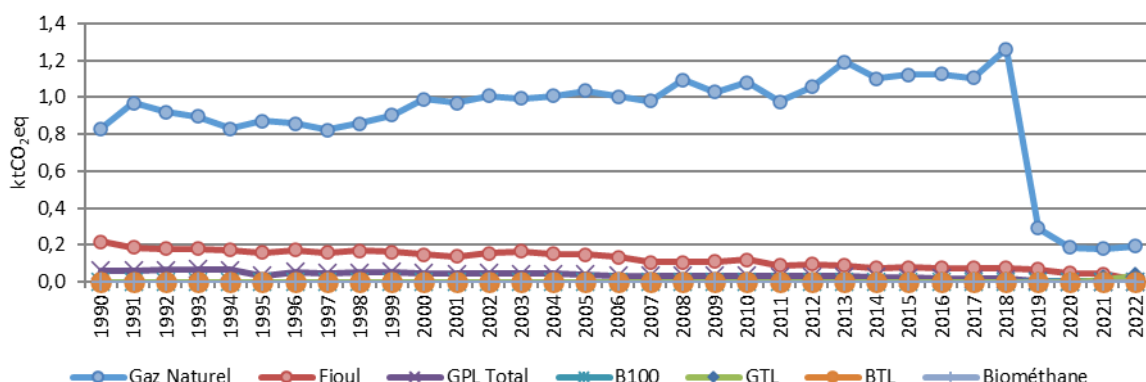


Figure 99. Émissions de GES par catégorie source - 1A2gviii Secteur industriel (en kt CO₂eq)



3.2.5.2.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

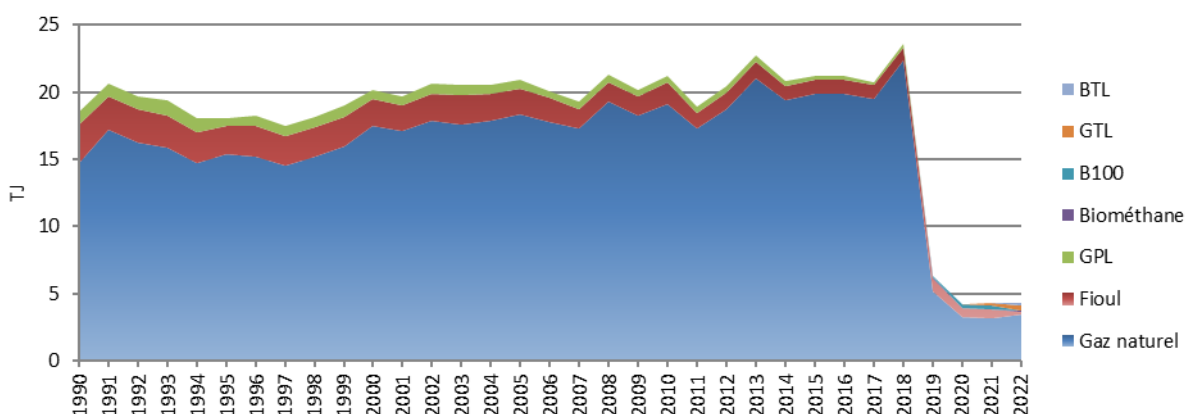
Bilan énergétique

Les politiques entreprises se traduisent par une diminution progressive des émissions de GES de cette catégorie. L'énergie produite à partir du fioul domestique est en forte baisse. Cette baisse est en partie compensée par une utilisation du gaz naturel et de combustibles de synthèse (GTL, BTL,...) en substitution.

La consommation de GPL a elle aussi tendance à diminuer. Depuis l'année 2018, l'une des sociétés qui livre la Principauté en bouteilles de GPL livre une partie sous forme bio. Les données de GPL total représentées par la suite représentent la somme des quantités en TJ pour les parts bio et non bio.

La chute brutale de la consommation de gaz naturel observée en 2019 est due au fait que la technologie de lavage de fumées d'incinération qui utilisait du gaz naturel a été remplacée depuis avril 2019, avec un circuit de traitement amélioré et moins énergivore.

Figure 100. Consommation énergétique de la catégorie - 1A2gviii Secteur industriel



Données d'activité

Les émissions du secteur industriel ont été distinguées de celles du secteur résidentiel et de celles du secteur commercial/institutionnel. La combustion qui se produit pour ces trois secteurs a les mêmes caractéristiques que celle du secteur résidentiel à Monaco. Les bâtiments et usages du fioul et du gaz du secteur industriel en Principauté ayant les mêmes caractéristiques que le secteur résidentiel. La méthodologie de calcul des émissions adoptée est identique pour les trois secteurs que celle du secteur 1A4bi.

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre est basée sur la quantité de combustibles liquides consommés à Monaco (et achetée en partie par les utilisateurs résidant à Monaco auprès de fournisseurs situés en France), de gaz naturel et de gaz de pétrole liquéfié (GPL) commercialisés à Monaco. Ces quantités sont déterminées à partir des données déclarées par les distributeurs.

Combustion de combustibles liquides

Les données relatives aux combustibles liquides consommés sont recueillies chaque année auprès des distributeurs français et monégasques opérant à Monaco.

Pour distinguer les consommations de fioul domestique et de combustibles de synthèse (GTL, BTL,...) pour les secteurs industriel, commercial/institutionnel et résidentiel, la Principauté s'est basée sur la donnée disponible la plus à jour issue d'une étude approfondie basée sur des Données 2016 - Base de Données Plan Climat Air Energie 2030, Direction de l'Environnement, concernant les surfaces de bâtiments des différents secteurs.

Comme cette donnée est la seule donnée disponible à ce jour, celle-ci a été utilisée comme pourcentage de répartition de la donnée de la consommation de combustibles liquides selon les trois secteurs sur l'ensemble de la série temporelle, comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 221. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Secteur	Répartition
Industrie (1A2gviii)	0,65 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	12,30 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	87,05 %

Combustion de gaz naturel et de gaz de pétrole liquéfié

Pour le gaz, la donnée d'activité prise en compte est l'ensemble du gaz naturel distribué à Monaco, (hormis l'utilisation par le secteur 1A1 Production énergétique) par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) qui est l'unique concessionnaire de la Principauté à importer et distribuer du gaz et de l'électricité, sur l'ensemble du territoire monégasque. Pour le biométhane, la donnée d'activité prise en compte est l'ensemble du biométhane distribué à Monaco par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) qui est l'unique concessionnaire de la Principauté à importer et distribuer du gaz et de l'électricité, sur l'ensemble du territoire monégasque. Pour le GPL, la donnée d'activité est recueillie chaque année auprès des distributeurs monégasques.

Pour distinguer les consommations de gaz et de biométhane pour les secteurs industriel, commercial/institutionnel et résidentiel, la Principauté s'est basée sur la donnée disponible la plus à jour issue des rapports SMEG. Cette donnée n'était pas disponible avant le rapport annuel de l'année 2016, qui fournit la première répartition de cette donnée d'activité suivant les trois secteurs pour l'année 2015. Cette répartition a ainsi été appliquée à toutes les années antérieures à 2015, l'année 2015 étant incluse, puis la donnée annuelle mise à jour a été utilisée en se basant sur la donnée la plus récente disponible au moment de l'inventaire national (références rapports annuels SMEG).

Au regard de la faible quantité de GPL consommé et en l'absence de données plus précises, la clé de répartition du gaz naturel a été appliquée.

Les répartitions de données d'activité pour le gaz et le GPL se font ainsi selon le tableau suivant pour les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi :

Tableau 32. Répartition en % de la quantité de gaz naturel, de biométhane et de GPL consommés sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Années	≤ 2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secteur	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n
Industrie (1A2gviii)	9,19 %	9,49 %	9,12 %	10,31 %	2,59 %	1,79 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	69,46 %	70,02 %	71,35 %	69,24 %	77,63 %	79,39 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	21,35 %	20,49 %	19,53 %	20,45 %	19,77 %	18,82 %

Années	2021	2022
Secteur	Répartitio n	Répartitio n
Industrie (1A2gviii)	1,62%	1,95%
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	79,06%	80,56%
Secteur Résidentiel (1A4bi)	19,33%	17,50%

Éléments d'interprétation de l'évolution des données d'activité

Depuis le 16 septembre 2003, l'installation de centrales de chauffage au fioul dans le cadre de constructions neuves est interdite pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Depuis le 1^{er} janvier 2022, il est interdit d'utiliser des combustibles liquides dont le facteur d'émissions (combustion) est supérieur à 180 gCO₂eq./kWh dans tous les bâtiments, pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

Ce dispositif réglementaire conduit à une mutation du fioul domestique vers des combustibles liquides partiellement ou totalement d'origine biogénique (F30, XTL, B100, ...), vers du gaz naturel ou vers d'autres technologies (réseaux de chaleur, pompes à chaleur, ...). Il demeure une dérogation temporaire à l'interdiction du fioul domestique pour certains bâtiments en cours de raccordement à un réseau de chaleur.

Enfin, le raccordement progressif de bâtiments aux réseaux de chaleur induit une diminution de la consommation de combustibles fossiles, principalement liquides.

3.2.5.2.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, équation 2.2).

Dans le cadre du présent inventaire et conformément à la recommandation ARR 2022-E7, Monaco a décidé d'utiliser des facteurs d'émission *country-specific* (CS) pour l'estimation des émissions relatives aux combustibles liquides consommés.

Pour ce faire, la Direction de l'Environnement a réalisé, en 2021-2022, des campagnes de caractérisation des combustibles liquides distribués sur le territoire. 46 échantillons ont ainsi été prélevés et analysés.

Le but de cette campagne a été notamment de déterminer la part biomasse des combustibles importés et en particulier celle des carburants de synthèse (BTL et GTL) pour lesquelles il n'existe aucune donnée précise dans la littérature et en France.

Il a été fait le choix pour l'estimation des émissions du B100, du BTL et du GTL, d'utiliser les valeurs issues de ces campagnes.

- Les paramètres analysés sont :
- pouvoirs calorifiques inférieur (PCI) et supérieur (PCS),
 - teneurs en :
 - o carbone (C),
 - o hydrogène (H),
 - o oxygène (O),
 - o soufre (S),
 - o sodium (Na),
 - o aluminium (Al), argent (Ag), bore (B), baryum (Ba), cadmium (Cd), calcium (Ca), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), potassium (K), mercure (Hg), magnésium (Mg), manganèse (Mn), molybdène (Mo), nickel (Ni), phosphore (P), plomb (Pb), silicium (Si), étain (Sn), vanadium (V), zinc (Zn),
 - les masses volumiques,
 - les teneurs en carburant biomasse (éthers méthyliques d'acides gras -EMAG-, éthanol, méthanol, éther éthyle tertiobutyle -ETBE- et méthyl tert-butyl éther -MTBE)
 - et la teneur en carbone biogénique dite « Carbone 14 ».

- A partir de ces paramètres, les valeurs suivantes ont été calculées :
- les facteurs d'émission (FEs) de CO₂
 - les teneurs massiques biomasse,
 - les FE de SO₂
 - et les FE des différents métaux lourds (ML)

Les niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont détaillés dans le tableau ci-après :

		Méthodes			Facteurs d'émissions		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A2gvii i	Gaz Naturel	T2	T3	T3	CS	D	D
1A2gvii i	Fioul Domestique	T2	T3	T1	CS	D	D
1A2gvii i	Gaz de Pétrole Liquéfié	T1	T1	T1	D	D	D
1A2gvii i	B100	T2	T3	T1	CS	D	D
1A2gvii i	GPL Biomasse	T1	T1	T1	D	D	D
1A2gvii i	GTL	T2	T1	T1	CS	D	D
1A2gvii i	BTL	T2	T1	T1	CS	D	D

Les calculs sont présentés en ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES de ce rapport.

Rapport National d'Inventaire 2024

Direction de l'Environnement

3.2.5.2.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

A Monaco, ce secteur ne comprend que les émissions imputables à la combustion de combustibles dans le secteur industriel.

Les activités relatives aux autres catégories d'émissions n'ont pas cours au sein de la Principauté.

Les données sont considérées comme exhaustives, d'une part de par la nature de l'importation et de la distribution du gaz naturel qui n'est gérée que par une seule entreprise concessionnaire de l'État, à savoir la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) et, d'autre part, par la connaissance précise de la distribution de combustibles liquides en Principauté.

Pour les incertitudes sur les données d'activité une valeur par défaut de $\pm 5\%$, inscrite dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006), a été adoptée pour le gaz naturel, le fioul domestique, le B100, le BTL, le GTL et le gaz de pétrole liquéfié consommés (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, §2.4.2 Incertitudes des données sur les activités).

Pour le CH_4 et le N_2O , afin de ne pas minimiser les incertitudes, et n'ayant pas de valeur locale mesurée à Monaco, un choix a été fait d'opter pour le cas du pays présentant les valeurs d'incertitudes les plus élevées. Le cas de la Norvège a donc été adopté pour quantifier les incertitudes liées à l'application de facteurs d'émission par défaut pour le CH_4 et le N_2O .

Conformément aux lignes directrices, il a été choisi d'appliquer un facteur d'incertitude compris entre $[-50\%; +100\%]$ pour le CH_4 (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999) et compris entre $[-66\%; +200\%]$ pour le N_2O (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999).

Le cas de la Norvège a été conservé pour quantifier l'incertitude liée à l'application des facteurs d'émission de CO_2 des combustibles liquides et du gaz de pétrole liquéfié, ainsi que pour les parts *d'other fossil fuels*. Ainsi, une valeur de $\pm 3\%$ a été utilisée (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.13, Norvège/Rypdal 1999.).

Concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO_2 pour le gaz naturel, la valeur par défaut de $\pm 4\%$ (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.1, Tab.1.4) a été utilisée. Et concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO_2 pour les parts biomasses du B100, du BTL, le biométhane la valeur par défaut a été appliquée, comme expliqué dans le Chapitre 2 du Volume 2 des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, p. §2.4.1 Emission factor uncertainties), soit une incertitude moyenne de $\pm 7\%$.

Les valeurs d'incertitudes sont reportées en ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.

3.2.5.2.4 Cohérence des séries temporelles

Pour ce secteur, la même méthodologie et les mêmes sources de données sont appliquées pour toute la série temporelle.

Notamment, afin d'assurer une cohérence dans les calculs, les données d'activité pour le GPL pour la série 1990-2014 sont issues de Monaco en Chiffres-IMSEE, puis depuis l'année 2015 incluse, ces données sont fournies à l'IMSEE par la Direction de l'Environnement qui les compile, à partir des réponses annuelles des fournisseurs de GPL de la Principauté. Toutes ces données sont publiées officiellement chaque année.

3.2.5.2.5 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs issues des analyses réalisées sur les carburants distribués à Monaco, à celles jusqu'alors utilisées dans les inventaires et issues de la littérature ou des inventaires français. Ces valeurs sont proches.

	Masse volumique kg/m ³	PCI mélange	% massique biomasse	% massique « other fossil fuels »	FE(CO ₂) fossile kg/TJ	FE(CO ₂) biomasse kg/TJ
Fioul Domestique						
Inventaire précédent	845	42,6	0	0	74 523	–
Campagne de caractérisation MC	823,4	42,6	0	0	74 523	–
B100						
Inventaire précédent	883	37,4	94,8	5,2	74 523	68 335
Campagne de caractérisation MC	881,2	37,4	94,8	5,2	74 520	74 320
GTL						
Inventaire précédent	778	44	0	–	69 200	–
Campagne de caractérisation MC	777,5	43,9	0	–	70 790	–
BTL						
Inventaire précédent	781	44	99,9	0,0005	68 335	68 335
Campagne de caractérisation MC	780,3	43,9	98,9	1,1	70 790	70 760

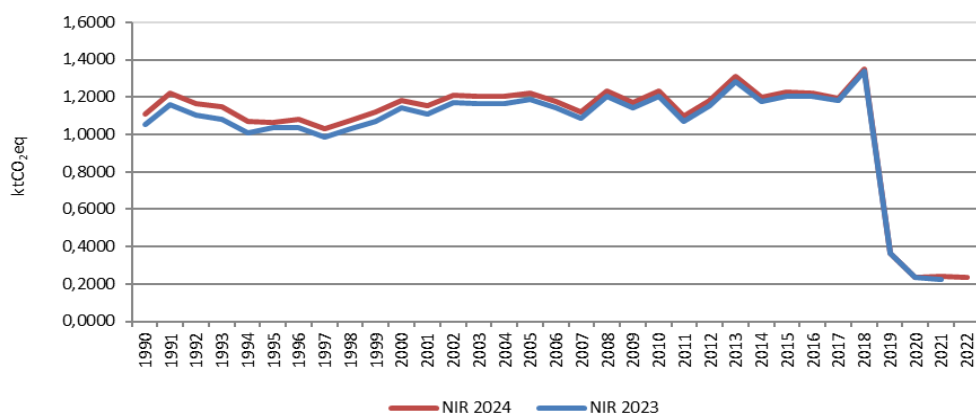
3.2.5.2.6 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne la répartition de la consommation de GPL, de GTL, de BTL, de biométhane et de B100 sur les secteurs 1.A.2.g.viii, 1.A.4.a et 1.A.4.b, l'application des valeurs *country-specific* des combustibles liquides sur l'ensemble de la série temporelle, le recalcul du FE(CO₂) du gaz naturel à partir de 2019 par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5.

Impact du recalcul

Figure 101. Recalcul des émissions de GES du 1A2gviii



L'impact du recalcul est compris entre $1,58 \times 10^{-3}$ ktCO₂eq et $6,29 \times 10^{-2}$ ktCO₂eq sur l'ensemble de la série temporelle, par rapport à la précédente soumission.

Raisons et justifications

Les consommations des carburants alternatifs jusqu'alors en faibles volumes étaient uniquement comptabilisées dans le secteur 1.A.4.b.. Avec l'interdiction du fioul domestique et son remplacement partiel par les carburants alternatifs, il a été nécessaire d'améliorer leur répartition sur les trois secteurs.

De plus, les résultats de la caractérisation des combustibles liquides distribués à Monaco ont été pris en compte dans les calculs, ainsi que le recalcul du FE(CO₂) du gaz naturel à partir de 2019 par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices.

3.2.5.2.7 Améliorations

Il n'est pas prévu d'amélioration pour ce secteur.

3.2.6 1A3 Transports

Les émissions et puits de carbone de la catégorie du transport en 2022 sont présentés dans le tableau 1S1 et 1A(a)s3 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur du transport sont en 2022 de **19,4 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **35,2 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **-44,8 % (15,8 ktCO₂eq)**

Les émissions du secteur du transport représentent :
29,2 % des émissions globales (34,7 % en 1990)
32,5 % des émissions du secteur de l'Energie (35 % en 1990)

Figure 49. Evolution des émissions de GES du secteur des transports entre 1990 et 2022

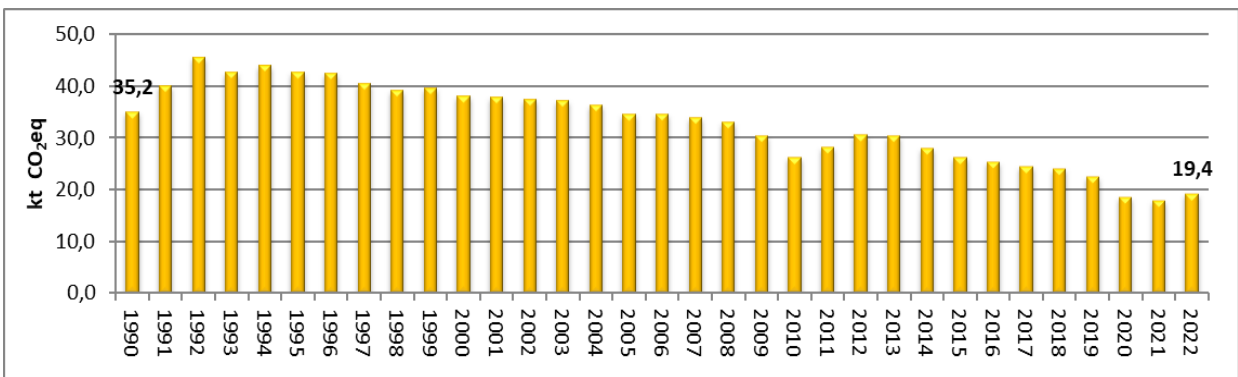
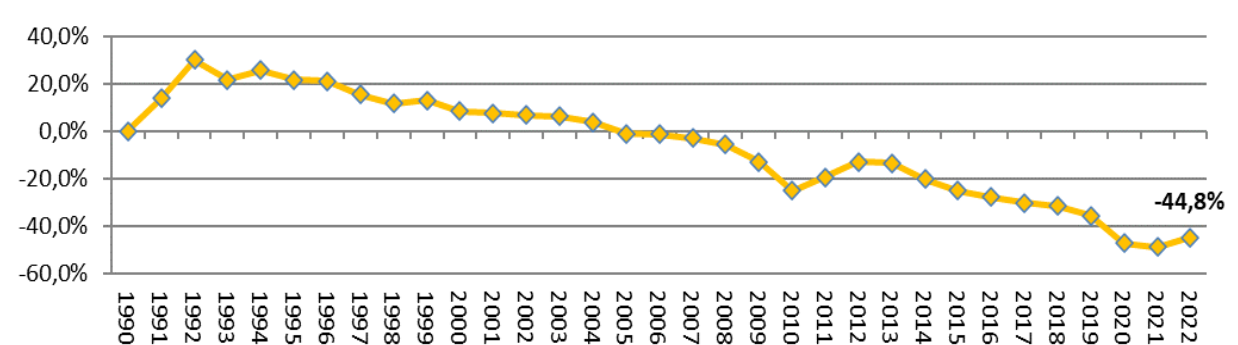


Figure 50. Evolution des émissions de GES du secteur des transports par rapport à 1990



3.2.6.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA CATEGORIE SOURCE

Les émissions de GES du transport à Monaco ont pour origine les catégories sources suivantes :

- L'aviation civile domestique (1A3a)

Les émissions liées au transport aérien ont pour origine l'activité et la vente de carburant de l'héliport de Monaco.

- Le transport routier (1A3b)

Les émissions liées au transport routier ont pour origine la vente de carburant et la circulation automobile à Monaco, en lien avec les ventes.

- La navigation domestique (1A3d)

Les émissions liées au transport maritime ont pour origine la vente de carburant pour la navigation et l'activité portuaire.

Les émissions de GES de la part internationale des émissions de l'aviation civile internationale et de la navigation internationale sont reportées au sein du secteur 1D1 « Memo items international bunker fuel ».

Le transport routier reste prépondérant dans les émissions de la catégorie 1.A.3. Avec 18,1 ktCO₂eq cette part représente en 2022 environ 92,8% des émissions du transport. Les émissions du secteur du transport routier sont cependant en décroissance constante sur la série temporelle.

La part issue de l'aviation civile correspond à environ 1,3% des émissions du transport. Au cours de la période 1990-2022, les valeurs ont tendance à croître malgré des fluctuations interannuelles importantes.

Les émissions de la navigation nationale, en forte croissance jusqu'en 2009, se sont par la suite stabilisées jusqu'en 2015. On observe une diminution notable des émissions de cette catégorie en 2016 et 2022 qui s'explique par un report d'achat du carburant de Monaco vers les ports italiens voisins. Les émissions de la navigation domestique correspondent à environ 5,8% des émissions du transport.

Les caractéristiques générales des émissions de ce secteur sont représentées dans les graphiques et le tableau ci-après.

Figure 51. Répartitions des émissions de GES du transport en 1990 et 2022

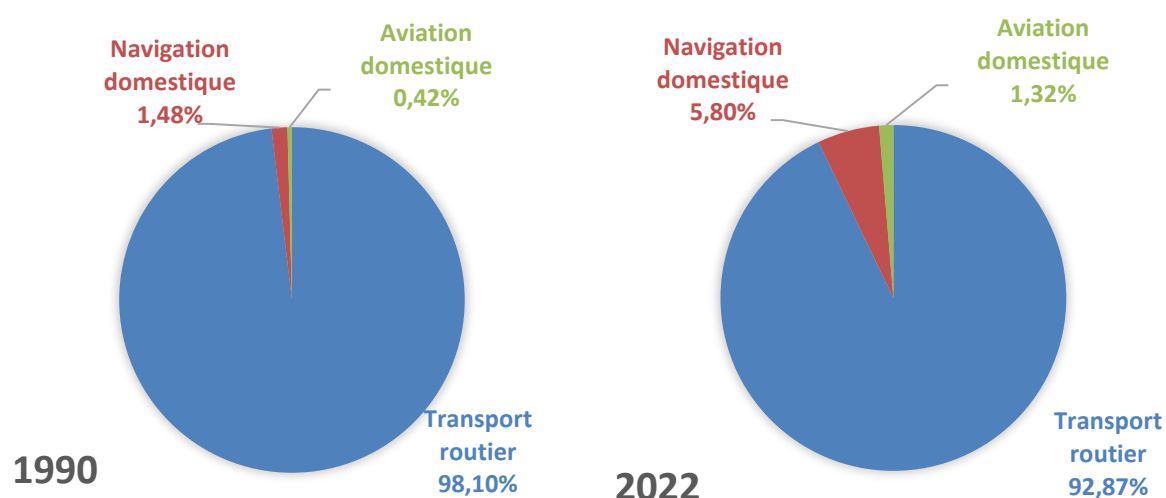
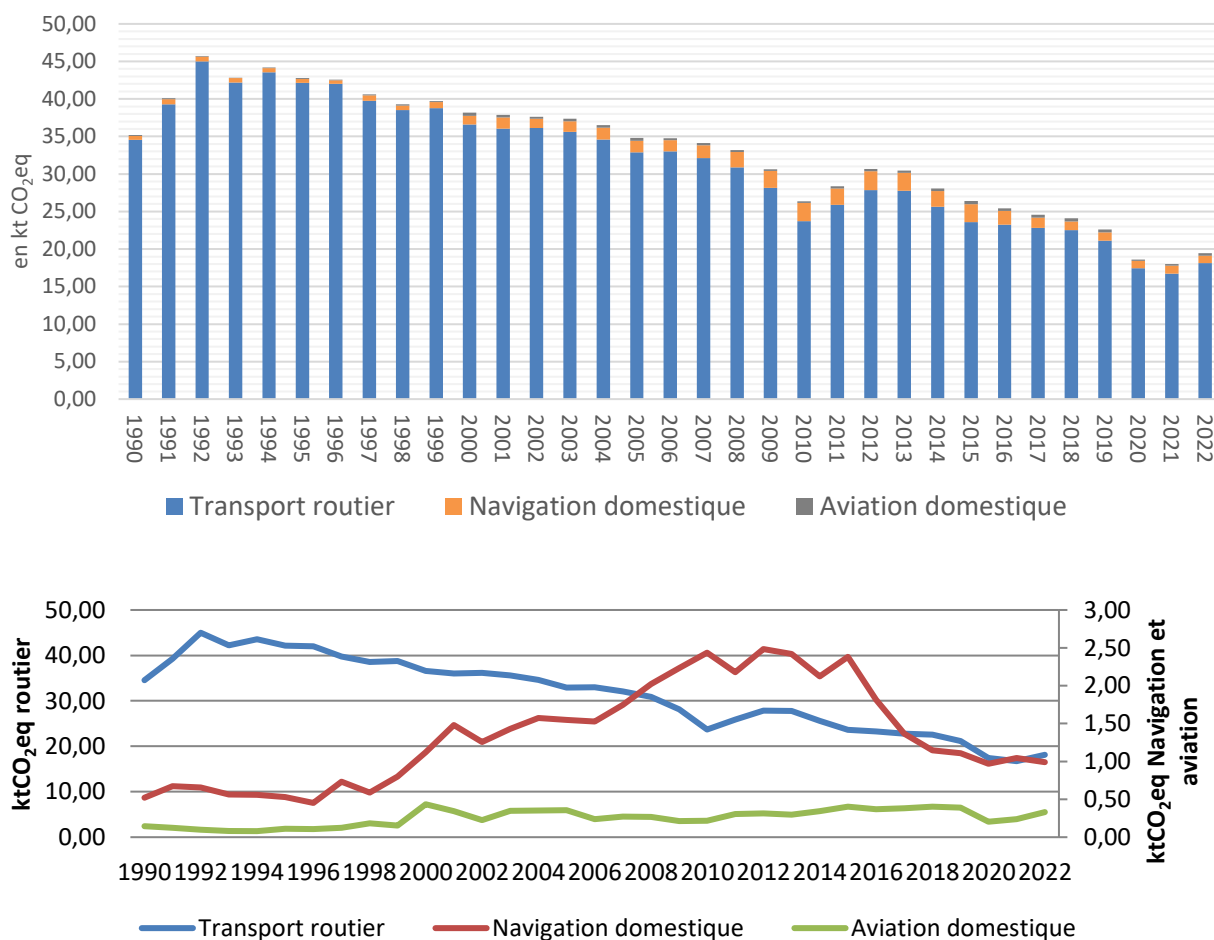


Figure 52. Evolution de la répartition et des émissions des catégories sources du transport



3.2.6.2 BILAN ENERGETIQUE

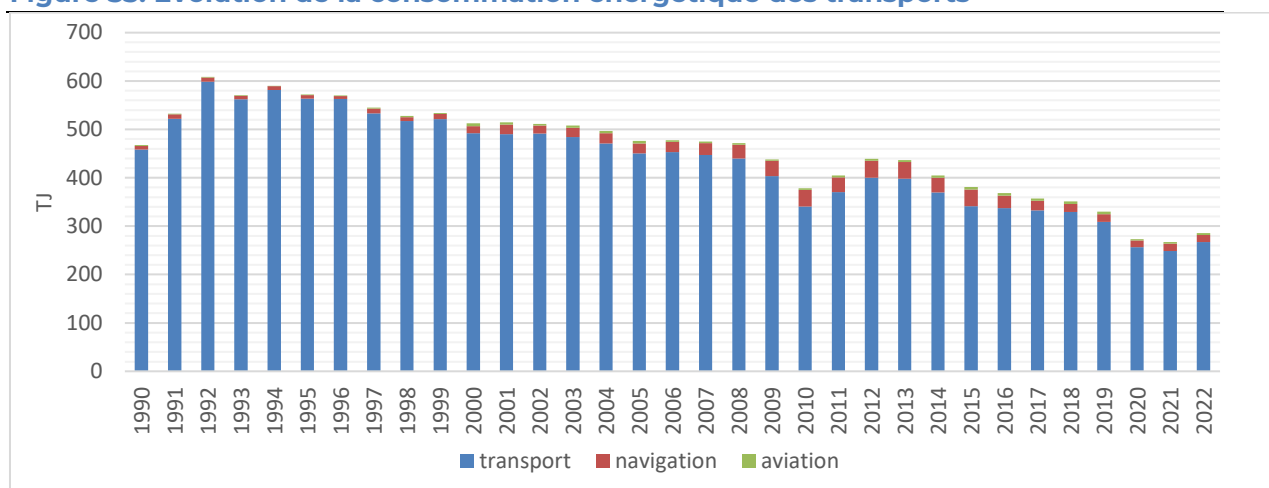
Comme pour les émissions de GES la majorité de la consommation énergétique est issue du transport routier. La tendance d'évolution est également identique à celle des émissions de GES.

La consommation énergétique, hors électricité, du transport est passée de 458,49 TJ en 1990 à 267,21 TJ en 2022, soit une diminution de 41,7%.

Dans le même temps, la proportion de biocarburant au sein de la consommation a évolué de 0 à 25,1 TJ.

Le biocarburant représente aujourd'hui 9,5 % du carburant consommé.

Figure 53. Evolution de la consommation énergétique des transports



Evolution et répartition de l'utilisation des carburants par catégorie source de transport. La biomasse est constituée de la part d'agro carburant intégrée au sein de l'essence (gazoline) et du diesel (Diesel Oil).

Figure 54. Répartition de la consommation énergétique par carburant en 1990 et 2022

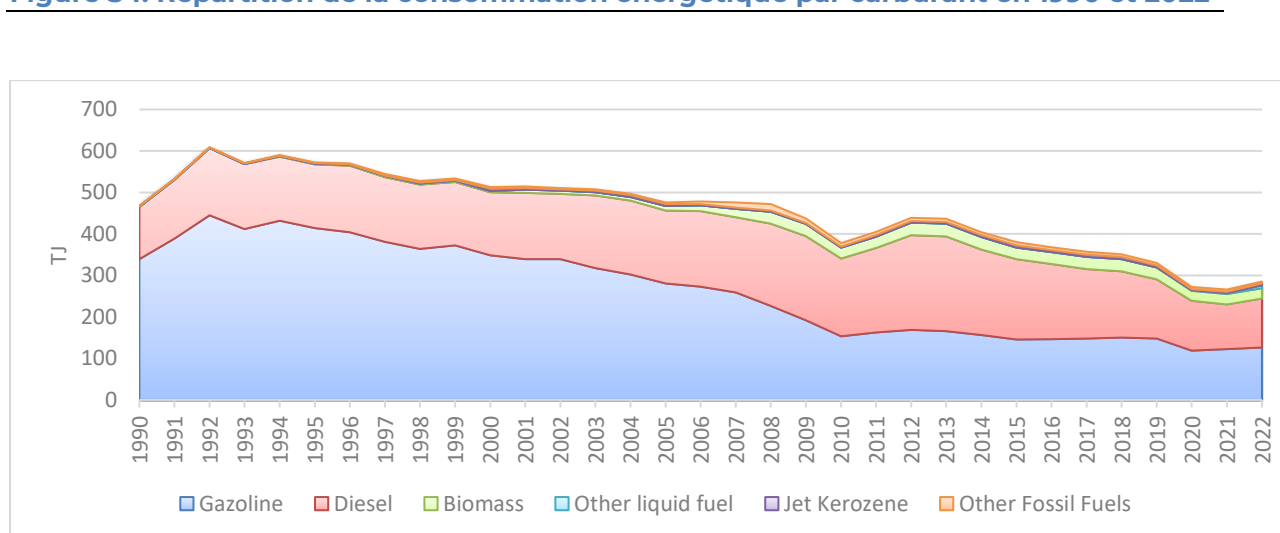


Figure 55. Evolution de la consommation énergétique par carburant en 1990 et 2022 du secteur des transports

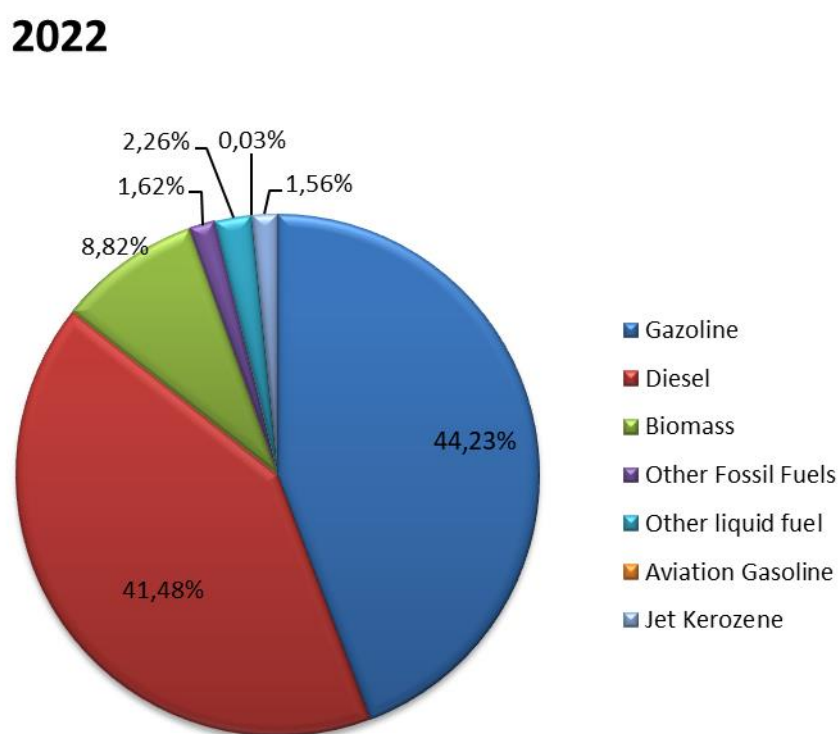
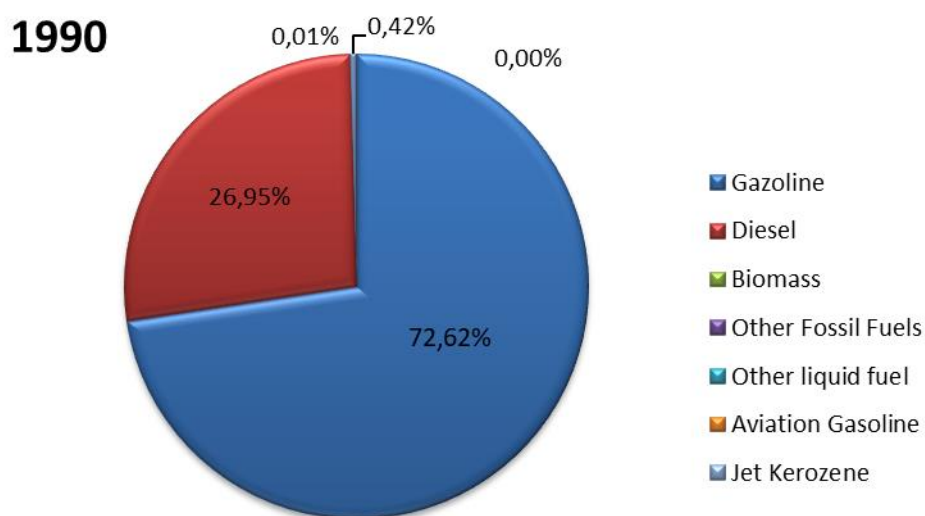
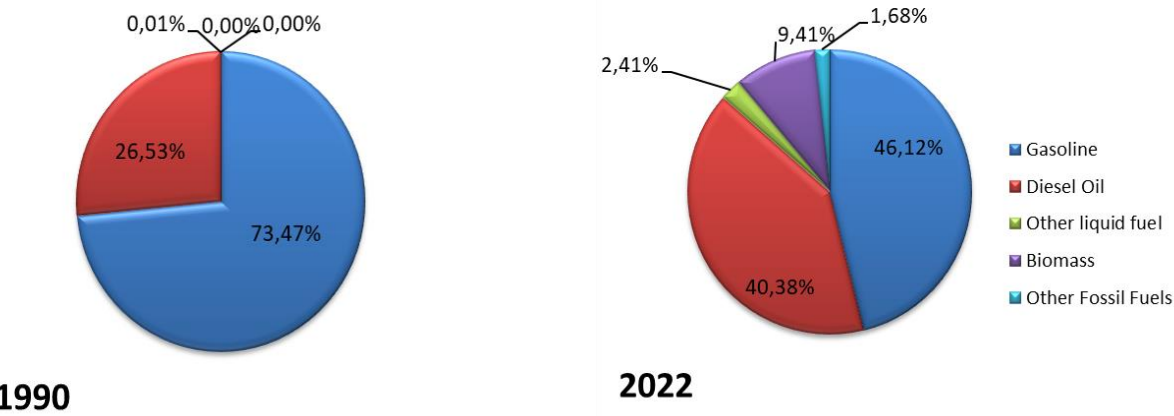
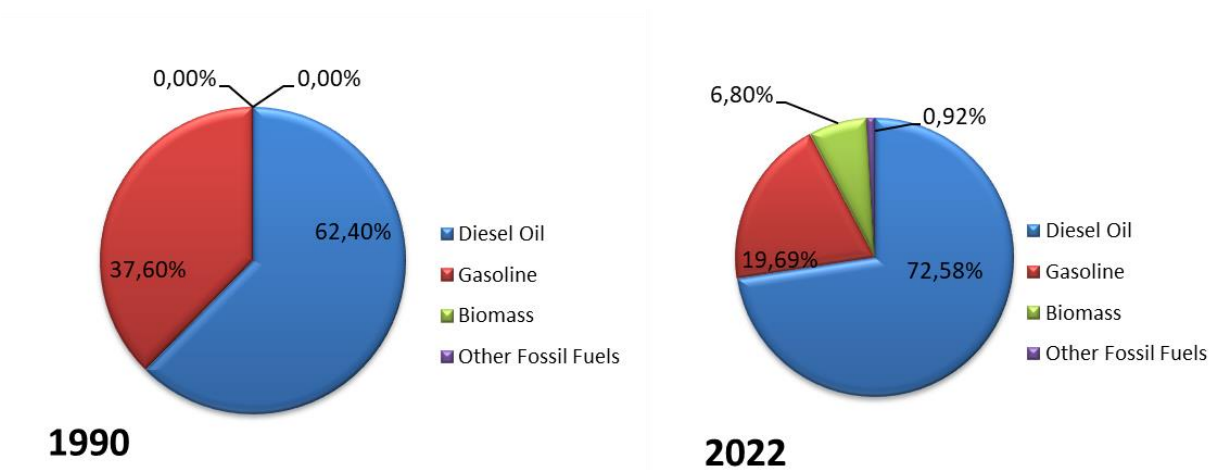


Figure 56. Répartition de la consommation énergétique par carburant et catégories source de transport en 1990 et 2022

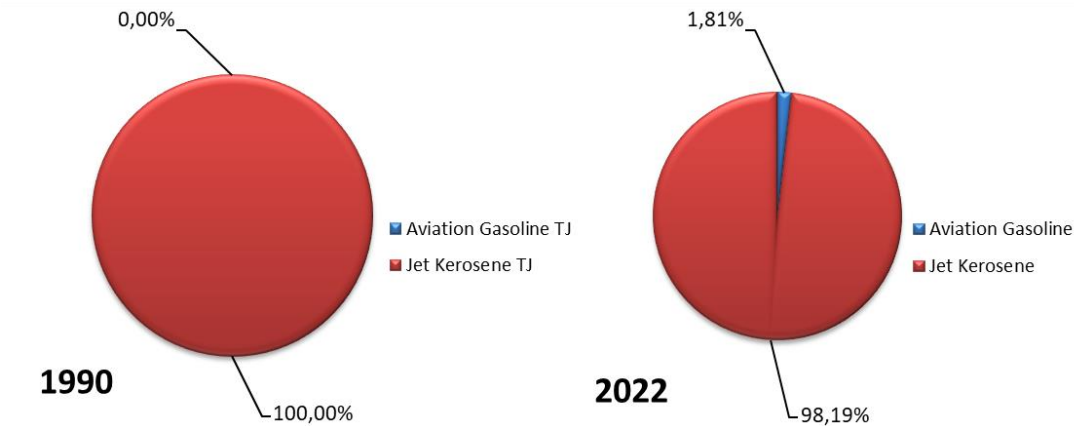
Navigation domestique



Transport routier



Aviation domestique



3.2.6.3 1A3A AVIATION DOMESTIQUE

Les émissions et puits de carbone du secteur de l'aviation domestique en 2022 sont présentés dans le tableau 1s1 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur de l'aviation domestique sont en 2022 de : **0,33 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **0,15 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **+ 128 % (0,2 ktCO₂eq)**

Les émissions du secteur de l'aviation domestique représentent :

0,4 % des émissions globales (0,1% en 1990)

0,4 % des émissions du secteur de l'Energie (0,1% en 1990)

1,3 % des émissions du secteur des transports (0,4% en 1990)

Figure 57. Emissions de GES de l'aviation domestique entre 1990 et 2022

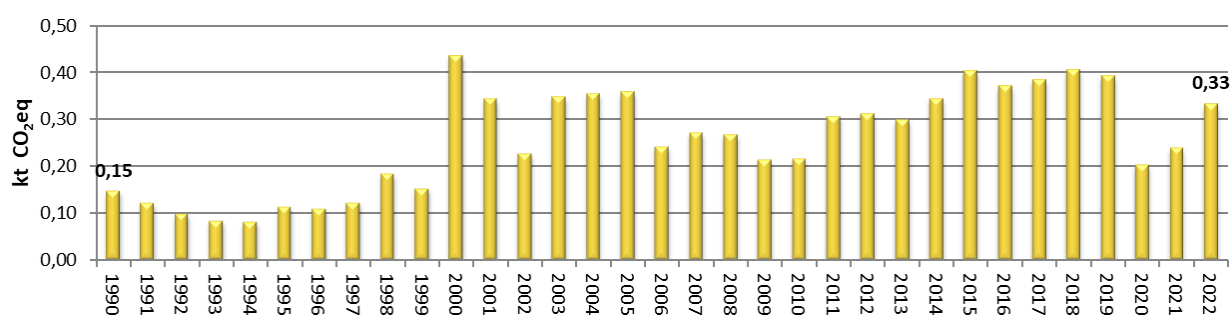
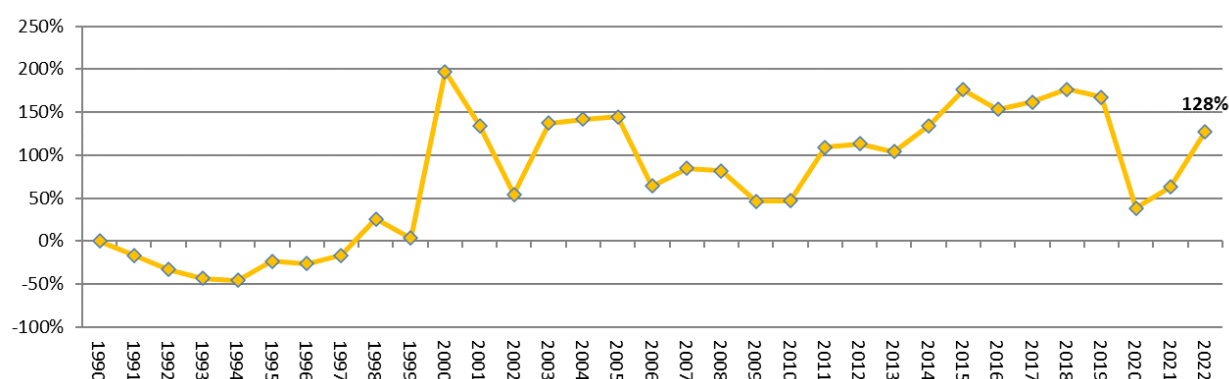


Figure 58. Evolution des émissions de GES de l'aviation domestique entre 1990 et 2022



Les émissions du trafic aérien sont en constante diminution depuis 1992. Le trafic a fortement chuté en 2020 mais on note une forte reprise en 2022.

Les émissions liées au transport aérien ont pour origine l'Héliport de Monaco de code AITA : MCM et de code OACI : LNMC.

3.2.6.3.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

L'Héliport de Monaco est sous la gestion d'un Service de l'Etat monégasque, la Direction de l'Aviation Civile, dont les prérogatives sont, en particulier :

- La gestion de l'espace aérien et de l'héliport, ainsi que la tutelle technique des hélisturfaces.
- Le suivi de l'application des accords bilatéraux et internationaux de transport aérien, la participation aux travaux des organisations internationales en la matière, dont la Principauté est membre.

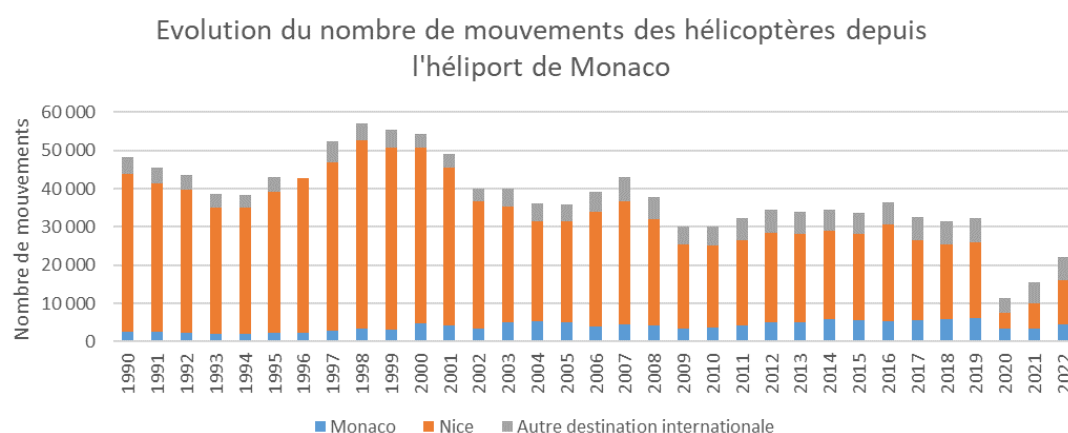
La Direction de l'Aviation Civile a initié en 2019 une démarche Airport Carbon Accréditation (ACA).

A partir de cette soumission NIR2024, les émissions du trafic aérien sont estimées par une méthodologie de Tier 3.

Pour appliquer cette méthodologie, des données d'activités détaillées ont été utilisées et concernent notamment :

- Le mouvement de chaque appareil, avec la typologie de l'appareil, la destination et l'origine²
- Les durées de phases des vols : cycle LTO (Landing and Take-Off)³ et croisière
- Les ventes de carburants Jet Kérosène et Avgas⁴

Figure 59. Aviation civile : nombre de cycles de décollage et d'atterrissage (mouvements) en fonction des destinations



Basées sur l'activité d'un seul héliport, les données d'activité du trafic aérien, ainsi que les émissions de GES associées peuvent montrer des variations interannuelles importantes. Elles sont liées à la fois aux variations du nombre de passagers de la ligne régulière avec l'aéroport de Nice, ainsi qu'aux différents services que peuvent proposer les compagnies aériennes : vols promotionnels, ouverture de lignes saisonnières, vols techniques...

En 2022, la part de vols domestiques est d'environ 21%, soit 4591 sur 22249 mouvements. D'une manière générale, on relève une reprise de l'activité économique et touristique, sans pour autant atteindre le nombre de mouvements pré-COVID (2019).

² Données d'activités de l'héliport, IMSEE

³ Données Direction de l'Aviation Civile, Ref 1900805

⁴ Données produits pétroliers 2022

3.2.6.3.2 Méthodologie de calcul

La méthodologie développée et appliquée pour cette soumission est de Tier 3 et prend en compte chaque mouvement, en couplant l'information origine/destination, phase de vol, temps de vol, type d'aéronef et motorisation.

La méthodologie se base sur la méthode suisse OFAC⁵ permettant de déterminer pour 144 types d'aéronefs les facteurs d'émissions des polluants atmosphériques.

Trois grands types de motorisation sont pris en compte :

- hélicoptère à moteur à piston
- hélicoptère à simples turbomoteurs
- hélicoptères à turbomoteurs jumeaux

Selon les données de vol obtenues pour Monaco, 37 types d'aéronefs différents sont dénombrés en 2022.

Phases de vol

Il est nécessaire ensuite de décomposer le trafic aérien selon les phases de vol :

- La phase LTO (Landing and Take Off), située au-dessous des 1000 m et comprenant une phase au sol GI (Ground Idle), une phase de décollage et montée et/ou une phase d'approche (AP).
- Une phase de « croisière » au-dessus de 1000 m.

Le calcul prend en compte pour chaque mouvement la durée de la phase de vol et la puissance du moteur. Les hypothèses⁶ spécifiques à Monaco sont explicitées dans le tableau ci-après :

Phase	Durée de la phase		% puissance moteur		
	Moteur à piston	Turbomoteur (simple ou jumeaux)	Moteur à piston	Simple turbomoteur	Turbomoteurs jumeaux
Phase au sol GI-Ground Idle	6 min (2' atterrissage, 4' min décollage)	6 min (1'20" atterrissage, 4'40" décollage)	20 %	13 %	7 %
Décollage et la montée Hover and Climb (TO)	3 min	1 min	95 %	87 %	78 %
Approche (AP)	2 min	1 min	60 %	46 %	78 %
Phase de croisière	Dépend de la destination		90 %	80 %	65 %

Comptabilisation

Ainsi pour chaque phase de vol et pour chaque mouvement considéré (et donc chaque type d'aéronef, motorisation, destination), on détermine une consommation d'énergie brute spécifique qui sera classée dans le tableau suivant pour le rapportage de la CCNUCC :

⁵ «Guidance on the Détermination of Hélicoptère Emissions, Edition 2 – Décembre 2015" rédigé par la FOCA (Fédéral Office of Civil Aviation) de la Confédération Suisse :

<https://www.bazl.admin.ch/bazl/fr/home/experts/reglementation-et-informations-de-base/environnement/emissions-de-polluants/emissions-des-moteurs/methode-pour-estimer-les-emissions-des-helicopteres.html>

⁶ Données Direction de l'Aviation Civile, Ref 1900805

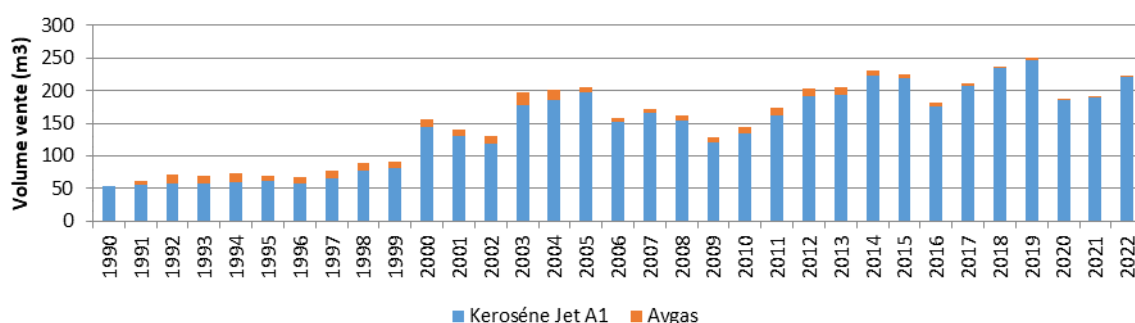
	Trafic < 1000 m (LTO)	Trafic > 1000 m (croisière)
Liaison domestique	1A3a	1A3a
Liaison internationale	1D1a	1D1a

Un mouvement domestique implique un décollage et un atterrissage à Monaco.
Pour un mouvement international, il est considéré un atterrissage ou un décollage (LTO), ainsi qu'½ distance de la croisière internationale.

Données de ventes de carburants

Les données de ventes de carburants sur la Principauté concernent le Jet Kérosène et l'AvGas. Les recherches dans les archives ont permis de remonter jusqu'en 1991 pour les ventes d'AvGas : il n'y en avait pas en 1990.

Figure 60. Aviation civile : Carburant (volume total) distribué à l'héliport de Monaco



Une reprise après la pandémie COVID19 et la reprise de l'activité touristique et économique en Principauté ont induit l'augmentation du volume total de carburant (jet kérosène) en 2022 sans atteindre le niveau pré-COVID (2019).

Conformément aux lignes directrice GIEC 2006, les consommations calculées par la méthode Tier 3 sont ramenées aux ventes par type de carburants sur le territoire, selon l'équation :

$$Conso_{CR, Int} = Ventes_{MC} - Conso_{LTO, Dom} - Conso_{CR, Dom} - Conso_{LTO, Int}$$

Avec $Conso_{CR, Int}$: consommation déterminée pour la phase croisière d'un vol international

$Conso_{LTO, Dom}$: consommation déterminée pour la phase LTO d'un vol domestique

$Conso_{CR, Dom}$: consommation déterminée pour la phase croisière d'un vol domestique

$Conso_{LTO, Int}$: consommation déterminée pour la phase LTO d'un vol international

$Ventes_{MC}$: ventes de carburants Jet Kérosène et Avgas déclarées à Monaco (MC)

On utilise pour le calcul les consommations brutes estimées dans l'outil Tier 3 pour les cycles LTO domestique et international ainsi que pour la croisière domestique. Les consommations pour la croisière internationale sont utilisées comme variables d'ajustement (calages des consommations par rapport aux ventes).

Facteurs d'émission

Les émissions sont calculées à partir des consommations d'énergie déterminées pour chaque mouvement considéré (type de phase, d'aéronef, de motorisation, de carburant, de destination).

Les facteurs d'émission utilisés pour le calcul d'émission sont issus de la méthodologie OFAC, des lignes directrices du GIEC 2006 et de mesures effectuées sur les carburants en Principauté. Ils sont reportés dans le tableau ci-après.

Gaz	Méthode	Facteurs d'émission pour le Jet Kérosène	Facteurs d'émission pour l'AVGAS	Unités	Source
CO ₂	T3	73050	72030	kg/TJ	Country Specific ⁷
CH ₄	T3	10 % des COV	10% des COV	%	GIEC 2006 ⁸
N ₂ O	T3	2	2	Kg/TJ	GIEC 2006
NO _x	T3	FE OFAC			OFAC
CO	T3	FE OFAC	dépend du type d'aéronef, etc		OFAC
NM _{VOC}	T3	FE OFAC			OFAC
SO ₂	T3	15,35	13,86	g/GJ	Country Specific

Selon les hypothèses des lignes directrices du GIEC, il est supposé que les émissions de CH₄ n'ont lieu que pendant les phases LTO et sont estimées à 10 % des émissions des COV totaux.

Pour le N₂O, le facteur d'émission moyen est utilisé pour le LTO et pour la croisière, et est identique pour les 2 carburants.

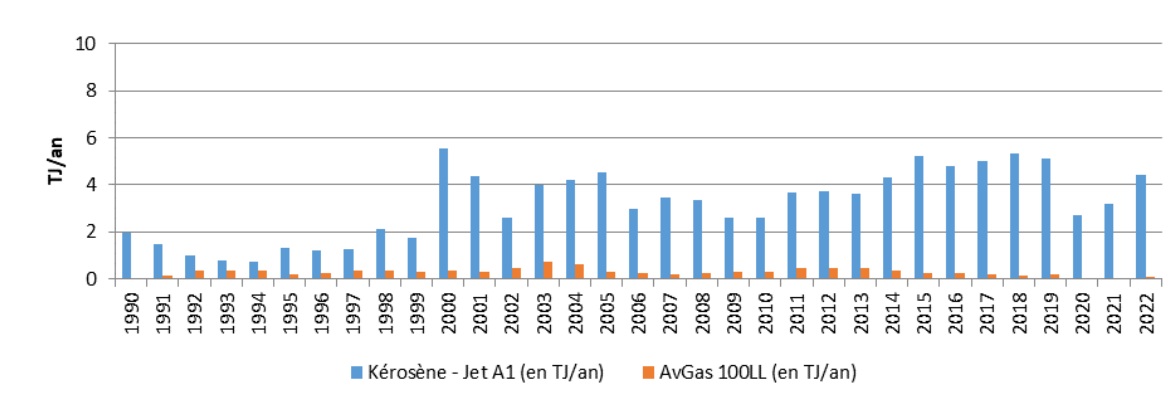
3.2.6.3.3 Résultats

Consommation énergétique

Les émissions calculées pour les phases LTO et croisière de chaque vol domestique sont agrégées et reportées dans le secteur 1A3a. Pour les émissions pour les phases LTO et croisière de vols internationaux seront reportées dans l'Aviation internationale (1.D.1.a).

Dans le graphique ci-dessous, on observe les consommations domestiques déterminées pour le kérosène et pour l'AvGas. La reprise de l'activité se poursuit sans atteindre les niveaux de la période pré-covid (2019).

Figure 61. Aviation civile : carburant domestique consommé à Monaco



⁷ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux FE CS à utiliser pour les combustibles liquides, Février 2024

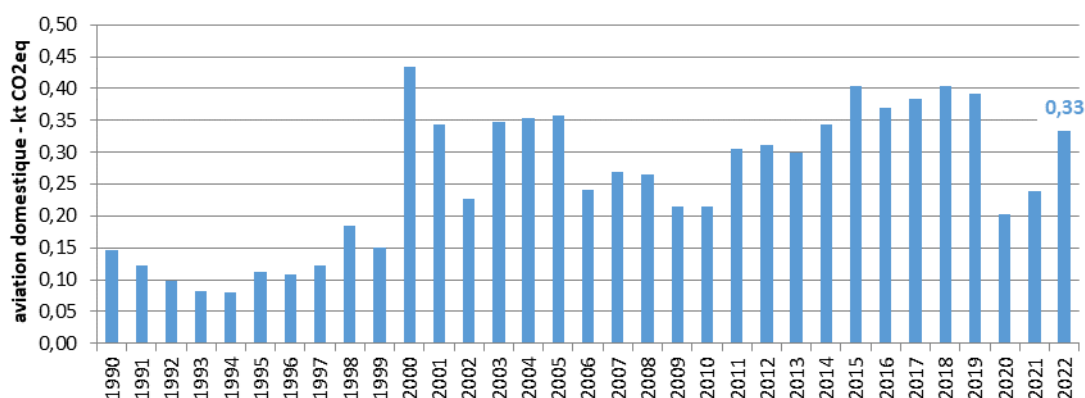
⁸ GIEC Guidelines 2006, Vol.2, Table 3.6.5, p.3-64

Evolution des émissions de GES

La figure ci-dessous montre l'évolution des émissions de GES sur l'ensemble de la série temporelle tandis que les tableaux présentent les évolutions des émissions par gaz.

On observe une croissance des émissions en 2022 en cohérence avec la reprise d'activité sur la Principauté.

Figure 62. Aviation civile : émissions des GES totaux en kt_{eq} CO₂



Les émissions plus élevées en l'an 2000 s'expliquent par des temps de vol moyen plus élevés (notamment dus au nombre de vols de l'aéroclub qui augmente fortement de 7 à 1050 entre 1999 et 2000, respectivement).

Tableau 23. Evolution des émissions du transport aérien domestique par gaz

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq
1990	0,14	0,0015	0,0011	0,15
1991	0,12	0,0012	0,0009	0,12
1992	0,10	0,0008	0,0007	0,10
1993	0,08	0,0007	0,0006	0,08
1994	0,08	0,0006	0,0006	0,08
1995	0,11	0,0010	0,0008	0,11
1996	0,11	0,0010	0,0008	0,11
1997	0,12	0,0010	0,0009	0,12
1998	0,18	0,0016	0,0013	0,18
1999	0,15	0,0012	0,0011	0,15
2000	0,43	0,0023	0,0031	0,43
2001	0,34	0,0021	0,0025	0,34
2002	0,22	0,0016	0,0016	0,23
2003	0,34	0,0023	0,0025	0,35
2004	0,35	0,0024	0,0026	0,35
2005	0,35	0,0025	0,0026	0,36
2006	0,24	0,0020	0,0017	0,24
2007	0,27	0,0023	0,0019	0,27
2008	0,26	0,0021	0,0019	0,27
2009	0,21	0,0017	0,0015	0,21
2010	0,21	0,0018	0,0015	0,21
2011	0,30	0,0022	0,0022	0,31
2012	0,31	0,0025	0,0023	0,31

2013	0,29	0,0026	0,0022	0,30
2014	0,34	0,0030	0,0025	0,34
2015	0,40	0,0030	0,0029	0,40
2016	0,36	0,0026	0,0027	0,37
2017	0,38	0,0027	0,0028	0,38
2018	0,40	0,0029	0,0029	0,40
2019	0,39	0,0030	0,0028	0,39
2020	0,20	0,0017	0,0015	0,20
2021	0,24	0,0018	0,0017	0,24
2022	0,33	0,0021	0,0024	0,33

Tableau 24. Evolution des émissions du transport aérien domestique 2022 par rapport à 1990

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
kt CO ₂ eq	+0,185	+0,001	+0,001	+0,187
%variation	128,3	45,5	128,4	127,5

3.2.6.3.4 Incertitude et degré d'exhaustivité

Incertitudes

En l'absence de donnée spécifique, une incertitude de 5% a été appliquée aux données d'activité (ventes de carburant)⁹.

Les incertitudes sur les facteurs d'émission des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) sont données dans le tableau ci-après^{10,11}:

Incertitudes des données sur les FE			
		(-) %	(+) %
1.A.3.a - Aviation domestique	CO ₂	8	2
1.A.3.a - Aviation domestique	CH ₄	15	40
1.A.3.a - Aviation domestique	N ₂ O	70	150

Degré d'exhaustivité

Utilisation de carburant automobile non routier : il n'existe pas de consommation spécifique de carburant automobile dans l'héliport. Les émissions qui seraient toutefois liées à ce secteur sont comptabilisées au sein du secteur du « transport routier » (1A3b).

3.2.6.3.5 Assurance qualité et Contrôle qualité spécifique

L'assurance qualité de cette première version de l'outil a été assurée par le Citepa.

⁹ GIEC Guidelines 2006, Vol.2, parag 3.6.1.7, p3-69

¹⁰ GIEC Guidelines 2006, Vol2, Table 3.6.4, p.3-64

¹¹ GIEC Guidelines 2006, Vol.2, Table 3.6.5, p.3-64

Le processus qualité des fiches de calculs et des données d'entrée a été effectué selon la procédure définie dans le plan Assurance-Qualité.

3.2.6.3.6 Cohérence de la série temporelle

La méthodologie Tier 3 a été appliquée pour l'ensemble de la série temporelle. En l'absence d'information, des données moyennes des années disponibles sont appliquées.

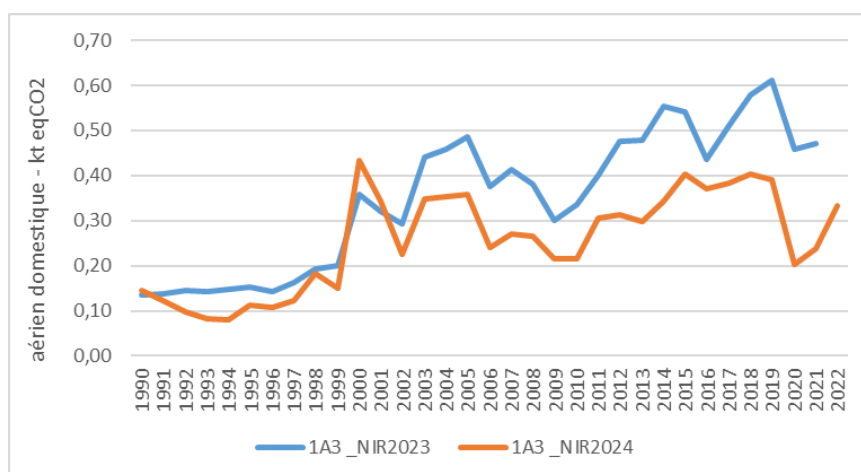
3.2.6.3.7 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul est lié à la nouvelle méthodologie de calcul et l'utilisation des valeurs de l'AR 5 (donc changement pour CH₄ et N₂O).

Impact du recalcul

Figure 63. Emissions de GES du transport aérien domestique – recalcul de la série temporelle



Le recalcul des émissions totales de GES sur l'ensemble de la série temporelle, comparées aux résultats figurant dans le NIR précédent (NIR2023) est présenté dans le graphique ci-dessus : on observe une variation qui oscille entre -56% et +21% sur la série temporelle.

Raisons et justifications

En recalant les consommations énergétiques déterminées sur les ventes de carburants, tout en prenant en compte les temps de vol, les motorisations spécifiques des aéronefs, etc. il est attendu que la répartition des émissions GES entre domestique et international varie davantage.

De plus, l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices impliquent également des variations dans les GES totaux en kteqCO₂.

3.2.6.3.8 Améliorations

Une vérification est cours sur les données d'entrée pour pouvoir extraire les vols militaires éventuels (a priori 1% des vols) afin de le reporter dans le secteur 1A5.

3.2.6.4 1A3b TRANSPORT ROUTIER

Les émissions et puits de carbone de la catégorie de transport routier sont présentés dans le tableau 1s1 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur du transport routier sont en 2022 de : **18,1 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **34,53 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **-48 % (-17,8 ktCO₂eq)**

Les émissions du secteur de transport routier représentent :

27,2% des émissions globales (34,1% en 1990)

30,3 % des émissions du secteur de l'Energie (34,3% en 1990)

93,2 % des émissions du secteur des transports (98,1 % en 1990)

Figure 64. Emissions de GES du transport routier entre 1990 et 2022

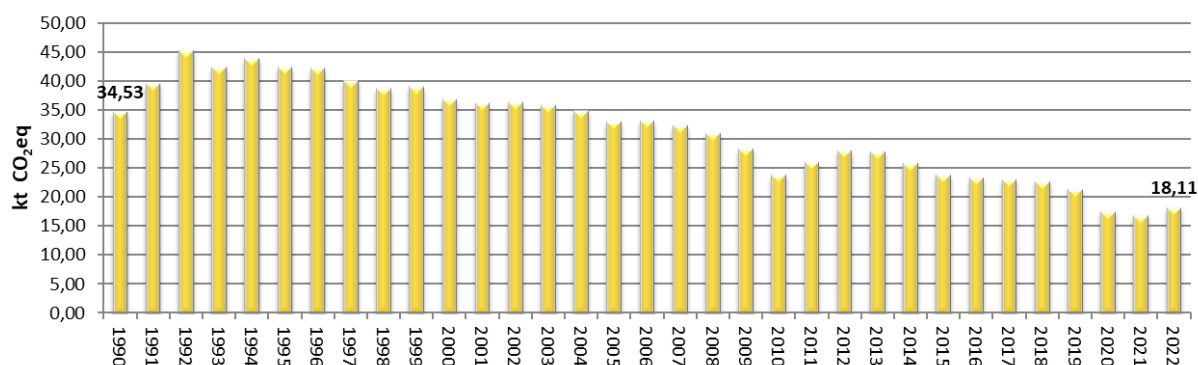
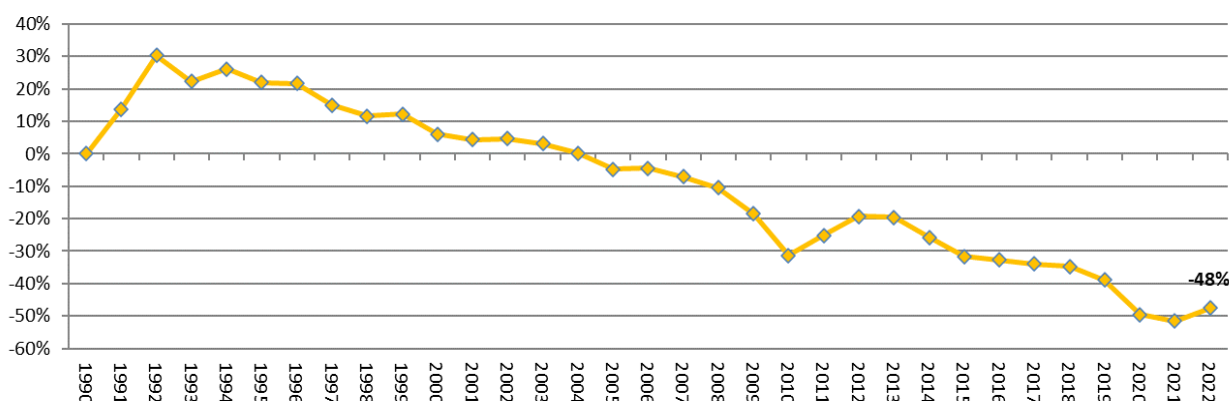


Figure 65. Evolution des émissions de GES du transport routier entre 1990 et 2022



Cette catégorie constitue une catégorie clé.

3.2.6.4.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions liées au transport routier ont pour origine les ventes de carburants à Monaco spécifiques au transport routier et le trafic routier en lien avec ces ventes.

Pour évaluer les émissions de GES, les ventes de carburants sont discrétisées par catégories et sous-catégories de véhicules auxquelles des parts de trafic sont associées.

Ventes de carburants

Les carburants vendus sont principalement de l'essence (gazoline) et du diesel (diesel oil), auxquels sont ajoutés des biocarburants. En 2020, deux nouveaux carburants sont utilisés : le B100 et le GTL, affectés à la sous-catégorisation Poids Lourds. En 2021, le BTL a été introduit, dont une bonne partie est affectée à la flotte CAM et le reste aux Poids Lourds. En 2022, le BTL et le GTL sont affectés à la sous-catégorisation Poids Lourds.

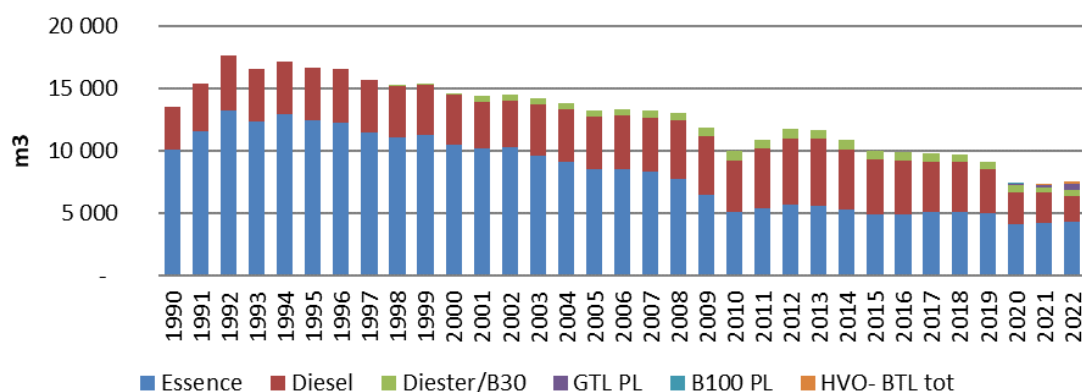
La part de diester vendue en Principauté depuis 1998 (stockée en Principauté) est affectée au parc de bus de la Compagnie des Autobus de Monaco (CAM).

Les données d'activité sont représentées dans les graphiques ci-après. Elles sont fournies par les distributeurs de produits pétroliers et par la CAM¹². On constate une diminution progressive de la vente de carburants à Monaco. Cette diminution est à l'inverse de l'augmentation du parc de véhicules et du trafic observé au fil des ans.

Cette évolution des ventes à Monaco peut avoir pour origine des conditions locales telles que le prix des carburants, la diminution des points de vente et leur moindre facilité d'accès par rapport aux stations qui se trouvent en périphérie de Monaco. En 2020, la diminution en vente de carburants est également due à la pandémie COVID19. Depuis 2022, les ventes de carburants se sont stabilisées.

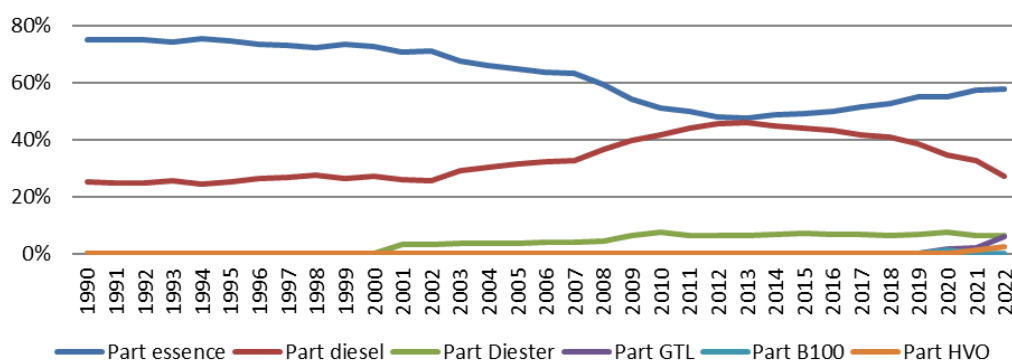
La part de diesel vendu continue de diminuer en Principauté.

Figure 66. Distribution de carburant en Principauté (m³)



¹² Données carburants 2022
Rapport National d'Inventaire
2024

Figure 67. Proportion des carburants vendus par type en 1990 et 2022



Part de biocarburant dans le carburant vendu

Le taux de biocarburant que les carburants vendus sur la Principauté contiennent est régi par la réglementation française traduisant les Directives Européennes en la matière. Celles-ci ont imposé une augmentation de la proportion de biocarburants dans l'essence et le gazole vendus.

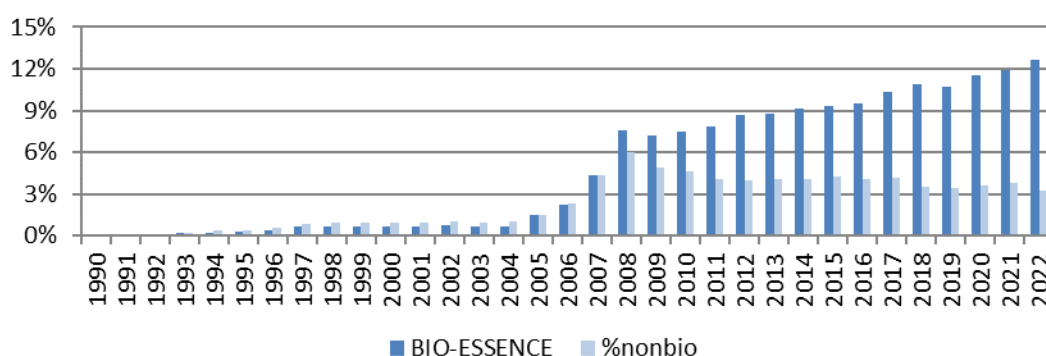
Les pourcentages de biomasse contenue par carburant (EMHV pour le gazole et éthanol pour l'essence) sont fournis par le CITEPA¹³ et la série temporelle est recalculée chaque année. Dans ce NIR2024, plusieurs petites différences sont à noter sur la quasi-totalité de la série temporelle pour la part de biocarburant, ce qui impliquera un recalcul.

Le pourcentage de non bio résultant de la fabrication de biocarburant a été extrait des produits pétroliers afin d'en faire le rapportage dans les tables CRT en tant que « Other Fossil fuel » (cf. la méthodologie dans l'Annexe III).

La part de Biocarburant dans le diester est estimée à 30% (volumique), le reste étant comptabilisé dans le diesel.

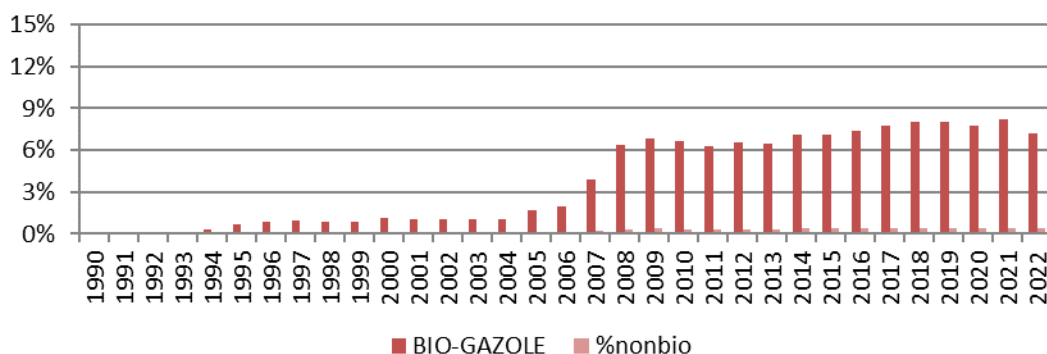
La part de Biocarburant dans le B100 est estimée à 94,83% massique¹⁴.

Figure 68. Part de biocarburant dans les carburants



¹³ Données Agrocaburants CITEPA au 31/12/2022

¹⁴ Ecobilan ADEME/DIREM, Tableau 2 p15, 2002



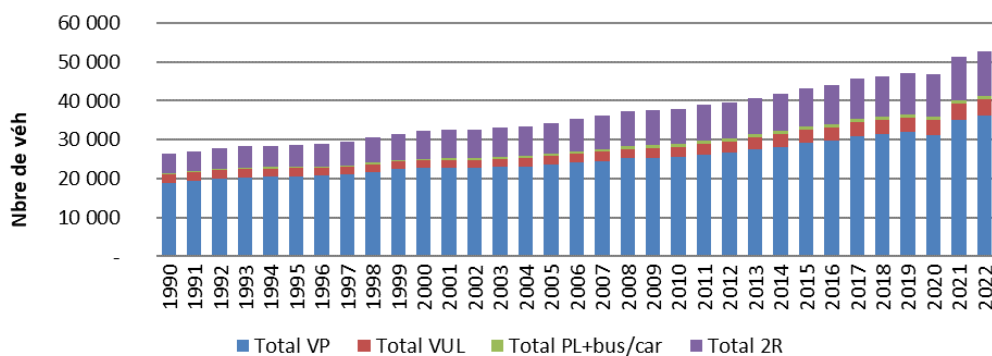
Parc automobile

Le service de l'Etat en charge de l'immatriculation des véhicules fournit une base de données¹⁵ détaillée sur le parc, incluant des informations telles que la 1^{ère} année d'immatriculation, la taille, la masse ou cylindrée, le type de motorisation et de carburant utilisé, etc.

Le parc routier de Monaco est divisé en 5 catégories principales, divisées en sous-catégories :

- véhicules personnels (VP) ;
- véhicules utilitaires légers (VUL) ;
- Bus et cars ;
- utilitaires lourds (PL) ;
- deux roues (2R).

Figure 69. Evolution du parc, par catégorie principale, entre 1990 et 2022



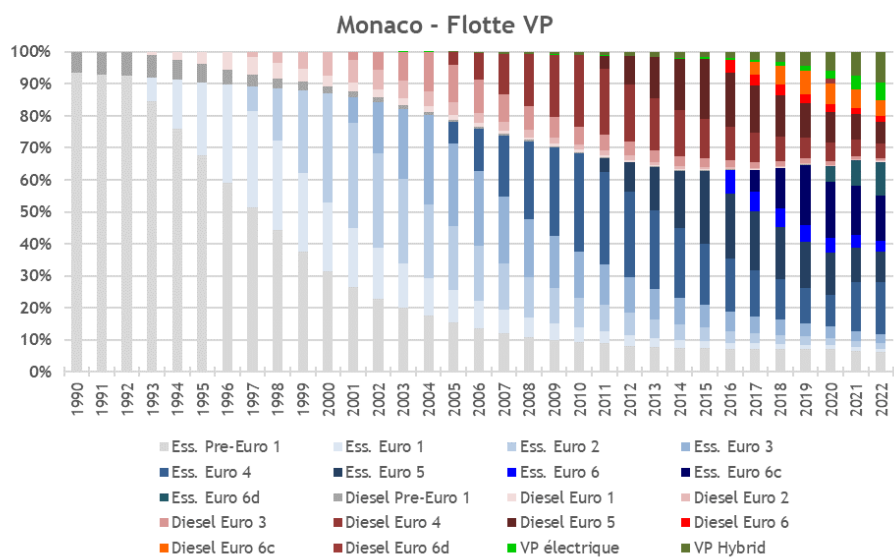
¹⁵ Parc 2021, STC
Rapport National d'Inventaire
2024

Figure 70. Sous-catégories du parc routier monégasque

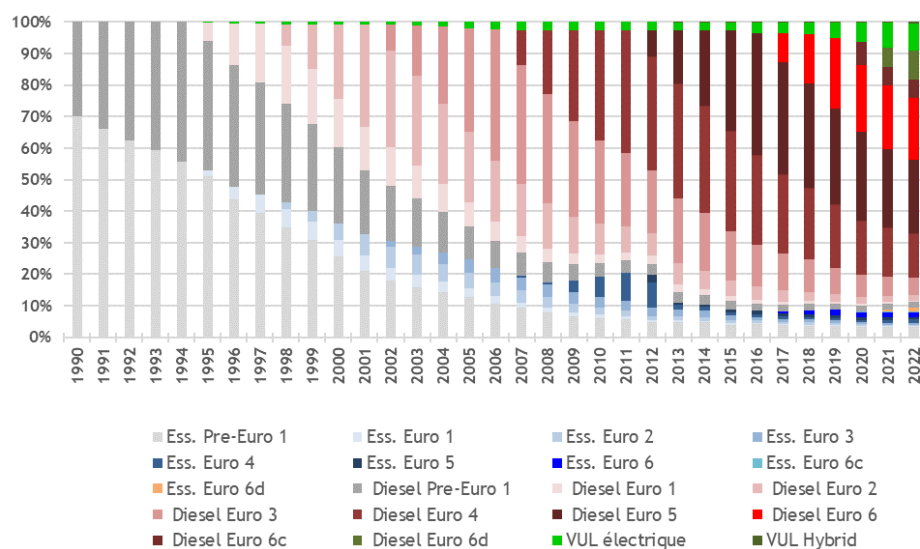
Véhicules Personnels (VP)	Utilitaires légers (VUL)	Utilitaires Lourds (PL)	Bus et cars	Deux roues (2R)
VP essence < 0,8 l	VUL essence <1,25 t	PL essence (>3,5t)	Cars diesel Std < 18 t	Mobilettes < 50 cm3 - 2 tps
VP essence 0,8 à 1,4 l	VUL essence 1,25 - 1,7 t	PL Rigid diesel 3,5 t - 7,5 t	Cars diesel 3 Axes > 18 t	Mobilettes < 50 cm3 - 4 tps
VP essence 1,4 à 2 l	VUL essence 1,7 - 3,5 t	PL Rigid diesel 7,5 t - 12 t	Bus diesel Urbain Midi < 15 t	Moto > 50 cm3 - 2 tps
VP essence > 2 l	VUL essence hybride	PL Rigid diesel 12 t - 14 t	Bus diesel Urbain Std 15 t - 18 t	Moto 50 - 250 cm3 - 4 tps
VP essence Hybrides	VUL essence/ethanol	PL Rigid diesel 14 t - 20 t	Bus diesel Urbain Artic > 18 t	Moto 250 - 750 cm3 - 4 tps
VP diesel < 1,4 l	VUL GPL	PL Rigid diesel 20 t - 26 t	Bus hybride diester	Moto > 750 cm3 - 4 tps
VP diesel 1,4 à 2 l	VUL diesel <1,25 t	PL Rigid diesel 26 t - 28 t		2R Electrique
VP diesel > 2 l	VUL diesel 1,25 - 1,7 t	PL Rigid diesel 28 t - 32 t		
VP diesel Hybrides	VUL diesel 1,7 - 3,5 t	PL Rigid diesel > 32 t		
VP GPL	VUL Electrique	PL Articulated diesel 14 t - 20 t		
VP electrique		PL Articulated diesel 20 t - 28 t		
VP Essence/ethanol		PL Articulated diesel 28 t - 34 t		
		PL Articulated diesel 34 t - 40 t		
		PL Articulated diesel 40 t - 50 t		
		PL Articulated diesel 50 t - 60 t		

Cette classification détaillée permet d'obtenir un parc par norme (Euro) pour une année de parc donnée, en fonction des dates d'application des normes (cf. ANNEXE III), dont les résultats sont reportés dans les graphiques ci-dessous.

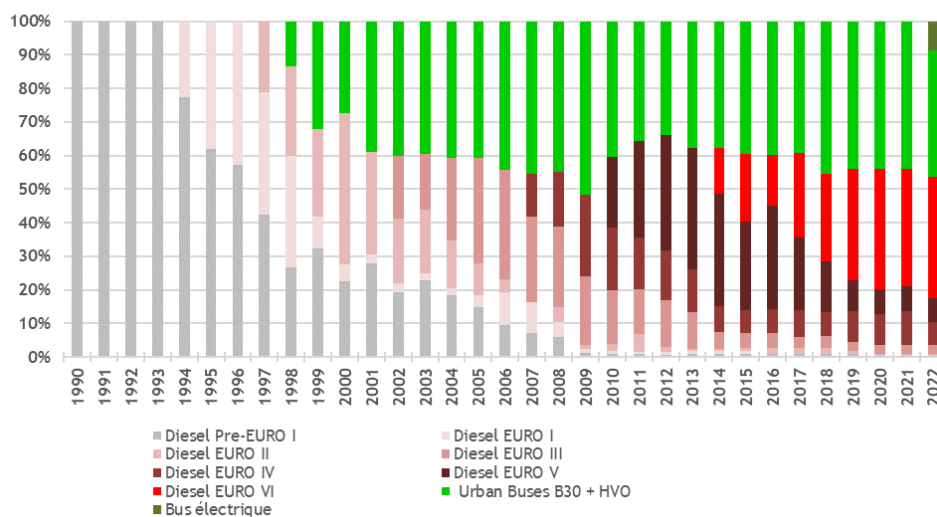
Figure 71. Classification des véhicules pour chaque catégorie principale, par type de carburant et selon les normes EURO



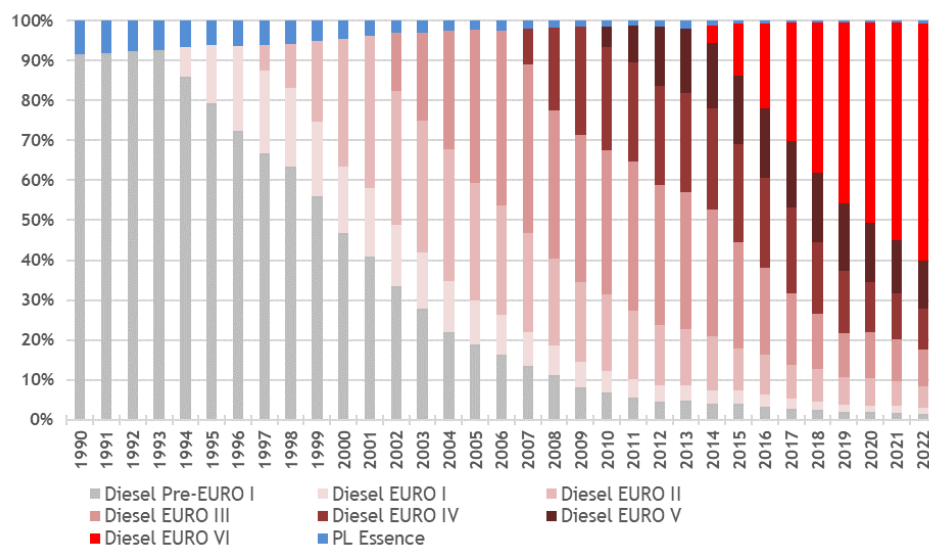
Monaco - Flotte VUL

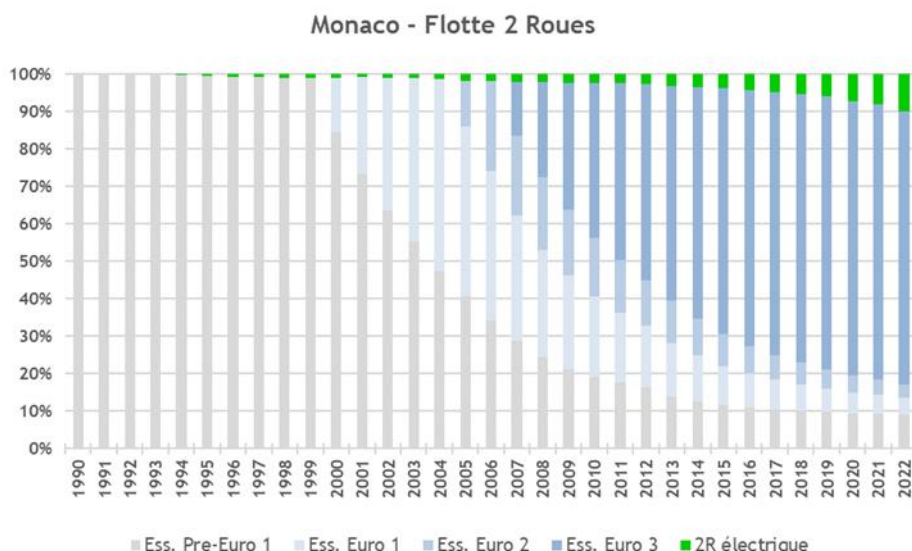


Monaco - Flotte Bus et Car



Monaco - Flotte PL





3.2.6.4.2 Méthodologie de calcul

Depuis la soumission du NIR 2018, les émissions sont calculées par une méthodologie de Tier 2, expliquée en détails dans I', en tenant compte :

- De la quantité de carburants vendus chaque année à Monaco ;
- Du parc statique comprenant toutes les sous-catégories, susnommées, et l'âge du parc par norme ;
- D'hypothèses de kilométrage annuel moyen parcouru, par sous-catégorie de véhicule, avec des fonctions de répartition par âge issues du rapport de l'IFSTTAR¹⁶ ;
- De calculs de trafic, consommation de carburant par norme ;
- Des facteurs d'émissions de GES issus des lignes directrices du GIEC¹⁷ pour CH₄ et N₂O, d'un facteur Country Specific développé par le CITEPA¹⁸ pour le CO₂, du guide méthodologique EMEP pour les autres polluants¹⁹ et en appliquant des abattements spécifiques pour le GTL²⁰ et le B100²¹.

Le modèle COPERT mis en œuvre permet en outre le calcul des émissions relatives à la consommation de lubrifiant, selon l'équation :

$$Conso_{lub} = \text{trafic calé} \times \text{Facteur de consommation(Lube)}$$

Les facteurs de consommations sont issus des guidelines EMEP/EEA²².

Les émissions sont ensuite calculées avec le $FE_{CO_2(Lub)} = 2936 \text{ t}_{CO_2}/\text{t}_{huile}$ fourni par le CITEPA et calculé à partir du PCI moyen des lubrifiants.

¹⁶ Rapport IFSTTAR-LTE, Paragraphe 2.5 p59, 2013, rev.2014

¹⁷ GIEC Guidelines 2006, Vol.2., Tableau 3.2.2 p3.21

¹⁸ OMINEA 18^{ème} édition, p278, CITEPA

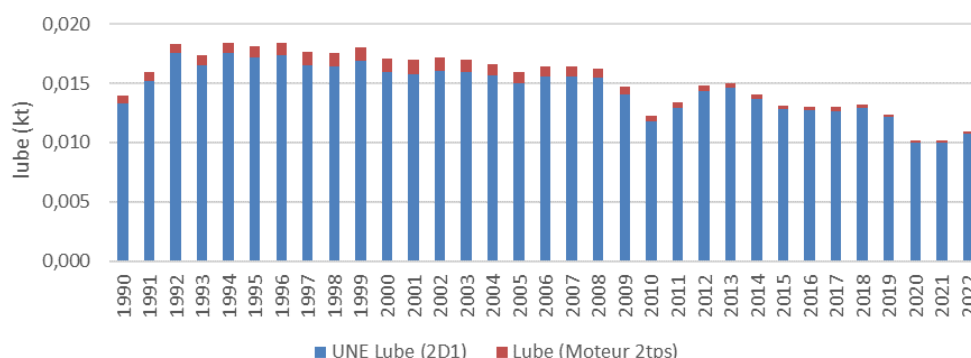
¹⁹ EMEP/EEA Guidebook 2023, 1.A.3.b.i-iv Road Transport

²⁰ TNO report, R. Verbeek, 2014

²¹ EMEP/EEA Guidebook 2023, 1.A.3.b.i-iv Road Transport, Table 3-87 p90

²² EMEP/EEA Guidebook 2023, 1.A.3.b.i-iv Road Transport, Table 3-31 p44

Figure 72. Consommation de lubrifiant total – calcul COPERT



Pour le reporting, la partie consommée par les moteurs 2 temps, et les émissions relatives à ces moteurs 2 temps, sont reportées dans 1.A.3.b.iv Lube tandis que l'utilisation non énergétique des produits pétroliers en tant que lubrifiant sont reportées dans le 2.D.1_ Lube (cf. paragraphe sur la catégorie 2.D.1).

Le modèle COPERT permet également de calculer les émissions relatives à l'urée liées à l'utilisation des catalyseurs SCR (catégorie 2.D.3).

Résultats

Energie pour le transport routier

La consommation énergétique du transport routier est en diminution depuis 1992.

L'évolution de la répartition de cette consommation montre :

- une nette augmentation de la part du diesel entre 1990 et 2014, puis une diminution progressive jusqu'en 2022
- une diminution de la part d'essence de 1990 à 2012, puis une augmentation progressive jusqu'en 2022

Sur la période, l'intégration de biocarburants au sein des carburants routiers et du diester se traduit par une part biomasse de 9.6 % en 2022 dans l'énergie consommée par cette catégorie. La consommation d'autres liquides (lubrifiant liée aux moteurs 2 temps+GTL) représente moins de 2% de la consommation énergétique du transport routier.

Dans les graphiques suivants, le « Other Liquid » inclut la part de Lube et le GTL, tandis que le « Other Fossil Fuel » inclut la part non-bio des biocarburants (biodiesel, bioessence et B100 en 2021).

Figure 73. Evolution de la consommation énergétique du transport routier entre 1990 et 2022

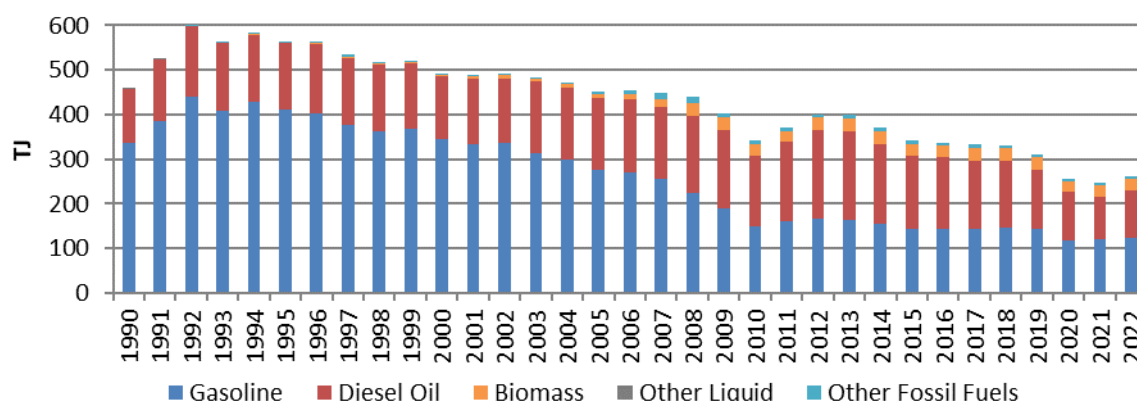
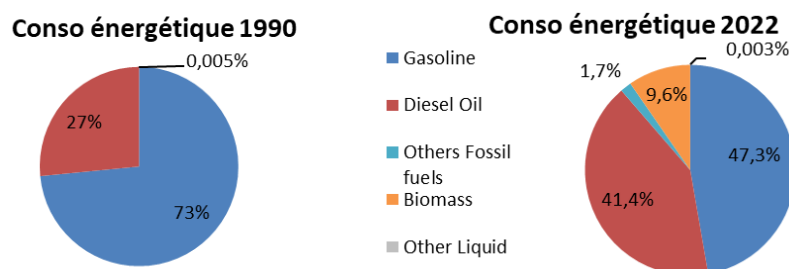
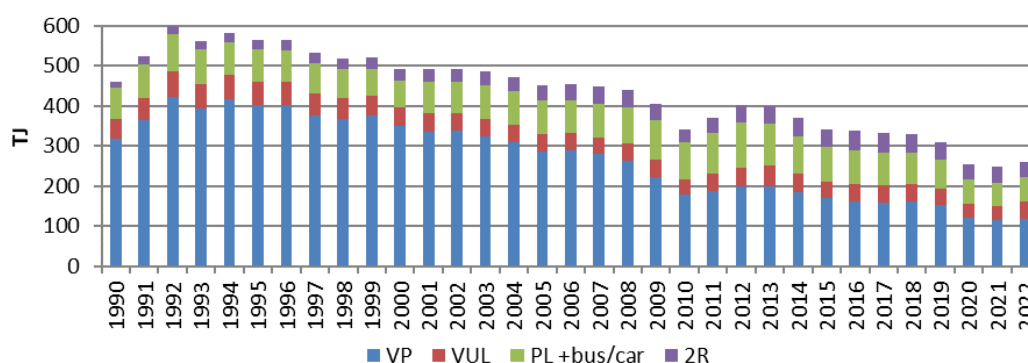


Figure 74. Distribution de la consommation énergétique pour le transport routier en 1990 et 2022, par énergie



La consommation énergétique du transport a également été évaluée par catégorie de véhicule dans le graphique ci-après pour évaluer au mieux les émissions de GES. L'application des normes Euro permet d'expliquer la diminution de consommation d'énergie par les véhicules particuliers, tandis que l'augmentation du nombre de deux roues peut expliquer l'augmentation de la consommation énergétique pour cette catégorie.

Figure 75. Evolution de la consommation énergétique du transport routier entre 1990 et 2022, par catégorie principale de véhicule

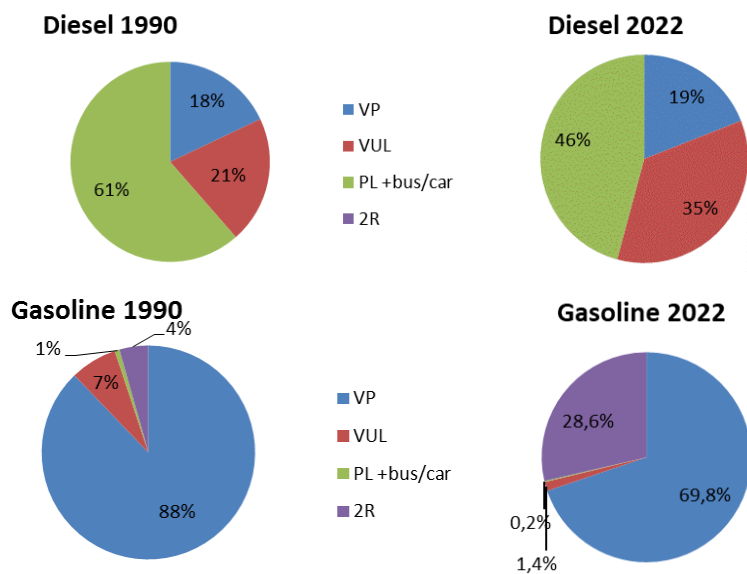


La répartition de l'utilisation d'énergie, par catégorie de véhicule, pour le diesel et l'essence est présentée dans les graphes ci-après.

Pour le diesel, on observe une nette augmentation de la part relative aux VUL, en corrélation avec les données fournies par le parc et le nombre de véhicules roulants estimés.

Par ailleurs, on observe une forte augmentation de l'essence consommée par les 2 roues (de 4 % en 1990 à 29% en 2022) en corrélation avec une augmentation du nombre de deux roues dans le parc monégasque.

Figure 76. Evolution de la consommation énergétique du transport routier entre 1990 et 2022, par type de fuel, par catégorie de véhicule



Evolution des émissions par gaz

L'ensemble des émissions de GES est en décroissance, avec une diminution totale de -48 % par rapport à 1990. Ces émissions sont directement corrélées aux ventes de carburants pour le CO₂ mais également aux normes Euro pour CH₄ et N₂O. Les années 2020 et 2021 sont particulières à cause de la pandémie COVID2019.

Figure 77. Evolution des émissions du transport routier par gaz

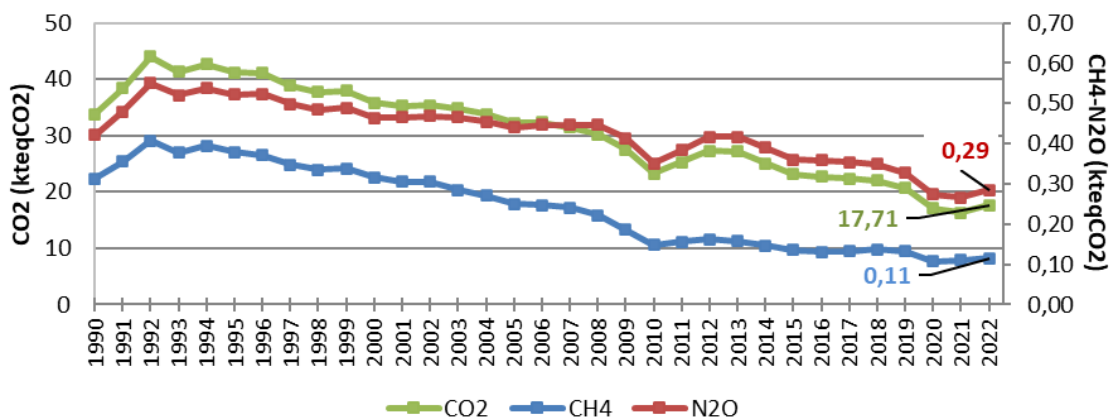


Figure 78. Variation des émissions du transport routier par gaz, par rapport à la référence de 1990

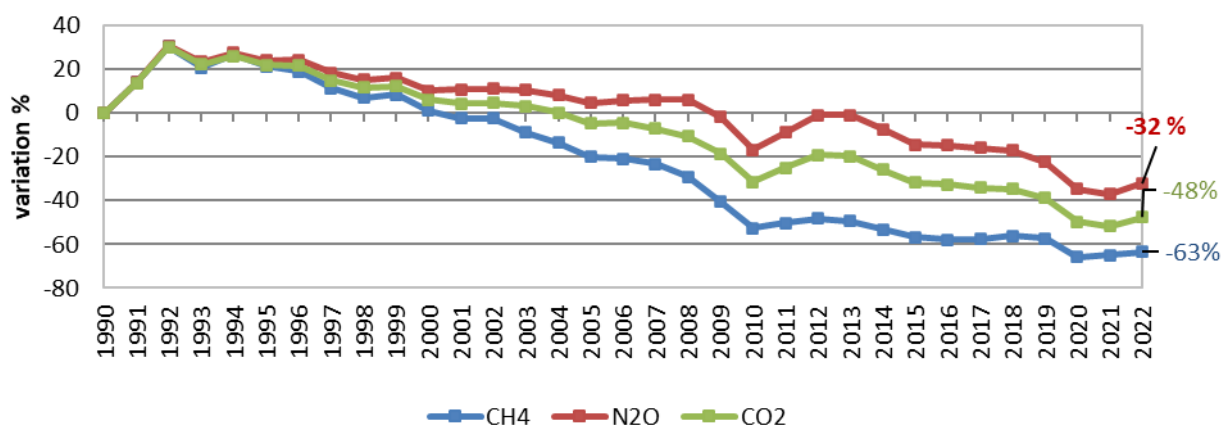


Tableau 25. Evolution des émissions du transport routier par gaz

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq
1990	33,80	0,31	0,42	34,53
1991	38,45	0,36	0,48	39,28
1992	44,03	0,41	0,55	44,99
1993	41,30	0,38	0,52	42,20
1994	42,62	0,40	0,54	43,56
1995	41,24	0,38	0,52	42,14
1996	41,12	0,37	0,52	42,02
1997	38,90	0,35	0,50	39,74
1998	37,71	0,33	0,49	38,53
1999	37,94	0,34	0,49	38,77
2000	35,84	0,32	0,46	36,62
2001	35,28	0,30	0,47	36,05
2002	35,36	0,31	0,47	36,13
2003	34,85	0,29	0,47	35,60
2004	33,87	0,27	0,46	34,59
2005	32,20	0,25	0,44	32,90
2006	32,31	0,25	0,45	33,00
2007	31,41	0,24	0,45	32,10
2008	30,23	0,22	0,45	30,90
2009	27,57	0,19	0,41	28,16
2010	23,22	0,15	0,35	23,72
2011	25,34	0,16	0,38	25,88
2012	27,29	0,16	0,42	27,87
2013	27,17	0,16	0,42	27,75
2014	25,08	0,15	0,39	25,62
2015	23,11	0,14	0,36	23,60
2016	22,77	0,13	0,36	23,26

2017	22,32	0,13	0,35	22,81
2018	22,05	0,14	0,35	22,53
2019	20,67	0,13	0,33	21,13
2020	17,06	0,11	0,27	17,44
2021	16,35	0,11	0,27	16,73
2022	17,71	0,11	0,29	18,11

Tableau 26. Evolution des émissions du transport routier 2022 par rapport à 1990

	CO₂	CH₄	N₂O	Total
kt CO₂eq	-16,09	-0,2	-0,14	-26,88
%variation	-47,6	-63,3	-32,2	-47,6

Evolution des émissions par catégorie de véhicule

Les postes d'émission du secteur du transport routier ont été regroupés, sur la période 1990-2022, en 4 catégories :

- véhicules personnels (VP) ;
- utilitaires légers (VUL inf 3.5t) ;
- utilitaires lourds, bus et autocars (PL sup 3.5t) ;
- deux roues (2R).

Pour cette répartition par catégorie de véhicule, le kilomètre moyen par type de véhicule, par motorisation, par taille et année d'immatriculation a été calculé pour l'ensemble de la série temporelle avec des hypothèses de répartition de l'IFFSTAR. L'évolution des consommations unitaires post EURO 1 a également été évaluée avec le Car Labelling ADEME²³.

Ainsi la répartition obtenue montre que les émissions dues aux véhicules personnels VP représentent environ 45% des émissions et restent prépondérantes sur l'ensemble de la période 1990-2021.

Ces émissions enregistrent cependant une baisse de 23,9 kt CO₂eq à 8,2kt CO₂eq (-66 %), par rapport à 1990, en corrélation avec la vente des carburants, la décroissance de consommation unitaire des véhicules grâce à la mise en place des normes EURO, et l'augmentation du parc de véhicule propre.

Le second poste d'émissions de la catégorie est, en 2022, le secteur des utilitaires lourds (incluant les poids lourds et les bus/autocars) qui représente environ 23 % du total des GES du routier, avec une diminution d'émissions entre 1990 et 2020 de -28 %.

Les émissions relatives aux utilitaires légers sont évaluées pour 2022 à 3 kt CO₂eq avec une diminution évaluée à environ 18%.

L'augmentation des émissions dues aux deux roues témoigne d'un transfert vers ce mode de déplacement (+144% entre 1990 et 2022). En 2022, le niveau d'émission est de 2,7kt CO₂eq. On observe une stabilité des émissions, malgré une augmentation du parc 2R : celle-ci pourrait être expliquée par le nombre croissant de deux-roues électriques.

²³ <https://carlabelling.ademe.fr/>
Rapport National d'Inventaire
2024

Figure 79. Répartitions des émissions du transport routier par catégorie de véhicule en 1990 et 2022

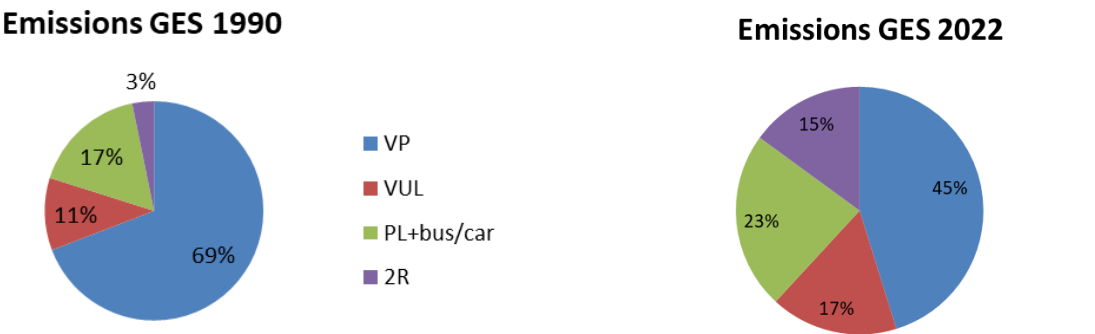


Figure 80. Evolution des émissions du transport routier par catégorie de véhicule

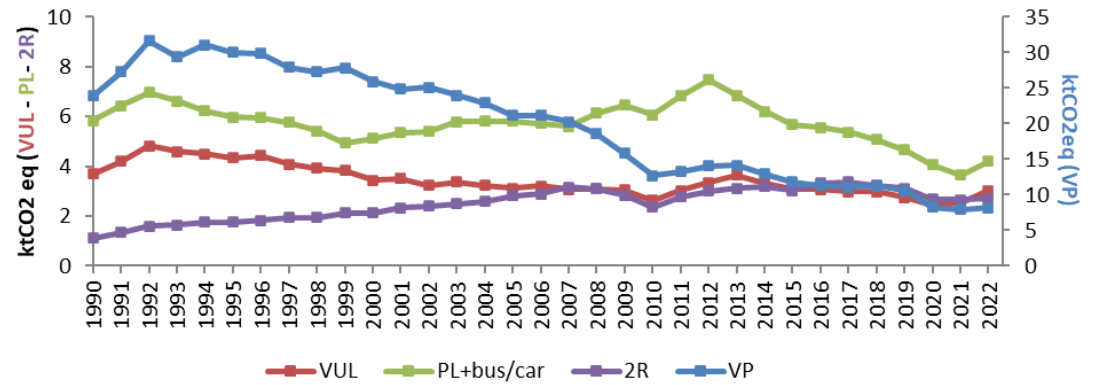


Tableau 27. Evolution de la distance parcourue entre 1990 et 2022

	VP	VUL	PL + Bus/Car	2r	Total
	veh.km	veh.km	veh.km	veh.km	veh.km
1990	79 253 436	12 979	8	9	110
		88	317	576	127
		4	671	862	853
2022	60 989 485	12	7	25	107
		855	712	754	312
		935	952	173	545
Evolution 1990-2022 %	-23%	-1%	-7 %	169 %	-3%

Tableau 28. Emissions de GES du transport routier par catégories de véhicules

	<i>VP</i>	<i>VUL</i>	<i>PL</i> <i>+bus/car</i>	<i>2R</i>	<i>Total</i>
	<i>kt CO₂eq</i>	<i>kt CO₂eq</i>	<i>kt CO₂eq</i>	<i>kt CO₂eq</i>	<i>kt CO₂eq</i>
1990	23,90	3,69	5,84	1,11	34,53
1991	27,30	4,21	6,43	1,34	39,28
1992	31,62	4,82	6,96	1,59	44,99
1993	29,34	4,59	6,63	1,64	42,20
1994	31,08	4,50	6,23	1,75	43,56
1995	30,06	4,33	5,99	1,77	42,14
1996	29,83	4,42	5,94	1,83	42,02
1997	27,96	4,07	5,77	1,94	39,74
1998	27,26	3,92	5,41	1,94	38,53
1999	27,86	3,84	4,95	2,13	38,77
2000	25,91	3,44	5,13	2,14	36,62
2001	24,86	3,50	5,35	2,34	36,05
2002	25,08	3,23	5,41	2,41	36,13
2003	23,94	3,38	5,79	2,49	35,60
2004	22,96	3,22	5,82	2,58	34,59
2005	21,15	3,13	5,81	2,82	32,90
2006	21,17	3,21	5,72	2,89	33,00
2007	20,25	3,07	5,61	3,17	32,10
2008	18,57	3,09	6,14	3,10	30,90
2009	15,83	3,04	6,46	2,83	28,16
2010	12,67	2,63	6,06	2,35	23,72
2011	13,26	3,02	6,82	2,78	25,88
2012	14,04	3,35	7,48	3,01	27,87
2013	14,13	3,66	6,84	3,12	27,75
2014	12,92	3,32	6,20	3,18	25,62
2015	11,84	3,06	5,68	3,02	23,60
2016	11,28	3,08	5,56	3,33	23,26
2017	11,08	2,98	5,37	3,38	22,81
2018	11,24	2,99	5,08	3,23	22,53
2019	10,59	2,75	4,67	3,11	21,13
2020	8,29	2,42	4,05	2,67	17,44
2021	7,92	2,51	3,64	2,66	16,73
2022	8,19	3,02	4,20	2,71	18,11

Tableau 29. Evolution des émissions de GES du transport routier entre 1990 et 2022 par catégories de véhicules

	<i>VP</i>	<i>VUL</i>	<i>PL</i> <i>+bus/car</i>	<i>2R</i>	<i>Total</i>
<i>kt CO₂eq</i>	-15,7	-0,7	-1,6	1,6	-16,4
%	-65,8	-18,2	-28,1	144,0	-47,6

Contexte d'interprétation de l'évolution des émissions

Du fait de la superficie du territoire de la Principauté, 2 km² dans sa totalité, et de l'activité économique, le volume du trafic routier de la Principauté est issu à la fois de la flotte de véhicules résidente, mais aussi d'un important volume de véhicules étrangers : travailleurs résidents hors du territoire, visiteurs, touristes.

Dans ce contexte d'échange transfrontalier important, le parc roulant à Monaco (véhicules monégasques et étrangers) peut être alimenté en carburants par des revendeurs internes ou externes au territoire. De même, des véhicules étant alimentés en carburant à Monaco peuvent également circuler en territoire tiers.

Aussi, les bilans correspondants obtenus par l'application de la méthode décrite ci-dessus doivent donc être interprétés avec précaution dans les conditions nationales particulières de la Principauté.

Pour autant, des efforts importants sont consacrés à la mise en œuvre d'une politique de mobilité en faveur d'une réduction des nuisances relatives au transport routier, en particulier les émissions de polluants atmosphériques et les GES :

- Développement d'infrastructures améliorant les déplacements ;
- Amélioration des liaisons piétonnières : de nouvelles liaisons mécaniques piétonnières sont régulièrement mises en place ;
- Investissement dans le réseau de transports publics (bus) de Monaco :
 - Amélioration de la cadence des bus et de l'information aux voyageurs ;
 - Tarification incitative ;
 - L'intégralité des bus monégasques roule au diester (30% biodiesel, 70% diesel) et des premiers essais sont mis en place avec des bus totalement électriques
- Investissement destiné à améliorer la desserte ferroviaire et l'attractivité du transport ferroviaire pour l'accès à Monaco : achat de rames de trains régionaux, participation à l'amélioration des gares et l'agrandissement des quais dans le département français voisin
- Politique de soutien à l'acquisition de véhicules écologique ainsi qu'aux vélos électriques pour inciter à la mobilité douce, accentuée après la pandémie COVID19 dans le cadre du plan de relance économique.

Associées à l'amélioration technologique des véhicules (diminution des consommations et des émissions de polluants) et à l'incorporation progressive de biocarburants, ces différentes mesures peuvent avoir eu une influence sur la baisse des émissions observées. Cependant, l'établissement d'une relation précise et quantifiée entre la baisse des émissions et les dispositifs mis en place est difficile à mettre en évidence du fait de la variabilité des facteurs externes pouvant influencer la vente de carburants Monaco.

3.2.6.4.3 Assurance et contrôle qualité spécifique à la catégorie

Les contrôles des calculs de ce secteur ont été réalisés conformément aux dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.4.

Des facteurs d'émissions Country Specific ont été calculés suite à des mesures effectuées dans les carburants vendus en Principauté. Au vu du travail requis pour modifier l'outil et intégrer ces FE, il n'a pas été possible d'intégrer ces FE CS lors de cette soumission. La variation entre les facteurs d'émissions actuels et les facteurs Country Specific est présentée en Assurance Qualité dans le tableau ci-dessous.

Tableau 30. Comparaison entre les facteurs d'émissions actuels et les facteurs Country Specific

	<i>Essence avec Plomb</i>	<i>Essence sans Plomb</i>	<i>Diesel</i>
	<i>FE CO2 kg/GJ</i>	<i>FE CO2 kg/GJ</i>	<i>FE CO2 kg/GJ</i>
Facteur d'émissions actuels	73.7	72.48	74.52
Facteurs d'émissions CS Monaco	71.71	72.15	74.35

3.2.6.4.4 Cohérence de la série temporelle

La méthodologie utilisée est constante sur la série temporelle.

3.2.6.4.5 Incertitudes

Les incertitudes combinées pour les résultats obtenus sont estimées selon les données fournies dans les guidelines de l'EMEP²⁴, en évaluant la Principauté de Monaco comme un pays avec peu de statistiques et avec rebouclage énergétique (*poor statistics w.EC*).

Case	CO	VOC	CH ₄	NO _x	N ₂ O	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{exh}	FC	CO ₂
Poor statistics w. EC	17%	15%	54%	12%	24%	13%	12%	14%	8%	8%

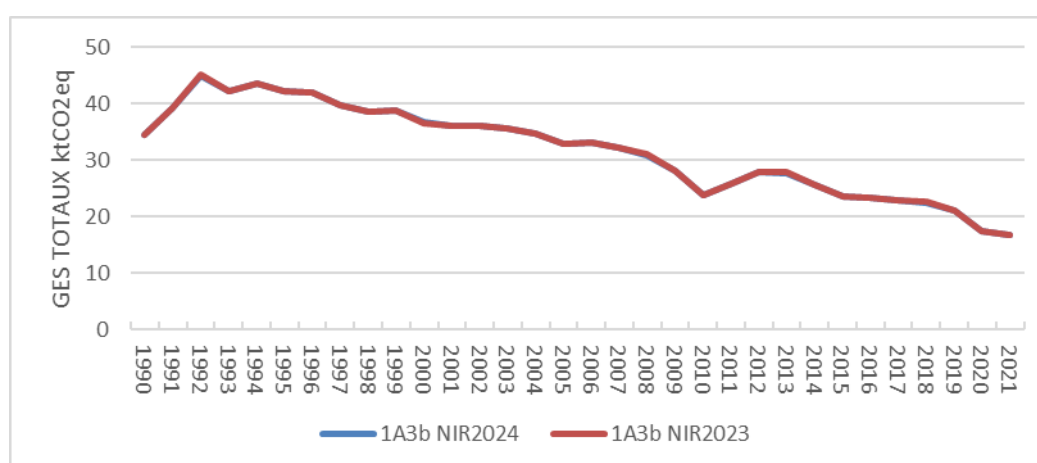
Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne des ajustements sur les données biocarburants et la prise en compte des pouvoirs réchauffants définis dans l'AR5 (donc changement pour CH₄ et N₂O).

Impact du recalcul

Figure 81. Emissions de GES du transport routier – recalcul de la série temporelle



²⁴ EMEP/EEA Air pollutant emissions inventory guidebook 2023, tableau 4.3 pa113

Le recalcul des émissions totales de GES sur l'ensemble de la série temporelle, comparées aux résultats figurant dans le NIR précédent (NIR2023) est présenté dans le graphique ci-dessus : on observe une diminution qui oscille entre -0.05% et -0.15% sur la série temporelle.

Raisons et justifications

Plusieurs améliorations dans les calculs ont conduit à un recalcul de émissions GES sur l'ensemble de la série temporelle :

- L'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006). Mise à jour des données d'agrocarburants dans les carburants sur l'ensemble de la série temporelle.

3.2.6.4.6 Amélioration

La méthodologie de sous-catégorisation des véhicules dans chaque catégorie (cf. paragraphe Parc automobile) est en cours de réévaluation afin d'être optimisée.

Une campagne de caractérisation des produits pétroliers vendus à Monaco s'est terminée. L'introduction des nouveaux facteurs d'émissions Country Specific nécessite un travail minutieux et compliqué sur l'outil : celui-ci sera effectué pour la soumission prochaine.

3.2.6.5 IA3c CHEMINS DE FER

Les chemins de fer de Monaco sont intégrés au réseau français de chemins de fer. Les lignes qui traversent la Principauté de Monaco sont électrifiées depuis 1969 et intégralement souterraine depuis 1999.

Elles n'engendrent, par conséquent, aucune émission de gaz à effet de serre.

En absence d'émission de cette catégorie sur le territoire de la Principauté les clés de notation « NO » et « NA » ont été utilisées.

3.2.6.6 1A3D NAVIGATION (DOMESTIQUE)

Les émissions et puits de carbone du secteur de la navigation domestique en 2022 sont présentés dans le tableau 1s1 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur de la navigation domestique sont en 2022 de : **0,99 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **0,52 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **+ 90 % (0,52 ktCO₂eq)**

Les émissions du secteur de la navigation domestique représentent :

1,6 % des émissions globales (0,5% en 1990)

1,7 % des émissions du secteur de l'Energie (0,5% en 1990)

5,8 % des émissions du secteur des transports (1,5 % en 1990)

Figure 82. Evolution des émissions de GES de la navigation domestique entre 1990 et 2022

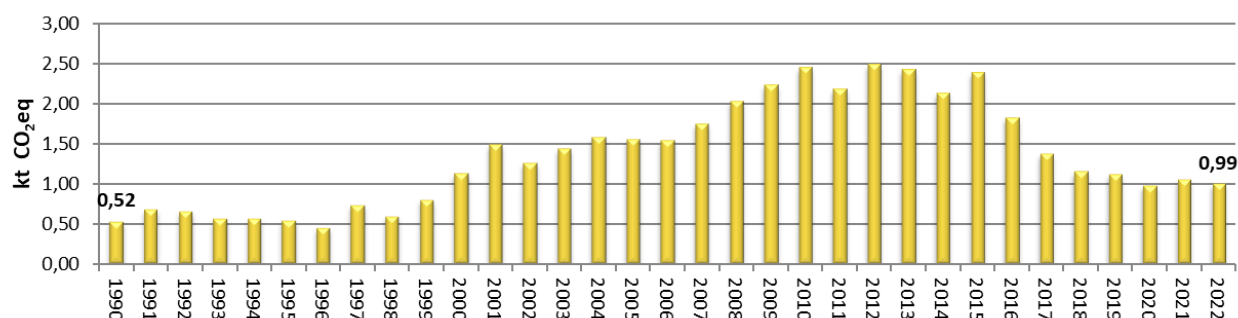
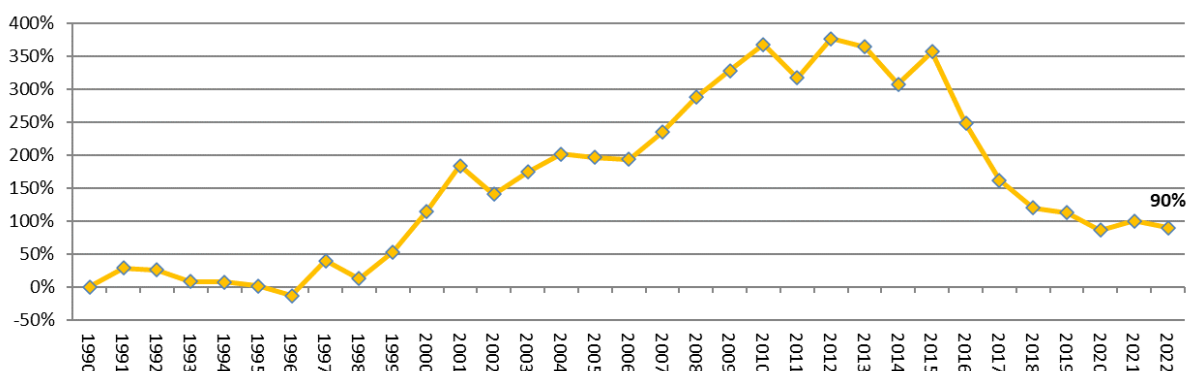


Figure 83. Evolution des émissions de GES de la navigation domestique par rapport à 1990



Les émissions de la navigation domestique ont fortement augmenté depuis 1990, toutefois on peut constater une diminution constante depuis 2016, liée dans à des taxations différentes entre Monaco et l'Italie, et accentuée par la diminution du tourisme en 2020.

Les émissions de CO₂ de cette catégorie constituent une catégorie clé.

3.2.6.6.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions liées au transport maritime ont pour origine les ventes de carburants liées à l'activité maritime des deux ports de Monaco : Port Hercule (700 unités), Port de Fontvieille (275 unités). Ces ports sont situés au cœur de la ville.

Les deux ports de Monaco abritent des activités de plaisance et de loisirs, des escales de croisières, ainsi que l'activité professionnelle permettant d'assurer le fonctionnement des ports et l'entretien des infrastructures.

Il n'y a pas, au sein des Ports de Monaco, d'activité liée au transport de personnes ou de marchandises.

Les quais sont intégrés à la ville et tous les véhicules qui y circulent sont des véhicules urbains dont la consommation de carburant et les émissions sont comptabilisées au sein de la catégorie du transport routier (1A3b).

3.2.6.6.2 Méthodologie de calcul des émissions

L'évaluation des émissions annuelles de gaz à effet de serre imputables à la navigation est effectuée à partir :

- Des quantités annuelles de carburants (gazole, supercarburant, essence sans plomb) vendus par les distributeurs sur les ports de Monaco, ces carburants ayant les caractéristiques du carburant du transport routier
- De la part attribuable à la navigation domestique de l'utilisation de ces carburants.

La méthode de calcul utilisée pour ce secteur est une méthode de niveau T2 pour le CO₂ avec un facteur d'émissions spécifique (CS), et de T1 pour CH₄ et N₂O, avec des facteurs d'émissions par défaut. La méthodologie de calcul est détaillée en ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES de ce rapport.

Conformément aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006), les émissions liées à la navigation domestique (nationale) sont incluses au sein de la section « 1A3d Navigation Domestique » de la catégorie « 1A3 Transports » du Rapport National d'Inventaire. Les émissions liées à la navigation internationale sont comptabilisées dans la catégorie « mémos items (International Bunkers : Navigation) » table 1D1b du cadre commun de présentation (CRT).

Carburants

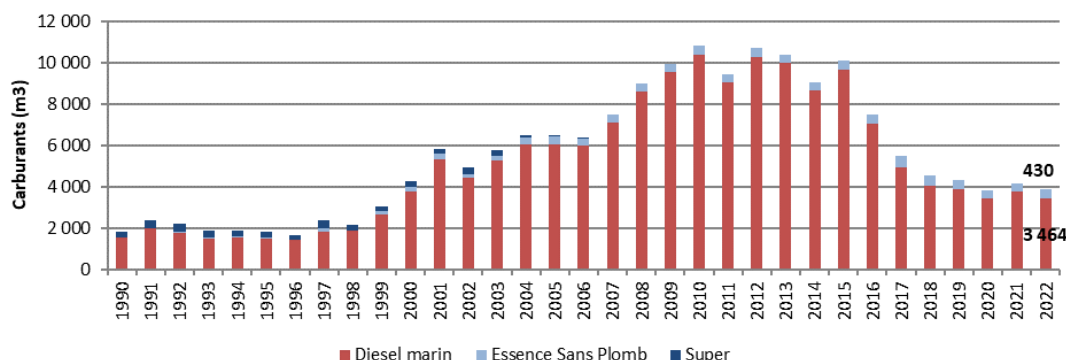
Les données de vente de carburants (gazole, supercarburant, essence sans plomb) sont récoltées auprès des fournisseurs de la Principauté²⁵. La vente de carburant est réalisée par une seule station d'avitaillement dans le Port Hercule et par des avitaillements par camion pour les plus grosses unités, pouvant être réalisés par d'autres fournisseurs.

Les données de ventes de carburants à destination de la navigation sont présentées dans le graphique ci-après. La forte diminution des ventes de carburants depuis 2017 est expliquée par des différences de tarification douanière avec les ports voisins italiens, et donc

²⁵ Données carburants 2022

une ouverture à la concurrence par des prix plus attractifs. La pandémie COVID2019 et la suspension des activités touristiques ont accentué cette baisse de carburant en 2020. En 2022, une reprise des activités est observée, sans complètement atteindre le niveau pré-COVID.

Figure 84. Vente totale de carburant à destination de la navigation



Le carburant vendu pour la navigation en Principauté a la même caractéristique que le carburant routier.

Aussi, de même que pour le transport routier, le pourcentage de biomasse contenu dans les carburants et le facteur d'émission Country Specific pour le CO₂ sont fournis par le Citepa²⁶. Le taux d'incorporation de biocarburants ainsi que le pourcentage d'adjuvants intégrés dans les biocarburants sont donc identiques à celui utilisé pour le transport routier et sont fournis par le Citepa²⁷.

Ce pourcentage d'adjuvants intégrés dans les biocarburants est extrait des produits pétroliers afin d'en faire le rapportage dans les tables CRT en tant que « Other Fossil Fuels » (cf. Annexe 3). En 2022, de légères modifications ont été apportées sur la série temporelle des données biocarburants, qui impliqueront donc un recalcul.

Détermination de la part de navigation nationale dans l'utilisation des carburants utilisés pour la navigation.

Conformément aux recommandations figurant dans les paragraphes 46 et 47 du rapport FCCC/ARR/2005/MCO, la Direction de l'Environnement, de l'Urbanisme et de la Construction a mené en 2005 une enquête auprès des utilisateurs des bateaux stationnés dans les ports de Monaco afin de déterminer la part des émissions dues à la navigation nationale et celle qui peut être attribuée à la navigation internationale.

Pour cette enquête, les critères adoptés pour effectuer cette différenciation étaient ceux qui étaient recommandés par le GIEC pour la définition des trajets maritimes nationaux et internationaux (Cf. Tableau 2.8 Chapitre II – Evolution des émissions globales de gaz à effet de serre IPCC 1996).

Cette enquête a été reconduite en 2016, suivant les mêmes questionnaires et renseignements demandés. Les retours de ce questionnaire ont été moins nombreux et de moindre qualité par rapport à l'enquête réalisée en 2005. Aussi, une reconstitution statistique des données a été nécessaire.

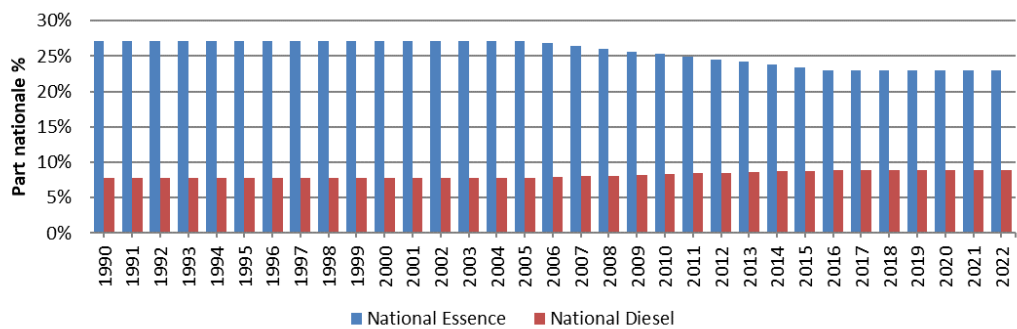
Les détails méthodologiques sont explicités en Annexe 3 de ce rapport : « Détermination de la Part de navigation nationale dans l'utilisation des carburants utilisés pour la navigation » et les résultats pour la part nationale sont dans le graphique ci-après.

²⁶ FE (CO₂), PCI diesel et essence, incertitudes, Citepa 2020, ref 18-01970

²⁷ Agrocaburants au 31/12/2022, Calculs Citepa

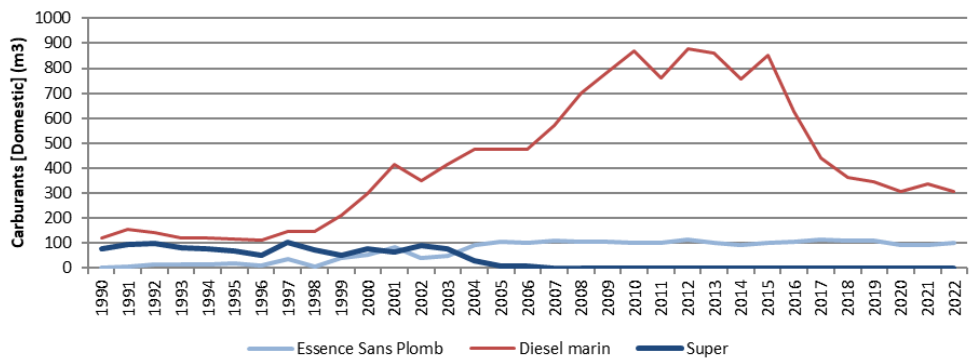
Des premiers résultats, il ressort une part nationale comprise entre 27% et 23% de l'essence vendue, et de 7.8 % à 8.9 % pour le diesel suivant les méthodologies de reconstruction de la série statistique.

Figure 85. Part nationale de la navigation, par type de carburant (source- enquête ménage)



Ainsi les ventes de carburant estimées à destination de la navigation domestique ont les tendances représentées dans le graphe ci-après.

Figure 86. Vente de carburant à destination de la navigation domestique



Résultats

3.2.6.6.2.1.1 Consommation énergétique

L'évolution de la part domestique de l'énergie consommée entre 1990 à 2022 est présentée dans le graphique ci-après. La quantité d'adjuvants intégrés dans les biocarburants est également reporté dans les graphes suivants en tant que « Other Fossil Fuels ».

Figure 87. Consommation énergétique de la navigation domestique

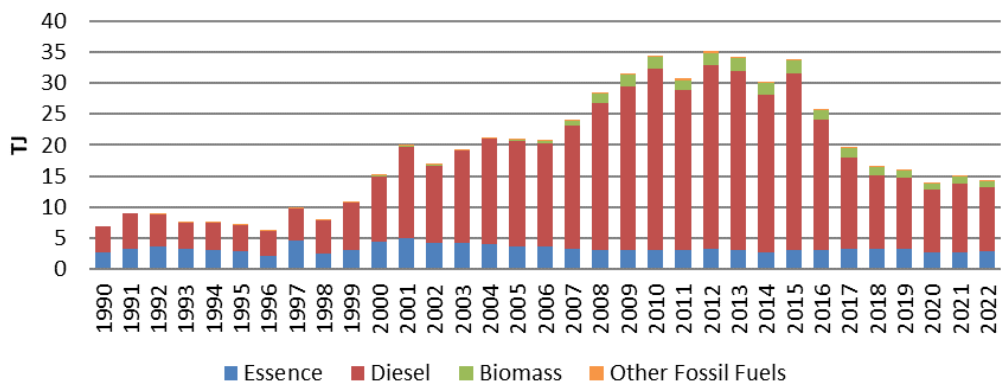
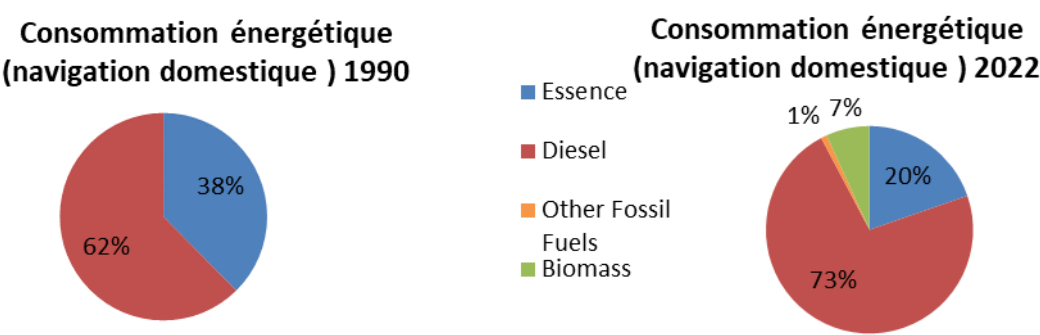


Figure 88. Répartition de la consommation énergétique de la navigation domestique en 1990 et 2022



3.2.6.6.3 Cohérence des séries temporelles

La méthodologie utilisée est constante sur la série temporelle.

3.2.6.6.4 Incertitudes

Compte tenu des premiers résultats obtenus par l'actualisation de l'enquête sur la part de navigation nationale, l'incertitude sur les données d'activité a été évaluée à 24%.

Les incertitudes sur les facteurs d'émissions sont conformes aux lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) de 55 % sur le CH₄ et de 142 % pour le N₂O. Les incertitudes²⁸ sur le facteur d'émissions du CO₂ sont estimées à 1%.

3.2.6.6.5 Contrôle qualité spécifique à la catégorie source

Les contrôles de ce secteur ont été réalisés conformément aux dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.4. Des facteurs d'émissions Country Specific ont été calculés suite à des mesures effectuées sur les carburants vendus en Principauté. Toutefois, il n'a pas été possible d'intégrer ces FE CS lors de cette soumission par manque de temps. La variation entre les facteurs d'émissions actuels et les facteurs Country Specific est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 31. Comparaison entre les facteurs d'émissions actuels et les facteurs Country Specific

		Essence avec Plomb	Essence sans Plomb	Diesel
		FE CO2 kg/GJ	FE CO2 kg/GJ	FE CO2 kg/GJ
Facteur actuels	d'émissions	73.7	72.48	74.52
Facteurs Monaco	d'émissions CS	71.71	72.15	74.01

²⁸ FE (CO₂), PCI diesel et essence, incertitudes, Citepa, 2020, ref 18-01970
Rapport National d'Inventaire
2024

Direction de l'Environnement

3.2.6.6.6 Recalcul

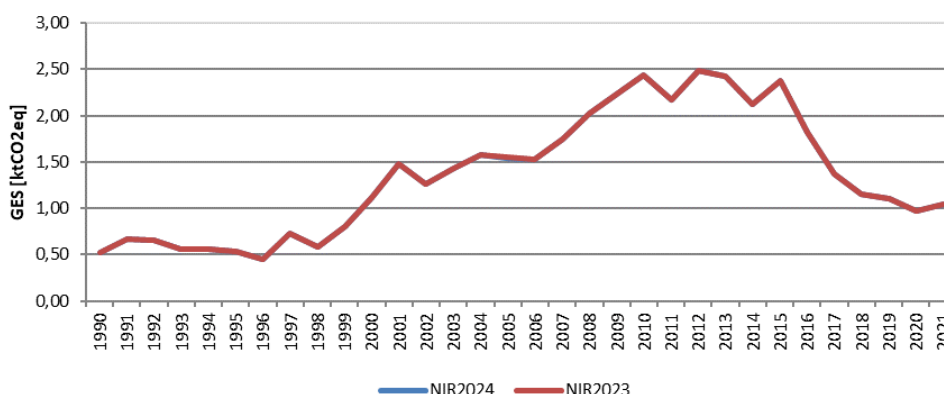
Description du recalcul

Des précisions sur les données de biocarburants ont été apportées et implique un recalcul sur l'ensemble de la série temporelle, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices.

Impact des recalculs

Un recalcul sur l'ensemble de la série temporelle est présenté dans le graphique ci-après.

Figure 89. Recalcul des émissions de GES- Secteur 1A3d



Le recalcul amène une diminution d'environ -0.06% sur les émissions GES de la navigation domestique par rapport à la soumission précédente.

Raisons et justification

La part de biocarburants dans les carburants est fournie par le Citepa et a été mise à jour, ainsi que les pouvoirs réchauffants globaux de CH₄ et N₂O à partir des valeurs publiées dans l'AR5 conformément aux lignes directrices.

3.2.6.6.7 Améliorations

La méthodologie et la possibilité de mise en œuvre de cette méthodologie afin d'atteindre un niveau de Tier 2 pour ce secteur sont en cours d'évaluation.

3.2.6.7 1A3E AUTRES MODES DE TRANSPORT

Il n'est pas observé à Monaco d'autre émission au sein de la catégorie du transport, les clés de notation « NO » « NA » ont été utilisées.

3.2.7 1A4 Autres secteurs du domaine de l'énergie

Les émissions de ce secteur ont pour origine l'utilisation de combustible liquide et gazeux (fioul léger domestique et gaz naturel) par les catégories 1A4a Etablissements commerciaux et publics et 1A4b Secteur résidentiel, essentiellement pour le chauffage des bâtiments.

Les émissions de la catégorie du secteur Autres secteurs du domaine de l'énergie en 2022 sont présentées dans le tableau 1s2 et 1.A(a)s4 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur Autres secteurs du domaine de l'énergie sont en 2022 de

16,21 ktCO₂eq

Les émissions pour l'année de référence (1990) sont de :

42,0 ktCO₂eq

Soit une variation de :

-61,5 % (-25,8 kt CO₂eq)

Les émissions du secteur Autres secteurs du domaine de l'énergie représentent :

24,3 % des émissions globales (41,4 % en 1990)

27 % des émissions du secteur de l'Energie (41,7 % en 1990)

Les émissions de CO₂ de cette catégorie constituent des catégories clé dans le cadre de cet inventaire.

Figure 90. Evolution des émissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie - 1A4 Autres secteurs du domaine de l'énergie

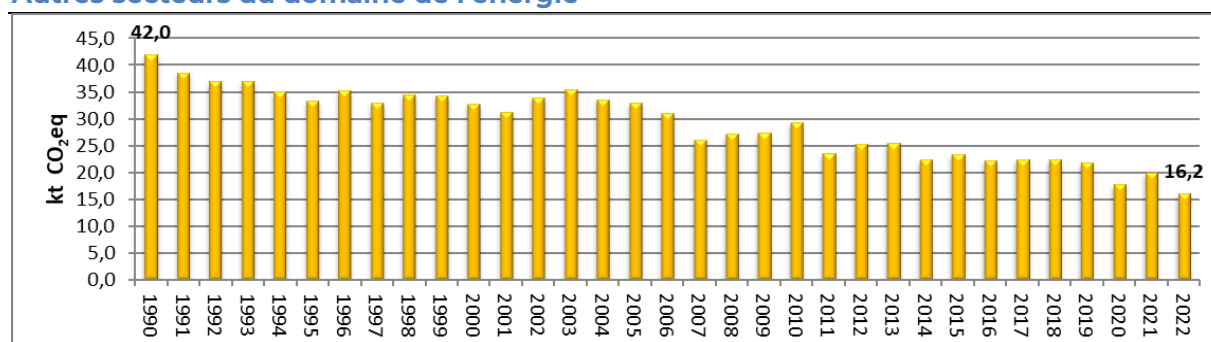
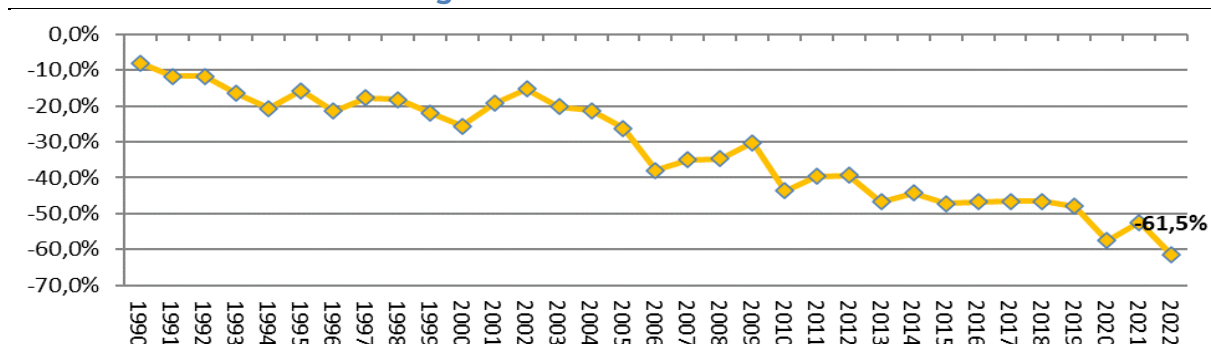


Figure 91. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - 1A4 Autres secteurs du domaine de l'énergie



3.2.7.1 1A4A AUTRES SECTEURS DU DOMAINE DE L'ÉNERGIE – ÉTABLISSEMENTS COMMERCIAUX ET PUBLICS

Les catégories sources d'émission comptabilisées au sein de ce secteur concernent la combustion de gaz naturel (1.A.4.a.i) et de fioul domestique (1.A.4.a.i) destinée très majoritairement au chauffage des bâtiments. Depuis le NIR 2024, ont également été intégré les consommations de gaz de pétrole liquéfié (GPL) (butane et propane), de B100, de GTL et de BTL pour la combustion stationnaire des établissements commerciaux et publics.

Les émissions de la catégorie du secteur résidentiel en 2022 sont présentées dans le tableau 1s2 et 1.A(a)s4 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du Secteur des Etablissements commerciaux et publics sont en 2022 de

8,9 ktCO₂eq

Les émissions pour l'année de référence (1990) sont de :

10,9 ktCO₂eq

Soit une variation de :

-18,1 % (-2 ktCO₂eq)

Figure 92. Evolution des émissions de GES depuis 1990 de la catégorie - 1A4a Établissements commerciaux et publics

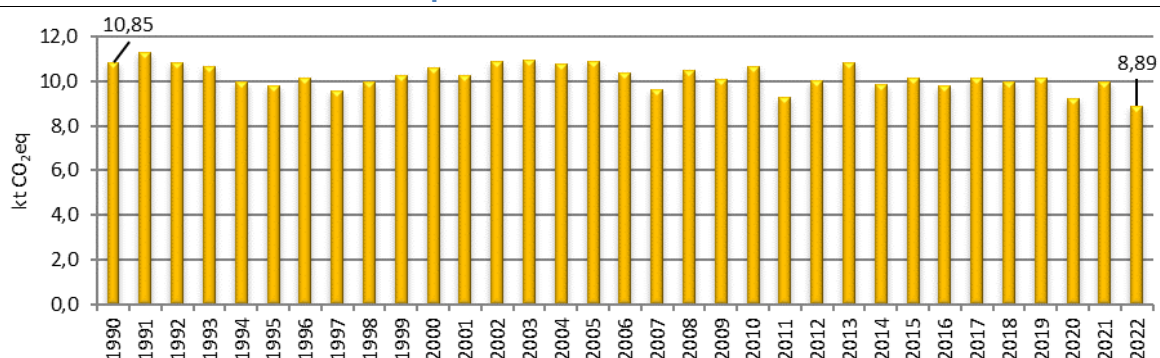


Figure 93. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - 1A4a Établissements commerciaux et publics

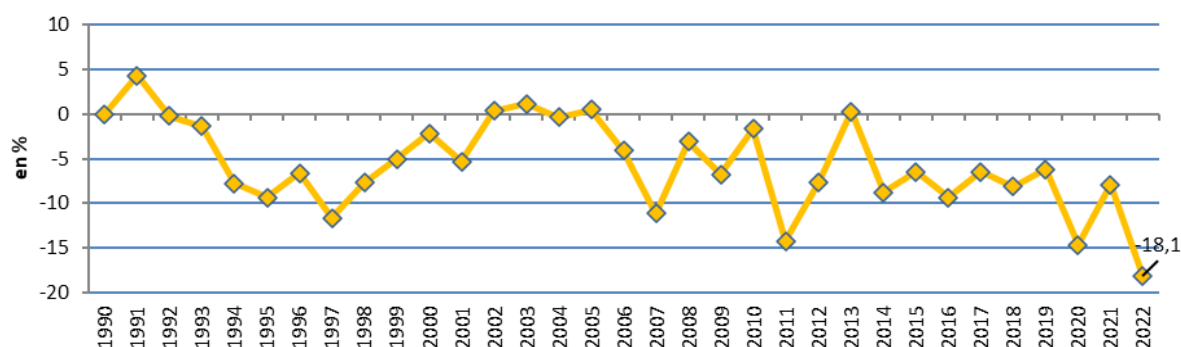
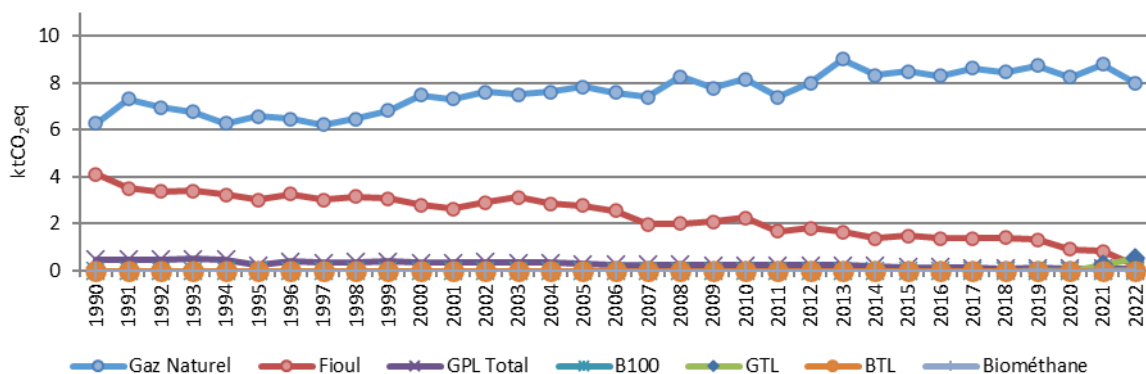


Figure 94. Émissions de GES par catégorie source - 1AAa Établissements commerciaux et publics (en kt CO₂eq)



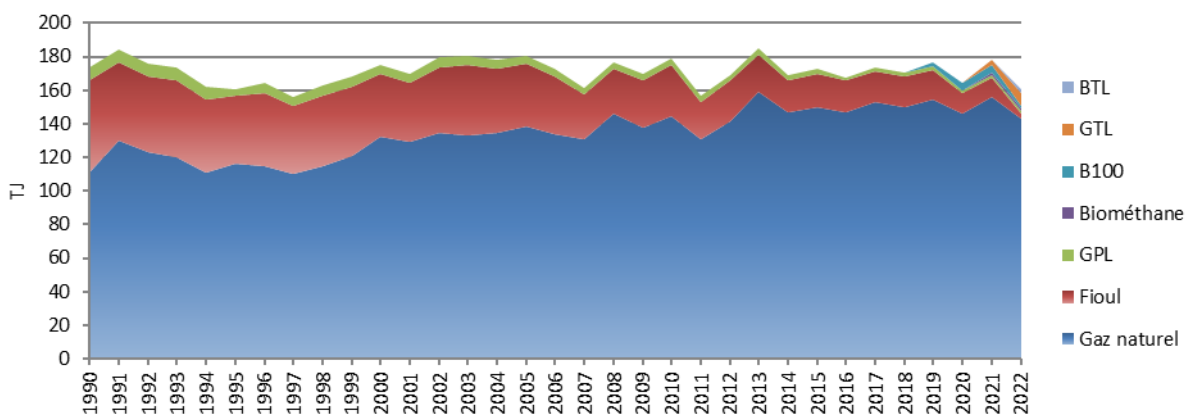
3.2.7.1.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Bilan énergétique

Les politiques entreprises se traduisent par une diminution progressive des émissions de GES de cette catégorie. L'énergie produite à partir du fioul domestique est en forte baisse. Cette baisse est en partie compensée par une utilisation du gaz naturel et de combustibles de synthèse (GTL, BTL,...) en substitution.

La consommation de GPL a elle aussi tendance à diminuer. Depuis l'année 2018, l'une des sociétés qui livre la Principauté en bouteilles de GPL livre une partie sous forme bio. Les données de GPL total représentées par la suite représentent la somme des quantités en TJ pour les parts bio et non bio.

Figure 100. Consommation énergétique de la catégorie - 1AAa Établissements commerciaux et publics



Données d'activité

Les émissions du secteur commercial/institutionnel ont été distinguées de celles du secteur résidentiel et de celles du secteur industriel. La combustion qui se produit pour ces trois secteurs a les mêmes caractéristiques que celle du secteur résidentiel à Monaco. Les bâtiments et usages du fioul et du gaz du secteur industriel en Principauté ayant les mêmes

caractéristiques que le secteur résidentiel. La méthodologie de calcul des émissions adoptée est identique pour les trois secteurs que celle du secteur 1A4bi.

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre est basée sur la quantité de combustibles liquides consommés à Monaco (et achetée en partie par les utilisateurs résidant à Monaco auprès de fournisseurs situés en France), de gaz naturel et de gaz de pétrole liquéfié (GPL) commercialisés à Monaco. Ces quantités sont déterminées à partir des données déclarées par les distributeurs.

Combustion de combustibles liquides

Les données relatives aux combustibles liquides consommés sont recueillies chaque année auprès des distributeurs français et monégasques opérant à Monaco.

Pour distinguer les consommations de fioul domestique et de combustibles de synthèse (GTL, BTL,...) pour les secteurs industriel, commercial/institutionnel et résidentiel, la Principauté s'est basée sur la donnée disponible la plus à jour issue d'une étude approfondie basée sur des Données 2016 - Base de Données Plan Climat Air Energie 2030, Direction de l'Environnement, concernant les surfaces de bâtiments des différents secteurs.

Comme cette donnée est la seule donnée disponible à ce jour, celle-ci a été utilisée comme pourcentage de répartition de la donnée de la consommation de combustibles liquides selon les trois secteurs sur l'ensemble de la série temporelle, comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 32. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Secteur	Répartition
Industrie (1A2gviii)	0,65 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	12,30 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	87,05 %

Combustion de gaz naturel et de gaz de pétrole liquéfié

Pour le gaz, la donnée d'activité prise en compte est l'ensemble du gaz naturel distribué à Monaco, (hormis l'utilisation par le secteur 1A1 Production énergétique) par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) qui est l'unique concessionnaire de la Principauté à importer et distribuer du gaz et de l'électricité, sur l'ensemble du territoire monégasque. Pour le biométhane, la donnée d'activité prise en compte est l'ensemble du biométhane distribué à Monaco par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) qui est l'unique concessionnaire de la Principauté à importer et distribuer du gaz et de l'électricité, sur l'ensemble du territoire monégasque
Pour le GPL, la donnée d'activité est recueillie chaque année auprès des distributeurs monégasques.

Pour distinguer les consommations de gaz et de biométhane pour les secteurs industriel, commercial/institutionnel et résidentiel, la Principauté s'est basée sur la donnée disponible la plus à jour issue des rapports SMEG. Cette donnée n'était pas disponible avant le rapport annuel de l'année 2016, qui fournit la première répartition de cette donnée d'activité suivant les trois secteurs pour l'année 2015. Cette répartition a ainsi été appliquée à toutes les années antérieures à 2015, l'année 2015 étant incluse, puis la donnée annuelle mise à jour a

été utilisée en se basant sur la donnée la plus récente disponible au moment de l'inventaire national (références rapports annuels SMEG).

Au regard de la faible quantité de GPL consommé et en l'absence de données plus précises, la clé de répartition du gaz naturel a été appliquée.

Les répartitions de données d'activité pour le gaz et le GPL se font ainsi selon le tableau suivant pour les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi :

Tableau 33. Répartition en % de la quantité de gaz naturel, de biométhane et de GPL consommés sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Années	≤ 2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secteur	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition
Industrie (1A2gviii)	9,19 %	9,49 %	9,12 %	10,31 %	2,59 %	1,79 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	69,46 %	70,02 %	71,35 %	69,24 %	77,63 %	79,39 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	21,35 %	20,49 %	19,53 %	20,45 %	19,77 %	18,82 %

Années	2021	2022
Secteur	Répartition	Répartition
Industrie (1A2gviii)	1,62%	1,95%
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	79,06%	80,56%
Secteur Résidentiel (1A4bi)	19,33%	17,50%

Éléments d'interprétation de l'évolution des données d'activité

Depuis le 16 septembre 2003, l'installation de centrales de chauffage au fioul dans le cadre de constructions neuves est interdite pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Depuis le 1^{er} janvier 2022, il est interdit d'utiliser des combustibles liquides dont le facteur d'émissions (combustion) est supérieur à 180 gCO₂eq./kWh dans tous les bâtiments, pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

Ce dispositif réglementaire conduit à une mutation du fioul domestique vers des combustibles liquides partiellement ou totalement d'origine biogénique (F30, XTL, B100, ...), vers du gaz naturel ou vers d'autres technologies (réseaux de chaleur, pompes à chaleur, ...). Il demeure une dérogation temporaire à l'interdiction du fioul domestique pour certains bâtiments en cours de raccordement à un réseau de chaleur.

Enfin, le raccordement progressif de bâtiments aux réseaux de chaleur induit une diminution de la consommation de combustibles fossiles, principalement liquides.

3.2.7.1.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, équation 2.2).

Dans le cadre du présent inventaire et conformément à la recommandation ARR 2022-E7, Monaco a décidé d'utiliser des facteurs d'émission *country-specific* (CS) pour l'estimation des émissions relatives aux combustibles liquides consommés.

Pour ce faire, la Direction de l'Environnement a réalisé, en 2021-2022, des campagnes de caractérisation des combustibles liquides distribués sur le territoire. 46 échantillons ont ainsi été prélevés et analysés.

Le but de cette campagne a été notamment de déterminer la part biomasse des combustibles importés et en particulier celle des carburants de synthèse (BTL et GTL) pour lesquelles il n'existe aucune donnée précise dans la littérature et en France. Il a été fait le choix pour l'estimation des émissions du B100, du BTL et du GTL, d'utiliser les valeurs issues de ces campagnes.

Les paramètres analysés sont :

- pouvoirs calorifiques inférieur (PCI) et supérieur (PCS),
- teneurs en :
 - o carbone (C),
 - o hydrogène (H),
 - o oxygène (O),
 - o soufre (S),
 - o sodium (Na),
 - o aluminium (Al), argent (Ag), bore (B), baryum (Ba), cadmium (Cd), calcium (Ca), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), potassium (K), mercure (Hg), magnésium (Mg), manganèse (Mn), molybdène (Mo), nickel (Ni), phosphore (P), plomb (Pb), silicium (Si), étain (Sn), vanadium (V), zinc (Zn),
- les masses volumiques,
- les teneurs en carburant biomasse (éthers méthyliques d'acides gras -EMAG-, éthanol, méthanol, éther éthyle tertiobutyle -ETBE- et méthyl tert-butyl éther -MTBE)
- et la teneur en carbone biogénique dite « Carbone 14 ».

A partir de ces paramètres, les valeurs suivantes ont été calculées :

- les facteurs d'émission (FEs) de CO₂
- les teneurs massiques biomasse,
- les FE de SO₂
- et les FE des différents métaux lourds (ML)

Les niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont détaillés dans le tableau ci-après :

		Méthodes			Facteurs d'émissions		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A4ai	Gaz Naturel	T2	T3	T3	CS	D	D
1A4ai	Fioul Domestique	T2	T3	T1	CS	D	D
1A4ai	Gaz de Pétrole Liquéfié	T1	T1	T1	D	D	D
1A4ai	B100	T2	T3	T1	CS	D	D
1A4ai	GPL Biomasse	T1	T1	T1	D	D	D
1A4ai	GTL	T2	T1	T1	CS	D	D
1A4ai	BTL	T2	T1	T1	CS	D	D

Les calculs sont présentés en ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES de ce rapport.

3.2.7.1.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

A Monaco, ce secteur ne comprend que les émissions imputables à la combustion de combustibles dans les bâtiments résidentiels. Les activités relatives aux autres catégories d'émissions n'ont pas cours au sein de la Principauté.

Les données sont considérées comme exhaustives, d'une part de par la nature de l'importation et de la distribution du gaz naturel qui n'est gérée que par une seule entreprise concessionnaire de l'État, à savoir la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) et, d'autre part, par la connaissance précise de la distribution de combustibles liquides en Principauté.

Pour les incertitudes sur les données d'activité une valeur par défaut de $\pm 5\%$, inscrite dans les lignes directrices 2006, a été adoptée pour le gaz naturel, le fioul domestique, le B100, le BTL, le GTL et le gaz de pétrole liquéfié consommés (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, §2.4.2 Incertitudes des données sur les activités).

Pour le CH_4 et le N_2O , afin de ne pas minimiser les incertitudes, et n'ayant pas de valeur locale mesurée à Monaco, un choix a été fait d'opter pour le cas du pays présentant les valeurs d'incertitudes les plus élevées. Le cas de la Norvège a donc été adopté pour quantifier les incertitudes liées à l'application de facteurs d'émission par défaut pour le CH_4 et le N_2O .

Conformément aux lignes directrices, il a été choisi d'appliquer un facteur d'incertitude compris entre $[-50\% ; +100\%]$ pour le CH_4 (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999) et compris entre $[-66\% ; +200\%]$ pour le N_2O (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999).

Le cas de la Norvège a été conservé pour quantifier l'incertitude liée à l'application des facteurs d'émission de CO_2 des combustibles liquides et du gaz de pétrole liquéfié, ainsi que pour les parts d'*other fossil fuels*. Ainsi, une valeur de $\pm 3\%$ a été utilisée (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.13, Norvège/Rypdal 1999).

Concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO_2 pour le gaz naturel, la valeur par défaut de $\pm 4\%$ (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.1, Tab.1.4) a été utilisée. Et concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO_2 pour les parts biomasses du B100, du BTL, le biométhane la valeur par défaut a été appliquée, comme expliqué dans le Chapitre 2 du Volume 2 des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, p. (§2.4.1 Emission factor uncertainties), soit une incertitude moyenne de $\pm 7\%$.

Les valeurs d'incertitudes sont reportées en ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.

3.2.7.1.4 Cohérence des séries temporelles

Pour ce secteur, la même méthodologie et les mêmes sources de données sont appliquées pour toute la série temporelle.

Notamment, afin d'assurer une cohérence dans les calculs, les données d'activité pour le GPL pour la série 1990-2014 sont issues de Monaco en Chiffres-IMSEE, puis depuis l'année 2015 incluse, ces données sont fournies à l'IMSEE par la Direction de l'Environnement qui les compile, à partir des réponses annuelles des fournisseurs de GPL de la Principauté. Toutes ces données sont publiées officiellement chaque année.

3.2.7.1.5 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs issues des analyses réalisées sur les carburants distribués à Monaco, à celles jusqu'alors utilisées dans les inventaires et issues de la littérature ou des inventaires français. Ces valeurs sont proches.

	Masse volumique kg/m ³	PCI mélange	% massique biomasse	% massique « other fossil fuels »	FE(CO ₂) fossile kg/TJ	FE(CO ₂) biomasse kg/TJ
Fioul Domestique						
Inventaire précédent	845	42,6	0	0	74 523	–
Campagne de caractérisation MC	823,4	42,6	0	0	74 523	–
B100						
Inventaire précédent	883	37,4	94,8	5,2	74 523	68 335
Campagne de caractérisation MC	881,2	37,4	94,8	5,2	74 520	74 320
GTL						
Inventaire précédent	778	44	0	–	69 200	–
Campagne de caractérisation MC	777,5	43,9	0	–	70 790	–
BTL						
Inventaire précédent	781	44	99,9	0,0005	68 335	68 335
Campagne de caractérisation MC	780,3	43,9	98,9	1,1	70 790	70 760

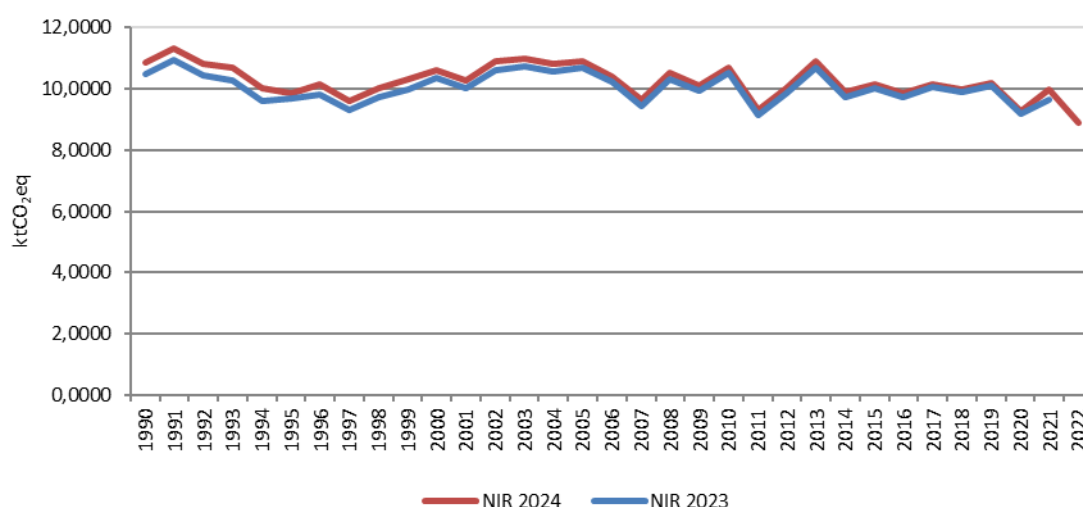
3.2.7.1.6 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne la répartition de la consommation de GPL, de GTL, de BTL, de biométhane et de B100 sur les secteurs 1.A.2.g.viii, 1.A.4.a et 1.A.4.b, l'application des valeurs *country-specific* des combustibles liquides sur l'ensemble de la série temporelle, le recalcul du FE(CO₂) du gaz naturel à partir de 2019 par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des nouvelles valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG).

Impact du recalcul

Figure 95. Recalcul des émissions de GES du 1A4a



L'impact du recalcul est compris entre $6,95 \times 10^{-2}$ ktCO₂eq et $4,20 \times 10^{-1}$ ktCO₂eq sur l'ensemble de la série temporelle, par rapport à la précédente soumission.

Raisons et justifications

Les consommations des carburants alternatifs jusqu'alors en faibles volumes étaient uniquement comptabilisées dans le secteur 1.A.4.b.. Avec l'interdiction du fioul domestique et son remplacement partiel par les carburants alternatifs, il a été nécessaire d'améliorer leur répartition sur les trois secteurs.

De plus, les résultats de la caractérisation des combustibles liquides distribués à Monaco ont été pris en compte dans les calculs, ainsi que le recalcul du FE(CO₂) du gaz naturel à partir de 2019 par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices.

3.2.7.1.7 Améliorations

Il n'est pas prévu d'amélioration pour ce secteur.

3.2.7.2 1A4A – COMMERCIAL OFF-ROAD TRANSPORT- RACING CARS

Conformément à la recommandation E.22 formulées par l'ERT lors de l'in-country review 2019, il a été demandé à l'autorité en charge de l'organisation du Grand Prix de Formule 1 – l'Automobile Club de Monaco (ACM) - de Monaco si elle disposait d'informations sur les types de carburants utilisés, les quantités de carburants et leur origine.

En réponse, l'ACM a indiqué que le carburant répondait aux spécifications de la Fédération Internationale Automobile et que le carburant est transporté par bidon des différents pays d'origine des écuries automobiles.

Les quantités de carburants consommées annuellement ne sont pas connues et ne sont pas déclarées auprès des Douanes et des autorités monégasques.

Compte-tenu de ce qui précède, s'il apparaît que les émissions liées aux quantités de carburants consommés par le Grand Prix de Formule 1 de Monaco ne sont pas comptabilisées dans les inventaires des pays d'origine des écuries automobiles, alors Monaco comptabilisera ces émissions et ce afin d'éviter tout double comptage.

Il est précisé que le Grand Prix de Formule 1 a été annulé en 2020, consécutivement à la pandémie liée à la COVID-19.

3.2.7.3 1.A.4.B. AUTRES SECTEURS DU DOMAINE DE L'ÉNERGIE – SECTEUR RESIDENTIEL

Les catégories sources d'émission comptabilisées au sein de ce secteur concernent la combustion de gaz naturel (1.A.4.b.i) et de fioul domestique (1.A.4.b.i) destinée très majoritairement au chauffage des bâtiments ainsi que depuis le NIR 2019 la combustion du gaz de pétrole liquéfié (GPL) (butane et propane), depuis le NIR 2021 la combustion de B100, car 2019 est la première année où ce combustible est consommé en Principauté, depuis le NIR 2023 le GTL et depuis le NIR 2024 le BTL.

Les émissions de la catégorie du secteur résidentiel en 2022 sont présentées dans le tableau 1s2 et 1.A(a)s4 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du Secteur résidentiel sont en 2022 de **7,3 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) sont de : **31,1 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **-76,6 % (-24 ktCO₂eq)**

Figure 96. Evolution des émissions de GES depuis 1990 de la catégorie - 1A4b Secteur résidentiel

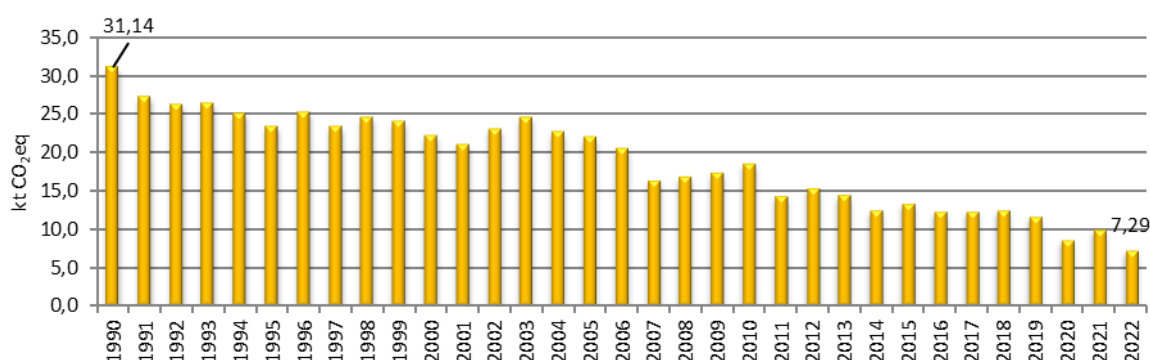


Figure 97. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie - 1A4b Secteur résidentiel

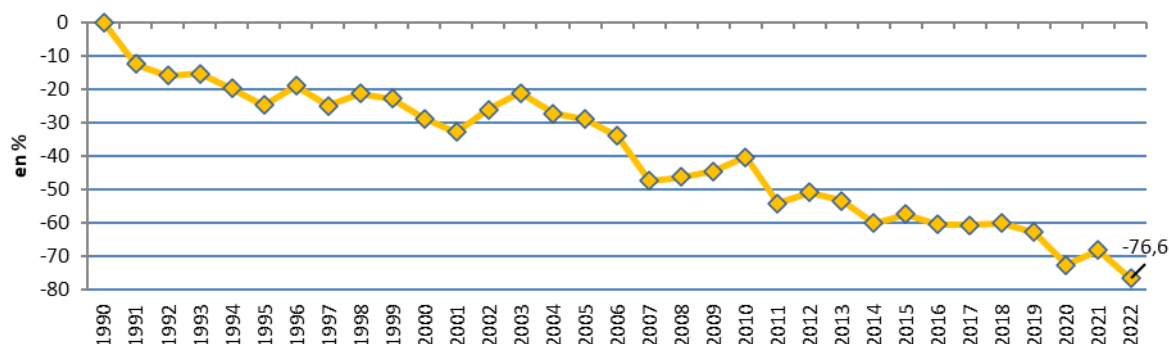
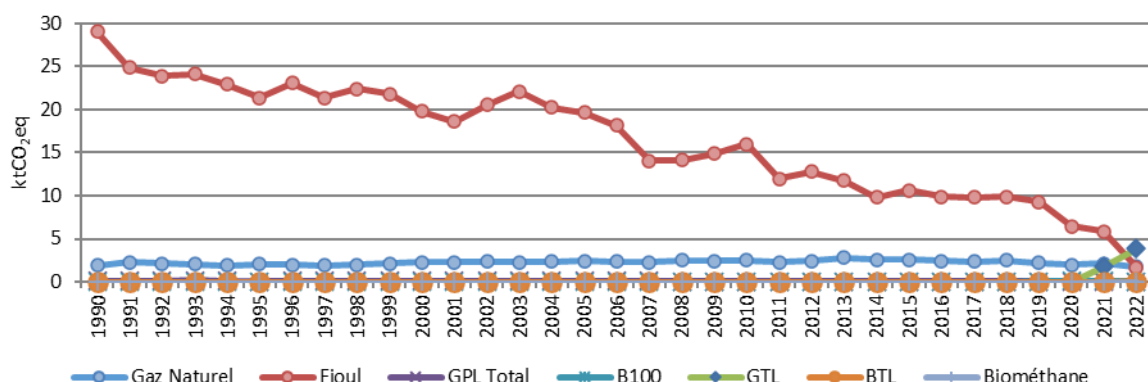


Figure 98. Émissions de GES par catégorie source - 1A4b Secteur résidentiel (en kt CO₂eq)



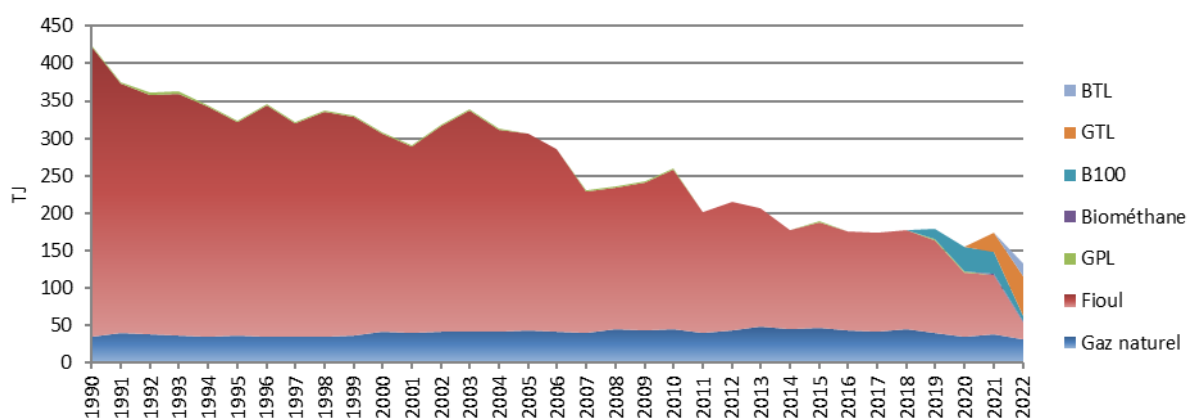
3.2.7.3.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Bilan énergétique

Les politiques entreprises se traduisent par une diminution progressive des émissions de GES de cette catégorie. L'énergie produite à partir du fioul domestique est en forte baisse. Cette baisse est en partie compensée par une utilisation du gaz naturel et de combustibles de synthèse (GTL, BTL,...) en substitution.

La consommation de GPL a elle aussi tendance à diminuer. Depuis l'année 2018, l'une des sociétés qui livre la Principauté en bouteilles de GPL livre une partie sous forme bio. Les données de GPL total représentées par la suite représentent la somme des quantités en TJ pour les parts bio et non bio.

Figure 99. Consommation énergétique de la catégorie - 1A4b Secteur résidentiel



Données d'activité

Les émissions du secteur commercial/institutionnel ont été distinguées de celles du secteur résidentiel et de celles du secteur industriel. La combustion qui se produit pour ces trois secteurs a les mêmes caractéristiques que celle du secteur résidentiel à Monaco. Les bâtiments et usages du fioul et du gaz du secteur industriel en Principauté ayant les mêmes caractéristiques que le secteur résidentiel. La méthodologie de calcul des émissions adoptée est identique pour les trois secteurs que celle du secteur 1A4bi.

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre est basée sur la quantité de combustibles liquides consommés à Monaco (et achetée en partie par les utilisateurs résidant à Monaco auprès de fournisseurs situés en France), de gaz naturel et de gaz de pétrole liquéfié (GPL) commercialisés à Monaco. Ces quantités sont déterminées à partir des données déclarées par les distributeurs.

Combustion de combustibles liquides

Les données relatives aux combustibles liquides consommés sont recueillies chaque année auprès des distributeurs français et monégasques opérant à Monaco.

Pour distinguer les consommations de fioul domestique et de combustibles de synthèse (GTL, BTL,...) pour les secteurs industriel, commercial/institutionnel et résidentiel, la Principauté s'est basée sur la donnée disponible la plus à jour issue d'une étude approfondie basée sur des Données 2016 - Base de Données Plan Climat Air Energie 2030, Direction de l'Environnement, concernant les surfaces de bâtiments des différents secteurs.

Comme cette donnée est la seule donnée disponible à ce jour, celle-ci a été utilisée comme pourcentage de répartition de la donnée de la consommation de combustibles liquides selon les trois secteurs sur l'ensemble de la série temporelle, comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 34. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Secteur	Répartition
Industrie (1A2gviii)	0,65 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	12,30 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	87,05 %

Combustion de gaz naturel et de gaz de pétrole liquéfié

Pour le gaz, la donnée d'activité prise en compte est l'ensemble du gaz naturel distribué à Monaco, (hormis l'utilisation par le secteur 1A1 Production énergétique) par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) qui est l'unique concessionnaire de la Principauté à importer et distribuer du gaz et de l'électricité, sur l'ensemble du territoire monégasque. Pour le biométhane, la donnée d'activité prise en compte est l'ensemble du biométhane distribué à Monaco par la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz (SMEG) qui est l'unique concessionnaire de la Principauté à importer et distribuer du gaz et de l'électricité, sur l'ensemble du territoire monégasque. Pour le GPL, la donnée d'activité est recueillie chaque année auprès des distributeurs monégasques.

Pour distinguer les consommations de gaz et de biométhane pour les secteurs industriel, commercial/institutionnel et résidentiel, la Principauté s'est basée sur la donnée disponible la plus à jour issue des rapports SMEG. Cette donnée n'était pas disponible avant le rapport annuel de l'année 2016, qui fournit la première répartition de cette donnée d'activité suivant les trois secteurs pour l'année 2015. Cette répartition a ainsi été appliquée à toutes les années antérieures à 2015, l'année 2015 étant incluse, puis la donnée annuelle mise à jour a été utilisée en se basant sur la donnée la plus récente disponible au moment de l'inventaire national (références rapports annuels SMEG). Au regard de la faible quantité de GPL consommé et en l'absence de données plus précises, la clé de répartition du gaz naturel a été appliquée.

Les répartitions de données d'activité pour le gaz et le GPL se font ainsi selon le tableau suivant pour les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi :

Tableau 35. Répartition en % de la quantité de gaz naturel, de biométhane et de GPL consommés sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Années	≤ 2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secteur	Répartition n	Répartition n	Répartition n	Répartition n	Répartition n	Répartition n
Industrie (1A2gviii)	9,19 %	9,49 %	9,12 %	10,31 %	2,59 %	1,79 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	69,46 %	70,02 %	71,35 %	69,24 %	77,63 %	79,39 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	21,35 %	20,49 %	19,53 %	20,45 %	19,77 %	18,82 %

Années	2021	2022
Secteur	Répartition n	Répartition n
Industrie (1A2gviii)	1,62%	1,95%
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	79,06%	80,56%
Secteur Résidentiel (1A4bi)	19,33%	17,50%

Éléments d'interprétation de l'évolution des données d'activité

Depuis le 16 septembre 2003, l'installation de centrales de chauffage au fioul dans le cadre de constructions neuves est interdite pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Depuis le 1^{er} janvier 2022, il est interdit d'utiliser des combustibles liquides dont le facteur d'émissions (combustion) est supérieur à 180 gCO₂ eq./kWh dans tous les bâtiments, pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

Ce dispositif réglementaire conduit à une mutation du fioul domestique vers des combustibles liquides partiellement ou totalement d'origine biogénique (F30, XTL, B100, ...), vers du gaz naturel ou vers d'autres technologies (réseaux de chaleur, pompes à chaleur, ...). Il demeure une dérogation temporaire à l'interdiction du fioul domestique pour certains bâtiments en cours de raccordement à un réseau de chaleur.

Enfin, le raccordement progressif de bâtiments aux réseaux de chaleur induit une diminution de la consommation de combustibles fossiles, principalement liquides.

3.2.7.3.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, équation 2.2).

Dans le cadre du présent inventaire et conformément à la recommandation ARR 2022-E7, Monaco a décidé d'utiliser des facteurs d'émission *country-specific* (CS) pour l'estimation des émissions relatives aux combustibles liquides consommés.

Pour ce faire, la Direction de l'Environnement a réalisé, en 2021-2022, des campagnes de caractérisation des combustibles liquides distribués sur le territoire. 46 échantillons ont ainsi été prélevés et analysés.

Le but de cette campagne a été notamment de déterminer la part biomasse des combustibles importés et en particulier celle des carburants de synthèse (BTL et GTL) pour lesquelles il n'existe aucune donnée précise dans la littérature et en France.

Il a été fait le choix pour l'estimation des émissions du B100, du BTL et du GTL, d'utiliser les valeurs issues de ces campagnes.

Les paramètres analysés sont :

- pouvoirs calorifiques inférieur (PCI) et supérieur (PCS),
- teneurs en :
 - o carbone (C),
 - o hydrogène (H),
 - o oxygène (O),
 - o soufre (S),
 - o sodium (Na),
 - o aluminium (Al), argent (Ag), bore (B), baryum (Ba), cadmium (Cd), calcium (Ca), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), potassium (K), mercure (Hg), magnésium (Mg), manganèse (Mn), molybdène (Mo), nickel (Ni), phosphore (P), plomb (Pb), silicium (Si), étain (Sn), vanadium (V), zinc (Zn),
- les masses volumiques,
- les teneurs en carburant biomasse (éthers méthyliques d'acides gras -EMAG-, éthanol, méthanol, éther éthyle tertiobutyle -ETBE- et méthyl tert-butyl éther -MTBE)
- et la teneur en carbone biogénique dite « Carbone 14 ».

A partir de ces paramètres, les valeurs suivantes ont été calculées :

- les facteurs d'émission (FEs) de CO₂
- les teneurs massiques biomasse,
- les FE de SO₂
- et les FE des différents métaux lourds (ML)

Les niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont détaillés dans le tableau ci-après :

		Méthodes			Facteurs d'émissions		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A4bi	Gaz Naturel	T2	T3	T3	CS	D	D
1A4bi	Fioul Domestique	T2	T3	T1	CS	D	D
1A4bi	Gaz de Pétrole Liquéfié	T1	T1	T1	D	D	D
1A4bi	B100	T2	T3	T1	CS	D	D
1A4bi	GPL Biomasse	T1	T1	T1	D	D	D
1A4bi	GTL	T2	T1	T1	CS	D	D
1A4bi	BTL	T2	T1	T1	CS	D	D

Les calculs sont présentés en ANNEXE 3 METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES de ce rapport.

3.2.7.3.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

A Monaco, ce secteur ne comprend que les émissions imputables à la combustion de combustibles dans les bâtiments résidentiels.

Les activités relatives aux autres catégories d'émissions n'ont pas cours au sein de la Principauté.

Les données sont considérées comme exhaustives, d'une part de par la nature de l'importation et de la distribution du gaz naturel qui n'est gérée que par une seule entreprise concessionnaire de l'État, à savoir la Société Monégasque de l'Électricité et du

Gaz (SMEG) et, d'autre part, par la connaissance précise de la distribution de combustibles liquides en Principauté.

Pour les incertitudes sur les données d'activité une valeur par défaut de $\pm 5\%$, inscrite dans les lignes directrices 2006, a été adoptée pour le gaz naturel, le fioul domestique, le B100, le BTL, le GTL et le gaz de pétrole liquéfié consommés (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, §2.4.2 Incertitudes des données sur les activités).

Pour le CH_4 et le N_2O , afin de ne pas minimiser les incertitudes, et n'ayant pas de valeur locale mesurée à Monaco, un choix a été fait d'opter pour le cas du pays présentant les valeurs d'incertitudes les plus élevées. Le cas de la Norvège a donc été adopté pour quantifier les incertitudes liées à l'application de facteurs d'émission par défaut pour le CH_4 et le N_2O .

Conformément aux lignes directrices, il a été choisi d'appliquer un facteur d'incertitude compris entre $[-50\% ; +100\%]$ pour le CH_4 (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999) et compris entre $[-66\% ; +200\%]$ pour le N_2O (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.14, Norvège/Rypdal 1999).

Le cas de la Norvège a été conservé pour quantifier l'incertitude liée à l'application des facteurs d'émission de CO_2 des combustibles liquides et du gaz de pétrole liquéfié, ainsi que pour les parts d'*other fossil fuels*. Ainsi, une valeur de $\pm 3\%$ a été utilisée (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, Tab.2.13, Norvège/Rypdal 1999).

Concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO_2 pour le gaz naturel, la valeur par défaut de $\pm 4\%$ (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. GIEC-Vol.2, Ch.1, Tab.1.4) a été utilisée. Et concernant l'incertitude sur le facteur d'émission du CO_2 pour les parts biomasses du B100, du BTL, le biométhane la valeur par défaut a été appliquée, comme expliqué dans le Chapitre 2 du Volume 2 des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, p. §2.4.1 Emission factor uncertainties), soit une incertitude moyenne de $\pm 7\%$.

Les valeurs d'incertitudes sont reportées en ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES.

3.2.7.3.4 Cohérence des séries temporelles

Pour ce secteur, la même méthodologie et les mêmes sources de données sont appliquées pour toute la série temporelle.

Notamment, afin d'assurer une cohérence dans les calculs, les données d'activité pour le GPL pour la série 1990-2014 sont issues de Monaco en Chiffres-IMSEE, puis depuis l'année 2015 incluse, ces données sont fournies à l'IMSEE par la Direction de l'Environnement qui les compile, à partir des réponses annuelles des fournisseurs de GPL de la Principauté. Toutes ces données sont publiées officiellement chaque année.

3.2.7.3.5 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Le tableau ci-après présente la comparaison des valeurs issues des analyses réalisées sur les carburants distribués à Monaco, à celles jusqu'alors utilisées dans les inventaires et issues de la littérature ou des inventaires français. Ces valeurs sont proches.

	Masse volumique kg/m3	PCI mélange	% massique biomasse	% massique « other fossil fuels »	FE(CO2) fossile kg/TJ	FE(CO2) biomasse kg/TJ
Fioul Domestique						
Inventaire précédent	845	42,6	0	0	74 523	-
Campagne de caractérisation MC	823,4	42,6	0	0	74 523	-
B100						
Inventaire précédent	883	37,4	94,8	5,2	74 523	68 335
Campagne de caractérisation MC	881,2	37,4	94,8	5,2	74 520	74 320
GTL						
Inventaire précédent	778	44	0	-	69 200	-
Campagne de caractérisation MC	777,5	43,9	0	-	70 790	-
BTL						
Inventaire précédent	781	44	99,9	0,0005	68 335	68 335
Campagne de caractérisation MC	780,3	43,9	98,9	1,1	70 790	70 760

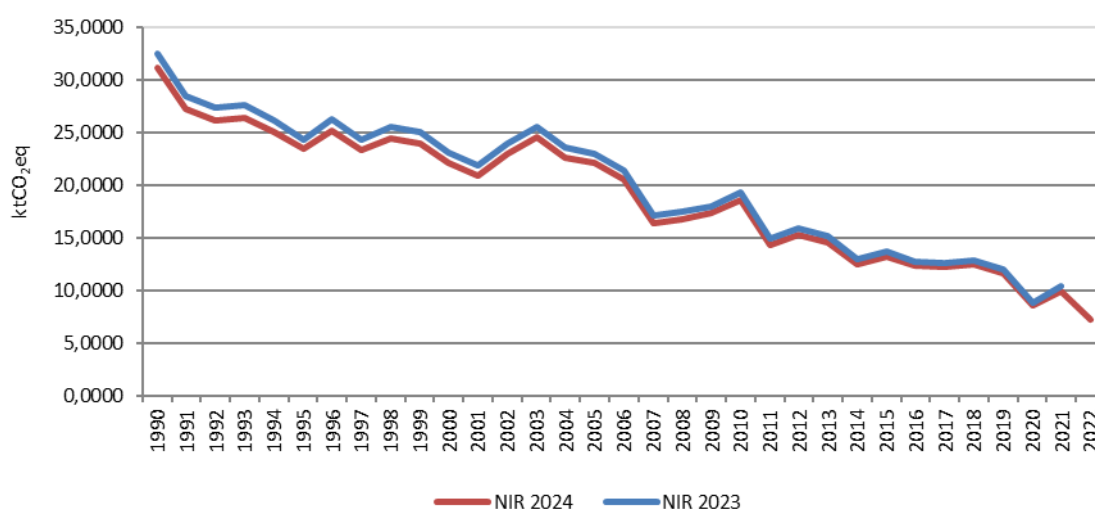
3.2.7.3.6 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne la répartition de la consommation de GPL, de GTL, de BTL, de biométhane et de B100 sur les secteurs 1.A.2.g.viii, 1.A.4.a et 1.A.4.b, l'application des valeurs *country-specific* des combustibles liquides sur l'ensemble de la série temporelle, le recalcul du FE(CO₂) du gaz naturel à partir de 2019 par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des nouvelles valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG).

Impact du recalcul

Figure 101. Recalcul des émissions de GES du 1A4b



L'impact du recalcul est compris entre -4,49 ktCO₂eq et -3,05 ktCO₂eq sur l'ensemble de la série temporelle, par rapport à la précédente soumission.

Raisons et justifications

Les consommations des carburants alternatifs jusqu'alors en faibles volumes étaient uniquement comptabilisées dans le secteur 1.A.4.b.. Avec l'interdiction du fioul domestique et son remplacement partiel par les carburants alternatifs, il a été nécessaire d'améliorer leur répartition sur les trois secteurs.

De plus, les résultats de la caractérisation des combustibles liquides distribués à Monaco ont été pris en compte dans les calculs, ainsi que le recalcul du FE(CO₂) du gaz naturel à partir de 2019 par rapport à la dernière soumission, ainsi que l'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices.

3.2.7.3.7 Améliorations

Il n'est pas prévu d'amélioration pour ce secteur.

3.2.7.4 1A4c AGRICULTURE, FORETS, PECHES

Il n'y a pas d'émissions liées à cette catégorie à Monaco, les clés de notation « NO » et « NA » ont été utilisées.

3.2.8 1A5 Divers

Il n'y a pas d'émissions liées à cette catégorie à Monaco, les clés de notation « NO » et « NA » ont été utilisées.

3.31B. Emissions fugitives à partir des combustibles

A Monaco, les émissions de GES dues aux émissions fugitives à partir des combustibles sont exclusivement dues à la distribution du gaz naturel en réseau et présentées dans la catégorie 1.B.2.b ci-dessous.

Les émissions fugitives comptabilisées sont constituées majoritairement de CH₄, mais aussi de CO₂. Elles ont pour origine la distribution de gaz naturel via un réseau sur le territoire de Monaco.

Les émissions et puits de carbone de la catégorie des émissions fugitives en 2022 sont présentés dans le tableau 1.B.2.b.5 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions fugitives à partir des combustibles sont en 2022 de **0,6 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **2 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **-69,7 % (-1,4 ktCO₂eq)**

Les émissions fugitives à partir des combustibles représentent :
0,9 % des émissions globales (2 % en 1990)
1 % des émissions du secteur de l'énergie (2 % en 1990)

Figure 100. Evolution des émissions fugitives à partir des combustibles entre 1990 et 2022

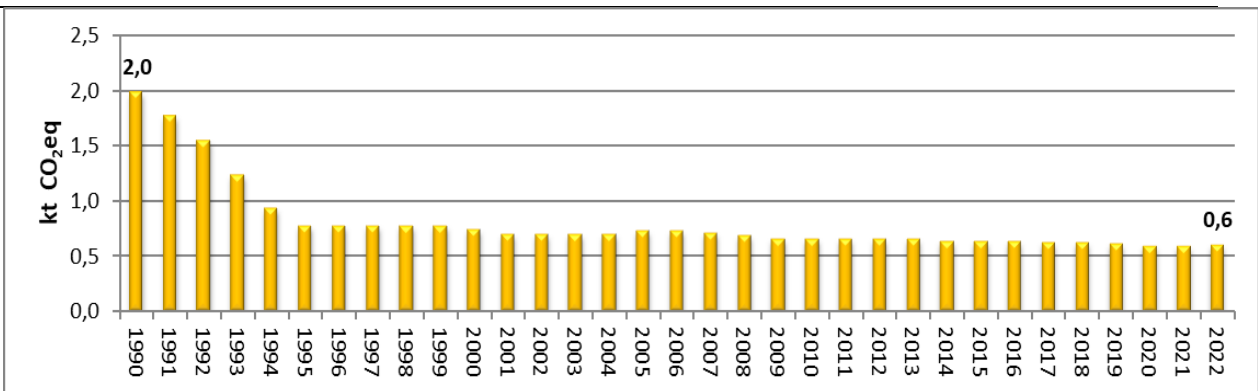
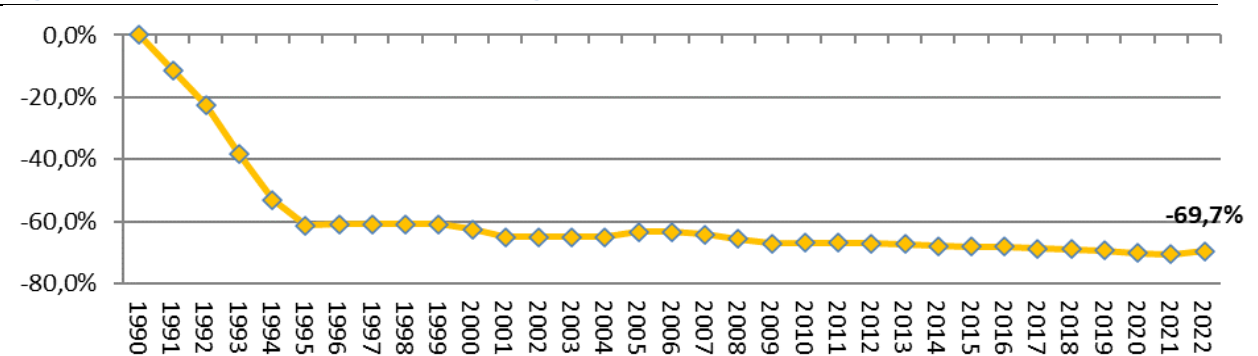


Figure 101. Evolution des émissions fugitives par rapport à 1990



3.3.1 1B1 Emissions fugitives à partir des combustibles solides

Les émissions fugitives à partir des combustibles liquides concernent l'activité relative à la distribution de combustibles pour le secteur du transport et des combustions stationnaires (secteur 1.B.2.a.5).

Les émissions fugitives à partir des cuves de stockage des carburants à Monaco ne sont pas estimées dans le cadre de cet inventaire, car aucune méthodologie n'est disponible dans les lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006). Les clés de notation « NE » sont donc utilisées.

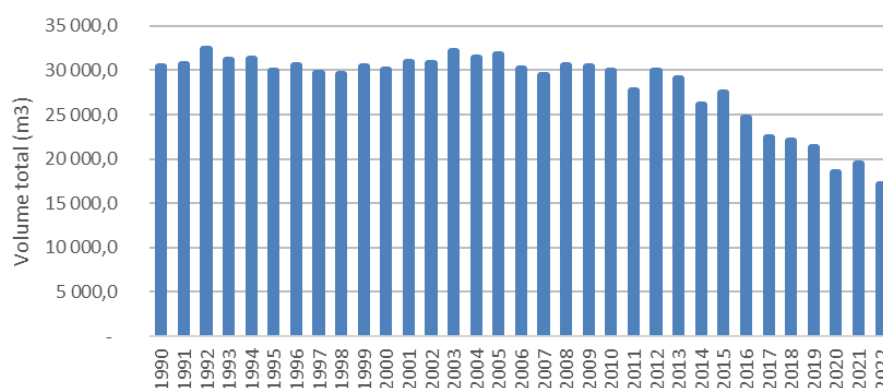
Toutefois, les volumes de carburants distribués sur la Principauté et donc stockés sur la Principauté sont reportés dans les données d'activités de la fiche 1.B.2.a.5 du CRT.

Le graphique ci-dessous montre l'évolution temporelle des ventes totales de carburants sur la Principauté²⁹, incluant :

- le diesel, l'essence et le diester du routier
- le diesel et l'essence du secteur maritime
- le kérosène, l'Avgas de l'aérien
- le GNR
- le fioul domestique, le fioul Lourde, le B100, le BTL et le GTL.

En 2022, suite à une amélioration des données de l'activité du secteur aérien, les données de vente de l'Avgas sont rajoutées sur l'ensemble de la série temporelle (1991 à 2022).

Figure 102. Evolution des volumes totaux de carburants stockés et distribués sur la Principauté



1.1.1. 1B2b Emissions fugitives de gaz naturel

La distribution de gaz naturel sur le territoire constitue à Monaco le seul poste d'émission de la catégorie (1.B.2.b.5 Emissions fugitives de gaz naturel).

Les émissions de CH₄ de cette catégorie constituent une catégorie clé.

²⁹ Données carburants 2021, Direction de l'Environnement.
Rapport National d'Inventaire
2024

Les émissions de cette catégorie ont été estimées par une méthodologie de Tier 3 prenant en compte la composition des éléments constitutifs du réseau de distribution de Monaco.

Cette méthode a été mise en œuvre sur la base des recommandations de l'équipe d'experts (ERT) ayant examiné l'inventaire en 2013 dans l'hypothèse où une bonne connaissance des éléments du réseau était possible³⁰.

Cette méthode a été actualisée dans le cadre de l'inventaire des émissions de 2015.

Le principal facteur d'influence des émissions de ce secteur est l'évolution de la composition du réseau de distribution. Ce réseau a été considérablement rénové (remplacement des canalisations en fonte par du PEHD) entre 1990 et 1995. Il en résulte une importante variation des émissions entre ces deux dates. Les émissions se stabilisent ensuite.

Cette catégorie constitue une catégorie clé.

3.3.1.1 RESEAUX DE DISTRIBUTION DE GAZ

Les données sur le réseau et les équipements ont été obtenues auprès du distributeur et gestionnaire de l'importation et la distribution de gaz naturel à Monaco : la Société Monégasque de l'Electricité et du Gaz (SMEG)³¹.

L'actualisation des données est réalisée annuellement dans le cadre d'une demande effectuée auprès de la SMEG dans laquelle sont également demandés les volumes de gaz distribué.

Le réseau est aujourd'hui totalement constitué par des canalisations PEHD, le remplacement de la fonte ayant été finalisé. Le gaz est majoritairement distribué à moyenne pression (4 bars). Il existe également un réseau à basse pression (20 mBars).

Les données sur les longueurs de réseau, par matériaux, pour toute la période ont été reconstruites avec la meilleure précision possible dans le cadre d'un travail de recherches d'archives cartographiques, réalisé par la SMEG, à la demande de la Direction de l'Environnement, et à la suite de la revue de 2013.

Les nombres d'équipements de distribution et branchements basse et moyenne pression sont également recensés annuellement. Au cours de cette période, il n'y a pas eu d'évolution des postes sources au nombre de 3 en 2022.

L'ensemble de ces deux jeux de données a permis de disposer de la connaissance précise du réseau permettant d'appliquer une méthodologie de Tier 3.

³⁰ <http://unfccc.int/resource/docs/2014/arr/mco.pdf>, paragraphe 50-53, 2013

³¹ Collecte de données 2022, SMEG

Figure 103. Evolution des longueurs de réseau par matériaux et par pression de service

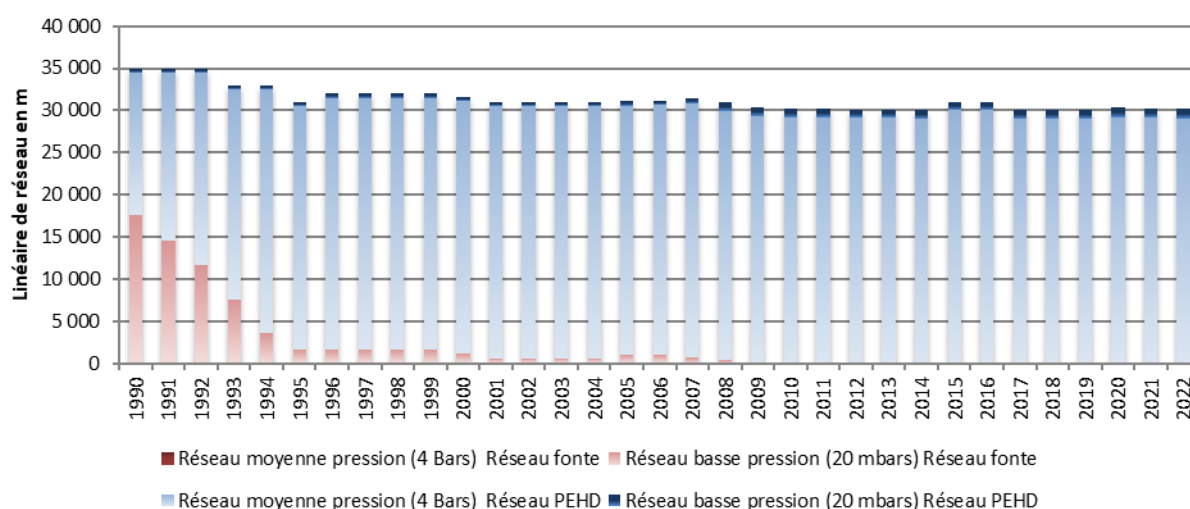
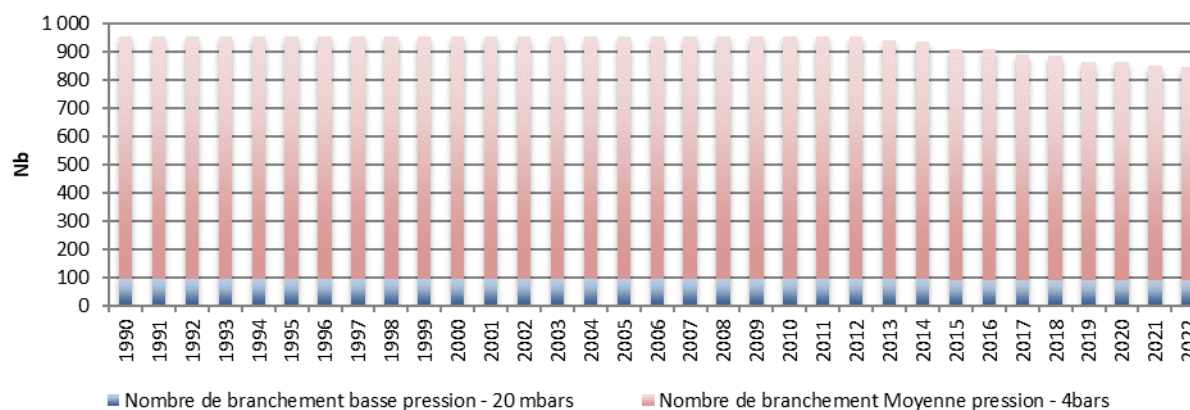


Figure 104. Evolution du nombre d'équipements – branchements de moyenne et basse pression



3.3.1.1 Méthodologie

La méthodologie suit les recommandations de l'équipe d'experts 2013. Elle prend en compte à la fois les équipements et les longueurs de réseau, ainsi que des émissions liées au fonctionnement routinier et non routinier, selon les équations proposées par le « Compendium of green house gas emissions methodologies for the oil and gas industry – API – August 2021 ». La méthodologie prend également en compte les recommandations de 2015.

Le compendium API comporte des facteurs d'émission pour le CO₂. Ceux-ci ont aussi été pris en compte et les émissions correspondantes ont été reportées dans le secteur 1.B.2.b.5.

Les facteurs d'émission du compendium API ont été établis pour une composition de gaz de 93,4 mol% de CH₄ et 2.0 mol% de CO₂. Interrogé à plusieurs reprises la SMEG en charge de la distribution de gaz ne dispose pas de la composition exacte du gaz distribué.

Des recherches parallèles ont permis de déterminer que le gaz distribué dans le sud de la France et importé à Monaco est de type H (haut pouvoir calorifique). Selon des sources (Société Chimique de France) ainsi que des origines et quantité de gaz importée (SOES) la composition de gaz à haut pouvoir calorifique importé en France en 2015 des valeurs de l'ordre de 94.4%vol (95mol%) pour le CH₄ et de 0.3%vol (0.06mol%) pour le CO₂. Les émissions

sont constituées des linéaires du réseau de distribution, des équipements branchements et des émissions non-routinières.

$$E_{\text{gaz,distribution}} = E_{\text{gaz,réseau}} + E_{\text{gaz,Equipements}} + E_{\text{gaz,opération non routinière}}$$

Avec

$$E_{\text{gaz,réseau}} = E_{\text{gaz,PEHD 20mb}} + E_{\text{gaz, PEHD 4bars}} + E_{\text{gaz,fonte 20mb}} + E_{\text{gaz,fonte 4bars}}$$

$$E_{\text{gaz,equipements}} = E_{\text{Equipements 20mb}} + E_{\text{Equipement 4bars}} + E_{\text{Poste Source}}$$

$$E_{\text{gaz,opération non routinière}} = E_{\text{Equipements 20mb}} + E_{\text{Equipement 4bars}} + E_{\text{Poste Source}}$$

Emissions liées au linéaire du réseau de distribution

$$E_{\text{gaz, pression, matériaux}} = L_{\text{réseau}}(\text{km}) * FE_{\text{Gaz,pression,matériaux}}(\text{kg / km /an})$$

Les facteurs d'émission sont issus du tableau 7-67 du Compendium API, les émissions concernent le CH₄ et le CO₂.

Emissions linéaire réseau Moyenne pression - 4 bars	FE issus du tableau 7-67 du compendium API	Kg/km/an
	FE de CH ₄ pour le PEHD	195.6
	FE de CH ₄ pour la fonte	2845
	FE de CO ₂ pour le PEHD	11.73
	FE de CO ₂ pour la fonte	280
Emissions linéaire réseau basse pression - 20mbars	FE issus du tableau 7-67 du compendium API	Kg/km/an
	FE de CH ₄ pour le PEHD	195.6
	FE de CH ₄ pour la fonte	2845
	FE de CO ₂ pour le PEHD	11.73
	FE de CO ₂ pour la fonte	280

Emissions liées aux équipements :

$$E_{\text{pression, équipements}} = N_{\text{Equipements}} * FE_{\text{pression,equipement}}(\text{kg / unité /an})$$

Les facteurs d'émission sont issus du tableau 7-64 du Compendium API, ces émissions concernent le CH₄.

Emissions liées aux équipements	FE issus du tableau 7-64 du compendium API	Kg/unité/an
Branchements moyenne pression	MP 4bar R-Vault 40-100 psig (chambre de reg)	14.5
Branchements basse pression	MP 20 mb R-Vault 40-100 psig (chambre de reg)	14.5
Postes sources	Postes sources M&R<100 psig	720

Emissions relatives aux opérations non routinières

$$E_{\text{opérations non routinières}} = L_{\text{totale Réseau}} * FE_{\text{opérations}}(\text{kg / unité /an})$$

Les facteurs d'émission sont issus du tableau 6-46 du Compendium API, ces émissions concernent le CH₄

	FE issus du tableau 6-46 du compendium API	Kg CH ₄ /km/an
Purges	Pipeline blowdowns (based on main and service length)	20,01
Incidents	Pipeline mishaps (dig ins based on mains and service length)	18,89
Soupapes de surpressions	FE Pressure relief valves (based on mains lengths)	0,5959
Entretien t d'équipements	M&R station maintenance upsets	2,895

3.3.1.1.2 **Evaluation des incertitudes**

Les incertitudes ont été estimées pour cette catégorie en prenant en compte les incertitudes sur les facteurs d'émission fournies dans le Compendium API. Les incertitudes sur les données d'activité (longueur de réseau) sont faibles et estimées à +/- 10% compte tenu de la précision de la donnée mise à disposition par la SMEG.

Ainsi, les incertitudes sur les facteurs d'émissions pour le CO₂ et le CH₄ sont respectivement de 262 % et 140 %.

3.3.1.1.3 **ASSURANCE QUALITE ET CONTROLE QUALITE SPECIFIQUE**

A la suite des différentes améliorations portées à l'estimation des émissions de cette catégorie sur la base d'une méthodologie de Tier 3 pour les émissions fugitives de CH₄, les facteurs d'émissions rapportés au linéaire du réseau de distribution ont été estimé en 2022 à 713 kg/km pour l'ensemble des émissions, 690 kg/km pour les seules émissions routinières et à 196 kg/km pour les émissions liées aux coefficients de perméabilité des matériaux.

La comparaison de ces facteurs d'émission induits par rapport aux facteurs français de 181.53 kg/km (FCCC/ARR/2013/MCO) permet de situer les émissions calculées pour le réseau de Monaco dans une fourchette haute d'émissions.

Une comparaison complémentaire a été réalisée en conduisant une estimation des émissions selon une méthode de Tier 1 basée sur les quantités de gaz distribuées (cf cat 1A1a+1A4) et montre pour 2022 un niveau d'émissions de 0,14 ktCO₂eq pour l'ensemble de la catégorie avec un facteur d'émission de 185,1 kg/km pour le CH₄.

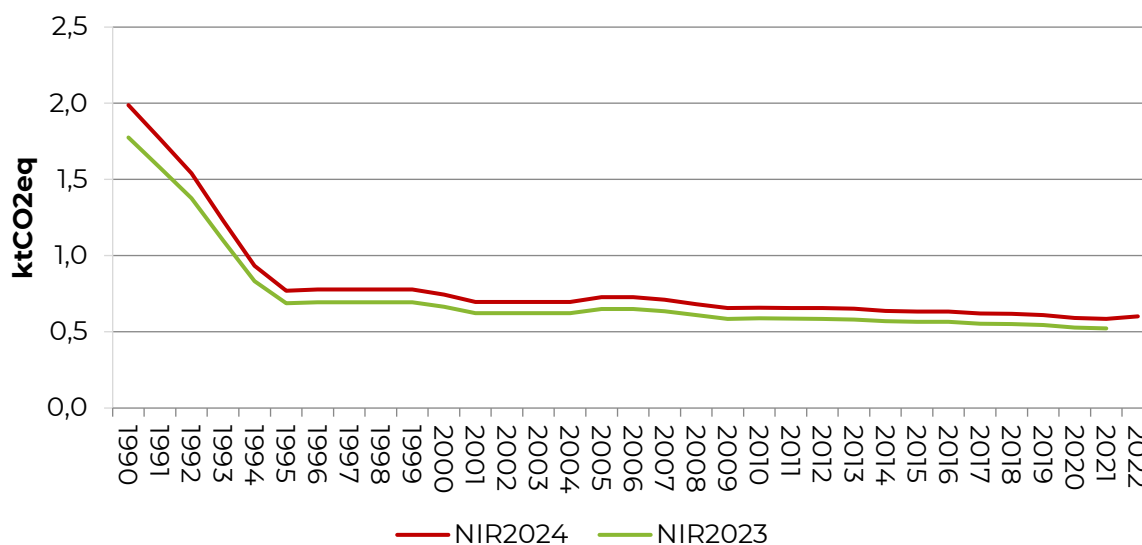
L'ensemble de ces comparaisons laissent entendre qu'il est peu probable que la méthodologie actuelle conduise à une sous-estimation des émissions, et que les estimations effectuées actuellement se situent dans une fourchette haute d'émissions pour cette catégorie.

3.3.1.1.4 **Recalcul**

Description du recalcul

Aucune modification méthodologique n'a été réalisée pour cette soumission 2024. Le recalcul est lié à l'application des nouvelles valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) qui a une incidence sur les émissions de CH₄.

Impact du recalcul



Le recalcul entre les 2 NIR implique une augmentation de 12% sur l'ensemble de la série temporelle.

Raisons et justifications

L'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices explique cette variation.

3.3.1.1.5 Améliorations

Il n'est pas prévu d'amélioration.

3.3.2 1B2c - Emissions due aux torchères et au venting

Cette catégorie concerne les émissions fugitives de gaz à effet de serre à partir des activités minières ou des industries de transformation des combustibles solides.

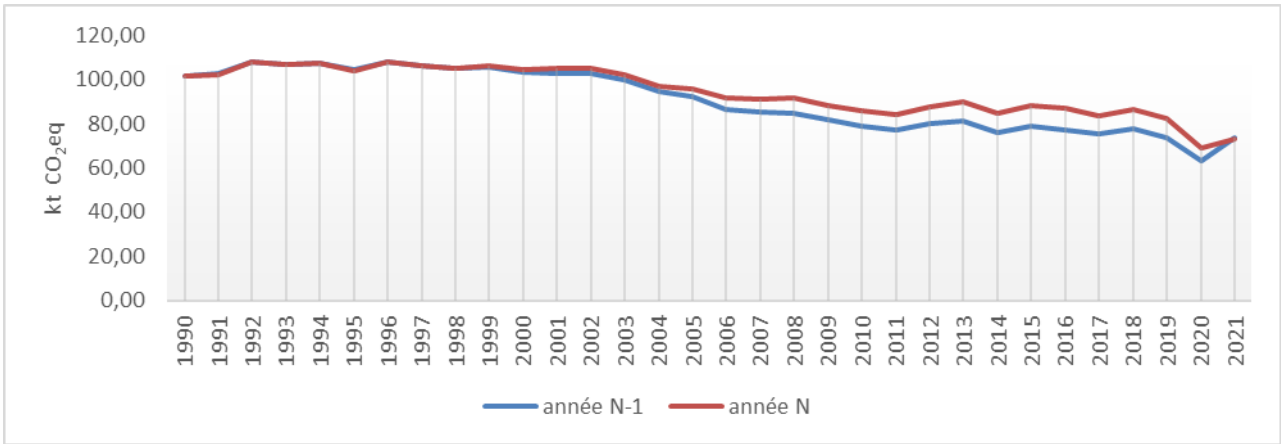
Ces activités n'ayant pas cours à Monaco, les émissions correspondantes à cette catégorie sont considérées comme nulles.

Les clés de notation « NO » et « NA » ont été utilisées.

3.4 Recalcul du Secteur 1

Le présent graphique présente l'effet des recalculs réalisés dans le cadre du NIR 2022 par rapport au NIR 2021 sur la série temporelle 1990-2021 du secteur 1 – Energie.

Figure 105. Recalcul du Secteur 1



La variation est présentée dans le tableau ci-dessous :

		NIR année N-1	NIR année N	% d'évolution de NIR 2021 à NIR 2022
Secteur 1	1990	101,60	100,71	-0,88%
	2021	67,24	67,15	-0,1%

3.5 Memo Items- 1.D

3.5.1 Soutes internationales - 1D1 International Bunkers

Les émissions et puits de carbone de la catégorie des soutes internationales (international bunkers) relatives aux transports pour 2022 sont présentés dans le tableau 1S2 et 1D du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions des soutes internationales sont en 2022 de	11,07 ktCO ₂ eq
Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculées sont de :	6,76 ktCO ₂ eq
Soit une variation de :	+ 63,77 % (4,31 ktCO ₂ eq)

Figure 106. Evolution des émissions de GES des soutes internationales entre 1990 et 2022

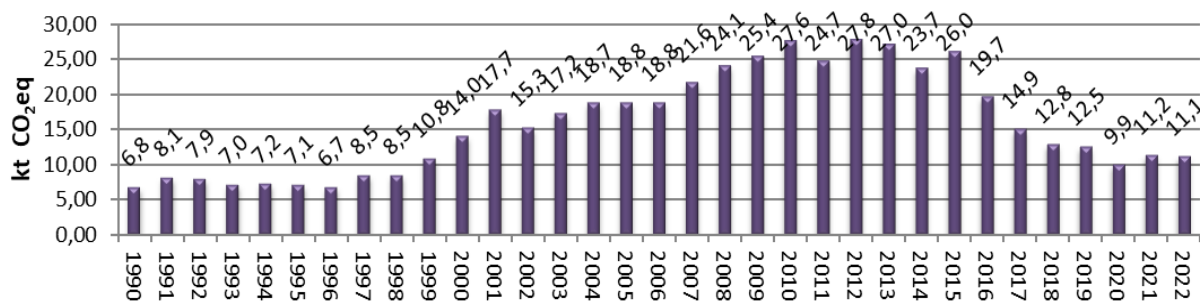
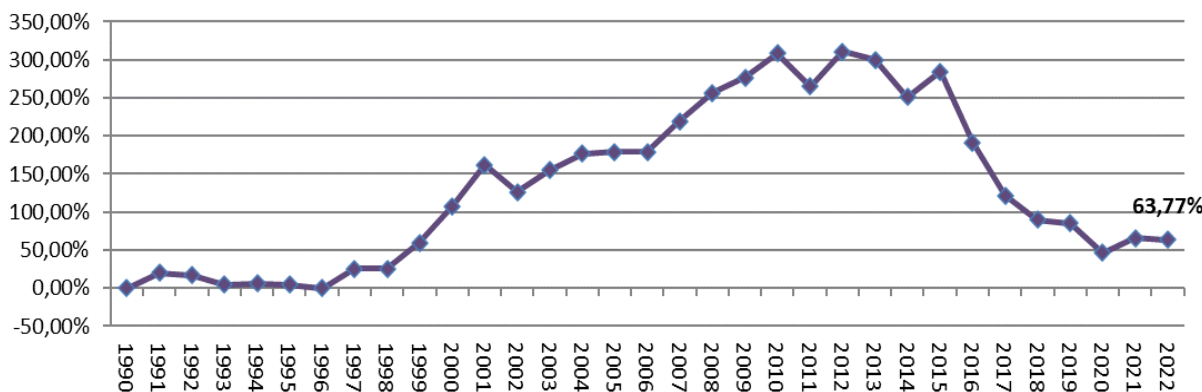


Figure 107. Evolution des émissions de GES des soutes internationales entre 1990 et 2022



Les émissions des soutes internationales sont passées de 6,8 ktCO₂eq en 1990 à 11,1 ktCO₂eq en 2022, soit une augmentation de 4,3 ktCO₂eq. Le maximum d'émission ayant été observé en 2012 avec 27,8 ktCO₂eq.

Cette augmentation est principalement due à l'augmentation de la vente de carburant pour la navigation internationale.

3.5.1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA CATEGORIE

Les émissions des soutes internationales sont composées par les émissions de :

- L'aviation internationale (1.D.1.a) ;
- La navigation internationale (1.D.1.b).

Pour ces deux catégories, les caractéristiques générales, les facteurs d'émission et formules de calculs sont strictement identiques à celle développée respectivement pour les catégories :

- 1.A.3.a Aviation domestique ;
- 1.A.3.d Navigation Domestique.

Les méthodes d'estimation des parts nationale et internationale des carburants consommés sont détaillées dans les Chapitres 1.A.3.a Aviation domestique et 1.A.3.d Navigation Domestique.

3.5.1.2 REPARTITION GENERALE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

Figure 108. Evolution de la consommation énergétique des soutes internationales

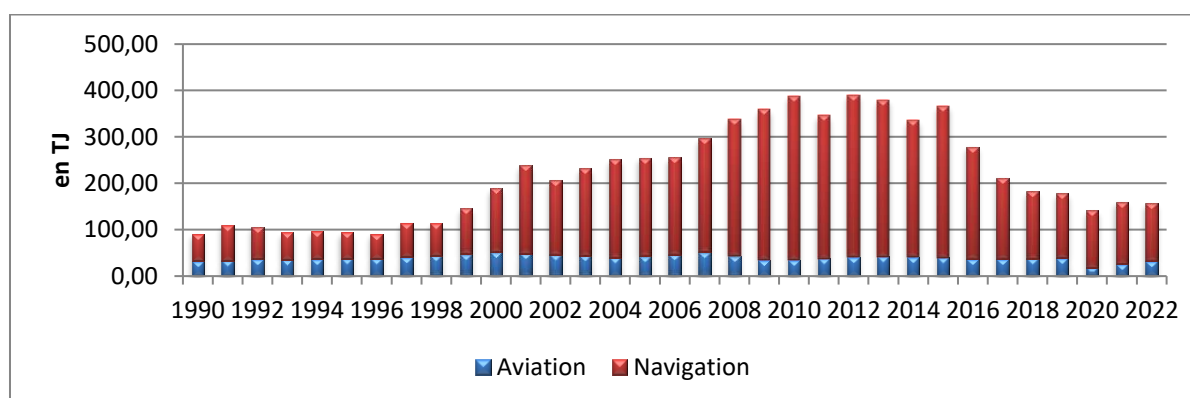


Figure 109. Répartition de la consommation énergétique des soutes internationales



En 1990, la consommation énergétique de la navigation représentait les deux tiers des soutes internationales. En 2022, la navigation représente 79 % de la consommation de ce secteur.

3.5.1.3 AVIATION INTERNATIONALE (I.D.1.A)

Les émissions et puits de carbone de la catégorie de l'aviation internationale sont présentés dans les tableaux 1S2 et 1D du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions des soutes internationales sont en 2022 de **2,38 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **2,39 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **- 0,5 % (-0,01 ktCO₂eq)**

Figure T10. Evolution des émissions de GES entre 1990 et 2022 des soutes internationales –Aviation civile

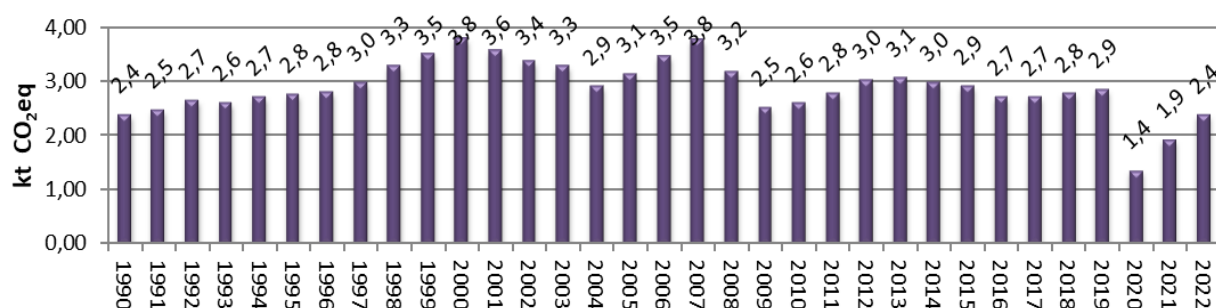
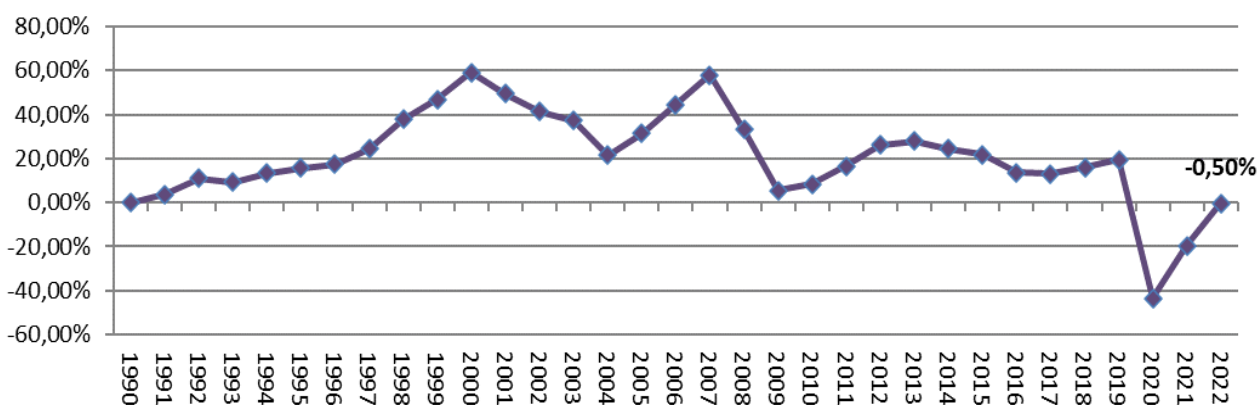


Figure T11. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 des soutes internationales –Aviation civile

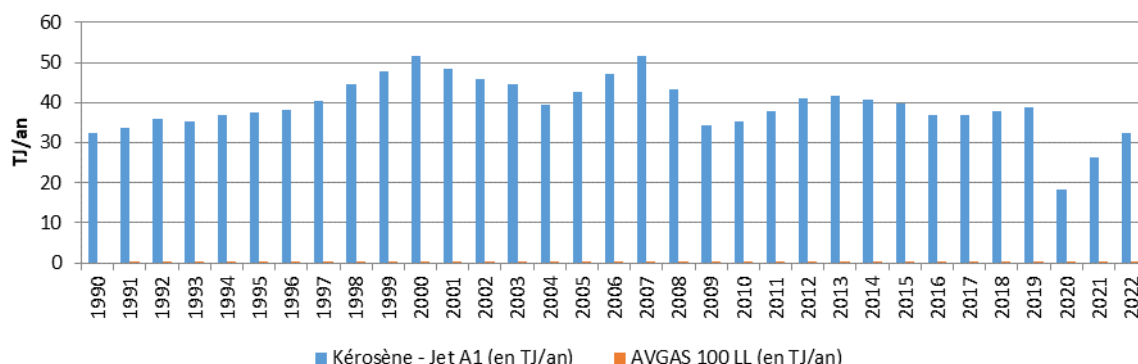


La méthodologie de Tier 3, décrite en détails dans le chapitre dédié à l'aviation nationale (1A3a) , est appliqué pour les soutes internationales aériennes. Aussi, le type d'aéronef, la motorisation, la destination du vol, la durée de vol sont considérés pour chaque mouvement international.

Aussi, de ces variations indépendantes, il n'est pas observé de tendances continues de variation des émissions sur la période.

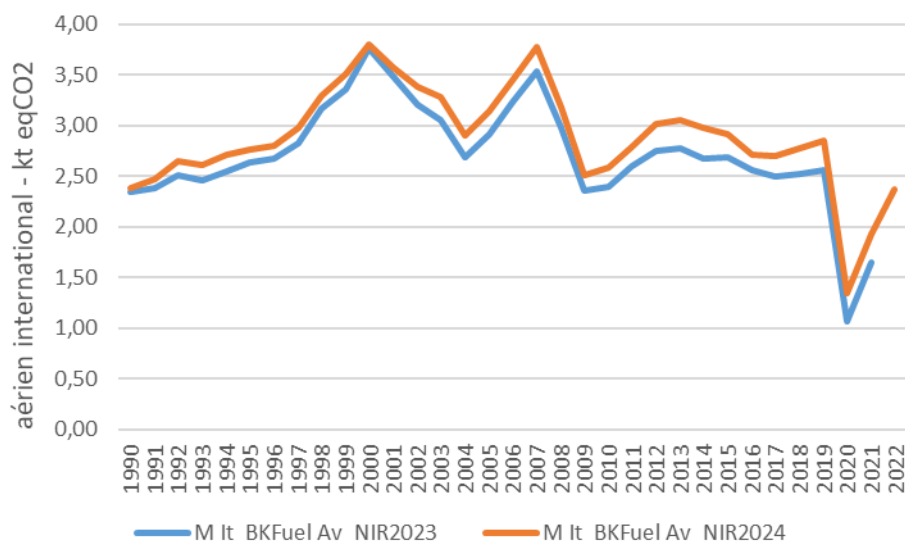
En 2022, la vente totale de carburant³² (Avgas + Jet Kérosène) s'élève à 1073 m³. La proportion de vols internationaux enregistrés par l'héliport de Monaco par rapport au nombre total de vols est de 79 % en 2022, soit 17658 vols internationaux pour un total de 22249 mouvements.

Figure 112. Consommation énergétique déterminée calée pour l'aérien international



Les recalculs pour ce secteur pour mettre en application le passage en AR5 conformément aux lignes directrices ainsi que la nouvelle méthodologie impliquent une variation entre 2 et 27 %, comme présenté dans le graphique ci-dessous.

Figure 113. Recalcul des émissions de l'aviation internationale



Les méthodologies utilisées pour évaluer les consommations et les émissions de l'aviation internationale sont en tout point identiques à celles utilisées pour l'aviation nationale. Les différentes descriptions méthodologiques, la détermination des parts internationale et nationale, les recalculs, le degré d'exhaustivité et les incertitudes sont développés au sein du chapitre dédié à l'aviation : 1A3aAviation domestique.

³² Données carburants 2022
Rapport National d'Inventaire
2024

3.5.1.4 NAVIGATION INTERNATIONALE (I.D.1.B)

Les émissions et puits de carbone de la catégorie de la navigation internationale sont présentés dans les tableaux 1S2 et 1D du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions des soutes internationales sont en 2022 de **8,7 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **4,4 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **+ 98,95 % (4,9 ktCO₂eq)**

Figure 114. Evolution des émissions de GES des soutes internationales –Navigation internationale

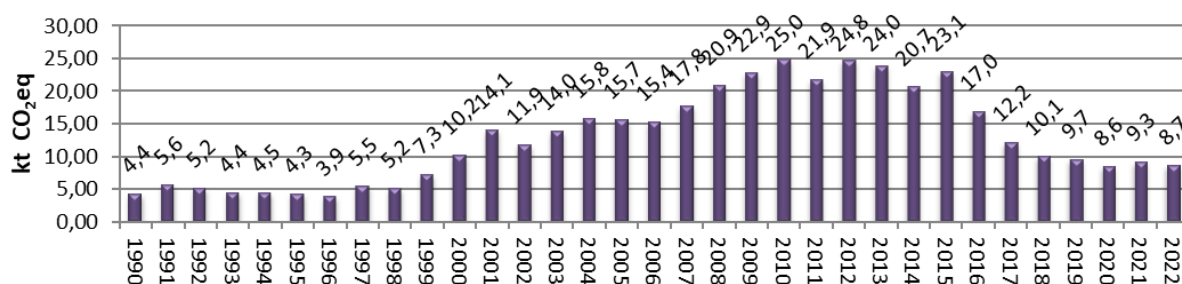
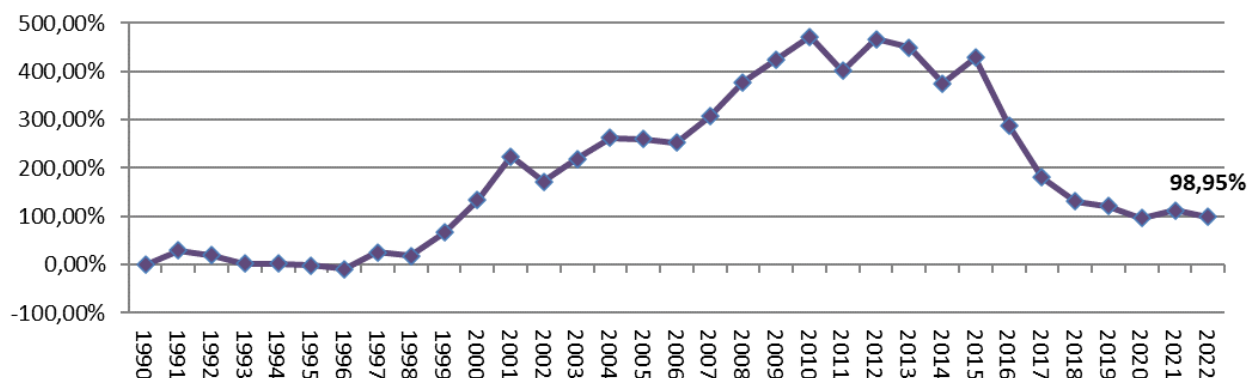


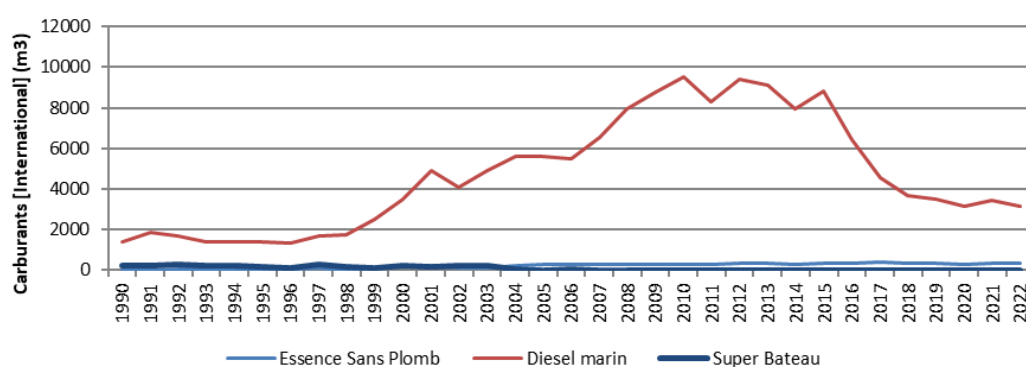
Figure 115. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 des soutes internationales –Navigation internationale



Les émissions de GES pour cette catégorie montrent une forte augmentation jusqu'en 2015, puis une chute jusqu'en 2020 pour la pandémie COVID19. Une stabilisation de l'activité est observée pour 2022. Ces tendances sont directement corrélées aux ventes de carburants.

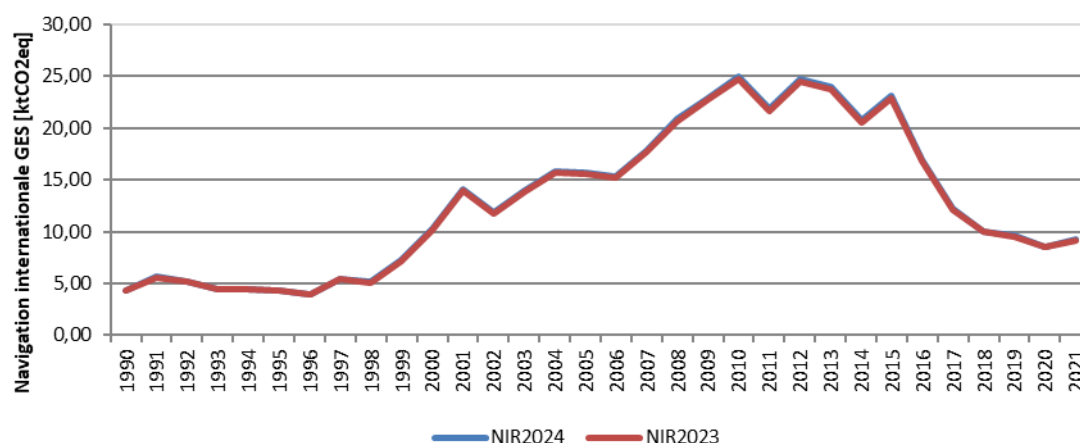
Les carburants vendus sur le port de Monaco sont de l'essence et du diesel, dont la répartition est présentée ci-dessous.

Figure 116. Ventes de carburants à destination de la navigation internationale



Les recalculs pour ce secteur pour mettre en application le passage en AR5 conformément aux lignes directrices impliquent une variation d'environ +1%, comme présenté dans le graphique ci-dessous.

Figure 117. Recalcul pour les émissions de la navigation internationale



Les méthodologies utilisées pour évaluer les émissions de la navigation internationale sont en tout point identiques à celles utilisées pour la navigation nationale. Les différentes descriptions méthodologiques, la détermination des parts internationale et nationale, les recalculs, le degré d'exhaustivité et les incertitudes sont développés au sein du chapitre dédié au transport maritime: 1A3d Navigation (domestique).

4

PROCEDES INDUSTRIELS ET UTILISATION DE PRODUITS (Secteur 2 du CRT)

4.1 Caractéristiques générales du secteur

Les émissions de ce secteur en 2022 sont présentées dans le tableau 2 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur de l'Industrie sont en 2022 de : **6,2 ktCO₂eq**

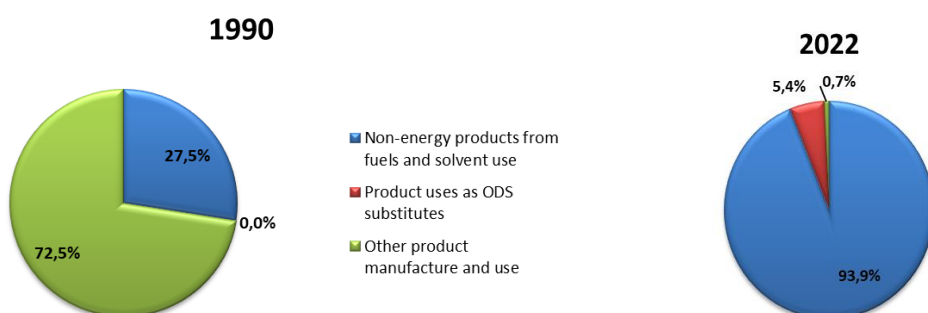
Les émissions de ce secteur, pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **0,15 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **+4168 % (+6 kt CO₂eq)**

Les émissions du secteur de l'Industrie représentent : 9,4 % des émissions globales en 2022

Les émissions du secteur de l'Industrie représentent : 0,1 % des émissions globales en 1990

Figure 118. Répartition en 1990 et 2022 des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'Industrie



Caractéristiques générales

La totalité des émissions de ce secteur ont été calculées selon les « Lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre » et, le cas échéant, selon le « EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 » (EMEP/EEA, 2019).

La majorité des émissions de ce secteur sont issues de la réfrigération et du conditionnement d'air pour les secteurs résidentiel, industriel, commercial et mobile, ainsi que de la catégorie des « Autres usages et fabrication de produits ».

L'absence, à Monaco, d'industries lourdes, de cimenteries, d'industries chimiques de production d'ammoniaque ou d'acide nitrique, d'industries de production de fer et d'acier, de fonderies d'aluminium et de magnésium, permet de considérer les émissions liées à ces activités comme nulles.

L'évolution des émissions du secteur montre une forte variabilité interannuelle.

Ces variations résultent :

- D'une part, des quantités de gaz frigorigène achetées annuellement par les entreprises monégasques ;
- D'autre part, de l'intervention plus ou moins importante de fournisseurs étrangers à Monaco, qui peuvent librement opérer dans le pays et donc influencer de manière importante sur les statistiques des entreprises nationales. L'utilisation de gaz par ces entreprises étrangères est comptabilisée dans leur pays d'origine.

L'inventaire dispose de plusieurs améliorations qui sont détaillées dans les chapitres ci-après.

En outre, les émissions indirectes du secteur 2.D étaient jusqu'alors intégrées dans les émissions totales.

Elles sont désormais reportées séparément.

4.2 Catégories sources

4.2.1 2A – Industrie Minière

Cette activité étant inexistante à Monaco, les émissions correspondantes ont été considérées comme nulles.

4.2.2 2B – Industrie Chimique

Cette activité étant inexistante à Monaco, les émissions correspondantes ont été considérées comme nulles.

4.2.3 2C – Industrie Métallurgique

Cette activité étant inexistante à Monaco, les émissions correspondantes ont été considérées comme nulles.

4.2.4 2D – Produits non énergétiques issus de combustibles et de l'utilisation des solvants

Les émissions du secteur des produits non énergétiques issus des carburants et de l'utilisation des solvants en 2022 sont présentées dans le tableau 2D du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions la catégorie source 2D sont en 2022 de :

0,05 ktCO₂eq

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de :

0,04 ktCO₂eq

Soit une variation de :

13,6 % (+0,01 kt CO₂eq)

Les émissions de la catégorie source 2D représentent : 0,1% des émissions globales en 2022
Les émissions de la catégorie source 2D représentent : 0,04 % des émissions globales en 1990

Figure 119. Emissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie source 2D- Produits non énergétiques issus de combustibles et de l'utilisation des solvants

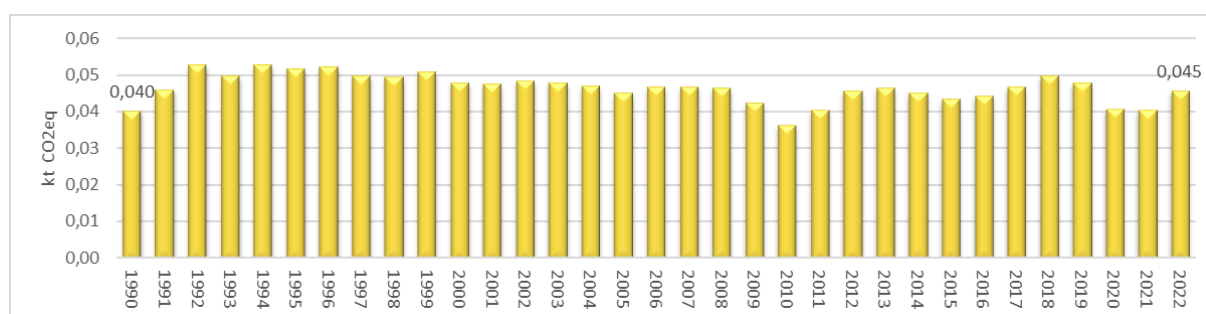
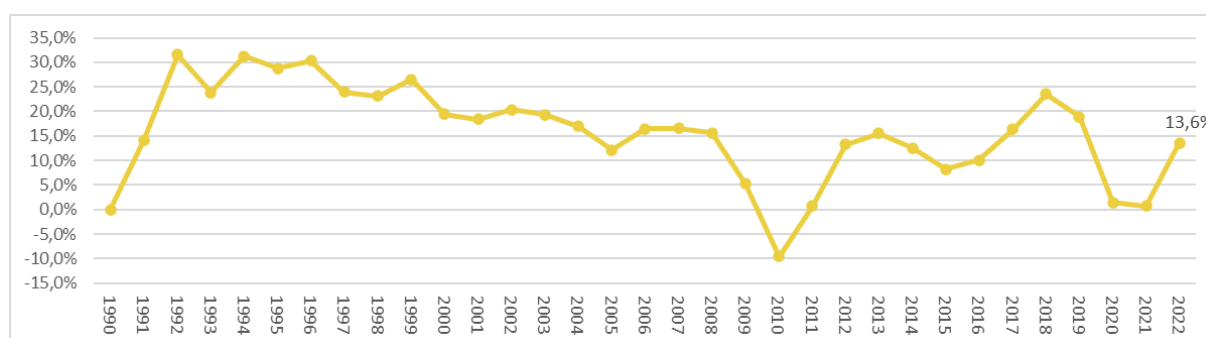


Figure 120. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie source 2D - Produits non énergétiques de combustibles et de l'utilisation des solvants



4.2.4.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA CATEGORIE

Les émissions de GES issues des produits non énergétiques de combustibles et de l'utilisation de solvant ont pour origines :

Utilisation de lubrifiant (2D1) :

Les émissions liées à l'utilisation de lubrifiants dans les moteurs 4 temps (consommation non énergétique) sont considérées dans cette section tandis que les émissions liées aux moteurs 2 temps (consommation énergétique) sont considérées dans le chapitre relatif au secteur du transport routier.

Utilisation de cire de paraffine (2D2) :

Conformément à une remarque du CITEPA formulée dans le cadre de leur mission d'Assurance Qualité, les émissions associées à la consommation de cire de paraffine ont été calculées pour toute la série temporelle. Cependant, par manque de données nationales, cette consommation a été estimée selon une méthode de ratio de population France-Monaco proposée par le CITEPA. Une méthode TI/D a été appliquée.

Autres (2D3)

Les émissions considérées ici proviennent de différents secteurs :

- Epandage d'enrobés bitumeux ;
- Nettoyage à sec de vêtements ;
- Imprimeries ;
- Application de peinture ;
- Préservation du bois ;
- Utilisation d'urée (secteur du transport routier) ;
- Utilisation domestique de solvants ;
- Application de colles et adhésifs.

4.2.4.2 2.D.1 - UTILISATION DE LUBRIFIANT

Il s'agit d'estimer les émissions dues à la consommation de lubrifiant dans les moteurs 4 temps (consommation non énergétique). Les émissions liées aux moteurs 2 temps (consommation énergétique) sont considérées dans les chapitres relatifs au transport routier.

4.2.4.2.1 Méthodologie d'estimation des émissions

La méthodologie utilisée pour estimer les émissions dues à la consommation de lubrifiant par les véhicules routiers est de Tier 1, d'après l'équation 5.2 des guidelines (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. 5.2.2.1, vol. 3, CH5) :

$$CO_2 \text{ Emissions} = LC * CCLubricant * ODULubricant * 44/12$$

Où :

CO₂, Emissions est en tonne de CO₂

LC, la consommation totale de lubrifiants

CC, le contenu en carbone (kg C/GJ)

ODU, le facteur oxydant

44/12, le ratio massique de CO₂/C.

Il n'y a pas de données disponibles sur les huiles vendues et consommées en Principauté. Aussi, les consommations non-énergétiques de lubrifiants sont calculées dans l'outil routier (cf. 1A3b Transport routier), développé à partir du calcul COPERT : le résultat obtenu dans ce calcul est la quantité d'huile des moteurs 4 temps effectivement brûlée dans la

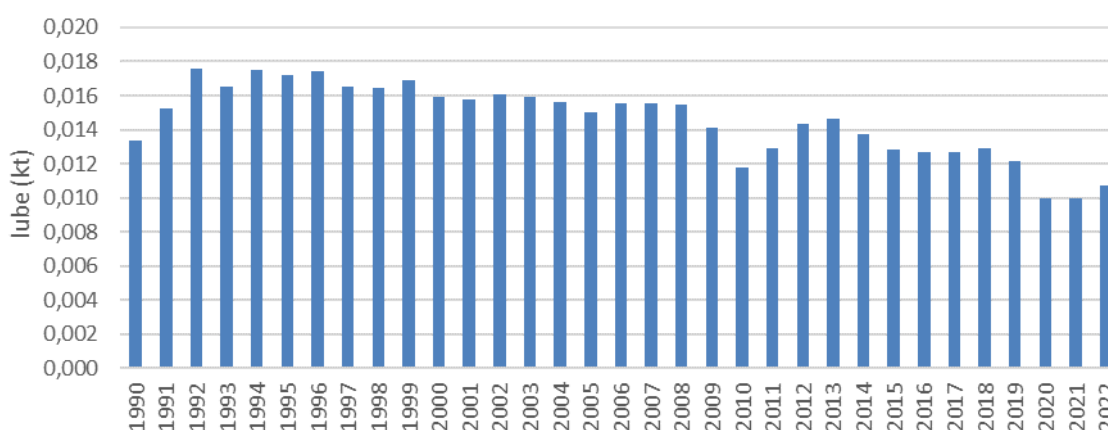
chambre de combustion (LC correspond au contenu en huile du carter moteur et ODU la part qui remonte dans la chambre de combustion).

Ce résultat obtenu par le calcul COPERT donne donc directement la consommation en lubrifiants, sachant que dans COPERT, il n'est pas possible de distinguer LC de ODU :

$$\text{Conso\_lube (kt)} = \text{LC} * \text{ODULubricant}$$

Les résultats obtenus pour l'ensemble de la série temporelle sont présentés dans le graphique ci-dessous.

Figure 121. Quantité de lubrifiant des moteurs 4 temps effectivement brûlée (hors moteur 2 temps)



Les émissions sont ensuite calculées avec le $\text{FE CO}_2(\text{Lubrifiant}) = \text{PCI} * \text{CC} * 44 / 12 = 2936 \text{ t}_{\text{CO}_2} / \text{t}_{\text{huile}}$ fourni par le CITEPA et calculé à partir du PCI moyen des lubrifiants.

Comme expliqué dans le paragraphe 7.1, pour leur recyclage et leur traitement, les huiles de vidange utilisées dans le transport en Principauté sont exportées en France, conformément à la Convention de Bâle sur le transfert transfrontalier des déchets dangereux. En 2022, environ 70 tonnes d'huiles usagées ont été exportées.

4.2.4.2.2 Incertitude et cohérence de la série temporelle

L'incertitude relative aux émissions liées à l'utilisation de lubrifiants est de 52,2 % (selon le volume 5 (GIEC, Lignes directrices, 2006)).

La cohérence méthodologique est assurée sur l'ensemble de la série temporelle.

4.2.4.2.3 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Les contrôles de ce secteur ont été réalisés conformément aux dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.3.4.

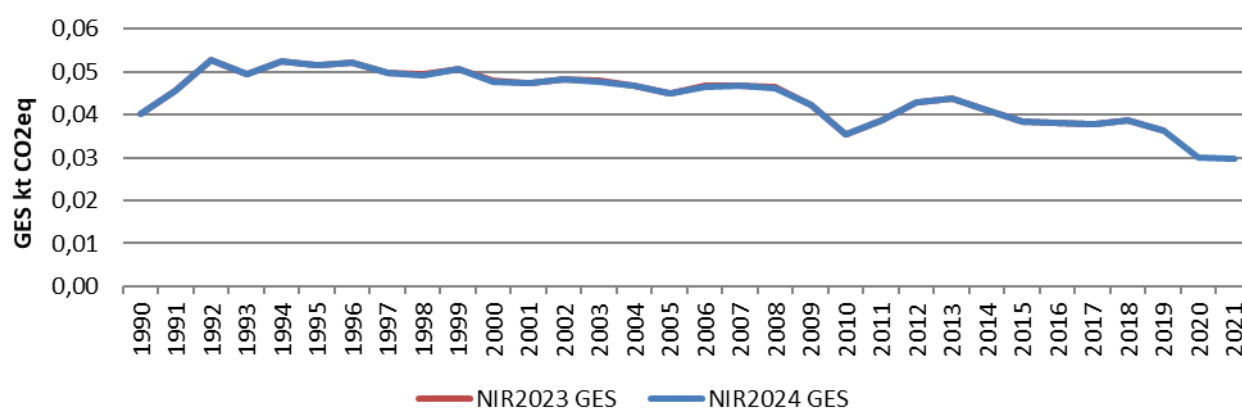
4.2.4.2.4 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne le passage en AR5 pour CH₄ et N₂O.

Impact des recalculs

Figure 122. Recalcul des émissions liées à la consommation de lubrifiant (hors moteur 2 temps)



La variation observée entre le NIR 2023 et le NIR 2023 est présentée dans le graphique ci-après, avec une diminution d'environ -0.1 %.

Raisons et justifications

L'application des valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices explique les variations observées.

4.2.4.2.5 Amélioration

Il n'y a pas d'amélioration prévue.

4.2.4.3 2.D.2 - UTILISATION DE CIRE DE PARAFFINE (Méthode TI, D)

4.2.4.3.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Compte-tenu de l'absence de données statistiques nationales, comme pour toute la période, la quantité de cire de paraffine consommée à Monaco sur l'ensemble de la série temporelle, à partir des données d'activité françaises et d'un ratio Population France métropolitaine-Population Monaco.

Le pouvoir calorifique de la paraffine, un lubrifiant, a été corrigé lors de la soumission 2021 conformément aux lignes directrices.

1.1.1.1.1. Méthodologies d'estimation des émissions

A partir de la quantité déterminée de cire de paraffine utilisée, une méthode TI avec facteur d'émission D^{33} est appliquée pour calculer les émissions de CO_2 associées à cette activité.
Méthode TI avec facteur d'émission D^{34}

³³ GIEC 2006 - Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants, 5.3 Utilisation de cire de paraffine

³⁴ GIEC 2006 - Equation 5.4

$$\text{Emissions CO}_2 = \text{PW} * \text{CC}_{\text{cire}} * \text{ODU}_{\text{cire}} * 44/12$$

Avec :

PW = consommation de cire totale, TJ (pouvoir calorifique de la paraffine : 40,2 kJ/g de paraffine)
 CC_{cire} = contenu carbonique de la cire de paraffine (par défaut, 20,0 kg C/GJ)
 ODU_{cire} = facteur ODU pour la cire de paraffine (par défaut, 0,2)
 44/12 = rapport de masse du CO_2

4.2.4.3.2 Incertitude et cohérence des séries temporelles

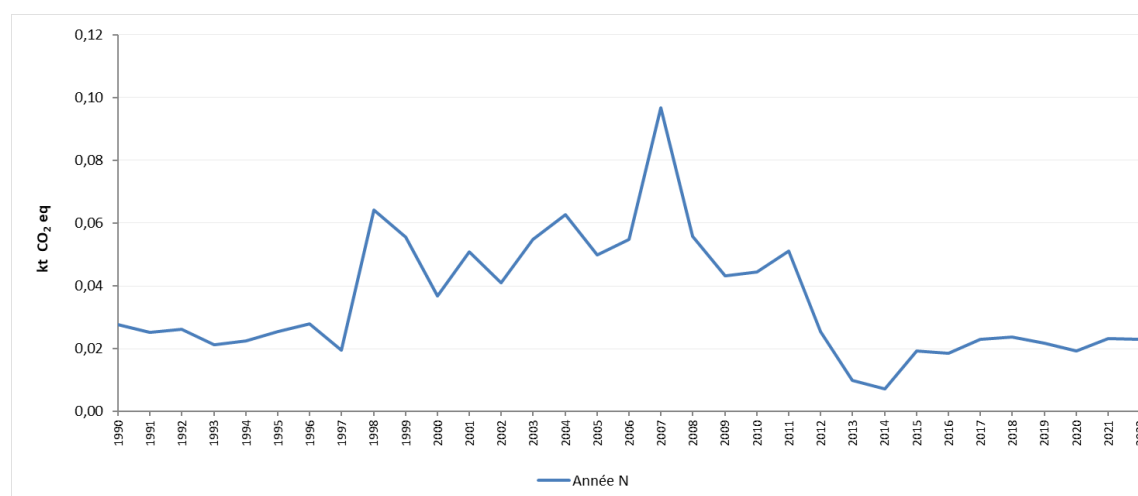
L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 5%.

L'incertitude sur le coefficient CC_{cire} est de 5%³⁵

L'incertitude sur le facteur ODU est de 100%

Une incertitude combinée du facteur d'émission a été calculée.

Figure 123. Evolution des émissions de GES liées à l'utilisation de cire de paraffine



4.2.4.3.3 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

4.2.4.3.4 Recalcul

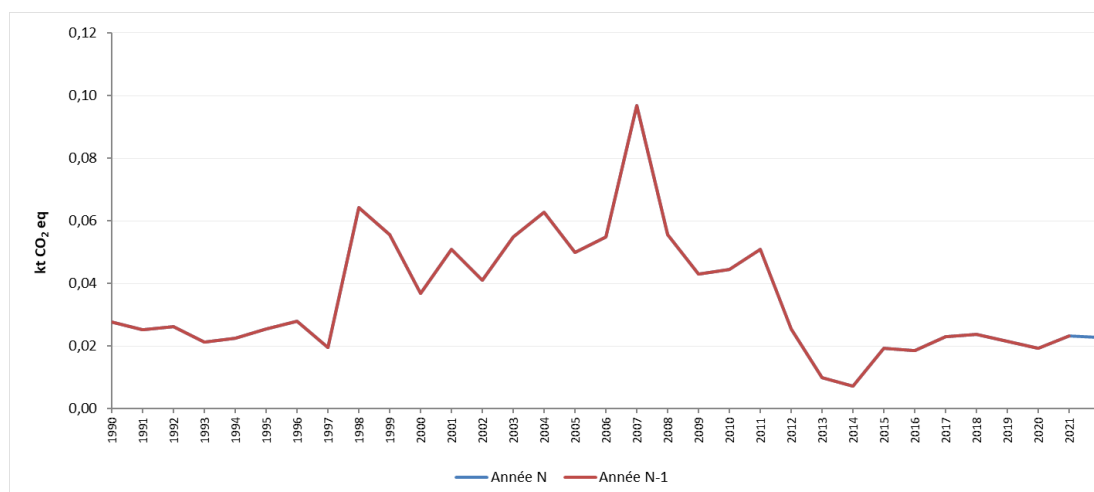
Description du recalcul

Le recalcul a été réalisé du fait d'une légères modifications des données de recensement de la population monégasque et population française pour les années 2020 à 2022 : la variation d'émission résultante est mineure (+ 0,2 % en 2021).

³⁵ GIEC 2006 - § 5.3.3.1

Impact du recalcul

Figure 124. Recalcul des émissions de GES liées à l'utilisation de cire de paraffine



4.2.4.3.5 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

4.2.4.4 2.D.3 - AUTRES

4.2.4.5 ENTREPRISES DE PEINTURE « PAINT APPLICATION »

(Méthode TI, CS)

4.2.4.5.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Il existe, en Principauté de Monaco, uniquement des entreprises de peinture en bâtiment. Aussi, les émissions de cette catégorie sont estimées à partir de la consommation de peinture de ces entités (données déclarées annuellement par les entreprises de peinture).

Compte-tenu de la taille restreinte du pays, des variations interannuelles peuvent survenir, notamment en fonction de chantiers majeurs en Principauté (Monte-Carlo Bay Resort en 2005, Immeubles « Victoria » et « Palais de la Scala » et Hôtel Hermitage en 2011-2012, Monte-Carlo View en 2013-2014, Immeuble « Petite Afrique » et Hôtel de Paris en 2016).

Une amélioration de la méthodologie a été mise en œuvre cette année permettant d'intégrer la nature des peintures et les quantités de solvants consommées).

4.2.4.5.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Une estimation des émissions de NMVOC liées à ce secteur d'activité est réalisée à l'aide d'une méthode TI avec facteur d'émission CS.

La méthode prend en compte une évolution du facteur d'émission.

Faute de données territoriales, de 1990 à 2006, le facteur d'émission moyen des peintures en bâtiment de l'inventaire française est pris en considération.

Une enquête réalisée en 2021 auprès des entreprises sur les principales peintures utilisées en Principauté permet aujourd'hui d'établir un facteur d'émission CS par nature de peintures.

La méthode a également été améliorée par la prise en compte des solvants utilisés par les entreprises de peintures (obtenus lors des déclarations annuelles)

Méthode T1 avec facteur d'émission CS³⁶

$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{production}} * EF_{\text{pollutant}}$	

Soit pour des NMVOC (en grammes)
 avec : $AR_{\text{production}}$ = quantité de peinture consommée par an
 $EF_{\text{pollutant}}$ = facteur d'émission

Puis, le calcul des émissions de CO₂ (en grammes) associées correspond à :

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{pollutant}} \times 0,6^{37} \times (44/12)$$

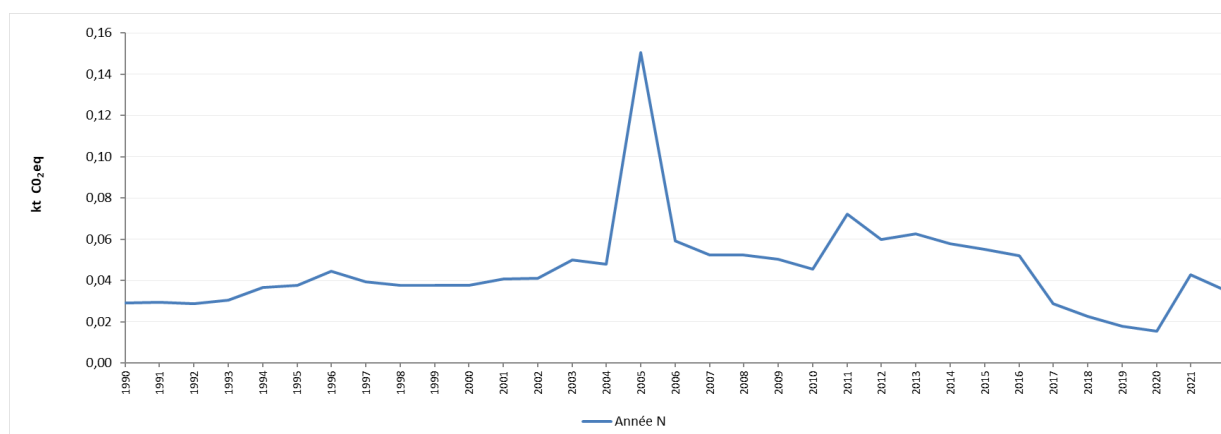
(44/12) étant le rapport de masse du CO₂

En outre, selon la Fédération des industries des peintures, encres, couleurs, colles et adhésifs, Préservation du bois (FIPEC) - Syndicat National des Industries des Peintures, Enduits et Vernis (SIPEV), la correspondance suivante peut être utilisée à la lecture des réponses au questionnaire, si nécessaire : 1 litre de peinture = 1,4 kg

4.2.4.5.3 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à partir du taux de réponse annuelle.
 L'incertitude spécifique à chaque facteur d'émission est estimée à 30%.
 L'incertitude combinée a été calculée.

Figure 125. Emissions indirectes liées à l'utilisation de peinture



4.2.4.5.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

4.2.4.5.5 Recalcul

Il n'y a pas de recalcul nécessaire pour cette catégorie.

4.2.4.5.6 Améliorations

Aucune autre amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

³⁶ EMEP EEA Emissions Inventory Guidebook - Edition 2023

³⁷ Lignes directrices GIEC 2006, Vol 1.7 chapitre 7, encadré 7.2

4.2.4.6 NETTOYAGE A SEC DE VETEMENTS « DRY CLEANING »

(Méthode T2, D)

4.2.4.6.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Parmi les différents pressings implantés en Principauté de Monaco, seuls quatre ont une activité réelle de nettoyage sur le territoire. Les autres sont des points de dépôt dont l'activité de nettoyage est localisée hors des frontières.

Les pressings déclarent annuellement leurs données d'activité, telles que la quantité et la nature des solvants consommés pendant l'année, la quantité de vêtements nettoyés à sec pendant l'année ainsi que le type de machine de nettoyage à sec utilisée.

La totalité des machines installées sont de type « machine de lavage à sec fonctionnant en circuit fermé avec filtre à charbon actif ou hydrocarbure ».

4.2.4.6.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Une estimation des émissions de NMVOC liées à ce secteur d'activité est réalisée à l'aide d'une méthode T2. Cette estimation est basée sur un facteur d'émission D de 177 g de NMVOC/kg de vêtements nettoyés.

Méthode T2 avec facteur d'émission D³⁸

$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{production}} * EF_{\text{pollutant}}$

Soit pour des NMVOC (en grammes)

avec : $AR_{\text{production}}$ = quantité de vêtements nettoyés par an

$EF_{\text{pollutant}}$ = facteur d'émission soit 177 grammes par kilogramme de vêtements nettoyés

De plus, afin de traduire l'évolution technologique du parc des machines au fils du temps, un abattement³⁹ est appliqué selon la formule :

$$EF_{\text{technologyabated}} = (1 - n_{\text{abatement}}) * EF_{\text{technologyunabated}}$$

De 1990 à 1995, $n_{\text{abatement}} = 89\%$

De 1996 à 2016, $n_{\text{abatement}} = 91\%$.

Le calcul des émissions de CO₂ (en grammes) associées correspond à :

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{pollutant}} \times 0,6^{40} \times (44/12)$$

(44/12) étant le rapport de masse du CO₂

4.2.4.6.3 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 5%.

L'incertitude spécifique au facteur d'émission est donnée dans la Table 3-2 susmentionnée.

L'incertitude combinée, pour chaque polluant, a été calculée.

Tableau 36. Facteurs d'émission et incertitudes

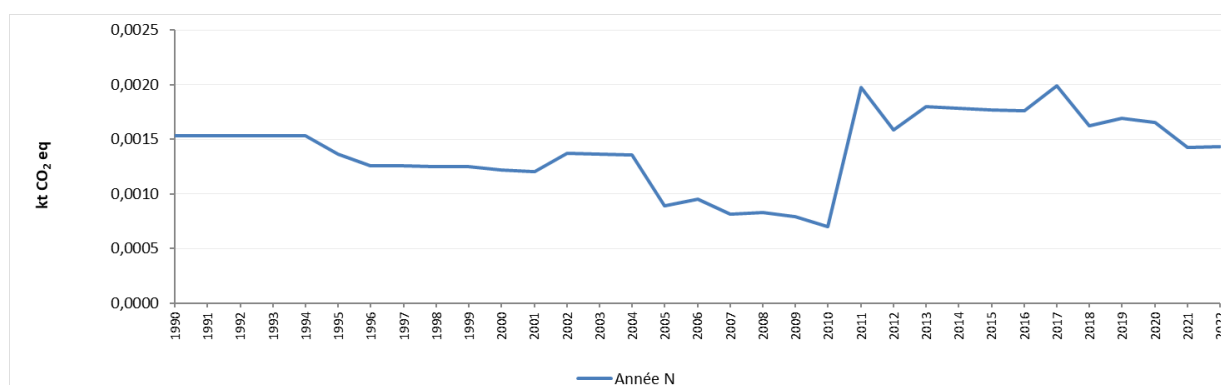
Polluant	Facteur d'émission	Unité	95% intervalle de confiance	
			-	+
NMVOC	177	g/kg de vêtements nettoyés	100	200

³⁸ EMEP EEA Emissions Inventory Guidebook - Edition 2023 – 2.D.3.f -Table 3.2

³⁹ EMEP EEA Emissions Inventory Guidebook - Edition 2023 – 2.D.3.f - Table 3-3

⁴⁰ Lignes directrices GIEC 2006, Vol 1.7 chapitre 7, encadré 7.2

Figure 126. Emissions indirectes liées au nettoyage à sec de vêtements



4.2.4.6.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

4.2.4.6.5 Recalcul

Il n'y a pas de recalcul nécessaire pour cette catégorie.

4.2.4.6.6 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

4.2.4.7 ÉPANDAGE D'ENROBÉS BITUMEUX « ROAD PAVING WITH ASPHALT »

(Méthode T2, D)

4.2.4.7.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Il n'existe pas de production ni de combustion d'enrobés bitumeux sur le territoire monégasque.

Il est procédé uniquement à des opérations d'épandage de ce matériau, dans le cadre de la création ou de la réfection de voiries.

Les données de quantités de bitume épandus sont déclarées annuellement.

Compte-tenu de la taille restreinte du pays, d'importantes variations interannuelles peuvent survenir. Ainsi, la principale raison des fluctuations constatées provient de l'épandage de bitume sur les voies utilisées pour le Grand Prix de F1 dès que leur qualité décroît, afin de respecter le cahier des charges de la FIA. En effet, le circuit de F1 est tracé sur des voies urbaines utilisées quotidiennement.

L'augmentation significative des données d'activité en 2016 provient des opérations réalisées pour le Tunnel Albert II.

4.2.4.7.2 Méthodologie d'estimation des émissions

Une méthodologie T2 est utilisée pour le calcul des émissions de CO₂ associées à l'utilisation d'enrobés bitumeux.

La seule technologie de production d'enrobés bitumeux utilisée à Monaco est de type « batch mix/hot mix batch ».

Méthode T2 avec facteur d'émission D^{41}

$$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{production}} * EF_{\text{pollutant}}$$

Soit pour des NMVOC (en grammes)

avec : $AR_{\text{production}}$ = quantité d'enrobé épandu sur la chaussée pendant l'année
 $EF_{\text{pollutant}}$ = facteur d'émission soit 16 grammes par tonne d'enrobé utilisée

Puis, le calcul des émissions de CO_2 (en grammes) associées correspond à :

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{pollutant}} \times 0,6^{42} \times (44/12)$$

(44/12) étant le rapport de masse du CO_2

4.2.4.7.3 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 5%.

L'incertitude spécifique au facteur d'émission est donnée dans la Table 3-2 susmentionnée.

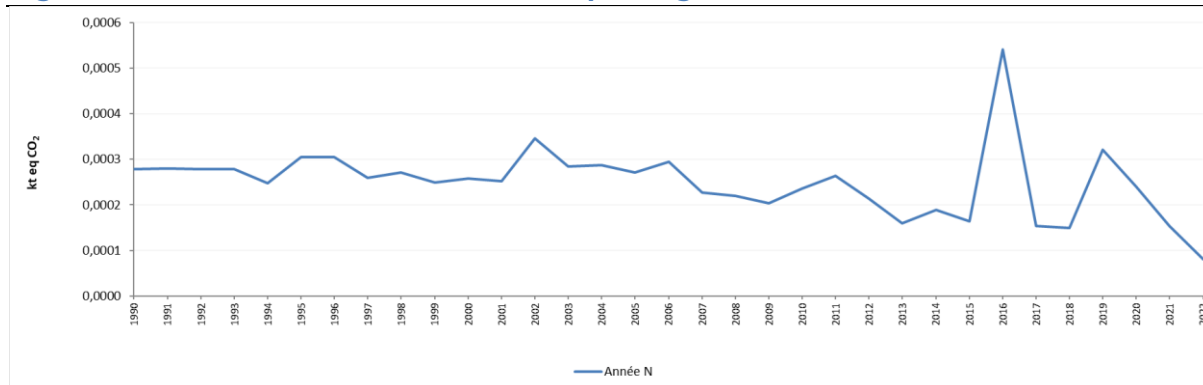
L'incertitude combinée, pour chaque polluant, a ainsi été calculée.

Tableau 37. Facteurs d'émission et incertitudes

Polluant	Facteur d'émission	Unité	95% intervalle de confiance	
			-	+
NMVO C	16	g/tonne	3	100

La totalité des opérations d'épandage de bitume en Principauté de Monaco sont inventoriées et quantifiées par les entités concernées.

Figure 127. Emissions indirectes liées à l'épandage de bitume



4.2.4.7.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

4.2.4.7.5 Recalcul

Il n'y a pas de recalcul nécessaire pour cette catégorie.

4.2.4.7.6 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

⁴¹ EMEP EEA Emissions Inventory Guidebook - Edition 2019 – 2.D.3.d - Table 3.2

⁴² Lignes directrices GIEC 2006, Vol 1.7 chapitre 7, encadré 7.2

4.2.4.8 IMPRIMERIES « PRINTING »

(Méthode TI, D)

4.2.4.8.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions de cette catégorie sont estimées à partir de la quantité d'encre utilisée en Principauté de Monaco. Les données sont déclarées annuellement par les imprimeurs. La consommation d'encre par ce secteur d'activité a fortement diminué depuis 2005.

4.2.4.8.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Une estimation des émissions de NMVOC liées à ce secteur d'activité est réalisée à l'aide d'une méthode TI. Cette estimation est basée sur un facteur d'émission D de 500 g de NMVOC/kg d'encre consommée.

Méthode TI avec facteur d'émission D^{43}

$$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{production}} * EF_{\text{pollutant}}$$

Soit pour des NMVOC (en grammes)

avec : $AR_{\text{production}}$ = quantité d'encre consommée par an
 $EF_{\text{pollutant}}$ = facteur d'émission : 500 grammes par kilogramme d'encre consommée

Puis, le calcul des émissions de CO₂ (en grammes) associées correspond à :

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{pollutant}} \times 0,6^{44} \times (44/12)$$

(44/12) étant le rapport de masse du CO₂

4.2.4.8.3 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 20%.

L'incertitude spécifique à chaque facteur d'émission est donnée par les lignes directrices.

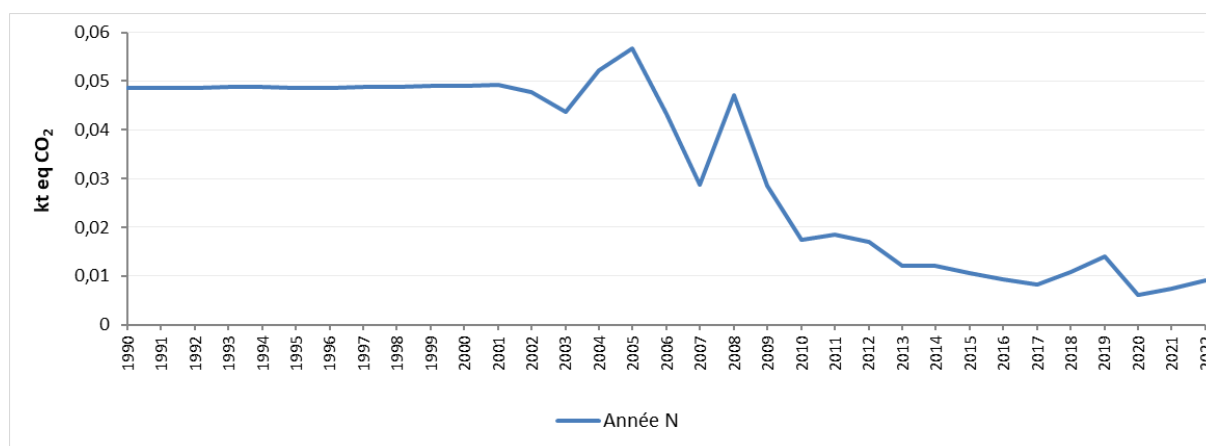
L'incertitude combinée, pour chaque polluant, a été calculée.

Tableau 38. Facteurs d'émission et incertitudes

			95% intervalle de confiance	
Polluant	Facteur d'émission	Unité	-	+
NMVOC	500	g/kg d'encre	30	2 100

Il a été possible de récupérer des données d'activité qui remontent à 1990. Toutefois, une très grande variabilité des données d'activité existe au fil du temps.

Figure 128. Emissions liées aux imprimeries



⁴³ EMEP EEA Emissions Inventory Guidebook - Edition 2023 – 2.D.3.h - Table 3.1

⁴⁴ Lignes directrices GIEC 2006, Vol 1.7 chapitre 7, encadré 7.2

4.2.4.8.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

4.2.4.8.5 Recalcul

Il n'y a pas de recalcul nécessaire pour cette catégorie.

4.2.4.8.6 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

4.2.4.9 MENUISERIES « WOOD PRESERVATION »

(Méthode T2, D)

4.2.4.9.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions de cette catégorie sont estimées à partir de la quantité de bois massif qui a fait l'objet d'un traitement de préservation antifongique et/ou anti-insecte et/ou anti-humidité.

4.2.4.9.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Une estimation des émissions de NMVOC liées à ce secteur d'activité est réalisée à l'aide d'une méthode T2. Cette estimation est basée sur un facteur d'émission D de 945 g de NMVOC/kg de conservateur⁴⁵ avec un abattement de 5% lié à la présence d'une gestion efficace des solvants au sein des entreprises assorties de contrôles.

En outre, le créosote n'est pas utilisé à Monaco.

Méthode T2 avec facteur d'émission D⁴⁶

$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{production}} * EF_{\text{pollutant}}$

Soit pour des NMVOC (en grammes)

Avec :

$AR_{\text{production}}$ = quantité de bois qui a subi un traitement de préservation antifongique et/ou anti-insecte et/ou anti-humidité par an en m³

$EF_{\text{pollutant}}$ = facteur d'émission : 1 m³ de bois nécessite 24 kg de conservateur contenant des solvants et 1 kg de conservateur contenant des solvants représente un potentiel d'émissions de 945 g de NMVOC.

De plus, comme indiqué précédemment, un abattement de 5% est appliqué selon la formule :

$$EF_{\text{technologyabated}} = (1 - n_{\text{abattement}}) * EF_{\text{technologyunabated}}$$

$n_{\text{abattement}}$: 5%

Le calcul des émissions de CO₂ (en grammes) associées correspond à :

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{pollutant}} \times 0,6^{47} \times (44/12)$$

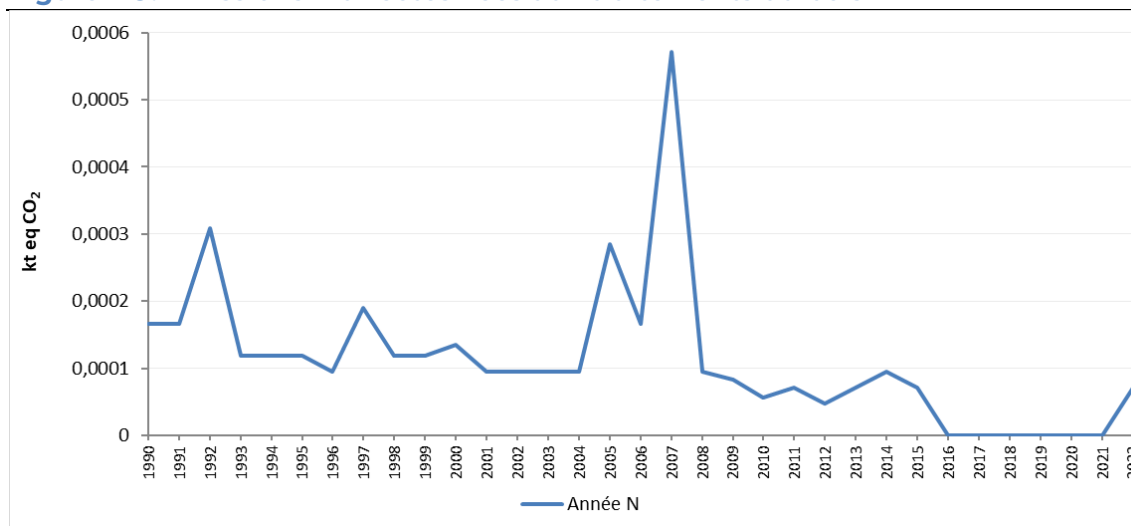
(44/12) étant le rapport de masse du CO₂

⁴⁵ EMEP EEA Emissions Inventory Guidebook - Edition 2023 – 2.I - Tables 3.6

⁴⁶ EMEP EEA Emissions Inventory Guidebook - Edition 2023 – 2.I - Table 3.19

⁴⁷ Lignes directrices GIEC 2006, Vol 1.7 chapitre 7, encadré 7.2

Figure 129. Emissions indirectes liées aux traitements du bois



4.2.4.9.3 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 10%.
L'incertitude spécifique à chaque facteur d'émission est donnée par les lignes directrices.
L'incertitude combinée, pour chaque polluant, a été calculée.

Tableau 39. Facteurs d'émission et incertitudes

Polluant	Facteur d'émission	Unité	95% intervalle de confiance	
			-	+
NM VOC	945	g/kg de conservateur	900	1000

La continuité des données d'activité est assurée sur l'ensemble de la période. Toutefois, une très grande variabilité des données d'activité existe au fil du temps.

4.2.4.9.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Aucun contrôle qualité spécifique n'a été réalisé.

4.2.4.9.5 Recalcul

Il n'y a pas de recalcul nécessaire pour cette catégorie.

4.2.4.9.6 Améliorations

Aucune amélioration prévue.

4.2.4.10 UTILISATION D'UREE (PAR LE TRANSPORT ROUTIER)

4.2.4.10.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions de CO₂ considérées ici ne concernent que l'utilisation d'urée par les véhicules routiers.

Les systèmes de catalyses déNO_x SCR (SelectiveCatalystReduction) utilisé pour réduire les émissions de NO_x dans le transport routier utilisent une solution aqueuse d'urée, en tant qu'agent réducteur et se retrouvent :

- sur les véhicules lourds (y compris bus et cars) à partir de la norme Euro V
- sur les véhicules légers à partir de la norme Euro 6.

Les émissions sont donc évaluées selon l'équation :

$$Emissions\ de\ CO_2 = FE\ (urée) \times ConsoUREE$$

Avec : *FE (Urée)* : facteur d'émissions de CO₂ en kg/kg d'urée
Conso UREE = consommation d'urée en kg

L'outil de modélisation développé conjointement avec le CITEPA, a permis d'évaluer la consommation d'urée à partir de la consommation de carburant des véhicules, avec les hypothèses suivantes :

Norme Euro	Consommation d'urée
Véhicule Euro 6	Entre 0.75 L et 3 L pour 1000 km
Véhicule Euro V SCR	= 6 % de la consommation de carburant
Véhicule EURO VI (tous SCR)	= 3.5 % de la consommation de carburant

Ainsi, la nature du parc et la consommation de carburant sont des données d'entrées significatives pour évaluer la consommation d'urée.

Le facteur d'émissions de 0.238 kg CO₂/kg urée provient du guidebook 2023, *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023*.

4.2.4.10.2 Incertitudes et degré d'exhaustivité

L'incertitude relative aux émissions liées à l'utilisation d'urée par le transport routier sont de 8 %.

(tableau 4.3 du guide EMEP (EMEP/EEA air pollutant emissions inventory guidebook 2023-p113) avec poor statistics w.EC).

4.2.4.10.3 Cohérence des séries temporelles

La cohérence méthodologique est assurée sur l'ensemble de la série temporelle.

4.2.4.10.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Les contrôles de ce secteur ont été réalisés conformément aux dispositions générales décrites dans le paragraphe 1.2.4.

4.2.4.10.5 Recalcul

Aucun recalcul n'a été nécessaire cette année

4.2.4.10.6 Amélioration

Il n'y a pas amélioration prévue.

Rapport National d'Inventaire
2024

Direction de l'Environnement

4.2.4.11 UTILISATION DOMESTIQUE DES SOLVANTS « DOMESTIC SOLVENT USE »

(Méthode T1,D)

4.2.4.11.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Compte-tenu de l'absence de données statistiques nationales, la quantité de solvants domestiques consommés à Monaco est déterminée, sur l'ensemble de la série temporelle, à partir du nombre d'habitants à Monaco.

4.2.4.11.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Une estimation des émissions de NMVOC liées à ce secteur d'activité est réalisée à l'aide d'une méthode T1. Cette estimation est basée sur un facteur d'émission D par habitant de 1,8 kg de NMVOC/an au travers de ses activités domestiques.

Méthode T1 avec facteur d'émission D^{48}

$$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{production}} * EF_{\text{pollutant}}$$

Soit pour des NMVOC (en grammes)

Avec :

$AR_{\text{production}}$ = population annuelle (en habitants)

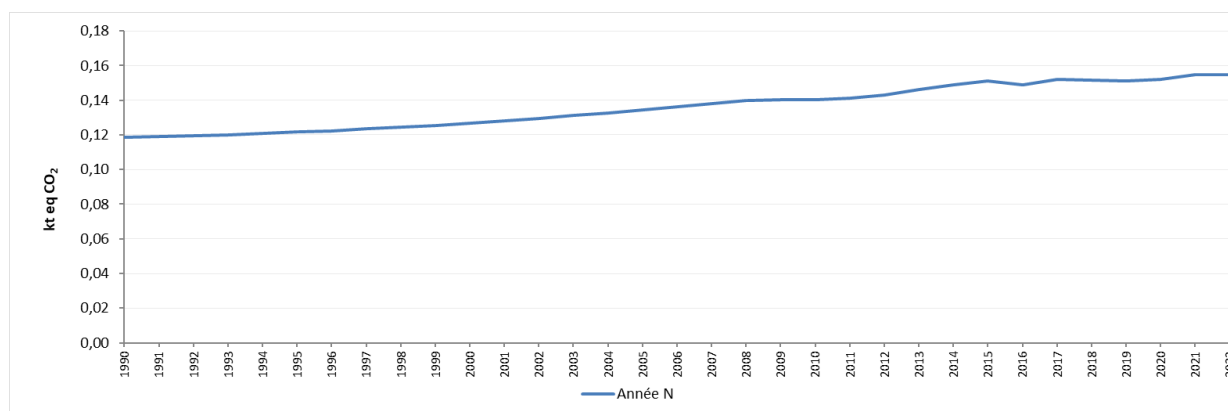
$EF_{\text{pollutant}}$ = facteur d'émission : 1,8 kg NMVOC par personne et par an

Puis, le calcul des émissions de CO₂ (en grammes) associées correspond à :

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{pollutant}} \times 0,6^{49} \times (44/12)$$

(44/12) étant le rapport de masse du CO₂

Figure 130. Emissions indirectes liées à l'utilisation domestique de solvants



4.2.4.11.3 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 5%.

L'incertitude spécifique à chaque facteur d'émission est donnée par les lignes directrices.

L'incertitude combinée, pour chaque polluant, a été calculée.

Tableau 40. Facteurs d'émission et incertitudes

Polluant	Facteur d'émission	Unité	95% intervalle de confiance	
			-	+
NMVOC	1,8	kg/habitant	0,6	3

⁴⁸ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023– Table 3.1 “western Europe”

⁴⁹ Lignes directrices GIEC 2006, Vol 1.7 chapitre 7, encadré 7.2

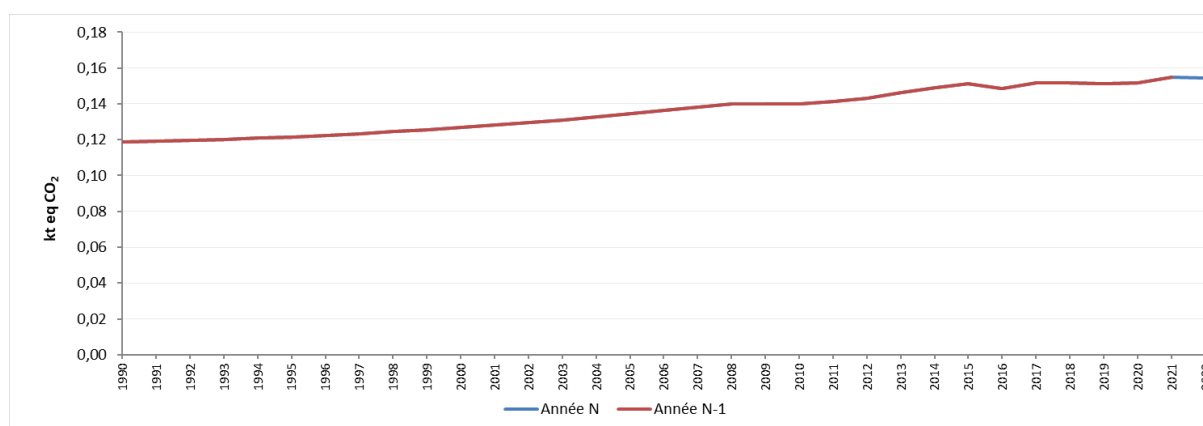
Des émissions ont été calculées pour toutes les années depuis 1990.
L'évolution des émissions de polluants suit l'évolution de la population de Monaco.

4.2.4.11.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Aucun contrôle qualité spécifique n'a été réalisé.

4.2.4.11.5 Recalcul

Figure 131. Recalcul des émissions indirectes liées à l'utilisation domestique de solvants



Le recalcul a été réalisé du fait d'une légères modifications des données de recensement de la population monégasque en 2021 : la variation d'émission résultante est mineure (- 0,13 % en 2021).

4.2.4.11.6 Améliorations

Aucune amélioration prévue.

4.2.4.12 APPLICATION DE COLLES ET ADHÉSIFS « APPLICATION OF GLUES AND ADHESIVES »

Méthode CS, CS

4.2.4.12.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Compte-tenu de l'absence de données statistiques nationales, la quantité de colles et adhésifs consommée à Monaco sont déterminée sur l'ensemble de la série temporelle, à partir des données d'activité françaises et d'un ratio Population France métropolitaine- Population Monaco.

4.2.4.12.2 Méthodologies d'estimation des émissions

Une estimation des émissions de NMVOC liées à l'utilisation de colles et d'adhésifs est donc basée sur les données françaises.

Le calcul des émissions de CO₂ (en grammes) associées correspond à :

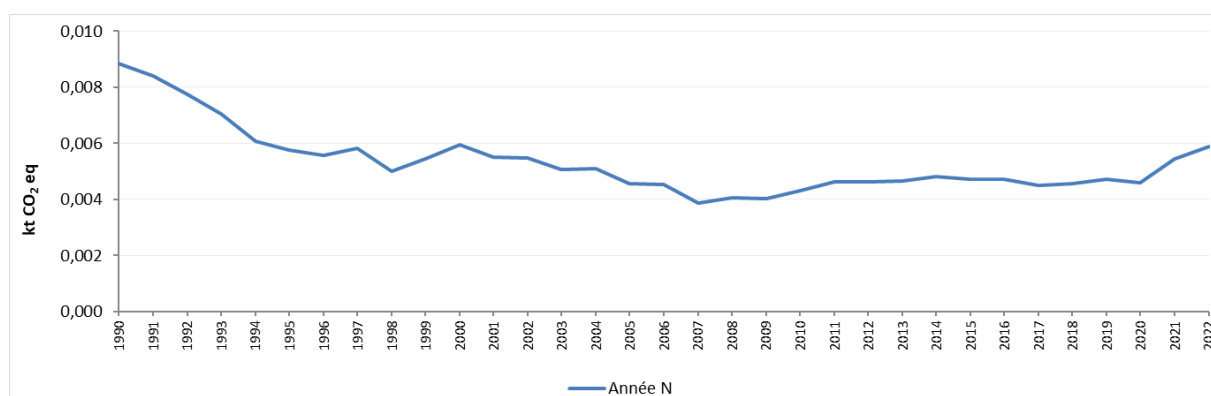
$$E_{CO_2} = E_{polluant} \times 0,6^{50} \times (44/12)$$

(44/12) étant le rapport de masse du CO₂

Des émissions ont été calculées pour toutes les années depuis 1990.

⁵⁰ Lignes directrices GIEC 2006, Vol 1.7 chapitre 7, encadré 7.2

Figure 132. Emissions liées à l'utilisation de colles et adhésifs



4.2.4.12.3 Incertitude et cohérence des séries temporelles

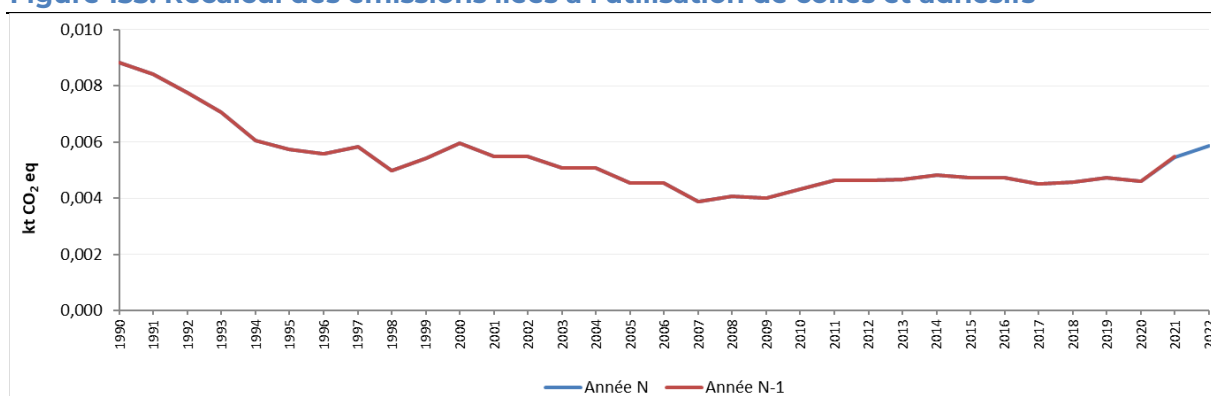
L'incertitude sur les données d'activité a été estimée à 5%.
L'incertitude sur le facteur d'émission a été estimée à 30%.

4.2.4.12.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

4.2.4.12.5 Recalcul

Figure 133. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de colles et adhésifs



Le recalcul a été réalisé du fait d'une légères modifications des données de recensement de la population monégasque et population française pour les années 2020 à 2023 : la variation d'émission résultante est mineure (+ 0,48 % en 2021).

4.2.4.12.6 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

4.2.5 2E – Industrie Electronique

Cette activité étant inexistante à Monaco, les émissions correspondantes ont été considérées comme nulles.

4.2.6 2F – Utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (ODS)

Les émissions du secteur de l'utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (ODS) en 2022 sont présentées dans le tableau 2F du cadre commun de présentation (CRT).

Pour suivre la classification définie par le GIEC, les émissions de HFC et PFC ont été classées dans ce secteur. L'utilisation de la plupart de ces fluides est due à la réfrigération et au conditionnement d'air des secteurs résidentiel, industriel, commercial et mobile.

Les émissions de la catégorie 2F sont en 2022 de :

5,84 ktCO₂eq

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de :

0,00 ktCO₂eq

Soit une variation de :

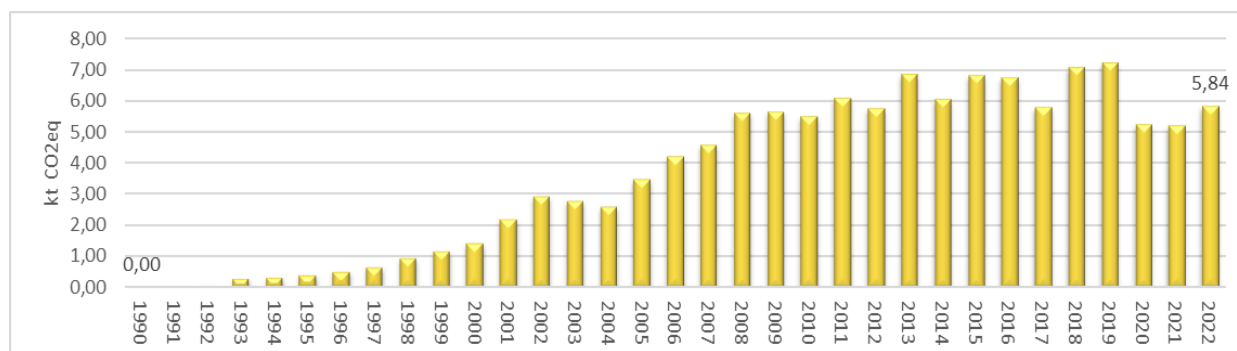
+ 5,84 kt CO₂eq

Les émissions de la catégorie 2F représentent :

8,8 % des émissions globales en 2022

L'augmentation importante des émissions de ce secteur résulte d'une part de la généralisation des systèmes de climatisation dans les véhicules et du nombre croissant de locaux et habitations disposant de ces équipements.

Figure 134. Emissions de GES entre 1990 et 2021 de la catégorie 2F – Utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone



Les émissions de la catégorie 2.F.1 constituent une catégorie clé dans le cadre de cet inventaire.

4.2.6.1 2.F.1.b - REFRIGERATION DOMESTIQUE

Méthode T2, avec facteur d'émission D)

La catégorie 2.F.1.b évalue les émissions GES qui ont pour origine la la réfrigération domestique.

Les émissions de la catégorie 2.F.1.b en 2022 sont présentées dans le tableau 2F du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions de la catégorie 2.F.1.b sont en 2022 de **0,04 kt CO₂ eq**

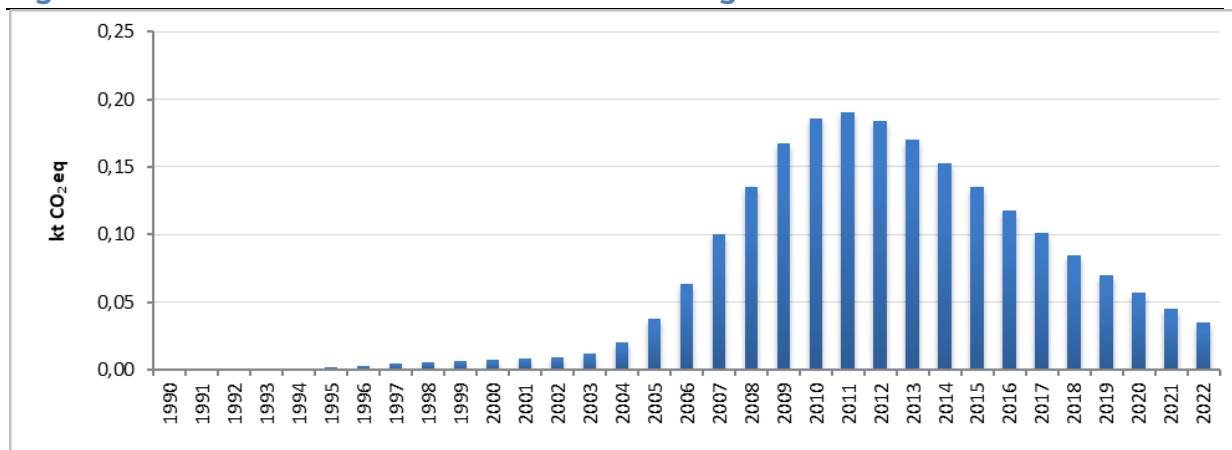
Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **0,00 ktCO₂ eq**

Soit une variation de : **0,04 kt CO₂ eq**

Les émissions de la catégorie 2.F.1.b relative à la réfrigération domestique sont en 2022 de : 0,04 kt CO₂ eq ayant pour origine le gaz fluoré HFC R134a. Les émissions pour l'année de base 1990 était nulle (NO), les gaz utilisés alors ne sont pas couverts par la Convention.

La méthode utilisée est une méthode de niveau 2a (Tier2A), utilisant des facteurs de charge, de durées de vie, d'émissions de la charge initiale et de fin de vie par défaut (D) et spécifique au pays (CS)⁵¹.

Figure 135. Evolution des émissions de la sous-catégorie 2F.1.b



L'évolution des émissions est dépendante de l'augmentation du nombre d'appareillages recensés et du type de gaz réfrigérant utilisé. L'HFC R-134a est apparu en 1994 en remplacement de gaz couverts par le Protocole de Montréal (ex : R12).

Monaco ne fabriquant pas d'appareillage de réfrigération domestique et ne procédant pas au retraitement en fin de vie des appareillages, les émissions de la catégorie sont dues à l'utilisation des appareillages comprenant des émissions :

- Pendant la durée de vie : facteur d'émission pendant l'« utilisation » (% de la charge initiale/an).

⁵¹ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7
Rapport National d'Inventaire
2024

- Les émissions résultantes de la charge initiale restante en « fin de vie » (% émis en fin de vie)

Figure 136. Evolution des émissions de la sous-catégorie 2F.1.b en 2022 suivant les postes d'émissions



4.2.6.1.1 Méthodologie

En absence d'émissions liées au container, à la charge, et au traitement de fin de vie, les émissions sont données par :

$$E_{\text{durée-de-vie}} = E_{\text{utilisation}} + E_{\text{fin de vie}}$$

Les émissions liées à l'utilisation des appareillages qui sont données par l'équation des Lignes Directrices⁵² :

$$E_{\text{utilisation}} = B_t \cdot \frac{X}{100}$$

Avec :

B_t : quantité de HFC en banque pour l'année t (kg) par sous-application.

X : facteur d'émission annuel (FE) de HFC par sous-application au cours de l'utilisation en %.

Les émissions liées à la fin de fin de vie sont également calculées à partir du nombre d'appareillage de l'année (t-d) de la masse de gaz résultante à l'année de fin (t) et du pourcentage de charge initiale de vie :

$$E_{\text{fin de vie}} = N_{\text{appareillage d (t)}} \times M_{\text{résultante}} \times \frac{100-p}{100}$$

Avec :

$N_{\text{appareillage}}$: Nombre d'appareillage à l'année en fin de vie (d) à l'année (t) par sous-application ;

M : Charge résultante des appareillages à l'année t en (kg) par sous-application ;

p : Charge initiale restante de HFC à l'issue de la durée d'utilisation (d) en %.

Afin de procéder à l'estimation des émissions de cette catégorie, deux sous-applications ont été étudiées :

- La réfrigération domestique des ménages E.Domestique (réfrigérateurs et congélateurs) ;
- La réfrigération dans le secteur hôtelier E.(réfrigérateurs de chambre).

⁵² GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Eq 7.13
Rapport National d'Inventaire
2024

Emissions liées à l'utilisation des appareillages

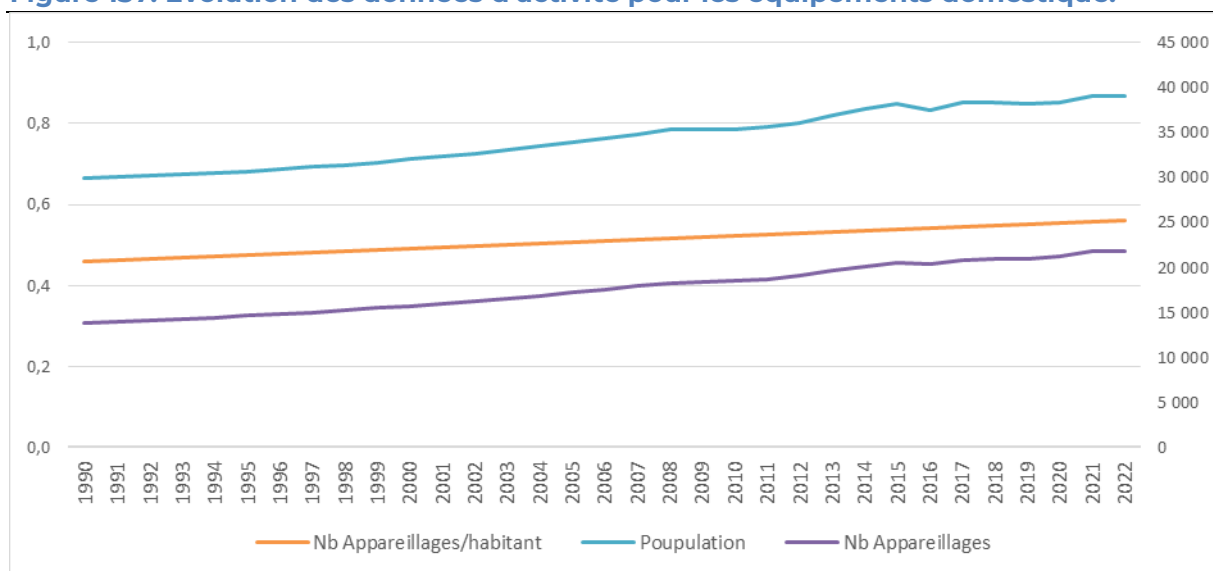
Bt Quantité de HFC en banque pour la réfrigération domestique.

Pour la réfrigération domestique, l'estimation est basée sur la mise en relation de la quantité d'appareillages, de la charge des appareillages en fluides frigorigènes, de la durée de vie des appareillages, ainsi que la répartition des fluides frigorigènes des nouveaux équipements mis sur le marché.

La quantité d'appareillages domestiques (réfrigérateurs et congélateurs) est estimée à partir des données issues des recensements de la population effectués en 2000, 2008 et 2016 par l'IMSEE ; respectivement N= 15 650, 18 476, 20 211 appareillages (<http://www.imsee.mc/Population-et-emploi/Recensement-de-la-population>).

La série temporelle est reconstituée en déterminant l'évolution d'un ratio d'appareillage par habitant (pour chacun des recensements 2000, 2008, 2016 respectivement : 0,489, 0,523, 0,538 appareillage/habitant), l'évolution du nombre d'appareillages est corrélée à l'évolution de la population.

Figure 137. Evolution des données d'activité pour les équipements domestique.



Afin de construire une matrice de l'âge des équipements permettant de calculer l'évolution de la banque et la quantité de nouveaux appareillages chaque année, la durée de vie moyenne (d) est estimée comme suit :

- Une durée de 16 ans est retenue en conformité avec les Lignes Directrices⁵³ pour le début de la série temporelle
- A compter de 2010, la durée de vie estimée est de 12 ans conformément à une étude française sur les équipements électroménagers⁵⁴.

Une charge moyenne initiale (Mdomestique) de 0,275 kg de fluide frigorigène par équipement domestique a été retenue conformément aux Lignes Directrices. Le choix de ce facteur ne devrait pas conduire à des sous-estimations de la quantité en banque.

En effet, selon des informations publiées dans « Inventaires et prévisions des fluides frigorigènes et de leurs émissions 2004, données de base, ARMINES 60588, ADEME France » (ARMINES, 2006) le niveau moyen de réfrigérant dans les équipements ne devrait pas

⁵³ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Table 7.9

⁵⁴ Gifam – Durabilité des appareils électroménagers – Communiqué 18/11/2021

dépasser 0,2 kg (valeur maximale basée sur les équipements de grande capacité (330 litres)).

Bt Quantité de HFC en banque pour les équipements hôteliers.

La quantité de HFC en banque pour les équipements hôteliers est estimée selon une méthode équivalente aux appareillages domestiques.

La quantité d'appareillages a été estimée à partir de l'évolution du nombre de chambres (Statistique IMSEE)⁵⁵ et à partir du nombre de chambres équipées en appareillages. Les chambres de catégorie 3 étoiles et plus ont été considérées comme proposant un service de Minibar réfrigéré, ce qui représente une évolution de 96.9% en 1990 à 99.8% en 2020 de chambres équipées. Les résidences hôtelières sont incluses.

Compte tenu de la modernité des installations hôtelières à Monaco et du rapport d'inventaire des fluides frigorigènes français (indiquant réfrigérateurs 0,2g/l pour le R-600a et 0,55g/l pour le R-134a), une charge moyenne de 0.05 kg par réfrigérateur d'hôtel a été retenue (fourchette inférieure aux Lignes Directrices GIEC 2006)

Afin de construire une matrice de l'âge des équipements permettant de calculer l'évolution de la banque et la quantité de nouveaux appareillages chaque année, la durée de vie moyenne (d) est estimée comme suit :

- Une durée de 16 ans est retenue en conformité avec les Lignes Directrices⁵⁶ pour le début de la série temporelle
- A compter de 2010, la durée de vie estimée est de 12 ans conformément à une étude française sur les équipements électroménagers⁵⁷.

Compte tenu des catégories et de la qualité des hôtels présents à Monaco, une charge moyenne de 0,05 kg de fluide frigorigène par équipement hôtelier a été retenue⁵⁸.

Le facteur a été déterminé à partir d'un coefficient de charges de 0,21 g/l⁵⁹ pour les réfrigérateurs et d'un volume de 160 litres par appareillage, ce qui conduit à une charge de 33,6 g de fluide, ramené à 50g /l pour être en conformité à l'intervalle de variation données par les Lignes Directrices.

Br Banque résultante pour la réfrigération domestique et hôtelière.

La banque résultante pour les appareillages domestiques hôteliers est déterminée à partir de la banque de gaz dans les appareillages en fin de vie qui est calculée à partir :

- de la banque calculée sur le nombre d'appareillages en fin de vie de l'année (t),
- déduite des émissions ayant eu lieu pendant l'utilisation de l'appareillage.

⁵⁵ IMSEE Monaco en Chiffre – Chapitre 3. Economie

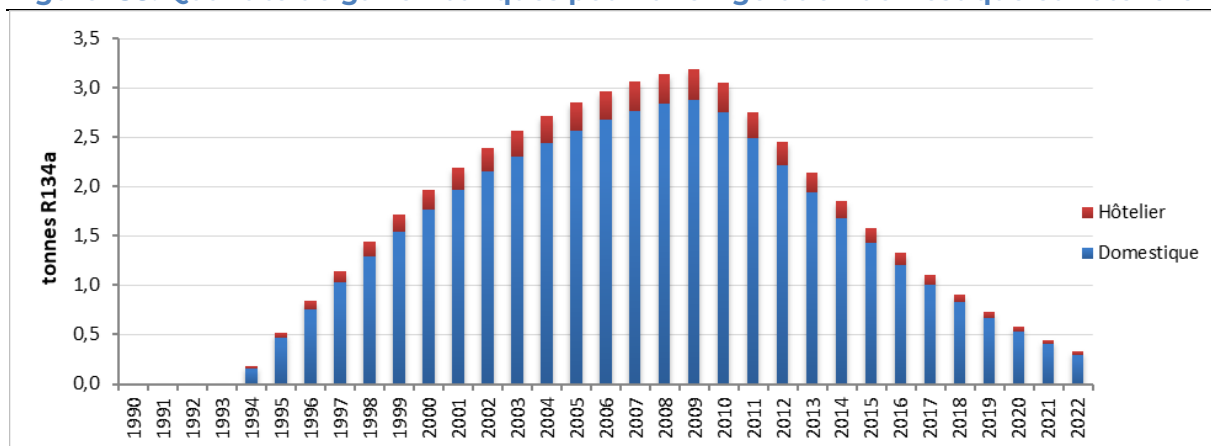
⁵⁶ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Table 7.9

⁵⁷ Gifam – Durabilité des appareils électroménagers – Communiqué 18/11/2021

⁵⁸ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Table 7.9

⁵⁹ Inventaires et prévisions des fluides frigorigènes et de leurs émissions - Année 2004, Rapport final – ADEME - Décembre 2006. Doc2

Figure 138. Quantité de gaz en banques pour la réfrigération domestique et hôtelière



Facteur d'émission X

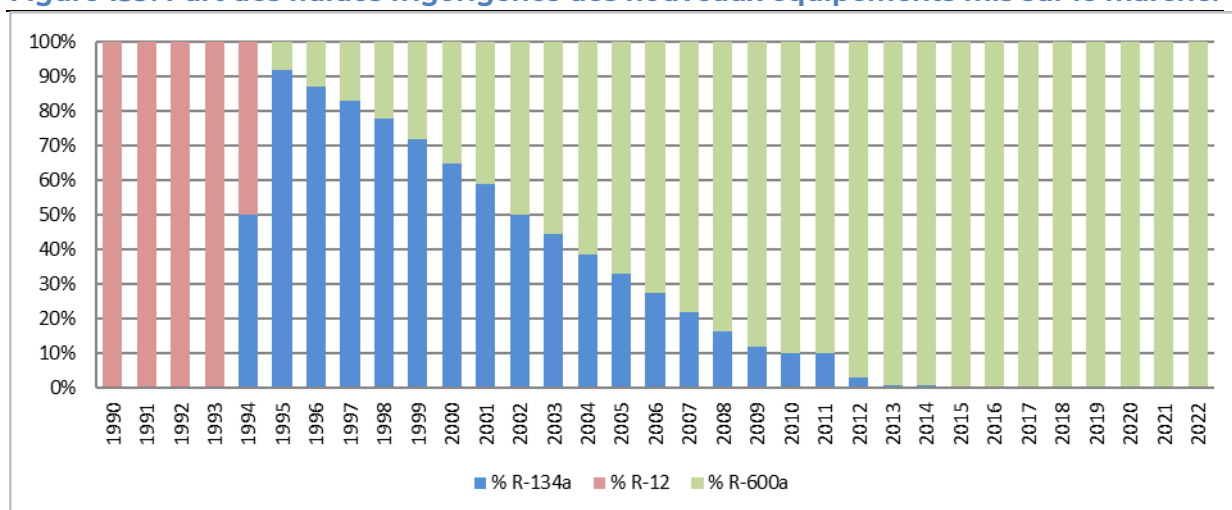
Pour la réfrigération domestique et le secteur hôtelier, un facteur d'émission moyen (x) de 0,3 % a été retenu avec les Lignes Directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) pour la réfrigération domestique et les équipements hôteliers.

Part des fluides frigorigènes des nouveaux équipements mis sur le marché

La part des fluides frigorigènes des nouveaux équipements mis sur le marché est basée sur les données françaises communiquées par le CITEPA dans le cadre du programme de collaboration⁶⁰.

Une mise à jour des données a été fournie cette année.

Figure 139. Part des fluides frigorigènes des nouveaux équipements mis sur le marché.



Emissions liées à la fin de vie des appareils

Bien qu'aucun traitement des appareils en fin de vie n'ait lieu sur le territoire, il est considéré que les raisons d'arrêt de fonctionnement des appareils et les manutentions de stockages et de transport préalables à l'exportation des appareils usagés sont

⁶⁰ CITEPA - Charge annuelle en France (%) - répartition des fluides frigorigènes des nouveaux équipements mis sur le marché

générateurs d'émissions de gaz à effet de serre. Les émissions de ce poste, se basent sur l'estimation de la charge initiale restante (p) à l'année (t) au sein des appareillages donnés les Lignes Directrices.

4.2.6.1.2 Cohérence des séries temporelles

Le nombre d'appareillages domestiques est donné par des interpolations et extrapolations conduites à partir recensements de la population et des ménages qui ont été réalisés en 2000, 2008 et 2016 pour lesquels des informations spécifiques aux différents appareillages de réfrigération ont été posées.

Le nombre de chambres d'hôtel est une donnée exhaustive relevée par l'IMSEE (Institut Monégasque de la Statistique et des Études Économiques) dans le cadre de la publication statistique annuelle « Monaco en Chiffres »⁶¹.

La cohérence des séries temporelles est donnée par l'utilisation de facteurs mettant en relation le nombre d'appareillages et la population, ainsi que l'évolution du nombre de chambres d'hôtel et la proportion d'équipement par chambre.

4.2.6.1.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

L'incertitude sur les données d'activité a été calculée en tenant compte des incertitudes liées aux nombre d'appareillages, mais la principale incertitude reste la charge unitaire des appareillages. Cette incertitude combinée est estimée à 81.8%.

Le poste d'émission fin de vie est prépondérant par rapport au poste utilisation. L'incertitude sur le facteur d'émission en fin de vie est de 66.67 %, donnée par l'incertitude sur (p)l des Lignes Directrices GIEC 2006.

L'incertitude combinée est de 128,6 %.

4.2.6.1.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Une enquête a été conduite en 2017 auprès des hôteliers de Monaco avec un taux de réponse de 1665 chambres pour 2580 en total. Peu de renseignements ont été obtenus sur les charges et les fluides utilisés et parfois sur le nombre de réfrigérateurs. Compte-tenu de l'hétérogénéité des informations obtenues et du manque d'exhaustivité, les éléments de cette enquête n'ont pas été utilisés pour l'estimation des émissions de la catégorie. C'est pourquoi le nombre d'équipements pour les calculs est basé sur les données de l'Institut de Statistiques IMSEE et non sur cette enquête.

Néanmoins, on peut relever qu'environ 400 chambres possèdent des dispositifs anciens dont 330 confirmés contenant du R134a (12.8%).

La plupart des hôtels ont des parcs renouvelés avec des appareillages contenant du R600 ou du R717 (NH₃).

4.2.6.1.5 Recalcul

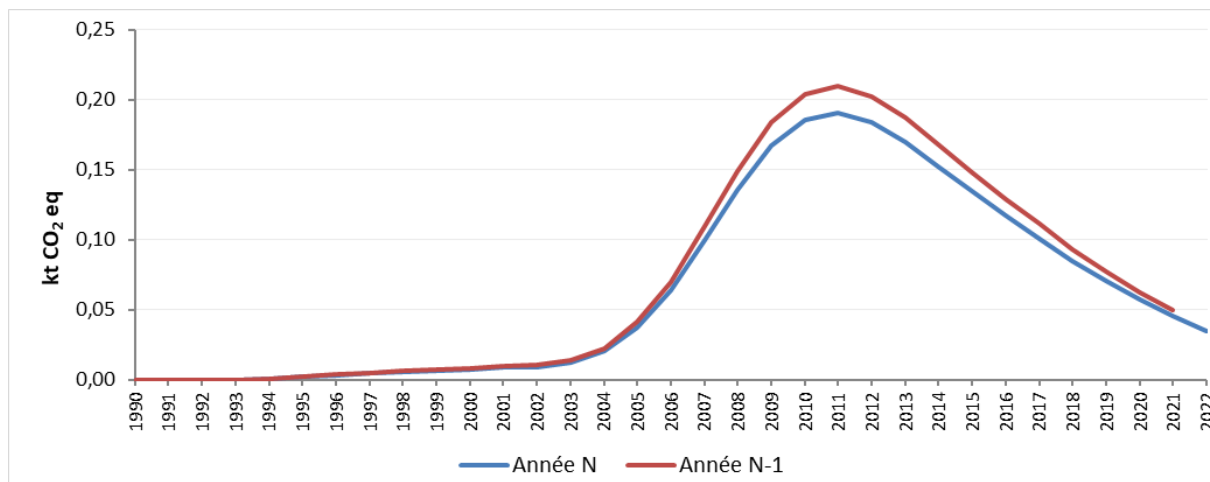
Description du recalcul

Le recalcul est lié à la réévaluation de la fin de vie des équipements et ainsi des émissions de R134 de fin de vie.

⁶¹ IMSEE Monaco en Chiffre – Chapitre 3. Economie
Rapport National d'Inventaire
2024

Impacts du recalcul

Figure 140. Recalcul des émissions de R134a - réfrigération domestique



Les variations d'émissions résultantes suite à ce recalcul sont de -9.09 %.

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices.

4.2.6.1.6 Amélioration

Il n'est pas projeté d'amélioration.

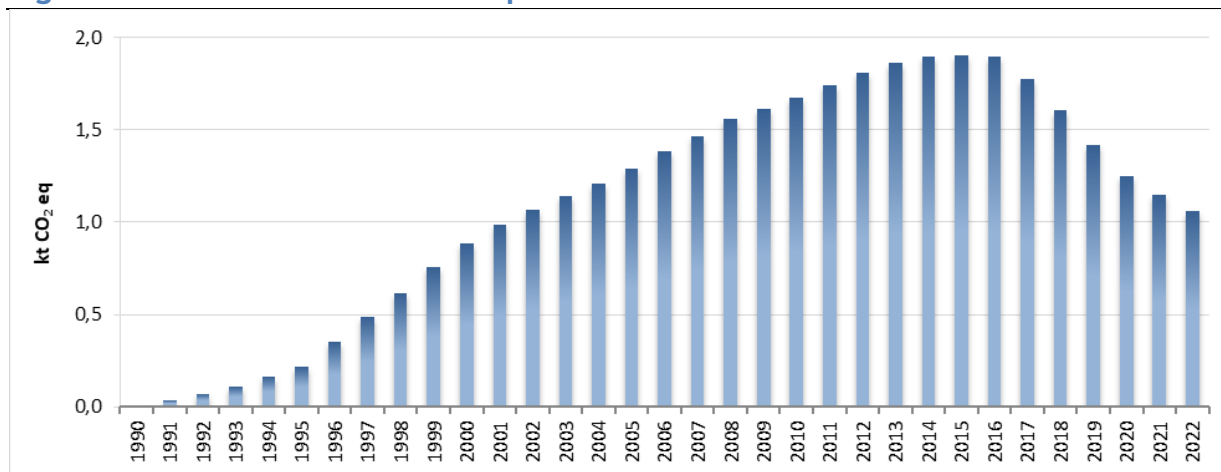
4.2.6.2 2.F.1.e - HFC ET PFC UTILISÉS POUR LA CLIMATISATION DES VÉHICULES

La catégorie 2.F.1.e évalue les émissions GES qui ont pour origine la climatisation mobile « Mobile Air Conditioning :MAC ».

Les émissions de la catégorie 2.F.1.e climatisation mobile en 2022 sont présentées dans le tableau 2F du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions de la catégorie 2.F.1.e sont en 2022 de	1,06 ktCO₂ eq
Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de :	0,00 ktCO₂eq
Soit une variation de :	1,06 kt CO₂eq

Figure 141. Evolution des émissions pour la climatisation mobile



4.2.6.2.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

L'estimation des émissions est constituée des pertes en gaz réfrigérant des systèmes de climatisation du parc de véhicules personnels (VP) et d'utilitaires légers (VUL) lors de l'utilisation des véhicules. En absence de construction automobile, et de retraitement des véhicules usagers, seules sont estimées les émissions liées à l'utilisation des véhicules.

La tendance d'évolution des émissions est marquée par l'augmentation, en volume, du parc de véhicules, l'augmentation du nombre de véhicules possédant un dispositif de climatisation mais également par l'évolution progressive des fluides réfrigérants utilisés.

Il en résulte une augmentation progressive des émissions de ce secteur due à l'augmentation du parc de véhicules, du nombre de MAC et de la substitution du fluide frigorigène CFC R12, couvert par le protocole de Montréal, par un HFC, le R-134a comptabilisé dans le cadre des inventaires de la CCNUCC.

La diminution des facteurs d'émission unitaires par MAC et la substitution progressive depuis 2011 du fluide de réfrigération R134a, réduit actuellement cette augmentation. En

2017, la diminution enregistrée est la conséquence de l'application de la Directive Européenne 2006/40/CE interdisant au plus tard au 1^{er} janvier 2017 la mise sur le marché d'équipement disposant d'un HFC d'un Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) supérieur à 150. Aussi une baisse de la banque de R-134a a été enregistrée.

La méthodologie développée depuis le NIR 2016, prend en compte les différents paramètres, gaz, banques et facteur d'émissions, permettant d'estimer au mieux les émissions de cette catégorie et leurs évolutions au cours du temps.

4.2.6.2.2 Méthodologie

Le calcul des émissions de la catégorie source est basé sur une méthodologie « approche par facteur d'émission » de Tier 2a, basée sur des données d'activité et des facteurs d'émission spécifiques, selon l'équation⁶².

$$E_{total,t} = E_{containers,t} + E_{charge,t} + E_{lifetime,t} + E_{end\ of\ life,t}$$

$E_{containers,t}$ = émissions liées à la gestion des conteneurs de fluides frigorigènes.
 $E_{charge,t}$ = émissions liées à la charge de fluides frigorigènes : connexion et déconnexion du conteneur fluide frigorigène et du nouvel équipement à charger.
 $E_{lifetime,t}$ = émissions annuelles issues des banques de fluides frigorigènes associées aux six sous applications pendant le fonctionnement (émissions fugitives et ruptures) et la maintenance.
 $E_{end\ of\ life,t}$ = émissions du système de mise au rebut.

En absence d'activité relative aux managements de container de gaz, de charge d'émissions d'équipements neufs, et de gestion de système en fin de vie, les émissions de la catégorie source ne concernent que celles qui se sont produites durant la durée de vie l'équipement.

$$E_{total,t} = E_{lifetime,t}$$

Afin d'estimer les émissions qui ont lieu pendant la durée d'utilisation des équipements, l'équation⁶³ ci-dessous est prise en compte :

$$E_{lifetime,t} = B_t * \frac{x}{100}$$

$E_{lifetime,t}$ = quantité totale de HFC émise pendant le fonctionnement du système au cours de l'année t, kg
 B_t = quantité de HFC chargée dans les systèmes existants au cours de l'année t (par sous-application), kg
 x = taux d'émission annuel (c'est à dire, facteur d'émission) de HFC de chaque banque de sous application pendant le fonctionnement, prenant en compte les fuites moyennes annuelles et les émissions moyennes annuelles pendant la maintenance, %

Cette équation générale est déclinée pour chaque année en fonction des variables suivantes :

Pour le stock de gaz B_t

- Les types de véhicules : véhicule personnel (VP), véhicules utilitaires légers (VUL)⁶⁴

⁶² GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Eq 7.10

⁶³ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Eq 7.13

⁶⁴ Prétraitement issu de la Modélisation du parc routier monégasque à l'horizon 2030 : étude prospective Element Energy – Direction de l'Environnement
 Rapport National d'Inventaire Direction de l'Environnement
 2024

- L'année de production des véhicules : de 1970 à 2021
- Les gaz utilisés : R134a, (R12, HFO-1234yf sont estimés mais non comptabilisés)⁶⁵
- Les quantités de véhicules climatisés : pour chaque année de 1990 à 2021⁶⁶
- Les caractéristiques de la flotte : à partir des données des marques automobiles
- Les volumes et type de gaz, en fonction des caractéristiques de la flotte

Pour le facteur d'émissions x

- Le pourcentage de fuite : selon les caractéristiques du parc et par année de production en fonction d'une étude conduite par Schwartz et Harnish⁶⁷.

Les bilans Bt et x sont reportés dans les tableaux suivants :

Détermination du stock Bt et du facteur d'émissions x sont présentés dans les sections suivantes :

Tableau 41. Stock de Gaz R134a Bt par type de véhicules par gaz en tonnes

Année	Stock VP (t)	Stock VUL (t)	Bt VP+VUL (t)
1990	0	0	0
1991	0,176	0	0,176
1992	0,369	0	0,369
1993	0,570	0	0,570
1994	0,811	0,022	0,832
1995	1,058	0,044	1,101
1996	1,832	0,118	1,950
1997	2,765	0,174	2,939
1998	3,868	0,257	4,124
1999	5,214	0,344	5,558
2000	6,420	0,471	6,891
2001	7,413	0,609	8,022
2002	8,218	0,702	8,919
2003	8,918	0,794	9,711
2004	9,580	0,874	10,455
2005	10,310	0,982	11,292
2006	11,087	1,112	12,199
2007	11,825	1,216	13,040
2008	12,669	1,297	13,966
2009	13,112	1,433	14,545
2010	13,555	1,560	15,116
2011	14,146	1,665	15,811
2012	14,696	1,738	16,434
2013	15,098	1,841	16,939
2014	15,375	1,894	17,269
2015	15,463	1,946	17,410

⁶⁵ Prétraitement issu des études base Behr-Hella 2016 et base NFR 2017

⁶⁶ Prétraitement de modélisation du parc routier monégasque à partir des données du Service de la Circulation

⁶⁷ Establishing the leakage Rates of Mobile air Conditioner (B4-3040/2002/337136/MAR/C1) Shwarz and harnish Prepared for the European Commission (DG Environment) by Winfried Schwarz (Öko-Recherche) & Jochen Harnisch (Ecofys)- 17. April 2003

2016	15,456	1,965	17,420
2017	14,376	1,893	16,269
2018	12,958	1,775	14,733
2019	11,410	1,638	13,048
2020	9,961	1,485	11,445
2021	9,147	1,378	7,812
2022	8,194	1,518	9,712

Tableau 42. Facteur d'émission par type de véhicules et par gaz en % de perte par an

Année	FE induit VP	FE induit VUL
	R134a	R134a
1990		
1991		
1992	15	
1993	15	
1994	15	15
1995	15	15
1996	14,06	13,56
1997	12,86	12,49
1998	11,46	10,99
1999	10,48	10,07
2000	9,88	9,41
2001	9,51	9,02
2002	9,27	8,82
2003	9,09	8,66
2004	8,95	8,55
2005	8,84	8,45
2006	8,75	8,36
2007	8,68	8,30
2008	8,63	8,26
2009	8,58	8,22
2010	8,55	8,19
2011	8,53	8,18
2012	8,51	8,18
2013	8,49	8,17
2014	8,47	8,16
2015	8,45	8,12
2016	8,44	8,12
2017	8,44	8,11
2018	8,44	8,11
2019	8,44	8,11
2020	8,42	8,13
2021	8,42	8,13
2022	8,42	8,13

Détermination du stock Bt et du facteur d'émission x

4.2.6.2.1.1 Gaz couvert pour le bilan

Sur la période, seul un gaz de climatisation listé au sein des gaz couverts par l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre (CCNUCC) est présent au sein de la flotte de véhicules le HFC - R-134a.

Dénomination	Nom	PRG (GWP)
R-134a	C ₂ H ₂ F ₄ ,1,1,1,2-tétrafluoroéthane.	1300 (GIEC AR5)

A partir de 1991, le gaz R-12 est remplacé par le gaz R-134a. Dès 1996 l'ensemble des véhicules neufs sont équipés avec des systèmes fonctionnant au R-134a.

Le gaz R134 de PRG 1300 doit être progressivement substitué par un gaz dont le PRG est inférieur à 150 conformément à la DIRECTIVE 2006/40/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 17 mai 2006 concernant les émissions provenant des systèmes de climatisation des véhicules à moteur.

Le fluide frigorigène utilisé pour ce remplacement est actuellement le HFO-1234yf (PRG de 4) qui n'est pas comptabilisé dans le cadre de la CCNUCC.⁶⁸

Les émissions de gaz R-12 et HFO-1234yf recensées au sein des systèmes de climatisation mobile ne sont pas comptabilisées dans le bilan d'émissions réalisé pour ce rapport.

Le stock de gaz est déterminé à partir de la flotte de véhicules personnels (VP) et des petits utilitaires (VUL), immatriculés à Monaco pour chaque année depuis 1990 et en fonction de la date de première mise en circulation des véhicules (année de production du véhicule).

4.2.6.2.1.2 Flotte de véhicules

La flotte de véhicules est établie à partir de la base des immatriculations des véhicules (VP et VUL). Les informations fournies par le Service des titres de circulation permettent de mettre en relation le nombre et la date de première mise en circulation de véhicules (correspondant à l'année de production du véhicule)⁶⁹.

⁶⁸ Alternatives aux HFC à fort GWP dans les applications de réfrigération et de climatisation – 31 mai 2014 - ADEME

⁶⁹ Prétraitement de modélisation du parc routier monégasque à partir des données du Service de la Circulation
Rapport National d'Inventaire
2024

Figure 142. Evolution de la flotte VP : nombre et âge des véhicules

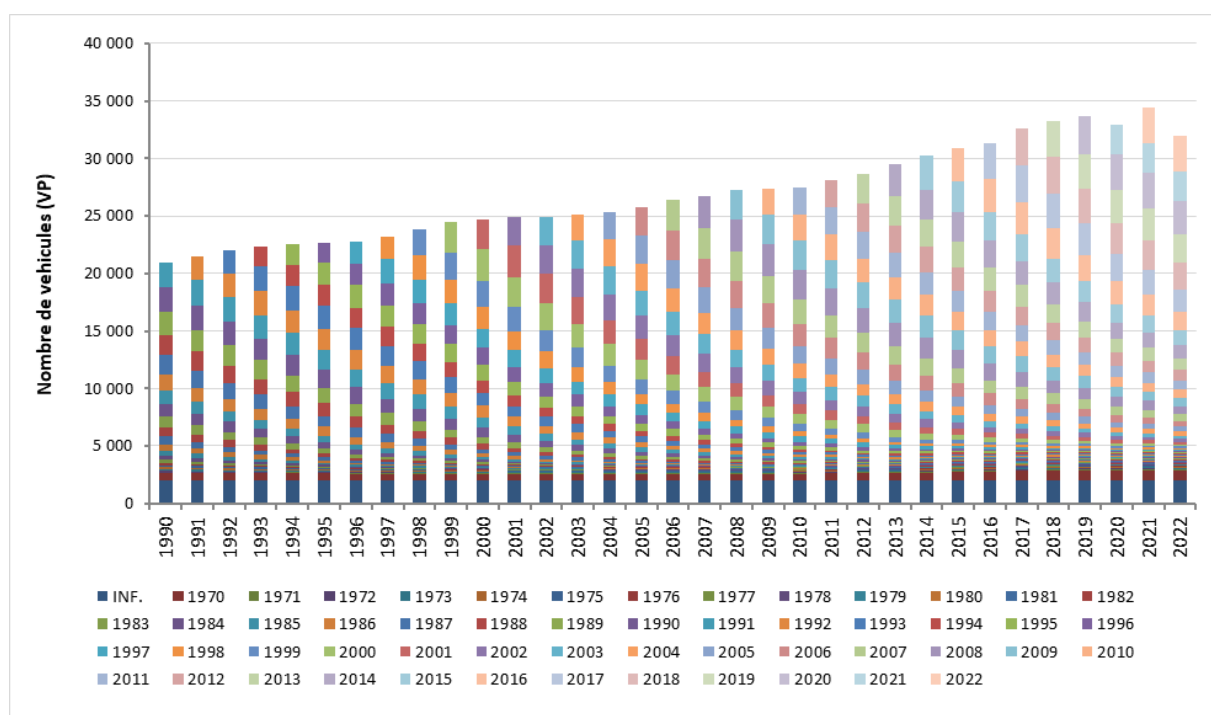
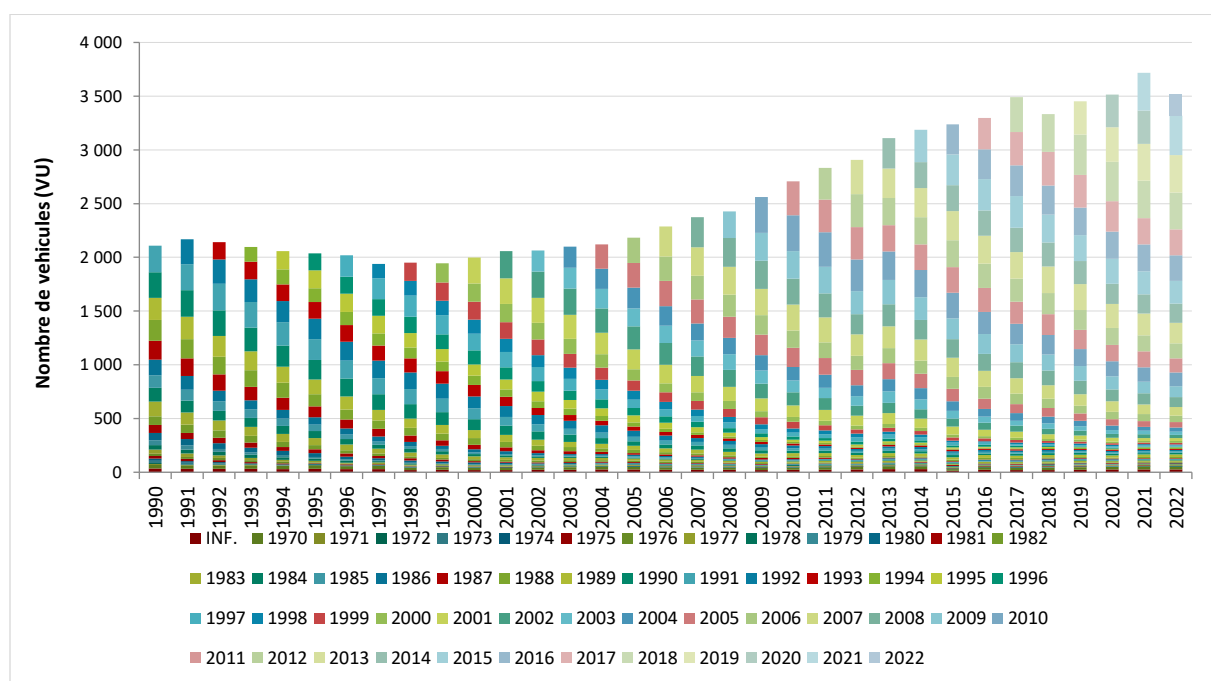


Figure 143. Evolution de la flotte de VUL : nombre et âge des véhicules



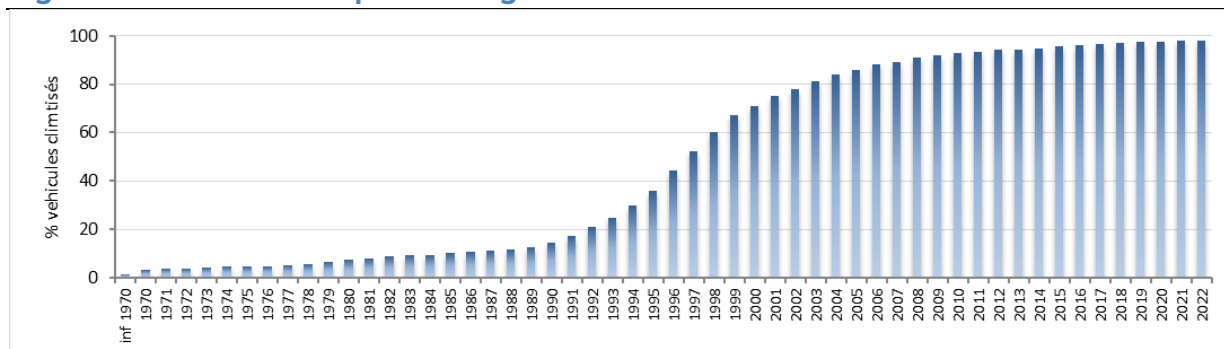
4.2.6.2.2.1.3 Nombre de véhicules climatisés

En l'absence de données relatives au nombre réel de taux d'équipements présents au sein des parcs de véhicules monégasques, une estimation a été réalisée à partir du document de l'ADEME La climatisation automobile⁷⁰.

⁷⁰ La climatisation automobile - Données et Références - ADEME

La même proportion de véhicules climatisés a été appliquée au VP et VUL.

Figure 144. Evolution du pourcentage de véhicules neuf climatisés



4.2.6.2.2.1.4 Gaz de climatisation au sein des véhicules : type, répartition par type et quantité

Une analyse a été conduite afin de déterminer pour chaque année de première mise en circulation des véhicules :

- Les types de gaz de climatisation utilisés;
- La répartition en % de chaque gaz pour chaque année de production des véhicules;
- La quantité de gaz contenue, par gaz et par année de production des véhicules.

Une première étude réalisée dans le cadre de l'inventaire 2016 s'est basée sur des données de l'équipementier automobile Behr-Hella qui donne pour chaque marque, modèle et suivant l'année de production, le type de gaz utilisé et la quantité de gaz contenue⁷¹.

Dans le cadre de cet inventaire, une actualisation de ces données a été réalisée à partir d'une seconde source de données issues de l'équipementier NRF pour les véhicules mis sur le marché jusqu'en 2016 (études ADEME pré mentionnée).

Afin d'établir des caractéristiques de la banque de R134a de la flotte monégasque, ces données, par marque type de gaz, quantité de gaz par véhicules et années de première mise en circulation ont été appliquées aux caractéristiques spécifiques de la flotte monégasque.

Pour la première étude, cette mise en relation a été déterminée à partir des marques représentant 75 % du parc total de véhicules immatriculés pour les VP et 80% du parc total de véhicules immatriculés pour les VUL.

Cette analyse a été réalisée sur la base de données des véhicules immatriculés de 2014 :

- Pour les VP, les 15 marques suivantes représentent environ 75% du parc en 2014 et 2015:
Audi, BMW, Citroën, Fiat, Ford, Land rover, Mercedes-Benz, Mini, Opel, Peugeot, Porsche, Renault, Smart, Toyota et Volkswagen.
- Pour les VUL, les 8 marques suivantes représentent environ 80% du parc en 2014 et 2017:
Citroën, Fiat, Ford, Iveco, Mercedes-Benz, Nissan, Peugeot et Renault.

⁷¹ REFRIGERANT AND OIL FILLING QUANTITIES PASSENGER CARS & COMMERCIAL VEHICLES, BEHR HELLA, 2014
Rapport National d'Inventaire Direction de l'Environnement
2024

Aux fins de l'actualisation, l'évaluation a pu être réalisée sur l'ensemble des marques présentes au sein du Parc monégasque immatriculé pour les années 2016 à 2022 et de la base NRF⁷².

Suivant les résultats obtenus, il a été retenu d'utiliser l'analyse fondée sur la base Behr-Hella pour la première partie de la période 1990-2007. Cette base de données prend notamment en compte les véhicules équipés en gaz R-12 en début de période. Puis la base NRF à partir de 2007, d'une meilleure représentativité, et prenant en compte les années 2015 et 2016.

Les résultats de la charge moyenne des véhicules en fluides réfrigérant, ainsi que la répartition des fluides frigorigènes sont présentés ci-après.

4.2.6.2.2.1.5 Quantité de gaz contenue, par gaz et par année de production des véhicules

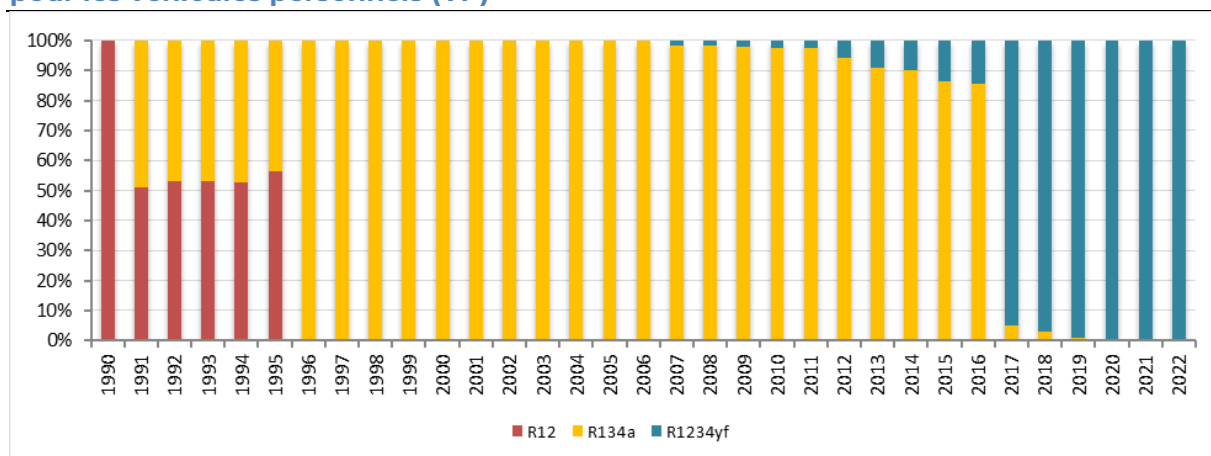
Pour chaque marque, une quantité moyenne de fluides frigorigènes a été calculée suivant l'année de production des véhicules.

4.2.6.2.2.1.6 Proportion des gaz au sein des ventes de véhicules neufs

Dès 1991, le gaz R134a se substitue au gaz R12 au sein des modèles vendus pour être le seul gaz présent au sein des modèles neufs à partir de 1996. Les premiers modèles fonctionnant au gaz R-1234yf apparaissent dès 2007, pour constituer en 2017 un peu moins de 14% des véhicules vendus.

En 2022, les véhicules neufs commercialisés fonctionnent uniquement au gaz R-1234f conformément à la réglementation.

Figure 145. Charges moyennes en R134a suivant l'année de production des véhicules pour les véhicules personnels (VP)

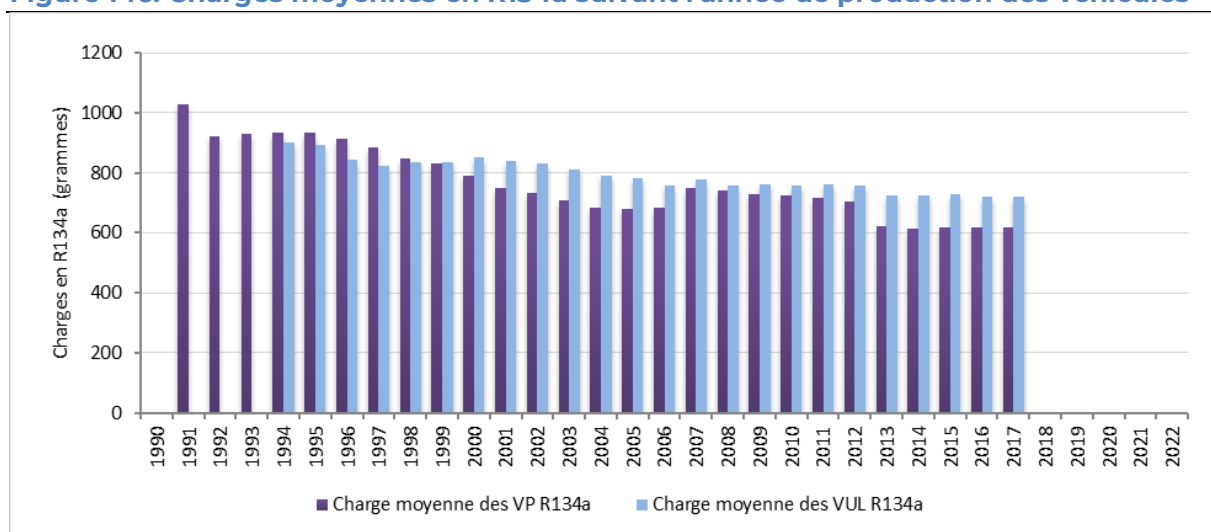


4.2.6.2.2.1.7 Charge unitaire des véhicules en gaz

La charge moyenne par année de production des véhicules pour l'ensemble de la flotte est établie distinctement pour les VP et de VUL, en tenant compte de la proportion de véhicules de la marque au sein des marques les plus représentées.

⁷² Prétraitement de modélisation du parc routier monégasque à partir des données du Service de la Circulation
Rapport National d'Inventaire
2024

Figure 146. Charges moyennes en R134a suivant l'année de production des véhicules



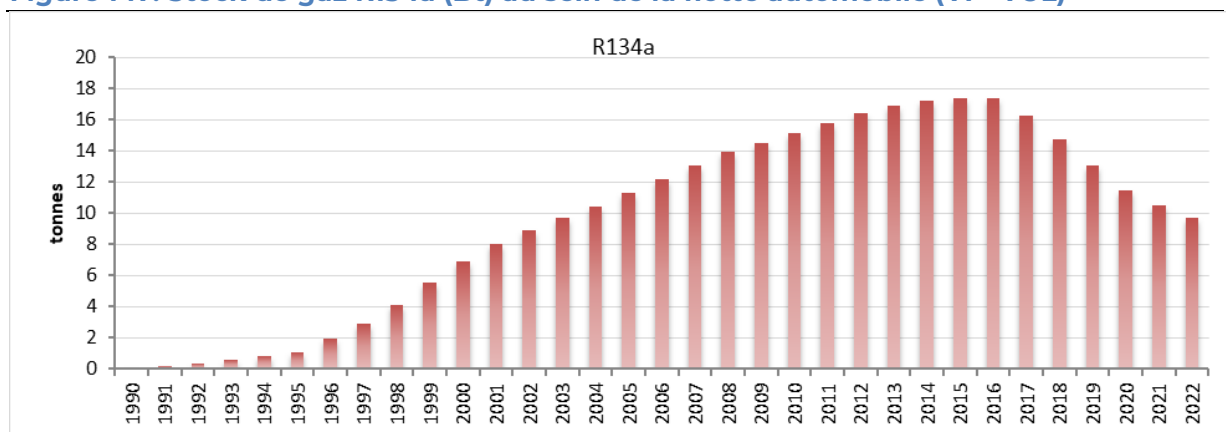
Cette méthodologie donne pour les véhicules particuliers une valeur moyenne de charge en R-134a, de 790 grammes sur la période 1999-2003. A titre de comparaison la valeur donnée par l'étude « Shwarz and Harnish⁷³ » donne pour 276 véhicules étudiés sur la même période, une valeur moyenne de charge de 756 grammes.

A compter de 2017, cette donnée n'est plus mise à jour, l'ensemble des MACs des véhicules VP mis sur le marché fonctionnant avec un gaz non couvert par la convention, le R1234yf.

4.2.6.2.2.1.8 Stock de gaz (BT)

Le stock de gaz est établi en associant les données de la flotte de véhicules climatisés (nb de véhicules, par année, par date de production et par type de gaz utilisé) avec la charge moyenne des véhicules climatisés (grammes de gaz par année de production et par type de gaz utilisés).

Figure 147. Stock de gaz R134a (Bt) au sein de la flotte automobile (VP+VUL)



⁷³ Establishing the leakage Rates of Mobile air Conditioner (B4-3040/2002/337136/MAR/C1) Schwarz and harnish Prepared for the European Commission (DG Environment) by Winfried Schwarz (Öko-Recherche) & Jochen Harnisch (Ecofys)- 17. April 2003

4.2.6.2.1.9 Facteurs d'émission (x)

Le choix des facteurs d'émission s'est basé sur l'étude « Shwarz and Harnish » dont la référence est également proposée au sein des Lignes directrices du GIEC⁷⁴.

Cette étude réalisée en 2003 propose un facteur d'émission spécifique pour les systèmes de conditionnement d'air mobile de seconde génération, monté dans les modèles européens à partir de 1996.

Le facteur d'émission est calculé à partir d'une émission mesurée en quantité sur 276 modèles, comprise entre 52,4 et 53,9 grammes de gaz par système de climatisation et par an.

Le pourcentage d'émission calculé pour une charge moyenne de 756 grammes et compris entre 6,93% et 7,13% de gaz par an.

L'intervalle de variation mesuré est de 28,8 g/an (3,8%) pour les systèmes les plus performants et de 81,9 g/an (10,8%) pour les moins performants.

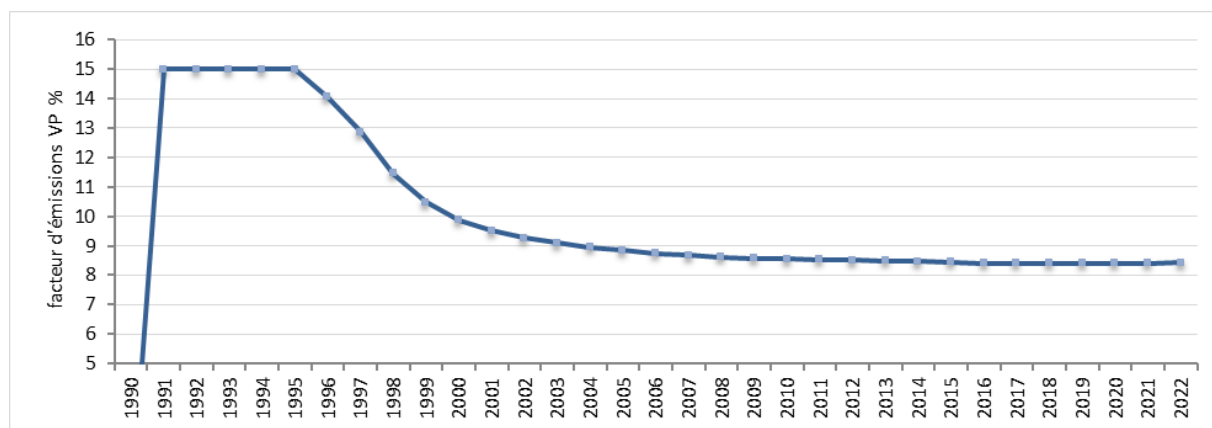
Aussi, il a été choisi d'utiliser la valeur de 7,13 % qui correspond à la valeur haute du facteur d'émission calculée pour cette étude.

Ce facteur est appliqué aux seuls véhicules européens construits après 1996. La quantité de véhicules européens est établie, à partir du fichier des immatriculations disponibles pour les années 2013 à 2022⁷⁵

Dans tous les autres cas, un facteur d'émission par défaut de 15% est utilisé⁷⁶.

Les facteurs d'émission spécifiques à la flotte de véhicules de Monaco sur la période 1990-2022 sont présentés dans la figure ci-après.

Figure 148. Evolution des facteurs d'émission au sein de la flotte automobile VP

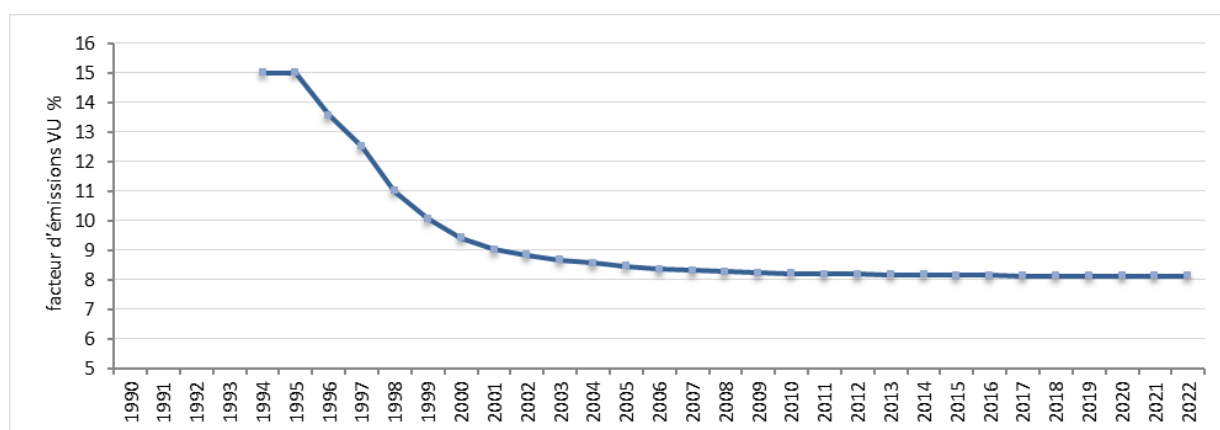


⁷⁴ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 table 7.9

⁷⁵ Prétraitement de modélisation du parc routier monégasque à partir des données du Service des Titres et Circulation - Monaco

⁷⁶ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Table 7.9

Figure 149. Evolution des facteurs d'émission au sein de la flotte automobile VUL



4.2.6.2.3 Cohérence des séries temporelles

Les données du parc automobile sont disponibles sur l'ensemble de la série temporelle, il est utilisé la même base que celle utilisée dans le secteur 1A3b Transport routier. Des données plus précises, disponibles à partir de 2013, sont utilisées comme base pour les marques et véhicules européens présents au sein du parc.

L'évolution de la quantité de véhicules climatisés couvre également l'ensemble de la période de calcul.

La catégorisation des gaz au sein des parcs est effectuée à partir des données de fournisseur automobile qui couvrent les années de production de véhicules cohérentes permettant d'effectuer les calculs sur la série temporelle 1990-2022.

L'évolution du facteur d'émission est basée sur une étude 2003 dont les résultats sont extrapolés pour couvrir l'ensemble de la série temporelle, cette extrapolation utilise comme limite les facteurs d'émission par défaut pour les données plus anciennes, ainsi que le facteur établi en 2003 pour les données plus récentes.

4.2.6.2.4 Incertitude et degré d'exhaustivité

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 10%.

Elle prend en compte :

- Une incertitude de 0.5% a été estimée en 2022 sur les données du parc automobile de Monaco (nombres de VP et VUL).
- Une erreur maximale positive pour avoir 100% de véhicules climatisés en 2022
- Une incertitude de 10 % sur la charge moyenne (7.86 % basés sur différences observées entre Behr hella / NRF ramenés à 10% avec les incertitudes liées aux approximations du lien marque-modèle)

L'incertitude combinée sur les données d'activité a ainsi été calculée.

L'incertitude sur le facteur d'émission tient compte de l'incertitude sur le facteur d'émission par défaut et de l'incertitude sur le facteur d'émission des véhicules européens en 2022.

L'incertitude combinée le facteur d'émission a ainsi été calculée. Elle est de +/- 12.2 %.

L'incertitude combinée a été calculée.

La méthodologie est constante sur toute la série temporelle.

4.2.6.2.5 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

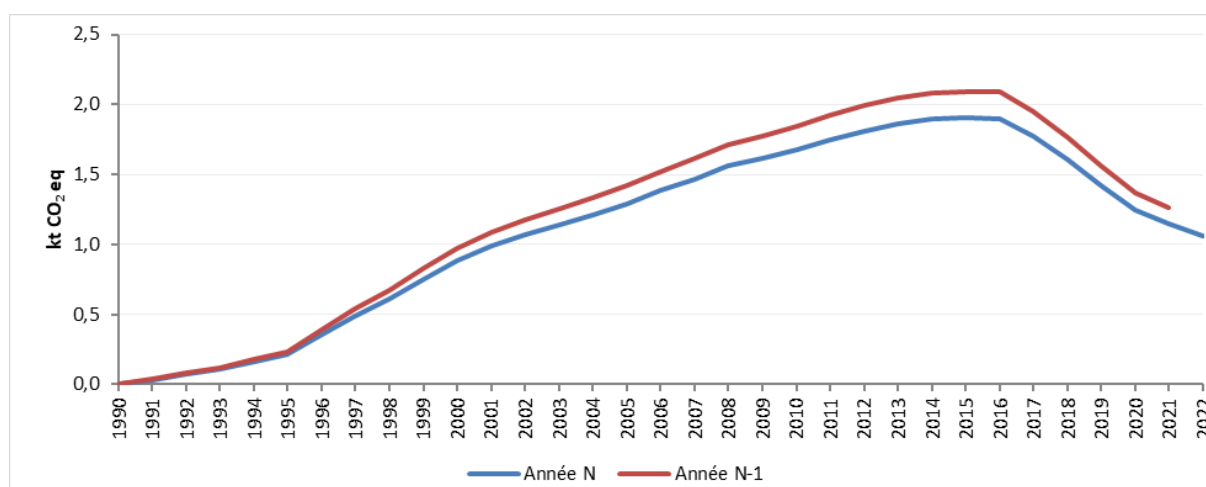
4.2.6.2.6 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne l'ensemble des émissions de HFC liées à la climatisation des véhicules.

Impacts du recalcul

Figure 150. Recalcul des émissions liées à la climatisation des véhicules



Les variations d'émissions résultantes suite à ce recalcul sont de -9,09 %.

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices.

4.2.6.2.7 Améliorations

Les principales améliorations projetées sur ce secteur sont la consolidation des données (Bt) et des facteurs d'émission (x) en fonction de la disponibilité de nouvelles données. Une veille technique et documentaire est constituée afin d'actualiser les calculs et de préciser les estimations sur la série temporelle.

4.2.6.3 2.F.1.f - CLIMATISATION STATIONNAIRE

(Méthode T2b, avec facteur d'émission D)

La catégorie 2.F.1.f évalue les émissions de gaz à effet de serre qui ont pour origine la climatisation stationnaire.

Les émissions de la catégorie 2.F.1.f en 2022 sont présentées dans le tableau 2F du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions de la catégorie 2.F.1.f sont en 2022 de **4,45 ktCO₂ eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de : **0,00 ktCO₂ eq**

Soit une variation de : **4,45 ktCO₂ eq**

4.2.6.3.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions de HFC et PFC sont basées sur les quantités de fluides frigorigènes commercialisées chaque année, déduction faite des quantités de fluides frigorigènes usagés récupérées pour destruction (qui sont exportées vers des sites agréés en France).

Les principaux gaz commercialisés à Monaco sur la série temporelle sont le R404a, le R407c, le 410a et le R134a.

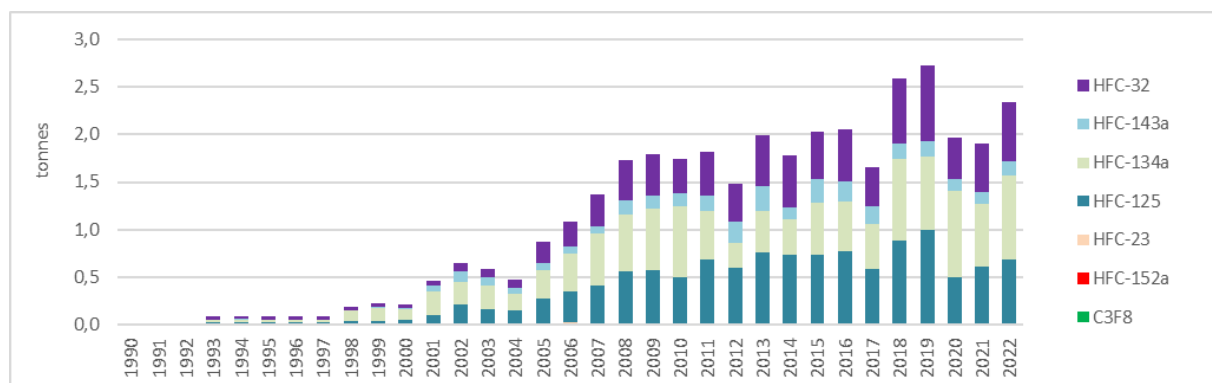
Dans des quantités plus faibles ou de manière ponctuelle, on retrouve le R401a, le R403b, le R407c, le R408a, le R409a, le R413a, le R505a, le R23, le R507, le R422a et le R422d, le R449a et le R448a.

Le seul PFC émis à Monaco est le C₃F₈ que l'on retrouve en mélange dans le R413a et le R403b.

Compte-tenu de la taille restreinte du pays, des variations interannuelles peuvent survenir, notamment en fonction de chantiers majeurs en Principauté.

Le graphique suivant présente les quantités de gaz fluorés en composés de base utilisées pour le calcul des émissions.

Figure 151. Gaz fluorés liées à la climatisation stationnaire



4.2.6.3.2 Méthodologie

Pour ce qui concerne les fluides (HFC et PFC) utilisés dans le secteur réfrigération commerciale et/ou climatisation résidentielle, les données d'activité sont déclarées annuellement par les frigoristes et entreprises de climatisation de Monaco.

Ces enquêtes permettent de relever

- Les quantités mises sur le marché monégasque (charge des équipements neufs)
- Les quantités utilisées pour la maintenance (entretien des équipements)
- Les quantités de destruction intentionnelles (récupérées pour élimination ou recyclage dans des centres spécialisés en France)

La charge originelle des équipements est quant à elle estimée sur la base d'une expertise réalisée en France métropolitaine.

Il est à noter que les sociétés locales ne sont que partiellement en mesure de différencier les quantités de fluides utilisées pour la réfrigération commerciale ou la climatisation résidentielle et que ce sont les mêmes sociétés qui interviennent indifféremment dans les deux cas, c'est pour cette raison que ces deux activités sont compilées ensemble.

Compte tenu de ces éléments, une méthodologie T2b est appliquée⁷⁷ :

EQUATION 7.9
DETERMINATION DES EMISSIONS DE FLUIDE FRIGORIFIQUE PAR BILAN MASSIQUE

Émissions = ventes annuelles de nouveau fluide frigorigène – charge totale du nouvel équipement + charge totale originelle de l'équipement retirée – quantité de la destruction intentionnelle

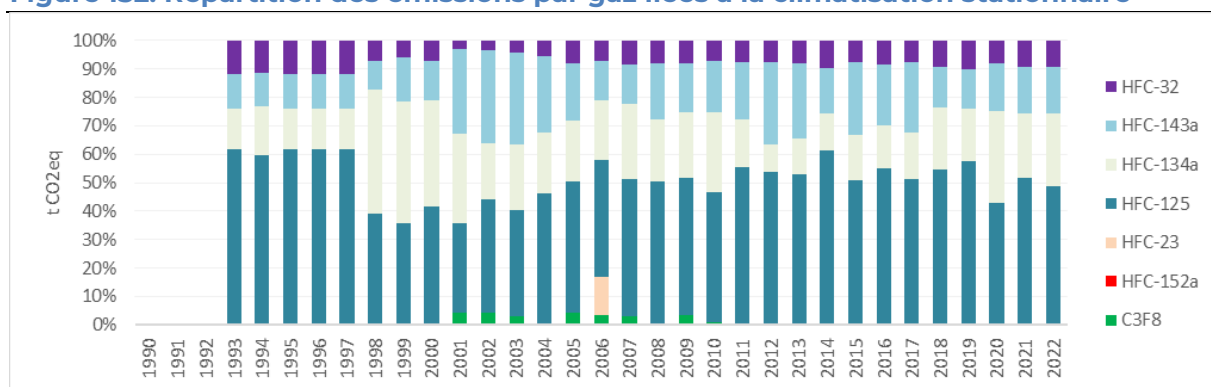
Les émissions liées à l'utilisation de PFC sont liées à l'utilisation de mélanges de gaz réfrigérant de type R403b (56% R22, 39% PFC218, 5% propane), de type R412a (70% R22, 5% PFC218, 25% R142b) et de type R413a (9% PFC218, 88% R134a, 3% R600a).

Les variations inter-annuelles des émissions de gaz à effet de serre de ce secteur sont liées à l'évolution de l'utilisation de HFCs sur le territoire.

La remontée des émissions de GES pour le secteur, après une relative stabilité autour des années 2015, s'explique, notamment, par l'apparition d'une importante consommation de F-Gaz de type R507 (50% R134a, 50% R125) par l'une des entreprises du secteur de la climatisation implantée à Monaco.

En 2018 et 2019, une entreprise monégasque a réalisé d'importants travaux ce qui a impliqué l'utilisation exceptionnelle de R407c et de R410a.

Figure 152. Répartition des émissions par gaz liées à la climatisation stationnaire



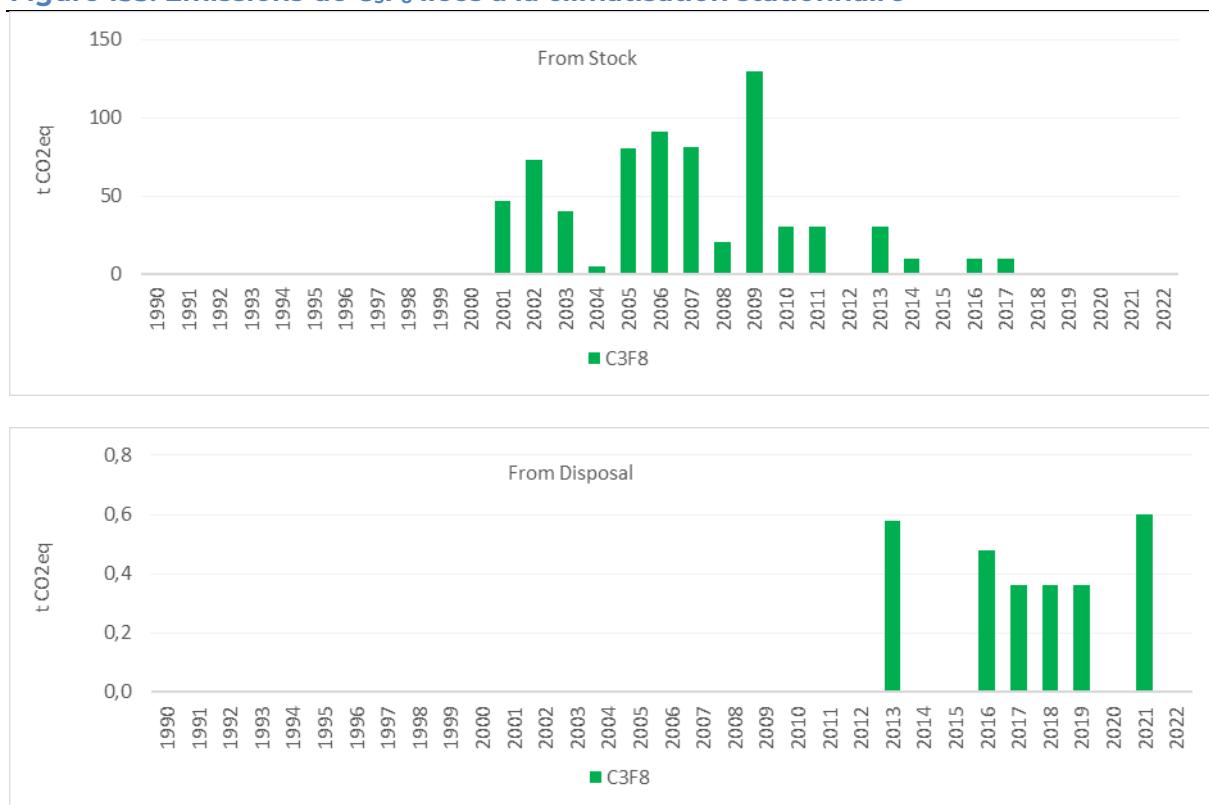
⁷⁷ GIEC 2006, Vol 3 Chapitre 7 Eq 7.9 « Commercial refrigeration » et 2.F.1.f « Stationary air conditioning »
Rapport National d'Inventaire Direction de l'Environnement
2024

Selon l'équation 7.9 ci-dessus, les émissions liées aux fins de vie des équipements (ou émissions « from disposal » = émissions provenant d'élimination) correspondent à la différence entre la charge d'origine de l'équipement retiré et la quantité de destruction intentionnelle (émission fugitive).

Comme abordé précédemment, les variations interannuelles d'émission (« from stock » ou « from disposal ») peuvent survenir en fonction de grands projets de construction en Principauté.

Ainsi, les émissions de C_3F_8 sont aujourd'hui essentiellement liées aux fins de vie des équipements.

Figure 153. Emissions de C_3F_8 liées à la climatisation stationnaire



4.2.6.3.3 Cohérence des séries temporelles

La même méthodologie est utilisée sur l'ensemble de la période pour assurer la cohérence temporelle.

L'ensemble des émissions de ce secteur ont été calculées, sur toute la période.

4.2.6.3.4 Incertitudes et degré d'exhaustivité

L'incertitude sur la donnée d'activité est basée directement sur le taux de déclaration.

L'incertitude sur le facteur d'émission est déterminée à partir d'un ratio entre le nombre d'équipement pour l'entretien et celui d'équipement neuf.

L'incertitude combinée le facteur d'émission a ainsi été calculée. Elle est de +/- 17 %.

4.2.6.3.5 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

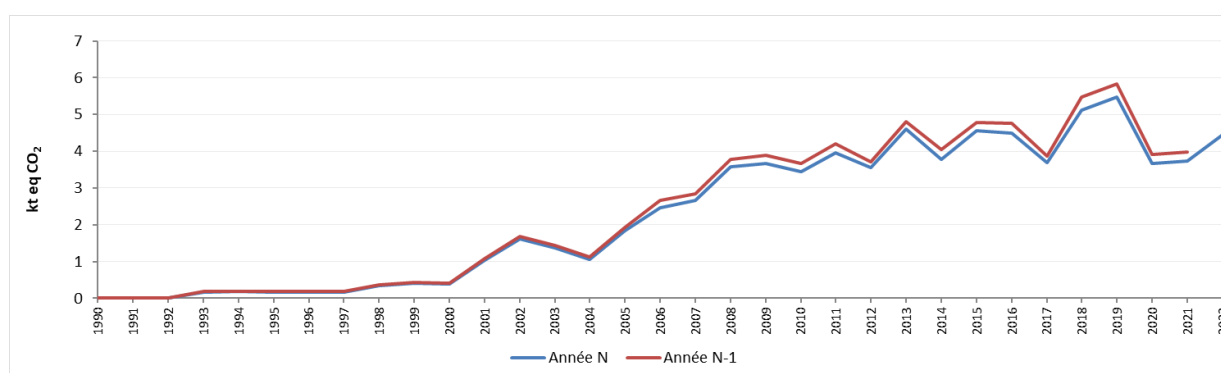
4.2.6.3.6 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne l'ensemble des émissions de HFC liées à la climatisation stationnaire.

Impact du recalcul

Figure 154. Recalcul des émissions totales de HFC liées à la climatisation stationnaire



Les variations d'émissions résultantes suite à ce recalcul sont de l'ordre de - 4 % (avec un maximum de variation de - 7.4 % en 2006).

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices.

4.2.6.3.7 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

4.2.6.5 2.F.2.A - UTILISATION DE MOUSSE

(Méthode CS, avec facteur d'émission OTH)

4.2.6.5.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

En Principauté de Monaco, les mousses d'isolation sont utilisées dans les nombreux chantiers du secteur du BTP. Ces composés expansifs permettent d'isoler, colmater, calfeutrer, coller ou insonoriser les matériaux, qu'il s'agisse de rénovations ou de constructions neuves.

En outre, les mousses expansives sont également utilisés dans le secteur industriel afin d'isoler les passages de câbles au travers des cloisons coupe-feu.

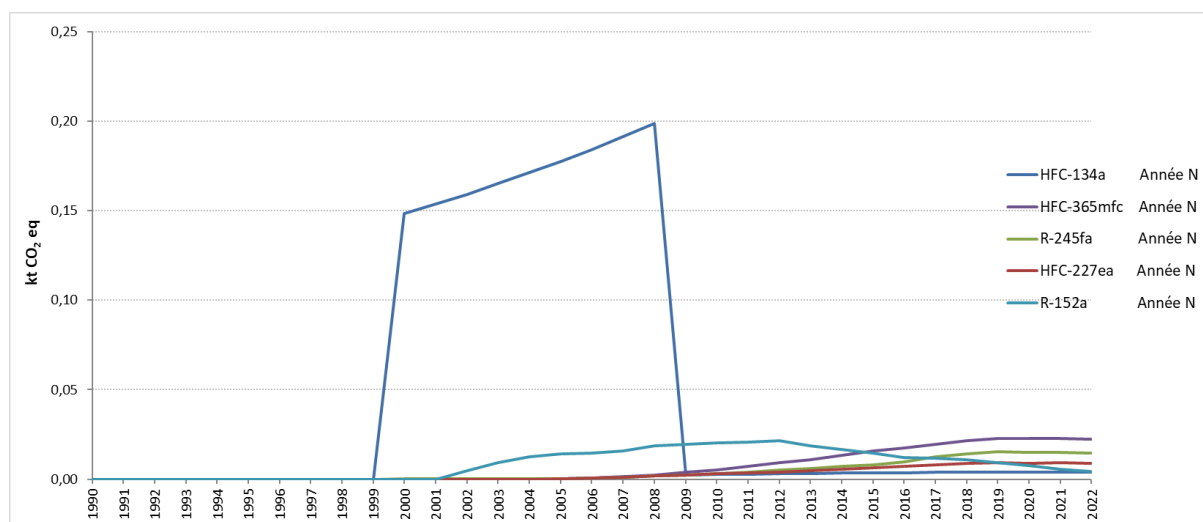
Enfin, les particuliers utilisent également des bombes de mousse d'isolation lors d'activités de bricolage.

Concernant le HFC-134a, il commence à apparaître courant 2002 dans les XPS (polystyrène extrudé) pour l'isolation des bâtiments, engendrant ainsi une augmentation de son utilisation. Mais en juillet 2008, dans l'Union Européennes, les HFC sont interdits de mise sur le marché dans l'application des mousses monocomposants, expliquant alors la baisse des émissions déclarées.

1.1.1.1.1. Méthodologie

Compte tenu de l'absence de données statistiques spécifiques produites en Principauté de Monaco, une méthode d'estimation des émissions a été élaborée en corrélant les données françaises avec la population française, rapportées à la population monégasque. Les émissions ont pu être calculées sur toute la période.

Figure 155. Emissions de HFC liées à l'utilisation de mousses d'isolation



4.2.6.5.2 Cohérence des séries temporelles

La méthodologie utilisée est constante sur la série temporelle.

4.2.6.5.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

La méthodologie a une incertitude de 20% sur les données d'activité et de 20% sur le Facteur d'Emission.

4.2.6.5.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

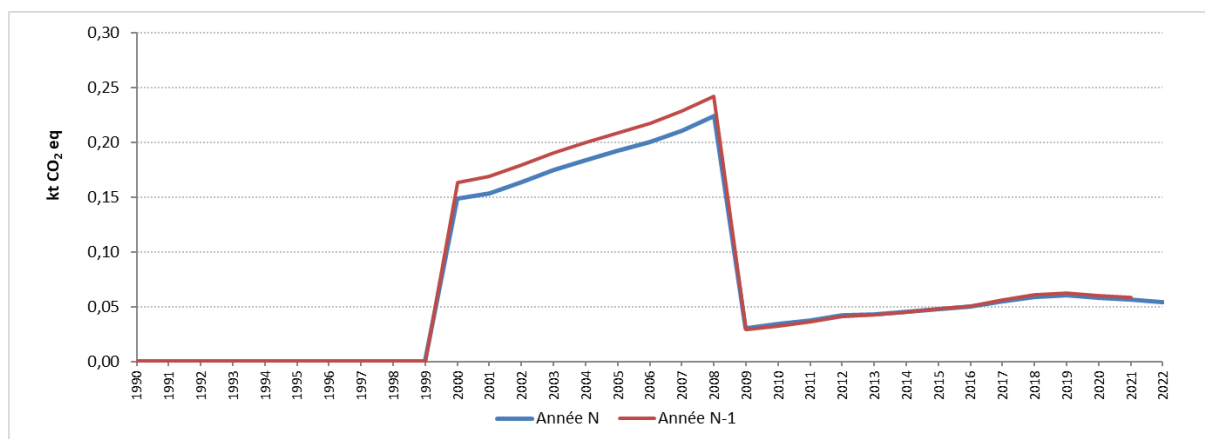
4.2.6.5.5 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne les émissions de HFC liées à l'utilisation de mousses d'isolation.

Impact du recalcul

Figure 156. Recalcul des émissions de HFC liées à l'utilisation de mousses d'isolation



Le maximum de variation d'émission est de l'ordre de 9 % pour l'année 2000.

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices, de légères modifications des données d'émissions françaises pour le HFC-152a et de modifications des données de recensement de la population monégasque et population française pour les années 2020 à 2022 :

4.2.6.5.6 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

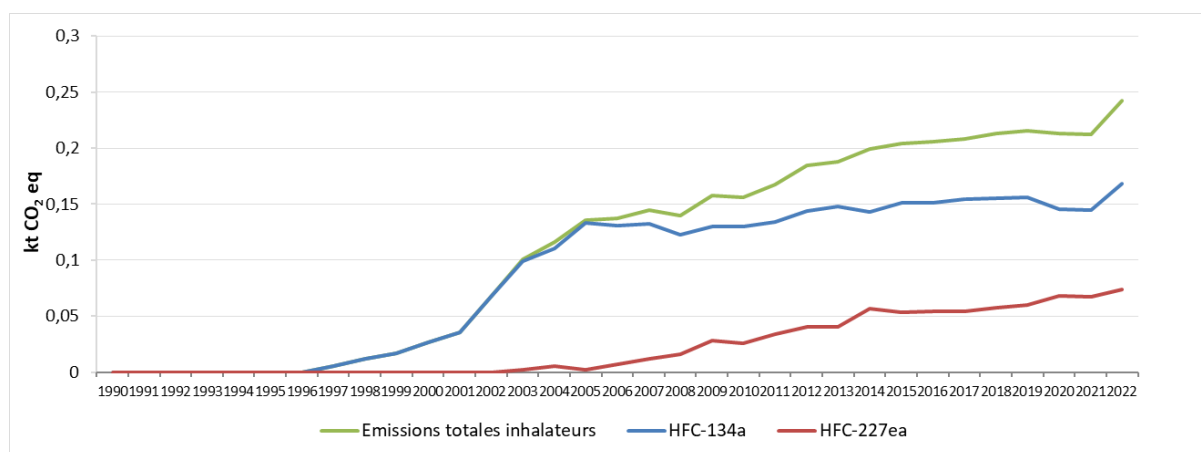
4.2.6.6 2.F.4.A - UTILISATION D'AÉROSOLS ET D'INHALATEURS

(Méthode CS, avec facteur d'émission D)

4.2.6.6.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions liées à l'utilisation d'aérosols et d'inhalateurs à Monaco sont estimées dans le cadre de cette catégorie.

Figure 157. Emissions de HFC liées à l'utilisation d'aérosols et d'inhalateurs



1.1.1.1.1. Méthodologie

La totalité des aérosols et inhalateurs utilisés à Monaco est importée.

Il n'existe pas de donnée statistique nationale relative à la quantité d'aérosols et d'inhalateurs utilisés à Monaco (il n'est en effet pas possible d'obtenir de statistiques des douanes ni d'utilisation par discrétion)

Aussi, la quantité d'aérosols et d'inhalateurs consommée à Monaco est déterminée sur toute la période à partir des données d'activité françaises et d'un ratio Population France métropolitaine (INSEE)-Population Monaco, en accord avec les lignes directrices⁷⁸, Pour suivi et cohérence, les données d'activité française liées aux MDI (Metered Dose Inhalers) sont demandées chaque année auprès du CITEPA.

4.2.6.6.2 Cohérence des séries temporelles

La méthodologie utilisée est constante sur la série temporelle.

4.2.6.6.3 Incertitudes et degré d'exhaustivité

La méthodologie a une incertitude de 50% sur les données d'activité et de 10% sur le facteur d'Emission.

4.2.6.6.4 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

⁷⁸ GIEC 2006 - Vol 3 Chap 7.3.2.3
Rapport National d'Inventaire
2024

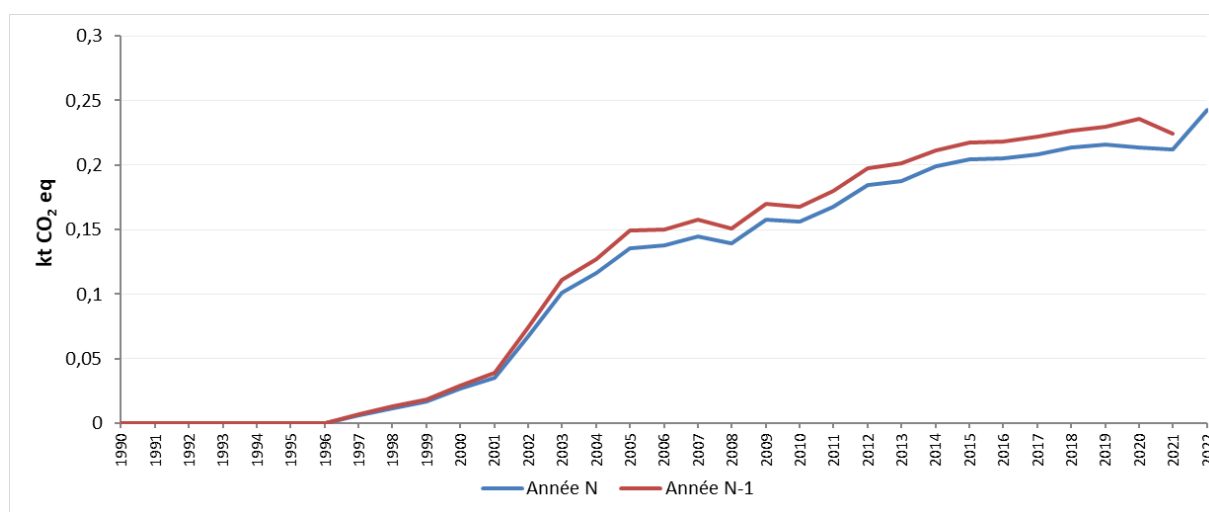
4.2.6.6.5 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5), de légères modifications des données d'émissions françaises de 2018 à 2022 et de modifications des données de recensement de la population monégasque et population française pour les années 2020 à 2022 : le maximum de variation d'émission résultante est de l'ordre de -13% pour l'année 2020.

Impact du recalcul

Figure 158. Recalcul des émissions de HFC liées à l'utilisation d'aérosols et d'inhalateurs



4.2.6.6.6 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

4.2.7 2G –Autres usages et fabrication de produits

Les émissions du secteur « Autres usages et fabrication de produits » en 2022 sont présentés dans le tableau 2G du cadre commun de présentation (CRT).

Cette catégorie regroupe les émissions des gaz à effet de serre issus des autres usages non reportés dans les catégories sources précédentes du secteur 2. Les secteurs sont divers et les GES correspondants également (N₂O, SF₆, PFC et HFC).

Les émissions du secteur de l'Industrie 2G sont en 2022 de : **0,33 ktCO₂eq**

Les émissions pour l'année de référence (1990) sont de : **0,11 ktCO₂eq**

Soit une variation de : **+ 215,4 % (0,23 ktCO₂eq)**

Les émissions du secteur de l'Industrie 2G représentent :0,5% des émissions globales en 2022

Les émissions du secteur de l'Industrie 2G représentent :0,1% des émissions globales en 1990

L'augmentation des émissions de ce secteur jusqu'en 2010, puis leur décroissance, sont liées à l'utilisation de N₂O dans le secteur médical.

Figure 159. Emissions de GES entre 1990 et 2022 de la catégorie 2G – Autres usages et fabrication de produits

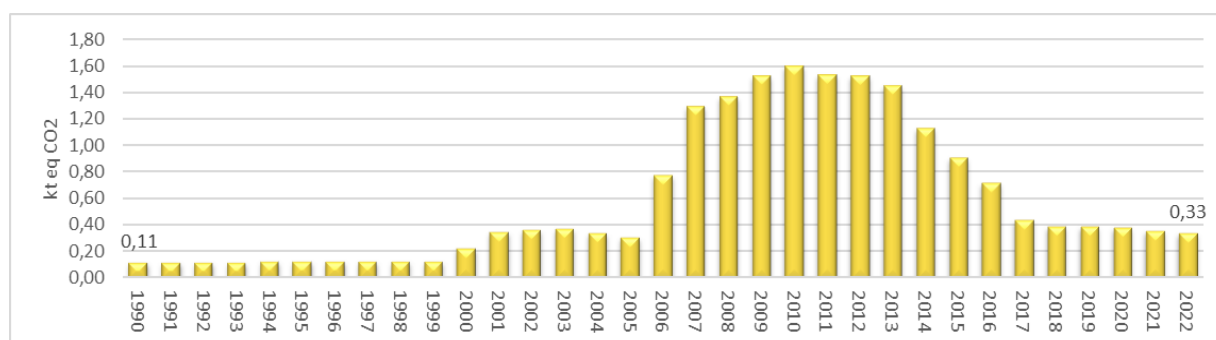
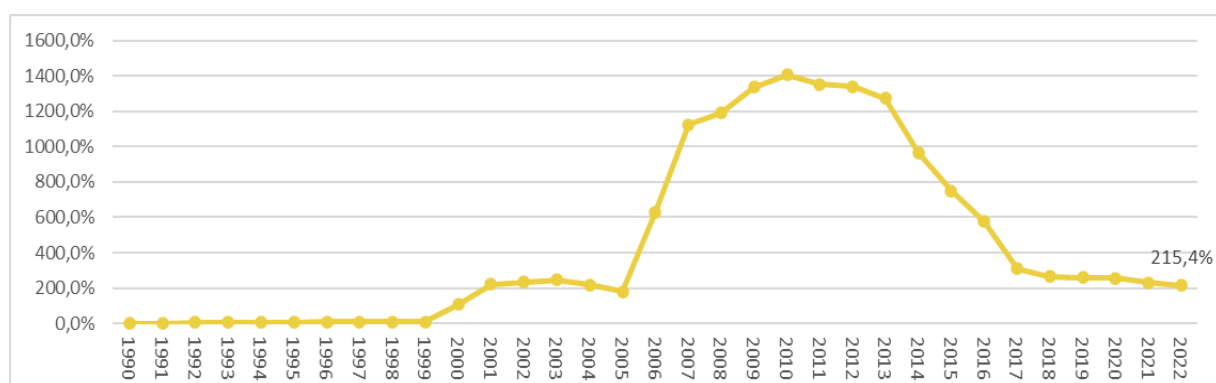


Figure 160. Evolution des émissions de GES par rapport à 1990 de la catégorie 2G – Autres usages et fabrication de produits



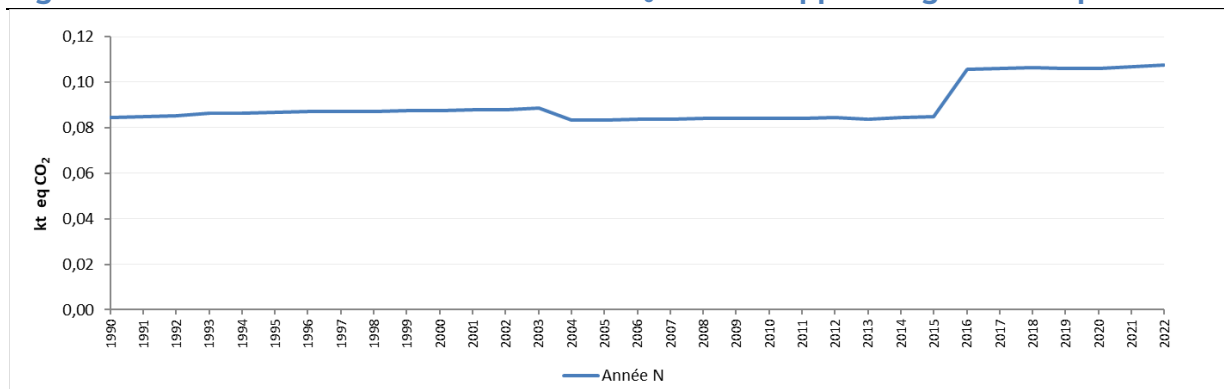
4.2.7.1 2.G.1 - SF₆ UTILISÉ DANS LES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES

(Méthode T1 avec facteur d'émission D)

4.2.7.1.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Les émissions sont calculées à partir de la quantité de SF₆ utilisée dans les appareillages électriques.

Figure 161. Emissions liées à l'utilisation de SF₆ dans les appareillages électriques



1.1.1.1.1. Méthodologies d'estimation des émissions

A Monaco, seule la Société Monégasque de l'Electricité et du Gaz (SMEG) met en œuvre des équipements utilisant du SF₆.

Dans un souci de transparence, des précisions ont été demandées pour ce qui concerne la dénomination des différentes valeurs fournies lors des déclarations annuelles. En outre, il a été demandé à la SMEG si elle pouvait inventorier son parc d'appareils suivant la typologie (appareil de commutation MV, HV ou transformateur à gaz) afin d'affiner les émissions associées.

La méthodologie de calcul utilisée est de niveau 1 avec facteur d'émission D⁷⁹, à l'aide de l'équation⁸⁰ :

La SMEG est la seule entité de Monaco qui gère des appareillages électriques utilisant du SF₆.

EQUATION 8.1

METHODE PAR FACTEUR D'EMISSION PAR DEFAUT

Emissions totales = émissions lors de la fabrication + émissions lors de l'installation de l'équipement + émissions lors de l'utilisation de l'équipement + émissions lors de la mise au rebut de l'équipement

Cette équation a pu être utilisée sur toute la période, depuis 1990.

Il est à noter que la fabrication et la mise au rebut sont effectuées hors de Monaco et que les émissions associées sont considérées comme nulles. En outre, une enquête complémentaire a permis de différencier les appareillages selon la nomenclature proposée : appareils de commutation MV, appareils de commutation HV et transformateurs à isolation gazeuse.

En 1995, un changement massif d'équipements électriques réalisé par la SMEG (moyenne tension-haute tension) a entraîné une baisse des émissions liées à l'utilisation du SF₆ pour la catégorie « SF₆ utilisé dans les appareillages électriques (secteur 2.G.1) ».

⁷⁹ GIEC 2006 - Vol 3 Chap 8 – Eq 8.1

⁸⁰ GIEC 2006 - Vol 3 Chap 8 – Tables 8.2 et 8.4

De plus, il a été décidé de considérer que le SF₆ utilisé à la mise en service d'un appareillage soit assimilé à de la maintenance.

Enfin, la SMEG a précisé que « Les fluctuations importantes de l'utilisation annuelle de SF₆ sont liées à des mises en service ou à des remplacements de tableaux Haute Tension dans les postes sources ». Par exemple, la construction d'un poste source génère une hausse significative du SF₆ en Principauté.

En revanche, le remplacement d'un tableau Haute Tension dans un poste source entraîne généralement une baisse de quantité de SF₆ (les nouveaux tableaux ayant des quantités de SF₆ inférieures aux anciens).

4.2.7.1.2 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à partir des incertitudes combinées des données de postes privés et postes publics.

L'incertitude spécifique au facteur d'émission a été estimée à 30% (valeur la plus pénalisante). L'incertitude combinée a été calculée. Elle est de +/- 59 %.

La méthodologie est constante sur toute la série temporelle.

4.2.7.1.3 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Cette catégorie n'a pas fait l'objet de contrôles qualité spécifiques.

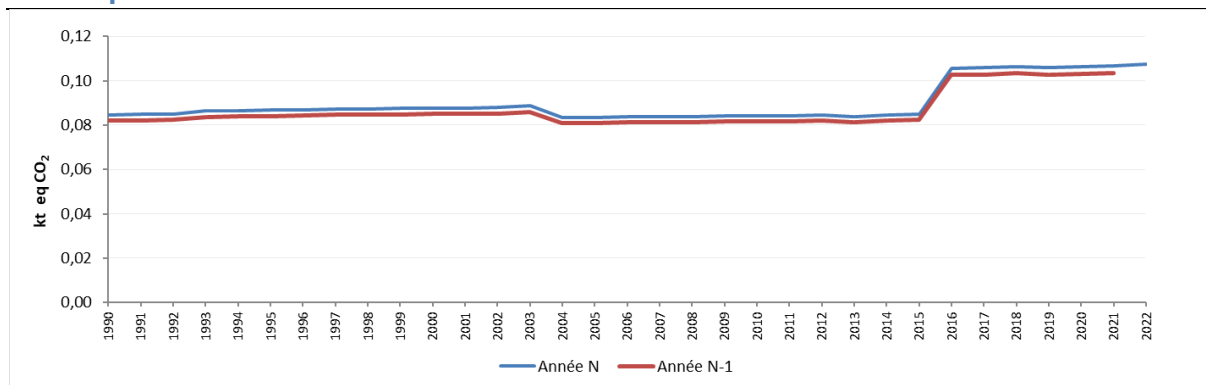
4.2.7.1.4 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne l'ensemble des émissions liées à l'utilisation de SF₆ dans les appareillages électriques

Impacts du recalcul

Figure 162. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de SF₆ dans les appareillages électriques



Les variations d'émissions suite à ce recalcul sont de + 3.07 %.

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices.

4.2.7.1.5 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

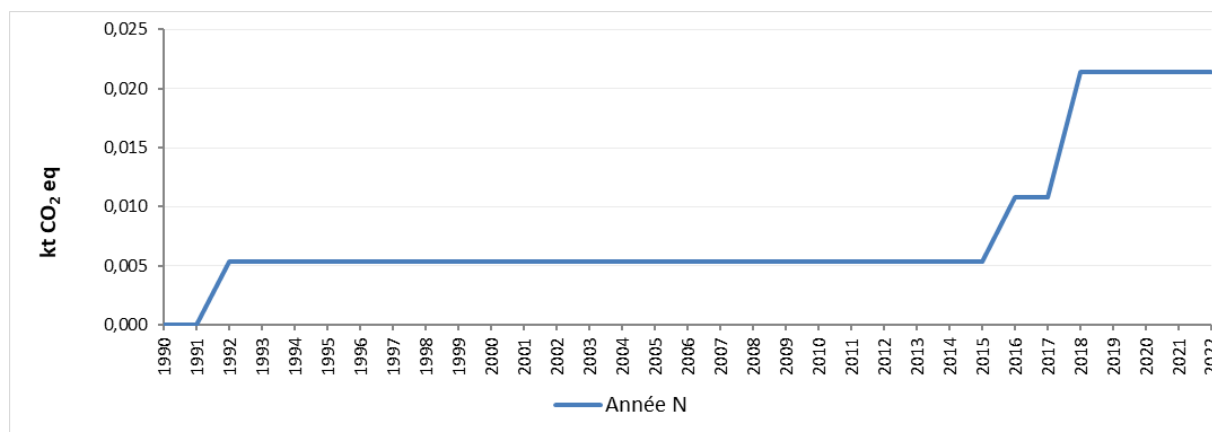
4.2.7.2 2.G.2.B - SF₆ UTILISÉ DANS LES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES

(Méthode T1 avec facteur d'émission CS)

4.2.7.2.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

La Principauté de Monaco dispose, depuis 1992, d'un accélérateur de particules localisé au Centre Hospitalier Princesse Grace (CHPG) pour les soins de radiothérapie. Un deuxième accélérateur de particules a été installé en 2016 au sein du même établissement.

Figure 163. Emissions liées à l'utilisation de SF₆ dans les accélérateurs de particules



1.1.1.1.1. Méthodologies d'estimation des émissions

La méthodologie de calcul utilisée est de niveau 1 avec facteur d'émission CS, à l'aide de l'équation⁸¹ :

EQUATION 8.16
EMISSIONS TOTALES DE L'ACCELERATEUR DE RECHERCHE

$$Emissions\ totales = \sum \text{émissions accélérateur individuel}$$

Avec : émissions accélérateur individuel = 230 grammes de SF₆/an (Facteur d'émission CS)

Dans le cadre du NIR 2018, la méthodologie d'estimation des émissions de SF₆ utilisé dans les accélérateurs de particules à usage médical a été améliorée. En effet, un facteur d'émission propre à Monaco a pu être déterminé à partir de la quantité de SF₆ utilisée. Selon les informations communiquées par le CHPG, la consommation est 2,3 kg de SF₆ pour 10 ans pour un accélérateur de particules. Aussi, il a été décidé d'appliquer un facteur d'émission de 230g de SF₆/ an / accélérateur.

4.2.7.2.2 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité est estimée à 25 %.
L'incertitude spécifique au facteur d'émission a été estimée à 10%.
L'incertitude combinée a été calculée.

La méthodologie est constante sur la série temporelle.

⁸¹ GIEC 2006 - Vol 3 Chap 8 – Eq 8.16
Rapport National d'Inventaire
2024

4.2.7.2.3 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Aucun contrôle spécifique à la catégorie source n'a été réalisé.

4.2.7.2.4 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne l'ensemble des émissions liées à l'utilisation de SF₆ dans les accélérateurs de particules.

Impacts du recalcul

Figure 164. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de SF₆ dans les accélérateurs de particules



Les variations d'émissions suite à ce recalcul sont de + 3.07 %.

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices.

4.2.7.2.5 Améliorations

Aucune amélioration n'est prévue.

4.2.7.3 2.G.3.A - N₂O UTILISÉ COMME ANESTHÉSANT ET/OU ANALGÉSIQUE

(Méthode D avec facteur d'émission D)

4.2.7.3.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

La Principauté de Monaco dispose, sur son territoire, de trois entités susceptibles d'utiliser du N₂O comme agent anesthésiant et/ou analgésique : le Centre Hospitalier Princesse Grace (CHPG), le Centre Cardio-Thoracique et l'Institut Monégasque de Médecine du Sport (IM2S).

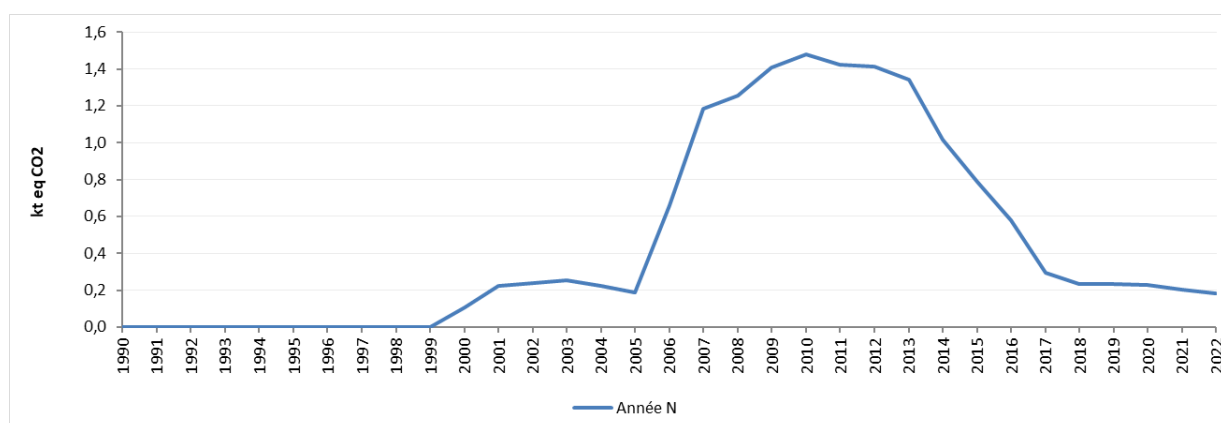
Il est à noter que l'IM2S a ouvert ses portes en 2006, d'où l'apparition d'un accroissement significatif des émissions associées à partir de cette date.

Par ailleurs, le CHPG n'utilise plus le protoxyde d'azote pour les anesthésies depuis 2016. Cet anesthésiant a été remplacé par un mélange d'oxygène, d'air médical et de gaz halogénés (desflurane ou servoflurane).

Cependant, depuis 2017, il subsiste une utilisation spécifique (analgésique) d'un composé (Entonox) qui contient, dans sa composition, du protoxyde d'azote (mélange équimolaire O_2/N_2O).

Les données d'activité sont déclarées annuellement.

Figure 165. Emissions liées à l'utilisation de N_2O comme anesthésiant/analgésique



1.1.1.1. Méthodologies d'estimation des émissions

Une méthode D, avec facteur d'émission D a été utilisée pour procéder à cette estimation⁸².

EQUATION 8.24
EMISSIONS DE N_2O ISSUES DES UTILISATIONS D'AUTRES PRODUITS

$$E_{N_2O}(t) = \sum_i \{ [0.5 * Ai(t) + 0.5 * Ai(t - 1)] * FE_i \}$$

Avec $FE_i = 1$

4.2.7.3.2 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 12.5%

L'incertitude spécifique au facteur d'émission a été estimée à 5%.

Une enquête a été menée auprès de l'ensemble des établissements de soins localisés sur le territoire de Monaco afin de pouvoir estimer ces émissions sur toute la période, depuis 1990.

4.2.7.3.3 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Aucun contrôle spécifique à la catégorie source n'a été réalisé.

4.2.7.3.4 Recalcul

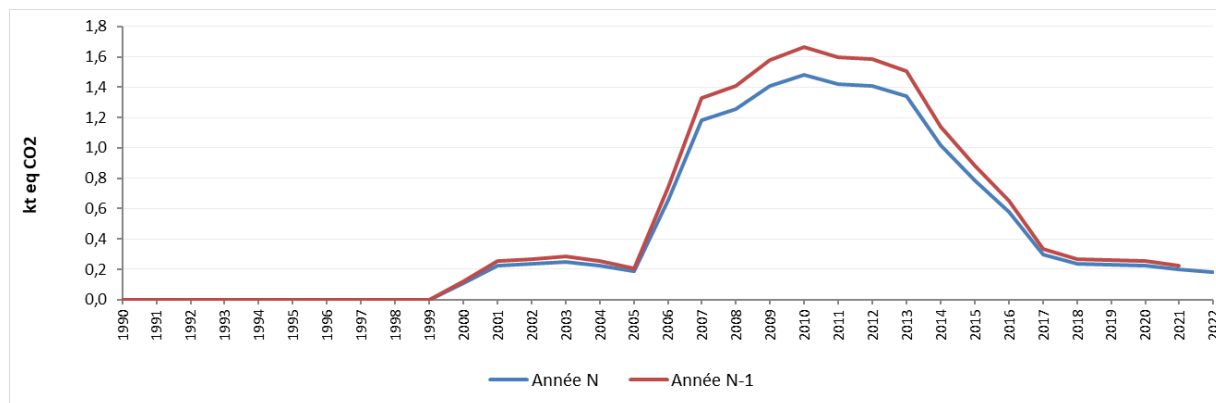
Description du recalcul

⁸² GIEC 2006 - Vol 3 Chap 8 – Eq 8.26
Rapport National d'Inventaire
2024

Le recalcul concerne l'ensemble des émissions liées à l'utilisation de N₂O comme anesthésiant/analgésique.

Impacts du recalcul

Figure 166. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de N₂O comme anesthésiant/analgésique



Les variations d'émissions suite à ce recalcul sont de -11,07 %.

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices.

4.2.7.3.5 Améliorations

Aucune amélioration n'est prévue.

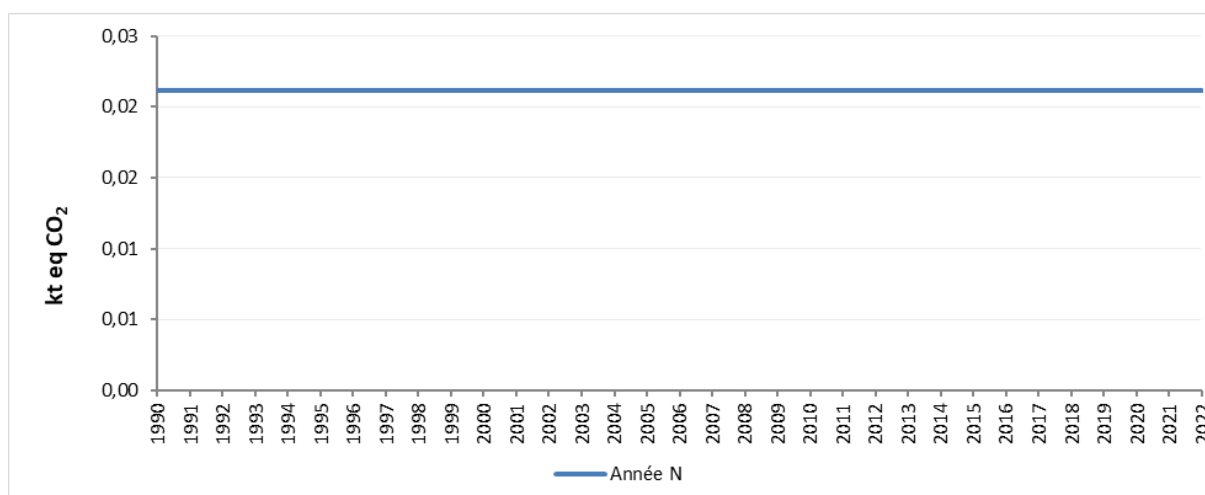
4.2.7.4 2.G.3.B - N₂O UTILISÉ COMME GAZ PROPULSEUR D'AÉROSOLS

(Méthode CS, avec facteur d'émission OTH)

4.2.7.4.1 Caractéristiques générales de la catégorie source

Dans le cadre de cette catégorie sont estimées les émissions liées à l'utilisation de N₂O comme gaz propulseur d'aérosols.

Figure 167. Emissions liées à l'utilisation de N₂O comme gaz propulseur d'aérosols



1.1.1.1.1. Méthodologies d'estimation des émissions

Une méthodologie suppose que l'intégralité du N₂O contenu dans les boîtiers est émise dans l'atmosphère. La consommation de N₂O totale a été calculée à partir d'une estimation du nombre d'aérosols alimentaires vendus (obtenu par un ratio de population France métropolitaine/Monaco et de données complémentaires transmises par le CFA (Comité Français des Aérosols)).

Un taux moyen de N₂O de 6 g/unité (transmis par l'un des deux plus gros conditionneurs d'aérosols de crème chantilly en France) est ensuite appliqué pour en déduire les émissions.

La vente d'aérosols est constante en France. Elle est donc considérée comme constante sur toute la période à Monaco.

La Principauté de Monaco ne peut pas à ce jour obtenir de donnée plus précise.

La méthodologie a été appliquée sur l'ensemble de la série temporelle.

Cette catégorie n'est pas une catégorie clé et les émissions sont inférieurs au seuil de 0,3% des émissions totales (hors LULUCF) sur l'ensemble de la série temporelle.

4.2.7.4.2 Incertitude et cohérence des séries temporelles

L'incertitude sur la donnée d'activité a été estimée à 20%.

L'incertitude spécifique au facteur d'émission a été estimée à 1%.

Les émissions ont pu être calculées sur toute la période.

4.2.7.4.3 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique

Aucun contrôle spécifique à la catégorie source n'a été réalisé.

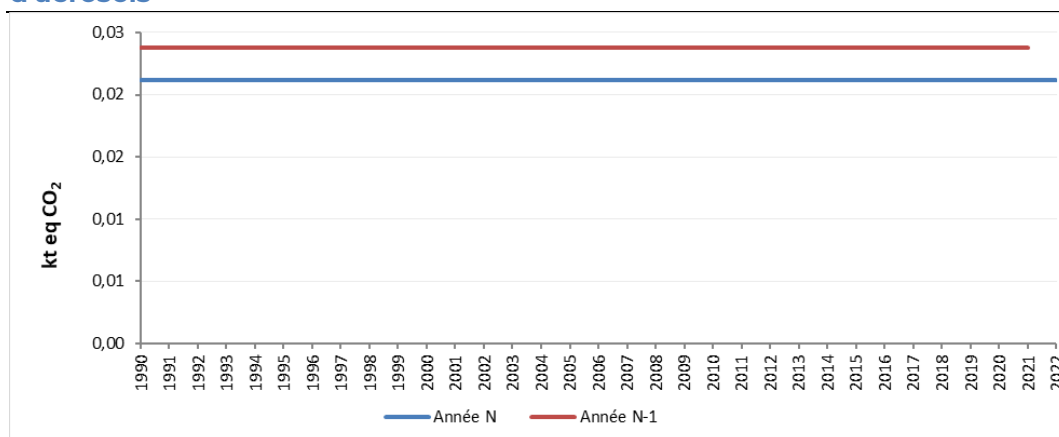
4.2.7.4.4 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne l'ensemble des émissions liées à l'utilisation de N₂O comme gaz propulseur d'aérosols.

Impact du recalcul

Figure 168. Recalcul des émissions liées à l'utilisation de N₂O comme gaz propulseur d'aérosols



Les variations d'émissions résultantes suite à ce recalcul sont de -11,07 %.

Raisons et justification

Le recalcul a été nécessaire du fait de la prise en compte des potentiels de réchauffement global publiés lors du cinquième rapport d'évaluation du GIEC publié en 2014 (AR5) conformément aux lignes directrices.

4.2.7.4.5 Améliorations

Aucune amélioration n'est actuellement planifiée pour cette catégorie.

4.2.8 2H –Autres

Cette activité étant inexistante à Monaco, les émissions correspondantes ont été considérées comme nulles.

AGRICULTURE (Secteur 3 du CRT)

Monaco étant une cité-état entièrement urbanisée, aucune surface n'est utilisée à des fins agricoles.

Aussi, il n'existe pas d'émission de GES liée à cette catégorie, les clés de notation « NO » et « NA » ont été utilisées.

6

UTILISATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE - UTCATF (Secteur 4 du CRT)

Les émissions et puits de carbone de ce secteur en 2022 sont présentés dans le tableau 4 du cadre commun de présentation (CRT).

Les absorptions du secteur UTCATF, sont en 2022 de :

0,07 ktCO₂eq

Les absorptions pour l'année de référence (1990) recalculée sont de :

0,0011 ktCO₂eq

Soit une variation de :

-34,7% (+0,04ktCO₂eq)

Figure 169. Emissions de GES du secteur UTCATF

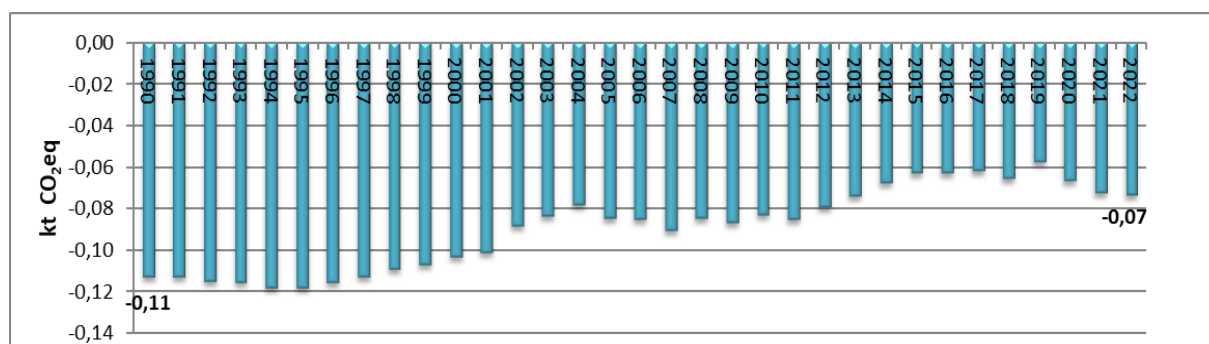
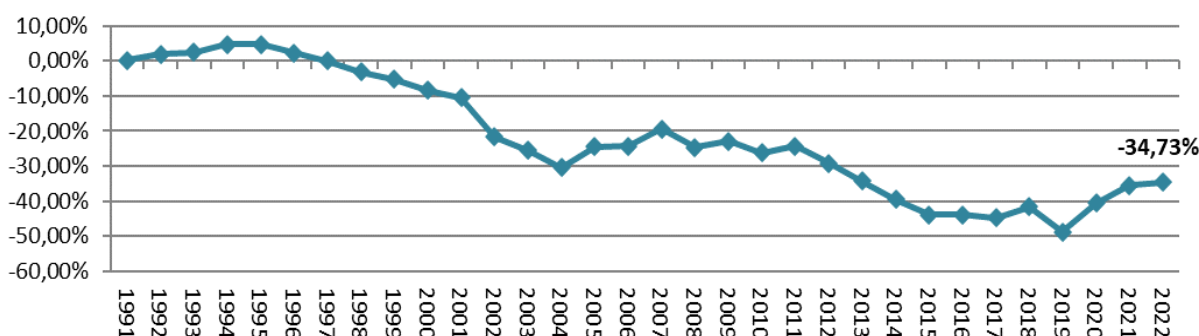


Figure 170. Evolution des absorptions de GES du secteur UTCATF



6.1 Caractéristiques générales

Le territoire de Monaco est intégralement inclus dans la catégorie établissements 4.E (settlements).
Au sein de cette catégorie, deux sources d'émissions de GES et puits de carbone sont comptabilisés :

- **La variation nette de carbone en biomasse active des arbres (4.E.1 carbon stock change)** qui peut être classé en sous-catégories (tree crown cover et other settlement afin d'estimer des émissions/absorptions liées aux surfaces arborées de Monaco).
La variation nette de carbone a représenté, en 2022, un stockage de 0,074 ktCO_{2eq}.
- **Les émissions de N₂O par l'utilisation de fertilisants dans les parcs et jardins (4.E.1 Direct N2O Emissions from N Inputs to Managed Soils - Inorganic N Fertilizers).**
L'utilisation des engrais a représenté une émission de : 0,007 kt CO_{2eq} en 2022.

Figure 171. Evolution des émissions et capture de GES (CO₂) par la variation de la biomasse active (Carbon stock Change)

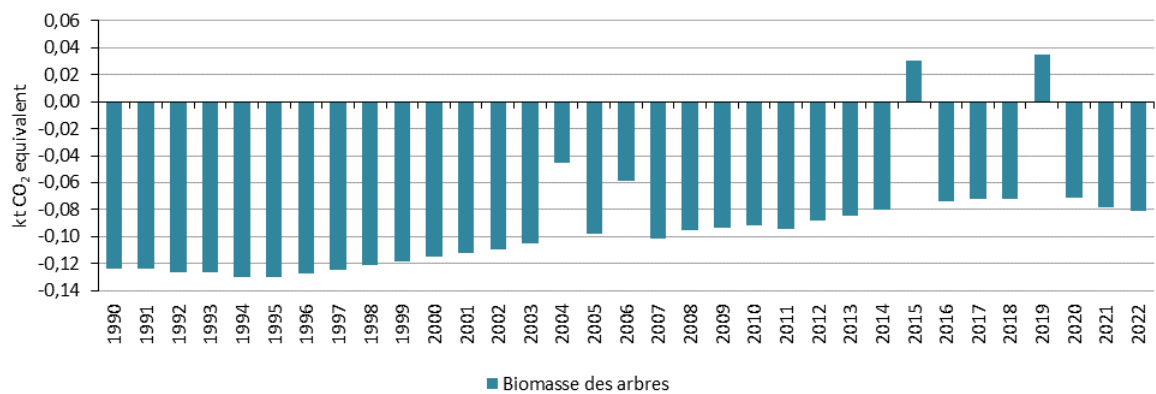
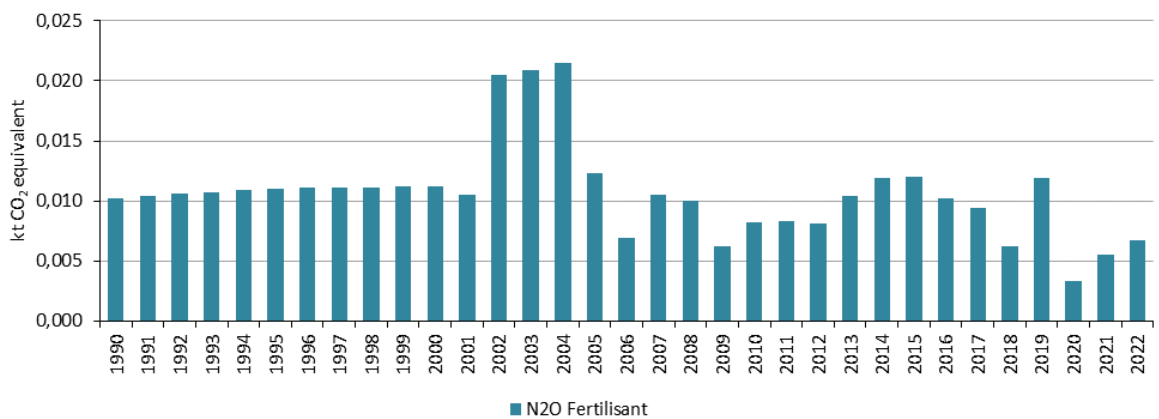


Figure 172. Evolution des émissions de GES (N₂O) du secteur par l'utilisation des engrais – (Inorganic N Fertilizers)



Les méthodes d'estimations de la variation nette de la biomasse active sont directement liées à la surface d'espace vert.

Après avoir régulièrement augmentée, la réduction des surfaces de jardin et d'espaces verts (2004) puis le ralentissement de leur accroissement (2010-2014), ont eu des conséquences sur les niveaux de captures de carbone de la catégorie « 4.E.1 carbon stock change ».

Dans le cadre de plusieurs opérations d'urbanisme, la surface publique d'espaces verts est passée de 27,66 ha en 2014 à 27,02 ha en 2015, puis à 26,73 ha en 2018.

En 2015, la perte de surface d'espaces verts a eu pour conséquence des émissions de 0,037 ktCO₂eq.

De nouvelles opérations d'urbanisme en 2019 ont eu pour conséquence une réduction temporaire des espaces verts publics pour atteindre 26,16 ha. De manière similaire à 2015, la perte de surface d'espaces verts a eu pour conséquence en 2019, des émissions de 0,060 ktCO₂eq.

Mis à part pour les années 2002-2004, la variation des émissions dues à l'utilisation d'engrais reste constante au cours de la période. A partir de 2005, les émissions directement liées à l'utilisation des engrais varient entre 0,006 ktCO₂eq et 0,014 kt CO₂eq.

L'année 2020 est marquée par une baisse significative d'utilisation d'engrais dans le secteur public conséquence de la COVID-19 et de période de confinement.

6.1.1 Définitions et système de classification d'utilisation des terres

Les six principales catégories de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foreries (Secteur 4) données par les lignes directrices du GIEC 2006 sont : A. Terres forestières, B. Terres Cultivées, C. Pâturages, D. Zones humides, E. Etablissements et F. Autres terres.

Monaco est une Ville-Etat. L'occupation des sols pour l'ensemble du territoire est entièrement constituée d'Etablissements (Cat 4.E). Il n'existe pas notamment d'utilisation spécifique des terres à des fins d'agriculture ou de foresterie.

Figure 173. Photographie aérienne du territoire de Monaco 2020 (MonaCarto Portail SIG du Gouvernement Princier de Monaco)



La superficie totale de Monaco est de 208,4 hectares (IMSEE 2022). Une extension en mer en cours de construction en 2020, entre les plages du Larvotto et le Port Hercule, vient agrandir le territoire de la Principauté d'environ 5,7 hectares en 2020 et en cours d'aménagement en 2022.

Une large part du territoire est occupée par les bâtiments. Les surfaces restantes correspondent aux voiries, aux esplanades, aux ports et quais, aux plages, aux terrasses, publics et privés et espaces verts.

Les espaces verts comprennent les parcs et les jardins publics et privés (DAU – IMSEE), des jardins d'agrément peuvent également être intégrés aux espaces artificialisés tel que des bâtiments ou des infrastructures. Il subsiste également des surfaces non imperméabilisées principalement sous forme de falaise. Les surfaces de jardin et d'espaces verts représentent plus de 44,1 hectares en 2022 auxquels ont été ajoutés la surface arborée située sur les glacis du Rocher, évaluée à l'aide d'outils SIG à 3,2 hectares.

6.1.2 Etablissements cat 4E.

6.1.2.1 4.E.1- VARIATION DU STOCK DE CARBONE

6.1.2.1.1 Description de la catégorie

La catégorie d'utilisation des terres « Etablissements » pour les émissions et captures de carbone a été subdivisée en deux sous-catégories :

- La couverture des houppiers des arbres.
- Autres établissements.

6.1.2.1.2 Couverture des houppiers des arbres

Le calcul de variation des stocks de carbone dans la biomasse vivante des arbres urbains « Couverture de houppier » est réalisé selon la méthode de niveau Tier 2a des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006).

Cette méthode requiert des informations concernant le houppier des arbres qui sont en période de croissance, c'est-à-dire l'espace où la moyenne d'âge de la population des arbres est inférieure ou égale à 20 ans.

L'estimation de cette catégorie est basée sur une relation établie entre la surface d'espaces verts et la couverture de houppier.

- Volume de houppier

L'estimation du volume de houppier est réalisée à partir d'une étude conduite en 2005 par la Direction de l'Aménagement Urbain (DAU 2006) à la demande de la Direction de l'Environnement qui a porté sur l'ensemble des arbres de la Principauté de Monaco. Cette enquête a permis de déterminer le nombre d'arbres ainsi que la valeur moyenne du houppier en fonction de la surface totale d'espaces verts.

- Surface des espaces verts

La variation de la surface totale des espaces verts de 1990 à 2022 à Monaco est réalisée par un suivi topographique annuel de la surface également publiée par le Service national de Statistique (Institut Monégasque des Statistiques et des Etudes Economiques-IMSEE).

En 2020, les surfaces arborées situées sur les glacis du Rocher et non prises en compte dans l'évaluation des surfaces d'espaces verts publiques par la DAU ont été évaluées à l'aide

d'outil SIG et ajouté à la surface d'espaces verts recensé par la DAU pour une estimation plus précise de la catégorie Evaluation de la couverture des houppiers des arbres. La connaissance de ces paramètres a permis d'estimer l'évolution du couvert forestier des espaces verts de Monaco de 1990 à 2022.

Figure 174 : Estimation des surfaces arborées des glacis du Rocher



6.1.2.1.3 Autre établissement

La catégorie « autres établissements » comprend les zones imperméabilisées ou espaces verts non arborés ainsi que les falaises ou les pelouses d'agrément.

L'absorption de CO₂ résultant de ces surfaces, comme la croissance du gazon et des pelouses des parcs et des jardins publics de Monaco, n'a pas été prise en compte dans le bilan du secteur UTCATF. En effet, la croissance de l'herbe est soumise à un cycle infra-annuel et elle est compensée par la tonte des pelouses qui a lieu plusieurs fois par an.

La variation du stock de carbone dans les sols « Autre établissement » n'est pas prise en considération. Ainsi, les clés de notation NO-NE ont été utilisées pour cette catégorie.

6.1.2.1.4 Variation des surfaces d'espaces verts

Les données relatives aux surfaces d'espaces verts sont données par l'Institut Monégasque de la Statistique et des Études Économiques (IMSEE - Monaco en chiffre Listé en référence) à partir de données relevées par la Direction de l'Aménagement Urbain (DAU) en charge de la gestion de l'espace public et des jardins.

Figure 175. Evolution de la surface d'espace vert de 1990 à 2022.

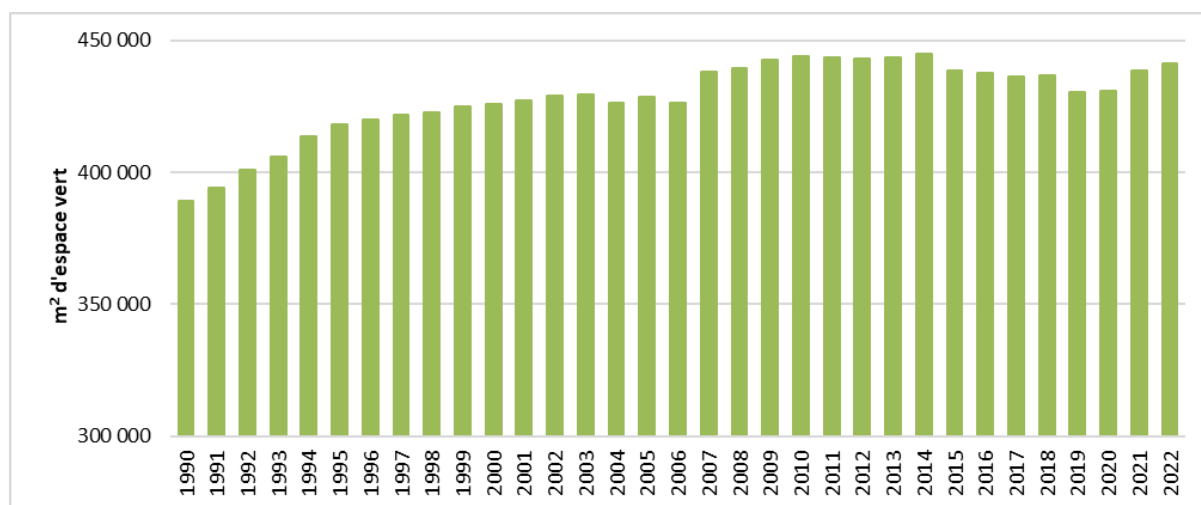


Tableau 43. Evolution de la surface d'espace vert de 1990 à 2022.

	Surface publique	Surface privé	Surface totale	Variation de la surface d'espaces verts
	m²	m²	m²	m²
1990	243 928	145 200	389 128	15 474
1991	247 831	146 116	393 947	4 819
1992	253 766	147 031	400 797	6 851
1993	258 026	147 947	405 973	5 176
1994	264 682	148 862	413 544	7 572
1995	268 383	149 778	418 161	4 617
1996	269 167	150 694	419 861	1 700
1997	270 042	151 609	421 651	1 791
1998	270 042	152 525	422 567	916
1999	271 396	153 441	424 837	2 270
2000	271 486	154 356	425 842	1 006
2001	272 038	155 272	427 310	1 468
2002	272 980	156 187	429 167	1 858
2003	272 474	157 103	429 577	410
2004	267 541	158 808	426 349	-3 228
2005	267 541	160 986	428 527	2 178
2006	265 363	160 986	426 349	-2 178
2007	271 411	166 807	438 218	11 869
2008	272 711	166 807	439 518	1 300
2009	274 421	168 245	442 666	3 148
2010	275 531	168 245	443 776	1 110
2011	275 290	168 245	443 535	-241
2012	274 923	168 242	443 165	-370
2013	275 354	168 245	443 599	434
2014	276 619	168 445	445 064	1 465
2015	270 176	168 445	438 621	-6 443
2016	269 114	168 389	437 503	-1 118
2017	267 216	169 157	436 373	-1 130
2018	267 310	169 278	436 588	215
2019	261 162	169 167	430 329	-6 259
2020	261 805	169 236	431 041	712
2021	269 117	169 525	438 642	7 601
2022	269 316	172 054	441 370	2 728

Les variations de surfaces de Jardin sont données par la Direction de l'Aménagement Urbain (DAU) à partir de relevés topographiques réalisés ou compilés par la Direction de la Prospective de l'Urbanisme et de la Mobilité (DPUM).

Le plan topographique de Monaco fait l'objet d'une actualisation continue.

Ci-dessous, le plan topographique de Monaco comprenant les délimitations du territoire, les bâtiments, infrastructures et voiries.

A partir de ce de plan et des outils SIG les surfaces des glacis du rocher ont pu être calculées et matérialisées pour être intégrée à la surface totale d'espaces verts.

Figure 176. Plan topographique General de Monaco (Geomonaco®)



Une représentation géographique des espaces verts est proposée ci-dessous pour l'année 2012.

Un détail des données et des informations est présenté dans les extraits suivants sur la zone de Fontvieille. Photographie aérienne et plan topographique avec les espaces verts (en vert) ainsi que le SIG des arbres en cours d'établissement.

Figure 177. Photo aérienne et plan topographique simplifié de Monaco (Geomonaco®) + espaces verts (DAU)



Rapport National d'Inventaire
2024

Direction de l'Environnement

Les variations de surfaces d'espaces verts qui sont observées au sein de la catégorie 4E établissements sont la conséquence d'opérations d'urbanisme qui peuvent conduire à la création ou la perte d'espace vert.

6.1.2.1.5 Perte de biomasse due à l'élagage et à l'élimination des déchets verts

Les émissions liées à la perte biomasse relative à l'élagage des arbres sont comptabilisées au sein du secteur 1A1a Production. Les déchets verts issus de l'élagage participent à la valorisation énergétique des déchets pour la production de vapeur et d'électricité.

Les quantités de déchets verts incinérés par l'usine d'incinération sont de l'ordre de 8 199 tonnes en 2022 correspondant à une émission de 4 339 tCO₂ (carbone total). Les évolutions de de ces volumes sont représentés ci-dessous.

Les tonnages et émissions présentées sont constitués de l'ensemble des déchets verts mis en incinération provenant de Monaco, mais également des communes françaises limitrophes au territoire. Ces déchets peuvent également être constitués de matières non ligneuses, avec un cycle infra-annuel de pousse et de taille.

Pour ces raisons les tonnages relevés ne peuvent être directement corrélés à la perte de matières ligneuses liées à l'élagage des arbres sur les territoires.

La caractérisation des déchets incinérés 1A1a qui a eu lieu en 2021-2022 a mené à la recaractérisation des déchets sur l'ensemble de la série temporelle. Le tonnage des déchets verts ainsi que les émissions liées à l'incinération sont présentés ci-dessous :

Figure 178. Tonnages de déchets verts incinérés à Monaco et émissions de carbone (Secteur - 1A1a énergie)

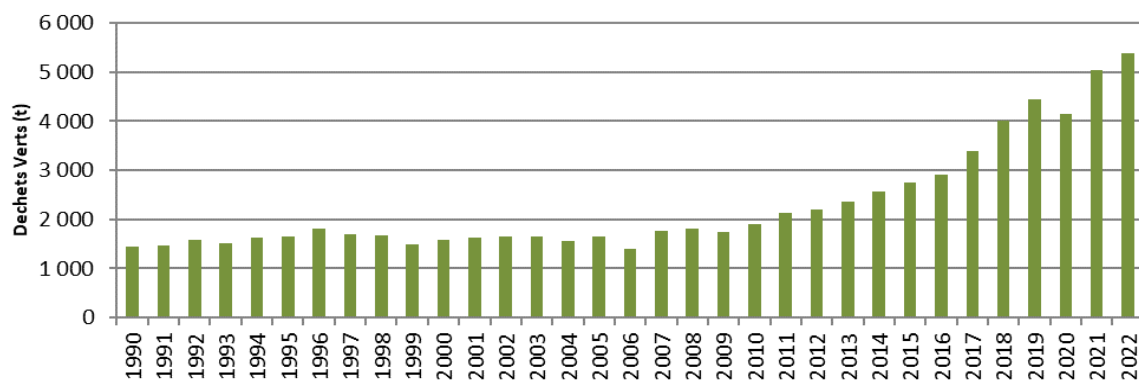
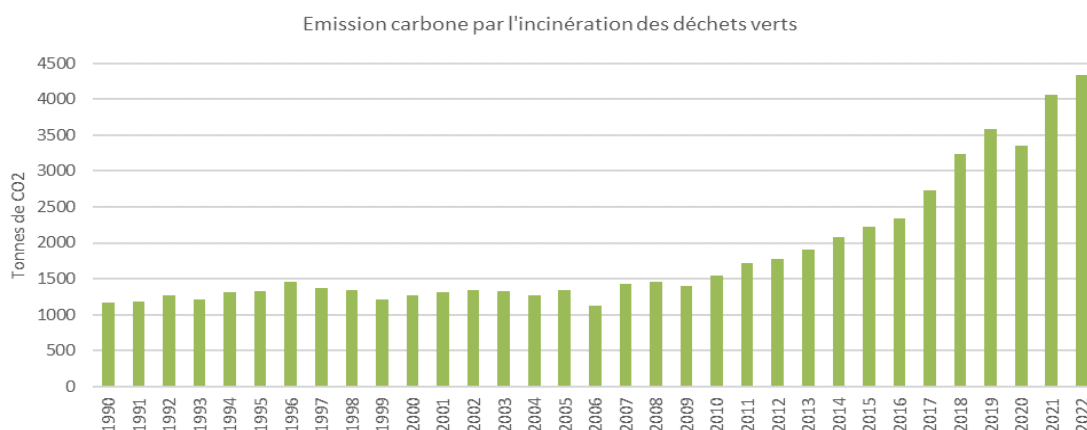


Figure 179. Emissions de carbone des déchets verts (Secteur - 1A1a énergie)



6.1.2.2 4.E.1 - UTILISATION DE FERTILISANT

Les émissions liées à l'utilisation des fertilisants au sein de la catégorie « Etablissements » concernent :

- Les émissions directes de N_2O issues des apports directs en Azote (N) de la gestion des sols (4.E.1).
- Les émissions indirectes de N_2O issues de la gestion des sols – déposition atmosphériques (4.IV)

Ne sont pas considérées pour les émissions de cette catégorie :

- Les émissions liées au lessivage des sols et au écoulements de l'azote.

En effet, le territoire de Monaco est fortement urbanisé. Le lessivage des sols et les écoulements sont majoritairement issus des surfaces imperméabilisées : voirie, bâtiments, infrastructures (voir Figure 167. Photographie aérienne du territoire de Monaco 2020 (MonaCarto Portail SIG du Gouvernement Princier de Monaco)). La majorité des espaces verts font l'objet d'une gestion raisonnée visant notamment à limiter les besoins en eau et faisant l'objet d'une gestion de l'arrosage. En outre il s'agit d'espaces verts aménagés et délimités.

Les espaces verts restants présentent une composante de végétation naturelle et ne font pas l'objet d'apport en engrais azoté. Les surfaces arborées estimées sur les glacis du Rocher n'entrent de ce fait pas en considération dans les surfaces d'espaces verts pour les émissions liées à la catégorie « Utilisation de fertilisant ».

Pour ces raisons, les apports en azote liés aux écoulements sont difficiles à estimer, en outre dans le contexte climatique, territorial et de gestion des espaces verts les apports en azote par ce biais doivent être limités.

Aussi, la clé de notation NE est utilisée pour cette catégorie.

6.1.2.2.1 Estimation des émissions

Les émissions de la catégorie ont pour origine l'utilisation d'engrais dans les parcs, les jardins publics et privés de la Principauté de Monaco par les gestionnaires des espaces verts.

Les émissions de N_2O sont estimées à partir des quantités d'engrais utilisées. Cette information est collectée annuellement par la Direction de l'Environnement par une enquête auprès des gestionnaires de ces espaces verts.

6.2 Méthodologies d'estimation des émissions

6.2.1 Méthodologie de calculs pour la variation du stock de carbone dans la biomasse active des arbres

Le nombre total d'espaces occupés par les établissements est de 208,4 hectares (soit l'ensemble superficie du pays). Les zones imperméabilisées à l'instar des immeubles, des routes et des constructions couvrent 160,6 hectares (en 2022), qui comprend l'extension en mer en cours d'aménagement en 2022. L'espace restant est consacré aux espaces verts.

Les espaces verts de la Principauté de Monaco sont constitués par des parcs, des jardins publics et des jardins privés auxquels ont été intégrés les différents espaces verts situés sur les glacis du Rocher estimés à 3,2 hectares.

Les absorptions liées aux zones arborées sont calculées en appliquant l'équation 8.2 du Volume 4 chapitre 8 établissement des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006) ce qui correspond à une méthode de niveau 2a :

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} ST_{ij} * CVT_{ij}$$

ΔC_G = accumulation annuelle de carbone due aux gains de biomasse des établissements restants établissements, tonnes C an⁻¹

ST_{ij} = couvert forestier total de catégorie i du type de plantes ligneuses vivaces j, ha

CVT_{ij} = taux de croissance basé sur la superficie du couvert de catégorie i du type de plantes ligneuses vivaces j, tonnes C (ha couvert forestier)⁻¹ an⁻¹

Cette équation a permis de calculer l'accroissement de la biomasse des arbres, en multipliant la surface totale du houppier en phase de croissance par le taux de croissance.

6.2.1.1 SURFACE TOTALE DU HOUPPIER EN PHASE DE CROISSANCE

Les surfaces arborées de Monaco ne sont pas directement connues, elles sont estimées à partir des surfaces d'espaces verts dont la superficie est fournie annuellement par la DAU-IMSEE auxquelles ont été ajoutées les surfaces arborées situées sur les glacis du Rocher (non prises en compte dans l'évaluation des surfaces d'espaces verts publiques par la DAU-IMSEE).

Tableau 44. Données relatives aux surfaces des espaces verts

	Surface publique	Surface privé	Surface arborée glacis du Rocher	Surface totale intégration Glacis
	m ²	m ²	m ²	m ²
1990	243 928	145 200	32 000	421 128
1991	247 831	146 116	32 000	425 947
1992	253 766	147 031	32 000	432 797
1993	258 026	147 947	32 000	437 973
1994	264 682	148 862	32 000	445 544
1995	268 383	149 778	32 000	450 161
1996	269 167	150 694	32 000	451 861
1997	270 042	151 609	32 000	453 651
1998	270 042	152 525	32 000	454 567
1999	271 396	153 441	32 000	456 837
2000	271 486	154 356	32 000	457 842
2001	272 038	155 272	32 000	459 310
2002	272 980	156 187	32 000	461 167
2003	272 474	157 103	32 000	461 577
2004	267 541	158 808	32 000	458 349
2005	267 541	160 986	32 000	460 527
2006	265 363	160 986	32 000	458 349
2007	271 411	166 807	32 000	470 218
2008	272 711	166 807	32 000	471 518
2009	274 421	168 245	32 000	474 666
2010	275 531	168 245	32 000	475 776
2011	275 290	168 245	32 000	475 535
2012	274 923	168 242	32 000	475 165
2013	275 354	168 245	32 000	475 599
2014	276 619	168 445	32 000	477 064
2015	270 176	168 445	32 000	470 621
2016	269 114	168 389	32 000	469 503
2017	267 216	169 157	32 000	468 373
2018	267 310	169 278	32 000	468 588
2019	261 162	169 167	32 000	462 329
2020	261 805	169 236	32 000	463 041
2021	269 117	169 525	32 000	470 642
2022	269 316	172 054	32 000	473 370

La surface arborée dont les arbres ont moins de 20 ans est estimée à partir de l'évolution des surfaces arborées totales. Lorsque la surface arborée de Monaco augmente, la surface supplémentaire correspond à une surface arborée dont les arbres ont moins de 20 ans. Cette surface est maintenue dans cette catégorie pendant 20 ans.

Inversement, lorsque la surface arborée de Monaco décroît, il est considéré que la perte d'arbres concerne une zone dont les arbres avaient plus de 20 ans.

La superficie de houppier occupée par les arbres dans ces espaces verts (surface arborée) est estimée à partir de l'étude réalisée en 2006 (inventaire des arbres de la principauté de Monaco)⁸³ qui a permis d'estimer la densité en arbres des espaces verts et la couverture de ces arbres pour les années 1990 et 2006.

Cette étude fournit le nombre d'arbres présents dans les espaces inventoriés en 1990 et 2006 et une estimation du volume total des houppiers, basée sur un modèle de représentation des houppiers en forme de colonne, de cône ou de demi-sphère.

⁸³ Etude DAU – Inventaire des arbres de la Principauté de Monaco, 2006

Cependant, pour estimer la surface couverte par les arbres, et en absence de traitement de données plus précis, il a été pris pour hypothèse que la demi-sphère ($\text{Volume} = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R^3$) assurait la meilleure représentation des arbres présents sur le territoire à Monaco. A partir de cette formule, les volumes de houppier ont pu être convertis en surface de couvert arboré.

La précédente soumission a apporté une correction au nombre d'arbre mentionné dans l'étude de 2006 qui a semblé être sous-évaluée. En effet de nouvelles données SIG et un inventaire réalisé en 2011 dans le cadre du Code de l'Arbre a permis de rectifier la donnée nombre d'arbre de 1990 et de 2006.

Aussi, une donnée actualisée du nombre d'arbre présents sur le territoire en 2011⁸⁴ a été intégrée. Un ratio avec l'étude de 2006 est ensuite effectué pour actualiser la donnée volume de houppier et la surface de couvert arboré.

		1990	2006	2011
a	Surface d'espaces verts (m ²)	421 128	458 349	475 535
b	Nombre d'arbres total	9 146	10 091	11 306
c	Densité en arbres (arbres /ha espace vert)	a/b*1000	217	220
d	Volume de houppier total (m ³)	907 465	1 001 316	1 121 828
e	Volume de houppier total (m ³ /arbre)	d/b	99	99
f	Rayon moyen (m)	$(g/(\frac{4}{3} \cdot \frac{2}{3} \cdot \pi))^{1/3}$	3,618	3,618
g	Surface de couvert moyen (m ² /arbre)	$\pi \cdot h^2$	41,133	41,133

Les variations annuelles de la surface arborée sont corrélées à la surface totale d'espace vert

$$\text{Surface arborées (m}^2\text{)} = a \text{ (m}^2\text{)} * c \text{ (arbres /ha espace vert)} * i \text{ (m}^2\text{/arbre)}$$

La densité en arbre (arbres / ha espaces vert), ainsi que la surface de couvert moyen (m²/arbre), ont été mises à jour avec l'intégration de la donnée du nombre d'arbre de 2011, une reconstitution est ensuite effectuée pour l'évolution de la densité sur le reste de la série temporelle.

En 2022, la densité d'arbre par hectares d'espace vert est estimée à 245,5 a/ha pour une surface de couvert moyen de 41,133 m²/a.

⁸⁴ Code de l'Arbre - 2011
Rapport National d'Inventaire
2024

Tableau 45. Données relatives à la surface arborée

	Densité en arbres	Surface de couvert moyen	Surface arborée de Monaco
	(arbres /ha espace vert)	(m ² /arbres)	(m ²)
1990	217,2	41,133	376 185
1991	217,4	41,133	380 818
1992	217,5	41,133	387 277
1993	217,7	41,133	392 246
1994	217,9	41,133	399 371
1995	218,1	41,133	403 856
1996	218,3	41,133	405 729
1997	218,5	41,133	407 687
1998	218,7	41,133	408 860
1999	218,9	41,133	411 254
2000	219,0	41,133	412 513
2001	219,2	41,133	414 189
2002	219,4	41,133	416 220
2003	219,6	41,133	416 946
2004	219,8	41,133	414 383
2005	220,0	41,133	416 708
2006	220,2	41,133	415 090
2007	223,7	41,133	432 641
2008	227,2	41,133	440 658
2009	230,7	41,133	450 466
2010	234,2	41,133	458 402
2011	237,8	41,133	465 048
2012	238,5	41,133	466 063
2013	239,2	41,133	467 867
2014	239,9	41,133	470 691
2015	240,6	41,133	465 697
2016	241,3	41,133	465 952
2017	242,0	41,133	466 187
2018	242,7	41,133	467 759
2019	243,4	41,133	462 851
2020	244,1	41,133	464 906
2021	244,8	41,133	473 901
2022	245,5	41,133	478 020

Conformément à la méthodologie GIEC seules les surfaces en forte croissance sont prises en compte dans le calcul des absorptions. Une période de croissance active de 20 ans a été choisie (période par défaut du GIEC). Au-delà de 20 ans, il est considéré que les arbres atteignent un niveau d'équilibre pour lequel la croissance équivaut à la taille des arbres.

La surface arborée dont les arbres ont moins de 20 ans est estimée à partir de l'évolution des surfaces arborées totales. Lorsque la surface arborée de Monaco augmente, il est considéré que cette surface va absorber du carbone durant les vingt années suivantes et sera maintenue dans cette catégorie pendant 20 ans.

Inversement lors que la surface arborée de Monaco décroît, il est considéré que la perte d'arbres concerne une zone dont les arbres avaient plus de 20 ans.

La variation des surfaces arborées est donnée par la différence entre l'année N et l'année N-1 de la surface arborée.

La surface arborée active est donnée par la somme des variations de surface arborée pendant 20 ans.

Une reconstruction de la donnée des surfaces arborées actives a été effectuée entre 1971 et 1989 pour apporter plus de précision sur l'état des lieux du stock du territoire avant l'année de référence 1990. Pour cela les données des surfaces d'espaces verts publics⁸⁵ entre 1986 et 1989 ont été utilisées avec une reconstruction des données entre 1971 et 1985.

Tableau 46. Données relatives à la surface arborée active

	Variation annuelle de surface arborée	Surface arborée active (<20ans)		Variation annuelle de surface arborée	Surface arborée active (<20ans)
	m ²	m ²		m ²	m ²
1987	9 169	81 239	2005	2 324	91 909
1988	14 016	95 255	2006	-1 617	87 229
1989	11 477	106 732	2007	17 551	95 611
1990	9 483	116 215	2008	8 017	89 612
1991	4 633	116 498	2009	9 808	87 943
1992	6 459	118 607	2010	7 936	86 396
1993	4 969	119 203	2011	6 647	88 410
1994	7 125	121 931	2012	1 015	82 966
1995	4 485	121 996	2013	1 804	79 801
1996	1 873	119 426	2014	2 824	75 500
1997	1 958	116 916	2015	-4 993	71 014
1998	1 173	113 598	2016	254	69 395
1999	2 394	111 477	2017	236	67 673
2000	1 258	108 198	2018	1 572	68 072
2001	1 677	105 312	2019	-4 908	65 678
2002	2 031	102 757	2020	2 055	66 474
2003	726	98 874	2021	8 995	73 793
2004	-2 562	94 241	2022	4 119	75 881

6.2.1.2 TAUX DE CROISSANCE

La croissance des arbres sur les surfaces arborées (<20 ans) est estimée à partir d'un facteur d'absorption de 2,9 tC/ha/an, valeur par défaut fournie par le GIEC dans la table 8.1 du volume 4 (GIEC, Lignes directrices, 2006).

Les émissions liées à la perte de couverture arborée sont estimées à partir d'un stock de carbone de 58 tC/ha qui correspond au résultat de 20 années de croissance au rythme de 2,9 tC/ha/an.

⁸⁵ Monaco en chiffre 1990
Rapport National d'Inventaire
2024

Tableau 47. Taux de croissance des arbres

	Gains (tC/an)	Pertes (tC/an)	Absorption (tCO ₂ /an)	Emissions (tCO ₂ /an)		Gains (tC/an)	Pertes (tC/an)	Absorption (tCO ₂ /an)	Emissions (tCO ₂ /an)
1990	33,7	0	-123,6	0	2007	27,7	0	-101,7	0
1991	33,8	0	-123,9	0	2008	26,0	0	-95,3	0
1992	34,4	0	-126,1	0	2009	25,5	0	-93,5	0
1993	34,6	0	-126,8	0	2010	25,1	0	-91,9	0
1994	35,4	0	-129,7	0	2011	25,6	0	-94,0	0
1995	35,4	0	-129,7	0	2012	24,1	0	-88,2	0
1996	34,6	0	-127,0	0	2013	23,1	0	-84,9	0
1997	33,9	0	-124,3	0	2014	21,9	0	-80,3	0
1998	32,9	0	-120,8	0	2015	20,6	-29,0	-75,5	106,2
1999	32,3	0	-118,5	0	2016	20,1	0	-73,8	0
2000	31,4	0	-115,1	0	2017	19,6	0	-72,0	0
2001	30,5	0	-112,0	0	2018	19,7	0	-72,4	0
2002	29,8	0	-109,3	0	2019	19,0	-28,5	-69,8	104,4
2003	28,7	0	-105,1	0	2020	19,3	0	-70,7	0
2004	27,3	-14,9	-100,2	54,5	2021	21,4	0	-78,5	0
2005	26,7	0,0	-97,7	0,0	2022	22,0	0	.80,7	0
2006	25,3	-9,4	-92,8	34,4					

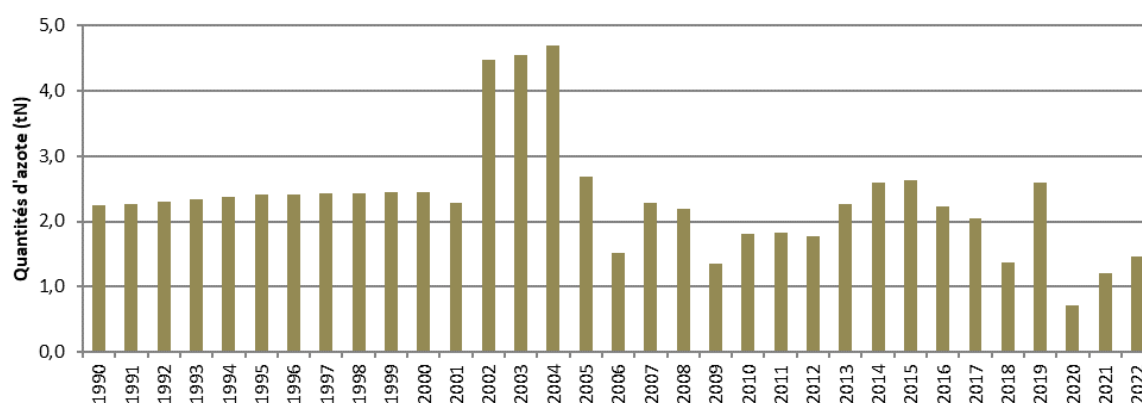
6.2.2 Méthodologies relatives aux émissions dues à l'utilisation d'engrais dans les espaces verts

Les quantités de fertilisants et leur teneur en azote sont fournies par les principaux gestionnaires des espaces verts publics et privés de Monaco. Ces données sont disponibles depuis l'année 2000. Pour les années antérieures, ces données sont extrapolées sur la base de l'évolution des surfaces d'espaces verts à Monaco.

Les principaux contributeurs sont La Direction de l'Aménagement Urbain (DAU), la Mairie de Monaco ainsi que la SBM (Société des Bains de Mer).

Sur l'ensemble de la période, la somme annuelle de l'azote des différents engrais utilisés est présentée ci-dessous.

Figure 180. Quantité d'azote (tN) utilisée dans les espaces verts



6.2.2.1 ÉMISSIONS DIRECTES

Les émissions directes sont calculées grâce à l'équation 11.2 du volume 4 des lignes directrices du GIEC 2006, pour laquelle seule la contribution des fertilisants minéraux est prise en compte.

$$N_2O_{Direct} - N = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i * FE_{li} + (F_{RR} + F_{MOS}) * FE_l + N_2O - N_{SO} + N_2O - N_{ppp}$$

FE_{li} = facteurs d'émissions développés pour les émissions de N_2O dues à l'application d'engrais synthétique et de N organique dans les conditions i ($kg\ N_2O-N$ ($kg\ entées\ de\ N$)-1); $i = 1, \dots, n$.

Il est considéré que les amendements organiques sont négligeables ainsi que les apports liés aux résidus et à la minéralisation des sols.

Les paramètres suivants sont utilisés pour procéder à l'estimation données par l'équation 11.2 (GIEC, Lignes directrices, 2006)

FSN = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliqué aux sols, kg N an ⁻¹	Donnée d'activité annuelle
FON = quantité annuelle de fumier animal géré, compost, boues d'égouts et autres ajouts de N organiques appliqués aux sols, kg N an ⁻¹	Nul sur la période
FRR = quantité annuelle de N retourné aux sols dans les résidus de récoltes (aériens et souterrains), y compris les cultures fixatrices d'azote et dues au renouvellement des fourrages/pâturages, kg N an ⁻¹	Nul sur la période
FMOS = quantité annuelle de N minéralisé dans les sols minéraux associée aux pertes de C des sols de la matière organique des sols en raison de changements d'affectation des terres ou de gestion, kg N an ⁻¹	Nul sur la période
FE1 = facteur d'émissions des émissions de N ₂ O dues aux entrées de N, kg N ₂ O-N (kg entrées de N) ⁻¹ (tableau 11.1)	0.01 (0.003-0.03)[kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹
N ₂ O-NSO = émissions annuelles directes de N ₂ O-N imputables aux sols organiques gérés, kg N ₂ O-N an ⁻¹	Négligeable sur la période
N ₂ O-NPPP = émissions annuelles directes de N ₂ O-N imputables aux entrées d'urine et de fèces sur les sols de paissance, kg N ₂ O-N an ⁻¹	Nul sur la période

6.2.2.2 EMISSIONS INDIRECTES

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont estimées grâce à l'équation 11.9 du volume 4 chapitre 8 des lignes directrices du GIEC 2006. Les émissions liées à la lixiviation sont en revanche négligées en considérant que la lixiviation est nulle sur les espaces verts de Monaco (cf GIEC: "pour les régions sèches, où les précipitations sont plus faibles que l'évapotranspiration pendant la quasi-totalité de l'année et où il est peu probable qu'il y ait de la lixiviation, la valeur de FracLIXI est nulle."

$$N_2O_{Direct} - N = [(F_{SN} * Frac_{GAZE}) + ((F_{ON} + F_{PPP}) * Frac_{GAZM})] * FE_4$$

FSN = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliqué aux sols, kg N an ⁻¹	Donnée d'activité annuelle
FracGAZ E = fraction de N d'engrais synthétique volatilisé sous forme de NH ₃ et de NO _x , kg N volatilisé (kg de N appliqué) ⁻¹ (tableau 11.3)	0.1
FON = quantité annuelle de fumier animal géré, compost, boues d'égouts et autres ajouts de N organiques appliqués aux sols, kg N an ⁻¹	Nul sur la période
FPPP = quantité annuelle de N d'urine et de fèces déposée par des animaux paissant sur des pâturages, parcours et parcelles, kg N an ⁻¹	Nul sur la période
FracGAZ M [volatilisation de tous les engrais organiques au N appliqués, et des fèces et de l'urine déposées par les animaux paissant], (kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg N appliqué ou déposé) ⁻¹	0.2
FE4 = facteur d'émissions des émissions de N ₂ O dues au dépôt atmosphérique de N s[volatilisation et redépôt de N], kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilisé)	0.01

La conversion des émissions de N₂O-N en émissions de N₂O, pour l'établissement des rapports, se fait à l'aide de l'équation suivante :

$$N_2O_{Direct} = N_2O - N * 44/28$$

Le tableau suivant récapitule les résultats de l'application de la méthodologie de calcul.

Tableau 48. Utilisation d'engrais et niveau d'émissions

	kg N/an	N ₂ O Em directes (t)	N ₂ OEm indirectes (t)	N ₂ O total (t)	N ₂ O total (kt CO ₂ eq)
1990	2 242	0,035	0,004	0,039	0,010
1991	2 270	0,036	0,004	0,039	0,010
1992	2 309	0,036	0,004	0,040	0,011
1993	2 339	0,037	0,004	0,040	0,011
1994	2 383	0,037	0,004	0,041	0,011
1995	2 409	0,038	0,004	0,042	0,011
1996	2 419	0,038	0,004	0,042	0,011
1997	2 429	0,038	0,004	0,042	0,011
1998	2 435	0,038	0,004	0,042	0,011
1999	2 448	0,038	0,004	0,042	0,011
2000	2 453	0,039	0,004	0,042	0,011
2001	2 293	0,036	0,004	0,040	0,011
2002	4 477	0,070	0,007	0,077	0,021
2003	4 557	0,072	0,007	0,079	0,021
2004	4 690	0,074	0,007	0,081	0,021
2005	2 683	0,042	0,004	0,046	0,012
2006	1 522	0,024	0,002	0,026	0,007
2007	2 288	0,036	0,004	0,040	0,010
2008	2 191	0,034	0,003	0,038	0,010
2009	1 355	0,021	0,002	0,023	0,006
2010	1 806	0,028	0,003	0,031	0,008
2011	1 826	0,029	0,003	0,032	0,008
2012	1 764	0,028	0,003	0,030	0,008
2013	2 267	0,036	0,004	0,039	0,010
2014	2 594	0,041	0,004	0,045	0,012
2015	2 633	0,041	0,004	0,046	0,012
2016	2 236	0,035	0,004	0,039	0,010
2017	2 055	0,032	0,003	0,036	0,009
2018	1 361	0,021	0,002	0,023	0,006
2019	2 594	0,041	0,004	0,045	0,012
2020	720	0,011	0,001	0,012	0,003
2021	1204	0,019	0,002	0,021	0,006
2022	1469	0,023	0,002	0,025	0,007

6.2.2.3 PRODUIT LIGNEUX RECOLTE - CATEGORIE 4G

Lors de la revue intervenue en 2017, l'équipe d'expert en charge de l'audit a recommandé d'estimer les émissions de la catégorie 4G selon une méthodologie de niveau 1 afin de déterminer si la contribution de cette catégorie pouvait être significative et, dans ce cas, de proposer une explication de l'application de la méthode de niveau 1 au sein du NIR.

Monaco a pris en compte cette demande. Toutefois les estimations restent très difficiles à réaliser.

En effet, Monaco n'est pas importateur ou exportateur majeur de bois de par ses conditions nationales, Monaco est une ville-Etat de 2 km² où :

- Il n'y a pas de production de produit ligneux.

Monaco ne dispose pas de forêt et d'exploitation forestière sur son territoire.

- Il n'y pas de stockage de produit ligneux. Il n'y a pas d'industrie de transformation du bois.

Le secteur de l'industrie à Monaco est constitué d'une industrie manufacturière principalement constitué par : la fabrication de produit plastique et caoutchouc, l'industrie chimique (parfum et produit de toilette) l'habillement, l'industrie alimentaire, pharmaceutique, luxe. D'une industrie extractive constituée de : la production d'électricité et de gaz, la production d'eau, l'assainissement et la gestion des déchets (observatoire de l'industrie).

- Il n'y a pas d'utilisation du bois à des fins énergétiques.

Le bilan énergétique de Monaco conduit par la Direction de l'Environnement auprès des différents opérateurs et utilisateur de l'énergie à Monaco ne montrent pas de chaufferie au bois. En outre, les travaux d'établissement d'un cadastre énergétique conduit en 2020-2021 par la Direction de l'Environnement dans le cadre du Plan Climat Air Energie (PCAÉ) n'ont également pas mis en évidence de chaufferie au bois.

Aussi, on ne dispose pas de données sur les importations et exportations de produits ligneux autres que ceux relevés dans le cadre de la gestion des déchets dans le cadre de produit manufacturé ou transformé (papiers, cartons, emballages, mobiliers, matériaux de construction).

Parmi les données relatives aux déchets, on peut relever en 2022 :

5 356 tonnes de papiers et cartons ainsi que 484 tonnes de bois (hors déchets verts) au sein des tonnages de déchets résiduels et de déchets des activités économique incinérés.

En absence de production nationale, les produits ligneux récoltés importés, indépendamment de leur origine, et difficilement quantifiable n'ont pas été comptabilisé.

Les clés de notation NO –NA ont été conservées pour cette catégorie.

6.2.2.3.1 Incertitudes et cohérence des séries temporelles

Pour le stock de carbone une incertitude de 16% est appliquée à la donnée d'activité.

Cette incertitude est estimée à partir de :

- L'incertitude liée à la méthode d'estimation de surface d'espace arborées, qui résulte d'une incertitude combinée et pondérée entre la donnée d'activité nombre d'arbre fournie par l'IMSEE 5% (donnée considérée comme consistante), et le nombre d'arbre des glaciers du Rocher estimé à dire d'expert 100%.
- Une incertitude de 25 % est appliquée au facteur d'émissions et stockage de carbone à partir des différences de FE observées au sein des lignes directrices⁸⁶.

Pour le N₂O, les quantités d'azote inventoriées sont renseignées directement par les utilisateurs, dans ce cadre une erreur de 5% est appliquée pour la donnée d'activité. Un facteur d'incertitude de 490 % est utilisé pour le facteur d'émissions correspondant à la somme des incertitudes des paramètres liés aux facteurs d'émission.

Les séries chronologiques pour l'utilisation des terres sont considérées comme consistantes, elles sont calculées en se fondant sur des méthodes cohérentes et des bases de données homogènes.

6.2.2.3.2 Assurance qualité et contrôle qualité spécifique à la catégorie

Il n'a pas été réalisé de contrôle spécifique à la catégorie.

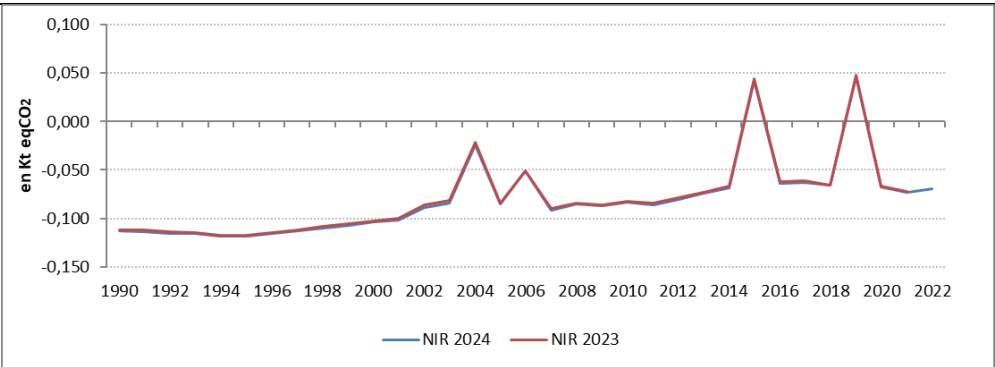
6.2.2.3.3 Recalcul

Description du recalcul

Le recalcul concerne le secteur 4 UTCATF sur la série temporelle 1990-2021.

Impacts du recalcul

Figure 181. Recalcul de la catégorie 4E



La variation est présentée dans le tableau ci-dessous :

		NIR année 2023	NIR année 2024	% d'évolution de NIR 2023 à NIR 2024
Secteur 4	1990	-0,1120	-0,1133	+1,14%
	2021	-0,072	-0,073	+0,95%

⁸⁶ GIEC 2006 - Guidebook 2016 - V4_08_Chap8 - Tab 8.1
Rapport National d'Inventaire
2024

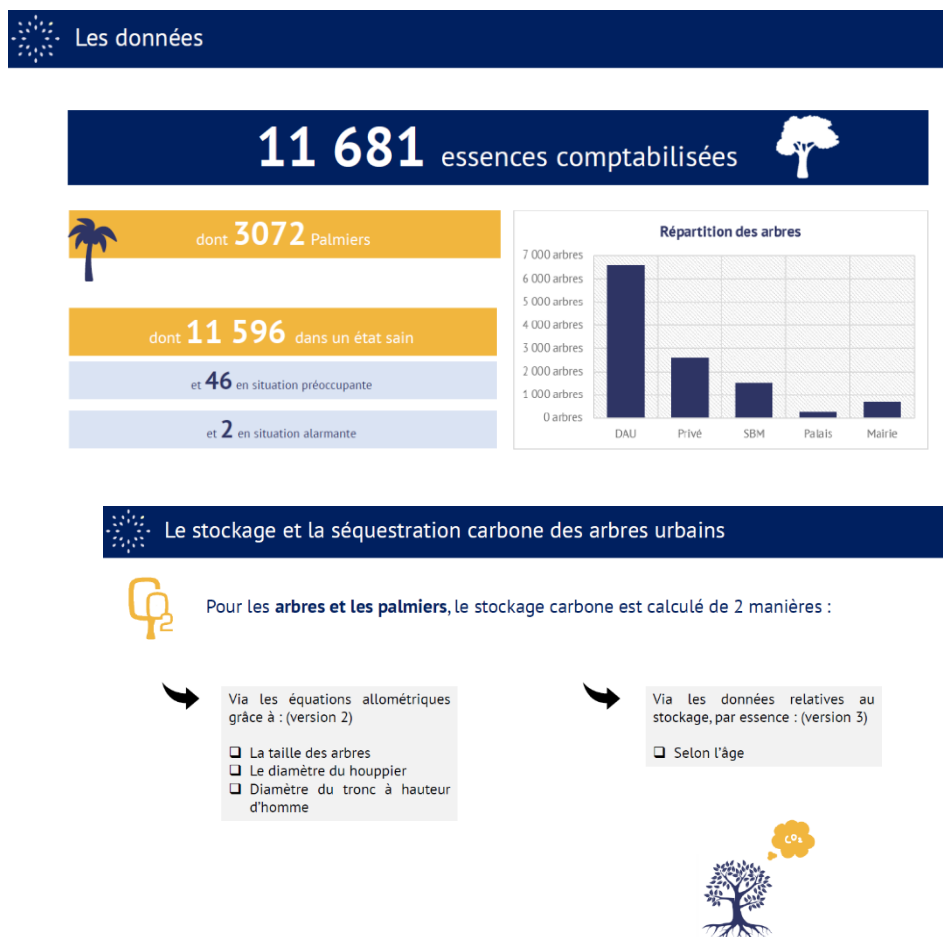
Raisons et justifications

Aucune modification méthodologique n'a été réalisée pour cette soumission 2024. L'objet du recalcul est l'application des nouvelles valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices, qui a une incidence sur les émissions de N₂O.

6.2.2.3.4 Amélioration

La Direction de l'Environnement suit les évolutions des systèmes d'information géographique de gestion des espaces verts dont les données pourraient permettre de consolider les données et les méthodologies de calcul. La mise en place d'un système d'information géographique partagé est en cours de déploiement avec une actualisation d'un inventaire des arbres en cours en 2024.

Une étude visant à consolider les données d'inventaire des arbres de la Principauté et de stockage du carbone en fonction de l'évolution des espaces arborés et de leur composition est en cours en 2024. Les résultats de cette étude sont en cours d'acquisition et seront exploités et présentés lors d'une prochaine soumission.



L'étude consiste en une analyse précise de la composition arborée de la Principauté afin d'en déterminer le potentiel de stockage carbone actuel et futur.

L'analyse des résultats de l'étude permettra une mise à jour des données de la composition arborée d'une part et de comparer l'évaluation du stockage carbone avec la méthode utilisée actuellement en assurance qualité spécifique.

Ces améliorations seront entreprises conformément au Plan d'amélioration, fourni au chapitre 10.4.

7

DECHETS (Secteur 5 du CRT)

Les émissions et puits de carbone du secteur des déchets en 2022 sont présentés dans le tableau 5 du cadre commun de présentation (CRT).

Les émissions du secteur déchets, sont en 2022 de :

0,46 ktCO₂eq

Les émissions pour l'année de référence (1990) recalculées sont de :

0,7 ktCO₂eq

Soit une variation de :

-31 % (+0,2ktCO₂eq)

Les émissions du secteur des déchets représentent :

0,6 % des émissions

globales en 2022

Les émissions du secteur des déchets représentent :

0,7 % des émissions

globales en 1990

Figure 182. Evolution des émissions de GES du secteur des déchets entre 1990 et 2022

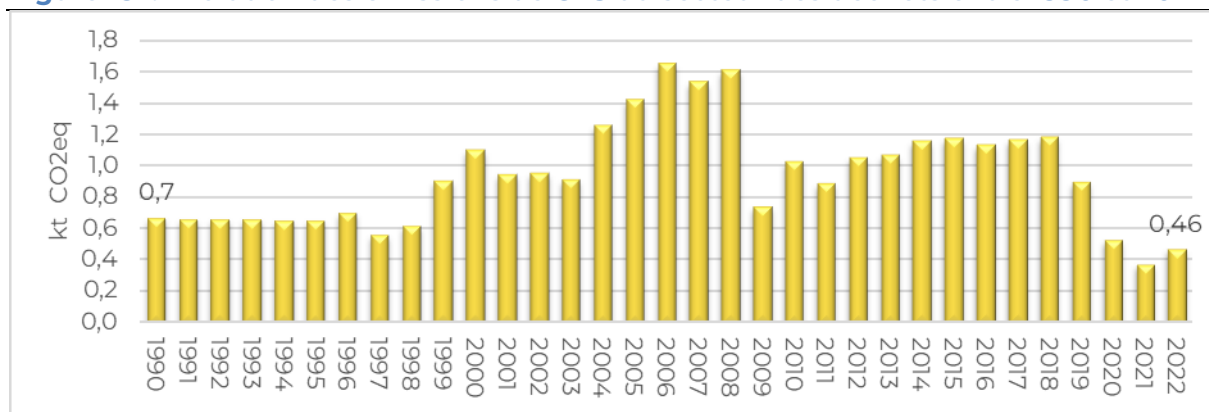
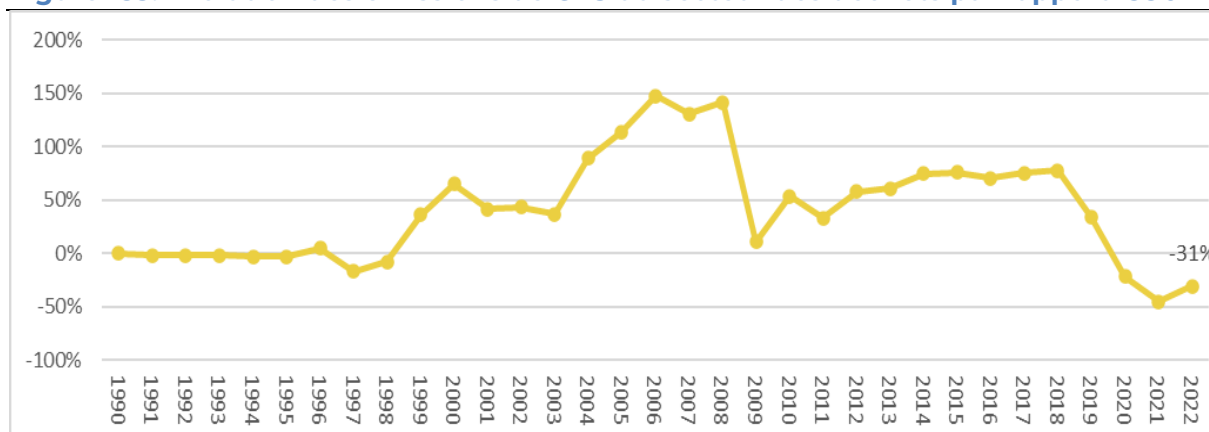


Figure 183. Evolution des émissions de GES du secteur des déchets par rapport 1990



Les émissions du secteur « Déchets » sont exclusivement constituées par le traitement des eaux résiduaires (5D-5D1 : Waste water treatment and discharge).

Le niveau d'émission de cette catégorie est proportionnel aux variations de la population et de la charge en polluants des eaux résiduaires à traiter au regard notamment des capacités de traitement.

7.1 Généralités sur la gestion des déchets à Monaco

Le secteur des déchets regroupe les activités relatives au traitement des déchets solides, au traitement et au rejet des eaux usées domestiques et industrielles mais aussi la crémation.

Dans la Principauté, la gestion des déchets est de la compétence du Gouvernement Princier. La collecte des déchets ménagers et assimilés et des déchets des activités économiques non dangereux, recyclables et non recyclables est concédée à la Société Monégasque d'Assainissement (SMA).

La SMA assure également, dans le cadre d'une autre concession, l'incinération des déchets non dangereux et des boues d'épuration, ainsi que le transfert des déchets recyclables vers les filières adaptées en France.

En complément, les déchets dangereux sont collectés et gérés soit par des sociétés privées, soit par la SMA, et exportés en France pour traitement.

Le bilan des collectes sélectives, communiqué par la Direction de l'Aménagement Urbain (Service du Gouvernement Princier) en charge de la gestion des déchets permet de suivre l'évolution de ces flux sur la série temporelle.

	Journaux, magazines, papiers	Verre	Emballages ménagers recyclables
	t	t	t
1990	8	180	0
1991	12	180	0
1992	15	180	0
1993	20	180	0
1994	28	180	0
1995	33	196	0
1996	49	227	0
1997	112	181	0
1998	124	187	0
1999	102	181	0
2000	94	184	0
2001	94	213	0
2002	105	239	0
2003	123	284	0
2004	140	298	0
2005	119	340	0
2006	139	426	0
2007	200	501	0
2008	920	1000	126

2009	981	1069	235
2010	1142	1204	265
2011	1082	1289	225
2012	927	1297	242
2013	669	1454	254
2014	670	1521	259
2015	578	1515	252
2016	577	1555	257
2017	532	1639	255
2018	527	1696	317
2019	Inclus dans EMR	1922	912
2020	Inclus dans EMR	1378	935
2021	Inclus dans EMR	1587	1022
2022	Inclus dans EMR	2208	1130

En 2019, les consignes de tri ont été simplifiées en regroupant notamment les poubelles papier et emballages ménagers recyclables, et étendues à tous les emballages en plastique.

La Principauté dispose, en complément des collectes en porte à porte, de points de collectes des emballages ménagers recyclables, des déchets ménagers dangereux, y compris des huiles de vidange.

Concernant les eaux usées, la collecte et le prétraitement des eaux est géré par le Gouvernement. Le traitement est concédé à la Société Monégasque des Eaux.

7.2 Catégories sources

7.2.1 Dépôt de déchets solides sur les sites de décharge publique (secteur 5.A)

Aucun dépôt de déchet solide en décharge publique n'est opéré sur le territoire de la Principauté de Monaco. Il n'est ainsi pas rapporté d'émission relative à ce secteur. Les déchets ultimes devant être stockés en décharge (sites d'enfouissement) sont exportés en France.

Les clés de notation NO et NA ont été utilisées dans le cadre du CRT Reporter.

7.2.2 Traitement biologique des déchets solides (secteur 5.B)

Il n'y a pas d'activité relative au traitement biologique des déchets solides à Monaco. Il n'est pas rapporté d'émission relative à ce secteur.

Les clés de notation NO et NA ont été utilisés dans le cadre du CRT Reporter.

7.2.3 Incinération et combustion à l'air libre des déchets (secteur 5.C)

7.2.3.1 ACTIVITES RELATIVES AU TRAITEMENT DES DECHETS SOLIDES

A Monaco, le traitement des déchets solides est opéré selon deux filières distinctes :

- Une valorisation énergétique par une unité de traitement dédié à la production de chaud et de froid urbain (UIRUI) qui incinère les déchets ménagers, les déchets industriels banaux (carton, emballages, etc.), les déchets verts et les boues d'épuration des eaux usées.
- Le transfert vers les filières spécialisées de traitement hors du territoire pour les déchets recyclables (verre, EMR, papier, etc....), les déchets ultimes et les déchets dangereux.

Le traitement thermique (incinération) des déchets solides sur le territoire participe à une production d'énergie d'électricité, de chaud et de froid destinée à la consommation publique. Cette catégorie est décrite au sein du Chapitre 3.3.1 de ce rapport. Les émissions relatives à l'incinération des déchets ménagers, des déchets industriels banaux (cartons, emballages, etc.), des déchets verts et des boues d'épuration des eaux usées sont ainsi reportées au sein de la catégorie de la production publique d'énergie [1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach][1.A.1 Energy Industries][1.A.1.a Public Electricity and Heat Production][1.A.1.a.ii Combined heat and power generation] du CRT Reporter. La distinction entre les émissions de la part biomasse et de la part fossile des déchets solides ménagers et des boues d'épuration y est notamment effectuée.

Monaco étant une zone urbaine dense, les feux ouverts y sont interdits sur l'ensemble du territoire.

7.2.3.2 ACTIVITES LIEES A LA CREMATION

7.2.3.2.1 Caractéristiques générales

La crémation est la transformation de corps en cendres dans des incinérateurs conçus spécialement à cet effet. Monaco possède un unique four crématoire qui est exploité depuis 1994.

7.2.3.2.2 Méthodologie d'estimation

Une méthode T1 est appliquée pour calculer les émissions de CO₂ associées à cette activité.

Lors de la première soumission de ce secteur (2022), en l'absence d'information, une méthode T1 avec facteur d'émission D avait été appliquée.

Après vérification auprès de l'entité en charge du crématorium de Monaco, il est apparu que la hauteur de la cheminée du crématorium et les quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère étaient conformes à l'Arrêté français du 28 janvier 2010.

D'autre part, le crématorium mandate, une fois par an, un laboratoire indépendant agréé pour des mesures de concentrations en polluants sur les rejets atmosphériques du four crématoire.

Les mesures effectuées en 2022 relèvent des concentrations en polluants nettement inférieures au Facteur d'Emission EMEP 2019 et à la réglementation en vigueur en France.

C'est pourquoi, il est cohérent de s'appuyer sur les FE français tout en suivant chaque année les mesures effectuées au crématorium de Monaco afin de constituer au fil du temps des facteurs d'émission spécifiques à Monaco.

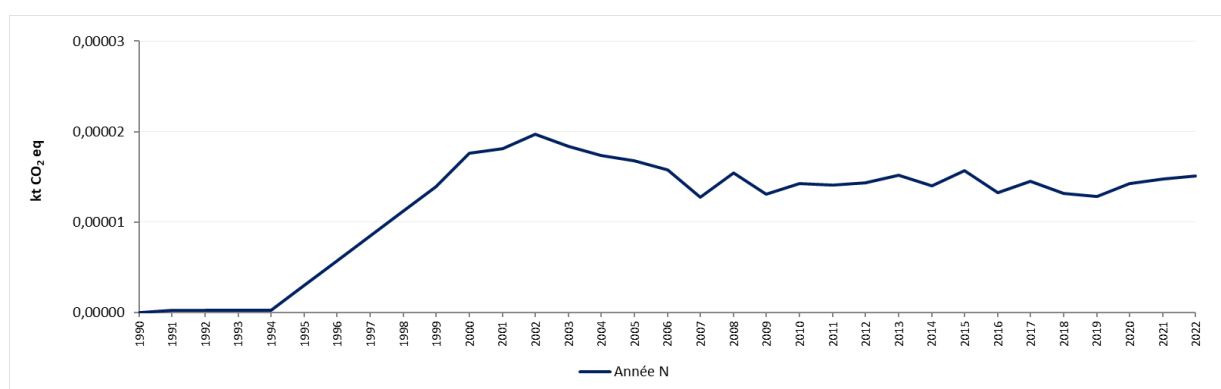
Le niveau d'activité correspond au nombre de corps incinérés annuellement (information recueillie directement auprès du four crématoire de Monaco).

De 1991 à 1994, les incinérations correspondent aux reprises de concessions du cimetière de Monaco, le nombre de crémation a été extrapolé de 1994 à 1999 (augmentation constante), puis les crémations ont été comptabilisées annuellement.

Les émissions de CO₂ sont supposées être 100% organique (les éventuels accessoires ne sont pas considérés ici, très faible part de carbone d'origine organique)

Les émissions de CH₄ et N₂O sont supposées négligeables.

Figure 184. Evolution des émissions de GES de la catégorie 5.C liées au four crématoire



7.2.3.2.3 Assurance qualité et contrôle spécifique

Les contrôles ont consisté à rapprocher les valeurs de la soumission aux valeurs données par les contrôles du four crématoire lui-même.

7.2.3.2.4 Recalcul

Il n'y a pas de recalcul nécessaire pour cette catégorie.

7.2.3.2.5 Améliorations

L'amélioration, pour cette catégorie, va consister à un affinage progressif des facteurs d'émission en suivant chaque année les mesures effectuées au crématorium et ainsi constituer au fil du temps des facteurs d'émission spécifiques à Monaco

7.2.4 Traitement des eaux résiduaires (secteur 5.D.)

Les émissions de cette catégorie sont constituées des émissions de CH₄ et des émissions de N₂O, issues du traitement des eaux résiduaires de Monaco (5.D.1 Eaux usées domestiques) comprenant une composante d'eaux usées industrielles (5.D.2) incluse (IE) avec les eaux usées domestiques.

Sont calculées également les émissions de NMVOC.

Le CH₄ et le N₂O issus du traitement des eaux résiduaires constituent des catégories sources clés d'émission pour l'inventaire 2022 respectivement selon les méthodes Tier 3 et Tier 1 pour le N₂O.

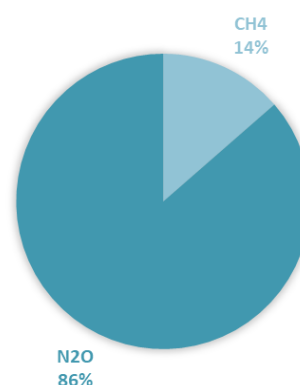
Figure 185. Evolution des émissions de GES de la catégorie 5.D des déchets entre 1990 et 2022

En 2022, les émissions du secteur s'élèvent à 0,459 ktCO₂eq.

Les émissions de CH₄ sont de 0,00244 ktCH₄ soit 0,07 ktCO₂eq.

Ces émissions montrent une diminution de 53% des émissions de CH₄ par rapport à 1990.

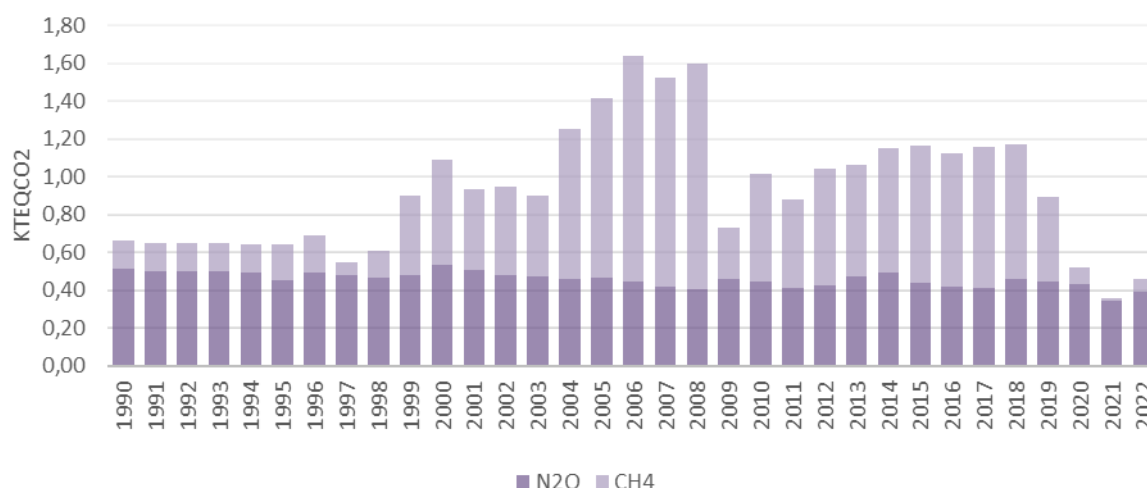
Ces émissions représentent 14% des émissions de la catégorie.



Les émissions de N₂O sont de 0,0015 ktN₂O soit 0,39 ktCO₂eq.

Ces émissions montrent une diminution de 24% des émissions de N₂O par rapport à 1990.

Ces émissions représentent 86% des émissions de la catégorie.



7.2.4.1 DESCRIPTION DE LA CATEGORIE SOURCE

7.2.4.1.1 Principe de gestions des eaux usées

Monaco, au sein d'un bassin de 11 km², assure la collecte des eaux résiduaires de son territoire et de certaines communes limitrophes, ainsi que le traitement de l'ensemble des eaux usées collectées.

Le taux de raccordement au réseau de collectes des eaux usées de la population de Monaco est de 100%.

La majeure partie du réseau de collecte des eaux est unitaire. Les eaux usées et les eaux pluviales sont collectées indistinctement pour intégrer un unique processus de traitement.

Le système de traitement comprend deux installations :

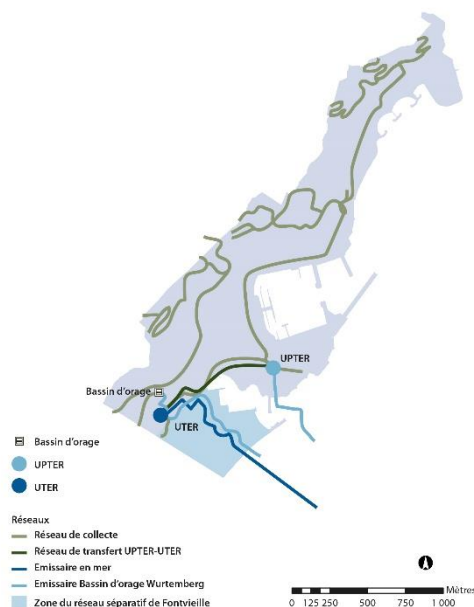
- Un traitement primaire (physique : dégrillage, dessablage) réalisé par l'Usine de Prétraitement des Eaux Résiduaires (UPTER). L'UPTER ne fait pas intervenir de processus modifiant la qualité physicochimique des eaux, l'installation fait office de régulation des débits avant le traitement UTER.
- Un traitement secondaire (physicochimique) et tertiaire (aérobie) par l'Usine de Traitement des Eaux Résiduaires (UTER). Cette station d'épuration met en œuvre un traitement secondaire et tertiaire par voie aérobie.

Les eaux traitées sont rejetées en mer par l'émissaire principal dont le point de rejet se situe à une distance de 800 mètres de la côte et par 100 mètres de profondeur.

En cas d'arrêt de l'usine de traitement, des eaux non traitées sont rejetées en mer par soit par l'émissaire principal, soit, en cas de surcapacité des installations, des rejets peuvent se faire par des émissaires secondaires à -50 mètres ou en surface pour les plus forts débits.

L'ensemble des rejets sont effectués dans une zone marine ouverte, non soumise à l'eutrophisation.

L'UTER avait une capacité hydraulique maximale de 31 000 m³/jour et de 1800 m³/heure pour une capacité d'épuration maximale de 80 000 à 100 000 Equivalents Habitants (EH). Des travaux d'amélioration finalisés en 2020 ont permis de porter la capacité de traitement à 130 000 (EH) sur un même principe de traitement primaire et secondaire (physicochimique et aérobie).



7.2.4.1.2 Caractéristiques des eaux collectées.

Eaux domestiques

Les eaux collectées ont une composante principale caractéristique des eaux domestiques ou le rapport DCO/DBO5 des eaux est inférieur ou égal à 2,5⁸⁷.

Le rapport DCO/ DBO5 moyen relevé par les analyses conduites par la surveillance l'UTER est de 2,85 en 2022 avec 22,1% des observations inférieures à 2,5 (BDUTER2022).

Eaux industrielles

Les eaux résiduaires produites par les activités économiques (principalement des activités de services du secteur tertiaire) sont intégralement recueillies par le réseau de collecte.

Il n'existe pas de système central ou déporté de traitement des eaux industrielles.

Aussi, cette composante non-quantifiable d'eaux industrielles est reportée au sein de la catégorie 5D1 Eaux usées domestiques, conformément aux Lignes Directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Volume 5, Chapitre 5, paragraphe 6.2.3) et la clé de notation IE est utilisée au sein de la catégorie 5.D.2 Industrial Wastewater.

Eaux de pluies

Des réseaux séparatifs d'eaux pluviales ont été mis en œuvre pour quelques zones et quartiers, cependant le réseau de collecte est unitaire sur la majorité du territoire. Ainsi les eaux usées collectées et intégrant le processus traitement peuvent présenter des variabilités de caractéristiques et de débits lors des événements pluvieux.

7.2.4.2 BOUES D'EPURATIONS

Le processus de traitement des eaux est générateur de déchets solides. Ces déchets proviennent :

- Du dégrillage et de dessablage des eaux du traitement physique opérées par l'UTER.
- De la génération de boues d'épuration des traitements primaire et secondaire de l'UTER.

Les déchets de dégrillages et de dessablages sont principalement constitués de textiles sanitaires, de plastiques, de végétaux, de papiers. Ces déchets sont incinérés par l'usine de traitement de Monaco.

Les boues d'épuration produites par les traitements secondaires et tertiaires de l'UTER ont deux filières de traitement :

- Une voie prioritaire qui est l'incinération des boues humides par l'usine de traitement de Monaco.
- Une filière secondaire qui est une exportation vers la France pour une valorisation agricole.

⁸⁷ Compte rendu technique UTER 2022
Rapport National d'Inventaire
2024

Les émissions liées à l'incinération des déchets produits par les unités de traitement UPTER et UTER sont comptabilisées au sein de la catégorie 1A1a production d'électricité et de chaleur.

7.2.4.3 POSTES D'EMISSIONS POUR LA CATEGORIE SOURCE 5.D.1

Les émissions de cette catégorie ont pour unique origine le traitement et les rejets d'eaux résiduaires du système UPTER-UTER.

Les estimations des émissions de GES de la catégorie sont basées sur le chapitre 6 du volume 5 des Lignes Directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006).

Les postes d'émissions de cette catégorie concernent le CH₄, le N₂O ainsi que le NMVOC.

7.2.4.3.1 Méthodologie d'estimation des émissions

Le tableau ci-dessous présente le bilan des niveaux méthodologiques d'estimation des émissions ainsi que les facteurs d'émission utilisés.

	Niveau méthodologique	Facteur d'émissions
CH ₄	Tier 3	CS/D
N ₂ O	Tier 1	CS/D
NMVOC	Tier1	D

Les méthodologies utilisées pour estimer les émissions sont résumées dans les paragraphes suivants. Le détail des méthodologies est présenté dans les sections présentant les méthodologies de calcul pour le CH₄, le N₂O et le NMVOC.

7.2.4.3.2 Emissions de CH₄

Les émissions de CH₄ sont une catégorie clé d'émissions.

Une méthode de Tier 3 a été développée se basant, conformément à l'arbre de décision 6.2 volume 5 CH6 IPCC2006 Guidelines, sur la disponibilité de données issues de la surveillance de l'usine de traitement UTER, et la mise en œuvre d'une méthode spécifique à partir de ces données.

Aussi, les émissions de CH₄ établies à partir des volumes et des charges polluantes (TOW) des eaux résiduaires rejetées directement (volumes non traités) en mer ou intégrant le système de traitement de l'UTER (volumes traités). Dans ce dernier cas, la qualité du fonctionnement de l'usine intervient également sur les niveaux d'émission de CH₄.

On relève ainsi 3 postes d'émissions :

- Le rejet d'eaux résiduaires sans traitement.
En cas d'arrêt ou de dysfonctionnement du système des unités de traitement des eaux UPTER-UTER.
- Le rejet d'eaux résiduaires avec charge d'entrée conforme (condition aérobie de traitement).

Fonctionnement normal de la station de traitement UTER, dans le cas où les charges polluantes des effluents sont conformes aux spécifications de l'UTER.

- Le rejet d'eaux résiduelles avec charge d'entrée non-conforme (risque de conditions anaérobie lors du traitement).

Fonctionnement en mode dégradé de la station de traitement UTER, dans le cas où les charges polluantes des eaux dépassent les capacités de traitement.

7.2.4.3.3 Emissions de N₂O

Les émissions de N₂O ne sont pas une catégorie clé d'émission.

Il est utilisé la méthode par défaut de Tier 1 donnée par les lignes directrices 2006 du volume 5 CH6 de l'IPCC.

En absence de processus de nitrification dénitrification, il n'est pas considéré d'émissions directes de N₂O par l'Usine UTER, seules sont calculées les émissions liées au rejet d'effluents dans le milieu.

Ainsi, dans le système de traitement des eaux de Monaco, les émissions de N₂O ont deux origines :

- Le rejet d'eaux résiduelles sans traitement.

En cas d'arrêt ou de dysfonctionnement du système des unités de traitement des eaux UTER UTER.

- Le rejet d'eaux traitées.

Lors du fonctionnement normal des unités de traitement des eaux UTER UTER.

Les données d'activité (volumes et teneur en azote) de l'usine de traitement des eaux sont utilisées pour établir les estimations.

7.2.4.3.4 Emissions de NMVOC

Les émissions de NMVOC sont calculées selon une méthode de Tier 1 avec un facteur d'émission par défaut.

- Les émissions de NMVOC sont basées sur les volumes d'eaux résiduelles traitées par l'usine UTER.

7.2.4.4 DONNEES D'ACTIVITE

7.2.4.4.1 Origine des données

Les émissions sont calculées à partir des données de surveillance des stations de traitement des eaux.

Les paramètres de surveillance suivant sont relevés :

- Les débits (volumes d'eau journaliers) aux différents niveaux du processus de traitement de l'eau.
- Les paramètres de surveillance (chimiques et physicochimiques) de la station UTER, sur une base journalière (DBO₅, DCO, ...).
- Les données de contrôle externe semestriel, pour les paramètres physicochimiques et chimiques particuliers tels que les teneurs en azote notamment.

Ces données peuvent être disponibles sous plusieurs formes.

- Un rapport annuel de fonctionnement de l'UTER, en réponse au cahier des charges d'exploitation,
- Une base de données journalière reprenant l'ensemble des données mesurées.
- Des rapports de contrôle semestriels d'un organisme externe pour les paramètres chimiques.

Les données d'activité des stations d'épuration UPTER et UTER (volumes et charges polluantes) sont disponibles sous la forme de bases de données annuelles de 2004 à 2022 des paramètres journaliers relevés par l'analyse et la surveillance des eaux.

Ces données permettent de calculer les émissions à un niveau méthodologique supérieur, en particulier pour le CH₄, mais elles sont également utilisées pour consolider l'estimation des émissions des autres polluants, N₂O et NMVOC.

Pour les données antérieures (1995-2004), les rapports annuels de fonctionnement de l'UTER ont été utilisés. Ces rapports présentent des bilans annuels des paramètres mesurés (débits, charges polluantes) ainsi que les informations sur le fonctionnement de station : conformité des paramètres au cahier des charges, arrêts de fonctionnement.

Un contrôle des paramètres physicochimiques et chimiques est effectué semestriellement (sur la période 2005-2022) par un organisme externe au gestionnaire UTER, ce contrôle permet en outre une évaluation de la teneur en azote des eaux résiduaires collectées et rejetées pour l'estimation des émissions de N₂O.

Afin d'assurer la consistance des données d'activités et identifier les tendances d'évolution et les variations interannuelles des données d'activité, des travaux particuliers ont été conduit pour la soumission 2020 concernant :

- La gestion des données manquantes au sein des bases de données.
En assurant notamment une distinction entre, les données manquantes aléatoires au sein de la base de données, ou observées en cas d'arrêt de la station UTER et de fait des systèmes de production de données.
- L'identification des tendances et les interférences dues à la présence d'eaux de pluies sur les volumes des eaux résiduaires.
L'objectif est d'évaluer les tendances générales et l'influences des eaux de pluies sur la donnée d'activité afin de s'assurer de la cohérence de l'évolution des séries temporelles.
- La continuité des séries de données, en particulier sur une base journalière, sur l'ensemble de la période de calcul.
Le schéma et les méthodologies de reconstruction des données sont par ailleurs détaillés dans la section continuité de la série temporelle.

7.2.4.4.2 Principes directeurs d'évolution des données d'activité

L'évolution et la variation des données d'activité dépendent principalement :

- de l'évolution des volumes et des charges polluantes des eaux résiduaires collectées, rejetées directement ou pris en charge par les systèmes de traitement,
- de l'évolution et les variations des caractéristiques et des capacités de traitement du system UPTER -UTER.

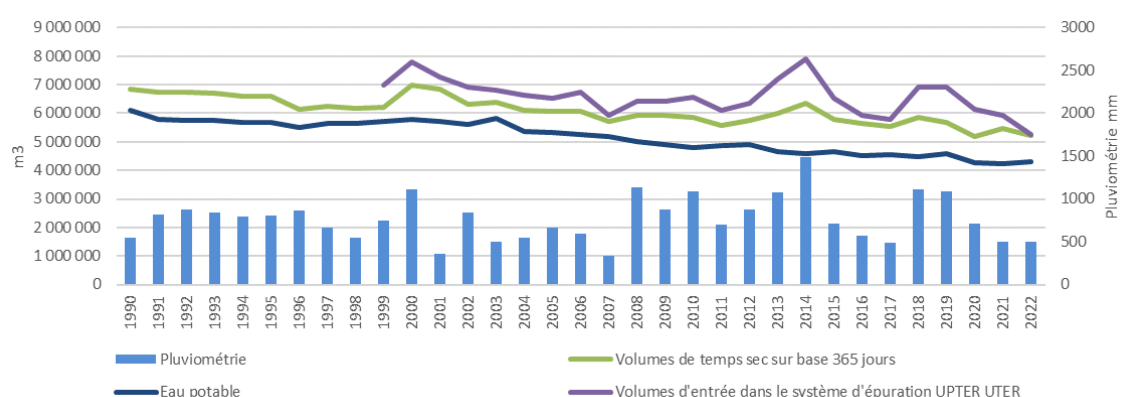
Evolution des volumes d'eaux résiduaires et des charges polluantes.

Les figures suivantes montrent une tendance à la décroissance des volumes d'eaux traitées en corrélation avec les consommations d'eau potable.

L'influence de la consommation d'eau potable sur les volumes d'eaux résiduaires produits, notamment comparés aux volumes annuels d'eaux résiduaires de temps sec (moyenne annuelle rectifiée des jours de pluie et des données manquantes).

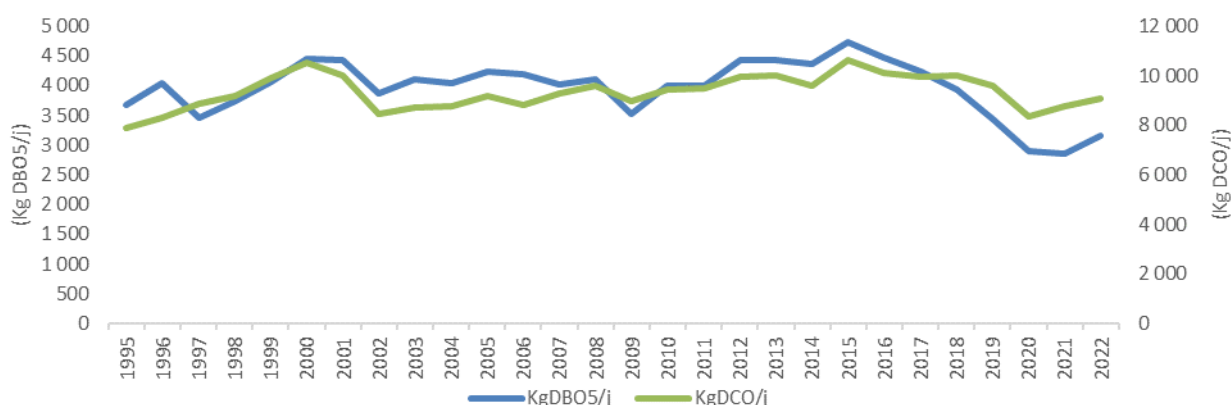
L'influence complémentaire de la pluviométrie est plus nettement visible en comparaison avec les volumes uniquement corrigés des données manquantes.

Figure 186. Variation des volumes d'eaux résiduaires en fonction de la pluie et de la consommation d'eau potable



L'évolution des charges en DBO et DCO est sensiblement corrélée, et montre une faible tendance à la hausse, probablement liée à d'autres paramètres tels que l'augmentation des populations résidentes et des employés ainsi que l'activité économique.

Figure 187. Variation des charges polluantes en DBO5 et DCO



Evolution du système de traitement des eaux

L'usine de traitement des eaux UTER a été mise en service en 1990. Elle comprenait à l'époque plusieurs innovations techniques : l'usine avait une conception verticale dans un

immeuble industriel du quartier de Fontvieille, elle utilisait un procédé d'épuration tertiaire aérobie, par culture fixée sur une matrice filtrante (procédé Biocarbone).

Cette usine a été conçue pour traiter des charges polluantes de 70 000 Equivalent Habitant (EH). Les charges de polluants en entrée de station ont cependant progressivement dépassé la capacité de traitement et le cahier des charges de fonctionnement de la station.

Dans le cadre du programme de travaux résultant d'un Schéma Directeur d'Assainissement réalisé en 2005, la Principauté de Monaco a entrepris la réalisation de travaux de renforcement sur son réseau d'assainissement avec la mise en conformité de son unité de traitement des eaux résiduaires avec pour objectif de respecter les termes de la Directive Européenne du 21 mai 1991 en matière de qualité de rejet des eaux épurées.

Les travaux sur le système d'assainissement ont porté sur :

- La réalisation de deux bassins de rétention.
- L'optimisation des infrastructures et de la gestion du réseau.
- La création d'un « by-pass » des eaux prétraitées vers un émissaire profond en mer pour limiter l'impact côtier des rejets en cas d'arrêt technique de l'UTER ;
- Le renforcement des capacités de l'Usine de Traitement des Eaux Résiduaires, réalisé en 2008, en matière de qualité de rejet et le renforcement de l'extraction et de la filière boue.

A la suite de ce renforcement, un cahier des charges de traitement actualisé a été établi pour répondre aux nouvelles capacités de traitement des charges polluantes portées à 120 000 EH.

Malgré ce renforcement, la capacité de traitement de l'usine UTER est restée insuffisante au regard des charges de polluants reçues, qui restent pour une importante part des jours d'observation, au-dessus des capacités de traitement.

En 2018, ont été initiés des travaux de modernisation des traitements secondaires (floculation) et tertiaires (nouveau procédé de traitement aérobie). La capacité de traitement sera portée à 120 000 EH à partir de 2019, et un nouveau cahier des charges de traitement est en cours d'élaboration et en attente de finalisation.

En 2020, la finalisation des travaux d'extension de l'UTER sont entrepris pour finaliser certains ouvrages avec un arrêt technique de l'usine pendant un mois qui porte désormais les capacités de traitement des charges polluantes à 130 000 EH.

Les évolutions des paramètres de fonctionnement de la station UTER sont présentées dans les tableaux et figures ci-dessous.

Figure 188. Evolution de la station de traitement des eaux UTER et des capacités de traitement

1990-2008	2009-2018	2019-2020
UTER version 1 (70 000EH)	UTER version 2 (100 000EH)	UTER version 3 (130 000EH)

Tableau 49. Principales périodes d'arrêt du système de traitement des eaux

Année	Période	Travaux
2005	25/10 - 05/12	Travaux sur l'usine de prétraitement UPTER
2008	01/10 – 15/12	Renforcement de capacité de traitement des eaux et de la filière boue de l'usine UTER
2011	01/02 -19/04	Travaux sur la canalisation de transfert UPTER-UTER
2018	01/10 – 08/11	Modernisation des systèmes de traitement de l'usine UTER
2020	03/02 – 02/03	Finalisation des travaux d'extension de l'usine UTER

Figure 189. Temps d'arrêt annuel de la station UTER

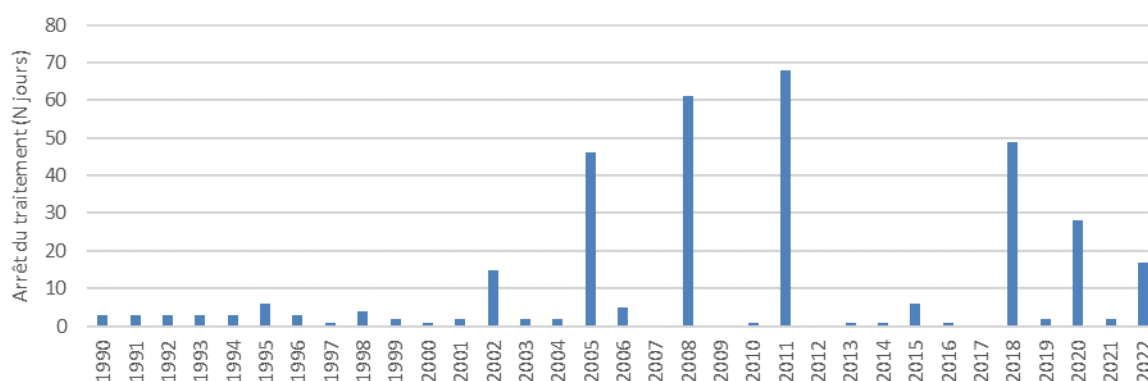
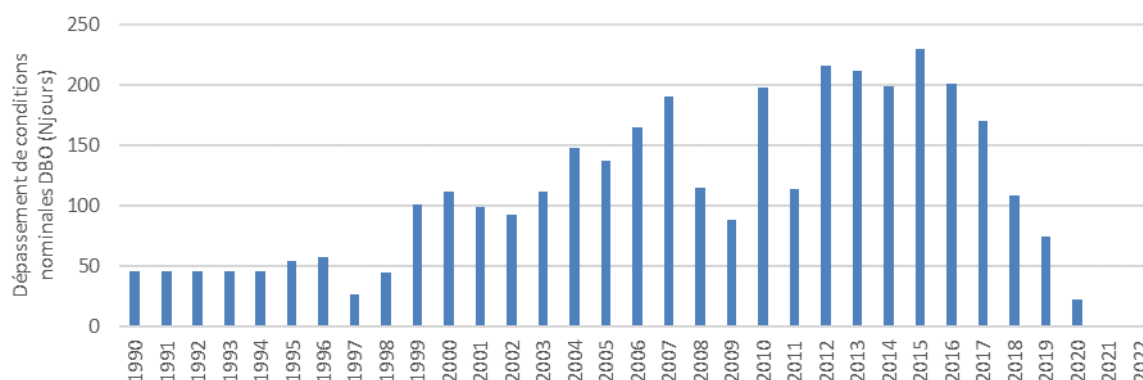


Figure 190. Dépassement des capacités de traitement de la station UTER pour le paramètre DBO5.



7.2.4.5 ESTIMATION DES VOLUMES D'EAUX NON TRAITEES

Les parts d'eau traitée et non traitée sont utilisées pour le calcul des émissions de CH₄ et de N₂O :

Les volumes d'eau traitée sont donnés par la surveillance de l'usine de traitement et disponible de 2004 à 2022 sur une base journalière⁸⁸, puis sur une base annuelle de 1995 à 2003⁸⁹, enfin reconstruit pour les premières années de la série temporelle⁹⁰.

Des volumes de rejets directs sont également mesurés par la station de prétraitement UPTER. Toutefois, la station UPTER joue un rôle de protection des installations en éliminant notamment les débits de temps de pluies. Aussi, les mesures de rejets directs effectuées par l'UPTER sont principalement constituées de ces débits de pluies et ne sont pas représentatives des charges et des volumes d'eaux usées et peut conduire à une surestimation des rejets des volumes d'eau non traitée.

⁸⁸ Fichiers de prétraitement [W_WW_P1_20_BD_UTER_AAAA_CH4_IPCC 2006]

⁸⁹ Rapports annuels - Compte rendu technique de l'Usine de Traitement des Eaux Résiduaire [W-WW R2 Rapport annuel UTER AAAA]

⁹⁰ Fichier de prétraitement [W_WW P1'_2023_UTER_DATA]

L'utilisation de ces données reste possible, mais elle nécessite une analyse journalière des fonctionnements et des débits des bases UPTER et UTER ainsi qu'un croisement avec des données de pluies. Cette analyse pourra faire l'objet d'une amélioration.

Le choix d'estimation des volumes d'eau rejetés sans traitement s'est porté sur une estimation établie à partir des temps d'arrêt de la station UTER (Figure 189. Temps d'arrêt annuel de la station UTER) par le volume moyen horaire d'eau traitée durant l'année.

Les différents volumes de rejet sont calculés par l'équation suivante :

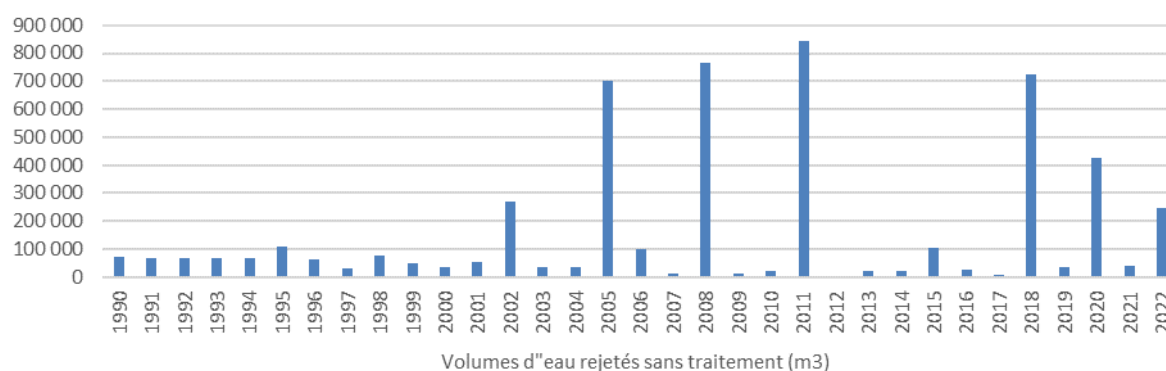
$$Volumess_{rejet\ direct} (m^3/an) = Volume_{moyen\ horaire} (m^3/h) * N_{heure\ d'arrêt\ de\ la\ station} (h/an)$$

C'est en 2005, 2008, 2011, 2018 et 2020 que l'on observe les plus importants volumes d'eau non traitée qui sont la conséquence des arrêts de la station UTER pour des opérations de maintenance et de renforcement des capacités de traitement.

En février 2020, l'usine UTER était à l'arrêt pour finalisation des travaux d'extension.

En 2022, l'usine UTER était à l'arrêt pendant 17 jours en octobre et début novembre 2022 pour une mise en conformité d'une partie des installations (Rapport annuel UTER 2022).

Figure 191. Volumes d'eau rejetés sans traitement



Dans le cadre de ce rapport les estimations réalisées à partir des bases annuelles⁹¹, bénéficient d'une distinction entre arrêt de station et absence de données.

7.2.4.5.1 Emissions de méthane (CH₄)

Les émissions de méthane CH₄ sont calculées sur la base des équations 6.1 et 6.2 du chapitre 6 du volume 5 des lignes directrices du GIEC de 2006.

- Le rejet d'eaux résiduaires sans traitement.

En cas d'arrêt des installations de traitement, les effluents sont prioritairement rejetés en mer par l'émissaire principal. Les rejets s'effectuent en zone marine ouverte, et conformément aux lignes directrices du GIEC de 2006, des émissions de CH₄ sont estimées en considérant qu'un risque d'anaérobiose dans le milieu récepteur existe et peut générer l'émission de CH₄.

⁹¹ Fichiers de prétraitement [W_WW_P1_20_BD_UTER_AAAA_CH4_IPCC 2006]

Lors de la prise en charge des eaux pour le traitement par la station UTER, deux cas peuvent survenir :

- Le rejet d'eaux résiduaires avec charge d'entrée conforme (condition aérobie de traitement).

Il s'agit du fonctionnement normal de la station de traitement UTER, dans le cas où les charges polluantes des effluents sont conformes aux spécifications de l'UTER.

Le traitement aérobie en mode de fonctionnement optimal ne génère pas d'émissions de CH₄.

- Le rejet d'eaux résiduaires avec charge d'entrée non-conforme (risque de condition anaérobie lors du traitement).

Fonctionnement en mode dégradé de la station de traitement UTER, dans le cas où les charges polluantes des eaux dépassent les capacités de traitement.

Dans le cadre de l'application des lignes directrices du GIEC2006, cette situation est identifiée comme pouvant générer des émissions de CH₄. Cas des stations d'épuration centralisées mal gérées, ou en surcharge.

Pour identifier ces situations la conformité de la charge polluante d'entrée de station du paramètre DBO₅ au cahier des charges de fonctionnement est considéré.

7.2.4.5.2 Calculs du CH₄

Equations générales

Les émissions de méthane CH₄ sont calculées sur la base des équations 6.1 et 6.2 du chapitre 6 du volume 5 des lignes directrices du GIEC de 2006, considérant les 3 postes d'émissions.

$$CH4_{Emissions} = CH4_{(A) \text{ Rejet direct en mer}} + CH4_{\text{Traitement aérobie}} + CH4_{\text{Traitement aérobie (surcapacité)}}$$

On considère l'équation 6.1 du volume 5 des lignes directrices 2006 du GIEC, pour chacun des postes d'émissions sous la forme suivante :

$$CH4_{Emissions(j)} = \left[\sum_{i,j} [(U_i * T_{i,j} * EF_j)] (TOW_j - S_j) \right] - R_j$$

j : type de traitement/rejets émetteur de CH₄ dans les circonstances nationales

Où j = (A) rejet direct en mer des eaux non traitées et (B) traitement aérobie UTER en cas de dépassement des capacités de traitement.

U_i : fraction de population par groupe de revenus i

T_i : degré d'utilisation du système de traitement pour chaque fraction de groupe par revenus i

EF_j : Facteur d'émission de CH₄ du type de traitement/rejet j (kg CH₄/kg DBO₅)

TOW_j : Charge organique du type de traitement/rejet j (kg DBO₅/an)

S_j : charge organique dans les boues extraites du type de traitement/rejet j (kg DBO₅/an)

R_j : CH₄ capté sur le du type de traitement/rejet j

Paramètres	Valeur retenue	Unités	Références			Commentaire
TOW	Donnée d'activité	Kg/BOD ₅ /an	(CS) pays	spécifique	au	Calculé selon les données d'activité sur une base journalière (2004-2022) annuelle (1990-2004)
S	Donnée d'activité	Kg/BOD ₅ /an	(CS) pays	spécifique	au	Calculé selon les données d'activité sur une base journalière (2004-2022) annuelle (1990-2004)
R_j	0	Kg/CH ₄ /an	CS) Spécifique au pays			Il n'est pas estimé de captage de CH ₄ pour les rejets directs en mer (a) et le traitement par voie aérobie (b).
U_i	1		(CS) pays	Spécifique	au	Une seule classe de population est identifiée à Monaco, de type urbain
Ti,j	1		(CS) pays	Spécifique	au	Le degré d'utilisation à Monaco est estimé à 100%

Facteur d'émission EF

EF est déterminé selon l'équation 6.2 du volume 5 des lignes directrices 2006 du GIEC (Facteur d'émissions de CH₄ pour chacun des postes d'émissions de traitement des eaux résiduaires domestiques):

$$EF_j = B_o * MCF_j$$

EF_j = facteur d'émission, kg CH₄/kg BOD

j = chaque voie ou système de traitement et/ou d'élimination

B_o = capacité maximale de production de CH₄, kg CH₄/kg BOD

MCF_j = coefficient de correction du méthane (fraction), voir Tableau 6.3.

Paramètres	Valeur	Unités	Références		
B_o	0.6	KgCH ₄ /kgBOD	Tableau 6.2 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC	(D) Valeur par défaut	
MCF (condition aérobie)	0		Tableau 6.3 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC (untreated system- sea, river and lake discharge)	D) Valeur par défaut	
MCF (surcapacité)	0.3		Tableau 6.3 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC (untreated system- sea, river and lake discharge)	(D) Valeur par défaut	
MCF (sans traitement)	0.1		Tableau 6.3 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC (untreated system- sea, river and lake discharge)	(D) Valeur par défaut	

Le paramètre MCF variant sur une base journalière donne une valeur annuelle spécifique des conditions représentatives des charges et du traitement pour l'année considérée.

7.2.4.5.3 Méthodologies de calcul du CH₄ :

TOW charge organique

Le TOW est calculé sur une base journalière au sein des fichiers de prétraitement de données annuelles⁹² à partir des volumes (m³) et concentration journalière des eaux brutes (mg/l de DBO₅) entrant en station pour traitement.

$$TOW\ DBO_5\ (kg/DBO_5/j\ eaux\ brutes) = DBO_5\ (mg/l\ eaux\ brutes) * V_n(m^3/j\ eaux\ brutes) / 10^6$$

⁹² Fichiers de prétraitement [W_WW_P1_20_BD_UTER_AAAA_CH4_IPCC 2006]

Facteur S

La charge de DBO5 retirée des boues est calculée sur une base journalière par différence entre les charges entrantes et les charges des eaux traitées rejetées par la station.

$$S_j = TOW_{DBO_5} (kg/DBO_5/j \text{ eaux brutes}) - TOW_{DBO_5} (kg/DBO_5/j \text{ eaux traitées})$$

Avec :

$$TOW_{DBO_5} (kg/DBO_5/j \text{ eaux brutes}) = DBO_5 (mg/l \text{ eaux brutes}) * V_n (m^3/j \text{ eaux brutes}) / 10^3$$

$$TOW_{DBO_5} (kg/DBO_5/j \text{ eaux traitées}) = DBO_5 (mg/l \text{ eaux traitées}) * V_n (m^3/j \text{ eaux traitées}) / 10^3$$

Calculs des émissions sur une base journalière

Les valeurs de charges journalières des eaux brutes en DBO5 sont comparées quotidiennement aux conformités de capacité de traitement données par les cahiers de charges de fonctionnement de l'UTER, à l'identification de rejets non traités.

Un facteur EF, est appliqué spécifiquement à chaque situation de traitement et de rejet.

On a alors :

$$CH4_{\text{Rejet direct}} = [\sum_{\text{Conforme}} [(U_i(1) * T_{i,j}(1) * Bo(0.6) * MCF(0.1))] (TOW_{DBO_5} - S_j) - R(0)$$

$$CH4_{\text{Traitement aérobie}} = [\sum_{\text{Conforme}} [(U_i(1) * T_{i,j}(1) * Bo(0.6) * MCF(0))] (TOW_{DBO_5} - S_j) - R(0)$$

$$CH4_{\text{Traitement anaérobie}} = [\sum_{\text{Conforme}} [(U_i(1) * T_{i,j}(1) * Bo(0.6) * MCF(0.3))] (TOW_{DBO_5} - S_j) - R(0)$$

Sur la période 1990-2003 le calcul est basé sur les bilans annuels, corrigé d'une corrélation des paramètres de TOW et de S calculés la période 2004-2022 de disponibilité commune des données journalières et annuelles.

Les tableaux et figures suivants présentent les données et les résultats journaliers obtenus en 2022, puis les bilans annuels pour l'ensemble de la période 1990-2022.

Figure 192. Evolutions des paramètres journaliers de débits et de charge organique TOW UTER en 2022.



Les travaux d'extension de l'usine de traitement UTER (finalisation début 2020) ont permis de noter une amélioration significative de la capacité de traitement visible dès 2020. Les rendements épuratoires ont significativement augmenté, et les conditions de traitement inscrites au cahier des charges sont respectées 22% du temps.

Figure 193. Evolutions des émissions journalières de CH₄ en 2022 suivant les différents postes d'émission

Avec : CH₄ t-off : traitement à l'arrêt, rejets direct
 CH₄ t-on aer : traitement aérobie des effluents.
 CH₄ t-on ana : traitement anaérobie des effluents
 CH₄ t-on ana rec : Estimation dans le cas de l'absence de données.

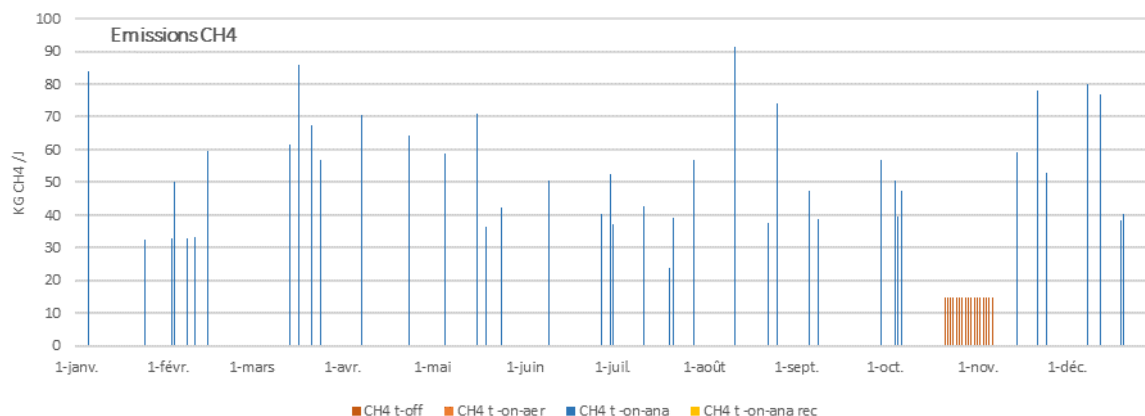
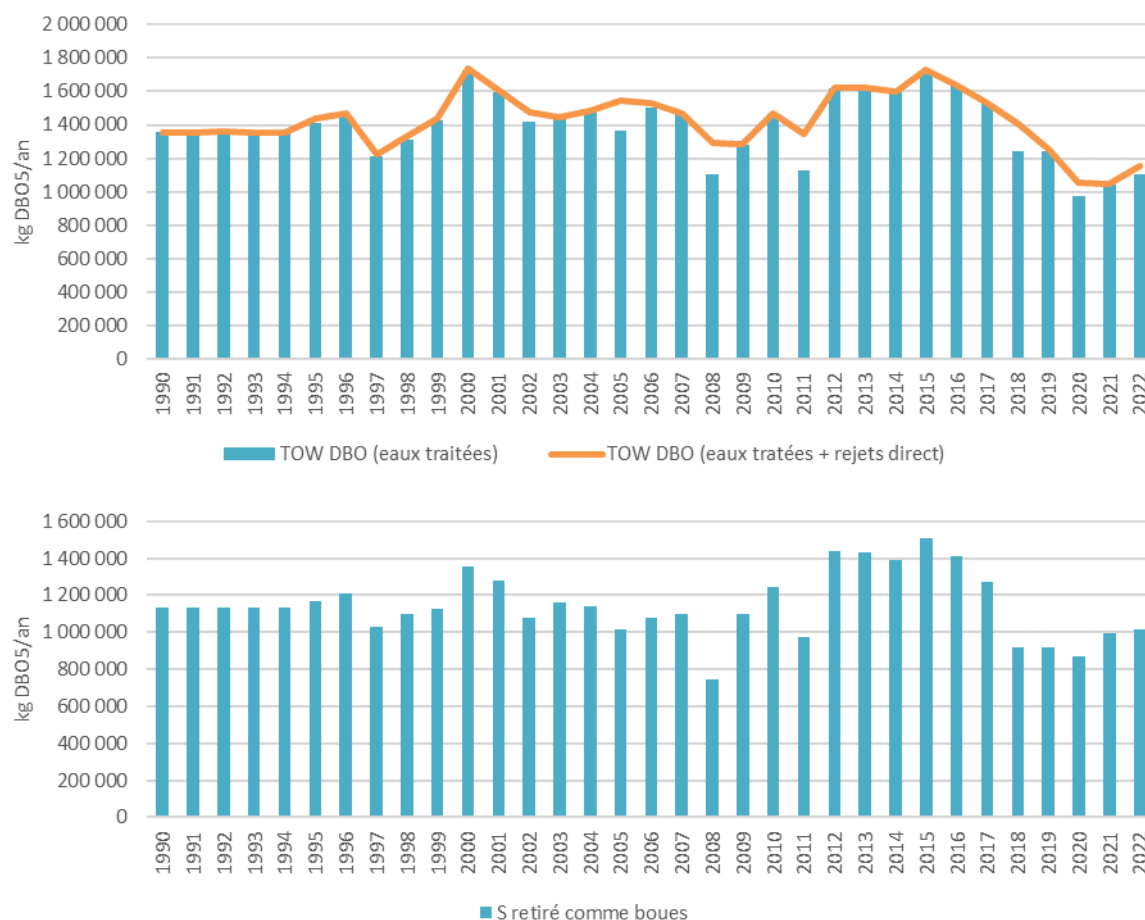


Figure 194. Evolutions des paramètres annuels de débits et de charge organique TOW UTER.



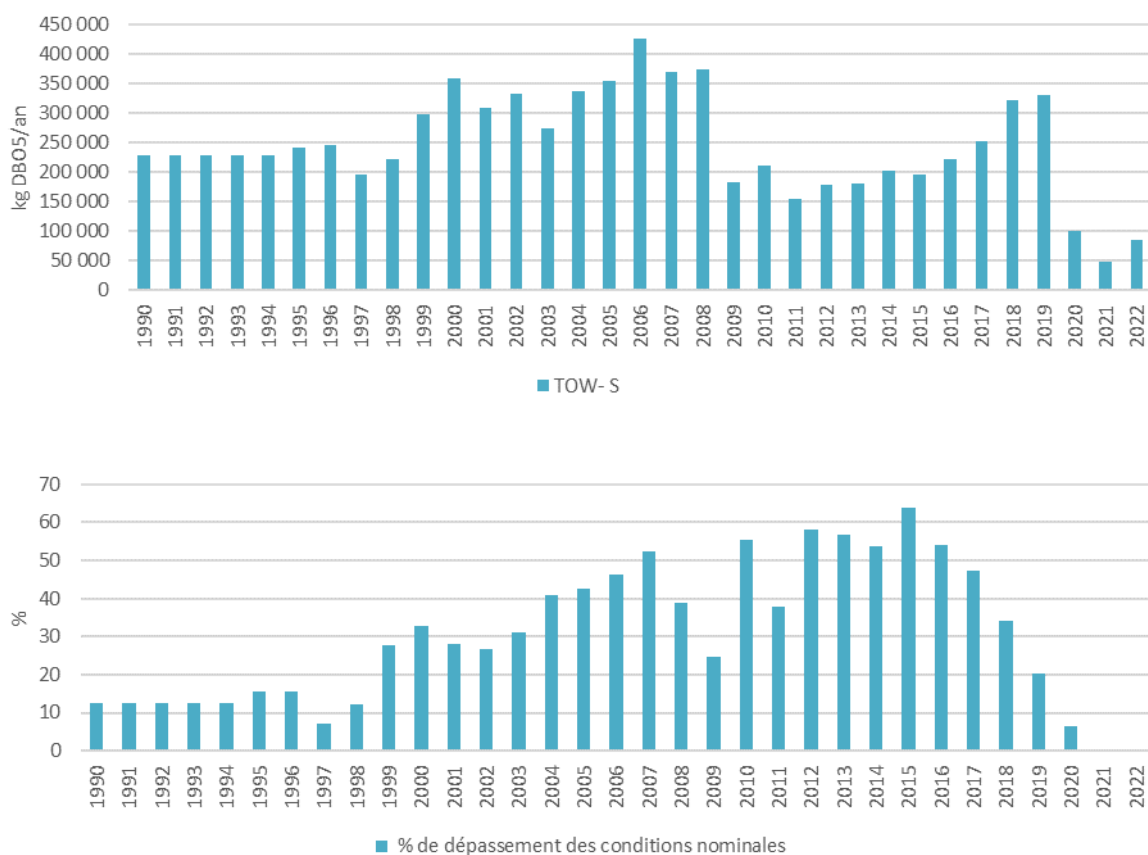
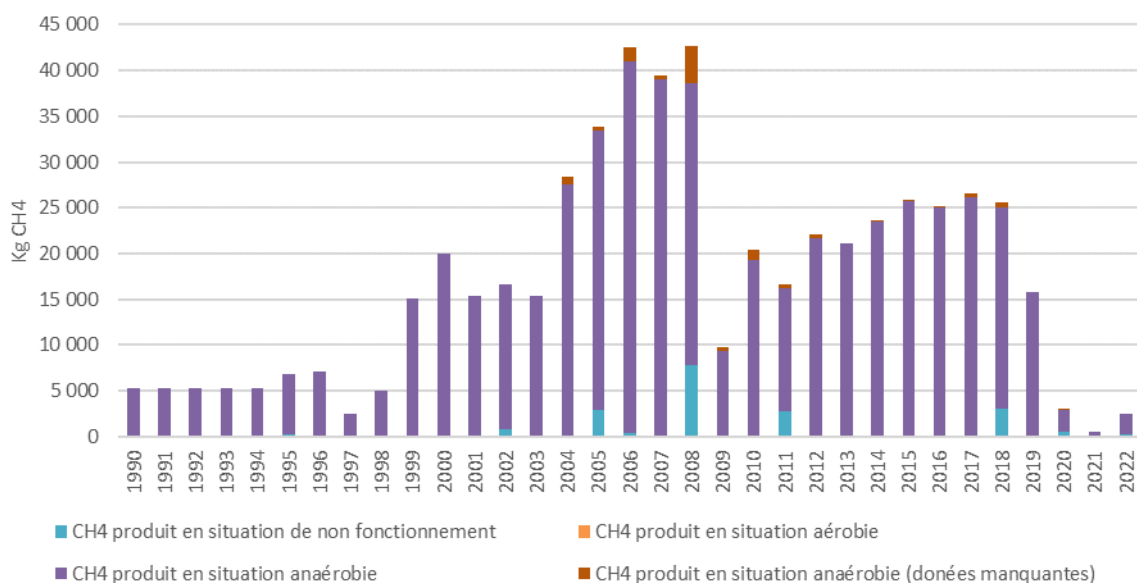


Figure 195. Evolutions des émissions de CH4.



Les évolutions des émissions sont dépendantes des charges d'entrée et en particulier de la conformité de l'effluent aux caractéristiques de traitement de la station.

Aussi, il est observé d'une part la dégradation des conditions de traitement de 1999 à 2008, puis l'effet de la première rénovation à partir de 2009, avec une augmentation de la quantité de matière organique retirée avec les boues (S). Avec la mise en fonction d'une partie des nouvelles installations en juin 2019 suite aux travaux de la station, une amélioration des conditions de traitement est observée à partir de 2019.

L'effet des travaux d'extension de la station UTER avec une mise en fonction des installations début 2020, l'amélioration des conditions de traitement est visible dès 2020. En considérant les nouvelles capacités de traitement de la station, celle-ci est très rarement en surcharge en 2022 (Compte rendu annuel d'exploitation 2022 – UTER).

	TOW DBO (eaux brutes)	S (DBO)	Pourcentage de dépassement des conditions nominales	Arrêt de stations
	KgDBO5/an	KgDBO5/an	%	(jours)
1990	1 422 243	1 146 832	13	3
1991	1 422 243	1 146 832	13	3
1992	1 426 171	1 149 770	13	3
1993	1 422 243	1 146 832	13	3
1994	1 422 243	1 146 832	13	3
1995	1 474 992	1 181 275	16	6
1996	1 516 849	1 214 353	16	3
1997	1 281 777	1 051 049	7	1
1998	1 379 993	1 114 203	12	4
1999	1 490 160	1 141 862	28	2
2000	1 785 430	1 351 292	33	1
2001	1 654 900	1 279 675	28	2
2002	1 479 303	1 099 507	27	15
2003	1 502 058	1 174 451	31	2
2004	1 497 050	1 137 504	41	2
2005	1 409 564	1 013 005	43	46
2006	1 532 644	1 079 164	46	5
2007	1 488 773	1 097 830	52	0
2008	1 280 419	742 000	39	61
2009	1 329 022	1 098 550	25	0
2010	1 701 957	1 243 056	55	1
2011	1 251 940	974 411	38	68
2012	1 696 921	1 441 619	58	0
2013	1 671 366	1 433 094	57	1
2014	1 661 230	1 391 822	54	1
2015	1 723 318	1 505 880	64	6
2016	1 618 043	1 411 176	54	1
2017	1 544 633	1 271 681	47	0
2018	1 258 287	918 517	34	49
2019	1 303 829	916 671	20	2
2020	997 551	870 109	7	28
2021	1 030 651	992 088	0	2
2022	1 146 361	1 017 224	0	17

7.2.4.5.4 Emissions d'Oxyde Nitreux (N₂O)

Les émissions de N₂O lors des rejets des eaux usées (traitées et non traitées), en kg N₂O/an sont estimées grâce à l'équation 6.7 du chapitre 6 du volume 5 des lignes directrices 2006 du GIEC.

$$N2O_{Emissions} = N2O_{Emissions\ non\ traités} + N2O_{Emissions\ traités}$$

Avec :

$$N2O_{Emissions\ traités} = N_{Effluent\ traités} * EF_{Effluent} * \frac{44}{28}$$

$$N2O_{Emissions\ non\ traités} = N_{Effluent\ non\ traités} * EF_{Effluent} * \frac{44}{28}$$

$N2O_{Emissions}$ = Emissions de $N2O$ dans l'année d'inventaire, $N2O$ kg/an

$N_{EFFLUENT}$ = azote présent dans l'effluent et qui est rejeté dans des milieux aquatiques, N kg/an

$EF_{EFFLUENT}$ = facteur d'émission pour les émissions de $N2O$ d'eaux usées rejetées, $N2O - N$ kg/kg N

44/28 est la conversion de $N2O - N$ kg en $N2O$ kg.

N_{effluents}

Les quantités d'azote au sein de l'effluent sont estimées à partir des données d'auto surveillance de la station qui procède à une analyse des teneurs en azote en entrée de station (eaux brutes), et en sortie de station (eaux épurées).

Après traitement statistique, les analyses d'azote (plus de trente prélèvements disponibles depuis 2007) donnent comme concentration moyenne des effluents :

Paramètres	Valeurs retenue	Unités	Références
N_{Effluent non traitée}	47.8	mg $N2O-N$ l	Concentration en Azote $N2O$ dans les eaux résiduaire brutes (eau non traitée) CS
N_{Effluent traitée}	34	mg $N2O-N$ l	Concentration en Azote $N2O$ dans les eaux résiduaire épurées (eau traitée) CS

EF_{effluents}

Le facteur d'émission $EF_{effluents}$ est donné par le tableau 6.11

Paramètres	Valeurs retenue	Unités	Références
EF_{Effluent}	0,005	$N2O-N$ kg/kg N	facteur d'émission pour les émissions de $N2O$ issues d'eaux usées rejetées (tableau 6.11, page 2.29 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC). D) Valeur par défaut

7.2.4.5.5 Paramètres complémentaires de rapportage de la catégorie

Les paramètres suivants sont également reportés au sein du CRT :

Paramètres	Valeurs retenues	Unités	Références
P	Données d'activité	N	population nationale dans l'année d'inventaire (CS) spécifique au pays
Protéine	30,1125	kg/personne/an	Valeur fournie par les services sanitaires et sociaux, sur la base du rapport INCA2 de l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) (CS) Spécifique au pays
F_{NPR}	0,16	Facteur	fraction d'azote dans la protéine (tableau 6.11, page 2.29 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC). (D) Valeur par défaut
F_{NON-CON}	1.10	Facteur	fraction d'ajustement d'azote non consommé (tableau 6.11, page 2.29 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC). (D) Valeur par défaut
F_{IND-CON}	1.25	facteur	fraction d'ajustement de co-décharge d'azote industriel dans les réseaux de collectes (tableau 6.11, page 2.29 du volume 5 chapitre 6 des lignes directrices du GIEC) (D) Valeur par défaut

7.2.4.5.6 Emissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

L'estimation des émissions de COVNM est basée sur le facteur d'émission par défaut proposé dans EMEP/ EEA Guidebook 2019 Volume 5D- *Table 3.1- Tier 1 emission factors for source category 5.D Wastewater handling* selon l'équation.

Pour l'estimation des émissions il a été utilisé les volumes d'eaux traitées par l'UTER (Pris en charge), hors rejets directs.

$$COVNM_{Emissions} = V_{Effluent}(m^3) * EF_{pollutant}(mg/m^3) / 10^6$$

COVNM_{Emissions} = Emissions de composé organique volatil non méthanique dans l'année d'inventaire, kg/an

V_{EFFLUENT} = volume d'effluent traité dans l'année (m³)

EF_{EFFLUENT} = facteur d'émission pour les émissions de COVNM d'eaux usées traitées (mg/m³).

Paramètres	Valeurs retenue	Unités	Références
EF _{NM VOC}	15	mg/m ³ waste water handled	D) Valeur par défaut proposée dans EMEP/EEA Guidebook 2019

7.2.4.5.7 Cohérence des séries temporelles.

La cohérence de la série temporelle a été assurée par l'utilisation des données disponibles, issues de la surveillance des stations UTER et UPTER.

En absence de donnée, des reconstructions ont été effectuées en corrélation avec des données tierces (consommation d'eau potable – pluviométrie) ou par utilisation des dernières données homogènes disponibles en particulier pour la période 1990-1994.

Ces travaux ont également permis de s'assurer une cohérence des différentes sources de données utilisées.

Un schéma de reconstruction est disponible ci-dessous.

Mode de reconstruction	1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020
Volumes UTER	
Volumes d'eaux traités par UTER (eaux brutes UTER)	Corrélation UPTER
Volumes d'eaux rejetés par UTER (eaux épurée UTER)	Corrélation Rapport annuel Smeaux Corrélation avec les volume d'entrée UTER
Volumes d'eaux rejetés sans traitement	Basée sur les temps d'arrêt du Système UPTER-UTER
Reconstruction du calcul du CH ₄	Dernière données homogènes / Corrélation UTER Databas / UTER rap ann SMeaux
Données disponible pour reconstruction	
Base UPTER	Corrélation avec la consommation d'eau et pluviométrie
Rapports annuels Smeaux	Dernière données homogènes
Eaux potable	UTER (data base)
Pluviométrie	UTER (rapports annuels)
	UTER (data base) Données JEX

7.2.4.5.8 Contrôle qualité - Assurance Qualité Spécifique

Pour l'inventaire 2020, plusieurs travaux spécifiques ont été entrepris dans le cadre plus général du renforcement de l'organisation des données du contrôle de la qualité des données et des processus d'établissement des inventaires, ainsi qu'en réponse suite à la revue de l'inventaire 2019 qui demandait dans ce cadre une vérification de la variabilité des données d'activité en particulier pour les teneurs en matière organique de l'effluent pour les estimations des émissions de CH₄.

Consolidation des volumes traités et rejetés.

Consolidation des données de débits par comparaison des débits observés à la Station UTER et à la station UPTER. Ces travaux ont permis de vérifier l'évolution des débits de temps sec et identifier l'influence des pluies sur les volumes traités.

Une évaluation des rejets dans le milieu directement par les volumes traités par la station UPTER nécessite cependant une analyse complémentaire des données. Aussi, il a été conservé dans cet inventaire la méthode basée sur les temps d'arrêt de la station UTER.

Calculs d'émission du CH₄ sur la base des données d'activité journalières.

De 2004 à 2022, les calculs de volume d'eaux traitées, de charge organique, sont effectués sur une base journalière.

Cette approche permet la mise en relation directe des émissions et du mode de fonctionnement journalier des paramètres TOW, S et mode de fonctionnement journalier. L'utilisation de données journalières permet également un contrôle qualité supplémentaire dans l'affectation des données au mode de fonctionnement et dans le cadre d'un meilleur traitement des données manquantes.

Comparaison des sources de données.

Les calculs des émissions de CH₄ sont directement dans les bases annuelles, permettant le contrôle de l'évolution des données. Ces données sont ensuite comparées aux résultats des bases annuelles fournies par l'exploitant pour conduire à la fois une vérification et une mise en corrélation des résultats pour conduire la reconstruction de la série temporelle.

7.2.4.5.9 Recalcul

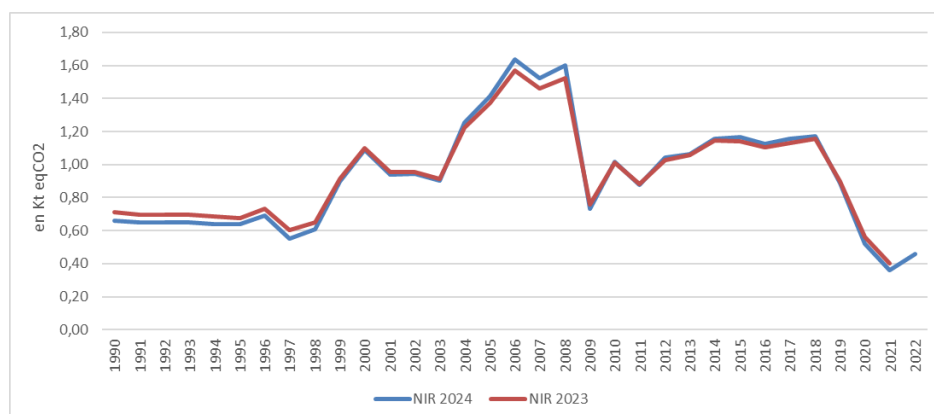
Description du recalcul

Aucun recalcul n'a été mené dans le cadre de l'inventaire 2024.

Le recalcul concerne le secteur 5D Déchets – Traitement des eaux résiduares sur la série temporelle.

Impacts du recalcul

Figure 196. Recalcul de la catégorie 5D



La variation est présentée dans le tableau ci-dessous :

		NIR année 2023	NIR année 2024	% d'évolution de NIR 2023 à NIR 2024
Secteur 5D	1990	0,71	0,66	-0,07%
(en Kt eqCO ₂)	2021	0,40	0,36	-0,10%

Raisons et justifications

Aucune modification méthodologique n'a été réalisée pour cette soumission 2024. L'objet du recalcul est l'application des nouvelles valeurs de pouvoir de réchauffement global (PRG) de l'AR5 conformément aux lignes directrices, qui a une incidence sur les émissions de N₂O et de CH₄.

7.2.4.5.10 Améliorations

Aucune amélioration n'est prévue à ce jour pour ce secteur.

7.2.4.6 AUTRE (SECTEUR 5.E.)

Il n'est pas relevé d'autre activité relative aux secteurs des déchets à Monaco.

Les clés de notation NO ont été utilisées dans le cadre du CRT Reporter.

8

AUTRES SECTEURS

Aucun autre secteur d'émissions n'a été déterminé.

EMISSIONS INDIRECTES DE CO₂ ET D'OXYDES NITREUX

Au sein de ce chapitre sont reportées les émissions indirectes de CO₂ dans l'atmosphère issues de la décomposition des NMVOC et des émissions d'oxyde nitreux.

Monaco a estimé dans le cadre de cet inventaire les émissions indirectes de CO₂ du secteur 2.D.

Figure 197. Evolution des émissions indirectes



10

NOUVEAUX CALCULS ET AMELIORATIONS

10.1 Recalcul - comparaison pour l'année de référence et 2021.

Figure 198. Recalcul de l'année de référence

	NIR n-1	NIR n	Evolution des estimations		Justifications
	Total	Total	kt CO2 eq	%	
Année référence	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	%	
Total (net emissions)⁽²⁾	102,35	101,40	-0,95	-0,94	
1. Energy	101,60	100,71	-0,90	-0,89	
A. Fuel combustion (sectoral approach)	99,83	98,72	-1,11	-1,13	
1. Energy industries	17,78	17,67	-0,11	-0,64	1A1a. Actualisation de la caractérisation des déchets incinérés, amélioration méthodologique et application des facteurs d'émission AR5
2. Manufacturing industries and construction	3,88	3,85	-0,03	-0,66	1A2.Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific issues de la campagne de caractérisation des produits pétroliers 1A2gvii application des valeurs country specific des combustibles liquides et nouveaux facteurs d'émission 1A2gviii. Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific et répartition de la consommation
3. Transport	35,21	35,20	-0,01	-0,02	1A3a. Amélioration méthodologique tier3 et modification des facteurs d'émission (AR5) 1A3b. Données d'activités et modifications des facteurs d'émission (AR5) 1A3d. Données de biocarburants plus précises et nouveaux facteurs d'émission

4. Other sectors	42,96	42,00	-0,97	-2,30	1A4a. Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific et répartition de la consommation 1A4b. Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific et répartition de la consommation
B. Fugitive emissions from fuels	1,78	1,99	0,21	10,69	
2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	1,78	1,99	0,21	10,69	
2. Industrial Processes	0,15	0,15	0,00	-0,20	
D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,04	0,00	-0,46	2D. modifications des facteurs d'émission 2D2. modification recensement
F. Product uses as ODS substitutes	NO,IE	NO,IE			2F.Réévaluation de fin de vie des équipements 2F1e, 2F1f, 2f2a. émission de HFC
G. Other product manufacture and use	0,11	0,11	0,00	-0,11	2G. et 2G2b. Emissions liées à l'utilisation de SF6 2G3a. émissions liées à N2O 2G3B: changement facteurs d'émission
3. Agriculture	NO,NA	NO			
4. Land use, land-use change and forestry⁽²⁾	-0,11	-0,11	0,00	1,13	
E. Settlements	-0,11	-0,11	0,00	0,20	4E: modification des facteurs d'émission
5. Waste	0,71	0,66	-0,05	-7,31	
C. Incineration and open burning of waste	NO,IE	NO,IE			5C : affinage progressif des facteurs d'émission pour constituer au fil du temps des facteurs d'émission spécifiques
D. Waste water treatment and discharge	0,71	0,66	-0,05	-7,31	5D : modification des facteurs d'émission
Memo items:					
International bunkers	6,71	6,76	0,04	0,66	
Aviation	2,34	2,39	0,05	1,96	
Navigation	4,37	4,37	0,00	-0,06	
CO₂ emissions from biomass	31,64	28,56	-3,09	-10,81	voir supra
Indirect CO₂⁽³⁾	NE,NO	0,24			calcul des émissions indirectes 2D

Total CO₂ equivalent emissions without land use, land-use change and forestry	102,46	101,51	-0,95	-0,93	
Total CO₂ equivalent emissions with land use, land-use change and forestry	102,35	101,40	-0,95	-0,94	

Figure 199. Recalcul de l'année 2021

	NIR n-1	NIR n	Evolution des estimations		
	Total	Total			
Année 2021	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	%	Justifications
Total (net emissions)⁽²⁾	73,56	73,04	-0,52	-0,72	
1. Energy	67,24	67,15	-0,08	-0,12	
A. Fuel combustion (sectoral approach)	66,71	66,57	-0,14	-0,22	
1. Energy industries	21,45	21,82	0,37	1,68	1A1a. Actualisation de la caractérisation des déchets incinérés, amélioration méthodologique et application des facteurs d'émission AR5
2. Manufacturing industries and construction	6,89	6,77	-0,11	-1,68	1A2. Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific issues de la campagne de caractérisation des produits pétroliers 1A2gvii application des valeurs country specific des combustibles liquides et nouveaux facteurs d'émission 1A2gviii. Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific et répartition de la consommation
3. Transport	18,25	18,01	-0,24	-1,31	1A3a. Amélioration méthodologique tier3 et modification des facteurs d'émission (AR5) 1A3b. Données d'activités et modifications des facteurs d'émission (AR5) 1A3d. Données de biocarburants plus précises et nouveaux facteurs d'émission
4. Other sectors	20,13	19,97	-0,16	-0,80	1A4a. Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific et répartition de la consommation 1A4b. Modification de facteurs d'émission (AR5) et application des valeurs country specific et répartition de la consommation

B. Fugitive emissions from fuels	0,52	0,59	0,06	10,71	
2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	0,52	0,59	0,06	10,71	
2. Industrial Processes	6,00	5,60	-0,40	-7,18	
D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,04	0,00	-0,07	2D. modifications des facteurs d'émission 2D2. modification recensement
F. Product uses as ODS substitutes	5,58	5,20	-0,38	-7,26	2F.Réévaluation de fin de vie des équipements 2F1e, 2F1f, 2f2a. émission de HFC
G. Other product manufacture and use	0,37	0,35	-0,02	-6,82	2G. et 2G2b. Emissions liées à l'utilisation de SF6 2G3a. émissions liées à N2O 2G3B: changement facteurs d'émission
3. Agriculture	NO,NA	NO			
4. Land use, land-use change and forestry⁽²⁾	-0,07	-0,07	0,00	0,94	
E. Settlements	-0,07	-0,07	0,00	0,17	4E: modification des facteurs d'émission
5. Waste	0,40	0,36	-0,04	-11,55	
C. Incineration and open burning of waste	NO,IE	NO,IE			5C : affinage progressif des facteurs d'émission pour constituer au fil du temps des facteurs d'émission spécifiques
D. Waste water treatment and discharge	0,40	0,36	-0,04	-11,55	5D : modification des facteurs d'émission
Memo items:					
International bunkers	10,95	11,21	0,27	2,39	
Aviation	1,65	1,92	0,27	14,26	
Navigation	9,30	9,29	-0,01	-0,07	
CO₂ emissions from biomass	39,94	38,48	-1,45	-3,77	voir supra
Indirect CO₂⁽³⁾	0,24	0,24			calcul des émissions indirectes 2D

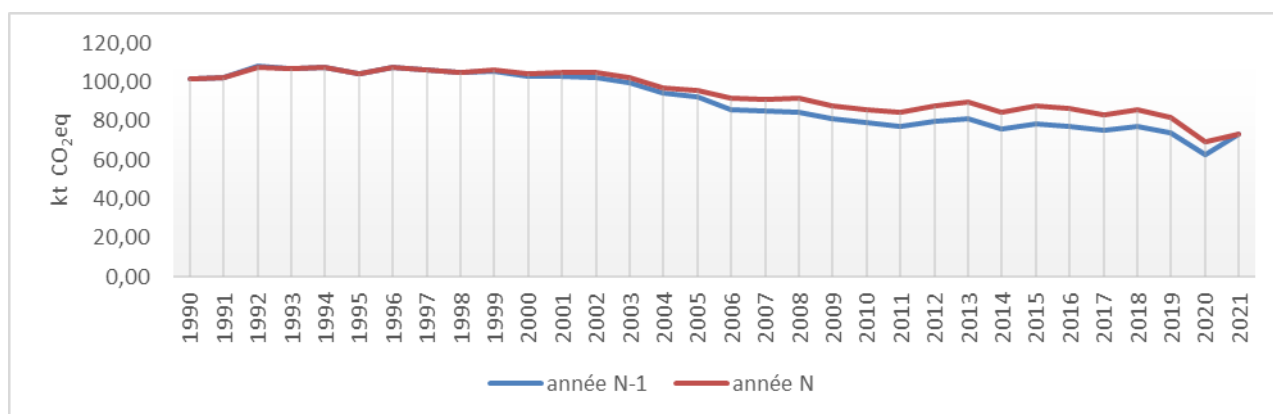
Total CO₂ equivalent emissions without land use, land-use change and forestry	73,63	73,11	-0,52	-0,72	
Total CO₂ equivalent emissions with land use, land-use change and forestry	73,56	73,04	-0,52	-0,72	

10.2 Implications sur les niveaux d'émissions

Les émissions de l'année de référence, lors de la soumission réalisée en 2023 étaient de 102,35 ktCO₂eq. Elles sont passées à 101,40 ktCO₂eq dans la présente soumission.

S'agissant de l'année 2021, les émissions totales sont passées de 73,56 ktCO₂eq à 73,04 ktCO₂eq.

Figure 200. Comparaison des évolutions des émissions de gaz à effet de serre entre l'inventaire 2023 et l'inventaire 2024



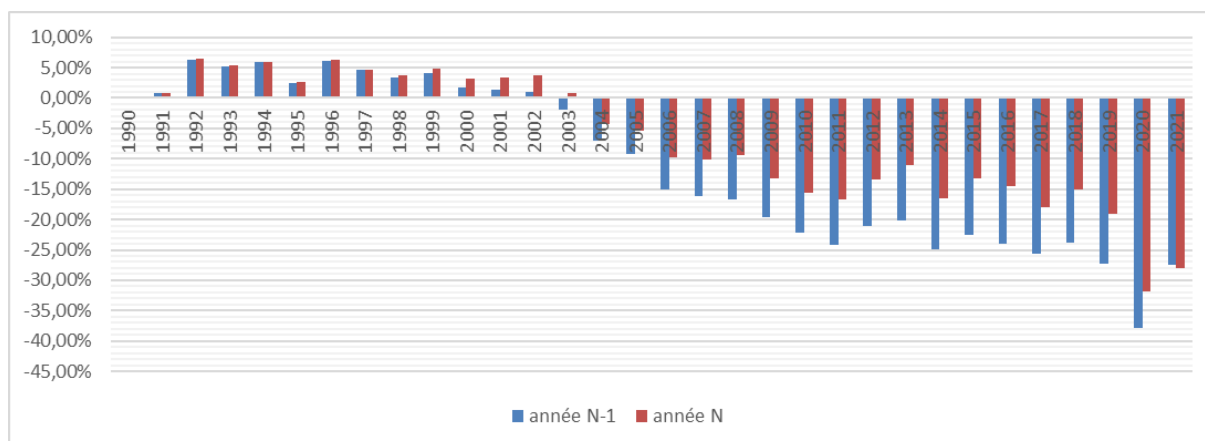
10.3 Implications sur les tendances

Les recalculs ont eu relativement peu d'effets sur les tendances sur la série temporelle, à l'exception des dernières années, tendance encore plus marquée cette année.

La diminution des émissions de GES observée en 2021 par rapport à 1990, dans le cadre de l'inventaire 2022, était de -27,53%.

Dans le cadre de l'inventaire 2023, elle est de -27,97%.

Figure 201. Comparaison des évolutions des émissions de gaz à effet de serre entre l'inventaire 2022 et l'inventaire 2023



10.4 Améliorations planifiées

Les améliorations suivantes sont planifiées sur la base de l’analyse des catégories clés et des incertitudes, des besoins politiques et de la charge de l’équipe :

Tableau 50. Plan d'amélioration des inventaires

Plan d'amélioration des inventaires					
Secteur	Catégories GIEC concernée	Modifications / améliorations envisagées	avr-25	avr-26	mai-26
Général					
Références		Amélioration du référencement dans le rapport			
Energie					
Industrie manufacturière et construction	1A2g	Cadrage et évaluation d'une évolution méthodologique Tier 2 N2O			
Routier	1A3b	Consolidation de la répartition du parc par catégories de véhicules			
Navigation	1A3d	Cadrage et évaluation d'une évolution méthodologique Tier 2 du secteur de la navigation			
Aérien	1A3a	Identification d'une flotte aérienne militaire pour prise en compte dans le 1A5			
UTCATF					
Arbres	4E	Consolidation de la densité du couvert arboré et du facteur d'absorption			

10.5 Statut des recommandations

Au moment de la rédaction du NIR 2023, la Principauté n'a pas été destinataire du rapport de l'audit du NIR 2021 (ARR 2021). La table des recommandations suivante a été établie sur la base du rapport PMF 2022 du 24 septembre 2022.

La Principauté a fait des commentaires au rapport provisoire. Il ne peut donc pas être considéré comme validé.

Néanmoins, Monaco a souhaité répondre à l'ensemble des recommandations formulées dans le PMF 2022.

Sector	Review report	ID	CRT Category/ Issue	Review Recommendation	Status of implementation	Response	Reference in the NIR
GENERAL							
	ARR2022	G.1	CPR (G.1, 2021) (G.2, 2019) (G.18, 2017) KP reporting adherence	Improve QA/QC procedures to review the calculation of the inputs for determining the CPR, including the assigned amount and the relevant modalities in accordance with the annex to decision 18/CP.7, the annex to decision 11/CMP.1 and decision 1/CMP.8, paragraph 18.	Fait	La mise à jour du calcul du CPR a été effectuée	chapitre 12.5
	ARR2022	G.2	Inventory planning (G.5, 2021) (G.6, 2019) (G.5, 2017) (G.5, 2015) (18, 2014) (12(c), 2013) (16, 2012) Convention reporting adherence	Provide information concerning the implementation of the QA/QC plan, in particular regarding the prioritization of inventory improvements on the basis of the key category analysis and uncertainty assessment.	Fait	Résolu	
	ARR2022	G.3	National system (G.8, 2021) (G.15, 2019) T ransparency	Provide in the NIR a national system diagram with a narrative of the overall institutional arrangements that support inventory planning, preparation and management.	Fait	Résolu	

	ARR2022	G.4	Notation keys (G.10, 2021) (G.18, 2019) Transparency	Update CRT table 9 to reflect the explanations for reporting “IE” and “NE” in the inventory.	Fait	Les corrections ont été effectuées	voir CRT_table 9, ainsi que les chapitres 1.7.6 et 1.7.7
	ARR2022	G.5	QA/QC and verification (G.11, 2021) (G.12, 2019) (G.14, 2017) Convention reporting adherence	Provide in the NIR explanations of changes made in response to recommendations from previous reviews, including UNFCCC technical expert reviews.	Fait	Résolu	
	ARR2022	G.6	Recalculations (G.12, 2021) (G.8, 2017) (G.11, 2015) (13, 2014) Convention reporting adherence	Report the recalculations under each category and include a clear explanation of the reasons for the recalculations made in the course of previous reviews, clearly distinguishing them from the recalculations made for the purpose of the current submission.	Fait	Résolu	
	ARR2022	G.7	CRT tables	The Party reported national total emission estimates with and without LULUCF in CRT tables 10s1 and 10s6, with indirect CO2 reported as “NA” throughout even though indirect CO2 emissions had been estimated and reported in the GHG inventory together with direct emissions. The ERT noted that this is not in accordance with the mandatory requirement set out in paragraph 29 of the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines, which states that for Parties that decide to report indirect CO2 the national totals are to be presented with and without indirect CO2. The Party reported in CRT table 6 the indirect CO2 emissions as “NE” for IPPU and as “NE/NO” for the other sectors 6. During the review, the Party explained that it reported CO2 emissions resulting from the oxidation of NMVOCs under direct CO2 emissions. In addition, the Party provided, for the entire time series, national total GHG emissions, with and without LULUCF, including and not including those indirect CO2 emissions that had been reported as direct CO2 emissions, as requested by the ERT. Monaco further stated that it will address this issue for the next annual submission.	Fait	Les émissions indirectes du secteur 2.D ne sont plus comptabilisées dans les émissions directes et sont reportées séparément	Chapitre 9

ENERGY							
	ARR2022	E.1	Fuel combustion – reference approach – biomass – CO2 (E.1, 2021) (E.4, 2019) (E.12, 2017) Convention reporting adherence	Correct the error in total biomass consumption reported for the reference approach.	Fait	Résolu	
	ARR2022	E.2	Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels – liquid fuels – CO2 – (E.2, 2021) (E.6, 2019) (E.3, 2017) (E.6, 2015) (37, 2014) (35, 2013) (39, 2012) Comparability	Revise the reporting of feedstocks and non-energy use of fuels in CRT table 1.A(d) in a consistent manner under the energy and industrial processes sectors.	Fait	Les données ont été corrigées	Tables CRT 1.A(b) et 1.A(d)
	ARR2022	E.3	Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels – liquid fuels – CO2 – (E.2, 2021) (E.6, 2019) (E.3, 2017) (E.6, 2015) (37, 2014) (35, 2013) (39, 2012) Transparency	Explain in the NIR the use and disposal of lubricants in the country.	Fait	Les éléments disponibles ont été indiqués	Chapitres 7.1 et 4.2.4.2
	ARR2022	E.4	1.A Fuel combustion – sectoral approach – liquid fuels (E.4, 2021) (E.15, 2019) Transparency	Provide in the NIR a description of the biofuel authenticity assurance system to demonstrate the verifiability of biofuels delivered from France to Monaco, and consequently the accuracy of the assumptions made regarding the shares of biogenic and fossil carbon in liquid biofuels.	en cours	voir plan d'amélioration	Chapitre 10.4
	ARR2022	E.5	1.A Fuel combustion – sectoral approach – other fossil fuels (E.5, 2021) (E.16, 2019) Transparency (E.11, 2019) (E.16, 2017) Comparability	Include in the NIR a description of the methodology, assumptions and AD used to estimate the CO2 emissions from the fossil fraction of biodiesel.	Fait	Résolu	

	ARR2022	E.6	1.A.1.a Public electricity and heat production – other fossil fuels (E.9, 2021) (E.19, 2019) Transparency	Include in the documentation box of CRT table 1.A(a)s information in accordance with footnote 4 to that table (i.e., “which fuels were included under other fossil fuels with a reference to the section of the NIR where further information is provided”).	Fait	Résolu	
	ARR2022	E.7	1.A.4.a Commercial/institutional – liquid fuels – CO ₂ , CH ₄ and N ₂ O (E.16, 2021) (E.22, 2019) Completeness	Identify how the fuels used in the Grand Prix are marketed (whether they are imported by France, imported in bulk by the race companies to Monaco and/or accounted for in the country that produced and sold them to the race companies) and calculate the emissions to be accounted for in Monaco’s inventory.	Fait	Résolu	Chapitre 3.3.6.2.
INDUSTRY							
	ARR2022	I.1	2. General (IPPU) (I.10, 2021) Convention reporting adherence	Develop and implement QA/QC procedures for more categories in the IPPU sector.	Fait	Résolu	
	ARR2022	I.2	2.D.1 Lubricant use – CO ₂ and N ₂ O (I.6, 2021) Transparency	Explain in the NIR the type of correction made to the number of buses used as input to the vehicle tool and whether the data on buses operating in Monaco was updated or a correction made to the vehicle tool.	Fait	Résolu	
	ARR2022	I.3	2.D.2 Paraffin wax use – CO ₂ (I.7, 2021) Transparency	Report in the NIR information on the change in the NCV value which led to the recalculation.	Fait	Résolu	
	ARR2022	I.4	2.F Product uses as substitutes for ozone-depleting substances – PFCs (I.4, 2021) (I.4, 2019)(I.4, 2017) (I.4, 2015) (49, 2014) (62, 2013) Transparency	Include information on the trend in the use of PFCs (under categories 2.F.1.a and 2.F.1.f) and ensure that the information collected on PFCs is complete and, even if no emissions from manufacturing are occurring, ensure that all emissions from stock and disposal are included or an explanation for the lack of emissions is provided.	Fait	Résolu	
	ARR2022	I.5	2.F.1 Refrigeration and air conditioning – HFC-134a (I.8, 2021) Transparency	Include in the NIR the information provided during the review of the 2021 submission on how hotels are considered in the inventory and provide data on F-gases charged in new equipment and include references for such data from CITEPA.	Fait	Résolu	

	ARR2022	L.6	2.F.4 Aerosols – HFC-132a and HFC-227ea (L.9, 2021) Transparency	Provide information in the NIR on the source of data for estimating HFC emissions from metered dose inhalers as well as on QA/QC procedures to be implemented in the future for reporting on emissions from metered dose inhalers (2.F.4.a).	Fait	Résolu	
LULUCF							
	ARR2022	L.1	4.General– (L.1, 2021) (L.1, 2019) (L.1, 2017) (L.1, 2015) (61, 2014) (74, 2013) Transparency	Provide more transparent information on the calculation of emissions from the burning of biomass of green waste to ensure the consistency of the information reported, and on the allocation of emissions and carbon stock changes between the LULUCF, waste and energy sectors.	en cours	Les études sont en cours de réalisation et les résultats seront pris en compte dans l'estimation des émissions conformément au plan d'amélioration.	Chapitre 10.4
	ARR2022	L.2	4.General – (L.2, 2021) (L.2, 2019) (L.2, 2017) (L.4, 2015) Comparability	Report fully completed CRT tables and resolve the inconsistent use of the notation keys (e.g. in CRT table 4(IV), for indirect N2O emissions from managed soils, “NO” is reported instead of “NE”).	Fait	Résolu	CRT
	ARR2022	L.3	4. General (LULUCF) (L.10, 2021) Accuracy	Correct the inconsistency in land areas reported in CRT tables 4.1 and 4.E considering the recent increase in the total national land area and include in the NIR a clear explanation of the change in the land area of the territory.	Fait	Résolu	CRT tables 4.1 and 4.E,
	ARR2022	L.4	4.E.1 Settlements remaining settlements – CO2 (L.3, 2021) (L.4, 2019) (L.6, 2017) (L.7, 2015) Transparency	Include aerial/satellite information to transparently demonstrate that any increase in biomass from growing crown cover is not a land-use change to settlements; to demonstrate that any increase in crown cover does not meet the forest definition; and to improve the accuracy of the measurement of crown cover.	Fait	Résolu	Chapitre 6
	ARR2022	L.5	4.E.1 Settlements remaining settlements – CO2 (L.4, 2021) (L.5, 2019) (L.7, 2017) (L.8, 2015) Transparency	Include the right uncertainty values for AD (an incorrect value of 50 per cent uncertainty was applied) and document the methodology by which expert judgment is used to determine uncertainty values for this category.	Fait	Résolu	
	ARR2022	L.6	4.E.1 Settlements remaining settlements – CO2 (L.5, 2021) (L.6, 2019) (L.10, 2017) Transparency	Include in the NIR information on the area of crown cover change, in particular the definition of the “tree crown cover” landuse category and the related threshold criteria for conversion from “tree crown cover” to “other settlements”, together with a clear explanation of any fluctuations	Fait	Les éléments sont mentionnés depuis le NIR 2022	Chapitre 6.1.2.1.1.

	ARR2022	L.7	4(IV).1 Atmospheric deposition – N2O (L.8, 2021) (L.13, 2019) (L.16, 2017) Accuracy	Report the values of AD in the correct cells of CRF tables 4(I) and 4(IV) to ensure comparability and consistency between the estimates of direct and indirect N2O emissions from soils.	Fait	Résolu	
	ARR2022	L.8	4(IV).1 Atmospheric deposition – N2O (L.12, 2021) Comparability	Correct the reporting of the IEF in CRT table 4.(IV) for atmospheric deposition by using the default EF for N volatilisation and re-deposition of 0.01 kg N2O-N/kg N, in accordance with the 2006 IPCC Guidelines (table 11.3, chap. 11, vol. 4).	Fait	Résolu	
	ARR2022	L.9	4(V) Biomass burning – CO2, CH4 and N2O (L.11, 2021) Accuracy	Report in CRT table 4(V) the CO2, CH4 and N2O emissions using the notation key “NO” with a clear justification in the NIR that activities of biomass burning on site do not occur in Monaco.	Fait	Résolu	
	ARR2022	L.10	4.G HWP – CO2 (L.9, 2021) (L.14, 2019) (L.13, 2017) Accuracy	Implement a tier 1 method to estimate whether the HWP contribution is significant. In case it is significant, report the HWP contribution and the volumes of imported wood products in CRT tables 4.Gs1 and 4.Gs2 respectively.	Fait	Résolu	
WASTE							
	ARR2022	W.1	5.D Wastewater treatment and discharge – CH4 (W.6, 2021) Transparency	Provide information in the NIR on the relationship between the BOD removed as sludge (kt DC) reported in CRT table 5.D and the amount of sludge (t) reported in the NIR.	Fait	Résolu	chap. 7.5.4.2,
	ARR2022	W.2	5.D.1 Domestic wastewater – CH4 (W.3, 2021) (W.7, 2019) Transparency	When applying the higher tier method as recommended in ID# W.3 above, report in the NIR the methods and data used, as well as the recalculation performed in accordance with paragraphs 43–45 of the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines	Fait	Résolu	

	ARR2022	W.3	5.D.1 Domestic wastewater – CH4 (W.4, 2021) (W.8, 2019) Transparency	Explain in the NIR: a) the improvements made in the collection of the AD (volume of treated and untreated wastewater) to the calculation of total organic products (TOW) and how the Party ensures the consistency of the time series for the years (i.e. 2008 and 2011) in which large amounts of data are missing from the daily database. b) why estimated CH4 and N2O emissions decreased as a result of improved AD collection (on volume of wastewater treated). c) should the Party perform recalculations for the next submission, it should include an explanation of those recalculations in the NIR in accordance with paragraphs 43–45 of the UNFCCC Annex I inventory reporting guidelines.	Fait	Résolu	
	ARR2022	W.4	5.D.2 Industrial wastewater – CH4 (W.5, 2021) (W.5, 2019) (W.6, 2017) Comparability (W.7, 2019) Accuracy	Use the notation key “IE” instead of “NO” in CRT table 5.D for industrial wastewater and describe in CRT table 9 that these emissions are included together with domestic wastewater.	Fait	Résolu	
KP-LULCF							
	ARR2022	KL.1	General (KP-LULUCF) – CO2 (KL.1, 2021) (KL.2, 2019) (KL.2, 2017) Accuracy	Include a comprehensive time-series analysis of land areas in the NIR.	Fait	Résolu	
	ARR2022	KL.2	General (KP-LULUCF) – CO2 (KL.2, 2021) (KL.3, 2019) (KL.3, 2017) Comparability	Report the FM cap in the CRT accounting table.	Fait	Les corrections ont été apportées dans le CRT	CRT_KP-LULUCF
	ARR2022	KL.3	General (KP-LULUCF) (KL.3, 2021) P reporting adherence	Report the total area of the country as “Other” in CRT table NIR-2 for each year of the second commitment period so the value in the cell of row “Total area at the end of the current inventory year” can correspond to the total land area of the country as required.	Fait	La donnée a été renseignée	CRT_KP-LULUCF_NIR-2

10.6 Synthèse des émissions de 1990 et 2021 estimées dans les NIR 2023 et NIR 2024

10.6.1 Tableau des émissions de l'année 1990 - soumission 2024

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO₂ EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

1990
MCO-CRT-2024-V0.1
Monaco

[Back to Index](#)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	Unspecified mix of HFCs and PFCs	SF ₆	NF ₃	Total
	CO ₂ equivalents (kt) ⁽²⁾								
Total (net emissions) ⁽³⁾	96,86	2,46	1,99	IE,NO	IE,NO	NO	0,08	NO	101,40
1. Energy	96,95	2,32	1,44						100,71
1.A. Fuel combustion	96,94	0,33	1,44						98,72
1.A.1. Energy industries	17,02	0,00	0,65						17,67
1.A.2. Manufacturing industries and construction	3,59	0,00	0,26						3,85
1.A.3. Transport	34,46	0,32	0,43						35,20
1.A.4. Other sectors	41,88	0,01	0,11						42,00
1.A.5. Other	NO	NO	NO						NO
1.B. Fugitive emissions from fuels	0,01	1,98	NO						1,99
1.B.1. Solid fuels	NO	NO	NO						NO
1.B.2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	0,01	1,98	NO						1,99
1.C. CO ₂ transport and storage	NO								NO
2. Industrial processes and product use	0,04	0,00	0,02	IE,NO	IE,NO	NO	0,08	NO	0,15
2.A. Mineral industry	NO	NO	NO						NO
2.B. Chemical industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Metal industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,00	0,00						0,04
2.E. Electronic industry			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Product uses as ODS substitutes				IE,NO	IE,NO	NO	NO	NO	IE,NO
2.G. Other product manufacture and use	NO	NO	0,02	NO	NO	NO	0,08		0,11
2.H. Other	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
3. Agriculture	NO	NO	NO						NO
3.A. Enteric fermentation		NO							NO
3.B. Manure management		NO	NO						NO
3.C. Rice cultivation		NO							NO
3.D. Agricultural soils		NO	NO						NO
3.E. Prescribed burning of savannahs		NO	NO						NO
3.F. Field burning of agricultural residues		NO	NO						NO
3.G. Liming	NO								NO
3.H. Urea application	NO								NO
3.I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
3.J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry ⁽¹⁾	-0,12	NO	0,01						-0,11
4.A. Forest land	NO	NO	NO						NO
4.B. Cropland	NO	NO	NO						NO
4.C. Grassland	NO	NO	NO						NO
4.D. Wetlands	NO	NO	NO						NO
4.E. Settlements	-0,12	NO	0,01						-0,11
4.F. Other land	NO	NO	NO						NO
4.G. Harvested wood products	NO								NO
4.H. Other	NO	NO	NO						NO
5. Waste	IE,NO	0,15	0,51						0,66
5.A. Solid waste disposal		NO							NO
5.B. Biological treatment of solid waste		NO	NO						NO
5.C. Incineration and open burning of waste	IE,NO	IE,NO	IE,NO						IE,NO
5.D. Waste water treatment and discharge		0,15	0,51						0,66
5.E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other (as specified in summary 1)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Memo items: ⁽³⁾									
1.D.1. International bunkers	6,67	0,04	0,05						6,76
1.D.1.a. Aviation	2,35	0,03	0,02						2,39
1.D.1.b. Navigation	4,32	0,01	0,03						4,37
1.D.2. Multilateral operations	NO	NO	NO						NO
1.D.3. CO₂ emissions from biomass	28,56								28,56
1.D.4. CO₂ captured	NO								NO
5.F.1. Long-term storage of C in waste disposal sites	NO								NO
Indirect N₂O			NE,NO						

Indirect CO₂ ⁽⁴⁾	0,24								

Total CO₂ equivalent emissions without LULUCF	101,51
Total CO₂ equivalent emissions with LULUCF	101,40
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, without LULUCF	101,75
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, with LULUCF	101,63

10.6.2 Tableau des émissions de l'année 1990 - soumission 2023

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO₂ EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 1990
Submission 2023 v2
MONACO

GREENHOUSE GAS SOURCE AND	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF ₃	Total
SINK CATEGORIES	CO ₂ equivalent (kt)								
Total (net emissions)⁽¹⁾	97,82	2,20	2,24	NO,IE	NO,IE	0,08	NO	NO	102,35
1. Energy	97,91	2,07	1,63						101,60
A. Fuel combustion (sectoral approach)	97,90	0,30	1,63						99,83
1. Energy industries	17,05	0,00	0,73						17,78
2. Manufacturing industries and construction	3,58	0,00	0,29						3,88
3. Transport	34,45	0,28	0,48						35,21
4. Other sectors	42,83	0,01	0,13						42,96
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	0,01	1,77	NO						1,78
1. Solid fuels	NO	NO	NO						NO
2. Oil and natural gas	0,01	1,77	NO						1,78
C. CO ₂ transport and storage	NO								NO
2. Industrial processes and product use	0,04	0,00	0,02	NO,IE	NO,IE	0,08	NO	NO	0,15
A. Mineral industry	NO								NO
B. Chemical industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
C. Metal industry	NO	NO							NO
D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,00	0,00						0,04
E. Electronic industry				NO	NO	NO	NO	NO	NO
F. Product uses as ODS substitutes				NO,IE	NO,IE	NO	NO	NO	NO,IE
G. Other product manufacture and use	NO	NO	0,02	NO	NO	0,08	NO	NO	0,11
H. Other	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3. Agriculture	NO	NO,NA	NO						NO,NA
A. Enteric fermentation		NO							NO
B. Manure management		NO	NO						NO
C. Rice cultivation		NO							NO
D. Agricultural soils		NO,NA	NO						NO,NA
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		NO	NO						NO
G. Liming	NO								NO
H. Urea application	NO								NO
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry⁽¹⁾	-0,12	NO	0,01						-0,11
A. Forest land	NO	NO	NO						NO
B. Cropland	NO	NO	NO						NO
C. Grassland	NO	NO	NO						NO
D. Wetlands	NO	NO	NO						NO
E. Settlements	-0,12	NO	0,01						-0,11
F. Other land	NO	NO	NO						NO
G. Harvested wood products	NO								NO
H. Other	NO	NO	NO						NO
5. Waste	NO,IE	0,13	0,58						0,71
A. Solid waste disposal	NO	NO							NO
B. Biological treatment of solid waste		NO	NO						NO
C. Incineration and open burning of waste	NO,IE	NO,IE	NO,IE						NO,IE
D. Waste water treatment and discharge		0,13	0,58						0,71
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other (as specified in summary 1.A)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Memo items:⁽²⁾									
International bunkers	6,65	0,01	0,05						6,71
Aviation	2,32	0,00	0,02						2,34
Navigation	4,32	0,01	0,03						4,37
Multilateral operations	NO	NO	NO						NO
CO ₂ emissions from biomass	31,64								31,64
CO ₂ captured	NO,NE								NO,NE
Long-term storage of C in waste disposal sites	NO								NO
Indirect N ₂ O			NE,NO						
Indirect CO₂⁽³⁾	0,23								
Total CO₂ equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									102,46
Total CO₂ equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									102,35
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, without land use, land-use change and forestry									102,69
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, with land use, land-use change and forestry									102,58

10.6.3 Tableau des émissions de l'année 2021 - soumission 2024

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO₂ EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

2021
MCO-CRT-2024-V0.1
Monaco

[Back to Index](#)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	Unspecified mix of HFCs and PFCs	SF ₆	NF ₃	Total
	CO ₂ equivalents (kt) ⁽²⁾								
Total (net emissions)⁽¹⁾	64,44	0,74	2,53	5,20	0,00	NO	0,13	NO	73,04
1. Energy	64,47	0,73	1,95						67,15
1.A. Fuel combustion	64,47	0,14	1,95						66,57
1.A.1. Energy industries	20,91	0,00	0,90						21,82
1.A.2. Manufacturing industries and construction	6,07	0,01	0,70						6,77
1.A.3. Transport	17,62	0,11	0,28						18,01
1.A.4. Other sectors	19,87	0,02	0,08						19,97
1.A.5. Other	NO	NO	NO						NO
1.B. Fugitive emissions from fuels	0,00	0,58	NO						0,59
1.B.1. Solid fuels	NO	NO	NO						NO
1.B.2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	0,00	0,58	NO						0,59
1.C. CO ₂ transport and storage	NO								NO
2. Industrial processes and product use	0,04	0,00	0,22	5,20	0,00	NO	0,13	NO	5,60
2.A. Mineral industry	NO	NO	NO						NO
2.B. Chemical industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Metal industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,00	0,00						0,04
2.E. Electronic Industry			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Product uses as ODS substitutes				5,20	0,00	NO	NO	NO	5,20
2.G. Other product manufacture and use	NO	NO	0,22	NO	NO	NO	0,13		0,35
2.H. Other	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
3. Agriculture	NO	NO	NO						NO
3.A. Enteric fermentation		NO							NO
3.B. Manure management		NO	NO						NO
3.C. Rice cultivation		NO							NO
3.D. Agricultural soils		NO	NO						NO
3.E. Prescribed burning of savannahs		NO	NO						NO
3.F. Field burning of agricultural residues		NO	NO						NO
3.G. Liming	NO								NO
3.H. Urea application	NO								NO
3.I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
3.J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry⁽¹⁾	-0,08	NO	0,01						-0,07
4.A. Forest land	NO	NO	NO						NO
4.B. Cropland	NO	NO	NO						NO
4.C. Grassland	NO	NO	NO						NO
4.D. Wetlands	NO	NO	NO						NO
4.E. Settlements	-0,08	NO	0,01						-0,07
4.F. Other land	NO	NO	NO						NO
4.G. Harvested wood products	NO								NO
4.H. Other	NO	NO	NO						NO
5. Waste	IE,NO	0,01	0,35						0,36
5.A. Solid waste disposal		NO							NO
5.B. Biological treatment of solid waste		NO	NO						NO
5.C. Incineration and open burning of waste	IE,NO	IE,NO	IE,NO						IE,NO
5.D. Waste water treatment and discharge		0,01	0,35						0,36
5.E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other (as specified in summary 1)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Memo items:⁽³⁾									
1.D.1. International bunkers	11,10	0,03	0,08						11,21
1.D.1.a. Aviation	1,90	0,01	0,01						1,92
1.D.1.b. Navigation	9,19	0,03	0,07						9,29
1.D.2. Multilateral operations	NO	NO	NO						NO
1.D.3. CO₂ emissions from biomass	38,48								38,48
1.D.4. CO₂ captured	NO								NO
5.F.1. Long-term storage of C in waste disposal sites	NO								NO
Indirect N₂O			NE,NO						

Indirect CO₂⁽⁴⁾	0,24								

Total CO₂ equivalent emissions without LULUCF	73,11
Total CO₂ equivalent emissions with LULUCF	73,04
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, without LULUCF	73,34
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, with LULUCF	73,27

10.6.4 Tableau des émissions de l'année 2021 - soumission 2023

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO₂ EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

Inventory 2021
Submission 2023 v2
MONACO

GREENHOUSE GAS SOURCE AND	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Unspecified mix of HFCs and PFCs	NF ₃	Total
SINK CATEGORIES	CO ₂ equivalent (kt)								
Total (net emissions)⁽¹⁾	64,34	0,66	2,85	5,58	0,00	0,12	NO	NO	73,56
1. Energy	64,38	0,65	2,21						67,24
A. Fuel combustion (sectoral approach)	64,38	0,13	2,21						66,71
1. Energy industries	20,43	0,00	1,02						21,45
2. Manufacturing industries and construction	6,09	0,01	0,79						6,89
3. Transport	17,83	0,10	0,31						18,25
4. Other sectors	20,02	0,01	0,09						20,13
5. Other	NO	NO	NO						NO
B. Fugitive emissions from fuels	0,00	0,52	NO						0,52
1. Solid fuels	NO	NO	NO						NO
2. Oil and natural gas	0,00	0,52	NO						0,52
C. CO ₂ transport and storage	NO								NO
2. Industrial processes and product use	0,04	0,00	0,25	5,58	0,00	0,12	NO	NO	6,00
A. Mineral industry	NO								NO
B. Chemical industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
C. Metal industry	NO	NO							NO
D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,00	0,00						0,04
E. Electronic industry				NO	NO	NO	NO	NO	NO
F. Product uses as ODS substitutes				5,58	0,00	NO	NO	NO	5,58
G. Other product manufacture and use	NO	NO	0,25	NO	NO	0,12	NO	NO	0,37
H. Other	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3. Agriculture	NO	NO,NA	NO						NO,NA
A. Enteric fermentation		NO							NO
B. Manure management		NO	NO						NO
C. Rice cultivation		NO							NO
D. Agricultural soils		NA,NO	NO						NO,NA
E. Prescribed burning of savannas		NO	NO						NO
F. Field burning of agricultural residues		NO	NO						NO
G. Liming	NO								NO
H. Urea application	NO								NO
I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry⁽¹⁾	-0,08	NO	0,01						-0,07
A. Forest land	NO	NO	NO						NO
B. Cropland	NO	NO	NO						NO
C. Grassland	NO	NO	NO						NO
D. Wetlands	NO	NO	NO						NO
E. Settlements	-0,08	NO	0,01						-0,07
F. Other land	NO	NO	NO						NO
G. Harvested wood products	NO								NO
H. Other	NO	NO	NO						NO
5. Waste	NO,IE	0,01	0,39						0,40
A. Solid waste disposal	NO	NO							NO
B. Biological treatment of solid waste		NO	NO						NO
C. Incineration and open burning of waste	NO,IE	NO,IE	NO,IE						NO,IE
D. Waste water treatment and discharge		0,01	0,39						0,40
E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other (as specified in summary 1.A)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Memo items:⁽²⁾									
International bunkers	10,83	0,02	0,09						10,95
Aviation	1,64	0,00	0,01						1,65
Navigation	9,19	0,02	0,08						9,30
Multilateral operations	NO	NO	NO						NO
CO ₂ emissions from biomass	39,94								39,94
CO ₂ captured	NO,NE								NO,NE
Long-term storage of C in waste disposal sites	NO								NO
Indirect N ₂ O			NO,NE						
Indirect CO ₂ ⁽³⁾	0,24								
Total CO ₂ equivalent emissions without land use, land-use change and forestry									73,63
Total CO ₂ equivalent emissions with land use, land-use change and forestry									73,56
Total CO ₂ equivalent emissions, including indirect CO ₂ , without land use, land-use change and forestry									73,87
Total CO ₂ equivalent emissions, including indirect CO ₂ , with land use, land-use change and forestry									73,80

2.

PARTIE 2 : INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Modifications apportées au système national

11.1 Nom et coordonnées du responsable du système national d'inventaire désigné par la Partie

Les contacts pour l'établissement de l'inventaire national des gaz à effet de serre demandée au titre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques mentionnés ci-dessous :

Direction de l'Environnement
Directeur : Valérie DAVENET
Le Triton
5, rue du Gabian
MC 98000 MONACO
Tél. : (+377) 98 98 80 00
Fax : (+377) 92 05 28 91
e-mail : environnement@gouv.mc
Web : <http://www.gouv.mc/Gouvernement-et-Institutions/Le-Gouvernement/Departement-de-l-Equipement-de-l-Environnement-et-de-l-Urbanisme/Direction-de-l-Environnement>

Point de contact pour l'inventaire national :

M. Jérémie CARLES
Chef de Division
Direction de l'Environnement
Le Triton
5, rue du Gabian
MC 98000 MONACO
Tél. : (+377) 98 98 81 79
Fax : (+377) 92 05 28 91
e-mail : jcarles@gouv.mc

11.2 Répartition des rôles et des responsabilités au sein du système national d'inventaire

Les rôles et responsabilités au sein du système national sont mentionnés dans le plan d'assurance qualité / contrôle qualité.

Pas d'autres informations.

ANNEXE 1 - ANALYSE DES CATEGORIES CLES

L'analyse des catégories principales, appliquée à son inventaire soumis en 2019, a été effectuée suivant la méthode de niveau 1 décrite dans le volume 1 Chapitre 4 (GIEC, Lignes directrices, 2006).

Les résultats de cette analyse sont indiqués dans les tableaux A et B figurant ci-après.

13.1 Résumé des catégories clés

**TABLE 7 SUMMARY
OVERVIEW FOR KEY
CATEGORIES ⁽¹⁾**

(Sheet 1 of 1)

Inventory
2022
Submission
2024 v1
MONACO

KEY CATEGORIES OF EMISSIONS AND REMOVALS	Gas	Criteria used for key source identification		Key category excluding LULUCF	Key category including LULUCF
		L	T		
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Liquid Fuels	CO2		X	X	X
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Liquid Fuels	CH4				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Liquid Fuels	N2O				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Solid Fuels	CO2				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Solid Fuels	CH4				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Solid Fuels	N2O				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Gaseous Fuels	CO2				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Gaseous Fuels	CH4				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Gaseous Fuels	N2O				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Other Fossil Fuels	CO2	X	X	X	X
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Other Fossil Fuels	CH4				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Other Fossil Fuels	N2O				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Peat	CO2				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Peat	CH4				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Peat	N2O				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Biomass	CH4				
1.A.1 Fuel combustion - Energy Industries - Biomass	N2O	X	X	X	X
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	CO2	X	X	X	X
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	CH4				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Liquid Fuels	N2O				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	CO2				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	CH4				

1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Solid Fuels	N2O				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Gaseous Fuels	CO2		X		X
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Gaseous Fuels	CH4				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Gaseous Fuels	N2O				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Other Fossil Fuels	CO2				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Other Fossil Fuels	CH4				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Other Fossil Fuels	N2O				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Peat	CO2				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Peat	CH4				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Peat	N2O				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Biomass	CH4				
1.A.2 Fuel combustion - Manufacturing Industries and Construction - Biomass	N2O				
1.A.3.a Domestic Aviation	CO2				
1.A.3.a Domestic Aviation	CH4				
1.A.3.a Domestic Aviation	N2O				
1.A.3.b Road Transportation	CO2	X	X	X	X
1.A.3.b Road Transportation	CH4				
1.A.3.b Road Transportation	N2O				
1.A.3.c Railways	CO2				
1.A.3.c Railways	CH4				
1.A.3.c Railways	N2O				
1.A.3.d Domestic Navigation - Liquid Fuels	CO2	X	X	X	X
1.A.3.d Domestic Navigation - Liquid Fuels	CH4				
1.A.3.d Domestic Navigation - Liquid Fuels	N2O				
1.A.3.d Domestic Navigation - Gaseous Fuels	CO2				
1.A.3.d Domestic Navigation - Gaseous Fuels	CH4				
1.A.3.d Domestic Navigation - Gaseous Fuels	N2O				
1.A.3.d Domestic Navigation - Other Fossil Fuels	CO2				
1.A.3.d Domestic Navigation - Other Fossil Fuels	CH4				
1.A.3.d Domestic Navigation - Other Fossil Fuels	N2O				

1.A.3.d Domestic Navigation - Biomass Fuels	CH4				
1.A.3.d Domestic Navigation - Biomass Fuels	N2O				
1.A.3.e Other Transportation	CO2				
1.A.3.e Other Transportation	CH4				
1.A.3.e Other Transportation	N2O				
1.A.4 Other Sectors - Liquid Fuels	CO2	X	X	X	X
1.A.4 Other Sectors - Liquid Fuels	CH4				
1.A.4 Other Sectors - Liquid Fuels	N2O				
1.A.4 Other Sectors - Solid Fuels	CO2				
1.A.4 Other Sectors - Solid Fuels	CH4				
1.A.4 Other Sectors - Solid Fuels	N2O				
1.A.4 Other Sectors - Gaseous Fuels	CO2	X	X	X	X
1.A.4 Other Sectors - Gaseous Fuels	CH4				
1.A.4 Other Sectors - Gaseous Fuels	N2O				
1.A.4 Other Sectors - Other Fossil Fuels	CO2				
1.A.4 Other Sectors - Other Fossil Fuels	CH4				
1.A.4 Other Sectors - Other Fossil Fuels	N2O				
1.A.4 Other Sectors - Peat	CO2				
1.A.4 Other Sectors - Peat	CH4				
1.A.4 Other Sectors - Peat	N2O				
1.A.4 Other Sectors - Biomass	CH4				
1.A.4 Other Sectors - Biomass	N2O				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Liquid Fuels	CO2				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Liquid Fuels	CH4				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Liquid Fuels	N2O				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Solid Fuels	CO2				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Solid Fuels	CH4				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Solid Fuels	N2O				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Gaseous Fuels	CO2				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Gaseous Fuels	CH4				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Gaseous Fuels	N2O				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Other Fossil Fuels	CO2				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Other Fossil Fuels	CH4				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Other Fossil Fuels	N2O				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Peat	CO2				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Peat	CH4				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Peat	N2O				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Biomass	CH4				
1.A.5 Other (Not specified elsewhere) - Biomass	N2O				

1.B.1 Fugitive emissions from Solid Fuels	CO2				
1.B.1 Fugitive emissions from Solid Fuels	CH4				
1.B.2.a Fugitive Emissions from Fuels - Oil and Natural Gas - Oil	CO2				
1.B.2.a Fugitive Emissions from Fuels - Oil and Natural Gas - Oil	CH4				
1.B.2.b Fugitive Emissions from Fuels - Oil and Natural Gas - Natural Gas	CO2				
1.B.2.b Fugitive Emissions from Fuels - Oil and Natural Gas - Natural Gas	CH4	X	X	X	X
1.B.2.c Fugitive Emissions from Fuels - Venting and flaring	CO2				
1.B.2.c Fugitive Emissions from Fuels - Venting and flaring	CH4				
1.B.2.c Fugitive Emissions from Fuels - Venting and flaring	N2O				
1.B.2.d Fugitive Emissions from Fuels - Other	CO2				
1.B.2.d Fugitive Emissions from Fuels - Other	CH4				
1.B.2.d Fugitive Emissions from Fuels - Other	N2O				
1.C CO2 Transport and Storage	CO2				
2.A.1 Cement Production	CO2				
2.A.2 Lime Production	CO2				
2.A.3 Glass Production	CO2				
2.A.4 Other Process Uses of Carbonates	CO2				
2.B.1 Ammonia Production	CO2				
2.B.1 Ammonia Production	CH4				
2.B.1 Ammonia Production	N2O				
2.B.2 Nitric Acid Production	N2O				
2.B.3 Adipic Acid Production	CO2				
2.B.3 Adipic Acid Production	N2O				
2.B.4 Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production	CO2				
2.B.4 Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production	N2O				
2.B.5 Carbide Production	CO2				
2.B.5 Carbide Production	CH4				
2.B.6 Titanium Dioxide Production	CO2				
2.B.7 Soda Ash Production	CO2				
2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production	CO2				
2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production	CH4				
2.B.9 Fluorochemical Production	Aggregate F-gases				
2.B.10 Other	CO2				
2.B.10 Other	CH4				
2.B.10 Other	N2O				
2.B.10 Other	Aggregate F-gases				
2.C.1 Iron and Steel Production	CO2				
2.C.1 Iron and Steel Production	CH4				
2.C.2 Ferroalloys Production	CO2				
2.C.2 Ferroalloys Production	CH4				
2.C.3 Aluminium Production	CO2				
2.C.3 Aluminium Production	PFCs				

2.C.3 Aluminium Production	SF6				
2.C.4 Magnesium Production	CO2				
2.C.4 Magnesium Production	HFCs				
2.C.4 Magnesium Production	PFCs				
2.C.4 Magnesium Production	SF6				
2.C.4 Magnesium Production	Unspecified mix of HFCs and PFCs				
2.C.5 Lead Production	CO2				
2.C.6 Zinc Production	CO2				
2.C.7 Other	CO2				
2.C.7 Other	CH4				
2.C.7 Other	N2O				
2.C.7 Other	Aggregate F-gases				
2.D Non-energy Products from Fuels and Solvent Use	CO2				
2.D Non-energy Products from Fuels and Solvent Use	CH4				
2.D Non-energy Products from Fuels and Solvent Use	N2O				
2.E Electronics Industry	Aggregate F-gases				
2.F.1 Refrigeration and Air conditioning	Aggregate F-gases	X	X	X	X
2.F.2 Foam Blowing Agents	Aggregate F-gases				
2.F.3 Fire Protection	Aggregate F-gases				
2.F.4 Aerosols	Aggregate F-gases				
2.F.5 Solvents	Aggregate F-gases				
2.F.6 Other Applications	Aggregate F-gases				
2.G Other Product Manufacture and Use	CO2				
2.G Other Product Manufacture and Use	CH4				
2.G Other Product Manufacture and Use	N2O				
2.G Other Product Manufacture and Use	Aggregate F-gases				
2.H Other	CO2				
2.H Other	CH4				
2.H Other	N2O				
2.H Other	Aggregate F-gases				
3.A Enteric Fermentation	CH4				
3.B Manure Management	CH4				
3.B Manure Management	N2O				
3.C Rice Cultivation	CH4				
3.D Agricultural Soils	CH4				
3.D.1 Direct N2O Emissions From Managed Soils	N2O				
3.D.2 Indirect N2O Emissions From Managed Soils	N2O				
3.E Prescribed burning of savannas	CH4				
3.E Prescribed burning of savannas	N2O				
3.F Field burning of agricultural residues	CH4				

3.F Field burning of agricultural residues	N2O				
3.G Liming	CO2				
3.H Urea Application	CO2				
3.I. Other carbon-containing fertilizers	CO2				
3.J. Other	CO2				
3.J. Other	CH4				
3.J. Other	N2O				
4.A.1 Forest Land Remaining Forest Land	CO2				
4.A.2 Land Converted to Forest Land	CO2				
4.B.1 Cropland Remaining Cropland	CO2				
4.B.2 Land Converted to Cropland	CO2				
4.C.1 Grassland Remaining Grassland	CO2				
4.C.2 Land Converted to Grassland	CO2				
4.D.1.1 Peat Extraction Remaining Peat Extraction	CO2				
4.D.1.2 Flooded Land Remaining Flooded Land	CO2				
4.D.1.3 Other Wetlands Remaining Other Wetlands	CO2				
4.D.2 Land Converted to Wetlands	CO2				
4.E.1 Settlements Remaining Settlements	CO2				
4.E.2 Land Converted to Settlements	CO2				
4.F.1 Other Land Remaining Other Land	CO2				
4.F.2 Land Converted to Other Land	CO2				
4.G Harvested Wood Products	CO2				
4(I). Direct N2O emissions from N inputs to managed soils	N2O				
4(II). Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils	CO2				
4(II). Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils	CH4				
4(II). Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils	N2O				
4(III).Direct N2O emissions from N mineralization/immobilization	N2O				
4(IV) Indirect N2O Emissions from Managed Soils	N2O				
4(V) Biomass Burning	CO2				
4(V) Biomass Burning	CH4				
4(V) Biomass Burning	N2O				
4.H Other	CO2				
4.H Other	CH4				
4.H Other	N2O				
5.A Solid Waste Disposal	CH4				
5.A Solid Waste Disposal	CO2				
5.B Biological Treatment of Solid Waste	CH4				
5.B Biological Treatment of Solid Waste	N2O				
5.C Incineration and Open Burning of Waste	CO2				

5.C Incineration and Open Burning of Waste	CH4				
5.C Incineration and Open Burning of Waste	N2O				
5.D Wastewater Treatment and Discharge	CH4				
5.D Wastewater Treatment and Discharge	N2O				
5.E Other	CO2				
5.E Other	CH4				
5.E Other	N2O				
6. Other	CO2				
6. Other	CH4				
6. Other	N2O				
6. Other	Aggregate F-gases				

La table 7 issue du CRT ne faisant pas apparaître les catégories clés en tendances, il a été fait le choix de faire figurer celle extraite à partir du CRF.

13.2 Evaluation des catégories principales pour l'année 1990 – Méthode Tier 1

Code GIEC	Catégorie	Classification	Gaz	Unité	Niveau avec UTCATF	Niveau sans UTCATF	Pourcentage avec UTCATF	Cumul avec UTCATF	Pourcentage sans UTCATF	Cumul sans UTCATF
1.A.3.b	Road Transportation	Fossil fuels	CO2	kt	0,333	0,333	33,3%	33,3%	33,4%	33,3%
1.A.4	Other Sectors	Liquid Fuels	CO2	kt	0,332	0,332	33,2%	66,5%	33,3%	66,5%
1.A.1	Energy Industries	Other Fossil Fuels	CO2	kt	0,156	0,156	15,6%	82,1%	15,6%	82,1%
1.A.4	Other Sectors	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,080	0,080	8,0%	90,1%	8,0%	90,1%
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	CO2	kt	0,027	0,027	2,7%	92,8%	2,7%	92,8%
1.B.2.b	Natural Gas	Operation	CH4	kt	0,020	0,020	2,0%	94,8%	2,0%	94,8%
1.A.1	Energy Industries	Liquid Fuels	CO2	kt	0,012	0,012	1,2%	96,0%	1,2%	96,0%
1.A.2	Manufacturing Industries and Construction	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,008	0,008	0,8%	96,8%	0,8%	96,8%
1.A.3.d	Domestic Navigation	Liquid Fuels	CO2	kt	0,005	0,005	0,5%	97,3%	0,5%	97,3%
5.D	Wastewater Treatment and Discharge	Wastewater	N2O	kt	0,005	0,005	0,5%	97,8%	0,5%	97,8%
1.A.1	Energy Industries	Biomass	N2O	kt	0,005	0,005	0,5%	98,3%	0,5%	98,3%

1.A.3.b	Road Transportation	Fuels	N2O	kt	0,004	0,004	0,4%	98,7%	0,4%	98,7%
1.A.3.b	Road Transportation	Fuels	CH4	kt	0,003	0,003	0,3%	99,0%	0,3%	99,0%
1.A.1	Energy Industries	Other Fossil Fuels	N2O	kt	0,002	0,002	0,2%	99,2%	0,2%	99,2%
1.A.	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	N2O	kt	0,002	0,002	0,2%	99,4%	0,2%	99,4%
1.A.	Other Product Manufacture and Use	no classification	Aggregate F-gases	t CO2 equivalent	0,001	0,001	0,1%	99,5%	0,1%	99,5%
1.A.2.g	Domestic Aviation	Fuels	CO2	kt	0,001	0,001	0,1%	99,6%	0,1%	99,6%
4.E	Settlements	Carbon stock change	CO2	kt	0,001	0,000	0,1%	99,7%	0,0%	99,6%
1.A.4	Other Sectors	Liquid Fuels	N2O	kt	0,001	0,001	0,1%	99,8%	0,1%	99,7%
5.D	Wastewater Treatment and Discharge	Wastewater	CH4	kt	0,001	0,001	0,1%	99,9%	0,1%	99,8%

13.3 Evaluation des catégories principales pour l'année 2022 – Méthode Tier 1

Code GIEC	Catégorie	Classification	Gaz	Unité	Niveau avec UTCATF	Tendance avec UTCATF	Niveau sans UTCATF	Tendance sans UTCATF	Pourcentage avec UTCATF	Cumul avec UTCATF	Pourcentage sans UTCATF	Cumul sans UTCATF
1.A.1	Energy Industries	Other Fossil Fuels	CO2	kt	0,273	0,077	0,274	0,077	27,2%	27,3%	27,2%	27,4%
1.A.3.b	Road Transportation	Fossil fuels	CO2	kt	0,266	0,044	0,266	0,044	26,5%	53,8%	26,4%	53,8%
1.A.4	Other Sectors	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,146	0,043	0,146	0,043	14,5%	68,3%	14,5%	68,3%
1.A.4	Other Sectors	Liquid Fuels	CO2	kt	0,095	0,155	0,095	0,155	9,5%	77,7%	9,4%	77,7%
2.F.1	Refrigeration and Air conditioning	no classification	Aggregate F-gases	t CO2 equivalent	0,083	0,055	0,083	0,055	8,3%	86,0%	8,2%	86,0%
1.A.2.g	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	CO2	kt	0,054	0,018	0,054	0,018	5,4%	91,4%	5,4%	91,4%
1.A.3.d	Domestic Navigation	Liquid Fuels	CO2	kt	0,015	0,006	0,015	0,006	1,5%	92,9%	1,5%	92,8%
1.A.1	Energy Industries	Biomass	N2O	kt	0,010	0,004	0,010	0,004	1,0%	93,9%	1,0%	93,8%
1.B.2.b	Natural Gas	Operation	CH4	kt	0,009	0,007	0,009	0,007	0,9%	94,8%	0,9%	94,7%
5.D	Wastewater Treatment and Discharge	Wastewater	N2O	kt	0,006	0,001	0,006	0,001	0,6%	95,4%	0,6%	95,3%
1.A.2.g	Manufacturing Industries and Construction	Liquid Fuels	N2O	kt	0,009	0,005	0,009	0,005	0,9%	96,3%	0,9%	96,2%
1.B.2.b	Natural Gas	Operation	CH4	kt	0,007	0,007	0,007	0,007	0,7%	97,0%	0,7%	96,9%

1.A.3.a	Domestic Aviation	Fuels	CO2	kt	0,005	0,002	0,005	0,002	0,5%	97,4%	0,5%	97,4%
1.A.1	Energy Industries	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,005	0,003	0,005	0,003	0,5%	97,9%	0,5%	97,9%
1.A.3.b	Road Transportation	Fuels	N2O	kt	0,002	0,001	0,002	0,001	0,2%	98,1%	0,2%	98,1%
2.F.4	Aerosols	no classification	Aggregate F-gases	t CO2 equivalent	0,004	0,002	0,004	0,002	0,4%	98,5%	0,4%	98,5%
2.G	Other Product Manufacture and Use	no classification	N2O	kt	0,003	0,002	0,003	0,002	0,3%	98,8%	0,3%	98,8%
1.A.1	Energy Industries	Other Fossil Fuels	N2O	kt	0,002	0,001	0,003	0,001	0,2%	99,0%	0,3%	99,1%
1.A.4	Other Sectors	Other Fossil Fuels	CO2	kt	0,002	0,001	0,002	0,001	0,2%	99,2%	0,2%	99,3%
2.G	Other Product Manufacture and Use	no classification	Aggregate F-gases	t CO2 equivalent	0,002	0,001	0,002	0,001	0,2%	99,4%	0,2%	99,5%
1.A.2.g	Manufacturing Industries and Construction	Gaseous Fuels	CO2	kt	0,002	0,004	0,002	0,004	0,2%	99,6%	0,2%	99,7%
1.A.4	Other Sectors	Gaseous Fuels	N2O	kt	0,001	0,000	0,001	0,000	0%	99,7%	0%	99,8%
1.A.2.g	Manufacturing Industries and Construction	Biomass	N2O	kt	0,001	0,001	0,001	0,001	0%	99,8%	0%	99,9%
2.F.2	Foam Blowing Agents	no classification	Aggregate F-gases	t CO2 equivalent	0,001	0,001	0,001	0,001	0%	99,9%	0%	100,0%

13.4 Evaluation des catégories principales pour l'année 2022 – Méthode Tier 2 – Contribution

Catégorie	Gaz	1990 (kt CO2 eq)	2022 (kt CO2 eq)	Contribution (%) 2020	Cumul avec UTCATF (%)	Incertitude sur émissions (%)	contribution x incertitude	Evaluation niveau Tier 2 (%)	Cumul tier 2 (%)	Catégorie Clé tier 2 (à 95%)
1.A.1.a - Other fossil fuels	CO2	15,84	18,20	27	27	40	1107	47,0	47	1
1.A.3.b - Transport routier	CO2	33,80	17,71	27	54	8	214	9,1	56	2
2.F.1.f - Stationary air-conditionning	F gaz	0,00	4,45	7	61	25	170	7,2	63	3
5.D.1 - Eaux usées domestiques	N2O	0,51	0,39	1	62	254	150	6,3	70	4
1.A.2.g.vii – liquid fuels	N2O	0,29	0,42	1	62	200	128	5,4	75	5
1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CH4	1,98	0,60	1	63	133	121	5,1	80	6
1.A.1.a - Biomass	N2O	0,49	0,68	1	64	100	103	4,4	85	7
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	6,24	7,96	12	76	6	77	3,3	88	8
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CO2	30,46	6,10	9	85	6	54	2,3	90	9
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CO2	2,53	3,57	5	91	9	46	2,0	92	10
1.A.3.d - Navigation domestique	CO2	0,52	0,98	1	92	24	36	1,5	94	11
2.F.1.e - Climatisation mobile	F gaz	0,00	1,06	2	94	16	25	1,1	95	12
1.A.1.a - Other fossil fuels	N2O	0,15	0,16	0	94	100	24	1,0	96	13
2.F.4.a - Inhalateurs médicaux	F gaz	0,00	0,24	0	94	51	19	0,8	96	14
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	CO2	1,92	1,73	3	97	6	17	0,7	97	15
2.G.3.a - Other Product Manufacture and Use - Medical Applications	N2O	0,00	0,69	1	98	13	14	0,6	98	16
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	N2O	0,03	0,04	0	98	200	13	0,5	98	17

2.F.1.b - Réfrigération domestique	F gaz	0,00	0,03	0	98	128	5	0,2	99	19
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	N2O	0,07	0,02	0	98	200	5	0,2	99	20
1.A.3.a - Aviation domestique	CO2	0,14	0,33	0	99	7	3	0,1	99	18
5.D.1 - Eaux usées domestiques	CH4	0,15	0,07	0	99	32	3	0,1	99	21
1.A.2.g.vii – Biomass	N2O	0,00	0,01	0	99	200	3	0,1	99	22
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	N2O	0,01	0,01	0	99	200	3	0,1	99	23
1.A.1.a – Gaseous fuels	CO2	0,00	0,29	0	99	6	3	0,1	99	24
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CH4	0,01	0,02	0	99	100	2	0,1	99	25
2.F.2.a - Mousses "closed cells"	F gaz	0,00	0,05	0	99	28	2	0,1	100	26
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CO2	4,21	0,24	0	100	6	2	0,1	100	27
1.A.3.d - Navigation domestique	N2O	0,00	0,01	0	100	142	2	0,1	100	28
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	0,83	0,18	0	100	6	2	0,1	100	29
1.A.4.b – biomass	N2O	0,00	0,01	0	100	200	2	0,1	100	30
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CH4	0,00	0,01	0	100	151	1	0,0	100	31
1.A.4.b – biomass	CH4	0,00	0,00	0	100	100	1	0,0	100	33
1.A.3.a - Aviation domestique	N2O	0,00	0,00	0	100	150	1	0,0	100	32
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CH4	0,00	0,00	0	100	100	1	0,0	100	34
2.G.1 - Equipement électriques	SF6	0,00	0,00	0	100	67	0	0,0	100	35
1.A.1.a – Gaseous fuels	N2O	0,00	0,00	0	100	200	0	0,0	100	36
1.A.2.g.vii – Biomass	CH4	0,00	0,00	0	100	151	0	0,0	100	37
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	N2O	0,00	0,00	0	100	200	0	0,0	100	38
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	CO2	0,00	0,03	0	100	6	0	0,0	100	39

1.A.2.g.vii – other fossil fuels	N2O	0,00	0,00	0	100	200	0	0,0	100	40
1.A.3.d - Navigation domestique	CH4	0,00	0,00	0	100	56	0	0,0	100	41
1.A.1.a - Biomass	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	42
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	N2O	0,01	0,00	0	100	200	0	0,0	100	43
1.A.3.b - Transport routier	CH4	0,28	0,00	0	100	24	0	0,0	100	44
1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CO2	0,01	0,00	0	100	262	0	0,0	100	45
1.A.3.a - Aviation domestique	CH4	0,00	0,00	0	100	41	0	0,0	100	58
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	46
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CO2	0,22	0,01	0	100	6	0	0,0	100	47
1.A.3.b - Transport routier	N2O	0,47	0,00	0	100	54	0	0,0	100	48
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CO2	0,00	0,01	0	100	9	0	0,0	100	49
2.G.2.b - Other Product Manufacture and Use - Accelerators	SF6	0,00	0,00	0	100	27	0	0,0	100	50
1.A.1.a – Liquid fuels	N2O	0,00	0,00	0	100	54	0	0,0	100	51
2.D.1 Non energy product use of fuel - Lubricant use	CO2	0,00	0,00	0	100	14	0	0,0	100	52
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	N2O	0,00	0,00	0	100	200	0	0,0	100	53
1.A.1.a – Gaseous fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	54
4.E.1 - Autres établissements	N2O	0,01	0,00	0	100	490	0	0,0	100	55
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	56
1.A.1.a - Other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	57
5.C.1 - Cremation	CO2	0,00	0,00	0	100	51	0	0,0	100	59
1.A.1.a - Other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	60
1.A.1.a – Liquid fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	61
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	N2O	0,00	0,00	0	100	200	0	0,0	100	62
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	63

2.D.3 - Wood preservation	CH4	0,00	0,00	0	100	24	0	0,0	100	64
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	151	0	0,0	100	65
1.A.4.b – Combustion stationnaire (Other fossil fuels)	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	66
2.G.3.b - Other Product Manufacture and Use - Propellant for pressure and aerosol products	N2O	0,00	0,00	0	100	20	0	0,0	100	67
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	151	0	0,0	100	68
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	69
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	70
5.C.1 - Cremation	CO2	0,00	0,00	0	100	30	0	0,0	100	71
4.E.1 - Biomasse active des arbres	CO2	0,00	0,00	0	100	30	0	0,0	100	72
1.A.1.a – Liquid fuels	CO2	1,18	0,00	0	100	5	0	0,0	100	73
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	74
2.D.1 Non energy product use of fuel - Lubricant use	CH4	0,00	0,00	0	100	24	0	0,0	100	75
2.D.1 Non energy product use of fuel - Lubricant use	N2O	0,00	0,00	0	100	54	0	0,0	100	76
1.A.1.a – Liquid fuels	N2O	0,00	0,00	0	100	200	0	0,0	100	77
1.A.1.a – Liquid fuels	CH4	0,00	0,00	0	100	100	0	0,0	100	78
4.E.1 - Biomasse active des arbres	CO2	-0,12	-0,08	0	100	30	-4	-0,2	100	79
Total		102,27	66,3	100,00		7485,59	2358,08	100,00		

13.5 Evaluation des catégories principales pour l'année 2022 – Méthode Tier 2 - Evolution

Catégorie	Gaz	1990 (kt CO2 eq)	2022 (kt CO2 eq)	Evolution Tier 1 (%)	Evolution cumulée Tier 1 (%)	Incertitude sur émissions (%)	Evolution x Incertitude	Evaluation Tier 2 (%)	Cumul Tier 2 (%)	Catégorie Clé tier 2 (à 95%)
1.A.1.a - Other fossil fuels	CO2	15,84	18,20	0,08	0,08	40	3,13	34,93	34,93	1
2.F.1.f - Stationary air-conditionning	F gaz	0,00	4,45	0,04	0,04	25	1,10	12,30	47,23	2
1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CH4	1,98	0,60	0,01	0,01	133	0,89	9,94	57,17	3
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CO2	30,46	6,10	0,13	0,13	6	0,78	8,67	65,85	4
1.A.2.g.vii – liquid fuels	N2O	0,29	0,42	0,00	0,00	200	0,46	5,18	71,02	5
1.A.1.a - Biomass	N2O	0,49	0,68	0,00	0,00	100	0,36	3,97	74,99	6
1.A.3.b - Transport routier	CO2	33,80	17,71	0,04	0,04	8	0,33	3,66	78,65	7
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	6,24	7,96	0,04	0,04	6	0,25	2,74	81,39	8
2.F.1.e - Climatatisation mobile	F gaz	0,00	1,06	0,01	0,01	16	0,16	1,84	83,23	9
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CO2	2,53	3,57	0,02	0,02	9	0,16	1,81	85,04	10
1.A.3.b - Transport routier	N2O	0,47	0,00	0,00	0,00	54	0,16	1,80	86,84	11
1.A.3.d - Navigation domestique	CO2	0,52	0,98	0,01	0,01	24	0,15	1,71	88,56	12
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CO2	4,21	0,24	0,02	0,02	6	0,14	1,58	90,14	13
5.D.1 - Eaux usées domestiques	N2O	0,51	0,39	0,00	0,00	254	0,14	1,58	91,72	14
2.F.4.a - Inhalateurs médicaux	F gaz	0,00	0,24	0,00	0,00	51	0,12	1,35	93,07	15
2.G.3.a - Other Product Manufacture and Use - Medical Applications	N2O	0,00	0,69	0,01	0,01	13	0,09	1,02	94,08	16
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	N2O	0,07	0,02	0,00	0,00	200	0,06	0,68	94,77	17

1.A.1.a - Other fossil fuels	N2O	0,15	0,16	0,00	0,00	100	0,06	0,62	95,39	18
1.A.3.b - Transport routier	CH4	0,28	0,00	0,00	0,00	24	0,04	0,47	95,85	19
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	N2O	0,03	0,04	0,00	0,00	200	0,04	0,46	96,31	20
1.A.1.a – Liquid fuels	CO2	1,18	0,00	0,01	0,01	5	0,04	0,44	96,76	21
2.F.1.b - Réfrigération domestique	F gaz	0,00	0,03	0,00	0,00	128	0,03	0,38	97,14	22
4.E.1 - Autres établissements	N2O	0,01	0,00	0,00	0,00	490	0,03	0,35	97,49	23
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	CO2	1,92	1,73	0,00	0,00	6	0,03	0,34	97,83	25
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	0,83	0,18	0,00	0,00	6	0,02	0,25	98,08	26
1.A.2.g.vii – Biomass	N2O	0,00	0,01	0,00	0,00	200	0,02	0,23	98,31	27
1.A.1.a – Gaseous fuels	CO2	0,00	0,29	0,00	0,00	6	0,02	0,20	98,51	28
1.A.3.a - Aviation domestique	CO2	0,14	0,33	0,00	0,00	7	0,02	0,17	98,68	24
2.F.2.a - Mousses "closed cells"	F gaz	0,00	0,05	0,00	0,00	28	0,01	0,17	98,84	29
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	N2O	0,01	0,00	0,00	0,00	200	0,01	0,13	98,97	30
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CH4	0,01	0,02	0,00	0,00	100	0,01	0,12	99,09	31
1.A.4.b – biomass	N2O	0,00	0,01	0,00	0,00	200	0,01	0,12	99,21	32
5.D.1 - Eaux usées domestiques	CH4	0,15	0,07	0,00	0,00	32	0,01	0,09	99,30	33
1.A.3.d - Navigation domestique	N2O	0,00	0,01	0,00	0,00	142	0,01	0,09	99,39	34
1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CO2	0,01	0,00	0,00	0,00	262	0,01	0,09	99,47	35
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CO2	0,22	0,01	0,00	0,00	6	0,01	0,08	99,56	36
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	N2O	0,01	0,01	0,00	0,00	200	0,01	0,06	99,62	37
1.A.4.b – biomass	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,05	99,67	38
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CH4	0,00	0,01	0,00	0,00	151	0,00	0,05	99,72	40

1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,04	99,76	41
1.A.1.a – Gaseous fuels	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,03	99,79	42
1.A.3.a - Aviation domestique	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	150	0,00	0,03	99,81	39
1.A.2.g.vii – Biomass	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	151	0,00	0,02	99,84	43
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	CO2	0,00	0,03	0,00	0,00	6	0,00	0,02	99,86	44
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,02	99,88	45
1.A.1.a – Liquid fuels	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,02	99,90	46
2.G.1 - Equipement électriques	SF6	0,00	0,00	0,00	0,00	67	0,00	0,02	99,92	47
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,02	99,93	48
1.A.1.a - Biomass	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,01	99,94	49
1.A.3.d - Navigation domestique	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	56	0,00	0,01	99,95	50
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,01	99,96	51
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,01	99,97	52
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CO2	0,00	0,01	0,00	0,00	9	0,00	0,01	99,97	53
1.A.3.a - Aviation domestique	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	41	0,00	0,01	99,98	63
2.G.2.b - Other Product Manufacture and Use - Accelerators	SF6	0,00	0,00	0,00	0,00	27	0,00	0,00	99,98	54
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	99,98	55
1.A.1.a – Liquid fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	99,99	56
2.D.1 Non energy product use of fuel - Lubricant use	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	54	0,00	0,00	99,99	57
4.E.1 - Biomasse active des arbres	CO2	-0,12	-0,08	0,00	0,000	30	0,0	0,00	99,99	61
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	99,99	58
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	200	0,00	0,00	99,99	59
1.A.1.a – Gaseous fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	60

1.A.1.a - Other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	62
2.D.1 Non energy product use of fuel - Lubricant use	CO2	0,00	0,00	0,00	0,00	14	0,00	0,00	100,00	64
2.D.1 Non energy product use of fuel - Lubricant use	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	24	0,00	0,00	100,00	65
1.A.1.a – Liquid fuels	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	54	0,00	0,00	100,00	66
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	151	0,00	0,00	100,00	67
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	68
1.A.4.b – Combustion stationnaire (Other fossil fuels)	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	69
1.A.1.a – Liquid fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	70
1.A.1.a - Other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	71
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	72
5.C.1 - Cremation	CO2	0,00	0,00	0,00	0,00	51	0,00	0,00	100,00	73
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	151	0,00	0,00	100,00	74
2.D.3 - Wood preservation	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	24	0,00	0,00	100,00	75
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100,00	76
2.G.3.b - Other Product Manufacture and Use - Propellant for pressure and aerosol products	N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	20	0,00	0,00	100,00	77
5.C.1 - Cremation	CO2	0,00	0,00	0,00	0,00	30	0,00	0,00	100,00	78
4.E.1 - Biomasse active des arbres	CO2	0,00	0,00	0,00	0,00	30	0,00	0,00	100,00	79
Total		102,27	66,3	0,45	0,45	7485,59	8,96	100,00	7480,22	

ANNEXE 2 - TABLEAUX RELATIFS A L'ANALYSE DES INCERTITUDES

Les tableaux suivants présentent une analyse des niveaux d'incertitudes de niveau 1 pour l'inventaire 2022.

Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions/ absorptions pour l'année de référence 1990	Émissions/ absorptions pour l'année 2022	Incertitude sur les données d'activité	Incertitude sur les facteurs d'émission	Incertitude combinée	Contribution à la variance par catégorie de source / puits pour l'année (t)	Sensibilité de type A	Sensibilité de type B	Incertitude de la tendance dans les émissions nationales introduites par l'incertitude des facteurs d'émissions / paramètres d'estimation	Incertitude de la tendance dans les émissions nationales introduites par l'incertitude des données sur les activités	Incertitude de la tendance dans les émissions nationales globales
		ktCO ₂ eq	ktCO ₂ eq	(+) %	(+) %	(+) %		%	%	%	%	%
1 - ENERGIE												
1.A.1 - Production publique d'électricité et de chaleur												
1.A.1.a - Biomass	CH ₄	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a - Biomass	N ₂ O	0,49	0,68	5	100	100	1,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1
1.A.1.a – Gaseous fuels	CO ₂	0,00	0,29	5	4	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a – Gaseous fuels	CH ₄	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a – Gaseous fuels	N ₂ O	0,00	0,00	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a – Liquid fuels	CO ₂	1,18	0,00	5	2	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a – Liquid fuels	CH ₄	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a – Liquid fuels	N ₂ O	0,00	0,00	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a - Other fossil fuels	CO ₂	15,84	18,20	5	40	40	122,6	0,1	0,2	3,1	1,3	11,2
1.A.1.a - Other fossil fuels	CH ₄	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.a - Other fossil fuels	N ₂ O	0,15	0,16	5	100	100	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
1.A.2 - Industrie manufacturière et construction												
1.A.2.g.vii – Biomass	CH ₄	0,00	0,00	5	151	151	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.vii – Biomass	N ₂ O	0,00	0,01	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CO ₂	2,53	3,57	5	7	9	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1
1.A.2.g.vii – liquid fuels	CH ₄	0,00	0,01	5	151	151	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.vii – liquid fuels	N ₂ O	0,29	0,42	5	200	200	1,6	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CO ₂	0,00	0,01	5	7	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.vii – other fossil fuels	CH ₄	0,00	0,00	5	151	151	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

1.A.2.g.vii – other fossil fuels	N2O	0,00	0,00	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	0,83	0,18	5	4	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CH4	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	N2O	0,00	0,00	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CO2	0,22	0,01	5	3	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.2.g.viii – Combustion stationnaire (liquid fuels)	N2O	0,00	0,00	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.3 - Transport												
1.A.3.a - Aviation domestique	CO2	0,14	0,33	0	7	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.3.a - Aviation domestique	CH4	0,00	0,00	0	41	41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.3.a - Aviation domestique	N2O	0,00	0,00	0	150	150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.3.b - Transport routier	CO2	33,80	17,71			8	4,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
1.A.3.b - Transport routier	CH4	0,28	0,00			24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.3.b - Transport routier	N2O	0,47	0,00			54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.3.d - Navigation domestique	CO2	0,52	0,98	24	1,0	24	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
1.A.3.d - Navigation domestique	CH4	0,00	0,00	24	50	56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.3.d - Navigation domestique	N2O	0,00	0,01	24	140	142	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4 – Combustion stationnaire												
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CO2	6,24	7,96	5	4	6	0,6	0,0	0,1	0,2	0,6	0,3
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	CH4	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.a – Combustion stationnaire (gaseous fuels)	N2O	0,03	0,04	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CO2	4,21	0,24	5	3	6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	CH4	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.a – Combustion stationnaire (liquid fuels)	N2O	0,01	0,00	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – biomass	CH4	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – biomass	N2O	0,00	0,01	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	CO2	1,92	1,73	5	4	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	CH4	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire (combustibles gazeux)	N2O	0,01	0,01	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CO2	30,46	6,10	5	3	6	0,3	0,1	0,1	0,4	0,4	0,3
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	CH4	0,01	0,02	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire (fioul domestique)	N2O	0,07	0,02	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	CO2	0,00	0,03	5	4	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	CH4	0,00	0,00	5	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.4.b – Combustion stationnaire _Other fossil fuels	N2O	0,00	0,00	5	200	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.B - Emissions fugitives												

1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CO2	0,01	0,00	25	261	262	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.B.2.b.5 - Emissions fugitives	CH4	1,98	0,60	25	138	133	1,5	0,0	0,0	0,9	0,2	0,9
2 - INDUSTRIE												
2.D.1 Non energy product use of fuel -Lubricant use	CH4	0,00	0,00			24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.D.1 Non energy product use of fuel -Lubricant use	N2O	0,00	0,00			54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.F.1.f - Stationary air-conditionning	F gaz	0,00	4,45	10	23	25	2,9	0,0	0,0	1,0	0,6	1,4
2.F.1.b - Réfrigération domestique	F gaz	0,00	0,03	82	99	128	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.F.1.e - Climatisation mobile	F gaz	0,00	1,06	10	12	16	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
2.F.2.a - Mousses "closed cells"	F gaz	0,00	0,05	20	20	28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.F.4.a - Inhalateurs médicaux	F gaz	0,00	0,24	50	10	51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
2.G.1 - Equipement électriques	SF6	0,00	0,00	60	30	67	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.G.2.b - Other Product Manufacture and Use - Accelerators	SF6	0,00	0,00	25	10	27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.G.3.a - Other Product Manufacture and Use - Medical Applications	N2O	0,00	0,69	13	5	13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
2.G.3.b - Other Product Manufacture and Use - Propellant for pressure and aerosol products	N2O	0,00	0,00	20	1	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 - AGRICULTURE												
4 - UTCATF												
4.E.1 - Autres établissements	N2O	0,01	0,00	5	490	490	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.E.1 - Biomasse active des arbres	CO2	-0,12	-0,08	15,8	25	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - DECHETS												
5.C.1 - Cremation	CO2	0,00	0,00	5	30	30						
5.D.1 - Eaux usées domestiques	CH4	0,15	0,07	5	31,6	32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.D.1 - Eaux usées domestiques	N2O	0,51	0,39	44,3	250	254	2,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1

		ΣC	ΣD				ΣH					ΣM
TOTAL		102,3	66,3				137,97					14,891
		Pourcentage d'incertitude du total de l'inventaire				√ ΣH	11,75	Incertitude sur la tendance		√ ΣM	3,86	

ANNEXE 3 - METHODOLOGIE, DONNEES ET FACTEURS D'EMISSION DETAILLES NECESSAIRES A L'ESTIMATION DES EMISSIONS PROVENANT DE LA COMBUSTION DE COMBUSTIBLES FOSSILES

15.1 Annexe 3.A - 1A1a Production publique d'électricité et de chaleur valorisation énergétique des déchets

15.1.1 Incinération des déchets solides

15.1.1.1 CALCUL DES EMISSIONS ANNUELLES DE NO_x, CO, NMVOC ET DE SO₂

Les émissions annuelles des GES indirects des déchets solides et des boues d'épuration (NO_x, CO, NMVOC et SO₂) sont estimées sur la base de données mesurées de débits de gaz émis normés et de concentrations en sortie de cheminée de l'Usine d'Incinération des Résidus Urbains et Industriels (U.I.R.U.I.), pour la co-incinération des boues d'épuration et des déchets solides.

Les données de débits sont mesurées en continu depuis 2009.

Les concentrations de NMVOC sont mesurées en continu depuis 2009.

Les concentrations NO_x, CO, SO₂ sont mesurées deux fois par an depuis 2013.

Les émissions sont déterminées à partir de l'équation suivante :

$$Emissions \alpha (kt) = \text{débit annuel } \alpha (Nm^3) \times \text{concentration } \alpha (mg/Nm^3) \times 10^{-12}$$

Avec : α = NO_x, CO, NMVOC ou SO₂ ;

Pour les périodes antérieures aux données mesurées, les émissions sont estimées sur la base d'un débit moyen annuel par tonnes de déchets (calculé sur la période de mesures) et d'une concentration moyenne annuelle (calculée sur la période de mesures).

15.1.1.2 TONNAGES DES DIFFÉRENTES CATEGORIES DE DECHETS SOLIDES SUR LA SERIE TEMPORELLE

Les valeurs de tonnages de chacune des catégories de déchets solides incinérés (en tonnes de poids humide) sont détaillées au sein du tableau suivant :

	Déchet s alimentaire s	Papier / Carton	Autres Déchets	Textiles	Textiles sanitaires	Plastiques	Verre	Métal x	Déchets médicaux	Bois	Déchets des jardins et des parcs
1990	11 824	12 194	5 539	1 292	1 466	5 411	5 852	1 943	79	107	1 999
1991	12 035	12 412	5 639	1 314	1 492	5 507	5 960	1 978	80	109	2 035
1992	13 270	13 680	6 211	1 452	1 643	6 076	6 534	2 178	89	120	2 244
1993	14 510	14 924	6 756	1 602	1 784	6 661	6 952	2 366	104	129	2 453
1994	16 000	15 943	7 230	1 711	2 226	7 239	7 463	2 523	116	138	2 705
1995	16 180	15 617	7 097	1 675	2 507	7 215	7 357	2 467	118	134	2 736
1996	17 532	16 418	7 473	1 756	2 987	7 709	7 820	2 588	127	141	2 964
1997	20 255	18 079	8 314	1 976	3 753	8 750	8 376	2 852	153	155	3 425
1998	19 285	16 674	7 693	1 817	3 856	8 211	7 826	2 629	145	142	3 261
1999	19 918	16 417	7 675	1 820	4 269	8 323	7 603	2 598	151	141	3 367
2000	20 888	16 606	7 813	1 844	4 767	8 595	7 754	2 630	158	143	3 532
2001	22 515	17 172	8 162	1 921	5 443	9 111	8 033	2 727	169	148	3 807
2002	20 279	15 157	7 164	1 669	5 165	8 130	7 293	2 391	151	130	3 429
2003	16 749	12 476	5 782	1 329	4 475	6 694	6 255	1 938	125	104	2 832
2004	15 027	10 982	5 045	1 151	4 202	5 959	5 625	1 690	113	90	2 541
2005	15 158	10 862	4 946	1 122	4 423	5 964	5 671	1 655	116	87	2 563
2006	10 937	7 937	3 483	781	3 322	4 323	4 314	1 176	86	61	1 849
2007	15 368	10 520	4 721	1 060	4 848	5 946	5 666	1 572	120	82	2 598
2008	15 541	9 600	4 778	1 085	4 952	5 864	4 658	1 515	112	154	2 696
2009	14 967	8 380	4 619	1 059	4 823	5 539	3 557	1 395	100	225	2 669
2010	15 072	7 613	4 633	1 072	4 880	5 440	2 777	1 347	94	261	2 720
2011	15 480	8 623	5 133	1 166	5 288	6 079	2 806	1 419	94	628	3 135
2012	14 750	9 044	5 277	1 177	5 324	6 299	2 626	1 389	86	968	3 338
2013	14 182	9 558	5 476	1 201	5 416	6 585	2 475	1 375	79	1 316	3 575
2014	13 613	10 097	5 686	1 226	5 516	6 885	2 323	1 361	72	1 675	3 822
2015	12 919	10 583	5 863	1 244	5 579	7 147	2 147	1 337	64	2 037	4 052
2016	11 864	10 773	5 875	1 226	5 486	7 209	1 911	1 275	54	2 341	4 167
2017	10 568	10 012	5 535	1 181	5 165	6 737	1 909	1 214	114	1 980	4 824
2018	10 325	10 241	5 740	1 250	5 352	6 929	2 092	1 273	184	1 819	5 936
2019	9 586	9 991	5 679	1 263	5 292	6 799	2 182	1 274	247	1 567	6 800
2020	7 381	8 118	4 681	1 063	4 358	5 557	1 891	1 062	258	1 099	6 371
2021	7 981	9 310	5 446	1 262	5 067	6 411	2 308	1 249	363	1 054	8 308
2022	6 566	8 170	4 851	1 146	4 510	5 661	2 152	1 124	380	738	8 199

15.1.2 Incinération des boues d'épuration

15.1.2.1 CALCUL DES EMISSIONS ANNUELLES DE CH₄ ET DE N₂O

Pour le CH₄, les calculs ont été effectués d'après l'équation 5.4 [LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.5], avec un FE issu des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.5, Ch.5, §5.4.2. Pour le N₂O, les calculs ont été effectués d'après l'équation 5.5 [LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.5], avec un FE issu des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.5, Ch.5, Tab.5.6.

$$Emissions\ CH_4(kt) = msw \times FE(CH_4) \times 10^{-9}$$

$$Emissions\ N_2O(kt) = (msw \times dm) \times FE(N_2O) \times 10^{-9}$$

Avec :

- msw : tonnage total de boues d'épuration, en tonnes de poids humide ;
- dm : teneur en matière sèche des boues d'épuration fournie par la SMA chaque année (cette valeur fournie dans le tableau ci-dessous peut varier d'une année sur l'autre) ;

Années	1990 à 2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 à 2011	2012	2013
dm	0,2723	0,2672	0,2643	0,2619	0,2751	0,2622	0,2723	0,2632	0,2609

Années	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
dm	0,2546	0,2761	0,2612	0,2764	0,2795	0,2546	0,2472	0,2526	0,2582

- Les valeurs des FE pour le CH₄ et le N₂O sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

	FE	Références	Justification du choix
FE (CH ₄)	9,7 g/t	LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.5, §5.4.2,	Cas du Japon
FE (N ₂ O)	990 g/t	LD 2006, GIEC-Vol.5, Ch.5, Tab.5.6	A Monaco, les boues incinérées contiennent plus de 70% d'eau, le choix d'utiliser un FE sur base sèche a paru plus approprié

15.1.3 Combustion du fioul lourd et du gaz naturel

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. Vol.2, Ch.2, équation 2.2) :

$$Emissions\ GES = \sum Emissions\ GES\ combustible$$

15.1.4 Fioul lourd

15.1.4.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par la SMEG de fioul lourd (FL) sont exprimées en m³.

Rapport National d'Inventaire
2024

Direction de l'Environnement

Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur de 39,56 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 1061 kg/m³.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1

Selon les lignes directrices 2006 du

GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation FL(TJ)} = \text{Consommation FL(m}^3\text{)} \times 39,56 \times 1061 \times 10^{-6}$$

15.1.4.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ FL(kt)} = \text{Consommation FL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ FL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ FL : 77 400 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.2.

15.1.4.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ FL (kt)} = \text{Consommation FL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ FL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ FL : 0,8 kg/TJ
Ch.2, Tab.2.6.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, le facteur d'émission spécifique du tableau 2.6 peut être utilisé pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.1.4.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions N}_2\text{O FL (kt)} = \text{Consommation FL(TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O FL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O FL : 0,3 kg/TJ
Ch.2, Tab.2.6.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, le facteur d'émission spécifique du tableau 2.6 peut être utilisé pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.1.4.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, NMVOC et SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T2.

$$Emissions \alpha FL (kt) = Consommation FL(TJ) \times FE \alpha FL (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 142 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-11 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]
- FE_{CO} = 15,1 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-11 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]
- FE_{NMVOC} = 2,3 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-11 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]
- FE_{SO_x} = 495 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-11 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]

15.1.4.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.1.5 Gaz naturel

15.1.5.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par la SMEG sont exprimées en GWh et en pouvoir calorifique supérieur (brut), PCS. Afin d'appliquer les facteurs d'émission utilisés ci-dessous, qui sont tous exprimés sur la base des pouvoirs calorifiques nets (inférieurs), le PCS est multiplié par le facteur de conversion de 0,9.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

Conversion d'unité GWh en TJ : 1GWh = 3,6 TJ

$$Consommation GN (TJ) = Consommation GN (GWh) \times 0,9 \times 3,6$$

15.1.5.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1.

$$Emissions CO_2 GN (kt) = Consommation GN (TJ) \times FE CO_2 GN (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il s'agit du facteur utilisé par la France. Le gaz naturel consommé à Monaco est importé de France.

Ce facteur est évolutif en fonction des années, FE CO₂ GN vaut respectivement :

Années	1990 1998	à 1999 2011	à 2012	2013	2014
FE (kg/TJ)	56 249	56 287	56 259	56 250	56 321

Années	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
FE (kg/TJ)	56 329	56 292	56 273	56 212	56 212	56 215	56 100

La valeur de ce facteur d'émission est cohérente avec celle du facteur par défaut proposé par le GIEC qui est de 56,1 t de CO₂/TJ. Les valeurs du facteur d'émission utilisé dans le cadre de ces calculs sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95% qui est de [54,3 – 58,3] t de CO₂/TJ. Comme le facteur d'émission considéré ici est un facteur spécifique, la méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

15.1.5.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tab.2.6.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, le facteur d'émission spécifique du tableau 2.6 peut être utilisé pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.1.5.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions N}_2\text{O GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tab.2.6.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, le facteur d'émission spécifique du tableau 2.6 peut être utilisé pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.1.5.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne le NO_x, le CO, le NMVOC et le SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- $FE_{NOx} = 89 \text{ kg/TJ}$; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-4 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]
- $FE_{CO} = 39 \text{ kg/TJ}$; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-4 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]
- $FE_{NMVOC} = 2,6 \text{ kg/TJ}$; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-4 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]
- $FE_{SOx} = 0,281 \text{ kg/TJ}$; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019, Tab.3-4 [1.A.1 Combustion in energy and transformation industries]

15.1.5.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH_3

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH_3 n'est attendue.

15.2 Annexe 3.B. - Transport (1A3)

15.2.1 Biocarburants

L'intégration de la part de biocarburant dans les carburants routiers vendus sur la Principauté est régie par la réglementation française transcrivant les Directives Européennes en la matière.

Le tableau ci-dessous est fourni par le Citepa.

Données Biocarburants* en France au 31/12/2022														
Année	BIO-ESSENCE							BIO-GAZOLE						
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
	%V _{bio} =V _{bio} /V _{Mélange}	%M _{bio} =M _{bio} /M _{Mélange}	%PCI _{bio}	FE CO ₂ bio kg CO ₂ / kg bio	PCI bio (GJ/t)	P _{bio} t/m ³	%nonbio	%V _{bio} =V _{bio} /V _{Mélange}	%M _{bio} =M _{bio} /M _{Mélange}	%PCI _{bio}	FE CO ₂ bio kg CO ₂ / kg bio	PCI bio (GJ/t)	P _{bio} t/m ³	%nonbio
1990	0,00%	0,00%	0,00%	0,000	0,000	0,000	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,000	0,000	0,000	0,00%
1991	0,00%	0,00%	0,00%	0,000	0,000	0,000	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,000	0,000	0,000	0,00%
1992	0,02%	0,02%	0,01%	1,9127	26,800	0,794	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	2,554	37,450	0,915	0,00%
1993	0,16%	0,17%	0,10%	1,9127	26,800	0,794	0,24%	0,03%	0,04%	0,03%	2,554	37,450	0,915	0,00%
1994	0,23%	0,24%	0,15%	1,9127	26,800	0,794	0,34%	0,26%	0,29%	0,25%	2,554	37,450	0,915	0,01%
1995	0,24%	0,25%	0,15%	1,9127	26,800	0,794	0,35%	0,60%	0,65%	0,57%	2,554	37,450	0,915	0,03%
1996	0,39%	0,41%	0,25%	1,9127	26,800	0,794	0,58%	0,81%	0,88%	0,78%	2,554	37,450	0,915	0,04%
1997	0,59%	0,62%	0,38%	1,9127	26,800	0,794	0,89%	0,91%	0,98%	0,86%	2,554	37,450	0,915	0,04%
1998	0,65%	0,69%	0,42%	1,9127	26,800	0,794	0,98%	0,79%	0,85%	0,75%	2,554	37,450	0,915	0,04%
1999	0,61%	0,64%	0,39%	1,9127	26,800	0,794	0,91%	0,83%	0,90%	0,79%	2,554	37,450	0,915	0,04%
2000	0,65%	0,69%	0,42%	1,9127	26,800	0,794	0,98%	1,02%	1,10%	0,97%	2,554	37,450	0,915	0,05%
2001	0,65%	0,68%	0,42%	1,9127	26,800	0,794	0,97%	0,98%	1,06%	0,93%	2,554	37,450	0,915	0,05%
2002	0,68%	0,71%	0,43%	1,9127	26,800	0,794	1,01%	0,94%	1,02%	0,90%	2,554	37,450	0,915	0,04%
2003	0,61%	0,64%	0,39%	1,9127	26,800	0,794	0,91%	0,96%	1,04%	0,92%	2,554	37,450	0,915	0,04%
2004	0,67%	0,70%	0,43%	1,9127	26,800	0,794	0,99%	0,95%	1,03%	0,91%	2,554	37,450	0,915	0,04%
2005	1,40%	1,47%	0,90%	1,9127	26,800	0,794	1,50%	1,59%	1,72%	1,52%	2,554	37,450	0,915	0,09%
2006	2,13%	2,24%	1,38%	1,9127	26,800	0,794	2,31%	1,79%	1,94%	1,71%	2,554	37,450	0,915	0,10%
2007	4,11%	4,32%	2,67%	1,9127	26,800	0,794	4,34%	3,60%	3,88%	3,43%	2,554	37,450	0,915	0,20%
2008	7,21%	7,56%	4,74%	1,9127	26,800	0,794	5,96%	5,88%	6,33%	5,61%	2,554	37,450	0,915	0,34%
2009	6,91%	7,24%	4,54%	1,9127	26,800	0,794	4,88%	6,38%	6,87%	6,09%	2,554	37,450	0,915	0,37%
2010	7,17%	7,51%	4,71%	1,9127	26,800	0,794	4,60%	6,14%	6,60%	5,86%	2,560	37,516	0,913	0,35%
2011	7,50%	7,86%	4,94%	1,9127	26,800	0,794	4,11%	5,85%	6,28%	5,58%	2,568	37,610	0,911	0,33%
2012	8,27%	8,66%	5,46%	1,9127	26,800	0,794	3,95%	6,07%	6,52%	5,79%	2,564	37,564	0,912	0,34%
2013	8,34%	8,73%	5,51%	1,9127	26,800	0,794	4,04%	6,04%	6,50%	5,76%	2,555	37,456	0,915	0,35%
2014	8,71%	9,10%	5,80%	1,9127	27,050	0,792	4,09%	6,66%	7,13%	6,36%	2,575	37,683	0,909	0,37%
2015	8,93%	9,31%	5,98%	1,9127	27,286	0,790	4,29%	6,66%	7,12%	6,36%	2,583	37,780	0,907	0,37%
2016	9,24%	9,54%	6,36%	1,9125	28,321	0,783	4,04%	6,90%	7,34%	6,59%	2,595	37,908	0,903	0,37%
2017	10,04%	10,34%	6,98%	1,9125	28,635	0,780	4,15%	7,30%	7,73%	6,97%	2,611	38,087	0,899	0,38%
2018	10,56%	10,90%	7,33%	1,9125	28,438	0,782	3,52%	7,56%	7,98%	7,21%	2,619	38,180	0,897	0,39%
2019	10,40%	10,73%	7,20%	1,9125	28,379	0,782	3,47%	7,64%	7,98%	7,29%	2,661	38,646	0,885	0,36%
2020	11,08%	11,55%	7,46%	1,9127	27,190	0,791	3,65%	7,34%	7,79%	7,01%	2,602	37,993	0,901	0,39%
2021	11,46%	11,89%	7,82%	1,9126	27,658	0,788	3,78%	7,72%	8,17%	7,37%	2,614	38,127	0,898	0,40%
2022	12,11%	12,62%	8,17%	1,9127	27,124	0,792	3,20%	6,71%	7,18%	6,41%	2,576	37,700	0,909	0,37%

* Nous nous intéressons ici qu'à la partie bio des biocarburants : c'est à dire éthanol seulement dans l'essence et la partie bio de l'EMHV dans le gazole

[1] Pourcentage volumique de biocarburant dans le mélange

[2] Pourcentage massique de biocarburant dans le mélange

[3] Taux d'incorporation du biocarburant dans le mélange exprimé en énergie

[4] Facteur d'émission du CO₂ dû à l'utilisation de biocarburant par unité de masse de biocarburant

[5] PCI du biocarburant

[6] Masse volumique du biocarburant

[7] Pourcentage de résidu fossile des biocarburants inclus dans les produits pétroliers à affecter à [Other Fossil Fuel] dans les tables CRF

Les données ci-dessus ont été calculées en considérant la partie bio d'une part et la partie non-bio d'autre part dans la fabrication d'agro-carburants. En effet la fabrication d'EMHV (pour l'agro-carburant du diesel) et d'ETBE (pour l'agro-carburant de l'essence) conduisent à l'introduction de produits considérés comme des produits pétroliers.

Les pourcentages massiques, volumiques et énergétiques d'incorporation de biocarburant dans les mélanges (essence+bio-essence et gazole+bio-gazole) ont été calculés. Ceci permet de séparer les données d'agro-carburants et de produits pétroliers et d'appliquer à chacune le facteur d'émission ad'hoc.

Calculs de la part Other Fossil Fuels :

Suite à une demande de la CCNUCC, le pourcentage d'adjuvants intégrés dans lors de la distribution du biocarburant a été extrait des produits pétroliers afin d'en faire le rapportage dans les tables CRT.

$\text{Energie mélange} \times (1 - \%PCI_{\text{bio}})$	=	Energie produits pétrolier	$\times FE_{\text{pp}}$	=	$CO2_{\text{pp}}$	-> $\times (1 - \%nonbio)$	-> Gasoline ou Diesel Oil dans table CRF
$\text{Energie mélange} \times \%PCI_{\text{bio}}$	=	Energie biocarburant	$\times FE_{\text{bio}}$	=	$CO2_{\text{bio}}$	-> $\times \%nonbio$	-> other fossil fuel dans table CRF -> biomass dans tables CRF

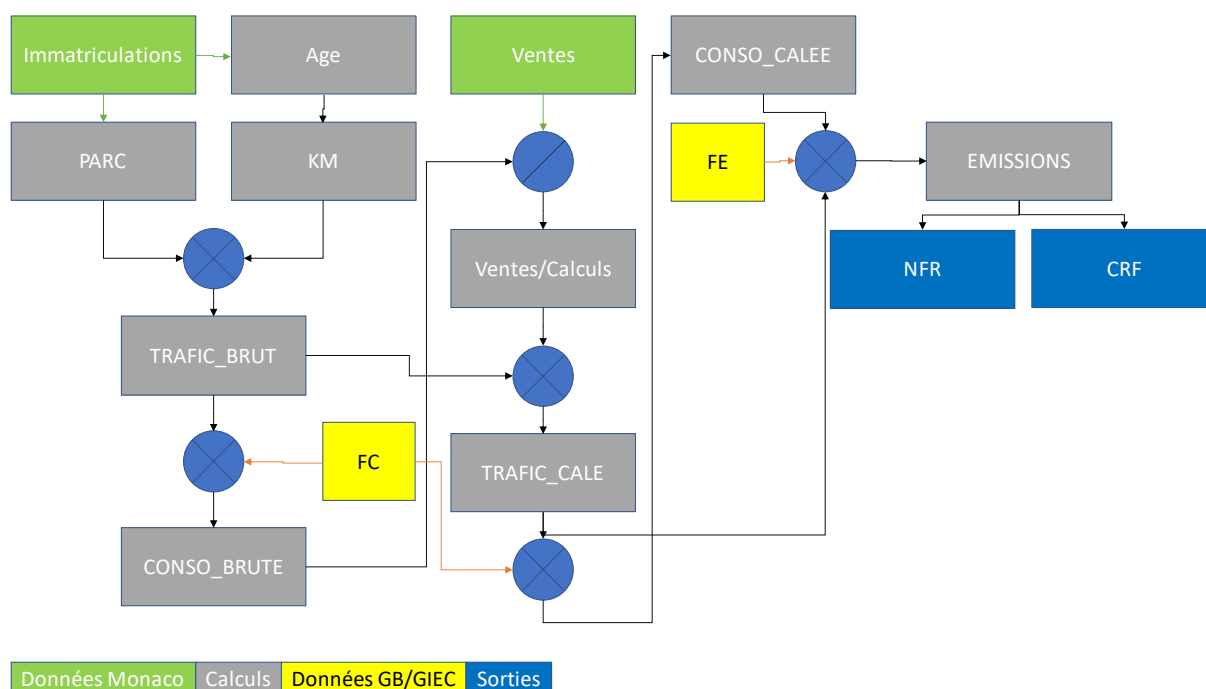
15.2.2 Transport routier (1.A.3.b)

Les émissions du secteur du transport routier sont calculées à un niveau fin (type de véhicule/motorisation du véhicule/taille du véhicule/norme d'émission) à partir des données de parc par âge et des ventes de carburants de la Principauté de Monaco. La méthodologie est de niveau Tier 2.

L'outil est modifié pour introduire les nouveaux carburants tels HVO, GTL, B100.

Les facteurs d'émissions utilisés sont soit :

- ceux par défaut du GIEC (CH_4 , N_2O) ou country specific (CO_2)
- ceux de niveau Tier 2 (CO , CO_{NM} , NO_x , PM , etc.)



15.2.2.1 CALCUL DU FE CO2 COUNTRY SPECIFIC

En application de l'Union Douanière Franco-Monégasque, carburant vendu à Monaco a les mêmes caractéristiques que celui vendu en France. Aussi, le FE CS du CO_2 calculé par le CITEPA pour l'inventaire national français est appliqué aux calculs des émissions sur la Principauté.

Ci-dessous est décrite la méthodologie pour l'estimation des FE CS du CO_2 .

Cas particulier des facteurs d'émission de CO₂ liés à la combustion du gazole et de l'essence

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

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

Les mesures ont donné les résultats suivants :

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

A partir des mesures, les facteurs d'émission de CO₂ du mélange (produits pétroliers + biocarburants) $FE_{mélange\_mesure}$ sont connus en appliquant la formule suivante :

$$FE_{mélange\_mesure} = \frac{44,011}{(12,011 + 1,008 \cdot R_{H:C\ mesure} + 16 \cdot R_{O:C\ mesure})}$$

Les facteurs d'émission de CO₂ des produits pétroliers FE_{pp} sont recalculés en supposant que les facteurs d'émission de CO₂ FE_{bio} et les pourcentages d'incorporation $\%bio$ des biocarburants sont connus :

$$Vente_{pp+bio} \cdot FE_{mélange\_mesure} = Vente_{pp+bio} \cdot (FE_{pp} \cdot \%_{pp} + FE_{bio} \cdot \%_{bio})$$

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

$$FE_{pp} = \frac{(FE_{mélange\_mesure} - FE_{bio} \cdot \%_{bio})}{1 - \%_{bio}}$$

Les FE_{pp} ont été calculés pour les carburants hiver et les carburants été. Des FE_{pp} moyens (au prorata des ventes mensuelles de 2017) ont été estimés et sont les suivants, corrigés en 2018 :

	Essence ss pb	Gazole
FE_{pp} (g CO ₂ /g carburant)	3,189	3,175
FE_{pp} (g CO ₂ /GJ)	72,48	74,52

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

	g CO ₂ /g carburant	kg CO ₂ /GJ
Essence pb	3,243	73,71

Les PCI utilisés, fournis par le CITEPA, sont les suivants :

	PCI (MJ/kg)
Essence	43,999
Gazole	42,6

15.2.2.2 **PARC STATIQUE PAR NORME**

Les données d'entrée fournies par la Principauté de Monaco sont les parcs statiques par âge par année d'étude.

Pour obtenir le parc par norme pour une année, il faut sommer les données du parc par âge en fonction des dates d'application des normes.

$$Parc\_Moyen(v,m,t,n,a) = \sum_{i=andéb}^{i=anfin} [Immatriculation(v,m,t,a,i)]$$

(Équation 1)

Avec

v : le type de véhicule (VP, VUL, PL, BUS, CAR, 2R),

m : la motorisation (Essence, Diesel, Electrique, etc.),

t : la taille du véhicule (mini ou <0,8 L, small ou 0,8- 1,4 L, etc.),

i : année d'immatriculation,

n : Norme (Pre-ECE, pre-Euro, Euro 1, etc.) dont la première année d'application *i* est andéb et la dernière est anfin,

a : Année d'étude.

Les dates d'application des normes pour les différents types de véhicules sont reportées ci-dessous :

		an début	an fin				
VP	PRE ECE	1920	1971				
	ECE 15/00-01	1972	1976				
	ECE 15/02	1977	1981				
	ECE 15/03	1982	1986				
	ECE 15/04	1987	1992	an début an fin			
	Open Loop			VUL	Conventional	1920	1994
	Euro 1 - 91/441/EEC	1993	1996		Euro 1 - 93/59/EEC	1995	1996/1997
	Euro 2 - 94/12/EEC	1997	2000		Euro 2 - 96/69/EEC	1997/1998	2000/2001
	Euro 3 - 98/69/EC I	2001	2004		Euro 3 - 98/69/EC I	2001/2002	2004/2006
	Euro 4 - 98/69/EC II	2005	2010		Euro 4 - 98/69/EC II	2005/2007	2010/2011
	Euro 5 - EC 715/2007	2011	2015		Euro 5 - EC 715/2007	2011/2012	2015/2016
	Euro 6 up to 2016	2016	2016		Euro 6 up to 2017	2016/2017	2018/2019
	Euro 6 2017-2019	2017	2019		Euro 6 2018-2020	2019/2020	2019/2020
	Euro 6 2020+	2020	2100		Euro 6 2021+	2020/2021	2100
		an début	an fin				
PL/ bus/ car	Conventional	1920	1993				
	Euro I - 91/542/EEC I	1994	1996				
	Euro II - 91/542/EEC II	1997	2001	an début an fin			
	Euro III - 2000	2002	2006	2R	Conventional	1920	1999
	Euro IV - 2005	2007	2009		Mop - Euro 1	2000	2004
	Euro V - 2008	2010	2013		Mop - Euro 2	2005	2006
	Euro VI	2014	2100		Mop - Euro 3 andon	2007	2100

15.2.2.3 AGE DU PARC PAR NORME

Afin de pouvoir estimer le kilométrage annuel moyen par âge, il faut connaître l'âge du parc par norme.

A partir des données sources d'immatriculation par âge, il est possible de connaître d'abord l'année moyenne d'immatriculation en faisant une moyenne pondérée des immatriculations par les années.

$$An\_Immat\_Moyen(v,m,t,n,a) = \sum_i [Immatriculation(v,m,t,a,i) * i] / Parc\_Moyen(v,m,t,n,a)$$

(Équation 2)

Ensuite, l'âge du parc par norme peut être calculé.

$$Age\_Moyen(v,m,t,n,a) = a + 1 - An\_Immat\_Moyen(v,m,t,n,a)$$

(Équation 3)

Avec

v : le type de véhicule (VP, VUL, PL, BUS, CAR, 2R),

m : la motorisation (Essence, Diesel, Electrique, etc.),

t : la taille du véhicule (mini ou <0,8 l, small ou 0,8 L – 1,4 L, etc.),

i : année d'immatriculation,

n : Norme (Pre-ECE, pre-Euro, Euro 1, etc.) dont la première année d'application *i* est andéutb et la dernière est anfin,

a : Année d'étude,

15.2.2.4 KILOMETRAGE ANNUEL MOYEN BRUT PAR NORME

Afin de pouvoir estimer le kilométrage annuel moyen par norme, il faut, au préalable, connaître le kilométrage annuel moyen par âge.

Pour répartir le kilométrage annuel moyen par âge, des fonctions de répartition par âge sont utilisées. Elles sont issues du rapport de l'IFSTTAR⁹³:

- **Pour les VP**, le kilométrage annuel parcouru par une voiture d'âge a (exprimé en nombre d'années), de taille t et de motorisation m suit une loi exponentielle de la forme :

$$km(v,m,t,n,a) = g(t) \times p(m) \times km(m) \times f(a) = g(t) \times p(m) \times km(m) \times \exp(-\alpha(m) \times a)$$

avec

$km(m)$: kilométrage de référence des véhicules de motorisation m ,

$g(t)$: correction cylindrée des véhicules de taille t ,

$p(m)$: Correction autre des véhicules de motorisation m ,

m : la motorisation (Essence, Diesel, Electrique, etc.),

t : la taille du véhicule (mini ou <0,8 l, small ou 0,8 l – 1,4 l, etc.),

a : année d'étude,

$\alpha(m)$: coefficient.

- **Pour les VUL**, le kilométrage annuel parcouru par un véhicule d'âge a (exprimé en nombre d'années) et de motorisation m suit une loi log-normale de la forme :

$$km(v,m,t,n,a) = km(m) \times \{1 - \phi[(a - \mu(m))/\sigma(m)] / \phi[(A(m) - \mu(m))/\sigma(m)]\}$$

avec ϕ loi log-normale

avec

$km(m)$: kilométrage de référence des véhicules de motorisation m ,

$A(m)$: longévité maximum des véhicules,

$\mu(m)$: espérance du logarithme de l'année,

$\sigma(m)$: écart type du logarithme de l'année.

- **Pour les PL**, le kilométrage annuel parcouru par un véhicule d'âge a (exprimé en nombre d'années) suit soit une loi exponentielle (camion rigide) soit une loi log-normale (tracteur routier) de la forme :

$$km(v,m,t,n,a) = km(m) \times \exp(-\alpha \times a) \text{ pour les camions rigides}$$
$$km(v,m,t,n,a) = km(m) \times \{1 - \phi[(a - \mu(m))/\sigma(m)] / \phi[(A(m) - \mu(m))/\sigma(m)]\} \text{ pour les tracteurs routiers}$$

avec

$km(m)$: kilométrage de référence des véhicules de motorisation m ,

m : la motorisation (Essence, Diesel, Electrique, etc.),

a : année d'étude,

α : coefficient,

$A(m)$: longévité maximum des véhicules,

$\mu(m)$: espérance du logarithme de l'année,

$\sigma(m)$: écart type du logarithme de l'année.

⁹³ ANDRE M. et al, 2014. Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France, Rapport IFSTTAR-LTE, 137p

- **Pour les bus et cars**, le kilométrage annuel parcouru par un véhicule d'âge a (exprimé en nombre d'années) et de motorisation m suit une loi log-normale de la forme :

$$km(v,m,t,n,a) = km(m) \times \{1 - \phi[(a - \mu(m))/\sigma(m)] / \phi[(A(m) - \mu(m))/\sigma(m)]\}$$

avec ϕ loi log-normale

avec

$km(m)$: kilométrage de référence des véhicules de motorisation m ,

m : la motorisation (Essence, Diesel, Electrique, etc.),

a : année d'étude,

$A(m)$: longévité maximum des véhicules,

$\mu(m)$: espérance du logarithme de l'année,

$\sigma(m)$: écart type du logarithme de l'année.

- **Pour les 2 roues**, le kilométrage annuel parcouru par un véhicule d'âge a (exprimé en nombre d'années) et de taille t une loi linéaire de la forme :

$$km(v,m,t,n,a) = km(t) \times \{A(t) \times a + B(t)\}$$

avec :

$km(t)$: kilométrage de référence des véhicules de taille t ,

$A(t)$ et $B(t)$: coefficients de la régression linéaire

En utilisant l'âge moyen par norme calculé au chapitre précédent, les kilométrages annuels moyens par norme sont enfin obtenus.

15.2.2.5 TRAFIC BRUT PAR NORME

La multiplication du parc par norme par le kilométrage annuel moyen brut par norme fournit le trafic brut par norme (c'est-à-dire non calé sur les ventes de carburants).

$$\text{Trafic brut}(v,m,t,n,a) = \text{Parc\_Moyen}(v,m,t,n,a) \times km(v,m,t,n,a)$$

(Équation 4)

Avec :

v : le type de véhicule (VP, VUL, PL, BUS, CAR, 2R),

m : la motorisation (Essence, Diesel, Electrique, etc.),

t : la taille du véhicule (mini ou <0,8 l, small ou 0,8 l – 1,4 l, etc.),

n : Norme (Pre-ECE, pre-Euro, Euro 1, etc.) dont la première année d'application i est antérieure et la dernière est anfin,

a : Année d'étude.

15.2.2.6 CONSOMMATION BRUTE DE CARBURANT PAR NORME

La consommation de carburant est obtenue en multipliant les facteurs de consommation par le trafic brut calculé précédemment.

$$\text{Conso brute}(v,m,t,n,a) = \text{Trafic brut}(v,m,t,n,a) \times FC(v,m,t,n) \{ \times \% \text{Réduc} \}$$

(Équation 5)

$\% \text{Réduc}$ est la réduction des consommations unitaires issues du Car-labelling de l'ADEME. Cette réduction n'est appliquée qu'aux véhicules particuliers (VP) post Euro 1.

15.2.2.7 BALANCE ENERGETIQUE

La somme des consommations brutes par carburants (c) est comparée aux ventes de carburants.

$$Conso\ calc(c,a) = \sum_v \sum_t \sum_n [Conso\ brute(v,m,t,n,a)]$$

(Équation 6)

Le ratio Rkm(c) des ventes de carburant sur le calcul des consommations brutes est alors calculé.

$$Rkm(c,a) = Stat\ Vente\ (c,a) / Conso\ calc(c,a)$$

(Équation 7)

15.2.2.8 TRAFFIC CALE PAR NORME

La multiplication du trafic brut par norme par le ratio de la balance énergétique Rkm(c) fournit le trafic calé (sur les ventes de carburants) par norme.

$$Trafic\ calé(v,m,t,n,a) = Trafic\ brut(v,m,t,n,a) \times Rkm(c,a)$$

(Équation 8)

15.2.2.9 CONSOMMATION CALEE DE CARBURANT PAR NORME

La consommation de carburant est obtenue en multipliant les facteurs de consommation par le trafic calé calculé précédemment.

$$Conso\ calée(v,m,t,n,a) = Trafic\ calé(v,m,t,n,a) \times FC(v,m,t,n) \{x\ \%Réduc\}$$

(Équation 9)

%Réduc est la réduction des consommations unitaires issues du Car-labelling de l'ADEME. Cette réduction n'est appliquée qu'aux véhicules particuliers (VP) post Euro 1.

15.2.2.10 CONSOMMATIONS DE LUBRIFIANTS, DE PRODUITS PETROLIERS, DE BIOCARBURANTS ET D'UREE

Les consommations de lubrifiants sont calculées à partir des trafics calés (cf. (Équation 8) et des facteurs de consommations de lubrifiants.

$$Conso\ lub(v,m,t,n,a) = Trafic\ calé(v,m,t,n,a) \times FC(v,m,t,n)$$

(Équation 10)

Les consommations de produits pétroliers (conso_pp) et de biocarburants (conso_bio) sont estimées à partir des consommations de carburants calées (cf. (Équation 9) et des pourcentages d'incorporation de biocarburants en France.

$$Conso\ pp(v,m,t,n,a) = Conso\ calée(v,m,t,n,a) \times \%pp(c,a)$$

(Équation 11)

$$Conso\ bio(v,m,t,n,a) = Conso\ calée(v,m,t,n,a) \times \%bio(c,a)$$

(Équation 12)

Les consommations d'urée sont calculées à partir des trafics calés et des facteurs de consommations d'urée.

$$Conso\ urée(v,m,t,n,a) = Conso\ calée(v,m,t,n,a) \times \%conso \times UC(v,m,t,n,a) \rightarrow VP\ et\ VUL$$

Ou

$$Conso\ urée(v,m,t,n,a) = Trafic\ calée(v,m,t,n,a) \times UC(v,m,t,n,a) \rightarrow PL$$

(Équation 13)

15.2.2.11 CALCULS DES FACTEURS D'ÉMISSIONS DE COVNM DES ÉVAPORATIONS

Les facteurs d'émissions de COVNM des évaporations des véhicules essence dépendent des paramètres véhicules (âge, type de réservoir), des caractéristiques des carburants (pression de vapeur saturante), de la saison et de la température mensuelle moyenne $T(mm,a)$:

$$FE_{\text{évap}}(v,m,t,n,a) = COVNM\_Evap\_hot\_Soak(v,m,t,n,T,a) + \\ COVNM\_Diurnal(v,m,t,n,T,a) + \\ COVNM\_Running\_losses(v,m,t,n,T,a)$$

(Équation 14)

Les émissions de COVNM des évaporations ont lieu lors du roulage (Running losses), du stationnement (Diurnal) et quand le moteur est chaud (hot Soak).

15.2.2.12 CALCULS DES ÉMISSIONS DE GES ET DE POLLUANTS

Les trafics et les consommations calés sur les ventes de carburants ont été calculés. À partir de ces données, le calcul des émissions se fait en multipliant l'une ou l'autre de ces activités par les facteurs d'émissions issus soit des lignes directrices du GIEC, soit du guide méthodologique EMEP.

$$Emission(pol,v,m,t,n,a) = Conso_{\text{calée}}(v,m,t,n,a) \times FE(pol,v,m,t,n) \\ \text{Ou}$$

$$Emission(pol,v,m,t,n,a) = Trafic_{\text{calée}}(v,m,t,n,a) \times FE(pol,v,m,t,n)$$

(Équation 15)

15.2.3 Navigation nationale (1A3d)

Pour estimer les émissions de gaz à effet de serre du secteur de la navigation il a été utilisé une méthodologie de niveau 1 (Tier 1) avec des facteurs d'émissions spécifiques et par défaut (CS/D). Le carburant vendu pour le maritime ayant les mêmes caractéristiques que le carburant routier, pour le CO₂, un facteur d'émission CS a été utilisé.

15.2.3.1 DÉTERMINATION DE LA PART DE NAVIGATION NATIONALE DANS L'UTILISATION DES CARBURANTS UTILISÉS POUR LA NAVIGATION (1A3d)

En 2005, une enquête a été réalisée, auprès de tous les locataires d'emplacements dans les ports de Monaco, afin d'évaluer le trafic national. Cette enquête a été renouvelée en 2016. Les résultats sont présentés dans un rapport.

Les résultats des enquêtes montrent des conditions de réponses équivalentes, nécessitant dans les deux cas un traitement des résultats afin d'assurer la meilleure représentativité de l'information à partir des résultats obtenus.

L'enquête conduite en 2005 a bénéficié des caractéristiques (taille, motorisation, type etc.) de l'ensemble des navires destinataires des questionnaires. Aussi, des traitements statistiques ont pu être réalisés.

- en tenant compte uniquement du nombre de navires par carburants (flotte pavillon mc)— sans distinction de catégories(1);
- en séparant les professionnels(2);
- en séparant les professionnels plaisancier et en tenant compte, soit de la jauge du navire en tonneaux (3), soit de la puissance des moteurs(4).

Les facteurs de répartition de la part de la navigation nationale de la navigation extrait du rapport établi lors de l'étude de 2005 sont notés ci-dessous :

Estimation	Part nationale essence %	Part nationale diesel %
à partir du nombre de navire (1)	36.05	9.60
avec séparation des professionnels (2)	26.40	7.59
Avec distinction les plaisanciers- Professionnel et par jauge du navire (3)	27.32	7.21
Avec distinction les plaisanciers- Professionnel, par catégorie, et puissance des moteurs (4)	27.19	7.84

L'enquête de 2016 n'a pas pu bénéficier de données aussi détaillées que celle réalisée en 2005. Aussi, les traitements statistiques ont été conduits selon deux modes :

- A partir du nombre de navires par carburants (flotte totale) pour assurer une base de comparaison avec les résultats obtenus en 2005 ;
- Une méthodologie plus complexe tenant compte du nombre de navire, de leur taille, de leurs carburants et des trajets (nationaux/internationaux) des répondants à l'enquête.

Comparaison des résultats selon les nombres de navires par carburants

Recalcul de l'année 2016 sur la base du ratio essence diesel de 2005 (flotte pavillon monégasque)

			2005	2016
Diesel	Pourcentage de carburants utilisés sur les trajets nationaux	%	9,60	9,86
Essence	Pourcentage de carburants utilisés sur les trajets nationaux	%	36,05	30,49

Recalcul de l'année 2005 sur la base du ratio essence diesel de 2016 (flotte totale)

			2005	2016
Diesel	Pourcentage de carburants utilisés sur les trajets nationaux	%	10,64	10,93
Essence	Pourcentage de carburants utilisés sur les trajets nationaux	%	32,54	29,32

Les résultats obtenus par l'approche globale montrent des différences selon les possibilités de reconstruction des données ainsi qu'une évolution des parts de carburants vendues. Il est donc observé en moyenne une diminution de 4.39% de la part nationale de l'essence vendue et une augmentation de 0.28% de la part de diesel.

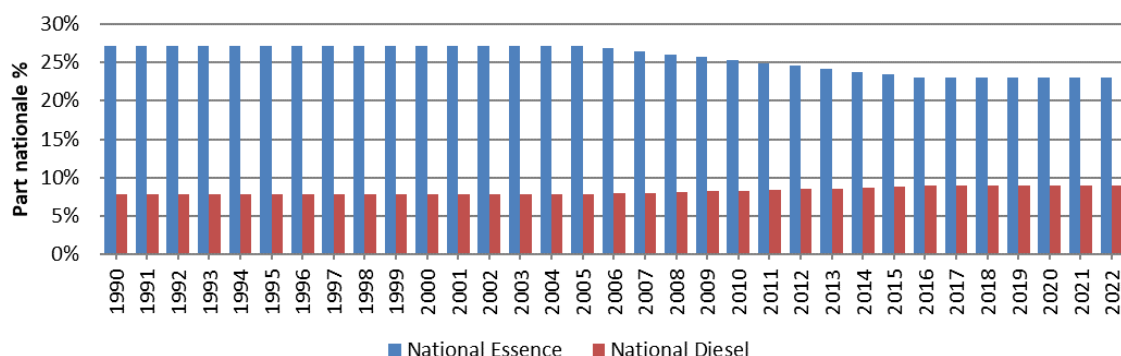
Estimation de la part nationale calculée en 2016 en fonction de la taille des navires

L'estimation de la part nationale est réalisée selon le même principe que la méthode par nombre total de navires, en utilisant lors de la reconstruction des données : la taille des navires ainsi que les habitudes de navigation (nationale/ internationale) des résidents ayant répondu à l'enquête.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

					2016
Diesel	Pourcentage de carburants utilisés sur les trajets nationaux	%			8.90
Essence	Pourcentage de carburants utilisés sur les trajets nationaux	%			23.03

Figure 202. Part de la navigation nationale, par type de carburant



Comme en 2005, il est retenu la méthode de reconstruction statistique plus élaborée pour la détermination des facteurs nationaux internationaux. Assujetti des marges d'incertitude tenant compte des différences observées suivant les modes de reconstruction des données.

Incertitudes

<i>Incertitude relative aux données d'enquêtes (Z score répondant enquête)</i>	<i>https://fr.surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator/</i>	6 %
<i>Incertitudes liées aux modes de reconstruction des données nationale</i>		23%
<i>Incertitudes liées aux modes de reconstruction des données internationale</i>		3 %

15.2.3.2 CALCUL DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE PAR LES BATEAUX A MOTEUR A ESSENCE ET A MOTEUR DIESEL

Dans le cadre d'une évolution de l'estimation des émissions, l'outil de calculs des émissions de GES a été modernisé, et à ce titre différents facteurs ont évolués.

L'équation générale 3.5.1 du volume 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre

$$Emissions = \sum (carburant consommé_{ab} * Facteur d'émissions_{ab})$$

a = type de carburant (diesel, essence, LPG, soutes, etc.)

b = type de navigation (type de navire ou de bateau, et éventuellement type de moteur, par exemple) (Le carburant utilisé n'est différent selon le type de navire qu'avec l'approche de Niveau 2. b peut donc être ignoré au Niveau 1).

15.2.3.2.1 Carburant consommé -Energie

Les enquêtes ménage ont permis d'évaluer la ventilation part nationale/internationale des ventes de carburants.

Calcul de la consommation annuelle d'énergie par les bateaux à moteur Diesel (en térajoules)

Part de PP au sein du gasoil (%) :	1-% V _{biodiesel}	
Masse volumique du diesel : (CITEPA)	0,845	t/m ³
Pouvoir calorifique du diesel : (CITEPA)	42,6 TJ/kt	

$$\text{Consommation annuelle } E_{Dpp}(TJ) = (1 - \%V_{biodiesel}) * V_D * 0.845 * 42.6 * 10^{-3}$$

avec : V_D = consommations annuelles de diesel par les bateaux (en m³) pour la navigation.

Calcul de la consommation annuelle d'énergie de la partie biomasse des bateaux à moteur Diesel (en térajoules)

Part de biomasse au sein du gasoil (%) :	% V _{biodiesel}	
(CITEPA)		
Pouvoir calorifique du diesel : (CITEPA)	voir tableau PCI _{bio} biodiesel	GJ / t
Masse volumique du diesel :	voir tableau R _{bio} biodiesel	t/m ³ (CITEPA)

$$\text{Consommation annuelle } E_{Dbio}(TJ) = \%V_{biodiesel} * V_D * PCI_{Bio} * R_{bio} * 10^{-3}$$

avec : V_D = consommations annuelles de diesel par les bateaux (en m³).

Calcul de la consommation annuelle d'énergie par les bateaux à moteur à essence (en térajoules)

Part de PP au sein de l'essence (%) :	1-% V _{bioessence}	
(CITEPA)		
Masse volumique de l'essence : (CITEPA)	0,755	t/m ³
Pouvoir calorifique du l'essence : (CITEPA)	43,99	TJ/kt

$$\text{Consommation annuelle } E_{Epp}(TJ) = (1 - \%V_{bioessence}) * V_E * 0.755 * 43.99 * 10^{-3}$$

avec : V_E = consommations annuelles d'essence par les bateaux (en m³).

Calcul de la consommation annuelle d'énergie de la part biomasse des bateaux à moteur à essence (en térajoules)

Part de biomasse au sein de l'essence (%) :	% V _{bioessence}
(CITEPA)	

Pouvoir calorifique de l'essence : (CITEPA)	voir tableau PCI _{bio} bioessence	GJ / t
Masse volumique de l'essence : (CITEPA)	voir tableau R _{bio} bioessence	t/m ³

$$\text{Consommation annuelle } E_{Ebio}(TJ) = \%V_{bioessence} * V_E * PCI_{Bio} * R_{bio} * 10^{-3}$$

avec : V_E = consommations annuelles d'essence par les bateaux (en m³).

15.2.3.2.2 Calcul des émissions de GES par les bateaux à moteur Diesel

Calcul des émissions annuelles de CO₂ par le Diesel

Facteur d'émission (Diesel) : 74523 Kg / TJ

$$\text{Emissions CO}_2 (kt) = E_{Dpp} * 74523 * 10^{-6}$$

Les émissions domestiques et internationales sont ensuite ventilées selon les parts nationales/internationales estimées par l'enquête ménage.

Calcul des émissions annuelles de CO₂ par la partie biomasse du diesel

Facteur d'émission (biodiesel) : Voir tableau biodiesel FE_{CO2bio} (kg/kg)

$$\text{Emissions CO}_2 \text{biomasse} (kt) = E_{Dbio} * FE_{CO2bio} * 10^{-3}$$

Les émissions domestiques et internationales sont ensuite ventilées selon les parts nationales/internationales estimées par l'enquête ménage.

Calcul des émissions annuelles des autres gaz

Les émissions sont calculées selon l'équation :

$$\text{Emissions Gaz} (kt) = E_D * FE_{gaz} * 10^{-3}$$

où E_D est la consommation annuelle de Diesel. La ventilation nationale/internationale se fait selon les résultats de l'enquête ménage.

	FE
CH ₄	7 kg/TJ
N ₂ O	2 kg/TJ
NO _x	72.2 kg/t fuel
CO	3.84 kg/t fuel
NMVOC	1.75 kg/t fuel
SO ₂ ¹	20 kg/t fuel * %S

¹Le pourcentage de soufre est celui appliqué pour le carburant routier, fourni par le CITEPA

15.2.3.2.3 Calcul des émissions de GES par les bateaux à moteur Essence

Calcul des émissions annuelles de CO₂ de l'Essence

A partir de ce NIR, la distinction entre essence sans plomb et essence avec plomb est considérée, en distinguant 2 facteurs d'émissions différents :

Facteur d'émission (Essence Sans Plomb) : 72477 Kg / TJ

Facteur d'émission (Essence Avec Plomb) : 73714 Kg / TJ

$$Emissions\ CO2\ (kt) = E_{Epp} * FE * 10^{-6}$$

Les émissions domestiques et internationales sont ensuite ventilées selon les parts nationales/internationales estimées par l'enquête ménage.

Calcul des émissions annuelles de CO₂ par la partie biomasse de l'essence

Facteur d'émission (bioessence) : Voir tableau bioessence FE_{CO2bio} (kg/kg)
(CITEPA)

$$Emissions\ CO2biomasse\ (kt) = E_{Ebio} * FE_{CO2bio} * 10^{-3}$$

Les émissions domestiques et internationales sont ensuite ventilées selon les parts nationales/internationales estimées par l'enquête ménage.

Calcul des émissions annuelles des autres gaz

Les émissions sont calculées selon l'équation

$$Emissions\ Gaz\ (kt) = E_E * FE_{gaz} * 10^{-3}$$

où E_E est la consommation annuelle de l'essence. La ventilation nationale/internationale se fait selon les résultats de l'enquête ménage.

	FE
CH ₄	7 kg/TJ
N ₂ O	2 kg/TJ
NO _x	9.4 kg/t fuel
CO	573.9 kg/t fuel
NMVOC	181.5 kg/t fuel
SO ₂ ¹	20 kg/t fuel * %S

¹Le pourcentage de soufre est celui appliqué pour le carburant routier, fourni par le CITEPA

15.3 Annexe 3.C. – Industrie manufacturière - 1A2g Autres secteurs – Sources mobiles

15.3.1 Données d'activité

Les données d'activités fournies par les distributeurs de fioul domestique et de GNR français et monégasque opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI_FOD, PCI_GNR et PCI_GNRbio respectivement) de 42,6 TJ/kt⁹⁴ a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 823,4 kg/m³ (pour le FOD) et de 828,8 kg/m³ (pour le GNR)⁹⁵.

On retranche la part de GNR biomasse avant la conversion en se basant sur la même méthode que pour le gasoil du secteur routier.

Pour le GTL, afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI_GTL) de 43,9 TJ/kt⁹⁶ a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 777,5 kg/m³ provenant de la même source.

Pour le BTL, afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI_BTL) de 43,9 TJ/kt⁹⁷ a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 780,3 kg/m³ provenant de la même source.

A l'issue des calculs détaillés ci-dessous, la valeur du % non bio résultat de la fabrication de biocarburant a été extraite des produits pétroliers (part GNR fossile) afin d'en faire le rapportage dans les tables CRT au sein de la catégorie « Other Fossil Fuels ». Les données ci-dessous sont fournies et mises à jour chaque année par le Citepa :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
%non bio	0,33%	0,34%	0,35%	0,37%	0,37%	0,37%	0,38%

	2018	2019	2020	2021	2022
%non bio	0,39%	0,36%	0,39%	0,40%	0,37%

A également été rajoutée la valeur du % non bio résultant de la fabrication du biocarburant BTL (part BTL fossile) afin d'en faire le rapportage dans les tables du CRT au sein de la catégorie « Other Fossil Fuels ». Cette valeur s'élève à 1,1%⁹⁸.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\begin{aligned}
 \text{Consommation FOD (TJ)} &= \text{Consommation FOD (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_FOD} \times 823,4 \times 10^{-6} \\
 \text{Consommation GNR (TJ)} &= \text{Consommation GNR (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_GNR} \times 828,8 \times 10^{-6} \\
 \text{Consommation GNRbio (TJ)} &= \text{Consommation GNRbio (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_GNRbio} \times 828,8 \times 10^{-6} \\
 \text{Consommation GTL (TJ)} &= \text{Consommation GTL (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_GTL} \times 777,5 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

⁹⁴ Citepa, Bilan énergétique - PCI retenu par l'OE/SOeS/SDES - Annexe 3 : Equivalences énergétiques.

⁹⁵ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

⁹⁶ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

⁹⁷ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

⁹⁸ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

$$\text{Consommation BTL (TJ)} = \text{Consommation BTL (m}^3\text{)} \times \text{PCI}_{\text{BTL}} \times 780,3 \times 10^{-6}$$

15.3.1.1 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de Niveau T2.

$$\begin{aligned} \text{Emissions CO}_2 \text{ FOD (kt)} &= \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CO}_2 \text{ GNR (kt)} &= \text{Consommation GNR (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GNR (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CO}_2 \text{ GNRbio (kt)} &= \text{Consommation GNRbio (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GNRbio (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CO}_2 \text{ GTL (kt)} &= \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CO}_2 \text{ BTL (kt)} &= \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CO}_2 \text{ BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (kt)} &= \text{Consommation BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (kg/TJ)} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

FE CO₂ FOD : 74 523 kg/TJ
 FE CO₂ GNR : 74 340 kg/TJ
 FE CO₂ GNRbio : 68 200 kg/TJ
 FE CO₂ GTL : 70 790 kg/TJ
 FE CO₂ BTL : 70 740 kg/TJ
 FE CO₂ BTL_{otherfossil} : 70 790 kg/TJ

En dehors des valeurs spécifiques à Monaco, les facteurs d'émission du CO₂ utilisés ont été fournis par le Citepa dans le cadre d'un partenariat. Celle du FOD provient plus précisément de l'équation (17) EMEP/ EEA 2019 (update octobre 2020) 1A3b p.43 et de COPERT IV v11 pour ratios HC et OC.

Les facteurs d'émission du CO₂ pour le GNR, le GTL et le BTL proviennent des campagnes de mesures réalisées à Monaco⁹⁹.

15.3.1.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3. La méthode utilisée pour le CH₄ est une approche de Niveau T1.

$$\begin{aligned} \text{Emissions CH}_4 \text{ FOD (kt)} &= \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CH}_4 \text{ GNR (kt)} &= \text{Consommation GNR (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GNR (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CH}_4 \text{ GNRbio (kt)} &= \text{Consommation GNRbio (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GNRbio (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CH}_4 \text{ GTL (kt)} &= \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CH}_4 \text{ BTL (kt)} &= \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

FE CH₄ FOD : 4,15 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.3, Tableau 3.3.1

FE CH₄ GNR : 4,15 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.3, Tableau 3.3.1

FE CH₄ GNRbio : 4,15 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.3, Tableau 3.3.1

FE CH₄ GTL : 4,15 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.3, Tableau 3.3.1

FE CH₄ BTL : 4,15 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.3, Tableau 3.3.1

⁹⁹ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

15.3.1.3 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de Niveau TI.

$$\begin{aligned} \text{Emissions N}_2\text{O FOD (kt)} &= \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions N}_2\text{O GNR (kt)} &= \text{Consommation GNR (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GNR (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions N}_2\text{O GNRbio (kt)} &= \text{Consommation GNRbio (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GNRbio (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions N}_2\text{O GTL (kt)} &= \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions N}_2\text{O BTL (kt)} &= \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

FE N₂O FOD : 28,6 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.3, Tableau 3.3.1

FE N₂O GNR : 28,6 kg/TJ
Ch.3, Tableau 3.3.1

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

FE N₂O GNRbio : 28,6 kg/TJ
Tableau 3.3.1

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.3,

FE N₂O GTL : 28,6 kg/TJ
Ch.3, Tableau 3.3.1

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

FE N₂O BTL : 28,6 kg/TJ
Ch.3, Tableau 3.3.1

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

15.3.2 Formules d'estimation des émissions pour les gaz à effet de serre indirects

15.3.2.1 FIOUL DOMESTIQUE ET GAZOLE NON ROUTIER

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, COVNM et SO_x.

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation. Les facteurs d'émission sont établis sur la base de plusieurs références¹⁰⁰ et varient selon le combustible et les années, en fonction de l'évolution des réglementations et de la mixité du parc.

Pour information, les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins diesels sont présentés ci-après :

Engin - Etape	FE NO _x (g/GJ)	FE COVNM (g/GJ)	FE CO (g/GJ)
Industrie pre-control	1145,5	166,2	370,9
Industrie stage I	731,9	129,4	370,9
Industrie stage II	477,3	99,5	370,9
Industrie stage IIIA	291,7	33,2	370,9
Industrie stage IIIB	262,5	18,9	370,9
Industrie stage IV	31,8	18,9	370,9
Industrie stage V	31,8	18,9	370,9

Les émissions de NO_x, CO, COVNM et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de Niveau T2.

$$Emissions \alpha FOD(kt) = Consommation FOD(TJ) \times FE \alpha FOD (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

$$Emissions \alpha GNR(kt) = Consommation GNR(TJ) \times FE \alpha GNR (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

$$Emissions \alpha GNRbio(kt) = Consommation GNRbio(TJ) \times FE \alpha GNRbio (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, COVNM ou SO_x ;

- Le facteur d'émission du SO_x pour le fioul domestique utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'Assurance qualité (valeurs du dernier inventaire français). Il est déterminé à partir des teneurs en soufre réglementaires et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles FE_{SO_x} varie selon les années, ce facteur d'émission vaut respectivement les valeurs décrites dans le tableau ci-dessous :

	1990 à 1993	1994	1995 à 2007	≥ 2008
FE (kg/TJ)	140,8	129,1	93,9	46,9

¹⁰⁰ EMEP/Corinair 1996 pour les FE pre-control ; Directive 97/68/CE pour les stages I et II; et Directive 2004/26/CE pour les stages III et IV
Rapport National d'Inventaire 2024

Pour le GNR, le facteur d'émission est le facteur d'émission spécifique monégasque.

$$- FE_{SO_x}(\text{GNR}) = 0,36 \text{ kg/TJ}$$

15.3.2.2 BIOMASS TO LIQUID (BTL)

En l'absence d'information spécifique concernant le BTL, les facteurs d'émission des NO_x, CO et COVNM pour le BTL sont modélisés de la même façon que ceux utilisés pour le FOD ou le GNR. Aucune émission de SO₂ n'est attendue lors de la combustion de BTL ¹⁰¹.

15.3.2.3 GAS TO LIQUID (GTL)

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation.

Les facteurs d'émission des NO_x, CO et COVNM pour le GTL sont les mêmes que ceux utilisés pour le FOD ou le GNR mais des réductions spécifiques aux caractéristiques moins émissives du GTL, selon les différents stages ont été appliquées¹⁰².

Pour information les réductions d'émissions attendues liée à l'utilisation du GTL dans les EMNR par rapport au fioul domestique ou au GNR et correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins diesels sont présentés ci-après :

Engin - Etape	Réduction NO _x liée au GTL (%)	Réduction COVNM liée au GTL (%)	Réduction CO liée au GTL (%)
Industrie pre-control	0%	0%	0%
Industrie stage I	0%	0%	0%
Industrie stage II	0%	0%	0%
Industrie stage IIIA	12%	23%	14%
Industrie stage IIIB	19%	15%	25%
Industrie stage IV	0%	15%	25%
Industrie stage V	0%	15%	25%

Le stage IIIA peut être assimilé au stage Euro III des véhicules lourds, le stage IIIB au stage Euro V (P>130 kW) et le stage IV au stage Euro VI. Les pourcentages de réduction sont issus des projections en conditions de conduites du tableau 5 du rapport TNO¹⁰³. Le document indique qu'il n'y a plus de gain en réduction de NO_x pour le stage Euro VI (soit stage IV en EMNR).

Les réductions proviennent du Tableau 2 de ce rapport en assimilant HC aux COVNM. On maintient la réduction du CO du stage IIIB aux stages IV et V.

Pour les réductions de COVNM, l'information du stage correspondant au stage Euro V n'est pas disponible, on l'assimile donc au stage Euro IV par défaut. On considère par manque d'information que la réduction des COVNM est similaire aux stages IV et V par rapport au stage IIIB.

¹⁰¹ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

¹⁰² Rapport TNO, *Assessment of pollutant emissions with GTL fuel as a drop in fuel for medium and heavy duty vehicles, inland shipping and non road machines*, 2014.

¹⁰³ idem

Les émissions de NO_x, CO et COVNM sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de Niveau T2.

$$Emissions \alpha GTL(kt) = Consommation GTL(TJ) \times FE \alpha GTL (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, COVNM.

Aucune émission de SO₂ n'est attendue lors de la combustion de GTL ^{104,105}.

15.3.2.4 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Les émissions de NH₃ des sources mobiles sont estimées à partir des facteurs d'émission proposés dans le Guidebook EMEP / EEA¹⁰⁶.

Les émissions de NH₃ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ce gaz est une approche de Niveau T1.

$$Emissions NH_3 FOD(kt) = Consommation FOD (TJ) \times FE NH_3 FOD (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

$$Emissions NH_3 GNR(kt) = Consommation GNR (TJ) \times FE NH_3 GNR (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

$$Emissions NH_3 GNRbio(kt) = Consommation GNRbio (TJ) \times FE NH_3 GNRbio (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

$$Emissions NH_3 GTL(kt) = Consommation GTL (TJ) \times FE NH_3 GTL (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

$$Emissions NH_3 BTL(kt) = Consommation BTL (TJ) \times FE NH_3 BTL (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

FE NH₃ FOD : 0,188 kg/TJ

Guidebook EMEP/EEA 2023, 1A4 non-road mobile machinery – Table 3.1

FE NH₃ GNR : 0,188 kg/TJ
machinery – Table 3.1

Guidebook EMEP/EEA 2023, 1A4 non-road mobile

FE NH₃ GTL : 0,182 kg/TJ
machinery – Table 3.1

Guidebook EMEP/EEA 2023, 1A4 non-road mobile

FE NH₃ BTL : 0,182 kg/TJ
machinery – Table 3.1

Guidebook EMEP/EEA 2023, 1A4 non-road mobile

¹⁰⁴ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

¹⁰⁵ Etude de Kitano et al, *Effects of GTL Fuel Properties on DI Diesel Combustion*, 2005.

¹⁰⁶ Guidebook EMEP/EEA 2023 - 1A4 Non road mobile machinery – Table 3.1.

15.4 Annexe 3.D. – Combustion stationnaire - 1A2gviii Secteur Industriel

Pour rappel, les émissions du secteur 1A2gviii ont été dissociées de celles du secteur 1A4b où elles étaient initialement reportées de façon globale. En utilisant les répartitions de consommations décrites dans le corps du rapport qui pour rappel sont pour le fioul domestique selon le tableau suivant selon les trois secteurs suivants sur l'ensemble de la série temporelle :

Tableau 51. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Secteur	Répartition
Industrie (1A2gviii)	0,65 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	12,30 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	87,05 %

Les répartitions de données d'activité pour le gaz naturel et le GPL se font ainsi selon le tableau suivant pour les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi :

Tableau 52. Répartition en % de la quantité de gaz naturel consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Années	≤ 2015	2016	2017	2018	2019	2020
Secteur	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n	Répartitio n
Industrie (1A2gviii)	9,19 %	9,49 %	9,12 %	10,31 %	2,59 %	1,79 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	69,46 %	70,02 %	71,35 %	69,24 %	77,63 %	79,39 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	21,35 %	20,49 %	19,53 %	20,45 %	19,77 %	18,82 %

Années	2021	2022
Secteur	Répartitio n	Répartitio n
Industrie (1A2gviii)	1,62%	1,95%
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	79,06%	80,56%
Secteur Résidentiel (1A4bi)	19,33%	17,50%

Enfin, la combustion qui se produit pour ce secteur est la même que celle du secteur résidentiel dans le cas spécifique de la Principauté. La méthodologie de calcul des émissions adoptée est donc la même pour ce secteur que celle du secteur 1A4b. Nous la rappelons ci-après.

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.2 :

$$Emissions\ GES = \sum Emissions\ GES\ combustible$$

15.4.1 Fioul domestique (FOD)

15.4.1.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par les distributeurs de fioul domestique français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur de 42,6 TJ/kt (*PCI_FOD*) a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 823,4 kg/m³.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation FOD(TJ)} = \text{Consommation FOD(m}^3\text{)} \times \text{PCI\_FOD} \times 823,4 \times 10^{-6}$$

15.4.1.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ FOD (kt)} = \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ FOD : 74 523 kg/TJ

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il provient plus précisément de l'équation (17) EMEP/EEA 2019 (update octobre 2019) 1A3b p.43 et de COPERT IV v11 pour ratios HC et OC.

15.4.1.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ FOD (kt)} = \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ FOD : 0,7 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

La technologie de combustion de carburant étant connue, les facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisés pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.4.1.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions N}_2\text{O FOD (kt)} = \text{Consommation FOD(TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O FOD : 0,6 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableaux 2.4 et 2.5.

15.4.1.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, NMVOC et SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$Emissions \propto FOD (kt) = Consommation FOD(TJ) \times FE \propto FOD (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 57 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 0,69 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- Le facteur d'émission du SO_x pour le fioul domestique utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il est déterminé à partir des teneurs en soufre réglementaires et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles FE_{SO_x} varie selon les années, ce facteur d'émission vaut respectivement les valeurs décrites dans le tableau ci-dessous :

	1990 à 1993	1994	1995 à 2007	≥ 2008
FE (kg/TJ)	140,8	129,1	93,9	46,9

15.4.1.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.4.2 Gaz naturel

15.4.2.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par la SMEG sont exprimées en GWh et en pouvoir calorifique supérieur (brut), PCS. Afin d'appliquer les facteurs d'émission utilisés ci-dessous, qui sont tous exprimés sur la base des pouvoirs calorifiques nets (inférieurs), le PCS est multiplié par le facteur de conversion de 0,9.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

Conversion d'unité GWh en TJ : 1 GWh = 3,6 TJ

$$\text{Consommation GN (TJ)} = \text{Consommation GN (GWh)} \times 0,9 \times 3,6$$

15.4.2.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1 :

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il s'agit du facteur utilisé par la France qui est le pays d'importation pour le gaz naturel distribué à Monaco.

Ce facteur est évolutif en fonction des années, FE CO₂ GN vaut respectivement :

Années	1990 à 1998	1999 à 2011	2012	2013	2014	2015	2016
FE (kg/TJ)	56 249	56 287	56 259	56 250	56 321	56 329	56 292

Années	2017	2018	2019	2020	2021	2022
FE (kg/TJ)	56 273	56 212	56 215	56 215	56 104	55 793

La valeur de ce facteur d'émission est cohérente avec celle du facteur par défaut proposé par le GIEC qui est de 56,1 t de CO₂/TJ. Les valeurs du facteur d'émission utilisé dans le cadre de ces calculs sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95% qui est de [54,3 – 58,3] t de CO₂/TJ. Comme le facteur d'émission considéré ici est un facteur spécifique, la méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

15.4.2.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.4.2.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions N}_2\text{O GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.4.2.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne le NO_x, le CO, le NMVOC et le SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$Emissions \alpha GN (kt) = Consommation GN (TJ) \times FE \alpha GN (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 26 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 1,9 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{SO_x} = 0,3 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)

15.4.2.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.4.3 Gaz de pétrole liquéfié/ Gaz de pétrole liquéfié bio

Les caractéristiques du GPL « bio » sont comparables à celles du GPL fossile. Il s'agit d'un GPL fabriqué 100% à partir de biomasse. Il a été fait le choix d'utiliser la même valeur de PCI que celle décrite ci-après pour le GPL « fossile » ainsi que les mêmes méthodologies de calculs des émissions de GES, avec les mêmes valeurs de facteurs d'émission.

15.4.3.1 DONNES D'ACTIVITES

Les données d'activité fournies par les distributeurs de gaz de pétrole liquéfié français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en kg. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur de 46 TJ/kt a été appliqué.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$Consommation GPL (TJ) = Consommation GPL(kg) \times PCI(TJ/kg)$$

15.4.3.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T1 :

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ GPL : 63 100 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5.

15.4.3.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3 :

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GPL : 5,0 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5.

15.4.3.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de niveau T1 :

$$\text{Emissions N}_2\text{O GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GPL : 0,1 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5.

15.4.3.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, NMVOC et SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4
(1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 26 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4
(1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 1,90 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4
(1.A.4. Small Combustion)
- FE_{SO_x} = 2,2 kg/TJ ; CPDP 2013 p.161

15.4.3.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.4.4 Gas To Liquid (GTL)

15.4.4.1 DONNÉES D'ACTIVITÉ

Les données d'activités fournies par les distributeurs de GTL français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI_GTL) de 43,9 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 777,5 kg/m³ provenant de la même source ¹⁰⁷.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation GTL (TJ)} = \text{Consommation GTL (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_GTL} \times 777,5 \times 10^{-6}$$

15.4.4.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de Niveau T2.

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ GTL (kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ GTL : 70 790 kg/TJ

Le facteur d'émission du CO₂ pour le GTL provient des campagnes de mesures réalisées par Monaco¹.

15.4.4.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3. La méthode utilisée pour le CH₄ est une approche de Niveau T1.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ GTL (kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GTL : 10 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5

15.4.4.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de Niveau T1.

$$\text{Emissions N}_2\text{O GTL (kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GTL : 0,6 kg/TJ
Tableau 2.5

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2,

¹⁰⁷ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.
Rapport National d'Inventaire Direction de l'Environnement
2024

15.4.4.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

Dans le cas de la combustion stationnaire, aucune étude ne préconise de réduction des émissions des gaz à effet de serre indirects, les facteurs d'émission des NO_x, CO et COVNM pour le GTL sont les mêmes que ceux utilisés pour le FOD qui est le combustible le plus proche en termes d'usage dans le secteur. La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO et NMVOC.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ GTL (kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 57 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 0,69 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)

Aucune émission de SO₂ n'est attendue lors de la combustion de GTL^{108,109}.

15.4.4.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.4.5 Biomass To Liquid (BTL)

15.4.5.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activités fournies par les distributeurs de BTL français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI_{BTL}) de 43,9 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 780,3 kg/m³ provenant de la même source¹¹⁰. Une part non bio pour la production du BTL est déduite de la consommation de BTL et reportée au sein de la catégorie « *other fossil* », cette part représente 1,1%¹¹¹ de la part totale de BTL. L'ensemble des facteurs d'émission est identique pour la part d'*other fossil* à celle du reste du BTL, seule celui du CO₂ change. Nous appliquons la méthodologie décrite ci-dessous, sans distinguer, en dehors du CO₂, les deux parts.

Avec pour facteur utilisé :

¹⁰⁸ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

¹⁰⁹ Etude de Kitano et al, *Effects of GTL Fuel Properties on DI Diesel Combustion*, 2005.

¹¹⁰ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

¹¹¹ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation BTL (TJ)} = \text{Consommation BTL (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_BTL} \times 780,3 \times 10^{-6}$$

15.4.5.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de Niveau T2.

$$\begin{aligned} \text{Emissions CO}_2 \text{ BTL (kt)} &= \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CO}_2 \text{ BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (kt)} &= \text{Consommation BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (kg/TJ)} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

FE CO₂ BTL : 70 760 kg/TJ

FE CO₂ BTL_{otherfossil} : 70 790 kg/TJ

Les facteurs d'émission du CO₂ pour le BTL proviennent des campagnes de mesures réalisées par Monaco¹¹².

15.4.5.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3. La méthode utilisée pour le CH₄ est une approche de Niveau T1.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ BTL (kt)} = \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ BTL : 10 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5

15.4.5.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de Niveau T1.

$$\text{Emissions N}_2\text{O BTL (kt)} = \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O BTL : 0,6 kg/TJ

Tableau 2.5

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2,

15.4.5.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ BTL (kt)} = \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

¹¹² Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

- $FE_{NOx} = 51 \text{ kg/TJ}$; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- $FE_{CO} = 57 \text{ kg/TJ}$; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- $FE_{NMVOC} = 0,69 \text{ kg/TJ}$; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)

Aucune émission de SO_2 n'est attendue lors de la combustion de BTL¹¹³.

15.4.5.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH_3

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH_3 n'est attendue.

¹¹³ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.
Rapport National d'Inventaire Direction de l'Environnement
2024

15.5 Annexe 3.D. – Combustion stationnaire - 1A2gviii Secteur Industriel

Pour rappel, les émissions du secteur 1A2gviii ont été dissociées de celles du secteur 1A4b où elles étaient initialement reportées de façon globale. En utilisant les répartitions de consommations décrites dans le corps du rapport qui pour rappel sont pour le fioul domestique selon le tableau suivant selon les trois secteurs suivants sur l'ensemble de la série temporelle :

Tableau 53. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Secteur	Répartition
Industrie (1A2gviii)	0,65 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	12,30 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	87,05 %

Les répartitions de données d'activité pour le gaz naturel se font ainsi selon le tableau suivant pour les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi :

Tableau 54. Répartition en % de la quantité de gaz naturel consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Années	≤ 2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Secteur	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition
Industrie (1A2gviii)	9,19 %	9,49 %	9,12 %	10,31 %	2,59 %	1,79 %	1,62%
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	69,46 %	70,02 %	71,35 %	69,24 %	77,63 %	79,39 %	79,06%
Secteur Résidentiel (1A4bi)	21,35 %	20,49 %	19,53 %	20,45 %	19,77 %	18,82 %	19,33%

Enfin, la combustion qui se produit pour ce secteur est la même que celle du secteur résidentiel dans le cas spécifique de la Principauté. La méthodologie de calcul des émissions adoptée est donc la même pour ce secteur que celle du secteur 1A4b. Nous la rappelons ci-après.

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes (GIEC, Lignes directrices, 2006, pp. -Vol.2, Ch.2, équation 2.2) :

$$Emissions\ GES = \sum Emissions\ GES\ combustible$$

15.5.1 Fioul domestique (FOD)

15.5.1.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activités fournies par les distributeurs de fioul domestique français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI) de 42,6 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 845 kg/m³.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation FOD(TJ)} = \text{Consommation FOD(m}^3\text{)} \times \text{PCI} \times 845 \times 10^{-6}$$

15.5.1.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ FOD (kt)} = \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ FOD : 74 523 kg/TJ

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il provient plus précisément de l'équation (17) EMEP/EEA 2019 (update octobre 2019) 1A3b p.43 et de COPERT IV v11 pour ratios HC et OC.

15.5.1.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ FOD (kt)} = \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ FOD : 0,7 kg/TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, les facteurs d'émissions spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisés pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.5.1.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions N}_2\text{O FOD (kt)} = \text{Consommation FOD(TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O FOD : 0,6 kg/TJ Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableaux 2.4 et 2.5.

15.5.1.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, NMVOC et SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$Emissions \propto FOD (kt) = Consommation FOD(TJ) \times FE \propto FOD (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 57 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 0,69 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- Le facteur d'émission du SO_x pour le fioul domestique utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il est déterminé à partir des teneurs en soufre réglementaires et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles FE_{SO_x} varie selon les années, ce facteur d'émission vaut respectivement les valeurs décrites dans le tableau ci-dessous :

	1990 à 1993	1994	1995 à 2007	≥ 2008
FE (kg/TJ)	140,8	129,1	93,9	46,9

15.5.1.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.5.2 Gaz naturel

15.5.2.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activités fournies par la SMEG sont exprimées en GWh et en pouvoir calorifique supérieur (brut), PCS. Afin d'appliquer les facteurs d'émission utilisés ci-dessous, qui sont tous exprimés sur la base des pouvoirs calorifiques nets (inférieurs), le PCS est multiplié par le facteur de conversion de 0,9.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

Conversion d'unité GWh en TJ : 1GWh = 3,6 TJ

$$Consommation GN (TJ) = Consommation GN (GWh) \times 0,9 \times 3,6$$

15.5.2.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1 :

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il s'agit du facteur utilisé par la France. Le gaz naturel consommé à Monaco est importé de France.

Ce facteur est évolutif en fonction des années, FE CO₂ GN vaut respectivement :

Années	1990 1998	à 1999 2011	à 2012	2013	2014
FE (kg/TJ)	56 249	56 287	56 259	56 250	56 321

Années	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
FE (kg/TJ)	56 329	56 292	56 273	56 212	56 212	56 215	56 100

La valeur de ce facteur d'émission est cohérente avec celle du facteur par défaut proposé par le GIEC qui est de 56,1 t de CO₂/TJ. Les valeurs du facteur d'émission utilisé dans le cadre de ces calculs sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95% qui est de [54,3 – 58,3] t de CO₂/TJ. Comme le facteur d'émission considéré ici est un facteur spécifique, la méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

15.5.2.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émissions spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.5.2.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions N}_2\text{O GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émissions spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.5.2.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne le NO_x, le CO, le NMVOC et le SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$Emissions \alpha GN (kt) = Consommation GN (TJ) \times FE \alpha GN (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 26 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 1,9 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{SO_x} = 0,3 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)

15.5.2.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.6 Annexe 3.E. - Autres secteurs du domaine de l'énergie 1A4a Etablissements commerciaux et publics

Pour rappel, les émissions du secteur 1A4a ont été dissociées de celles du secteur 1A4b où elles étaient initialement reportées de façon globale. En utilisant les répartitions de consommations décrites dans le corps du rapport qui pour mémoire sont pour le fioul domestique selon le tableau suivant selon les trois secteurs suivants sur l'ensemble de la série temporelle :

Tableau 55. Répartition en % de la quantité de fioul domestique consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Secteur	Répartition
Industrie (1A2gviii)	0,49 %
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	11,41 %
Secteur Résidentiel (1A4bi)	88,10 %

Les répartitions de données d'activité pour le gaz naturel se font ainsi selon le tableau suivant pour les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi :

Tableau 56. Répartition en % de la quantité de gaz naturel consommé sur les trois secteurs 1A2gviii, 1A4ai et 1A4bi

Années	≤ 2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Secteur	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition	Répartition
Industrie (1A2gviii)	9,19 %	9,49 %	9,12 %	10,31 %	2,59 %	1,79 %	1,62%
Commercial/Institutionnel (1A4ai)	69,46 %	70,02 %	71,35 %	69,24 %	77,63 %	79,39 %	79,06%
Secteur Résidentiel (1A4bi)	21,35 %	20,49 %	19,53 %	20,45 %	19,77 %	18,82 %	19,33%

Enfin, la combustion qui se produit pour ce secteur est la même que celle du secteur résidentiel dans le cas spécifique de la Principauté. La méthodologie de calcul des émissions adoptée est donc la même pour ce secteur que celle du secteur 1A4b. Nous la rappelons ci-après.

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.2 :

$$Emissions\ GES = \sum Emissions\ GES\ combustible$$

15.6.1 Fioul domestique (FOD)

15.6.1.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par les distributeurs de fioul domestique français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur de 42,6 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 845 kg/m.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation FOD(TJ)} = \text{Consommation FOD(m}^3\text{)} \times \text{PCI} \times 845 \times 10^{-6}$$

15.6.1.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ FOD (kt)} = \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ FOD : 74 523 kg/TJ

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il provient plus précisément de l'équation (17) EMEP/EEA 2019 (update octobre 2019) 1A3b p.43 et de COPERT IV v11 pour ratios HC et OC.

15.6.1.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ FOD (kt)} = \text{Consommation FOD (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ FOD : 0,7 kg/TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, les facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisés pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.6.1.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions N}_2\text{O FOD (kt)} = \text{Consommation FOD(TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O FOD : 0,6 kg/TJ Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableaux 2.4 et 2.5.

15.6.1.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, NMVOC et SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$Emissions \propto FOD (kt) = Consommation FOD(TJ) \times FE \propto FOD (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion GB2016)
- FE_{CO} = 57 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion GB2016)
- FE_{NMVOC} = 0,69 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion GB2016)
- Le facteur d'émission du SO_x pour le fioul domestique utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il est déterminé à partir des teneurs en soufre réglementaires et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles FE_{SO_x} varie selon les années, ce facteur d'émission vaut respectivement les valeurs décrites dans le tableau ci-dessous :

	1990 à 1993	1994	1995 à 2007	≥ 2008
FE (kg/TJ)	140,8	129,1	93,9	46,9

15.6.1.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.6.2 Gaz naturel

15.6.2.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par la SMEG sont exprimées en GWh et en pouvoir calorifique supérieur (brut), PCS. Afin d'appliquer les facteurs d'émission utilisés ci-dessous, qui sont tous exprimés sur la base des pouvoirs calorifiques nets (inférieurs), le PCS est multiplié par le facteur de conversion de 0,9.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

Conversion d'unité GWh en TJ : 1GWh = 3,6 TJ

$$Consommation GN (TJ) = Consommation GN (GWh) \times 0,9 \times 3,6$$

15.6.2.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1 :

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il s'agit du facteur utilisé par la France. Le gaz naturel consommé à Monaco est importé de France.

Ce facteur est évolutif en fonction des années, FE CO₂ GN vaut respectivement :

Années	1990 1998	à 1999 2011	à 2012	2013	2014
FE (kg/TJ)	56 249	56 287	56 259	56 250	56 321

Années	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
FE (kg/TJ)	56 329	56 292	56 273	56 212	56 212	56 215	56 100

La valeur de ce facteur d'émission est cohérente avec celle du facteur par défaut proposé par le GIEC qui est de 56,1 t de CO₂/TJ. Les valeurs du facteur d'émission utilisé dans le cadre de ces calculs sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95% qui est de [54,3 – 58,3] t de CO₂/TJ. Comme le facteur d'émission considéré ici est un facteur spécifique, la méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

15.6.2.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.6.2.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$\text{Emissions N}_2\text{O GN (kt)} = \text{Consommation GN (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GN (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.6.2.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne le NO_x, le CO, le NMVOC et le SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$Emissions \alpha GN (kt) = Consommation GN (TJ) \times FE \alpha GN (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion GB2016)
- FE_{CO} = 26 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion GB2016)
- FE_{NMVOC} = 1,9 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion GB2016)
- FE_{SO_x} = 0,3 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion GB2016)

15.6.2.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.7 Annexe 3.E. - Autres secteurs du domaine de l'énergie - 1A4b Secteur résidentiel

Les émissions totales du secteur sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.2 :

$$Emissions\ GES = \sum Emissions\ GES\ combustible$$

15.7.1 Fioul domestique (FOD)

15.7.1.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par les distributeurs de fioul domestique français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur de 42,6 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 823,4 kg/m³.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$Consommation\ FOD(TJ) = Consommation\ FOD(m^3) \times PCI \times 823,4 \times 10^{-6}$$

15.7.1.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

$$Emissions\ CO_2\ FOD\ (kt) = Consommation\ FOD\ (TJ) \times FE\ CO_2\ FOD\ (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

FE CO₂ FOD : 74 523 kg/TJ

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il provient plus précisément de l'équation (17) EMEP/EEA 2019 (update octobre 2019) 1A3b p.43 et de COPERT IV v11 pour ratios HC et OC.

15.7.1.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$Emissions\ CH_4\ FOD\ (kt) = Consommation\ FOD\ (TJ) \times FE\ CH_4\ FOD\ (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

FE CH₄ FOD : 0,7 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

La technologie de combustion de carburant étant connue, les facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisés pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.7.2 Calcul des émissions de N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de niveau Tl.

$$\text{Emissions N}_2\text{O FOD (kt)} = \text{Consommation FOD(TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O FOD : 0,6 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableaux 2.4 et 2.5.

15.7.2.1 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, NMVOC et SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau Tl.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ FOD (kt)} = \text{Consommation FOD(TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ FOD (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 57 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 0,69 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023 Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- Le facteur d'émission du SO_x pour le fioul domestique utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il est déterminé à partir des teneurs en soufre réglementaires et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles FE_{SO_x} varie selon les années, ce facteur d'émission vaut respectivement les valeurs décrites dans le tableau ci-dessous :

	1990 à 1993	1994	1995 à 2007	≥ 2008
FE (kg/TJ)	140,8	129,1	93,9	46,9

15.7.2.2 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.7.3 Gaz naturel

15.7.3.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par la SMEG sont exprimées en GWh et en pouvoir calorifique supérieur (brut), PCS. Afin d'appliquer les facteurs d'émission utilisés ci-dessous,

qui sont tous exprimés sur la base des pouvoirs calorifiques nets (inférieurs), le PCS est multiplié par le facteur de conversion de 0,9.

Avec pour facteur utilisé :
Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1
Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

Conversion d'unité GWh en TJ : 1 GWh = 3,6 TJ

$$Consommation\ GN\ (TJ) = Consommation\ GN\ (GWh) \times 0,9 \times 3,6$$

15.7.3.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1 :

$$Emissions\ CO_2\ GN\ (kt) = Consommation\ GN\ (TJ) \times FE\ CO_2\ GN\ (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Le facteur d'émission du CO₂ utilisé a été fourni par le CITEPA dans le cadre du programme d'assistance. Il s'agit du facteur utilisé par la France qui est le pays d'importation pour le gaz naturel distribué à Monaco.

Ce facteur est évolutif en fonction des années, *FE CO₂ GN* vaut respectivement :

Années	1990 à 1998	1999 à 2011	2012	2013	2014	2015	2016
FE (kg/TJ)	56 249	56 287	56 259	56 250	56 321	56 329	56 292

Années	2017	2018	2019	2020	2021	2022
FE (kg/TJ)	56 273	56 212	56 215	56 215	56 104	55 793

La valeur de ce facteur d'émission est cohérente avec celle du facteur par défaut proposé par le GIEC qui est de 56,1 t de CO₂/TJ. Les valeurs du facteur d'émission utilisé dans le cadre de ces calculs sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95% qui est de [54,3 – 58,3] t de CO₂/TJ. Comme le facteur d'émission considéré ici est un facteur spécifique, la méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T2.

15.7.3.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$Emissions\ CH_4\ GN\ (kt) = Consommation\ GN\ (TJ) \times FE\ CH_4\ GN\ (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GN: 1 kg / TJ Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.7.3.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3.

$$Emissions\ N_2O\ GN\ (kt) = Consommation\ GN\ (TJ) \times FE\ N_2O\ GN\ (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

FE N₂O GN: 1 kg / TJ
Ch.2, Tableaux 2.9 et 2.10.

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2,

La technologie de combustion de carburant étant connue, l'utilisation des facteurs d'émission spécifiques des tableaux 2.9 et 2.10 peuvent être utilisées pour la mise en œuvre d'une approche de niveau T3.

15.7.3.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne le NO_x, le CO, le NMVOC et le SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$Emissions\ \alpha\ GN\ (kt) = Consommation\ GN\ (TJ) \times FE\ \alpha\ GN\ (kg/TJ) \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 26 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 1,9 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{SO_x} = 0,3 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019
Tab.3-4 (1.A.4. Small Combustion)

15.7.3.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.7.4 Gaz de pétrole liquéfié/ Gaz de pétrole liquéfié bio

Les caractéristiques du GPL « bio » sont comparables à celles du GPL fossile. Il s'agit d'un GPL fabriqué 100% à partir de biomasse. Il a été fait le choix d'utiliser la même valeur de PCI que celle décrite ci-après pour le GPL « fossile » ainsi que les mêmes méthodologies de calculs des émissions de GES, avec les mêmes valeurs de facteurs d'émission.

15.7.4.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activité fournies par les distributeurs de gaz de pétrole liquéfié français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en kg. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur de 46 TJ/kt a été appliqué.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation GPL (TJ)} = \text{Consommation GPL (kg)} \times \text{PCI (TJ/kg)}$$

15.7.4.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de niveau T1 :

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ GPL : 63 100 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5.

15.7.4.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3 :

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GPL : 5,0 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5.

15.7.4.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de niveau T1 :

$$\text{Emissions N}_2\text{O GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GPL : 0,1 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5.

15.7.4.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO, NMVOC et SO_x.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau T1.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ GPL (kt)} = \text{Consommation GPL (TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ GPL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4
(1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 26 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4
(1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 1,90 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019 Tab.3-4
(1.A.4. Small Combustion)
- FE_{SO_x} = 2,2 kg/TJ ; CPDP 2013 p.161

15.7.4.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

15.7.5 Gas To Liquid (GTL)

15.7.5.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les données d'activités fournies par les distributeurs de GTL français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI_GTL) de 43,9 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 777,5 kg/m³ provenant de la même source ¹¹⁴.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation GTL (TJ)} = \text{Consommation GTL (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_GTL} \times 777,5 \times 10^{-6}$$

15.7.5.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de Niveau T2.

$$\text{Emissions CO}_2 \text{ GTL(kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CO₂ GTL : 70 790 kg/TJ

Le facteur d'émission du CO₂ pour le GTL provient des campagnes de mesures réalisées par Monaco¹.

15.7.5.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3. La méthode utilisée pour le CH₄ est une approche de Niveau T1.

¹¹⁴ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

$$\text{Emissions } \text{CH}_4 \text{ GTL (kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE } \text{CH}_4 \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ GTL : 10 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2,
Tableau 2.5

15.7.5.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de Niveau TI.

$$\text{Emissions } \text{N}_2\text{O GTL (kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE } \text{N}_2\text{O GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O GTL : 0,6 kg/TJ
Tableau 2.5

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2,

15.7.5.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

Dans le cas de la combustion stationnaire, aucune étude ne préconise de réduction des émissions des gaz à effet de serre indirects, les facteurs d'émission des NO_x, CO et NMVOC pour le GTL sont les mêmes que ceux utilisés pour le FOD qui est le combustible le plus proche en termes d'usage dans le secteur. La méthode de calcul des gaz à effet de serre indirects qui sont des gaz précurseurs est présentée ci-dessous. Celle-ci concerne NO_x, CO et NMVOC.

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau TI.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ GTL (kt)} = \text{Consommation GTL (TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ GTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 57 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 0,69 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)

Aucune émission de SO₂ n'est attendue lors de la combustion de GTL¹¹⁵.

15.7.5.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

¹¹⁵ Etude de Kitano et al, *Effects of GTL Fuel Properties on DI Diesel Combustion*, 2005.

15.7.6 Biomass To Liquid (BTL)

15.7.6.1 DONNÉES D'ACTIVITÉ

Les données d'activités fournies par les distributeurs de BTL français et monégasques opérant à Monaco sont exprimées en m³. Afin d'obtenir ces données exprimées en TJ, un pouvoir calorifique inférieur (PCI_BTL) de 43,9 TJ/kt a été appliqué ainsi qu'une masse volumique de 780,3 kg/m³ provenant de la même source ¹¹⁶. Une part non bio pour la production du BTL est déduite de la consommation de BTL et reportée au sein de la catégorie « *other fossil* », cette part représente 1,1% ¹¹⁷ de la part totale de BTL. L'ensemble des facteurs d'émission est identique pour la part d'*other fossil* à celle du reste du BTL, seule celui du CO₂ change. Nous appliquons la méthodologie décrite ci-dessous, sans distinguer, en dehors du CO₂, les deux parts.

Avec pour facteur utilisé :

Fraction oxydée : 1 Selon les lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1

Le FE tient compte du facteur d'oxydation dans le cas du CO₂.

$$\text{Consommation BTL (TJ)} = \text{Consommation BTL (m}^3\text{)} \times \text{PCI\_BTL} \times 780,3 \times 10^{-6}$$

15.7.6.2 CALCUL DES EMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le CO₂ est une approche de Niveau T2.

$$\begin{aligned} \text{Emissions CO}_2 \text{ BTL (kt)} &= \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6} \\ \text{Emissions CO}_2 \text{ BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (kt)} &= \text{Consommation BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (TJ)} \times \text{FE CO}_2 \text{ BTL}_{\text{otherfossil}} \text{ (kg/TJ)} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

FE CO₂ BTL : 70 760 kg/TJ

FE CO₂ BTL_{otherfossil} : 70 790 kg/TJ

Les facteurs d'émission du CO₂ pour le BTL proviennent des campagnes de mesures réalisées par Monaco¹.

15.7.6.3 CALCUL DES EMISSIONS DE CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.3. La méthode utilisée pour le CH₄ est une approche de Niveau T1.

$$\text{Emissions CH}_4 \text{ BTL (kt)} = \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE CH}_4 \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE CH₄ BTL : 10 kg/TJ

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2, Tableau 2.5

¹¹⁶ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

¹¹⁷ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

15.7.6.4 CALCUL DES EMISSIONS DE N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour le N₂O est une approche de Niveau TI.

$$\text{Emissions N}_2\text{O BTL (kt)} = \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

FE N₂O BTL : 0,6 kg/TJ
Tableau 2.5

Lignes directrices 2006 du GIEC, Vol.2, Ch.2,

15.7.6.5 FORMULES DES EMISSIONS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE INDIRECTS

Les émissions de NO_x, CO, NMVOC et SO_x sont calculées selon la formule des lignes directrices 2006 du GIEC-Vol.2, Ch.2, équation 2.1. La méthode utilisée pour ces gaz est une approche de niveau TI.

$$\text{Emissions } \alpha \text{ BTL (kt)} = \text{Consommation BTL (TJ)} \times \text{FE } \alpha \text{ BTL (kg/TJ)} \times 10^{-6}$$

Avec : - α = NO_x, CO, NMVOC ou SO_x ;

- FE_{NO_x} = 51 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{CO} = 57 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)
- FE_{NMVOC} = 0,69 kg/TJ ; EMEP/EEA emission inventory guidebook 2023
Tab.3-5 (1.A.4. Small Combustion)

Aucune émission de SO₂ n'est attendue lors de la combustion de BTL¹¹⁸.

15.7.6.6 CALCUL DES EMISSIONS DE NH₃

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de NH₃ n'est attendue.

¹¹⁸ Note de positionnement de la Principauté de Monaco quant aux facteurs d'émission et caractéristiques spécifiques à utiliser pour les combustibles liquides. Citepa. Février 2024.

ANNEXE 4 – Bilan Energétique

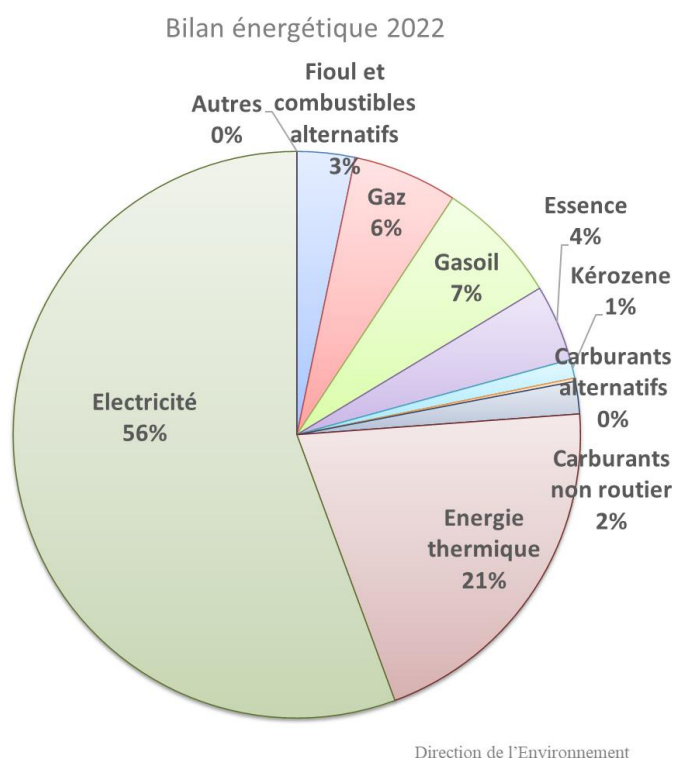
Cette annexe présente le bilan énergétique de Monaco pour l'année 2022.

L'électricité consommée à Monaco est pour la majeure partie importée de France. La seule production d'électricité de Monaco est celle de l'alternateur de l'usine d'incinération, complétée par une production photovoltaïque de faible importance

Monaco possède, grâce à ses caractéristiques géographiques, la particularité d'avoir développé des systèmes de chauffage et de climatisation par pompes à chaleur sur eau de mer dont la part d'énergie renouvelable produite est importante.

Monaco dispose également d'un réseau de chaleur alimenté dont la production de chaleur et de froid a pour origine l'usine d'incinération (vapeur) et l'eau de mer.
Des réseaux de chaleur alimenté par eau de mer sont en cours de mise ne service.

Les combustibles liquides (fiouls), les carburants (essence et diesel) et le gaz sont importés dans leur totalité de France.



ANNEXE 5- Informations complémentaires

17.1 Equipe nationale en charge de l'inventaire national et du registre d'émissions de gaz à effet de serre.

17.1.1 Entité

Direction de l'Environnement
Directeur : Valérie DAVENET
Le Triton
5, rue du Gabian
MC 98000 MONACO
Tél. : (+377) 98 98 83 41
Fax : (+377) 92 05 28 91
e-mail : environnement@gouv.mc
Web : <http://www.gouv.mc/Gouvernement-et-Institutions/Le-Gouvernement/Departement-de-l-Equipement-de-l-Environnement-et-de-l-Urbanisme/Direction-de-l-Environnement>

17.1.2 Inventaire national

17.1.2.1 POINT DE CONTACT

M. Jérémie CARLES
Chef de Division
Division Energie Climat
Direction de l'Environnement
Le Triton
5, rue du Gabian
MC 98000 MONACO
Tél. : (+377) 98 98 81 79
Fax : (+377) 92 05 28 91
e-mail : jcarles@gouv.mc

17.1.2.2 AUTEURS

Mme Jessica ASTIER	Direction de l'Environnement
Mme Karine BATTISTI	Direction de l'Environnement
M. Jérémie CARLES	Direction de l'Environnement
Mme Laure CHEVALLIER	Direction de l'Environnement
Mme Céline GINDRE	Direction de l'Environnement
Mme Laetitia REBAUDENGO	Direction de l'Environnement

17.1.3 Point focal pour la Convention-cadre des Nations unies pour les changements climatiques :

Mme Chrystel CHANTELOUBE
Chef de Division
Département des Relations Extérieures et de la Coopération
Place de la visitation
MC 98000 MONACO
MONACO
Tél. : (+377) 98 98 44 57
e-mail : c.chanteloubes@gouv.mc

17.2 Résumé du Contrôle qualité / Assurance Qualité

Les procédures mentionnées dans le plan contrôle qualité / assurance qualité ont été mises en œuvre.

17.2.1 Contrôle qualité

Pour chacun des secteurs, les fiches de calculs et leurs prétraitements ont fait l'objet de vérifications par un tiers expert, puis par le coordonnateur et le cas échéant par le responsable de l'assurance qualité.

La compilation des données dans le CRT et le rapportage dans le NIR ont également fait l'objet de vérifications.

Pour chaque fiche de calcul, les potentielles erreurs ont été remontées par le vérificateur à l'expert qui a opéré les vérifications et éventuelles corrections nécessaires.

L'ensemble des fiches de contrôle qualité, dont un modèle est présenté Figure 203. Fiche Contrôle Qualité, sont archivées.

Figure 203. Fiche Contrôle Qualité

Soumission	Secteur	Catégorie										
NIR 2021												
N°	Objet	Objet 2	Procédure	Responsable	Initiale	Contrôle réalisé				Action corrective		commentaire
						Date	Contrôle (O/NC)	Erreur (O/N)	Descriptif / Commentaires	Date	Descriptif / Commentaires	
1	Vérifier les références, suivis et format de la fiche de calcul	La description des suivis est-elle renseignée et suffisamment détaillée?	Contrôle catégorie	Vérificateur								
		Les unités figurent-elles dans les onglets de calculs et "générique"?	Contrôle catégorie	Vérificateur								
		Les codes couleurs sont-ils respectés	Contrôle catégorie	Vérificateur								
		Les références sont-elles claires et correctement renseignées	Contrôle catégorie	Vérificateur								
2	Valider les modifications méthodologiques		Contrôle catégorie	Responsable QA								
3	Vérifier que les hypothèses et critères pour la sélection des données sur les activités, les facteurs d'émission et autres paramètres d'estimation sont documentés.	Vérifier dans la feuille "générique" que les éléments sont mentionnés, clairs et à jour	Contrôle catégorie	Coordonateur								
		Vérifier que les éléments sont cohérents avec les méthodes choisies	Contrôle catégorie	Vérificateur								
		Vérifier que les non conformités enregistrées dans RISQ ont été prises en compte	Contrôle catégorie	Vérificateur								
4	Vérifier que l'ensemble des données d'activité ont été collectées et correctement renseignées		Contrôle catégorie	Expert								
5	Vérifier l'absence d'erreur de transcription dans les entrées de données et les références (Fichier Prétraitement et Fichier de calcul)		Contrôle catégorie	Expert								
			Vérification par échantillonnage	Vérificateur								
6	Vérifier que les paramètres et les unités d'émission sont consignés correctement et que les facteurs de conversion appropriés sont utilisés.	Vérifier que les unités sont utilisées correctement du début à la fin des calculs.	Contrôle catégorie	Expert								
			Vérification par échantillonnage	Vérificateur								
		Vérifier que les facteurs d'émission et de conversion sont corrects.	Contrôle catégorie	Expert								
			Vérification par échantillonnage	Vérificateur								

7	Vérifier que les prétraitements et les émissions sont calculées correctement.	Vérifier que les éléments sont cohérents avec les méthodes choisies	Contrôle catégorie	Vérificateur								
		Vérifier l'absence d'erreur de calcul	Vérification par échantillonnage	Vérificateur								
		Vérifier les contrôles interne de la fiche (entre les calculs et les exports)	Contrôle catégorie	Vérificateur								
8	Vérifier la cohérence des données	Vérifier la cohérence des données du secteur et de chaque fournisseur de données sur la série temporelle	Contrôle catégorie	Expert								
			Vérification par échantillonnage	Coordonateur								
9	Vérifier que les incertitudes des émissions et absorptions sont estimées ou calculées correctement.	Vérifier que les incertitudes calculées sont complètes et calculées correctement.	Vérifier que le calcul des incertitudes est complet	Coordonateur								
			Vérifier que les incertitudes sont calculées correctement	Vérificateur								
10	Vérifier la cohérence de la série temporelle.	Vérifier la cohérence temporelle des données d'entrée de la série temporelle pour chaque catégorie de source et de la méthode utilisée pour les calculs .	Contrôle catégorie	Coordonateur								
			Vérifier que les calculs sont cohérents avec la nouvelle méthode	Vérificateur								
		Vérifier les changements méthodologiques et de données qui mènent à des recalculs	Vérifier les recalculs	Vérificateur								
11	Vérifier l'exhaustivité.	Confirmer que les estimations sont présentées pour tous les gaz et polluants et pour toutes les années, depuis l'année de référence appropriée jusqu'à la période de l'inventaire courant	Contrôle catégorie	Vérificateur								
		Vérifier que les lacunes connues en matière de données, à l'origine d'estimations incomplètes sont documentées, y compris une évaluation qualitative de l'importance de l'estimation par rapport aux émissions totales (par exemple, sous-catégories classées comme « non estimées », voir Chapitre 8, Directives sur l'établissement des rapports et tableaux)	Contrôle catégorie	Coordonateur								

12	Vérification des tendances	Pour chaque catégorie de source, comparer les estimations de l'inventaire courant à celles des inventaires antérieurs, si elles sont disponibles. En cas de variations importantes ou de variations par rapport à des tendances prévues, vérifier de nouveau les estimations et expliquer toute différence. Des variations importantes des émissions ou absorptions par rapport aux années précédentes peuvent indiquer des erreurs possibles d'entrée ou de calcul.	Tous secteurs	Coordonateur								
13	Effectuer un examen de la documentation interne et de l'archivage.	Vérifier que les données d'inventaire, données justificatives et dossiers sont archivés et stockés pour faciliter un examen détaillé	Contrôle catégorie	Coordonateur								

17.2.2 Plan QA/QC

Le Plan QA/QC précise le système national, les rôles et responsabilités de chaque agent, la structure des fiches de calculs, les étapes d'élaboration des inventaires et les procédures d'Assurance Qualité et de Contrôle Qualité qui doivent être mises en œuvre à chacune des étapes et pour chaque catégorie pour répondre aux caractéristiques formulées dans les « Lignes directrices du GIEC-2006 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre », et dans la décision 18/CMA.1, à savoir : cohérence des séries temporelles, exactitude des estimations, transparence des méthodes et données, comparabilité de l'inventaire.

Chaque fiche de calcul répond désormais de la même structure afin de faciliter la lecture, les contrôles et éventuellement la transmission de la responsabilité de la catégorie à un autre agent. Elle comporte en dehors des calculs les feuilles suivantes :

- Générique, qui mentionne le secteur couvert, les activités traitées, les substances couvertes et la méthodologie utilisée.
- Suivi, qui trace l'ensemble des modifications apportées à la feuille de calcul et les validations de ces modifications depuis son élaboration (si postérieure à 2018)
- Substances, identifie l'ensemble des substances devant être estimées.
- Références, comporte l'ensemble des références utilisées pour l'estimation des émissions
- Exports, comporte les exports vers le CRT et RISQ

Pour chaque fiche de calcul, une fiche de contrôle qualité est associée, présentée en Figure 203. Fiche Contrôle Qualité. Cette fiche a été enrichie dans le cadre du NIR 2022. Le contrôle qualité et la fiche de contrôle qualité sont renseignées par 4 agents différents :

- L'expert en charge des calculs de la catégorie,
- Le vérificateur qui effectue le contrôle qualité de la catégorie,
- Le coordonnateur qui réalise un contrôle final,
- Le cas échéant, le responsable Assurance Qualité lors de changement méthodologiques.

17.3 Tableaux CRT SUMMARY 2

Résultats pour la Monaco selon le périmètre et le format au titre de la CCNUCC
Cette Annexe contient les tables « Summary 2 » CCNUCC (CRT) pour l'année de référence 1990 et l'année 2022.

17.3.1 Résultats pour la Principauté de Monaco selon le périmètre et le format au titre de la CCNUCC pour l'année 1990

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO₂ EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

1990
MCO-CRT-2024-V0.1
Monaco

[Back to Index](#)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	Unspecified mix of HFCs and PFCs	SF ₆	NF ₃	Total
	CO ₂ equivalents (kt) ⁽²⁾								
Total (net emissions) ⁽¹⁾	96,86	2,46	1,99	IE,NO	IE,NO	NO	0,08	NO	101,40
1. Energy	96,95	2,32	1,44						100,71
1.A. Fuel combustion	96,94	0,33	1,44						98,72
1.A.1. Energy industries	17,02	0,00	0,65						17,67
1.A.2. Manufacturing industries and construction	3,59	0,00	0,26						3,85
1.A.3. Transport	34,46	0,32	0,43						35,20
1.A.4. Other sectors	41,88	0,01	0,11						42,00
1.A.5. Other	NO	NO	NO						NO
1.B. Fugitive emissions from fuels	0,01	1,98	NO						1,99
1.B.1. Solid fuels	NO	NO	NO						NO
1.B.2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	0,01	1,98	NO						1,99
1.C. CO ₂ transport and storage	NO								NO
2. Industrial processes and product use	0,04	0,00	0,02	IE,NO	IE,NO	NO	0,08	NO	0,15
2.A. Mineral industry	NO	NO	NO						NO
2.B. Chemical industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Metal industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,00	0,00						0,04
2.E. Electronic industry			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Product uses as ODS substitutes				IE,NO	IE,NO	NO	NO	NO	IE,NO
2.G. Other product manufacture and use	NO	NO	0,02	NO	NO	NO	0,08		0,11
2.H. Other	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
3. Agriculture	NO	NO	NO						NO
3.A. Enteric fermentation		NO							NO
3.B. Manure management		NO	NO						NO
3.C. Rice cultivation		NO							NO
3.D. Agricultural soils		NO	NO						NO
3.E. Prescribed burning of savannahs		NO	NO						NO
3.F. Field burning of agricultural residues		NO	NO						NO
3.G. Liming	NO								NO
3.H. Urea application	NO								NO
3.I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
3.J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry ⁽¹⁾	-0,12	NO	0,01						-0,11
4.A. Forest land	NO	NO	NO						NO
4.B. Cropland	NO	NO	NO						NO
4.C. Grassland	NO	NO	NO						NO
4.D. Wetlands	NO	NO	NO						NO
4.E. Settlements	-0,12	NO	0,01						-0,11
4.F. Other land	NO	NO	NO						NO
4.G. Harvested wood products	NO								NO
4.H. Other	NO	NO	NO						NO
5. Waste	IE,NO	0,15	0,51						0,66
5.A. Solid waste disposal		NO							NO
5.B. Biological treatment of solid waste		NO	NO						NO
5.C. Incineration and open burning of waste	IE,NO	IE,NO	IE,NO						IE,NO
5.D. Waste water treatment and discharge		0,15	0,51						0,66
5.E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other (as specified in summary 1)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Memo items: ⁽³⁾									
1.D.1. International bunkers	6,67	0,04	0,05						6,76
1.D.1.a. Aviation	2,35	0,03	0,02						2,39
1.D.1.b. Navigation	4,32	0,01	0,03						4,37
1.D.2. Multilateral operations	NO	NO	NO						NO
1.D.3. CO₂ emissions from biomass	28,56								28,56
1.D.4. CO₂ captured	NO								NO
5.F.1. Long-term storage of C in waste disposal sites	NO								NO
Indirect N₂O			NE,NO						

Indirect CO₂ ⁽⁴⁾	0,24								

Total CO₂ equivalent emissions without LULUCF	101,51
Total CO₂ equivalent emissions with LULUCF	101,40
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, without LULUCF	101,75
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, with LULUCF	101,63

17.3.2 Résultats pour la Principauté de Monaco selon le périmètre et le format au titre de la CCNUCC pour l'année 2022

SUMMARY 2 SUMMARY REPORT FOR CO₂ EQUIVALENT EMISSIONS
(Sheet 1 of 1)

2022
MCO-CRT-2024-V0.1
Monaco

[Back to Index](#)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	Unspecified mix of HFCs and PFCs	SF ₆	NF ₃	Total
	CO ₂ equivalents (kt) ⁽²⁾								
Total (net emissions) ⁽¹⁾	57,37	0,83	2,29	5,84	IE,NO	NO	0,13	NO	66,46
1. Energy	57,41	0,76	1,69						59,85
1.A. Fuel combustion	57,41	0,16	1,69						59,25
1.A.1. Energy industries	18,49	0,00	0,84						19,33
1.A.2. Manufacturing industries and construction	3,82	0,01	0,48						4,31
1.A.3. Transport	19,02	0,12	0,30						19,43
1.A.4. Other sectors	16,08	0,03	0,06						16,18
1.A.5. Other	NO	NO	NO						NO
1.B. Fugitive emissions from fuels	0,00	0,60	NO						0,60
1.B.1. Solid fuels	NO	NO	NO						NO
1.B.2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	0,00	0,60	NO						0,60
1.C. CO ₂ transport and storage	NO								NO
2. Industrial processes and product use	0,04	0,00	0,21	5,84	IE,NO	NO	0,13	NO	6,22
2.A. Mineral industry	NO	NO	NO						NO
2.B. Chemical industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Metal industry	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D. Non-energy products from fuels and solvent use	0,04	0,00	0,00						0,05
2.E. Electronic industry			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Product uses as ODS substitutes				5,84	IE,NO	NO	NO	NO	5,84
2.G. Other product manufacture and use	NO	NO	0,20	NO	NO	NO	0,13		0,33
2.H. Other	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
3. Agriculture	NO	NO	NO						NO
3.A. Enteric fermentation		NO							NO
3.B. Manure management		NO	NO						NO
3.C. Rice cultivation		NO							NO
3.D. Agricultural soils		NO	NO						NO
3.E. Prescribed burning of savannahs		NO	NO						NO
3.F. Field burning of agricultural residues		NO	NO						NO
3.G. Liming	NO								NO
3.H. Urea application	NO								NO
3.I. Other carbon-containing fertilizers	NO								NO
3.J. Other	NO	NO	NO						NO
4. Land use, land-use change and forestry ⁽¹⁾	-0,08	NO	0,01						-0,07
4.A. Forest land	NO	NO	NO						NO
4.B. Cropland	NO	NO	NO						NO
4.C. Grassland	NO	NO	NO						NO
4.D. Wetlands	NO	NO	NO						NO
4.E. Settlements	-0,08	NO	0,01						-0,07
4.F. Other land	NO	NO	NO						NO
4.G. Harvested wood products	NO								NO
4.H. Other	NO	NO	NO						NO
5. Waste	IE,NO	0,07	0,39						0,46
5.A. Solid waste disposal		NO							NO
5.B. Biological treatment of solid waste		NO	NO						NO
5.C. Incineration and open burning of waste	IE,NO	IE,NO	IE,NO						IE,NO
5.D. Waste water treatment and discharge		0,07	0,39						0,46
5.E. Other	NO	NO	NO						NO
6. Other (as specified in summary 1)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

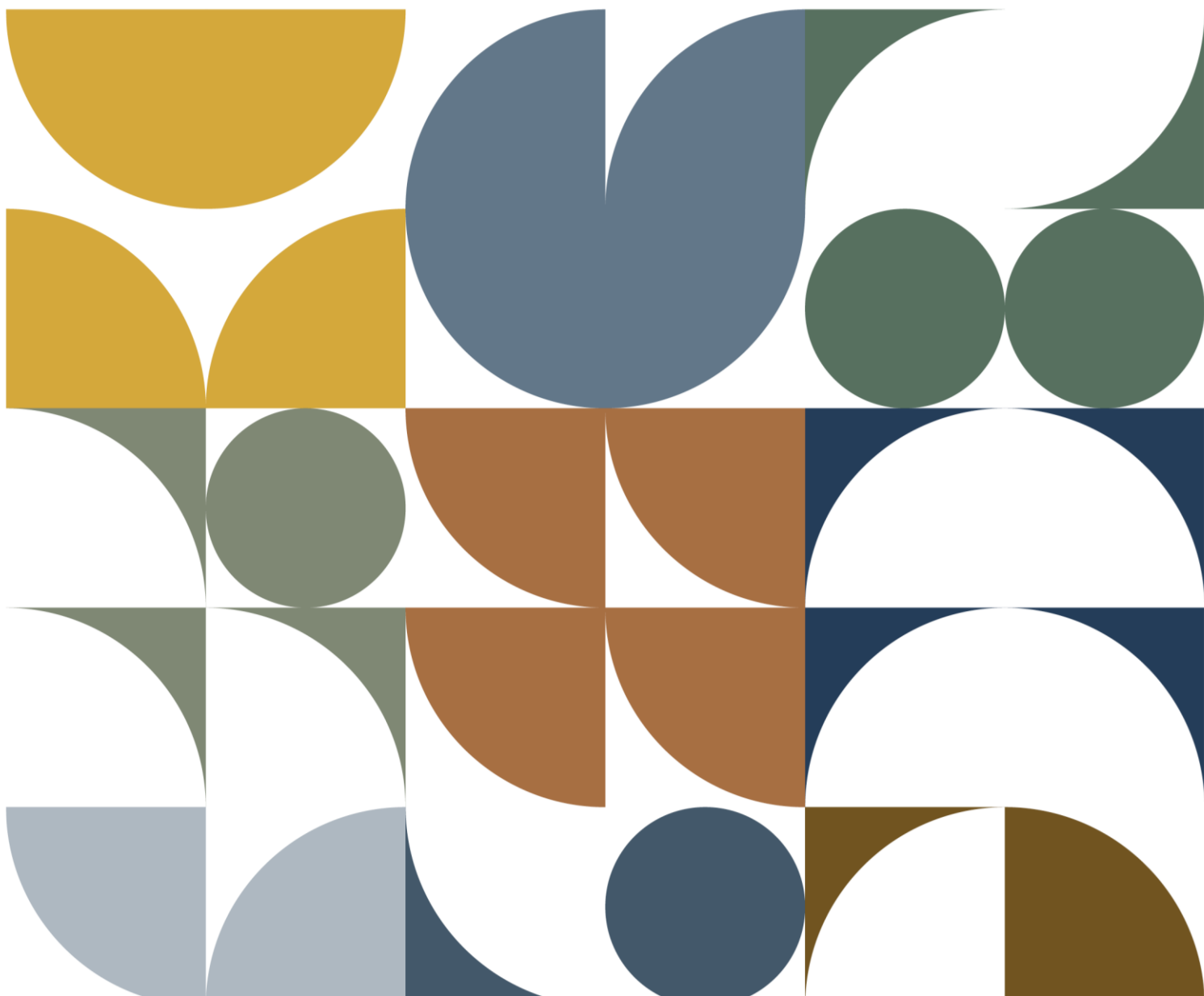
Memo items: ⁽³⁾									
1.D.1. International bunkers	10,95	0,03	0,08						11,07
1.D.1.a. Aviation	2,35	0,01	0,02						2,38
1.D.1.b. Navigation	8,60	0,02	0,07						8,69
1.D.2. Multilateral operations	NO	NO	NO						NO
1.D.3. CO ₂ emissions from biomass	34,55								34,55
1.D.4. CO ₂ captured	NO								NO
5.F.1. Long-term storage of C in waste disposal sites	NO								NO
Indirect N₂O			NE,NO						

Indirect CO₂ ⁽⁴⁾	0,23								

Total CO₂ equivalent emissions without LULUCF	66,53
Total CO₂ equivalent emissions with LULUCF	66,46
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, without LULUCF	66,76
Total CO₂ equivalent emissions, including indirect CO₂, with LULUCF	66,69

- (API), A. P. (2021). *Compendium of GHG Emissions Methodologies for the Natural Gas and Oil Industry*. Récupéré sur <https://www.api.org/~media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>
- 2014, C. à.-L. (s.d.). Hypothèses de calculs du km moyen annuel parcouru, par catégorie de véhicule.
- ADEME. (2010). *MODECOM 2007 - Campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers et assimilés*.
- ADEME. (2019). *Mesures de performances environnementales sur huit autobus EURO III/EURO IV/EURO V/EURO VI alimentés successivement en gazole et GTL*.
- ADEME/DIREM. (2002). *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants*.
- Agence Internationale de l'Energie, E. (s.d.). *Dernières valeurs d'équivalences énergétiques (PCI) recommandées par les organisations internationales*.
- ARMINES. (2006). *Inventaires et prévisions des fluides frigorigènes et de leurs émissions 2004*. ADEME.
- ATMOSUD. (2021). *Rapport d'Inventaire de la Qualité de l'Air à Monaco*. Direction de l'Environnement.
- Barbusse.S. (2001). *La climatisation automobile*. ADEME.
- BARRAULT - ARMINES CES , D.-E.-T.-C.-S. (2014). Alternatives aux HFC à fort GWP dans les applications de la réfrigération et de la climatisation. ADEME. Récupéré sur <https://www.ces.minesparis.psl.eu/Donnees/data08/883-Rapport-alternative-HFC-20131127-1.pdf>
- BARRAULT.S, SABAS, ARMINES, C., & ADEME. (s.d.). *Inventaire des émissions des fluides frigorigènes et leurs prévisions d'évolutions jusqu'en 2025*. ADEME. Récupéré sur <https://librairie.ademe.fr/air-et-bruit/3051-inventaire-des-emissions-des-fluides-frigorigenes-et-leurs-previsions-d-evolutions-jusqu-en-2025.html#>
- BEHR&HELLA. (2014). *Refrigerant and oil filling quantities passenger cars ans commercial vehicles*.
- CITEPA. (18ème édition). *OMINEA*.
- CITEPA. (2022). *Données relatives aux combustibles liquides et aux biocarburants en France*.
- Commission.Européenne. (2016). Directive 2006/40/CE sur les émissions provenant des systèmes de climatisation des véhicules à moteur. (J. officel, Éd.) Récupéré sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0040&from=DA>
- Direction de l'Aménagement Urbain. (2011). *Code de l'arbre*.
- Direction de l'Aménagement Urbain. (2006). *Enquête sur tous les arbres et les volumes du houppier*.
- Direction de l'Aménagement Urbain. (2021). *Surface totale des espaces verts, variation de 1990 à 2021 à Monaco*.
- Element.Energy. (s.d.). *Modélisation du parc routier monégasque à l'horizon 2030 : étude prospective Element Energy*. Direction de l'environnement.
- EMEP/EEA. (2019). *Air pollutant emission inventory guidebook*.
- GIEC. (2006). *Lignes directrices*.
- GIEC. (s.d.). *Guide des bonnes pratiques*.
- IMSEE. (2022). *Monaco en chiffres*.
- INSEE. (s.d.). *Données de population métropolitaine*.

- Koji Kitano, I. S. (2005). Effects of GTL Fuel Properties on DI Diesel Combustion. (S. International, Ed.) 114, pp. 1415-1425 (11 pages). Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/44721055>
- Lyon, I., CEMAGREF, & SUEZ. (s.d.). Caractérisation des refus de dégrillage de la station d'épuration de Givors (Rhône-Alpes) : mise en oeuvre d'un plan d'échantillonnage et présentation des résultats.
- NRF. (2020). *R134a-R1234yf_Airconditioning_Filling_Chart*. Récupéré sur [nrf.eu: https://www.nrf.eu/wp-content/uploads/2020/03/NRF-Air-Conditioning-Filling-Chart-R134a-R1234yf-2020-lowres.pdf](https://www.nrf.eu/wp-content/uploads/2020/03/NRF-Air-Conditioning-Filling-Chart-R134a-R1234yf-2020-lowres.pdf)
- Parlement-Européen. (2004). Directive 2004/26/CE du Parlement européen et du Conseil, du 21 avril 2004, modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des. Journal officiel de l'Union Européenne. Récupéré sur <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:225:0003:0107:FR:PDF>
- Pulles T, D. H. (2012). Emission factors for heavy metals from diesel and petrol used in European vehicles. *Atmospheric Environment*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231012006942>
- SMEaux. (2021). *Rapport annuel d'exploitation U.T.E.R, compte-rendu technique*.
- SMEaux. (2021). *Rapports d'analyse des eaux résiduaires de l'U.T.E.R*.
- SMEG. (2021). *Rapport annuel*.
- SODAE. (2017). *Campagnes de caractérisation du gisement de déchets de Monaco*. Direction de l'Environnement.
- Thermexcel. (s.d.). *Units of volume and pressure in gas industry, calorific value, heat value, gas and liquefied oil, useful output, etc*. Récupéré sur [Thermexcel: https://www.thermexcel.com/english/ressourc/fuelgas.htm](https://www.thermexcel.com/english/ressourc/fuelgas.htm)
- TNO. (2014). *Assessment of pollutant emissions with GTL fuel as a drop in fuel for medium and heavy duty vehicles, inland shipping and non-road machines*. Récupéré sur <https://publications.tno.nl/publication/34616397/kmOkXf/TNO-2014-R10588-GTL.pdf>
- UNFCCC. (s.d.). Protocole de Kyoto à la convention cadres des Nations Unies. Récupéré sur <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>
- Winfried.Schwarz.(Öko-Recherche), & Jochen.Harnisch.(Ecofys). (2013). *Establishing the leakage Rates of Mobile air Conditioner (B4-3040/2002/337136/MAR/C1)*,. European Commission (DG Environment). Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/leakage_rates_final_report_en.pdf



Direction de l'Environnement

Le Triton
5, avenue du Gabian
98000 Monaco
Tél : +377 98 98 81 79
Fax : +377 92 05 28 91
environnement@gouv.mc
www.gouv.mc