



# Scénarios prospectifs Energie - Climat - Air pour la France à l'horizon 2035

Scénario AME 2016-17

Rapport d'analyse : Emissions de GES

**MEEM - DGEC**

**Mars 2017**



Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique





# Scénarios prospectifs Energie - Climat - Air pour la France à l'horizon 2035

Scénario AME 2016-17

Rapport d'analyse : Emissions de GES

Mars 2017

<b>Rédaction</b>		
	<i>Nom, Fonction au sein du CITEPA</i>	<i>Organisme</i>
<b>Rédacteur principal</b>	NICCO L, Responsable d'unité	CITEPA
<b>Contributeur(s)</b>	GUEGUEN C, Responsable d'unité ANDRE JM, Responsable d'unité MATHIAS E, Responsable d'unité DURAND A, Ingénieur d'Etudes	CITEPA

<b>Vérification</b>		
	<i>Nom, Fonction au sein du CITEPA</i>	<i>Date</i>
<b>Vérification</b>	VINCENT J, Resp. de département	30/03/2017
<b>Approbation finale</b>	ALLEMAND N, Directrice adjointe	30/03/2017

Référence CITEPA | Rapport\_GES\_AME2016-17\_indA.docx

Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA)  
42, rue de Paradis - 75010 PARIS - Tel. 01 44 83 68 83 - Fax 01 40 22 04 83  
[www.citepa.org](http://www.citepa.org) | [infos@citepa.org](mailto:infos@citepa.org)



# SOMMAIRE

SOMMAIRE .....	5
1. Préambule .....	6
2. Emissions totales de GES selon les différents périmètres géographiques.....	7
2.1 Périmètre Métropole .....	7
2.2 Périmètre Kyoto .....	8
2.3 Périmètre CCNUCC (France entière) .....	9
3. Projections GES selon les différents secteurs d'activités – périmètre Métropole.....	10
3.1 Part des différents secteurs d'activités dans les émissions totales (hors UTCF).....	10
3.2 Energie (CRF 1) – combustion de combustibles .....	10
3.3 Procédés et autres utilisations de produits (CRF 2) .....	37
3.4 Agriculture (CRF 3).....	50
3.5 UTCATF (CRF 4).....	67
3.6 Déchets (CRF 5) .....	74
4. Projections GES selon les différents secteurs d'activités – périmètre Outre-mer (DOM et COM)79	
4.1 Part des différents secteurs d'activités dans les émissions totales (hors UTCF).....	79
4.2 Energie (CRF 1) .....	80
4.3 Procédés et autres utilisations de produits (CRF 2) .....	97
4.4 Agriculture (CRF 3).....	102
4.5 UTCATF (CRF 4).....	103
4.6 Déchets (CRF 5) .....	104
Table des figures.....	107
Table des Tableaux .....	107

# 1. Préambule

Le présent rapport présente une analyse et une comparaison des émissions de GES de l'AME 2014-15 et de l'AME 2016-17 pour les périmètres géographiques de rapportage suivant :

- Métropole : concerne le territoire métropolitain (dont la Corse)
- Outre-mer : concerne les DOM (aussi appelés territoires d'Outre-Mer hors PTOM<sup>1</sup>) à savoir Guadeloupe et Ile de Saint-Martin, Martinique, La Réunion, Guyane et Mayotte ; et les COM (aussi appelés PTOM, Pays et Territoires d'Outre-Mer) à savoir Saint-Barthélemy, Saint Pierre et Miquelon, Wallis et Futuna, Nouvelle-Calédonie et Polynésie française.

Les émissions totales nationales de GES sont aussi présentées pour les périmètres Kyoto (Métropole + DOM) et CCNUCC (Métropole + DOM + COM).

Les émissions de GES considérées concernent les GES couverts par le Protocole de Kyoto : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC, HFC, SF<sub>6</sub> ainsi que le NF<sub>3</sub>. La période couverte par les estimations est 2020 à 2035 par pas de 5 ans. Les années historiques 1990, 2000, 2010 et 2015 sont aussi présentées à titre de comparaison permettant ainsi de constater les évolutions. Les résultats sont présentés au format CRF (Common Reporting Format) défini par la CCNUCC :

- CRF 1 - Energie : Toutes activités utilisant de l'énergie (combustion en installations fixes et mobiles) et émissions fugitives liées à ces combustibles : Industrie, Transports (routier, fer, etc.), Résidentiel/tertiaire, Production d'énergie (électricité, raffinage de pétrole, etc.), etc.
- CRF 2 - Procédés et utilisation d'autres produits : Procédés industriels (chimie, sidérurgie, décarbonatation, etc.), utilisation de GES (gaz fluorés en réfrigération, mousses, etc.) et utilisation non énergétique (lubrifiants, paraffines, solvants).
- CRF 3 - Agriculture : Elevage (fermentation entérique et gestion des déjections), cultures (fertilisation), écobuage.
- CRF 4 - UTCATF (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie) : Puits et sources d'émissions de la récolte et l'accroissement forestier, la conversion des forêts (défrichement) et des prairies.
- CRF 5 - Déchets : Stockage, incinération, compost, traitement des eaux, etc.

Le scénario AME 2015-14 est un scénario « avec mesures existantes » prenant en compte toutes les mesures effectivement adoptées ou exécutées avant le 1<sup>er</sup> janvier 2014.

Le scénario AME 2016-17 est un scénario « avec mesures existantes » prenant en compte toutes les mesures effectivement adoptées ou exécutées avant le 1<sup>er</sup> juillet 2016.

---

<sup>1</sup> Pays et Territoires d'Outre-Mer

## 2. Emissions totales de GES selon les différents périmètres géographiques

Les graphiques ci-après présentent les émissions totales de gaz à effet de serre avec et sans UTCF selon les différents périmètres géographiques.

### 2.1 Périmètre Métropole

Figure 1 : Emissions totales de GES hors UTCF au périmètre Métropole (réduction par rapport à 1990)

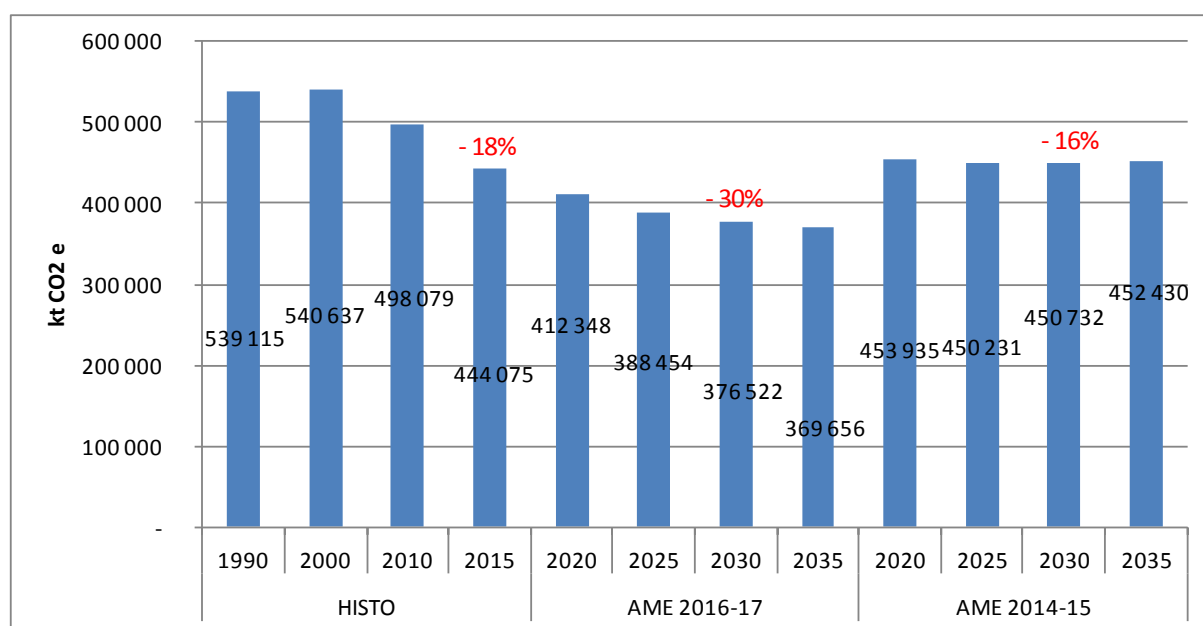
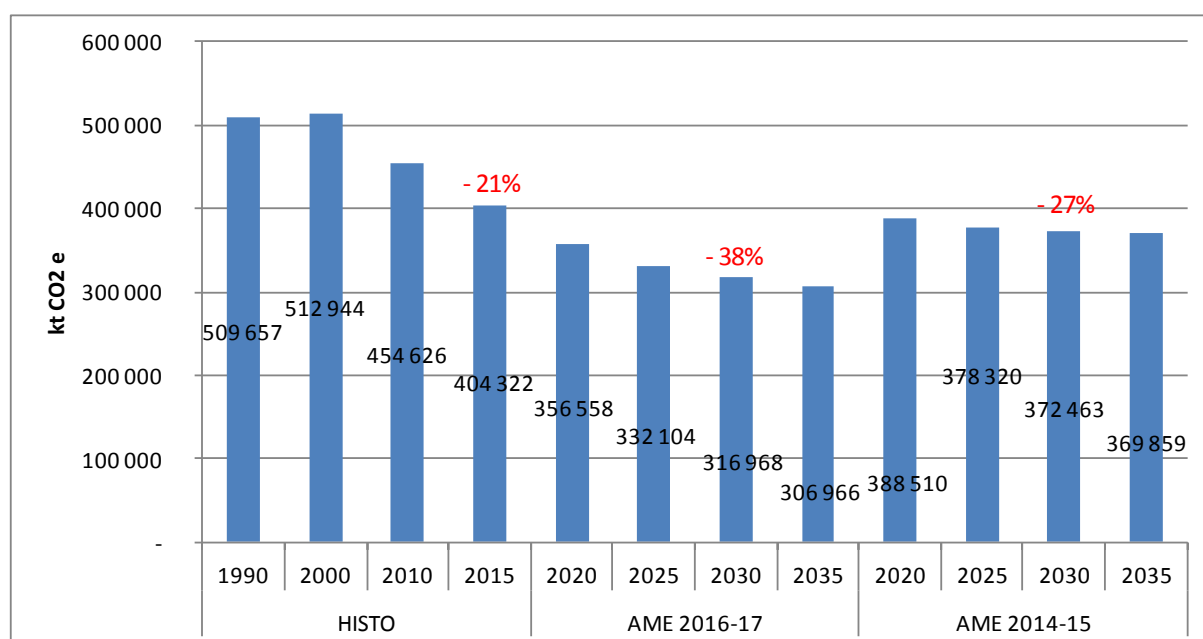


Figure 2 : Emissions totales de GES avec UTCF au périmètre Métropole (réduction par rapport à 1990)



## 2.2 Périmètre Kyoto

Figure 3 : Emissions totales de GES hors UTCF au périmètre Kyoto (réduction par rapport à 1990)

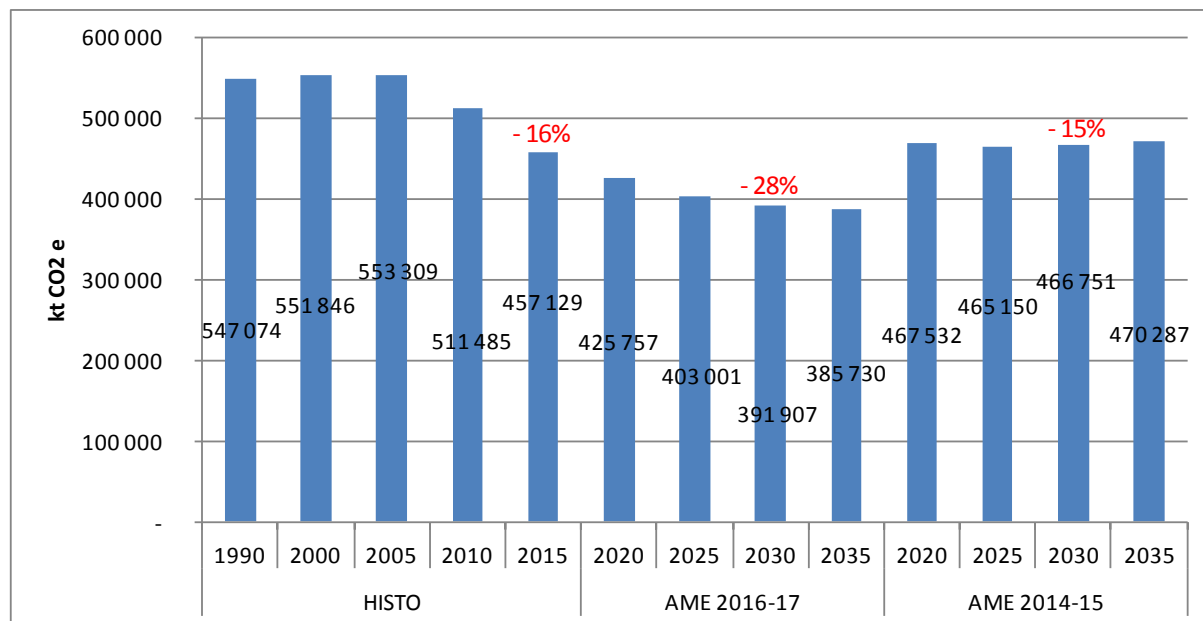
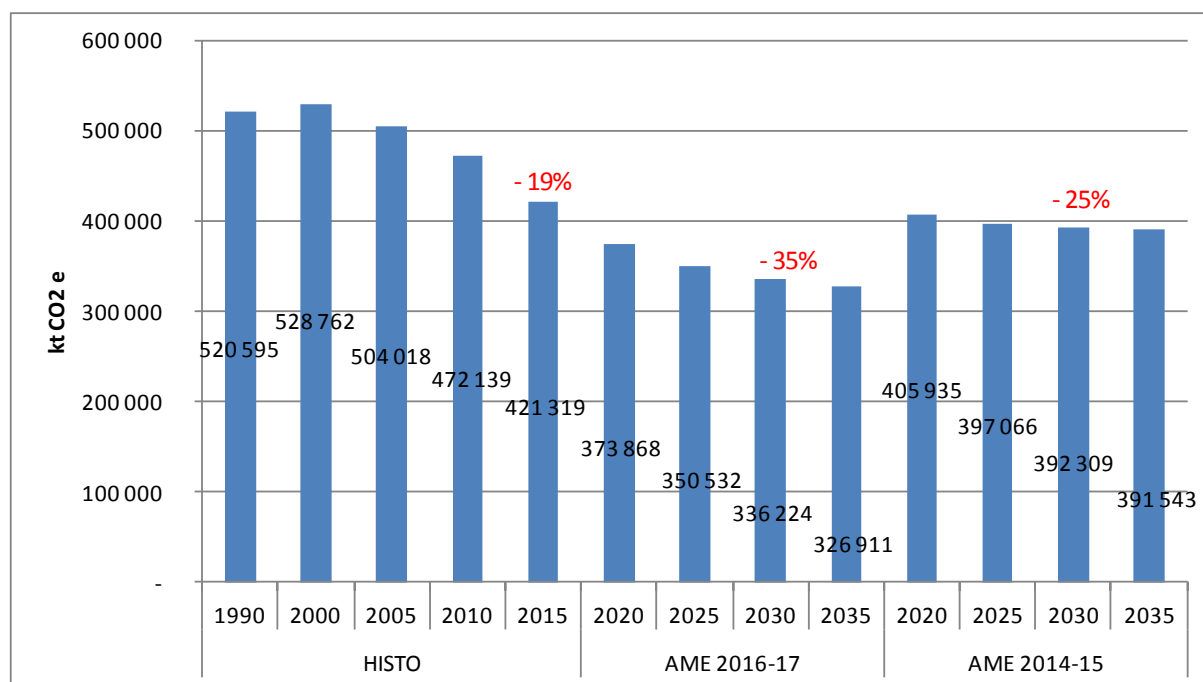


Figure 4 : Emissions totales de GES avec UTCF au périmètre Kyoto (réduction par rapport à 1990)





## 2.3 Périmètre CCNUCC (France entière)

Figure 5 : Emissions totales de GES hors UTCF au périmètre France entière (réduction par rapport à 1990)

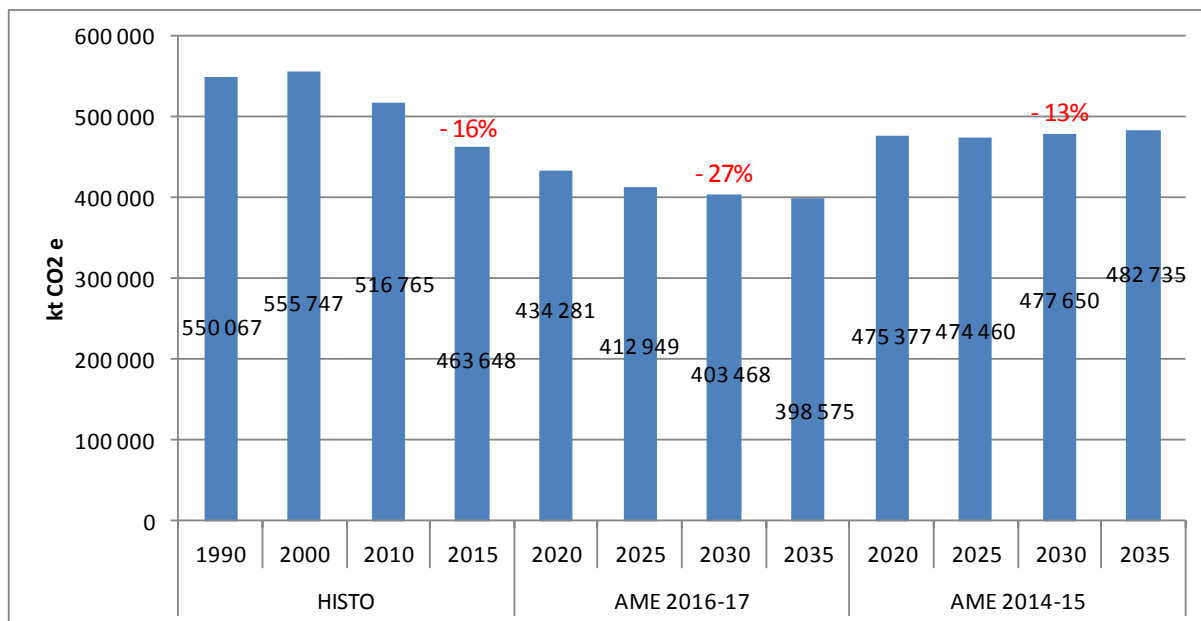
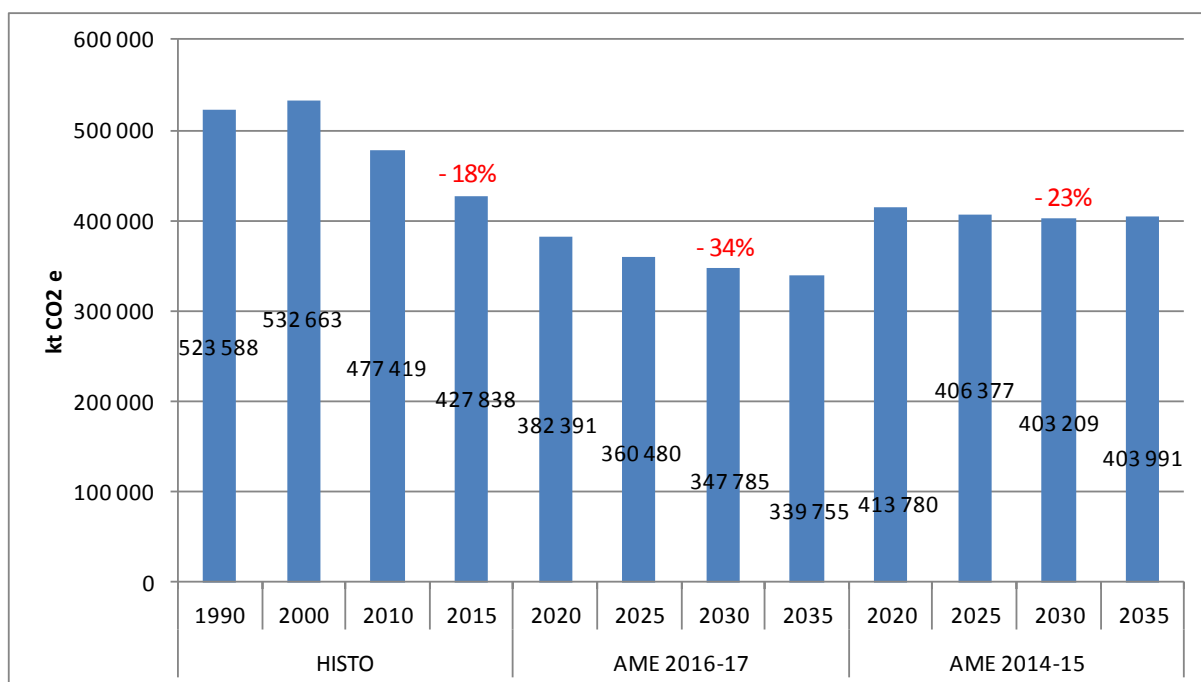


Figure 6 : Emissions totales de GES avec UTCF au périmètre France entière (réduction par rapport à 1990)

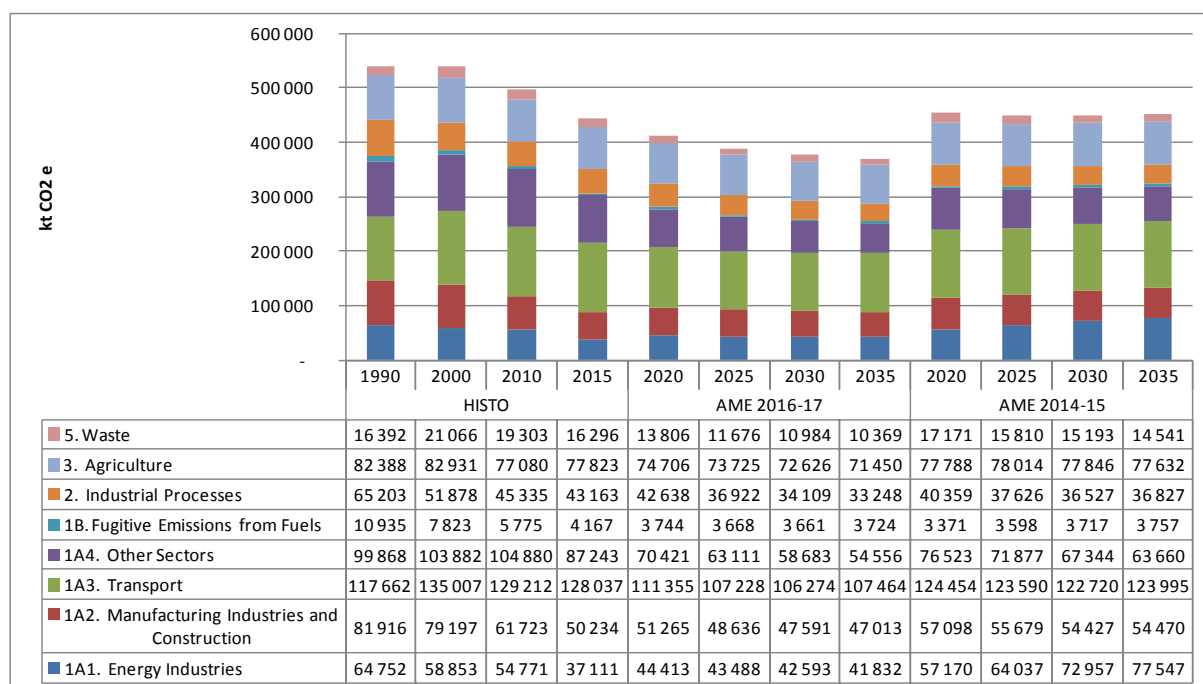


### 3. Projections GES selon les différents secteurs d'activités - périmètre Métropole

#### 3.1 Part des différents secteurs d'activités dans les émissions totales (hors UTCF)

Les graphiques suivants présentent la part des différents secteurs d'activités (au sens CRF) dans les émissions totales (hors UTCF).

Figure 7 : Emissions totales de GES hors UTCF - découpage sectoriel - Métropole



#### 3.2 Energie (CRF 1) - combustion de combustibles

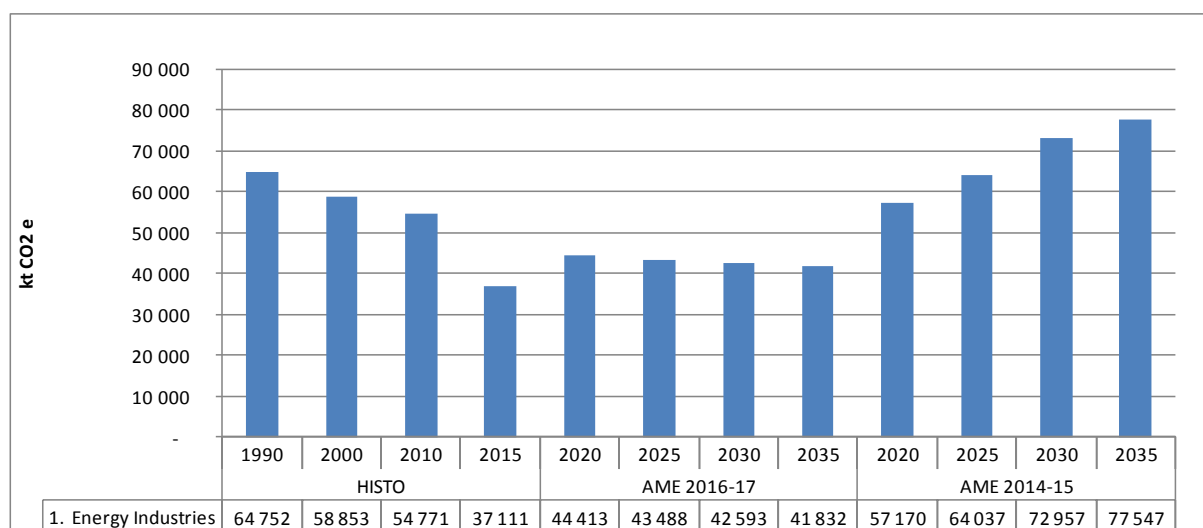
La catégorie CRF 1 - Energie recouvre un grand nombre de sous activités liées à la combustion et aux émissions fugitives des combustibles. Les résultats sont présentés par secteur d'activité.

##### 3.2.1 Production d'énergie (CRF 1A1)

###### 3.2.1.1. Résultats et analyse

La catégorie CRF 1A1 regroupe la production d'électricité centralisée, le chauffage urbain (production de chaleur et d'électricité), le raffinage du pétrole et la production/transformation de combustibles solides, liquides et gazeux.

Figure 8 : Emissions de GES - CRF 1A1 Industries de l'énergie - Métropole



Avant toute analyse, il est important de rappeler, notamment pour ce secteur, que les années historiques (1990 à 2015) présentent les émissions basées sur des consommations non corrigées du climat. Dans le cadre des projections, le climat n'étant pas connu, les données sont basées sur les consommations "corrigées du climat". Cette explication explique l'important écart constaté entre 2015 et 2020 car l'année 2015 était une année plutôt chaude nécessitant moins de production d'énergie, notamment pour la période hivernale (cf. indice de rigueur climatique).

#### Analyse scénario AME 2016-17

L'évolution des émissions suit la baisse des consommations. A noter que dans la production centralisée d'électricité, le niveau de production de 2015 est supposé rester constant jusqu'en 2035 mais le mix énergétique évolue : réduction progressive des consommations de produits pétroliers et de charbon au profit du gaz naturel.

#### Comparaison des deux scénarios

Le scénario AME 2014-15 était recalé sur l'année historique 2010, expliquant l'écart entre les deux années 2020.

Le sous-secteur contribuant le plus à la différence entre les deux scénarios est la production d'électricité centralisée. Il est à noter qu'entre les deux exercices, la modélisation de ce sous-secteur n'a pas été réalisée par les mêmes services : ENERDATA via le modèle POLES pour le scénario 2014-15 ; hypothèses SD3/DGEC/MEEM pour le scénario 2016-17.

En effet, la modélisation d'ENERDATA engendrait une très forte augmentation des consommations de gaz naturel à partir de 2020, ce qui ne se retrouve pas dans la modélisation réalisée par le MEEM.

### 3.2.1.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

#### 1) Production d'électricité et de chaleur (CRF 1A1a)

Le secteur CRF 1A1a recouvre la production **centralisée** d'électricité (uniquement), le chauffage urbain et les Usines d'Incinération des Déchets Non Dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie.

## A. Production centralisée d'électricité

### Traitement des données

Les données de production d'électricité et de consommation de combustibles du secteur électrique thermique sont fournies par le MEEM/DGEC/SD3 et se basent sur le bilan de l'énergie du SOeS de 2015 pour la Métropole.

Etant basé sur le bilan de l'énergie du SOeS, les consommations de la production d'électricité recouvrent celles de la production centralisée d'électricité et la production décentralisée (la cogénération et l'autoproduction de l'industrie et du chauffage urbain).

Les données retenues dans le cadre des projections sont les données de consommations de la ligne « consommation primaire des centrales à combustible fossile (autoconsommation incluse) » pour les différents combustibles (Gaz / fioul / charbon) du fichier<sup>2</sup> transmis par le MEEM/DGEC/SD3.

Pour assurer la correspondance par secteur et par combustible entre les données du bilan du secteur électrique et les activités au format CRF, il est nécessaire :

- d'isoler la production centralisée dans le secteur CRF1A1a ;
- de réattribuer la part liée à l'autoproduction des données de consommations totales à d'autres secteurs (industrie et chauffage urbain).

Les données d'autoproduction sont issues de l'inventaire national d'émissions réalisé par le CITEPA. Les données de l'année 2015 (dernière année disponible) sont retenues et supposées constantes jusqu'en 2035.

### Données d'activité retenues

	Production d'électricité centralisée (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	1,18	0,70	0,41	0,24
PP	0,32	0,19	0,11	0,07
Gaz naturel	2,29	2,65	2,86	2,96
Gaz indus	0,39	0,39	0,39	0,39
ENR	0,03	0,03	0,03	0,03
Biogaz	0,03	0,08	0,11	0,15

### Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

<sup>2</sup> Fichier AME 2016-17 DE Production d Electricité V5.xls

	Production d'électricité centralisée		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO2	CH4	N2O
CMS	92,7	0,7	1,0
PP	76,0	3,1	1,2
Gaz nat	56,0	4,0	1,0
Gaz indus	220,9	0,3	1,0
Bois	96,8 *	30,0	4,0
Biogaz	110 *	3,0	0,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

## Emissions

	Production d'électricité centralisée (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	4 606	2 720	1 606	948
PP	1 041	615	363	214
Gaz nat	5 426	6 272	6 762	7 006
Gaz indus	3 656	3 656	3 656	3 656
Bois	2,1	2,1	2,1	2,1
Biogaz	0,3	0,8	1,1	1,6
<b>Total</b>	<b>14 731</b>	<b>13 265</b>	<b>12 390</b>	<b>11 828</b>

## B. Chauffage urbain

### Traitement des données

Les productions et consommations du secteur du Chauffage urbain sont estimées par Energies Demain puis intégrées dans le bilan global réalisé par ENERDATA.

Les données retenues dans le cadre des projections sont les données de consommations des « réseaux de chaleur »<sup>3</sup>.

A ces données sont ajoutées les consommations liées à l'autoproduction d'électricité dans le secteur du chauffage urbain. Ces données d'autoproduction sont issues de l'inventaire national d'émissions réalisé par le CITEPA. Les données de l'année 2015 (dernière année disponible) sont retenues et supposées constantes jusqu'en 2035.

<sup>3</sup> Fichier ADEME - Scénario AME 2016 - Résultats 2017 01 06.xls / onglet « réseaux de chaleur »

Données d'activité retenues

	Chauffage urbain (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	0,09	0,03	0,02	0,01
PP	0,12	0,03	0,01	0,01
Gaz nat	2,25	2,31	2,41	2,33
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	0,45	0,52	0,52	0,52
Biogaz	0,03	0,07	0,09	0,11

Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Chauffage urbain		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO2	CH4	N2O
CMS	91,5	1,0	1,5
PP	78,0	3,0	0,6
Gaz nat	56,5	1,0	0,1
Gaz indus	-	-	-
Bois	96,8 *	3,2	4,0
Biogaz	110 *	3,0	0,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

Emissions

	Chauffage urbain (kt CO2e) - hors CO <sub>2</sub> biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	347	109	64	38
PP	405	96	49	48
Gaz nat	5 348	5 501	5 725	5 540
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	24	28	28	28
Biogaz	0,3	0,7	1,0	1,2
<b>Total</b>	<b>6 125</b>	<b>5 734</b>	<b>5 867</b>	<b>5 655</b>

**C. Usine d'incinération des déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie**

Les productions et consommations des UIDND avec récupération d'énergie dépendent de la quantité de déchets à incinérer qui est déterminée dans le bilan global des déchets. Ces explications sont données dans la section concernant le CRF 5 - Déchets.

## 2) Raffinage de pétrole (CRF 1A1b)

### Traitement des données

L'IFP Energies Nouvelles (IFPEN) fournit les données de consommations des raffineries françaises pour les différents scénarios en tenant compte de la demande finale en produits pétroliers déterminée par ENERDATA. Les résultats de l'IFPEN permettent notamment de déterminer l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> des combustibles liquides et gazeux du secteur.

Le secteur CRF 1A1b recouvre uniquement l'aspect énergétique du raffinage (combustion en chaudières, turbines et fours). La partie correspondant aux procédés est affectée à la catégorie CRF 1B2a et la partie correspondant aux émissions des torchères est prise en compte dans le CRF 1B2c.

Pour assurer la cohérence entre l'inventaire national au format CRF et les projections d'émissions de l'IFPEN, les différences de périmètre ont été éclaircies avec l'IFPEN et les projections d'émissions adaptées en conséquence.

Les principales différences sont les suivantes :

- l'IFPEN a pris en compte la raffinerie SRD de Dunkerque en se basant sur les émissions de l'inventaire national du CITEPA en 2012.
- Les consommations de GPL comptabilisées dans l'inventaire sont assimilées à des combustibles gazeux par l'IFPEN.
- Les consommations de gaz naturel à usage non énergétique pour la production d'hydrogène sont distinguées entre :
  - Une production d'hydrogène internalisée par la raffinerie : consommations prises en compte dans le secteur du raffinage,
  - Une production d'hydrogène externalisée (par exemple chez AIR LIQUIDE) : consommations prises en compte dans le secteur de l'industrie.

Cette distinction est effectuée afin d'assurer la cohérence avec la méthode mise en œuvre dans l'inventaire national.

- La comparaison des quantités de brut traité en 2012 utilisées par l'IFPEN et le CITEPA montre une différence qui s'explique par le fait que l'IFPEN prend en compte uniquement le brut traité alors que le CITEPA y ajoute les résidus atmosphériques et de distillation traités en raffineries. Les quantités de brut déterminées par l'IFPEN ne sont donc pas retenues directement, seules les évolutions par rapport à l'année 2012 sont prises en compte.

### Données d'activité retenues

Les tableaux suivants présentent les consommations de la combustion du raffinage de pétrole (chaudières, turbines et fours).

	Combustion Raffinage de pétrole (GJ)			
	AME	AME	AME	AME
	2020	2025	2030	2035
Gaz de raffinerie	82 657 576	82 469 353	82 563 465	84 163 360
Gaz naturel	30 266 416	30 503 279	29 650 570	28 750 487
PP liquides	19 921 178	19 921 178	19 921 178	19 921 178
Gaz sidérurgiques	1 681 000	1 681 000	1 681 000	1 681 000

Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus pour le CO<sub>2</sub> sont issus des données de l'IFPEN (sauf pour les gaz sidérurgiques). Ces facteurs ont été comparés à ceux utilisés dans l'inventaire national et sont cohérents.

Les facteurs d'émission retenues pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Raffinage pétrole		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	teneur %c	g/GJ	g/GJ
Gaz raffinerie	70%	0,5	1,8
Gaz naturel	75%	3,5	2,5
Liquides	88%	2,9	1,8
Gaz sidéru.	17%	0,3	1,8

\* CO<sub>2</sub> biomasse compté hors total national

Emissions

	Combustion Raffinage de pétrole (kt CO <sub>2</sub> e) - hors CO <sub>2</sub> biomasse			
	AME	AME	AME	AME
	2020	2025	2030	2035
Gaz de raffinerie	4 553	4 542	4 547	4 636
Gaz naturel	1 782	1 796	1 746	1 693
PP liquides	1 595	1 595	1 595	1 595
Gaz sidérurgiques	441	441	441	441
<b>Total</b>	<b>8 371</b>	<b>8 375</b>	<b>8 330</b>	<b>8 365</b>

**3) Production et transformation des combustibles solides et gazeux (CRF 1A1c)**Traitement des données

Ce secteur CRF inclut les activités d'extraction et de transformation de combustibles solides et gazeux.

Pour l'extraction des combustibles solides, il n'existe plus de mines en exploitation en France depuis 2004.

Pour le gaz naturel, le dernier site d'extraction et de transformation de gaz naturel (Lacq) a arrêté son activité en 2015.

Pour les activités de transformation de combustibles solides (cokeries et fabrication de charbon de bois), les données de l'année 2015 (dernière année disponible) sont retenues et supposées constantes jusqu'en 2035.



Données d'activité retenues

	Extrac. / Transf. CMS et GN (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	0,39	0,39	0,39	0,39
PP	-	-	-	-
Gaz nat	-	-	-	-
Gaz indus	-	-	-	-
bois	0,01	0,01	0,01	0,01

Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Extrac. / Transf. CMS et GN		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO2	CH4	N2O
CMS	186,3	2,6	0,3
PP	-	-	-
Gaz nat	-	-	-
Gaz indus	-	-	-
Bois	96,8 *	146,5	4,3

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

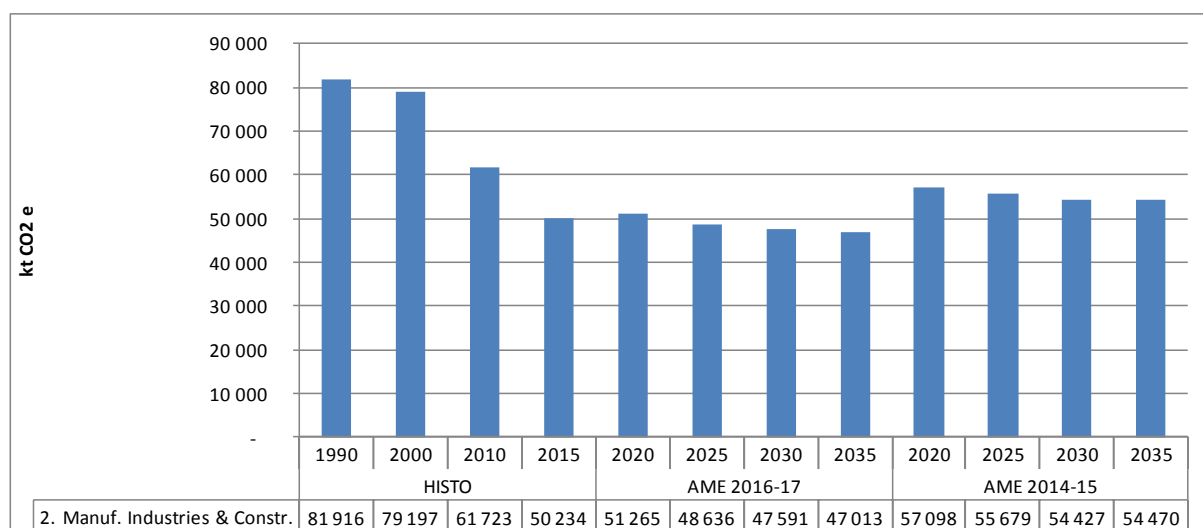
Emissions

	Extrac. / Transf. CMS et GN (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	3 070	3 070	3 070	3 070
PP	-	-	-	-
Gaz nat	-	-	-	-
Gaz indus	-	-	-	-
bois	1,4	1,4	1,4	1,4
<b>total</b>	<b>3 071</b>	<b>3 071</b>	<b>3 071</b>	<b>3 071</b>

**3.2.2 Industrie (CRF 1A2)****3.2.2.1. Résultats et analyse**

La catégorie CRF 1A2 regroupe les émissions de la combustion dans les installations fixes (chaudières, turbines, fours) et mobiles (Engins mobiles non routier) de l'industrie, ainsi que les émissions de la production d'électricité décentralisée.

Figure 9 : Emissions de GES - CRF 1A2 Industries manufacturières - Métropole



#### Analyse scénario AME 2016-17

L'évolution des émissions suit l'évolution des consommations déterminées pour ce scénario.

#### Comparaison des deux scénarios

Au-delà de la nouvelle modélisation énergétique des consommations de l'industrie manufacturière, une modification méthodologique explique la différence entre les deux scénarios.

Une réallocation dans le bilan de l'énergie de consommations de naphta et de gaz naturel a entraîné un transfert de consommations et d'émissions entre le CRF 1A2 et le CRF 2B.

Cela concerne les activités suivantes :

- Production d'éthylène et de propylène par vapocraquage à partir de naphta,
- Usages non énergétique de gaz naturel pour la production d'acide cyanhydrique.

### 3.2.2.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

#### A. Traitement des données

Les « bilans complets » énergétiques fournis par ENERDATA comportent une ligne « Industrie ».

Les consommations de combustibles utilisés comme agent réducteur ou matière première (exemples des CMS dans le procédé sidérurgique ou du gaz naturel dans la production d'hydrogène) doivent être retranchées des consommations totales afin de ne pas faire de double-compte avec les catégories CRF 2.

Comme indiqué précédemment, l'autoproduction d'électricité industrielle (production dite décentralisée) est comptabilisée dans les bilans complets à la ligne « production d'électricité thermique » mais ces consommations doivent être prises en compte dans le CRF 1A2 pour assurer la cohérence avec les méthodologies de l'inventaire national.

Pour assurer la correspondance selon les secteurs d'activité entre les données fournies par ENERDATA et les activités au format CRF, il est nécessaire :

- de retrancher la consommation liée aux consommations non énergétiques de la consommation totale de l'industrie ;
- d'ajouter les consommations de l'autoproduction d'électricité par l'industrie à cette consommation totale ;
- d'ajouter les consommations de combustibles dits « spéciaux », c'est-à-dire de combustibles non commerciaux qui ne sont pas pris en compte dans le bilan de l'énergie. Ces consommations proviennent des déclarations des exploitants dans le cadre des quotas d'émissions (SEQE).

Les données d'autoproduction d'électricité sont issues de l'inventaire national du CITEPA. Les données de l'année 2015 (dernière année disponible) sont retenues et supposées constantes jusqu'en 2035.

Les données de consommations de combustibles spéciaux sont issues de l'inventaire national du CITEPA. La proportion de combustibles ajoutés connue pour 2015 (dernière année disponible) est appliquée jusqu'en 2035 pour estimer les quantités de ces combustibles spéciaux.

Les émissions de l'industrie sont calculées selon 3 catégories du fait de facteurs d'émission différents (notamment pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O) :

- les fours sidérurgiques (utilisation de gaz sidérurgiques à haute teneur en carbone),
- les engins mobiles non routiers (EMNR de l'industrie et de la construction),
- le reste de l'industrie (chaudières, turbines, fours).

#### B. Données d'activité retenues

	Fours de sidérurgie (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Coke de charbon	0,22	0,22	0,22	0,22
Charbon	0,38	0,36	0,34	0,34
Gaz nat	0,68	0,63	0,58	0,58
PP	0,04	0,04	0,04	0,04
Gaz sidérurgiques	0,88	0,86	0,86	0,86
Biogaz	0,01	0,02	0,02	0,03

	Industrie - combustion EMNR (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
PP	0,5	0,3	0,3	0,2

	Reste de l'industrie (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	0,88	0,76	0,70	0,70
PP	0,74	0,50	0,36	0,23
Gaz nat	10,93	10,73	10,78	10,76
Gaz indus/déchets (non renouvelables)	2,14	2,11	2,11	2,12
Combustibles renouvelables	2,94	3,25	3,52	3,68
Biogaz	0,13	0,31	0,41	0,53

### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Fours de sidérurgie		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Coke	107,3	46,0	0,3
Charbon	100,0	51,5	0,1
Gaz nat	55,7	1,0	0,1
PP	76,0	2,6	0,5
Gaz sid.	174,4	1,1	0,1
Biogaz	110 *	3,0	0,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

	Combustion EMNR		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
GPL	63,1	62,1	0,2
Diesel	75,0	4,2	28,6
Biodiesel	68,4 *	4,2	28,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

	Reste de l'industrie		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
CMS	95,9	10,0	1,5
PP	79,2	2,6	0,5
Gaz nat	56,4	1,2	0,1
Gaz indus/déchets (non renouvelables)	74,8	4,0	0,6
Combustibles renouvelables	96,1 *	29,0	3,9
Biogaz	110 *	3,0	0,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

## D. Emissions

	Fours de sidérurgie (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Coke de charbon	982	986	1 006	1 011
Charbon	1 638	1 526	1 434	1 442
Gaz nat	1 600	1 467	1 367	1 358
PP	137	131	124	126
Gaz sidérurgiques	6 470	6 324	6 270	6 303
Biogaz	0,1	0,2	0,2	0,3
<b>TOTAL</b>	<b>10 828</b>	<b>10 435</b>	<b>10 202</b>	<b>10 241</b>

	Industrie - combustion EMNR (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
PP	1 499	1 089	851	656

	Reste de l'industrie (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	3 559	3 077	2 828	2 827
PP	2 479	1 673	1 191	781
Gaz nat	25 920	25 460	25 578	25 520
Gaz indus/déchets (non renouvelables)	6 747	6 644	6 659	6 691
Combustibles renouvelables	232	256	278	290
Biogaz	1,4	3,3	4,3	5,7
<b>TOTAL</b>	<b>38 938</b>	<b>37 113</b>	<b>36 538</b>	<b>36 115</b>

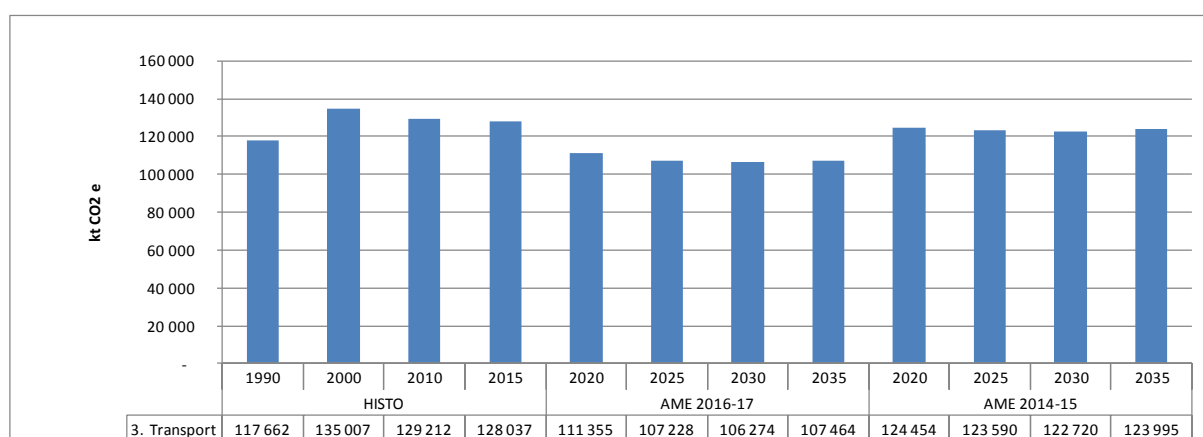
## 3.2.3 Transports (CRF 1A3)

## 3.2.3.1. Résultats et analyse

La catégorie CRF 1A3 regroupe les émissions des différents modes de transport : routier, aviation, fluvial / plaisance, maritime, ferroviaire.

A noter que pour l'aviation et le maritime, seules les émissions dues au trafic domestique (ou national) sont considérées dans le total national, c'est-à-dire les émissions ayant lieu entre deux points du territoire considéré (périmètre Métropole, périmètre Kyoto, périmètre France entière).

Figure 10 : Emissions de GES - CRF 1A3 Transports - Métropole



### Analyse scénario AME 2016-17

L'évolution des émissions suit l'évolution des consommations déterminées pour ce scénario. Le transport routier représentant la majorité des consommations et des émissions de ce secteur, ce sont les mesures prises en compte dans ce secteur qui ont le plus d'impacts.

### Comparaison des deux scénarios

La différence constatée entre les deux scénarios provient simplement des différences de consommations considérées. A noter que les taux d'incorporation de biocarburants sont légèrement plus optimistes dans le scénario AME 2016-17 (de 8,5% à 10,4% selon les années et le biocarburant considéré) que dans le scénario AME 2014-15 (de 6,9% à 8,0% selon les années).

### 3.2.3.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

#### 1) Aviation domestique (CRF 1A3a)

Les émissions de GES de l'aviation prises en compte dans le total national sont celles correspondant à l'aviation domestique, c'est-à-dire les trajets entre deux points du territoire national. Le territoire national français est composé de la Métropole (au périmètre Métropole), des DOM (au périmètre Kyoto) et des COM (au périmètre CCNUCC ou France entière). Les émissions des autres vols, partant ou arrivant sur le territoire national mais ayant une destination ou un départ de l'étranger sont prises en compte dans la catégorie « aviation internationale » qui n'est pas considérée dans le total national.

#### A. Traitement des données

L'IFPEN avait fourni pour le scénario 2014-15 des données de consommations de carburéacteurs pour l'aviation internationale (dont Outre-mer). Faute de mise à jour de ces données, ce sont ces consommations qui sont reprises dans le cadre du scénario 2016-17.

D'autre part, la DGAC a fourni, pour le scénario 2016-17, des taux de croissance annuels moyens (TCAM) du trafic pour la Métropole (1,4%) et pour l'Outre-mer (2,2%). La DGAC a aussi fourni l'évolution de la consommation unitaire (en Mtep/Gpkm) comme étant -1,5%/an.

Le CITEPA a aussi à disposition les consommations historiques par flux de consommations.

Pour les besoins de l'inventaire et afin de rester cohérent avec la méthodologie de l'inventaire, il est nécessaire de distinguer plusieurs flux de consommations :

- a) Vols intra-Métropole (vols intérieurs métropole) : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Métropole (1,4%) à la consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.
- b) Vols entre DOM/COM et Métropole : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Outre-mer (2,2%) à la consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.
- c) Vols intra-DOM/COM (vols intérieurs DOM ou vols intérieurs COM) : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Outre-mer (2,2%) à la consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.
- d) Vols internationaux DOM/COM : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Outre-mer (2,2%) à la consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.
- e) Vols internationaux Métropole : les consommations sont déterminées par solde => Total déterminé par l'IFPEN - consommations déterminées précédemment.

Le tableau ci-dessous présentent dans quelles catégories les émissions de chaque type de flux sont comptabilisées :

Périmètre considéré	Total National	Hors total national
Métropole	$a + b(\text{DOM-MET})/2 + b(\text{COM-MET})/2$	e
DOM	$c(\text{DOM}) + b(\text{DOM-MET})/2$	d (DOM)
COM	$c(\text{COM}) + b(\text{COM-MET})/2$	d (COM)

Les consommations ainsi déterminées sont ensuite réparties entre la phase LTO (*Landing and Take-Off*, cycle d'atterrissage et décollage) et la phase croisière à partir des moyennes historiques observées dans l'inventaire national de 2005 à 2015. Cette étape est nécessaire pour le calcul des émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O.

		LTO	Croisière
Intra Métropole	Carburéacteur	22%	78%
	Ess. Aviation	36%	64%
Métropole - DOM COM (MET)	Carburéacteur	22%	78%
Métropole - DOM COM (DC)	Carburéacteur	9%	91%
Intra DOM COM	Carburéacteur	9%	91%
International DOM COM	Carburéacteur	15%	85%
International Métropole	Carburéacteur	11%	89%

## B. Données d'activité retenues

	Consommations de l'aviation (Mtep) - Métropole			
	2020	2025	2030	2035
Total national - LTO	0,26	0,26	0,27	0,27
Total national - croisière	0,89	0,90	0,90	0,91
Hors total national - LTO	0,61	0,69	0,77	0,86
Hors total national - croisière	5,02	5,64	6,32	7,08

### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Aviation domestique		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	kg/t	g/t	g/t
Essence - LTO	3 102	228,0	119,0
Essence -croisière	3 102	-	98,0
Carburéacteur - LTO	3 150	232,0	121,0
Carburéacteur - croisière	3 150	-	100,0

	Aviation internationale		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	kg/t	g/t	g/t
Carburéacteur - LTO	3 150	140,0	121,0
Carburéacteur - croisière	3 150	-	100,0

### D. Emissions

	Aviation (kt CO <sub>2</sub> e) - Métropole			
	2020	2025	2030	2035
Total national	3 505	3 527	3 550	3 575
Hors total national	17 115	19 200	21 518	24 103

## 2) Transport routier (CRF 1A3b)

### A. Traitement des données et activités retenues

#### Consommations de carburants :

Les bilans des consommations énergétiques pour le transport routier sont estimés par ENERDATA. ENERDATA présente les consommations de carburant pour les années 2000, 2010, 2020, 2025, 2030 et 2035 par type de véhicule (VP, VUL, PL, Bus et cars, 2 roues) et par motorisation (essence, diesel, GPL et GNV).

Le CITEPA, dans l'inventaire national d'émissions, distingue les véhicules utilitaires légers (VUL) dont le poids total en charge ne dépasse pas 3,5 t en trois sous-catégories :

- les VUL < 1,25 t ;
- les VUL de 1,25 à 1,7 t ;
- les VUL > 1,7 t.

ENERDATA inclut les VUL < 2,6 t avec les Véhicules Particuliers (VP) et les VUL > 2,6 t avec les Poids lourds (PL).



Cette différence notable rend les recoupements très difficiles lorsqu'il s'agit d'estimer les émissions de polluants mais n'a pas d'impact sensible en termes d'estimation des émissions de CO<sub>2</sub>. En effet, les émissions de CO<sub>2</sub> sont directement liées aux consommations de carburants.

Une observation des données de consommations montre des différences entre les données retenues par le CITEPA et celles présentées par ENERDATA :

scénario	Mtep	2000	2010	2020	2025	2030	2035
AME 2016-17	ENERDATA	41.06	40.89	38.71	37.84	37.63	38.23
	CITEPA	39.38	38.77	36.73	35.92	35.73	36.30
	CITEPA vs ENERDATA	-4.10%	-5.19%	-5.12%	-5.07%	-5.07%	-5.05%

Les différences observées entre les deux jeux de données proviennent du fait que :

- ENERDATA ne prend pas en compte le taux d'incorporation d'agro-carburants pour calculer les consommations en tep. Les combustibles sont considérés comme étant seulement composés de produits pétroliers. Les agro-carburants sont estimés en post traitement. Or les Pouvoirs Calorifiques Inférieurs des agro-carburants sont différents de ceux des produits pétroliers.
- Les données fournies par ENERDATA sont au format Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN), c'est-à-dire la consommation sur le territoire. Hors les inventaires doivent être calés sur les ventes de carburants et non sur les consommations sur le territoire. Le CITEPA a donc converti les données d'ENERDATA au format inventaire en supposant que le ratio entre les consommations et les livraisons pour le routier était égal au ratio observé pour l'année 2015.

#### Proportions des agro-carburants :

Les taux d'incorporation des agro carburants utilisés pour les différents scénarios sont les suivants :

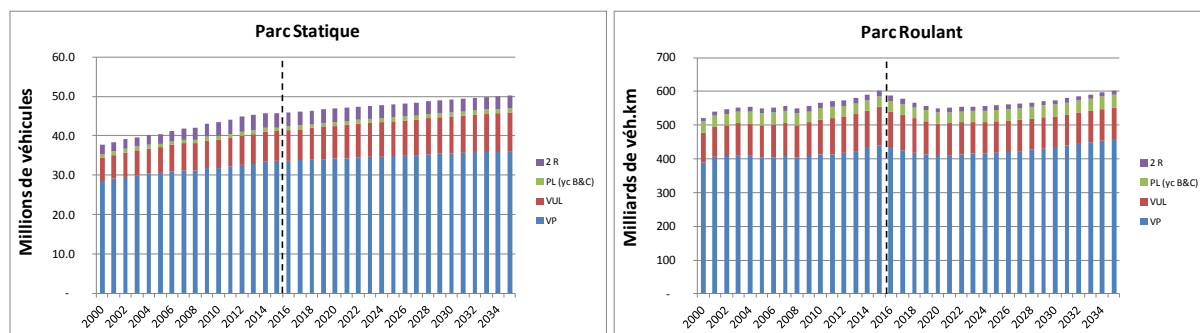
	2020	2025	2030	2035
Part de biodiesel (% PCI)	9,3%	10,4%	10,4%	10,4%
Part de bioessence (%PCI)	8,5%	9,3%	9,3%	9,3%

#### Parcs statiques et roulants :

Les parcs statiques et les parcs roulants de VP, VUL, PL, bus et cars et deux roues sont estimés à partir des données ENERDATA sur les immatriculations, les parcs statiques et les trafics par type de véhicules en utilisant la méthode de l'inventaire national.

Le CITEPA considère que les données sont fournies au format CCTN. Il en résulte que les données de trafic sont modifiées par le ratio consommation/livraison tel que décrit précédemment.

Les graphiques suivants présentent l'évolution des parcs statiques et roulants pour le scénario 2016-17.



## B. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission de CO<sub>2</sub> retenus sont ceux utilisés dans l'inventaire national pour l'année 2015.

Pour l'estimation des émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O, la méthodologie COPERT 4 est mise en œuvre. Cette méthodologie fournit des facteurs d'émission jusqu'aux normes Euro 6c pour les VP et les VUL, et EURO VI pour les PL et Bus et cars.

	CO <sub>2</sub>						CH <sub>4</sub>				N <sub>2</sub> O			
	Gazole	Essence	GPLc	GNV	Bio-Gazole	Bio-essence	Gazole	Essence	GPLc	GNV	Gazole	Essence	GPLc	GNV
	kg/GJ	kg/GJ	kg/GJ	kg/GJ	kg/GJ	kg/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ
2000	75.03	70.82	65.25	56.53	68.20	71.37	4.45	28.93	13.16	268.65	1.14	5.01	3.04	0.38
2005	75.03	70.58	65.25	56.53	68.20	71.37	3.12	22.79	8.88	166.63	1.69	4.83	3.16	0.35
2010	75.03	70.58	65.25	56.47	68.23	71.37	1.47	17.33	4.73	85.96	2.37	2.23	2.60	0.12
2015	75.03	70.58	65.25	56.38	68.38	69.99	0.61	14.25	2.31	50.21	3.22	1.45	1.89	0.05
2020	75.03	70.58	65.25	56.38	68.38	69.99	0.26	12.26	1.28	42.13	3.50	1.12	1.69	0.04
2025	75.03	70.58	65.25	56.38	68.38	69.99	0.13	12.40	0.97	41.69	3.62	1.06	1.62	0.03
2030	75.03	70.58	65.25	56.38	68.38	69.99	0.10	12.55	0.91	41.67	3.62	1.10	1.59	0.02
2035	75.03	70.58	65.25	56.38	68.38	69.99	0.09	12.69	0.89	41.63	3.63	1.16	1.59	0.02

## C. Emissions

	Transport routier (kt CO <sub>2</sub> e) - hors CO <sub>2</sub> biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
	106 301	102 160	101 169	102 279

### 3) Transport ferroviaire (CRF 1A3c)

#### A. Traitement des données

La demande en combustibles fossiles du transport ferroviaire est directement déterminée à partir des tableaux fournis par ENERDATA<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Fichier ADEME - Scénario AME 2016 - Résultats 2017 01 06.xls / onglet « résultats demande » / partie 4 consommations énergétiques des transports

**B. Données d'activité retenues**

	Transport ferroviaire (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
PP	0,014	0,007	-	-

**C. Facteurs d'émission**

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Transport ferroviaire		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
Diesel	75,0	7,0	2,5
Biodiesel	68,4 *	7,0	2,5

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

**D. Emissions**

	Transport ferroviaire (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
PP	43,1	22,4	-	-

**4) Navigation domestique (CRF 1A3d)**

Les émissions de GES de la navigation (trafic fluvial, plaisance et maritime) prises en compte dans le total national sont celles correspondant à la navigation domestique, c'est-à-dire les trajets entre deux points du territoire national. Le territoire national français est composé de la Métropole (au périmètre Métropole), des DOM (au périmètre Kyoto) et des COM (au périmètre CCNUCC). Les émissions des autres trajets, partant ou arrivant sur le territoire national mais ayant une destination ou un départ de l'étranger sont prises en compte dans la catégorie « navigation internationale » qui n'est pas considérée dans le total national.

**A. Traitement des données****Fluvial / plaisance**

ENERDATA a déterminé les consommations du trafic fluvial et de la plaisance qui sont utilisées directement pour le calcul des émissions pour ces activités. La répartition des consommations entre trafic fluvial et plaisance est réalisée à partir des données historiques de l'année 2015, c'est-à-dire 85,3% des consommations concernent le transport fluvial et 14,7% la plaisance.

De plus, une partie du trafic fluvial est à destination de pays étrangers. Les consommations du fluvial sont réparties entre national et international. La répartition des consommations entre trafic domestique et international est réalisée à partir des données historiques de l'année 2015, c'est-à-dire 62% des consommations du fluvial sont domestiques et 38% sont internationales.

Maritime

Concernant le transport maritime, les consommations ont été fournies par l'IFPEN dans le cadre du scénario 2014-15 (pas de mise à jour pour le scénario 2016-17). Les consommations présentées par l'IFPEN prennent en compte les soutes maritimes françaises et internationales. Pour calculer les consommations domestiques, les données historiques de l'inventaire national sont utilisées, à savoir que 6,2% des consommations des soutes françaises sont supposés être de la consommation domestique.

**B. Niveaux d'activité retenus**

	Navigation domestique et internationale (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
PP Fluvial National	0,032	0,033	0,034	0,036
PP Fluvial International	0,020	0,020	0,021	0,022
PP Plaisance	0,298	0,307	0,316	0,335
PP Maritime National	0,044	0,043	0,040	0,038
GNL Maritime National	0,005	0,007	0,013	0,018
PP Maritime International	2,256	2,247	2,140	2,042
GNL Maritime International	0,145	0,223	0,397	0,562

**C. Facteurs d'émission**

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Naviagation		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
Gazole / FOD	75,0	7,0	2,0
Biogazole	68,2 *	7,0	2,0
Essence	70,6	77,0	2,0
Bioessence	71,4 *	77,0	2,0
Gaz naturel liquéfié (GNL)	56,6	7,0	2,0
Fioul lourd	78	7,0	2,0

\* CO2 biomasse compté hors total national

**D. Emissions**

	Navigation domestique et internationale (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Fluvial National	92	93	96	102
Fluvial International	57	58	60	63
Plaisance	845	861	888	940
Maritime National	152	155	161	167
Maritime International	7 714	7 876	7 941	8 015

**5) Autres transports (CRF 1A3e)**

La catégorie 1A3e prend en compte les émissions des stations de compression. Ces stations compressent le gaz naturel à la pression désirée dans le réseau de distribution à l'aide de moteurs fixes fonctionnant au gaz naturel.

### A. Traitement des données

Les consommations de gaz naturel des stations de compression sont connues pour l'année 2015 à partir de l'inventaire national. Les consommations de 2020 à 2035 sont estimées à partir du ratio 2015 des « consommations stations de compression / consommation total gaz naturel Métropole » et de l'évolution de la consommation totale de gaz naturel pour la Métropole fournie par ENERDATA dans les « bilans complets ».

### B. Données d'activité retenues

	Stations de compression (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Gaz nat	0.175	0.172	0.171	0.168

### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Stations de compression		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
Gaz nat	56,4	9,1	0,8

### D. Emissions

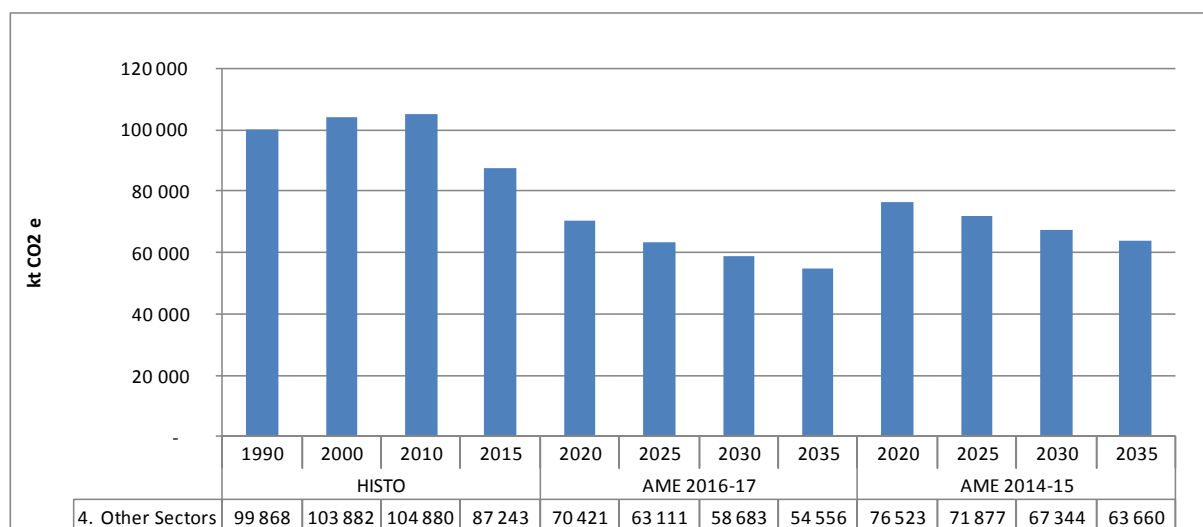
	Stations de compression (kt CO2e)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
	Gaz nat	418	410	409

### 3.2.4 Résidentiel / Tertiaire (CRF 1A4)

#### 3.2.4.1. Résultats et analyse

La catégorie CRF 1A4 regroupe les émissions du résidentiel, du tertiaire et des installations fixes et mobiles de l'agriculture / sylviculture / pêche.

Figure 11 : Emissions de GES - CRF 1A4 Autres secteurs - Métropole



#### Analyse scénario AME 2016-17

L'évolution des émissions suit l'évolution des consommations déterminées pour ce scénario. A noter cependant, la forte pénétration des consommations de bois entre 2020 et 2035 dans le sous-secteur du résidentiel contribuant à accentuer la baisse des émissions de GES dans ce secteur.

#### Comparaison des deux scénarios

La tendance entre les deux scénarios est comparable. Cependant le scénario AME 2016-17 présente des émissions plus basses du fait d'un niveau de consommations totales plus bas.

#### 3.2.4.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

##### 1) Tertiaire (CRF 1A4a)

##### A. Traitement des données

Les consommations d'énergie du secteur tertiaire sont fournies dans les bilans énergétiques d'ENERDATA. Ces consommations intègrent les consommations du chauffage urbain.

Cependant, le secteur CRF 1A4a ne prend pas en compte le chauffage urbain (considéré dans 1A1a).

Pour assurer la correspondance sectorielle entre les données des bilans énergétiques et les activités au format CRF, il est nécessaire de retirer la consommation d'énergie liée au chauffage urbain des données « Résidentiel et Tertiaire » des bilans énergétiques.

**B. Données d'activité retenues**

	Tertiaire hors chauffage urbain (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	-	-	-	-
PP	2,45	1,84	1,45	1,45
Gaz nat	4,65	4,41	4,15	3,82
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	1,30	1,59	1,70	1,80
Biogaz	0,06	0,13	0,16	0,19

**C. Facteurs d'émission**

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Tertiaire		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO2	CH4	N2O
CMS	94,6	10,0	1,5
PP	74,3	9,6	0,6
Gaz nat	56,4	5,0	0,1
Gaz indus	-	-	-
Bois	96,8 *	3,2	4,0
Biogaz	110 *	2,5	0,1

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

**D. Emissions**

	Tertiaire hors chauffage urbain (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	-	-	-	-
PP	7 692	5 775	4 561	4 555
Gaz nat	11 059	10 470	9 865	9 085
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	69	85	91	96
Biogaz	0,22	0,49	0,61	0,73
<b>TOTAL</b>	<b>18 821</b>	<b>16 331</b>	<b>14 517</b>	<b>13 737</b>

**2) Résidentiel (CRF 1A4b)****A. Traitement des données**

Le traitement des données pour le résidentiel est identique à celui du Tertiaire.

Les consommations d'énergie du secteur Résidentiel sont fournies dans les bilans énergétiques d'ENERDATA. Ces consommations intègrent les consommations du chauffage urbain. Cependant, le secteur CRF 1A4b ne prend pas en compte le chauffage urbain (considéré dans 1A1a).

Pour assurer la correspondance sectorielle entre les données des bilans énergétiques et les activités au format CRF, il est nécessaire de retirer la consommation d'énergie liée au chauffage urbain des données « Résidentiel et Tertiaire » des bilans énergétiques.

#### B. Données d'activité retenues

	Résidentiel hors chauffage urbain (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	-	-	-	-
PP	3,44	2,83	2,40	1,92
Gaz nat	11,73	10,65	10,24	9,60
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	9,37	9,44	9,25	8,95
Biogaz	0,14	0,30	0,39	0,47

#### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Résidentiel		
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
CMS	94,6	300,0	1,5
PP	72,8	9,1	0,5
Gaz nat	56,4	5,0	0,1
Gaz indus	-	-	-
Bois	96,8 *	155,6	4,0
Biogaz	110 *	3,0	0,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse : compté hors total national

#### D. Emissions

	Résidentiel hors chauffage urbain (kt CO <sub>2</sub> e) - hors CO <sub>2</sub> biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	-	-	-	-
PP	10 577	8 694	7 377	5 909
Gaz nat	27 872	25 304	24 334	22 804
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	1 999	2 014	1 973	1 910
Biogaz	1,52	3,24	4,11	5,04
<b>TOTAL</b>	<b>40 449</b>	<b>36 015</b>	<b>33 688</b>	<b>30 628</b>

### 3) Combustion en agriculture / foresterie / pêche (CRF 1A4c)

#### A. Traitement des données

Les bilans énergétiques fournis par ENERDATA comportent une ligne « Agriculture ». Ces données intègrent les consommations de combustibles de l'agriculture, de la sylviculture et de la pêche.



Le secteur CRF 1A4c recouvre les sources fixes (chaudières, serres, etc.) et mobiles (EMNR = engins mobiles non routiers dont les bateaux de pêche) de l'agriculture, la sylviculture et de la pêche. Ces deux types de sources sont traités séparément pour l'estimation des émissions car les facteurs d'émission sont très différents (sauf pour le CO<sub>2</sub>).

Pour les sources mobiles, la répartition des consommations de produits pétroliers entre les différents sous-secteurs est réalisée à partir des ratios calculés pour l'année 2015 dans l'inventaire national.

#### B. Données d'activité retenues

Les tableaux suivants présentent les consommations de la combustion dans les installations fixes de ce secteur pour chacun des scénarios.

	Agriculture, sylviculture, pêche - combustion fixe (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	-	-	-	-
PP	0,31	0,31	0,31	0,31
Gaz nat	0,21	0,19	0,18	0,17
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	0,04	0,04	0,04	0,04
GNR	-	-	-	-
Biogaz	0,00	0,01	0,01	0,01

Les tableaux suivants présentent les consommations de la combustion dans les installations mobiles de ce secteur pour chacun des scénarios.

	Agriculture, sylviculture et pêche - combustion mobile (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
PP	3,0	2,9	2,8	2,7

#### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Agric / sylvic / pêche - combustion fixe		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
CMS	-	-	-
PP (GPL)	63,1	5	0,1
PP (FOL)	78	10	0,6
Gaz nat	56,6	5,0	0,1
Gaz indus	-	-	-
Bois	96,8 *	3,2	4,0
Biogaz	75 *	5,0	0,1

\* CO2 biomasse compté hors total national

	Agric / sylvic / pêche - combustion mobile		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
Fuel lourd	78	7,0	2,0
Fuel domestique	75	7	2,0
Gazole	75	4,2	28,6
Bio-gazole	68,2 *	4	28,6
Essence	70,6	176,7	0,5
Bio-essence	71,4 *	140,2	0,5

\* CO2 biomasse compté hors total national

## D. Emissions

	Agriculture, sylviculture, pêche - combustion fixe (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	-	-	-	-
PP	835	835	835	835
Gaz nat	492	461	433	405
Gaz indus	-	-	-	-
Bois	2,1	2,1	2,1	2,1
GNR	-	-	-	-
Biogaz	0,02	0,04	0,04	0,05

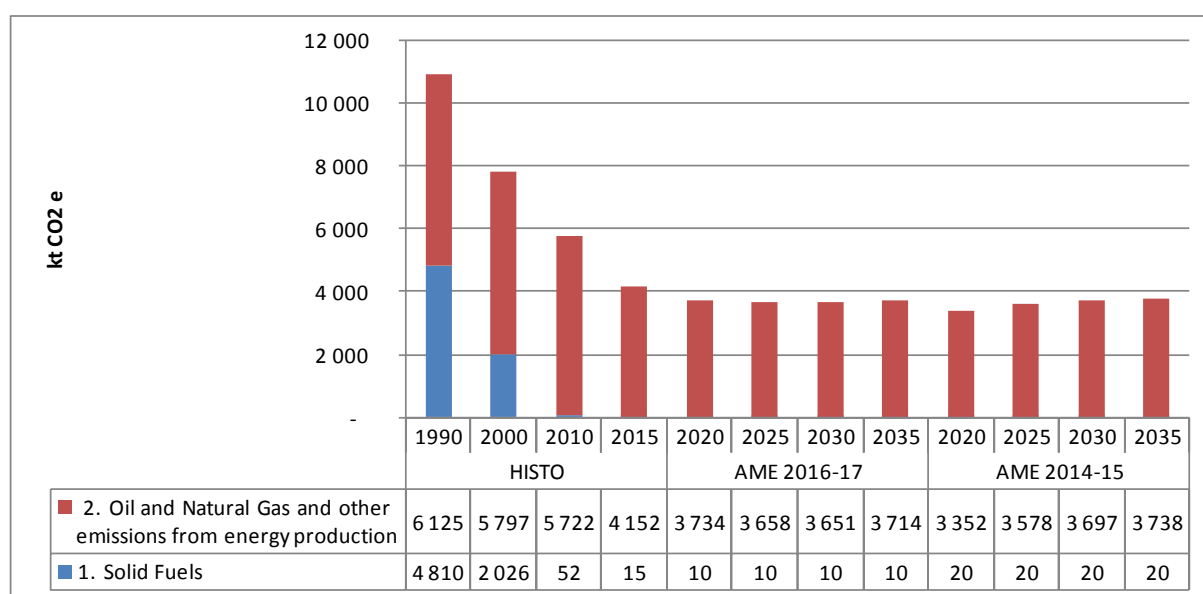
	Agriculture, sylviculture et pêche - combustion mobile (kt CO2e) - hors CO2 biomasse			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
PP	9 552	9 200	8 941	8 682

### 3.2.5 Emissions fugitives (CRF 1B)

#### 3.2.5.1. Résultats et analyse

La catégorie CRF 1B regroupe les émissions fugitives de l'exploitation minière (1B1), de l'extraction des produits pétroliers et les procédés dans les raffineries de pétrole (1B2a), de l'extraction, la production et la distribution de gaz naturel (1B2b), ainsi que le torçage en raffineries (1B2c).

Figure 12 : Emissions de GES - CRF 1B Emissions fugitives - Métropole



#### Analyse scénario AME 2016-17

Les émissions de GES sont principalement dues à deux activités : les procédés des raffineries de pétrole qui suivent l'évolution de la quantité de brut traité en Métropole ainsi que les émissions fugitives de méthane de la distribution de gaz naturel qui suivent la consommation totale de gaz naturel en Métropole.

La différence constatée avec le niveau de 1990 provient principalement de l'arrêt dans les années 2000 de l'extraction du charbon en France.

#### Comparaison des deux scénarios

La tendance entre les deux scénarios est comparable.

#### 3.2.5.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

##### 1) Combustibles solides (CRF 1B1) - traitement des données

Il n'y a plus de mines de charbon en exploitation. Cependant l'aération des galeries est encore une source de CH<sub>4</sub>. La valeur de l'inventaire national du CITEPA observée en 2015 est reportée sur l'ensemble de la période de projection.

## 2) Combustibles liquides et gazeux (CRF 1B2) - traitement des données

- 1B2a - produits pétroliers

Concernant l'extraction de pétrole en France, la quantité extraite en 2015 est reportée jusqu'en 2035. Les émissions de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> sont donc constantes sur toute la période étudiée (émissions marginales).

Concernant les procédés des raffineries, les principales activités émettant des GES sont la régénération du craqueur catalytique (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) et la production d'hydrogène (utilisation non énergétique du gaz naturel - CO<sub>2</sub>). Les projections des émissions de CO<sub>2</sub> de ces activités sont fournies par l'IFPEN. Pour les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O du craquage catalytique, les émissions évoluent proportionnellement aux émissions de CO<sub>2</sub>.

- 1B2b - gaz naturel

Le transport et la distribution de gaz naturel occasionnent des émissions de CH<sub>4</sub>. Les fuites du réseau de distribution sont la source prépondérante des émissions. GrDF a assuré un renouvellement des canalisations défectueuses. Les émissions sont calculées proportionnellement à la quantité de gaz naturel consommée au niveau national issue des bilans énergétiques fournis par ENERDATA. Le facteur d'émission de 2015 issu de l'inventaire national du CITEPA est supposé constant sur l'ensemble de la période de projection.

- 1B2c - torchage

Le code 1B2c regroupe les torchères des raffineries de pétrole, les torchères dans l'extraction du pétrole ainsi que les torchères présentes sur les stations de compression du gaz naturel.

Les projections des émissions pour les torchères sont estimées proportionnelles à la quantité de pétrole brut traité ou à la quantité de pétrole brut extrait ou à la quantité de gaz naturel transporté.

## 3.3 Procédés et autres utilisations de produits (CRF 2)

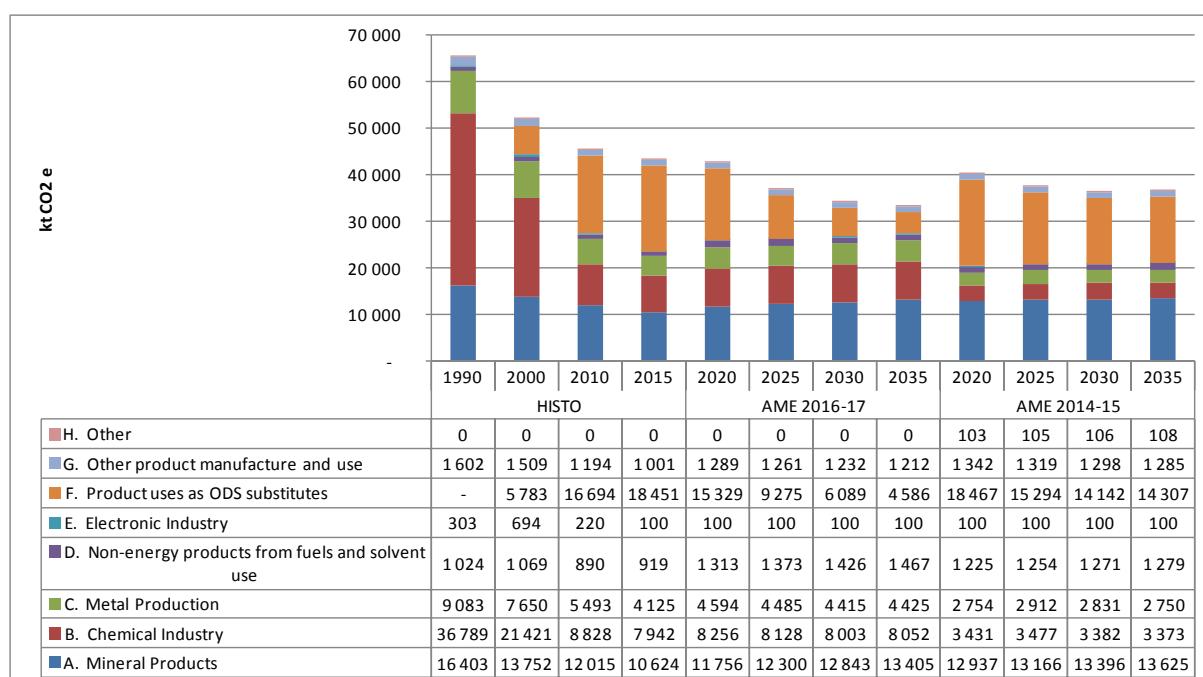
### 3.3.1 Résultats et analyse

Cette catégorie regroupe les émissions de procédés (c'est-à-dire hors combustion) ainsi que les émissions dues à l'utilisation de certains produits.

Les principales activités émettrices sont les suivantes :

- CRF 2A : décarbonatation dans la production de produits minéraux (ciment, verre, chaux, etc.),
- CRF 2B : procédés de la chimie (productions acide nitrique, urée, noir de carbone, hydrogène, etc.),
- CRF 2C : procédés de la métallurgie (émissions fugitives de la sidérurgie et de l'industrie des métaux non-ferreux),
- CRF 2F : Utilisation de substituts des Substances Appauvrissant la couche d'Ozone (SAO) (réfrigération, climatisation, mousses, aérosols, etc.).

Figure 13 : Emissions de GES - CRF 2 Procédés et utilisations de produits - Métropole



#### Analyse scénario AME 2016-17

CRF 2A : Les émissions de décarbonatation suivent les niveaux de productions des différents produits minéraux considérés en Métropole.

CRF 2B : Les émissions de procédés liés à l'industrie chimique restent stables au cours de la période et sont du même ordre de grandeur que les émissions de 2015.

CRF 2C : Les niveaux de production de l'industrie de la métallurgie sont stables jusqu'en 2035 ainsi que les émissions.

CRF 2F : La forte baisse des émissions dans cette catégorie fait suite à la prise en compte de l'application du règlement F-Gas II (interdiction progressive des gaz fluorés à fort PRG).

#### Comparaison des deux scénarios

CRF 2A : Les niveaux de production du ciment ont été revus entre les deux scénarios (même niveau en 2035 mais le niveau 2020 est plus bas dans le scénario 2016-17).

CRF 2B : Une modification méthodologique explique la différence entre les deux scénarios. Une réallocation dans le bilan de l'énergie de consommations de naphta et de gaz naturel a entraîné un transfert de consommations et d'émissions entre le CRF 1A2 et le CRF 2B. Cela concerne les activités suivantes :

- Production d'éthylène et de propylène par vapocraquage à partir de naphta,
- Usages non énergétique de gaz naturel pour la production d'acide cyanhydrique.

CRF 2C : La différence entre les deux scénarios provient de la correction d'une erreur dans le scénario 2014-15 : une partie des émissions de la sidérurgie avaient été omises.

CRF 2F : La différence nette entre les deux scénarios provient des mesures prises en compte. Dans le scénario AME 2014-15, la réglementation F-Gas II n'était pas intégrée. Cette réglementation vise à réduire l'utilisation de HFC à fort PRG. Cette réduction se traduit par une diminution des émissions observable entre les deux scénarios.

### 3.3.2 Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

#### 1) Produits minéraux (CRF 2A)

Ce secteur rassemble les émissions de procédés (c'est-à-dire hors combustion) de différentes productions de matériaux minéraux : ciment, chaux, carbonate de soude, verre, tuiles et briques.

##### A. Traitement des données

Les émissions de CO<sub>2</sub> de ce secteur sont dues à la décarbonatation (utilisation de carbonates qui sous l'effet de la chaleur se décompose notamment en CO<sub>2</sub>). Ces émissions sont calculées à partir de l'évolution des productions qui sont fournies par ENERDATA ou estimées à partir de la tendance historique.

En particulier pour le verre, les émissions de décarbonatation sont uniquement dues à la fabrication de verre neuf. Les mesures prises en compte sur le recyclage du verre (taux de calcin) entraînent une augmentation du taux d'incorporation de calcin externe (verre recyclé) qui passe de 71 % en 2015 à 75 % à partir de 2020 d'après la fédération des producteurs de verre.

##### B. Niveaux d'activité retenus

Les tableaux suivants présentent les productions pour chacune des activités considérées.

	Production de produits minéraux (kt)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Clinker	14 000	15 000	16 000	17 000
Chaux	3 407	3 407	3 407	3 435
Verre total	5 057	5 057	5 057	5 057
Tuiles & briques	4 438	4 755	5 072	5 389
Céramiques	794	851	908	965

### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission observés en 2015 dans l'inventaire national sont conservés jusqu'en 2035.

	CO2
	kg / t prod
Clinker	528
Chaux	667
Verre total	187
Tuiles & briques	37
Céramiques	71

### D. Emissions

	Production de produits minéraux (kt CO2e)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Clinker	7 391	7 919	8 447	8 975
Chaux	2 273	2 273	2 273	2 291
Verre total	420	420	420	420
Tuiles & briques	162	174	186	197
Céramiques	56	60	64	68
Autres productions	1 454	1 454	1 454	1 454

Les autres productions correspondent à des utilisations de carbonates dans divers secteur (agglomération de minerai, email, etc.).

### 2) Industrie chimique (CRF 2B)

Ce secteur rassemble les émissions de procédés (c'est-à-dire hors combustion) de la production de l'industrie chimique. Le tableau ci-dessous indique les procédés concernés par les émissions de GES en 2015.

Code SNAP	Intitulé	GES émis	Poids de la SNAP dans le CRF 2B [kt CO2e en 2015]
040402	Production d'acide nitrique	N <sub>2</sub> O	6,6%
040403	Production d'ammoniac	CO <sub>2</sub>	14,4%
040409	Production de noir de carbone	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub>	2,5%
040412	Utilisation de carbure de calcium	CO <sub>2</sub>	0,3%
040416	Autres productions de la chimie inorganique : hydrogène, chlorure de titane, tétrafluorure d'uranium, etc.	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	11,2%
040501	Production d'éthylène	CH <sub>4</sub>	46,7%
040504	Production de chlorure de vinyle	CO <sub>2</sub>	0,1%
040521	Production d'acide adipique	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	1,0%
040523	Production d'acide glyoxylique	N <sub>2</sub> O	3,4%
040527	Autres productions de la chimie organique	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	3,0%
040619	Production de carbonate de sodium	CO <sub>2</sub>	4,0%
040801	Production d'hydrocarbures halogénés	HFC, PFC	2,7%
040802			
090204	Torchères de l'industrie chimique	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	3,9%

## A. Traitement des données

Le traitement des données selon les sous-activités diffère selon la disponibilité d'hypothèses de projections :

- Hypothèses de projections disponibles

### Production d'acide nitrique

Les projections de la production d'acide nitrique proviennent d'une communication de l'UNIFA de 2010 pour la période 2015-2030 qui a été conservée dans le cadre de cet exercice faute d'informations nouvelles. L'estimation de la production en 2035 a été considérée égale à 2030. L'UNIFA ne couvrant pas la totalité de la production française d'acide nitrique, pour les autres sites de production, une hypothèse de stabilité de la production de 2015 est considérée pour toute la période.

	Production d'acide nitrique (t)
2020	1 913 354
2025	1 613 354
2030	1 313 354
2035	1 313 354

Les facteurs d'émission observés en 2015 dans l'inventaire national sont conservés jusqu'en 2035, soit 860 g N<sub>2</sub>O / tonne d'acide nitrique produit.

### Production d'ammoniac

Les projections de la production d'ammoniac sont fournies par ENERDATA. La comparaison des niveaux de production historique montre un écart entre les données d'ENERDATA et les données de l'inventaire national du CITEPA. Ce sont donc les évolutions de production fournies par ENERDATA qui sont retenues et appliquées à la production historique des inventaires du CITEPA.

	Production d'ammoniac (t)
2020	1 085 503
2025	1 120 900
2030	1 144 498
2035	1 179 895

Le facteur d'émission moyen observé entre 2010 et 2015 dans l'inventaire national est utilisé jusqu'en 2035, soit 1 060 g CO<sub>2</sub> / tonne d'ammoniac produit.

### Production d'hydrogène

La production d'hydrogène est divisée en deux sous-activités :

- 1) La production d'hydrogène à destination du raffinage de pétrole

Dans certaines raffineries de pétrole, l'utilisation d'hydrogène est nécessaire pour le procédé SMR (Steam Methane Reforming). La production associée peut être réalisée par la raffinerie (production en interne dont les émissions sont prises en compte dans le CRF 1B2a) ou être sous-traitée à un autre industriel (ex : Air Liquide ; les émissions sont alors considérées pour l'industrie dans le CRF 2B).



Les projections de la demande totale en hydrogène pour les raffineries, ainsi que les émissions associées, ont été estimées par l'IFPEN. Ces émissions sont ensuite réparties entre les deux codes CRF selon la nature de la production (interne à la raffinerie ou sous-traitée).

## 2) La production d'hydrogène à destination des autres secteurs (industrie principalement)

Pour le reste de la production d'hydrogène, faute d'hypothèse de projections, la moyenne des émissions 2010-2015 est considérée pour chacune des années projetées.

### Production d'hydrocarbures halogénés

**Niveaux d'activité :** Il existe 4 sites de production d'hydrocarbures halogénés en Métropole. Du fait du faible nombre de sites, les activités sont confidentielles et ne peuvent pas être intégrées dans ce rapport. Il est supposé que ces 4 sites continuent leur activité jusqu'en 2035.

### **Facteurs d'émission :**

Les systèmes de traitement mis en place dans les sites ont déjà permis d'atteindre d'importantes réductions du niveau d'émission. Les émissions sont considérées suivre le phase-down des quantités pour la mise sur le marché des hydrofluorocarbones du règlement n°517/2014 (cf. tableau ci-dessous). Les émissions de HFC-23 issues de la production de HCFC-22 dont la consommation est progressivement réduite par le Protocole de Montréal dans les pays développés et en développement.

Années	% de réduction par rapport au niveau de 2009-2012
2015	100%
2016-2017	93%
2018-2020	63%
2021-2023	45%
2024-2026	31%
2027-2029	24%
2030	21%
2035	21% (idem 2030)

- Hypothèses de projections non disponibles

Lorsqu'il n'y a pas d'hypothèse spécifique de projection pour l'activité considérée, les données de production et d'émissions de l'inventaire national sont conservées sur toute la période (utilisation des données de l'année 2015 ou utilisation d'une moyenne de plusieurs années si des variations interannuelles sont observées). C'est le cas des activités suivantes :

Code SNAP	Intitulé	GES émis
040409	Production de noir de carbone	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub>
040412	Utilisation de carbure de calcium	CO <sub>2</sub>
040501	Production d'éthylène	CH <sub>4</sub>
040504	Production de chlorure de vinyle	CO <sub>2</sub>
040519	Production d'anhydride phtalique	CO <sub>2</sub>
040521	Production d'acide adipique	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O
040523	Production d'acide glyoxylique	N <sub>2</sub> O
040527	Autres productions de la chimie organique	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O
040619	Production de carbonate de sodium	CO <sub>2</sub>
090204	Torchères de l'industrie chimique	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O

### 3) Production de métaux (CRF 2C)

Ce secteur rassemble les émissions de procédés (c'est-à-dire hors combustion) des productions de l'industrie des métaux (ferreux et non ferreux).

#### A. Traitement des données et niveaux d'activité retenus

##### Sidérurgie (2C1)

Les procédés de fabrication d'acier (à oxygène et électrique) entraînent des émissions de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub>.

Les productions d'acier à oxygène et d'acier électrique (générant les émissions mentionnées ci-dessus) sont données par ENERDATA.

	Production d'acier à oxygène (kt)	Production d'acier électrique (kt)
2020	13,0	8,0
2025	13,0	8,0
2030	13,0	8,0
2035	13,0	8,0

##### Ferroalliages (2C2)

Le procédé de fabrication des ferroalliages entraîne des émissions de CO<sub>2</sub>.

Sans information sur l'évolution de cette production d'ici 2035, une hypothèse conservatrice est retenue. La production observée en 2015 dans l'inventaire national ainsi que les émissions associées sont conservées sur toute la période.

##### Aluminium (2C3)

Le procédé de fabrication d'aluminium entraîne des émissions de CO<sub>2</sub> et de PFC (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> et CF<sub>4</sub>).

Les productions d'aluminium primaire (générant les émissions mentionnées ci-dessus) sont données par ENERDATA.

	Production d'aluminium primaire (kt)
2020	400
2025	400
2030	400
2035	400

Magnésium, silicium (2C7)

Le procédé de fabrication de magnésium entraîne des émissions de SF<sub>6</sub> et HFC-134a.

Le règlement sur l'utilisation des gaz fluorés n° 517/2014 est pris en compte. Ce règlement indique que dans le cas des installations qui utilisent du SF<sub>6</sub> (< 850 kg/an) pour le moulage sous pression du magnésium et pour le recyclage des alliages de magnésium moulés sous pression, il sera interdit d'utiliser cette substance à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2018. Il n'y a donc plus d'émissions de SF<sub>6</sub> à partir de 2020.

Le procédé de fabrication de silicium entraîne des émissions de CO<sub>2</sub>.

Sans information sur l'évolution de cette production d'ici 2035, une hypothèse conservatrice est retenue. La production observée en 2015 dans l'inventaire national ainsi que les émissions associées sont conservées sur toute la période pour tous les scénarios.

Autres - Zinc (2C6)

Le procédé de fabrication de zinc entraîne des émissions de CO<sub>2</sub>.

Sans information sur l'évolution de cette production d'ici 2035, une hypothèse conservatrice est retenue. La production observée en 2015 dans l'inventaire national ainsi que les émissions associées sont conservées sur toute la période pour tous les scénarios.

**B. Facteurs d'émission**

Pour toutes les activités, les facteurs d'émission observés en 2015 dans l'inventaire national<sup>5</sup> sont conservés jusqu'en 2035.

**4) Utilisation non énergétique et solvants (CRF 2D)****A. Traitement des données**2D1 - Utilisation de lubrifiants

Ce sous-secteur regroupe les utilisations de lubrifiants dans les moteurs 2 temps et 4 temps.

Dans les moteurs 2 temps, le lubrifiant est mélangé au carburant et est brûlé durant le cycle de combustion entraînant des émissions de CO<sub>2</sub>. Ces émissions sont prises en compte dans le secteur de transport où elles sont émises (Routier 1A3b, bateaux de plaisance 1A3d).

Pour les autres moteurs, la quantité de lubrifiant n'est pas en contact direct avec la combustion mais l'élévation de la température entraîne un taux de décomposition du lubrifiant notamment en émissions de CO<sub>2</sub>. Les émissions associées déterminées en 2015 dans l'inventaire national sont conservées jusqu'en 2035.

2D2 - Utilisation de cires et paraffines

La quantité de cires et paraffines consommée en Métropole est connue en 2015 à partir de l'inventaire national. Faute d'informations sur l'évolution de cette consommation, c'est la quantité de 2015 qui est conservée jusqu'en 2035.

---

<sup>5</sup> Pour plus de détails, voir le rapport OMINEA disponible sur le site internet du CITEPA

2D3 - Autres utilisations

- Utilisation d'urée

L'urée est utilisée dans certains systèmes de dépollution pour réduire les émissions d'oxydes d'azote. En brûlant au contact des gaz chauds, l'urée se décompose et devient notamment du CO<sub>2</sub>. Les secteurs consommateurs d'urée pour cette application sont notamment le transport routier (système Adblue pour les camions) et l'incinération des déchets.

- Utilisation de solvants

Cette catégorie rassemble un grand nombre d'activités diverses utilisant des solvants. Les solvants sont émetteurs de COVNM qui, une fois émis dans l'atmosphère, se transforment en CO<sub>2</sub>.

Les projections de ces activités évoluent selon trois possibilités :

- Evolution selon les consommations énergétiques du secteur,
- Méthode spécifique,
- Constant (report année 2015 car pas d'information).

Le tableau ci-dessous indique les activités concernées par ces émissions de COVNM des solvants.

Intitulé des activités	Projection
Application de peinture (véhicules, bâtiments, utilisation domestique, etc.)	Constant
Dégraissage	Constant
Nettoyage à sec (pressing)	Méthode spécifique
Mise en œuvre de produits (polyester, PVC, polyuréthane, etc.)	Evolution énergie chimie
Fabrication de peinture	Constant
Fabrication d'encres	Constant
Fabrications de colles	Constant
Fabrication d'adhésifs	Constant

L'évolution des consommations énergétiques du secteur de la chimie est donnée par les bilans de consommations finales d'ENERDATA.

La méthode spécifique utilisée pour le nettoyage à sec considère la mise en application de l'Arrêté du 05/12/2012 interdisant progressivement l'utilisation du perchloroéthylène (PER) dans les pressings situés en contiguïté avec des locaux occupés par des tiers d'ici le 1<sup>er</sup> janvier 2022. Les consommations de PER restantes correspondent aux blanchisseries autorisées (2% de l'activité 2013).

Les émissions de COVNM sont transformées en CO<sub>2</sub> à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Em. CO}_2 \text{ (t)} = \text{Em. COVNM (t)} * \text{contenu C (\%)} * \text{ratio M mol. (C et CO}_2\text{)}$$

Où : contenu C = environ 70% en moyenne (contenu carbone par défaut, soit la masse de carbone contenue dans les COVNM)

$$\text{Ratio M mol.} = 3,66 \text{ (masse molaire C} = 12 \text{ g/mol ; masse molaire CO}_2 = 44\text{g/mol)}$$

## B. Facteurs d'émission

Pour toutes les activités, les facteurs d'émission observés en 2015 dans l'inventaire national<sup>6</sup> sont conservés jusqu'en 2035.

### 5) Industrie électronique (CRF 2E)

La fabrication des semi-conducteurs pour l'industrie électronique utilise des HFC, des PFC, du NF<sub>3</sub> et du SF<sub>6</sub> dans les chambres de gravure et de traitement. Une fois la fabrication achevée, les gaz non consommés sont rejetés après traitement.

#### A. Traitement des données et niveaux d'activité retenus

Il n'y a pas de mesures de réduction des émissions prévues pour la période 2020-2035 pour ce secteur. La consommation de gaz fluorés est directement liée aux volumes de production des semi-conducteurs. On considère l'activité constante sur la période 2015-2035.

#### B. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission de 2015 sont conservés sur toute la période. En effet, selon l'ACSIEL (Alliance des Composants et Systèmes pour l'Industrie Electronique), il n'y a pas de changement de process prévu et les sites modernes sont d'ores et déjà équipés de systèmes de traitements.

### 6) Substituts des Substances Appauvrissant la Couche d'Ozone (SAO) (CRF 2F)

Plusieurs activités sont consommatrices de gaz fluorés. Deux types d'usages peuvent être distingués :

- les usages où le gaz est confiné dans le produit :
  - la réfrigération et la climatisation ;
  - les mousses d'isolation ;
  - les extincteurs d'incendies.

Pour ces secteurs, les émissions à la fabrication, les fuites intrinsèques des produits et des systèmes lors de la maintenance et les émissions en fin de vie sont comptabilisées.

- les usages dits "émissifs" comme :
  - les aérosols propulsés aux HFC ;
  - les solvants de nettoyage.

Les émissions ont alors majoritairement lieu lors de l'usage des produits.

#### A. Traitement des données

##### Réfrigération et climatisation (CRF 2F1)

Ce secteur est le premier consommateur et émetteur de HFC. Il peut être décomposé en 6 sous-secteurs :

---

<sup>6</sup> Pour plus de détails, voir le rapport OMINEA disponible sur le site internet du CITEPA

- le froid domestique ;
- la réfrigération commerciale ;
- le transport frigorifique ;
- le froid industriel ;
- la climatisation fixe ;
- la climatisation embarquée.

Pour le secteur des gaz fluorés, l'évaluation des émissions de HFC a été réalisée à l'aide du logiciel RIEP développé par le Centre Énergétique et Procédés de MINES ParisTech. Une analyse détaillée des émissions de ce secteur est réalisée dans un document annexe à ce rapport.

### Mousses d'isolation (CRF 2F2)

Trois types de mousses d'isolation ont recours aux HFC comme agent d'expansion : les mousses OCF (à composant unique), les mousses XPS (polystyrène extrudé) et les mousses PUR (polyuréthane).

- Mousses OCF

Ces mousses utilisent du HFC-134a.

Ces mousses sont concernées par le règlement européen sur les gaz fluorés n°517/2014. Le règlement impose une interdiction de mise sur le marché de ce type de mousse au 4 juillet 2008. Les émissions sont donc supposées nulles à partir de 2009.

- Mousses XPS

Ces mousses utilisent du HFC-134a et du HFC-152a. Les émissions calculées proviennent des sites de productions et des émissions pendant la durée de vie des mousses XPS.

Ces mousses sont concernées par le règlement européen sur les gaz fluorés n°517/2014. Le règlement impose une interdiction de mise sur le marché de ce type de mousse au 1<sup>er</sup> janvier 2020 pour les XPS contenant des HFC dont le PRG est supérieur ou égal à 150.

L'arrêt de la production suite à l'application du règlement n°517/2014 est donc considéré à partir de 2020.

Malgré l'interdiction de mise sur le marché des mousses XPS contenant des HFC en 2020, des émissions de HFC subsistent après cette date compte tenu de leur longue durée de vie.

- Mousses PUR

Les mousses PUR sont expansées en pur ou en mélange avec du HFC-245fa, du HFC-227ea et du HFC-365mfc. Elles sont notamment utilisées comme isolant des chauffe-eaux, des bâtiments et des équipements de transports frigorifiques.

Ces mousses sont concernées par le règlement européen sur les gaz fluorés n°517/2014. Le règlement impose une interdiction de mise sur le marché au 1<sup>er</sup> janvier 2023 pour les mousses autres que les OCF et XPS contenant des HFC dont le PRG est supérieur ou égal à 150.

Une baisse linéaire des quantités produites et mises sur le marché a été considérée entre 2015 et 2023 avant l'arrêt de la production suite à l'application du règlement n°517/2014.

Malgré l'interdiction de mise sur le marché des mousses contenant des HFC en 2023, des émissions de HFC subsistent après cette date compte tenu de la longue durée de vie de certains équipements.

Extincteurs incendie (CRF 2F3)

Une gamme d'extincteurs automatiques fixes aux HFC-23 et HFC-227ea est utilisée pour protéger des lieux spécifiques comme les salles informatiques, pour lesquelles des contraintes techniques imposent de recourir aux propriétés de ces gaz dans la lutte contre les incendies.

Les PFC et le HFC-23 sont concernés par le règlement européen sur les gaz fluorés n°517/2014. Le règlement impose une interdiction de mise sur le marché des PFC au 4 juillet 2007 et du HFC-23 au 1<sup>er</sup> janvier 2016 dans cette application.

Conformément à l'application du règlement n°517/2014, le HFC-23 ne sera plus mis sur le marché à partir de 2016. Concernant le HFC-227ea, il a été supposé que les ventes diminueront au même rythme que les quantités mises sur le marché des hydrofluorocarbones prévues par le règlement n°517/2014.

Aérosols (CRF 2F4)

Deux catégories d'aérosols utilisent les HFC comme propulseurs, il s'agit :

- des aérosols techniques : ces aérosols ont notamment recours au HFC-134a et au HFC-152a,
- des aérosols pharmaceutiques (inhalateurs à doses) utilisés dans le traitement de l'asthme : le propulseur est soit du HFC-134a, soit du HFC-227ea.

Aérosols techniques

Ces aérosols sont concernés par le règlement européen sur les gaz fluorés n°517/2014. Le règlement impose une interdiction de mise sur le marché au 1<sup>er</sup> janvier 2018 pour les aérosols techniques contenant des HFC dont le PRG est supérieur ou égal à 150.

Les ventes et productions d'aérosols techniques propulsés au HFC-134a de 2015 (dernière année disponible dans l'inventaire national) ont été conservées jusqu'en 2018, date d'interdiction de mise sur le marché de ce HFC dans cette application. Néanmoins, les consommations de HFC-152a de 2015 ont été maintenues constantes jusqu'en 2035 puisque le PRG de ce HFC est inférieur à 150 et donc, par conséquent, non visé par le règlement européen.

Les aérosols ont un usage totalement émissif. Les volumes de HFC vendus annuellement sont donc totalement émis.

Aérosols pharmaceutiques

Il n'y a pas de mesure de réduction des émissions pour ce secteur. La production d'aérosols pharmaceutiques en France est supposée constante sur la période considérée et l'usage de ces aérosols est indexé à l'évolution de la population.

L'usage est totalement émissif.

Solvants HFC (CRF 2F5)

Le HFC-4310mee, le HFC-365mfc, le HFC-245fa et le C<sub>6</sub>F<sub>14</sub> sont des gaz fluorés utilisés comme solvant, notamment pour le dégraissage et le nettoyage de précision.

Ces activités sont réglementées par l'arrêté du 2 février 1998 en tant que consommateur de solvants. Il n'y a donc pas de mesures spécifiques de réduction à prévoir.

Les ventes de PFC sont supposées constantes jusqu'en 2035. Concernant les HFC, il a été supposé que les ventes diminueront au même rythme que les quantités mises sur le marché des hydrofluorocarbones prévues par le règlement n° 517/2014.

## B. Facteurs d'émission

Il est considéré que 50 % des quantités vendues d'une année sont émises dans l'année et le solde l'année suivante.

### 7) Autres usages (CRF 2G)

Cette catégorie regroupe un ensemble d'activités très disparates.

#### A. Traitement des données et niveaux d'activité retenus

##### Équipements électriques (CRF 2G1)

Le SF<sub>6</sub> est utilisé comme diélectrique et agent de coupure dans les disjoncteurs et interrupteurs haute et moyenne tension dans le parc électrique.

Les sources d'émissions qui sont considérées sont les suivantes :

- la fabrication des équipements ;
- la durée de vie des équipements installés ;
- la fin de vie des équipements.

Il n'y a pas de mesure de réduction pour ce secteur. La banque de SF<sub>6</sub> installée en 2015 est supposée constante sur toute la période tout comme la production des équipements électriques en France.

Le facteur d'émission de la fabrication des équipements de 2015 est conservé pour toute la période. Le facteur d'émission lié à l'utilisation des équipements électriques de 2015 est conservé pour toute la période.

##### Autres usages de gaz fluorés (CRF 2G2)

Parmi les autres applications consommant des gaz fluorés, sont comptabilisées :

- Les émissions de SF<sub>6</sub> utilisés dans les chaussures de sport jusqu'en 2001, dans les accélérateurs de particules, dans certaines industries, dans les AWACS<sup>7</sup> et dans le milieu de la recherche.
- Les émissions de PFC utilisés dans les applications ouvertes et confinées (notamment comme fluide de refroidissement pour les TGV).

Il n'y a pas de mesure de réduction pour ce secteur.

Les données d'activités pour la période de projection dépendent de la sous-application concernée :

---

<sup>7</sup> système de détection et de commandement aéroporté (SDCA) (en anglais : *AWACS* pour *Airborne Warning and Control System*)



- Les consommations de SF<sub>6</sub> restent constantes sur la période pour les secteurs suivants : applications industrielles (fabrication de câbles), AWACS, accélérateurs de particules industriels et universités / instituts de recherche.
- Les consommations de SF<sub>6</sub> utilisé dans les accélérateurs de particules médicaux varient au prorata de la population.
- Les ventes de C<sub>6</sub>F<sub>14</sub> pour les applications confinées seront amenées à fortement diminuer jusqu'en 2025, date à laquelle ce gaz ne devrait plus être employé dans ces applications. Les ventes de C<sub>6</sub>F<sub>14</sub> pour les applications ouvertes devraient diminuer progressivement jusqu'en 2035.

#### Utilisation de N<sub>2</sub>O et autres produits (2G3 et 2G4)

- N<sub>2</sub>O pour l'anesthésie

Les émissions et le facteur d'émission de l'année 2015 sont connus via l'inventaire national. L'activité associée à ces émissions est la population. Les émissions du secteur évoluent donc selon l'évolution de la population présentée dans les hypothèses macro.

- Autres utilisations de solvants

Cette catégorie rassemble un grand nombre d'activités diverses utilisant des solvants. Les solvants sont émetteurs de COVNM qui, une fois émis dans l'atmosphère, se transforment en CO<sub>2</sub>.

Les projections de ces activités évoluent selon deux possibilités :

- Evolution selon la population,
- Constant (report année 2015 car pas d'information).

Le tableau ci-dessous indique les procédés concernés par ces émissions de COVNM des solvants.

Code SNAP	Intitulé	Projection
060401	Enduction de fibres d verre	Constant
060403	Imprimerie	Constant
060404	Extraction d'huiles comestibles et non comestibles	Selon la population
060405	Application de colles et adhésifs	Constant
060406	Protection du bois	Constant
060408	Utilisation domestique de solvants (autre que la peinture)	Selon la population
060411	Utilisation domestique de produits pharmaceutiques	Selon la population

Les émissions de COVNM sont transformées en CO<sub>2</sub> à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Em. CO}_2 \text{ (t)} = \text{Em. COVNM (t)} * \text{contenu C (\%)} * \text{ratio M mol. (C et CO}_2\text{)}$$

Où : contenu C = environ 70% en moyenne (contenu carbone par défaut, soit la masse de carbone contenue dans les COVNM)

$$\text{Ratio M mol.} = 3,66 \text{ (masse molaire C = 12 g/mol ; masse molaire CO}_2\text{ = 44g/mol)}$$

## 3.4 Agriculture (CRF 3)

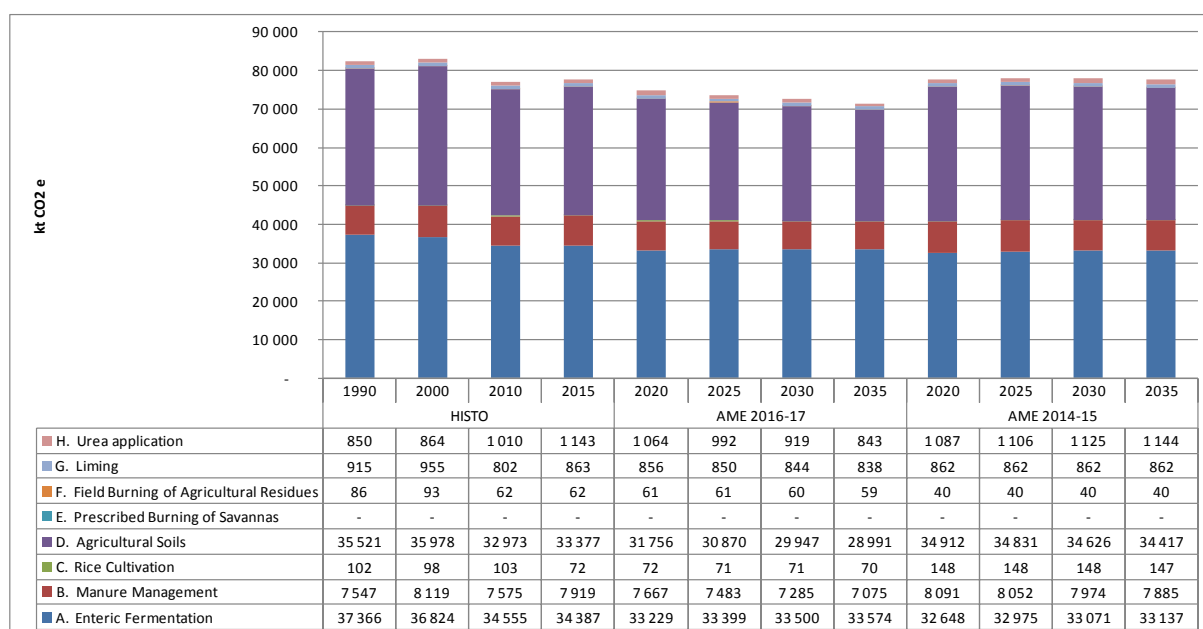
### 3.4.1 Résultats et analyse

Cette catégorie regroupe les émissions liées à l'agriculture (hors combustion déjà prises en compte dans le CRF 1A4).

Les principales activités émettrices sont les suivantes :

- CRF 3A : Fermentation entérique (Emissions de CH<sub>4</sub> liées à la fermentation dans l'appareil digestif des animaux),
- CRF 3B : Gestion des déjections (Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O liées à la gestion des déjections des animaux),
- CRF 3D : Sols / cultures (Emissions de N<sub>2</sub>O liées à l'épandage de fertilisants de synthèse et des déjections animales sur les sols cultivés).

Figure 14 : Emissions de GES - CRF 3 Agriculture - Métropole



#### Analyse scénario AME 2016-17

CRF 3A (Fermentation entérique) : La baisse observée entre 2015 et 2020 est liée à la forte diminution du cheptel des bovins hors vaches laitières entre ces deux années (-8%). La hausse progressive des émissions sur la période est liée à l'augmentation du rendement laitier, ce qui implique des émissions plus fortes sur la période pour les vaches laitières bien que le cheptel reste constant.

CRF 3B (Gestion des déjections) : La baisse des émissions sur la période de projections est liée au développement de la méthanisation.

CRF 3D (Cultures) : La baisse observée entre 2015 et 2020 est liée à une diminution de la fertilisation minérale (car amélioration de l'efficacité de ces engrais minéraux), ainsi qu'à la baisse du cheptel des bovins, hors vaches laitières, qui entraîne une baisse de l'azote excrété à la pâture et de l'azote des déjections épandues.

### Comparaison des deux scénarios

CRF 3A (Fermentation entérique) : Les facteurs d'émission ont été mis à jour entre les deux exercices de scénarisation mais l'impact est négligeable.

CRF 3B (Gestion des déjections) : Les différences entre les deux exercices s'expliquent d'abord par un scénario AME 2016-17 plus optimiste en termes de méthanisation que le scénario AME 2014-15 ainsi que par la mise à jour de la méthode de comptabilisation du N<sub>2</sub>O indirect.

CRF 3D (Cultures) : La mise à jour de la méthode de comptabilisation du N<sub>2</sub>O indirect (modification du calcul des quantités d'azote épandues provenant des déjections animales, recalcul des fractions de volatilisation pour le calcul des émissions indirectes de N<sub>2</sub>O) explique les écarts entre les deux exercices de scénarisation.

### **3.4.2 Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17**

Cette section concerne une grande partie des émissions liées aux activités agricoles. Elle couvre les émissions liées à l'élevage (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), les émissions liées à la fertilisation (N<sub>2</sub>O), les émissions liées aux rizières (CH<sub>4</sub>) et les émissions liées au brûlage des résidus de récolte (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Elle comprend également les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'épandage d'engrais sous forme d'urée et d'amendements basiques sur les sols agricoles.

Les questions relatives au carbone (des sols et de la biomasse) sont traitées dans le secteur UTCATF (CRF 4). Les émissions liées à l'utilisation énergétique sont prises en compte dans la catégorie CRF 1A4c du secteur Energie.

#### **1) Elevage et Cultures - traitement des données et niveaux d'activité**

Pour l'estimation des émissions liées à l'élevage, le CITEPA a développé un système nommé PACRETE (Programme Access pour le Calcul Régionalisé des Emissions aTmosphériques de l'Elevage). Le système PACRETE permet d'harmoniser des données régionales issues de différentes sources sur les effectifs animaux, l'alimentation, les types de bâtiments d'élevage, les pratiques d'épandage des effluents, le temps passé au pâturage, etc. Il permet ensuite de calculer de manière cohérente l'ensemble des émissions liées à l'élevage.

#### *Cheptels*

Les données de populations animales jusqu'à 2015 sont celles de l'inventaire national, tirées de la Statistique Agricole. Les données postérieures à 2015 ont été fournies par le Ministère de l'Agriculture (MAAF). Le tableau suivant précise les données de populations animales utilisées par catégorie animale pour cet exercice, pour la Métropole.

Tableau 1 : Evolutions des populations animales (en place)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Vaches laitières	3 712 082	3 657 531	3 691 721	3 691 721	3 691 721	3 691 721
Vaches allaitantes	4 178 610	4 169 913	3 775 746	3 742 890	3 710 033	3 677 177
Autres bovins	11 552 851	11 453 022	10 670 536	10 599 716	10 528 896	10 458 076
Truies	1 105 064	1 012 517	1 006 768	956 768	906 768	856 768
Autres porcins	13 078 786	12 103 243	12 676 394	12 661 345	12 611 776	12 524 205
Caprins	1 394 482	1 233 239	1 169 225	1 136 424	1 074 992	1 016 881
Ovins	7 945 548	7 049 265	7 055 698	6 857 759	6 487 047	6 136 375
Chevaux	580 143	546 873	546 873	546 873	546 873	546 873
Mules et ânes	48 786	41 457	38 758	37 671	35 635	33 708
Poules	76 828 000	84 453 000	84 453 000	84 453 000	84 453 000	84 453 000
Poulets	141 679 000	157 614 000	157 614 000	157 614 000	157 614 000	157 614 000
Autres volailles	70 375 000	69 051 000	69 051 000	69 051 000	69 051 000	69 051 000
Lapines reproductrices	860 000	813 000	831 167	831 167	831 167	831 167

### Rendements laitiers

Les rendements laitiers jusqu'à 2015 sont ceux de l'inventaire national, tirés de la Statistique Agricole. Les données postérieures à 2015 ont été fournies par le MAAF.

Tableau 2 : Evolution du rendement laitier moyen (kg/VL/an)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Rendement laitier (kg/vache laitière/an)	6 468	7 062	7 400	7 800	8 200	8 563

### Excrétion azotée

Les facteurs d'excrétion azotés ( $F_{ex}$ ) sont pour la plupart basés sur les travaux du Corpen (Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement) qui est un groupe de réflexion réunissant tous les organismes concernés par les relations entre agriculture et environnement. Le tableau suivant présente les facteurs d'excrétion d'azote par catégorie animale.

Tableau 3 : Evolution de l'azote excrété par catégorie animale

	N excrété (kg/place/an)					
	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Vaches laitières	110	114	116	118	120	122
Autres bovins	60	59	59	59	59	59
dont vaches allaitantes	107	107	107	107	107	107
Truies	21	21	21	21	21	21
Autres porcins	8,5	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
Caprins	14	14	14	14	14	14
Ovins	16	16	16	16	16	16
Chevaux	60	60	60	60	60	60
Mules et ânes	17	17	17	17	17	17
Poules	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Poulets	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Autres volailles	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Lapines reproductrices	7,3	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

### Evolution des surfaces

L'évolution des superficies est utile pour estimer la fertilisation minérale totale pour les années postérieures à 2015 (voir plus bas). Plusieurs phénomènes sont pris en compte pour estimer l'évolution de ces surfaces :

- Artificialisation,
- Développement des légumineuses,
- Gestion des prairies,
- Développement de l'agriculture biologique.

Les différentes hypothèses décrites ci-dessous ont été fournies par le MAAF.

#### Le rythme de l'artificialisation

L'artificialisation diminue de 500 ha par an, passant de 50 000 ha en 2015 à 38 000 ha en 2035. Ce changement des terres se fait au détriment de la SAU, à hauteur de 80%, dont 80% sur grandes cultures.

#### Développement des légumineuses

Pour les cultures de légumineuses, l'hypothèse avancée est une hausse des surfaces de 3,5% par an, effectuée au détriment des grandes cultures. L'évolution des surfaces de légumineuses impacte la fertilisation des cultures suivantes. Il a ainsi été supposé qu'un hectare de protéagineux permet d'économiser 33 kg d'azote minéral sur la culture suivante.

#### Gestion des prairies

Pour les prairies permanentes, l'hypothèse avancée est une baisse, plafonnée à 80 % du maximum autorisé par la programmation PAC 2014-2020, soit - 40 000 ha par an, dont 80% sont afforestés. Les surfaces restantes sont converties en grandes cultures.

Pour les prairies artificielles, l'hypothèse retenue est une hausse des surfaces de 7% par an. Ce changement des terres se fait au détriment des grandes cultures.

#### Développement de l'agriculture biologique

L'évolution des superficies des grandes cultures en agriculture biologique a été fournie par le MAAF. Ces surfaces sont supposées libres de fertilisation minérale.

Le tableau suivant récapitule l'évolution des différentes superficies après application des hypothèses ci-dessus :

**Tableau 4 : Evolution des superficies utiles pour estimer la fertilisation minérale (ha)**

	2020	2025	2030	2035
<i>Grandes cultures</i>	12 263 275	12 086 221	11 848 108	11 525 969
<i>Légumineuses</i>	319 483	379 445	450 662	535 245
<i>Autres cultures fourragères</i>	7 198 968	7 191 868	7 185 268	7 179 168
<i>Prairies artificielles</i>	319 689	448 381	628 877	882 033
<i>Prairies permanentes</i>	6 579 539	6 379 539	6 179 539	5 979 539
<b>TOTAL SAU</b>	<b>26 680 954</b>	<b>26 485 454</b>	<b>26 292 454</b>	<b>26 101 954</b>
SAU Grandes Cultures en agriculture biologique	450 060	692 470	1 065 450	1 639 330

### Fertilisation organique

Les données de fertilisation organique regroupent :

- L'azote apporté par les **déjections épandues** : tiré de l'inventaire pour les années antérieures à 2015, recalculé à partir des cheptels, de leur répartition par mode de gestion et des facteurs d'excrétion azotée associés pour les années postérieures à 2015 ;
- L'azote des animaux à la **pâturage** : tiré de l'inventaire pour les années antérieures à 2015, recalculé à partir des cheptels, de leur répartition par mode de gestion et des facteurs d'excrétion azotée associés pour les années postérieures à 2015 ;
- L'azote des **déjections importées** : tiré de l'inventaire pour les années antérieures à 2015, et maintenu constant, égal à 2015 pour les années suivantes ;
- L'azote des **résidus** : tiré de l'inventaire pour les années antérieures à 2015, et recalculé pour les années postérieures à 2015 à partir de l'évolution des surfaces ;
- L'azote des **boues, composts et résidus** : tiré de l'inventaire pour les années antérieures à 2015, et maintenu constant, égal à 2015 pour les années suivantes.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Tableau 5 : Evolution de la fertilisation organique (tonnes N)

tonnes N	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Azote disponible pour l'épandage	593 300	586 086	576 265	575 860	574 397	572 537
Azote importé, épandu	17 403	23 199	23 199	23 199	23 199	23 199
Azote excrété à la pâture (bovins, porcins, volailles)	827 036	822 584	776 509	775 968	775 427	774 526
Azote excrété à la pâture (ovins, caprins, chevaux)	114 235	101 987	101 937	99 616	95 271	91 160
Azote apporté par les résidus	1 022 677	1 071 308	1 047 051	1 044 711	1 042 669	1 041 058
Azote apporté par les boues	19 070	18 959	18 959	18 959	18 959	18 959
Azote apporté par les composts	203	287	287	287	287	287

### Fertilisation minérale

Les données de fertilisation minérale antérieures à 2015 sont celles de l'inventaire national, fournies par l'UNIFA et moyennées sur 3 ans. La fertilisation minérale totale pour les années postérieures à 2015 est évaluée à partir d'une estimation de l'évolution de l'efficacité de l'azote (kg N/ha) et de l'évolution des superficies fertilisées, en prenant en compte le développement de l'agriculture biologique et des cultures de légumineuses (voir plus haut). L'hypothèse retenue par le MAAF quant à l'évolution de l'efficacité de l'azote est une amélioration moyenne de 17% entre 2010 et 2035.

Le tableau suivant présente les résultats de l'application de ces hypothèses en termes de livraisons d'azote minéral totales :

Tableau 6 : Evolution des livraisons d'engrais minéraux

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Livraisons totales d'azote minéral (MgN)	2 171 534	2 208 997	2 056 317	1 917 581	1 775 705	1 628 665

Pour les années antérieures à 2015, la répartition entre type d'engrais est celle de l'inventaire. Pour les années postérieures, on fait l'hypothèse d'une répartition constante entre type d'engrais, égale à celle de 2015.

#### Amendements basiques

Les données relatives aux apports de calcaire et dolomie au champ proviennent, pour les années antérieures à 2015, de l'inventaire. Pour les années postérieures à 2015, ces données sont indexées sur l'évolution de la SAU.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Total Calcaire (tonnes)	1 528 146	1 691 170	1 678 712	1 666 412	1 654 268	1 642 283
Total Dolomie (tonnes)	272 865	248 814	246 981	245 171	243 385	241 621

#### Urée

Pour le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation d'urée, il est nécessaire d'avoir les masses d'urée.

Pour les années antérieures à 2015, on utilise les données de livraisons d'urée (tN) et de solutions azotées (tN) de l'UNIFA moyennées sur 3 ans. On suppose une répartition 50-50 entre l'urée et l'ammonitrate au sein de la solution azotée. On convertit ensuite ces livraisons (tN) en tonnes de produits, à l'aide des masses molaires de l'urée et de l'azote, pour pouvoir appliquer les facteurs d'émission du GIEC.

Pour les années postérieures à 2015, les quantités d'azote de ces engrais spécifiques sont indexées sur l'évolution des quantités totales d'azote minéral apportées. Le même retraitement que celui indiqué ci-dessus est appliqué.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Tonnes d'urée	1 376 843	1 558 476	1 450 758	1 352 878	1 252 783	1 149 044

## 2) Fermentation entérique (CRF 3A) - facteurs d'émission de CH<sub>4</sub>

Cette section concerne les émissions de méthane dues à la fermentation entérique des animaux d'élevage.

La méthodologie nationale de quantification des émissions de la fermentation entérique, s'appuie sur les résultats du projet MONDFERENT I (2012) pour les bovins, MONDFERENT II (2015) pour les caprins, ovins et porcins, et sur Vermorel et al. (2008) pour les autres animaux.

**Projet MONDFERENT I - Bovins**

Pour les bovins, les facteurs d'émission sont tirés de travaux de l'INRA. Plusieurs catégories de vaches laitières et d'autres bovins ont été étudiées, considérées comme représentatives des situations d'élevages en France. A chaque catégorie est associée une race, une masse moyenne, un rendement laitier le cas échéant, ainsi que des besoins énergétiques.

La méthodologie proposée permet d'estimer les émissions de CH<sub>4</sub> entérique à partir de la Matière Organique Digestible Ingérée (MODI) :

$$\text{CH}_4 \text{ (g/kg PV)} = 0,083 + 0,025 \times \text{MODI (g/kg PV)}$$

Avec : PV = Poids vif moyen sur la période concernée (kg)

La MODI est calculée à partir de l'Energie Métabolisable, selon l'équation suivante :

$$\text{MODI (g)} = \text{EM (kcal)} \times \text{EM/MOD (kcal/g)}$$

Avec : EM/MOD = Ratio énergie métabolisable sur matière organique digestible (kcal/g).

Le ratio EM/MOD présente l'avantage d'être très constant quelle que soit la situation. Néanmoins il est légèrement variable selon les types de productions et le mode d'alimentation, et a pu être déterminé en utilisant des données de rationnement moyen à l'échelle nationale (qualité de fourrage, niveaux d'ingestion, concentrés et lipides), par grand type de production.

L'EM est quant à elle estimée à partir de l'Energie Nette, divisée par un rendement moyen d'utilisation des rations.

$$\text{EM (kcal)} = \text{EN (kcal)} / \text{Rendement}$$

Avec : Rendement = Rendement moyen d'utilisation de l'EM de la ration

Enfin, l'EN est estimée à partir des besoins énergétiques des animaux (dépendant entre autres du type de production : lait ou viande), calculés en UF (Unité Fourragère) et convertis en EN selon les équations suivantes :

$$\text{EN}_{\text{lait}} \text{ (kcal)} = \text{UFL (kcal)} \times 1\,700$$

$$\text{EN}_{\text{viande}} \text{ (kcal)} = \text{UFL (kcal)} \times 1\,820$$

A noter : le projet MONDFERENT permet également de calculer les quantités de Matière Organique Non Digestible (MOND), grâce à un ratio MOND/MODI variable selon les types de productions et le mode d'alimentation. Ce ratio MOND/MODI est appliqué à la MODI pour obtenir la Matière Organique Non Digestible (MOND). La MOND ainsi calculée correspond à la MOND des fèces (MOND<sub>fèces</sub>), et ne tient pas compte de la MOND des urines (MOND<sub>urines</sub>). Cette MOND des fèces est utilisée pour le calcul des émissions liées à la gestion des déjections (CRF 3B), et est assimilée au paramètre « SV ».

Pour les vaches laitières, les facteurs d'émission tirés de travaux de l'INRA peuvent être simplifiés et exprimés en fonction de la production laitière à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{CH}_4 \text{ (kg/animal/an)} = 0,0105 \times (\text{production laitière (kg/animal/an)}) + 48,971$$

Les facteurs d'émission de CH<sub>4</sub> résultants sont consignés plus bas.



**Projet MONDFERENT II - Ovins et Caprins**

La méthodologie appliquée est similaire à celle développée lors du projet MONDFERENT I pour les bovins, permettant le calcul du CH<sub>4</sub> à partir de la MODI selon l'équation suivante :

$$\text{CH}_4 \text{ (g) / MODI (kg)} = 45,42 - 6,66 \text{ NI} + 0,75 \text{ NI}^2 + 19,65 \text{ PCO} - 35,0 \text{ PCO}^2 - 2,69 \text{ NI} \times \text{PCO}$$

*Avec : NI = Niveau d'ingestion, défini par la quantité de Matière Sèche Ingérée (MSI) exprimée en % du poids vif (MSI%PV) ; PCO = Proportion de Concentré dans la ration.*

La MODI de la ration est estimée à partir de la relation suivante :

$$\text{MODI (kg)} = \text{MSI} \times \text{MO} \times \text{dMO}_{\text{corrigée}} / 1000$$

*Avec : MSI = Matière Sèche Ingérée (kg) ; MO = Matière Organique (g/kgMSI) ; dMO<sub>corrigée</sub> = digestibilité de la ration corrigée du niveau d'ingestion, de la proportion de concentré dans la ration et de la balance protéique du rumen.*

Le type et les ingrédients des rations proviennent des informations relatives aux espèces considérées. Les niveaux d'ingestion et les besoins en nutriments ont eux été estimés à partir de données actualisées dans le cadre d'un programme de l'INRA « Systali » et de bases de données zootechniques obtenues en conditions expérimentales contrôlées.

*A noter : dans le projet MONDFERENT II, le paramètre SV utilisé au CRF 3B est également estimé. Il tient compte à la fois des fèces et des urines :*

$$\text{SV}_{\text{total}} = \text{SV}_{\text{fèces}} + \text{SV}_{\text{urine}} = [\text{MSI} \times \text{MO} / 1000 - \text{MODI}] + [\text{MSI} \times \text{MO} / 1000 \times \text{EU/EB}]$$

Les facteurs d'émission de CH<sub>4</sub> résultants sont consignés plus bas.

**Projet MONDFERENT II - Porcins**

Les valeurs fournies par le projet MONDFERENT II concernent les porcelets en post sevrage (entre 8kg et 30kg) et les porcs à l'engrais (>30kg) uniquement. On considère que les émissions de CH<sub>4</sub> entérique des porcelets non sevrés (<8kg) sont nulles du fait de leur alimentation faite exclusivement à base de lait. Pour les truies et les verrats, la méthodologie Vermorel est appliquée (cf. paragraphe suivant).

Pour les porcins, la méthodologie appliquée dans le projet MONDFERENT II est celle développée par Rigolot et al (2010). Les émissions de CH<sub>4</sub> entérique sont calculées grâce à l'équation suivante :

$$\text{CH}_4 \text{ (kg/tête)} = \text{Aliment} \times (\text{ResD}_{\text{intake1}} \times \text{Prop1} + \text{ResD}_{\text{intake2}} \times \text{Prop2}) \times 0,67 / 55,65$$

*Avec : Aliment = quantité d'aliment ingérée au cours de la vie de l'animal ; ResD<sub>intake1</sub> et ResD<sub>intake2</sub> : teneur en fibres digestibles ingérées de l'aliment ; Prop1 et Prop2 : répartition entre les deux aliments ; 0,67 : perte d'énergie sous forme de CH<sub>4</sub> provenant des fibres digérées ; 55,65 : contenu énergétique du méthane.*

Le paramètre Aliment (kg/animal) provient des documents de Gestion Technico-économiques publiés chaque année par l'IFIP. Les paramètres ResD<sub>intake</sub> sont quant à eux fixes dans le temps et ont été obtenus pour des aliments types, représentatifs d'une alimentation biphasée. Les proportions respectives de ces aliments sont également fixées dans le projet MONDFERENT II à dire d'expert.

**Travaux de Vermorel et al. - Autres animaux**

Pour les truies, les verrats, les chevaux et les ânes et mules, les émissions de CH<sub>4</sub> sont déterminées au moyen de facteurs d'émission issus des travaux de Vermorel et al. La méthode développée permet de prendre en compte les principaux facteurs de variation des émissions de méthane liés à l'animal (espèce, type de production, niveau de production) et à la ration (quantités d'aliments ingérés, composition chimique des aliments, interactions entre aliments au sein d'une ration).

**Récapitulatif**

Le tableau ci-dessous liste les facteurs d'émission utilisés selon les catégories.

FE CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> /tête/an)	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Vaches laitières	117	123	127	131	135	139
Autres bovins	50,9	50,7	50,5	50,5	50,5	50,5
Truies	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Autres porcins	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Caprins	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
Ovins	13,2	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
Chevaux	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8
Mules et ânes	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

**3) Gestion des déjections animales (CRF 3B) - facteurs d'émission**

Cette section concerne les émissions issues de la gestion des déjections animales au bâtiment et au stockage.

**a/ CH<sub>4</sub>**

Les émissions de CH<sub>4</sub> sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque espèce animale. Ceux-ci sont établis en utilisant la formule proposée par le GIEC 2006 :

$$FE = SV \times 365 \text{ jours/an} \times Bo \times 0,67 \text{ kg/m}^3 \times \sum_i (FCM_i \times SG_i)$$

*Avec: Bo = Capacité de production maximale de CH<sub>4</sub> (m<sup>3</sup>/kg de SV) ; SV = Solides volatils excrétés (kg/jour) ; FCM = facteur de conversion en CH<sub>4</sub> (%) ; SG : Système de gestion des déjections i = type de gestion.*

**Le paramètre SG**

Ce paramètre traduit le mode de gestion des déjections (lisier, fumier, pâturage / parcours). Pour les années antérieures à 2015, la répartition entre système provient de l'inventaire national. Pour les années postérieures à 2015, cette répartition est maintenue constante, égale à 2015.

**Le paramètre SV**

Les méthodes d'estimation des SV varient selon les catégories.

Pour les bovins, ce paramètre est fourni par le projet MONDFERENT I (voir plus haut). Dans le cas des vaches laitières, la valeur prise par le paramètre SV est issue d'une équation reliant le SV et la production de lait :

$$SV \text{ (kg/animal/jour)} = (0,1146 \times (\text{production de lait (kg/animal/an)}) + 715,77)/365$$

Pour les ovins et les caprins, le SV est estimé à partir des travaux MONDFERENT II (voir plus haut).

Pour les animaux autres que les bovins, ovins et caprins, le paramètre SV prend les valeurs par défaut fournies par le GIEC 2006.

Les valeurs prises par le paramètre SV sont présentées dans le tableau suivant :

SV (kg SV/jour)	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Vaches laitières	3,99	4,18	4,28	4,41	4,54	4,65
Autres bovins	1,91	1,91	1,90	1,90	1,90	1,90
Truies	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Autres porcins	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Caprins	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Ovins	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Chevaux	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
Mules et ânes	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Poules	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Poulets	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Autres volailles	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Lapines reproductrices	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

#### Le paramètre Bo

Le paramètre Bo prend les valeurs par défaut fournies par le GIEC 2006. Les valeurs prises par Bo sont présentées dans le tableau suivant :

Vaches laitières	Autres bovins	Porcins	Caprins	Ovins	Chevaux	Mules et ânes	Poules	Poulets	Autres volailles	Lapines reproductrices
0,24	0,18	0,45	0,18	0,19	0,30	0,33	0,39	0,36	0,36	0,32

#### Le paramètre FCM

Les paramètres FCM prennent les valeurs par défaut fournies par le GIEC. Les valeurs du FCM varient en fonction de la température moyenne annuelle. Les températures annuelles moyennes régionales issues de Météo France ont été utilisées.

#### Prise en compte de la méthanisation des déjections animales

La méthanisation des déjections animales permet de réduire les émissions de CH<sub>4</sub>. La méthodologie de calcul suivie consiste à estimer la réduction des émissions associée à la méthanisation, pour la déduire du calcul des émissions totales de CH<sub>4</sub> :

$$\text{Emissions}_{\text{totales}} = \text{Emissions}_{\text{sans\_méthanisation}} - \text{Emissions\_réduites}_{\text{méthanisation}}$$

Pour estimer les émissions réduites, le choix a été fait d'appliquer un taux de réduction aux émissions de CH<sub>4</sub> liées à la gestion des déjections méthanisées, taux issu de Ecosecurities et estimé à 85%. Ainsi, la quantité de CH<sub>4</sub> non émise comparée à l'absence de méthaniseur

(Emissions\_réduites<sub>méthanisation</sub> en kg CH<sub>4</sub>) grâce aux déjections méthanisées est calculée à partir de l'équation suivante :

$$\text{Emissions\_réduites}_{\text{méthanisation}} = \text{SV} \times \text{Nombre\_places}_{\text{animal\&SG}} \times 365 \times B_0 \times 0,67 \times \sum_i (\text{FCM}_i \times \text{SG}_i) \times \text{TR}$$

*Avec :* SV = Solides volatils excrétés (kg/animal/jour) ; Nombre\_places<sub>animal&SG</sub> = Nombre d'emplacements concernés par la méthanisation pour le système de gestion des déjections concerné ; B<sub>0</sub> = Capacité de production maximale de CH<sub>4</sub> (m<sup>3</sup>/kg de SV) ; FCM = facteur de conversion en CH<sub>4</sub> (% , liquide, solide, pâturage) ; SG : Système de gestion des déjections (liquide, solide, pâturage) ; TR : Taux de réduction des émissions associée à la méthanisation.

Les quantités totales de déjections méthanisées sont donc obtenues en multipliant le paramètre SV par le nombre de places en méthanisation. Pour les années antérieures à 2015, les données utilisées proviennent de l'inventaire. Pour les données postérieures à 2015, l'hypothèse avancée par le MAAF est d'aboutir, en 2035, à 20% de déjections animales méthanisées. Cette hypothèse a été appliquée pour les déjections bovines et porcines uniquement.

## b/ N<sub>2</sub>O

Trois sources d'émissions de N<sub>2</sub>O sont estimées pour l'élevage :

- les émissions directes au bâtiment et au stockage,
- les émissions indirectes liées à la volatilisation de NH<sub>3</sub> et NO<sub>x</sub> au bâtiment et au stockage,
- les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage au stockage.

### Les émissions directes

Les émissions directes sont calculées selon l'équation 10.25 des lignes directrices du GIEC 2006. Ces émissions sont basées sur :

- l'excrétion azotée des animaux (voir plus haut) ;
- les modalités de gestion des déjections ;
- les facteurs d'émission par défaut des lignes directrices du GIEC 2006 (varient selon les modalités de gestion des déjections).

Le calcul effectué est le suivant :

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{directes}} = \sum_{t,i} N_t \times \text{Fex}_{t,i} \times \text{SG}_{t,i} \times \text{FE}_{t,i} \times 44/28$$

*Avec :* N<sub>t,i</sub> = Nombre de têtes de la catégorie animale t ; Fex<sub>t,i</sub> = Excrétion azotée annuelle de la catégorie animale t gérée en système i ; SG = Système de gestion des déjections (liquide, solide) ; FE<sub>t,i</sub> = Facteur d'émission pour le système de gestion i de la catégorie animale t.

Pour le choix des facteurs d'émission, les correspondances suivantes ont été effectuées avec les systèmes de gestion des déjections rencontrés en France :

	Toutes catégories, sauf volailles		Volailles	
	Dénomination GIEC 2006	Valeur (kg N-N <sub>2</sub> O/kg Nex)	Dénomination GIEC 2006	Valeur (kg N-N <sub>2</sub> O/kg Nex)
Lisier	Liquide/lisier sans écorce terrestre naturelle	0	Fumier de volaille sans litière	0,001
Fumier	Stockage solide	0,005	Fumier de volaille avec litière	0,001
Pâturage	Emissions traitées en CRF 3D			

Les émissions indirectes liées à la volatilisation

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont calculées selon l'équation 10.27 des lignes directrices du GIEC 2006 :

$$N_2O_{\text{indirectes\_volat}} = N_{\text{volatilisation}} \times FE_4 \times 44/28$$

*Avec :  $N_{\text{volatilisation}}$  = Quantité d'azote de fumier perdue en raison de la volatilisation du  $NH_3$  et des  $NO_x$  (kg N/an) ;  $FE_4$  = Facteur d'émission du GIEC pour les émissions de  $N_2O$  dues au dépôt atmosphérique d'azote sur les sols et des surfaces aquatiques (kg N- $N_2O$  / (kg N- $NH_3$  + kg N- $NO_x$ )).*

La quantité d'azote de fumier perdue en raison de la volatilisation du  $NH_3$  et des  $NO_x$  correspond à la somme des émissions suivantes :

$$N_{\text{volatilisation}} = N-NH_3 \text{ Bâtiment} + N-NH_3 \text{ Stockage} + N-NO_x \text{ Stockage}$$

*Avec :  $N-NH_3 \text{ Bâtiment}$  = Emissions de N- $NH_3$  au bâtiment ;  $N-NH_3 \text{ Stockage}$  = Emissions de N- $NH_3$  au stockage ;  $N-NO_x \text{ Stockage}$  = Emissions de N- $NO_x$  au stockage.*

Ces émissions d'azote sous forme de  $NH_3$  et  $NO_x$  sont calculées conformément à la méthode EMEP/EAA 2013. Le facteur d'émission utilisé est tiré du GIEC :  $FE_4 = 0,01 \text{ kg N-}N_2O/\text{kg N-}NH_3 + \text{kg N-}NO_x$ .

Les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage

Les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage sont calculées selon l'équation 10.29 des lignes directrices du GIEC 2006 :

$$N_2O_{\text{indirectes\_lixiv}} = N_{\text{lixiv}} \times FE_5 \times 44/28$$

*Avec :  $N_{\text{lixiv}}$  = Quantité d'azote de fumier lessivé des systèmes de gestion du fumier (kgN/an) ;  $FE_5$  = Facteur d'émission du GIEC pour les émissions de  $N_2O$  de l'azote de lixiviation et écoulements (kg N- $N_2O$  / kg N lessivé et écoulé).*

La quantité d'azote de fumier lessivé est calculée conformément à la méthode EMEP/EAA 2013. Le facteur d'émission utilisé est tiré du GIEC :  $FE_5 = 0,0075 \text{ kg N-}N_2O/\text{kg N lessivé et écoulé}$ .

**4) Rizières (CRF 3C) - facteurs d'émission de  $CH_4$** 

Les émissions de  $CH_4$  provenant des rizières sont estimées en utilisant le facteur d'émission proposé par le GIEC, calculé à partir de l'équation 5.2 :

$$EF_i = EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times SF_{s,r}$$

*Avec :  $EF_i$  = Facteur d'émission journalier par ha ;  $EF_c$  = Facteur d'émission correspondant au niveau de référence, i.e. à une situation de culture inondée en continu, sans amendements organiques ;  $SF_w$  = Facteur de correction prenant en compte le système de gestion de l'eau pendant la période de culture ;  $SF_p$  = Facteur de correction prenant en compte le système de gestion de l'eau avant la culture ;  $SF_o$  = Facteur de correction prenant en compte le type et la quantité d'amendements organiques apportés ;  $SF_{s,r}$  = Facteur de correction prenant en compte le type de sol, le type de riz, etc.*

Le facteur d'émission  $EF_c$ , est issu des lignes directrices et vaut  $1,3 \text{ kg } CH_4/\text{ha}/\text{jour}$ .

Les différents facteurs de correction utilisés pour adapter le facteur d'émission de référence à la situation française sont les suivants :

- $SF_w$  : prend la valeur par défaut proposée par le GIEC pour le régime « irrigué », soit 0,78 ;
- $SF_p$  : prend la valeur par défaut agrégée proposée par le GIEC, soit 1,22 ;
- $SF_{s,r}$  : égal à 1 faute de données disponibles.

Le facteur de correction  $SF_o$ , correspondant à la quantité d'amendements organiques apportés, est calculé selon l'équation du GIEC 2006 suivante :

$$SF_o = (1 + \sum_i T_x AO_i \times FCAO_i)^{0,59}$$

*Avec :  $T_x AO_i$  = Taux d'application de l'amendement organique  $i$ , en poids sec pour la paille et en poids frais pour les autres, tonnes/ha ;  $FCAO_i$  = facteur de conversion de l'amendement organique  $i$  (par rapport à son impact relatif sur la paille appliquée peu de temps avant la culture), comme au tableau 5.14 du GIEC 2006.*

On considère qu'en France, les seuls amendements organiques apportés sont les pailles de riz. Le taux d'application associé est estimé à partir des quantités de matières sèches des résidus de la riziculture non brûlés. Le facteur de conversion appliqué est celui correspondant à la modalité « paille incorporée peu avant la culture » du GIEC 2006, égal à 1.

La période de culture est supposée s'étaler du 20 avril/mi mai (semis) jusqu'à mi septembre/mi-octobre (récolte).

Le facteur d'émission obtenu est de 199 kg  $CH_4$ /ha/an.

## 5) Sols agricoles (CRF 3D) - facteurs d'émission de $N_2O$

Cette section concerne les émissions dues aux pratiques agricoles (épandage des fertilisants minéraux et organiques). Cette section n'inclut pas les activités de combustion de l'agriculture (installations fixes et engins spéciaux de l'agriculture) incluses dans la partie énergie.

L'essentiel de la méthodologie et des facteurs d'émission sont issus des lignes directrices du GIEC 2006. Sont distinguées :

- les émissions directes de  $N_2O$  suite à l'apport d'azote aux cultures ;
- les émissions indirectes de  $N_2O$  liées à la volatilisation de l'azote sous diverses formes réactives ( $NH_3$  et  $NO_x$  principalement) et la déposition de ces dernières et de leurs produits sur les sols ou les eaux de surface ;
- les émissions indirectes de  $N_2O$  liées au lessivage et la lixiviation de l'azote, deux phénomènes à l'origine du transport de diverses formes azotées (organiques ou minérales) sujettes à des processus de nitrification/dénitrification entraînant des émissions de  $N_2O$ .

### Les émissions directes

Les émissions directes de  $N_2O$  exprimées en kg de  $N-N_2O$  sont calculées selon l'équation 11.1 du GIEC 2006 :

$$N-N_2O_{directes} = N-N_2O_{N_{entrées}} + N-N_2O_{SO} + N-N_2O_{PPP}$$

*Avec :  $N-N_2O_{N_{entrées}}$  = émissions de  $N-N_2O$  imputables aux entrées de N sur les sols (kg  $N-N_2O$ /an) ;  $N-N_2O_{SO}$  = émissions de  $N-N_2O$  imputables aux sols organiques gérés (kg  $N-N_2O$ /an) ;  $N-N_2O_{PPP}$  = émissions de  $N-N_2O$  imputables aux entrées d'urine et de fèces (kg  $N-N_2O$ /an).*

Apports d'azote : Paramètre  $N-N_2O_{N\_entrées}$ 

Le paramètre  $N-N_2O_{N\_entrées}$  concerne les émissions directes liées à l'apport d'engrais minéraux, à l'épandage des déjections animales, des boues et des composts.

$$N-N_2O_{N\_entrées} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{RR} + F_{MOS}) \times FE_1$$

*Avec* :  $F_{SN}$  = quantité annuelle de N des engrais synthétiques appliquée aux sols (kgN/an) ;  $F_{ON}$  = quantité annuelle de fumier animal, compost, boues et autres ajouts organiques appliquée aux sols (kgN/an) ;  $F_{RR}$  = quantité annuelle de N retourné aux sols dans les résidus de récoltes (aériens et souterrains) (kgN/an) ;  $F_{MOS}$  = quantité annuelle de N minéralisé dans les sols minéraux associée aux pertes de C des sols de la matière organique des sols en raison de changements d'affectation des terres ou de gestion (kgN/an) ;  $FE_1$  = facteur d'émission des émissions de  $N_2O$  dues aux entrées de N (kgN- $N_2O$ /kgN).

Les paramètres  $F_{SN}$ ,  $F_{ON}$  et  $F_{RR}$  ont été présentés plus haut (voir données d'activité). Le paramètre  $F_{ON}$  couvre à la fois les imports d'azote, l'épandage des déjections, des boues et des composts. Le paramètre  $F_{MOS}$  est à l'heure actuelle négligé car les terres cultivées restant terres cultivées présentent un puits de carbone au niveau des sols. En revanche, pour les terres converties en terres cultivées, l'émission de  $N_2O$  liée à la minéralisation est comptabilisée dans le secteur UTCATF.

Le facteur d'émission utilisé est celui proposé par défaut par le GIEC 2006 : **0,01 kg N- $N_2O$ /kg N**.

Sols organiques : Paramètre  $N-N_2O_{SO}$ 

Le paramètre  $N-N_2O_{SO}$  concerne les émissions directes liées aux sols organiques gérés. En France, deux types de sols organiques sont considérés :

- les sols de cultures organiques tempérées et de prairies en Métropole,
- les sols de cultures organiques tropicales et de prairies en Guyane.

L'équation du GIEC 2006 est adaptée de la façon suivante :

$$N-N_2O_{SO} = F_{SO,CP,Temp} \times FE_{2CP,Temp} + F_{SO,CP,Trop} \times FE_{2CP,Trop}$$

*Avec* :  $F_{SO,CP,Temp}$  = superficie annuelle des sols de cultures organiques tempérées et de prairies (ha) ;  $FE_{2CP,Temp}$  = facteur d'émission pour les sols de cultures organiques tempérées et de prairies (kg N- $N_2O$ /ha) ;  $F_{SO,CP,Trop}$  = superficie annuelle des sols de cultures organiques tropicales et de prairies (ha) ;  $FE_{2CP,Trop}$  = facteur d'émission pour les sols de cultures organiques tropicales et de prairies (kg N- $N_2O$ /ha).

La cartographie des histosols est fournie, pour la France métropolitaine, par l'INRA et pour la Guyane, par une étude spécifique (Cubizolle, H., et al., 2013). Pour sélectionner uniquement les surfaces d'histosols cultivées, ces cartes ont été croisées sous SIG avec les couches issues de la base de données Corine Land Cover.

Les facteurs d'émission utilisés sont ceux proposés par défaut par le GIEC 2006, à savoir :

- pour les sols de cultures organiques tempérées et de prairies : **8 kg N- $N_2O$ /ha**,
- pour les sols de cultures organiques tropicales et de prairies : **16 kg N- $N_2O$ /ha**.

Pâturage : Paramètre  $N-N_2O_{PPP}$ 

Le paramètre  $N-N_2O_{PPP}$  concerne les émissions directes liées aux entrées d'urine et fèces des pâturages. Ces émissions sont calculées toujours en utilisant l'équation 11.1 du GIEC 2006 :

$$N-N_2O_{PPP} = F_{PPP,BVS} \times FE_{3PPP,BVS} + F_{PPP,MA} \times FE_{3PPP,MA}$$

*Avec* :  $F_{PPP,BVS}$  = quantité annuelle d'azote des urines et fèces déposée par les bovins, volailles, suidés, au pâturage (kg N/an) ;  $FE_{3PPP,BVS}$  = facteur d'émission pour les bovins, volailles et suidés au pâturage (kg N-N<sub>2</sub>O/kg N) ;  $F_{PPP,MA}$  = quantité annuelle d'azote des urines et fèces déposée par les moutons et autres animaux au pâturage (kg N/an) ;  $FE_{3PPP,MA}$  = facteur d'émission pour les moutons et autres animaux au pâturage (kg N-N<sub>2</sub>O/kg N).

Les paramètres  $F_{PPP,BVS}$  et  $F_{PPP,MA}$  ont été présentés plus haut (voir données d'activité). Les facteurs d'émission utilisés sont ceux proposés par défaut par le GIEC 2006, à savoir :

- pour les bovins, volailles et suidés : **0,02 kg N-N<sub>2</sub>O/ kg N**,
- pour les moutons et autres animaux : **0,01 kg N-N<sub>2</sub>O/ kg N**.

### Emissions de N<sub>2</sub>O directes totales

Les émissions de N-N<sub>2</sub>O directes sont converties ensuite en N<sub>2</sub>O de la façon suivante :

$$N_2O_{directes} = N-N_2O_{directes} \times 44/28$$

### **Les émissions indirectes liées à la volatilisation**

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont calculées selon l'équation 11.9 des lignes directrices du GIEC 2006 :

$$N-N_2O_{DAT} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PPP} + F_{RR} + F_{MOS} (F_{SN} \times \text{Frac}_{GAZE}) + ((F_{ON} + F_{PPP}) \times \text{Frac}_{GAZM})) \times FE_4$$

*Avec* :  $\text{Frac}_{GAZE}$  = fraction de N d'engrais synthétique volatilisé sous forme de NH<sub>3</sub> et de NO<sub>x</sub> (kg N volatilisé/kg N appliqué) ;  $\text{Frac}_{GAZM}$  = fraction de N organique (engrais et pâture) volatilisé sous forme de NH<sub>3</sub> et de NO<sub>x</sub> (kg N volatilisé/kg N appliqué) ;  $FE_4$  = facteur d'émission de N<sub>2</sub>O dues au dépôt atmosphérique de N sur les sols et les surfaces aquatiques (kg N-N<sub>2</sub>O/kg N-NH<sub>3</sub> + N-NO<sub>x</sub> volatilisé).

Plutôt que d'utiliser les fractions par défaut proposées par le GIEC, les émissions de NH<sub>3</sub> et de NO<sub>x</sub> relatives à l'application d'engrais minéraux, de déjections animales, de boues, de compost et celles liées aux animaux à la pâture, sont calculées conformément à la méthode EMEP/EAA 2013.

Le facteur d'émission de N<sub>2</sub>O dues au dépôt atmosphérique de N sur les sols et les surfaces aquatiques utilisé est celui proposé par défaut par le GIEC 2006 : **0,01 kg N-N<sub>2</sub>O/kg N volatilisé**

Les émissions de N-N<sub>2</sub>O indirectes liées au dépôt atmosphérique sont converties ensuite en N<sub>2</sub>O de la façon suivante :

$$N_2O_{DAT} = N-N_2O_{DAT} \times 44/28$$

### **Les émissions indirectes liées au lessivage**

Les émissions indirectes liées à la lixiviation/écoulements sont calculées selon l'équation 11.10 des lignes directrices du GIEC 2006 :

$$N-N_2O_L = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PPP} + F_{RR} + F_{MOS}) \times \text{Frac}_{Lixi} \times FE_5$$

*Avec* :  $\text{Frac}_{Lixi}$  = fraction de tout le N minéralisé/ajouté aux sols gérés dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements ;  $FE_5$  = facteur d'émission de N<sub>2</sub>O dues à la lixiviation et aux écoulements (kg N-N<sub>2</sub>O/kg N lessivé et écoulé).



Le paramètre  $\text{Frac}_{\text{Lixi}}$  prend la valeur par défaut proposée par le GIEC 2006, soit  $0,3 \text{ kg N}_{\text{lessivé}}/\text{kg N}_{\text{apporté}}$ . C'est une hypothèse majorante car cette valeur ne devrait s'appliquer qu'aux régions où les capacités en rétention d'eau sont excédées. Or, dans l'inventaire national, il est considéré que tout le territoire est dans cette situation, faute de données disponibles relatives à cette question.

Le facteur d'émission de  $\text{N}_2\text{O}$  dues à la lixiviation et aux écoulements ( $\text{FE}_5$ ) utilisé est celui proposé par défaut par le GIEC 2006 dans le tableau 11.3 :  $0,0075 \text{ kg N-N}_2\text{O}/\text{kg N}_{\text{lessivé}}$ .

Les émissions de  $\text{N-N}_2\text{O}$  indirectes liées dues à la lixiviation et aux écoulements sont converties ensuite en  $\text{N}_2\text{O}$  de la façon suivante :

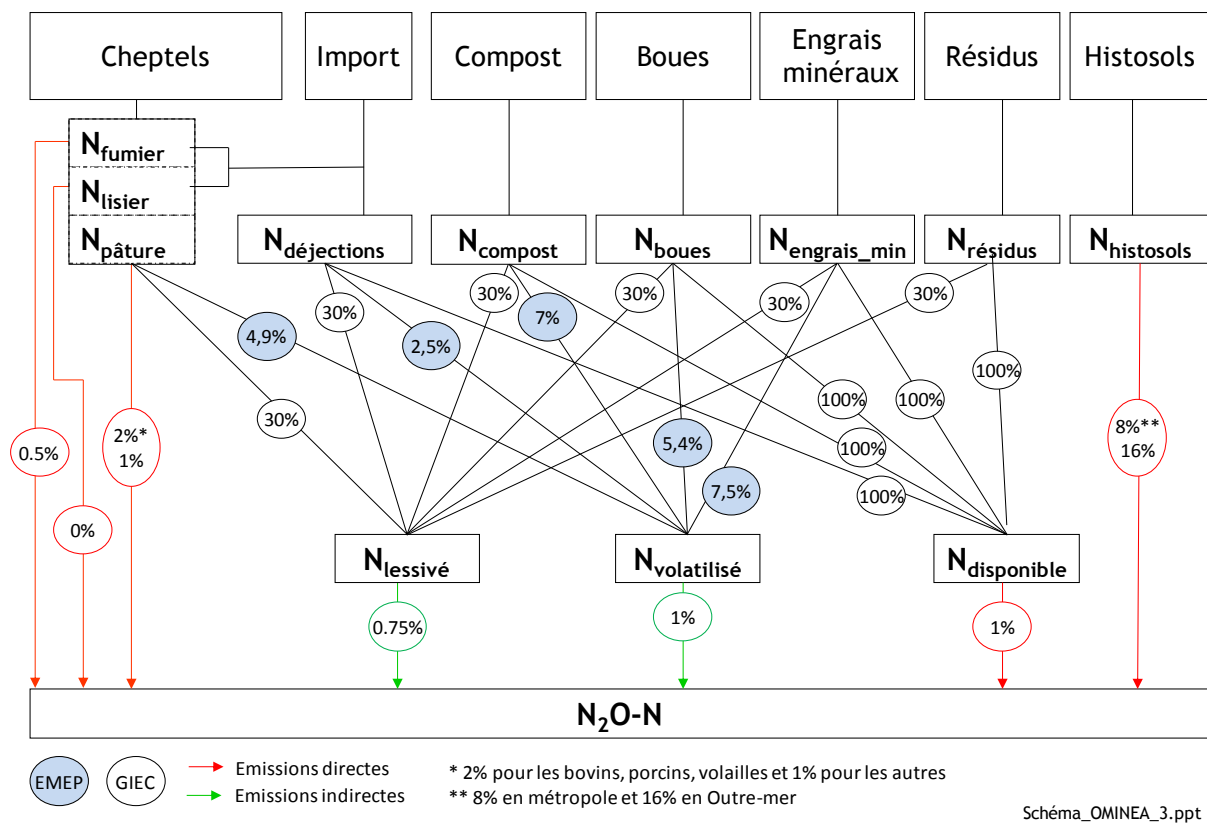
$$\text{N}_2\text{O}_L = \text{N-N}_2\text{O}_L \times 44/28$$

### Récapitulatif des sources d'azote et émissions de $\text{N}_2\text{O}$ des sols

La figure ci-dessous illustre la méthodologie globale mise en place pour estimer les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  des sols agricoles.

A noter : les valeurs EMEP proposées correspondent ici aux moyennes sur la période 1990-2015.

Figure 15 : Schéma de la méthodologie d'estimation des émissions pour le  $\text{N}_2\text{O}$  des sols



## 6) Brûlage des résidus agricoles (CRF 3F) - facteurs d'émission

Cette section concerne les émissions liées au brûlage des résidus de culture. Le brûlage des résidus peut être employé pour nettoyer une parcelle, faciliter la préparation du lit de semence, lutter contre les adventices ou contre la prolifération de certaines maladies des cultures.

La méthodologie utilisée est celle des lignes directrices GIEC 2006. L'équation utilisée est l'équation 2.27, chapitre 2, et peut être réécrite de la manière suivante :

$$\text{Emissions} = \text{MS}_{\text{brûlée}} * \text{FE}$$

Avec :

MS<sub>brûlée</sub> : Matière sèche des résidus brûlés en kg

FE : Facteur d'émission (0,0027 kg CH<sub>4</sub> / kg MS brûlée et 0,00007 kg N<sub>2</sub>O / kg MS brûlée, tableau 2.5 des lignes directrices du GIEC)

Les données de MS brûlées pour les années antérieures à 2015 sont tirées de l'inventaire. Pour les années postérieures à 2015, elles sont recalculées à partir de l'évolution des surfaces.

## 7) Chaulage (CRF 3G) - facteurs d'émission

Cette section concerne les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'épandage d'amendements basiques en agriculture.

Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'épandage d'amendements carbonés sont estimées grâce au GIEC 2006.

$$\Delta C_{\text{Lime}} = M_{\text{Limestone}} \times EF_{\text{Limestone}} + M_{\text{Dolomite}} \times EF_{\text{Dolomite}}$$

Avec :

$\Delta C_{\text{Lime}}$  = Emission annuelle de carbone due à l'application d'amendements carbonés, t C/an

M = Quantité d'amendements calcaires (CaCO<sub>3</sub>) ou dolomitique (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), t C/an

EF = Facteur d'émission, t C/t amendement (12% pour CaCO<sub>3</sub>, 13% pour CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)

## 8) Application d'urée (CRF 3H) - facteurs d'émission

Cette section concerne les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'épandage d'urée en agriculture

L'équation 11.13 des lignes directrices GIEC 2006 est utilisée avec un facteur d'émission de 0,2 kg C-CO<sub>2</sub>/kg.

$$E_{\text{CO}_2} = M \times EF \times 44/12$$

Avec :

E<sub>CO<sub>2</sub></sub> : Emissions annuelles de CO<sub>2</sub> liées à l'épandage d'urée (t CO<sub>2</sub>/an)

M : Masse d'urée (t/an)

EF : Facteur d'émission (tC-CO<sub>2</sub>/t)

44/12 : Conversion des tC-CO<sub>2</sub> en tCO<sub>2</sub>

## 3.5 UTCATF (CRF 4)

### 3.5.1 Résultats et analyse

Cette catégorie regroupe les émissions liées à l'utilisation des terres, le changement des terres et la forêt.

Les différentes sous-catégories considérées peuvent être des puits de carbone ou des sources d'émissions.

Les principales sources émettrices sont les suivantes :

- CRF 4B : Terres cultivées
- CRF 4E : zones urbanisées

Les principaux puits de carbone sont les suivants :

- CRF 4A : Forêts
- CRF 4C : Prairies
- CRF 4D : zones humides
- CRF 4G : bois récoltés

Figure 16 : Emissions et puits de GES - CRF 4 UTCATF - Métropole

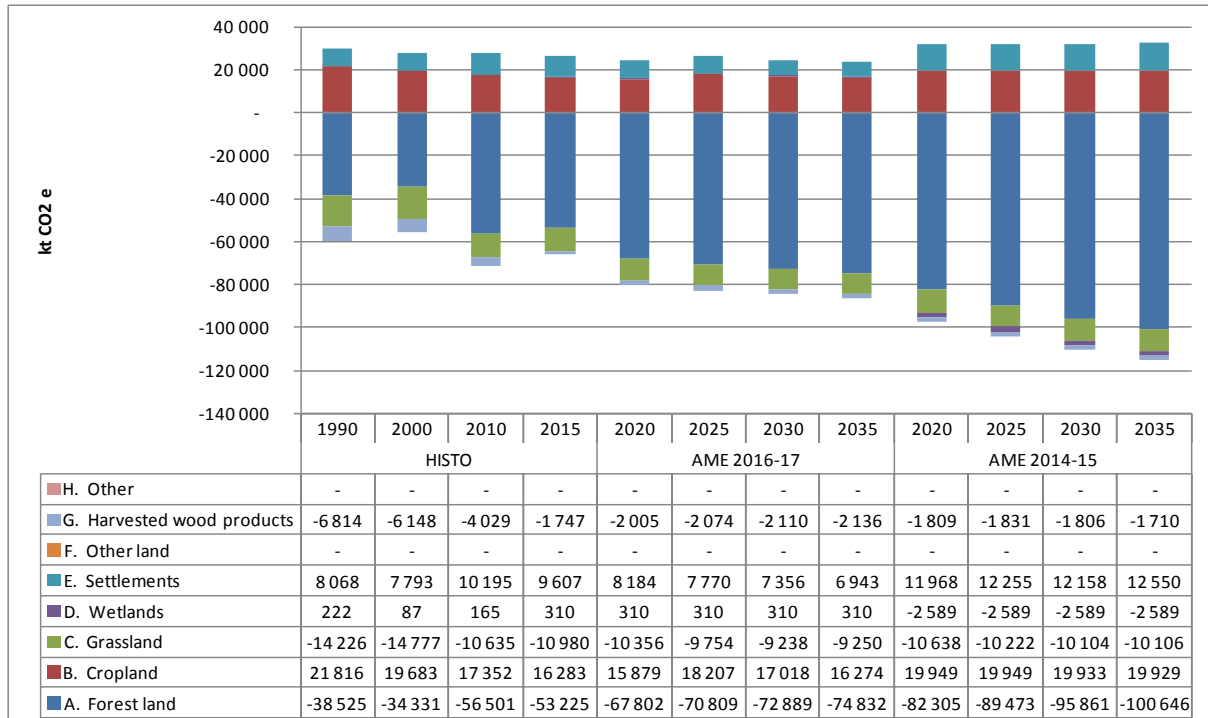
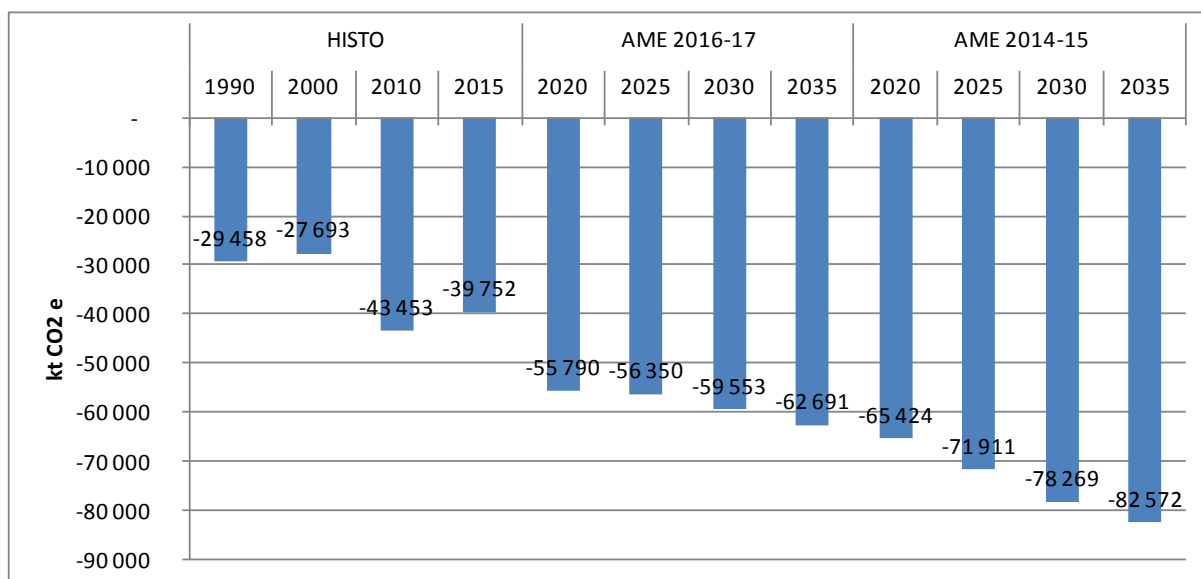


Figure 17 : Puits net de GES - CRF 4 UTCATF - Métropole



#### Analyse scénario AME 2016-17

Le scénario 2016-17 voit une augmentation du puits entre 2020 et 2035 du fait essentiellement de la hausse de l'accroissement forestier. Cette hausse de l'accroissement forestier est estimée sur la base du scénario tendanciel réalisé en 2014 par l'IGN. Pour raccorder les projections sur la forêt avec l'inventaire, il a été choisi de se recalcr sur l'année 2012.

Ce scénario 2016-17 voit aussi une augmentation des prélèvements de 20 Mm<sup>3</sup> entre 2015 et 2035, mais cette augmentation ne suffit pas à inverser la tendance du puits forestier qui continue de s'accroître. On pourra noter qu'avec des prélèvements prévus ainsi à la hausse, le niveau de puits présente une tendance peu significative au vu des incertitudes associées notamment au niveau de production (accroissement) de la forêt française.

Les autres terres évoluent également du fait de la diminution de l'artificialisation, de la progression des haies et des terres en agroforesterie mais les impacts associés restent très modestes comparés à la contribution de la forêt.

#### Comparaison des deux scénarios

Le scénario AME 2016-17 reprend les principales hypothèses de projections établies précédemment à l'exception du niveau de prélèvement revu à la hausse (les 8 Mm<sup>3</sup> supplémentaires entre 2010 et 2035 sont remplacés par 20 Mm<sup>3</sup> supplémentaires entre 2015 et 2035). L'écart important observé entre les deux projections tient donc d'abord à l'évolution de ce paramètre.

Les projections dépendent aussi fortement du niveau de référence fourni par l'inventaire national lequel a beaucoup évolué sur les dernières années entre l'édition 2014 et l'édition 2016. En effet, les résultats sont systématiquement recalés sur une année d'inventaire, il s'agissait de l'année 2010 pour les projections AME 2014-15, désormais il s'agit de l'année 2012. Ce recalage entraîne une translation des valeurs projetées avec un niveau de puits globalement plus faible sur toute la période projetée.

### 3.5.2 Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

Le secteur UTCATF est découpé en grands types de terre : forêts, cultures, prairies, zones humides, zones artificialisées, autres terres, mais l'essentiel des flux tient aux émissions/absorptions en forêt.

Les informations prises en compte pour simuler des projections pour ce secteur sont :

1. Le volume total de bois récolté en France de 2015 à 2035
2. L'accroissement forestier de 2015 à 2035
3. Les superficies de SAU artificialisées par an de 2015 à 2035
4. L'évolution des superficies de haies de 2015 à 2035
5. Les superficies en agroforesterie de 2015 à 2035

Dans le fichier EXCEL fourni par le MAAF<sup>8</sup>, ces éléments sont fournis à l'exception du point 2 relatif à l'accroissement. La source utilisée dans le scénario AME 2014-15 a donc été conservée à savoir le scénario tendanciel produit par l'IGN.

- Pour faire les projections de ce secteur un module dédié est utilisé, il ne s'agit pas du module de calcul de l'inventaire qui utilise une résolution géographique plus fine et de nombreuses données non évoquées dans les paramètres suivi dans les projections. Ce proxy est utilisé pour estimer les tendances projetées puis est recalée sur l'inventaire.
- Pour la forêt, la projection est complexe car la dynamique future des forêts est mal connue. On observe notamment une divergence entre la tendance observée dans les dernières années d'inventaire et la dernière projection réalisée par l'IGN (en 2014). Le puits prévu pour 2015 était beaucoup plus fort que celui effectivement présenté en 2015 dans le dernier inventaire et avec une dynamique inverse (sur la période 2012-2015, l'accroissement augmente fortement dans les projections IGN et baisse légèrement dans l'inventaire). Pour raccorder les projections sur la forêt avec l'inventaire, il a été choisi de se recaler sur l'année 2012 et non sur l'année 2015 comme c'est le cas habituellement car il a été jugé que les valeurs 2013-2014-2015 n'étaient pas suffisamment robustes (extrapolation basique de la période historique donnant un accroissement à la baisse alors que l'année 2012 correspond à une donnée réellement inventoriée par l'IGN = moyenne 2010-2014).
- Ensuite l'écart avec les précédentes projections AME tient au choix d'augmenter plus fortement les récoltes de bois. (8 Mm<sup>3</sup> supplémentaires entre 2010 et 2035 remplacés par 20 Mm<sup>3</sup> supplémentaires entre 2015 et 2035)
- Pour la projection des autres indicateurs les effets sont beaucoup plus discrets. Ils sont simulés dans le proxy selon une méthode proche de celle de l'inventaire puis les tendances observées sont appliquées aux valeurs 2015 de l'inventaire.

#### 1) Forêts

Les forêts sont responsables de l'essentiel du puits observé au niveau français, les flux de carbone en forêt sont obtenus par la méthode dite des flux qui permet d'estimer les émissions/absorptions de carbone à partir des flux entrants et sortants.

---

<sup>8</sup> 20160701\_Paramétrage Agriculture Forêt UTCATF\_MAAF V5-1.xls

## i) Biomasse vivante aérienne et racinaire

En forêt, pour la biomasse, les flux entrants correspondent à la croissance des arbres (Production brute) alors que les flux sortants sont la mortalité et les prélèvements. La production brute et la mortalité ainsi que les prélèvements sont basés sur les travaux de projection de l'IGN réalisés en 2014 avec quelques ajustements selon les scénarios. La mortalité est complétée par les émissions liées aux incendies et aux tempêtes qui nécessitent des traitements spécifiques pour répartir les émissions sur de plus longues périodes.

$$\text{Bilan\_Forêt} = \text{Gains (Accroissement\_Brut)} - \text{Pertes (Mortalité et Prélèvements)}$$

Les stocks de carbone aérien et racinaire sont traités conjointement, ainsi un accroissement de la biomasse aérienne s'accompagne d'une croissance identique en proportion de la biomasse racinaire. De même lors d'une récolte bois aérien une perte de carbone racinaire équivalente en proportion est prise en compte.

	Biomasse Gains - AME (kt CO <sub>2</sub> )
2010	-152 155
2015	-145 718
2020	-162 835
2025	-172 697
2030	-182 683
2035	-192 476

	Biomasse Pertes - AME (kt CO <sub>2</sub> )
2010	92 556
2015	90 284
2020	94 949
2025	102 442
2030	110 229
2035	118 075

Les stocks de carbone forestiers de la biomasse aérienne (70-80 tC/ha) et racinaire (20-25 tC/ha) ne sont pas directement pris en compte dans les inventaires pour les terres forestières mais entrent dans le calcul des émissions sur les terres déforestées qui sont rapportées dans la catégorie correspondant à leur usage final.

## ii) Bois mort

Pour le réservoir de carbone « bois mort », des émissions sont maintenues dans la continuité des résultats d'inventaire du fait des tempêtes passées de 1999 et 2009 dont les émissions, dues à la décomposition du bois resté en forêt, sont estimées jusqu'en 2020. Pour les projections, aucune nouvelle tempête de grande ampleur n'a été simulée sur la période 2010-2035.

Outre les tempêtes des flux sur le réservoir bois mort sont considérées lors des changements d'occupation des terres impliquant la forêt, les forêts étant les seules terres dont le stock de bois mort est jugé non nul, tout boisement s'accompagne de la création de ce réservoir bois mort et entraîne donc un puits supplémentaire sur une période estimée à 20 ans après la conversion.

$$\text{Bilan\_Foret\_Bois\_mort} = \text{Surface\_Foret\_jeune} \times (\text{Stock\_final} - \text{Stock\_initial})$$

	Bilan Bois mort (kt CO <sub>2</sub> )
	AME
2010	3 831
2015	2 317
2020	537
2025	-128
2030	-117
2035	-117

Ce stock de carbone (1,0-2,5 tC/ha) est en revanche perdu en cas de conversion de forêt vers un autre usage.

### iii) Litière

La litière est également un réservoir de carbone estimé seulement pour les terres forestières, elle est jugée à l'équilibre et stable pour les forêts restant forêts, et génère un puits en cas de conversion vers une terre forestière.

Bilan_Foret_Litière = Surface_Foret_ jeune x (Stock_final - Stock_initial)	
	Bilan Litière (kt CO <sub>2</sub> )
	AME
2010	-1 233
2015	-942
2020	-884
2025	-868
2030	-796
2035	-793

Ce stock de carbone (9 tC/ha) est en revanche perdu en cas de conversion de forêt vers un autre usage.

### iv) Sol

Le sol est un réservoir de carbone important dans les terres forestières, il est jugé à l'équilibre et stable pour les forêts restant forêts, et génère le plus souvent un puits en cas de conversion vers une terre forestière. Pour les sols, la méthode est issue du GIEC. Elle se base sur un stock de carbone de référence pour le sol et des facteurs correcteurs associés à l'utilisation et aux pratiques afin de mieux prendre en compte les conditions pédoclimatiques.

Bilan_Foret_Sol = Surface_Foret_ jeune x (Stock_final - Stock_initial)	
	Bilan Sol (kt CO <sub>2</sub> )
	AME
2010	-725
2015	-481
2020	-447
2025	-435
2030	-400
2035	-398

Ce stock de carbone (70-80 tC/ha) est en partie perdu en cas de conversion de forêt vers un autre usage dont le stock de référence serait plus bas comme c'est le cas pour les cultures et les terres artificialisées.

## 2) Terres agricoles (cultures et prairies)

Dans le secteur UTCATF, les terres agricoles sont incluses au même titre que les autres terres pour suivre les flux de carbone des différents réservoirs. Cette catégorie est distincte de celle nommée agriculture qui rapporte les émissions liées procédés agricoles (CH<sub>4</sub>, des élevages, N<sub>2</sub>O des cultures, etc.).

Les principaux flux observés pour ces catégories sont dus aux changements d'utilisation des terres estimés annuellement sur la base des enquêtes TERUTI et dont les niveaux ont été projetés selon différentes hypothèses dans les différents scénarios.

Les flux sur les terres sans changement d'usage (cultures restant cultures, prairies restant prairies, etc.) sont désormais intégrés dans l'inventaire et maintenus dans les projections, ils sont liés aux changements d'occupation au sein d'une catégorie (conversions de vergers ou de haies) ou au changement de pratiques (diminution du travail du sol).

### i) Biomasse vivante aérienne et racinaire

Dans les résultats d'inventaire, les terres sont catégorisées selon leur usage final donc toutes les terres déforestées pour un usage agricole voient leurs émissions rapportées dans cette catégorie. Ces émissions sont calculées par la méthode des variations de stock à partir du carbone contenu dans les terres forestières déforestées (90-105 tC/ha).

$\text{Bilan\_Déforestation\_Biomasse} = \text{Surface\_déforestée} \times (\text{Stock\_final} - \text{Stock\_initial})$
---

Ensuite la biomasse aérienne et racinaire des cultures et prairies a été prise en compte dans les projections pour pouvoir suivre la progression de l'agroforesterie et des haies champêtres dans certains scénarios. Ces estimations sont réalisées par la méthode des variations de stock en considérant les stocks moyens estimés suivants de 20 tC/ha de haie et 10 tC/ha de culture agroforestière.

$\text{Bilan\_Haies\_Biomasse} = \text{Surface\_haies\_jeune} \times (\text{Stock\_final} - \text{Stock\_initial})$
---

$\text{Bilan\_Agroforesterie\_Biomasse} = \text{Surface\_agroforesterie\_jeune} \times (\text{Stock\_final} - \text{Stock\_initial})$
---

### i) Biomasse morte (bois mort et litière)

Même si de la biomasse morte est présente sur les parcelles agro-forestières et dans les haies, ce réservoir a été négligé dans le cadre de ces travaux.

### i) Sol

La matière organique du sol constitue l'un des principaux stocks de carbone pour les terres agricoles. Les flux de carbone des sols sont estimés à partir de la méthode GIEC, à savoir une méthode de variation de stock. Les terres qui ont subi un changement d'usage sont toujours très importantes dans les résultats observés mais, dans le cadre des projections, les terres sans changement d'usage ont aussi été considérées en prenant en compte une évolution différenciée du travail du sol, des apports organiques, des surfaces de légumineuses selon les scénarios. Spécifiquement, également pour les projections, un surplus de carbone dans les sols a été considéré pour les terres agro-forestières (+10tC/ha en comparaison avec une surface de culture classique) et les haies (+20tC/ha en comparaison avec une surface de culture classique).



$$\text{Bilan\_Cultures} = \text{Surface} * (\text{COS}_{\text{REF}} * (\text{F}_{\text{UT\_Final}} * \text{F}_{\text{T\_final}} * \text{F}_{\text{I\_final}} - \text{F}_{\text{UT\_initial}} * \text{F}_{\text{T\_initial}} * \text{F}_{\text{I\_initial}}))$$

Avec :

$\text{COS}_{\text{REF}}$  = stock de carbone de référence (valeur choisie de 72.7 tC/ha)

$\text{F}_{\text{UT\_Final}} / \text{initial}$  = facteur correcteur de stock dépendant de l'usage des terres

$\text{F}_{\text{T\_final}} / \text{initial}$  = facteur correcteur de stock dépendant du travail du sol

$\text{F}_{\text{I\_final}} / \text{initial}$  = facteur correcteur de stock dépendant du niveau d'intrant

Les facteurs correcteurs sont issus du GIEC. En revanche, le choix de ces facteurs dépend de la catégorisation des terres laquelle diffère d'un scénario à l'autre du fait d'hypothèses différentes en termes de travail du sol, d'amendements organiques, de surfaces de légumineuses, etc.

### 3) Terres artificialisées

Les émissions liées à l'artificialisation des terres sont rapportées dans la catégorie terres artificialisées dans la mesure où c'est l'usage final qui est privilégié dans les méthodes GIEC. Les émissions estimées dans cette catégorie proviennent donc de la perte de biomasse vivante, morte et de la matière organique des sols sur les terres déforestées et pour les terres agricoles artificialisées, de la perte de matière organique des sols uniquement les autres réservoirs de carbone étant supposés nuls pour les terres agricoles artificialisées.

D'un point de vue méthodologique, ces émissions sont toujours estimées par la méthode des variations de stock par différence entre le stock final et le stock initial pour les réservoirs biomasse, litière et bois mort et grâce à un stock de référence et un facteur de conversion adapté à l'artificialisation pour les sols.

$$\text{Bilan\_hors\_Sol\_Surfaces\_artificialisées} = \text{Surface\_Artificialisées} \times (\text{Stock\_final} - \text{Stock\_initial})$$

$$\text{Bilan\_Sol\_Surfaces\_artificialisées} = \text{Surface\_Artificialisées} \times \text{Stock\_Reference} \times \text{Facteur\_Conversion}$$

Pour les sols artificialisés, un stock final de 30 tC/ha est conservé pour prendre en compte qu'une partie de l'artificialisation ne correspond pas à une perte totale des sols. Pour les terres enherbées ou boisées incluses dans la catégorie artificielle, les stocks associés relatifs aux prairies et forêts ont été conservés.

### 4) Zones humides et autres terres

Aucune hypothèse spécifique de projection n'a été prise en compte pour ces terres qui représentent peu de surfaces et dont les flux de carbone sont très incertains du fait des faibles connaissances sur ces terres. Dans cet exercice de projection, les flux sur ces terres ont été maintenus équivalents à l'année 2015.

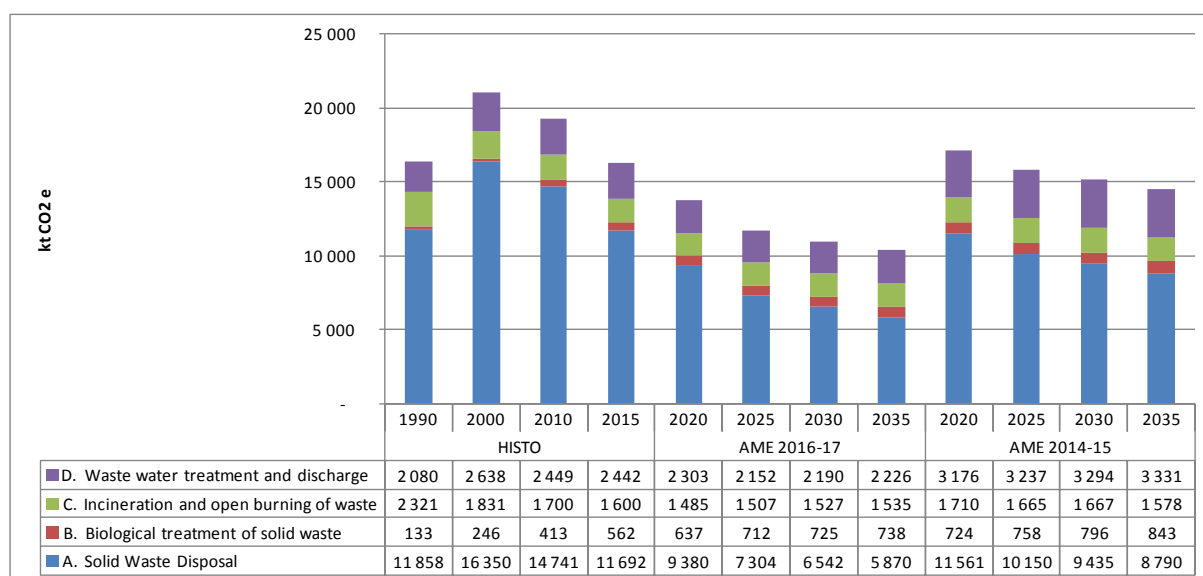
## 3.6 Déchets (CRF 5)

### 3.6.1 Résultats et analyse

La catégorie CRF 5 regroupe l'ensemble des activités de gestion et de traitement des déchets solides et liquides à savoir :

- CRF 5A : stockage des déchets solides (émissions de CH<sub>4</sub> en décharges),
- CRF 5B : traitement biologique des déchets solides (production de compost et de biogaz),
- CRF 5C : incinération sans valorisation énergétique<sup>9</sup> et feux ouverts,
- CRF 5D : traitement de l'eau (résidentielle et industrielle).

Figure 18 : Emissions de GES - CRF 5 Déchets - Métropole



#### Analyse scénario AME 2016-17

CRF 5A : La prise en compte du scénario « déchets » DGPR induit une baisse des quantités de déchets stockées et une évolution de la composition de ces déchets (déchets organiques déviés vers traitement biologique - 5B). L'amélioration du captage du méthane au fil de la période de projection permet encore de réduire les émissions de ce sous-secteur.

CRF 5B : Le scénario « déchets » DGPR prévoit une augmentation des quantités de déchets traités biologiquement expliquant ainsi l'augmentation progressive des émissions de ce sous-secteur marginal.

CRF 5C : La baisse des émissions observée entre 2015 et 2020 provient du fait qu'à partir de 2020, il n'y a plus que de l'incinération de déchets dangereux considérée dans cette catégorie. En effet, toute l'incinération de déchets non dangereux est supposée être avec récupération d'énergie et donc prise en compte dans le CRF 1A1a.

<sup>9</sup> Les émissions de l'incinération avec valorisation énergétique sont prises en compte dans le CRF 1A1 (valorisation en électricité ou en chaleur).

CRF 5D : La baisse des émissions observée entre 2015 et 2020 provient de la baisse du nombre de fosses sceptiques. Les émissions suivent ensuite l'évolution de la population jusqu'en 2035.

#### Comparaison des deux scénarios

CRF 5A : Le recalage sur l'année 2015 de l'inventaire explique une partie de l'écart entre les deux scénarios (notamment année 2020) : il y a eu une correction dans l'inventaire (baisse de 5% des émissions de CH<sub>4</sub>). De plus l'AME 2016-17 se base sur l'AMS1 2014-15 ce qui explique la baisse des émissions car les taux de captage sont plus optimistes que dans l'AME 2014-15.

CRF 5B : Les quantités de déchets considérées en traitement biologique dans les deux scénarios sont différentes et expliquent les écarts constatés.

CRF 5C : Rien à signaler.

CRF 5D : L'AME 2016-17 est basé sur l'AMS1 2014-15. La différence avec l'AME 2014-15 provient d'une baisse du nombre de fosses septiques et des rejets directs au profit des systèmes aérés.

### 3.6.2 Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

## DECHETS SOLIDES

### A. Niveaux d'activité retenus

#### i) Déchets ménagers et assimilés (DMA)

Les quantités de déchets traités par filière en installations de traitement (telles que définies dans l'enquête ITOM de l'ADEME, c'est-à-dire qui accueillent au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets) ont été définies sur la base du projet de « Plan déchets 2014-2020 » selon la matrice de flux de déchets à horizon 2025 (variation vs 2010) envisagée par la DGPR.

Dans le scénario de prospective tendancielle à l'horizon 2025 d'application du « plan déchets » développé par le bureau de la Planification et de la Gestion des déchets de la DGPR, 6 mesures structurantes sont quantifiées en termes d'évolution par rapport à 2010 des flux de déchets traités par filière :

1. Obligation de valorisation des biodéchets des gros producteurs
2. Obligation de tri des flux verre, papiers-carton, plastiques, métaux, bois
3. Valorisation énergétique des refus de tri
4. Déploiement des filières REP existantes
5. Valorisation des déchets organiques des ménages
6. Extension des consignes de tri des plastiques

Pour chacune de ces mesures, la variation de flux à l'horizon 2025 par rapport à 2010 par type de déchets et par filière a été recalculée en appliquant les hypothèses de répartition par filière du flux « tout type de déchets confondus » (disponible dans les tableaux ci-dessous) à chacun des flux (verre, plastiques, bois, DAE<sup>10</sup>, papier). Ces variations de flux ont été considérées comme relatives à la Métropole. Il a ainsi été possible de définir l'évolution des quantités de déchets traitées par

---

<sup>10</sup> Déchets d'Activité des Entreprises

filières en Métropole, mais aussi la composition (déchets organiques, plastiques, papier-cartons etc.) des déchets traités.

Ces deux paramètres (quantités et composition) ont un impact important sur les émissions de GES et de polluants.

Le tableau suivant présente les variations des flux (en millions de tonnes) en 2025 par rapport à 2010 par type de déchets et par filière de traitement.

Type de déchets	Tri	Compostage	Méthanisation	Incinération	Stockage	Transfert vers industrie
Déchets organiques	-	+2,5	+2,2	-1,3	- 3,8	-
Textile	-	-	-	- 0,1	- 0,1	-
Papier-carton	+0,01	-	-	- 0,3	- 0,2	+0,01
Plastique	+0,6	-	-	-0,5	-0,3	+0,1
Bois	+0,7	-	-	- 1,3	- 0,3	+0,4
Verre	-	-	-	-	- 0,1	-
Déchets verts	-	+0,5	-	-0,2	-0,4	-
Métaux	-	-	-	-	- 0,5	-
Mélange DIB	+1,8	-	-	+0,8	-3,2	0,9
Refus de tri	-	-	-	1,5	-2,6	+1,1
<b>Total</b>	<b>+3,1</b>	<b>+3,0</b>	<b>+2,2</b>	<b>-1,3</b>	<b>-10</b>	<b>+2,6</b>

Les quantités traitées à l'horizon 2030 ont été estimées en poursuivant la tendance 2012-2025 des quantités traitées par filière. Les émissions à l'horizon 2035 ont été estimées par prolongation des émissions sur la période 2030-2035.

La composition à l'horizon 2030 a été estimée en contraignant la tendance de certains types de déchets à suivre celle d'indicateurs appropriés (boues de STEP, déchets du BTP, textiles sanitaires etc.) et en conservant les proportions entre les autres types (déchets alimentaires, papier-cartons, bois etc.).

Le tableau suivant présente les quantités totales de DMA traités par filière.

Métropole	Quantités de déchets ménagers et assimilés en kt					
	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Stockage ISDND	18 527	17 174	12 841	8 507	8 664	8 813
Incinération UIDND	14 034	14 592	13 644	12 696	12 932	13 153
Valorisation matière	8 187	10 801	11 029	11 256	11 465	11 661
Compostage	6 124	8 384	8 754	9 124	9 293	9 452
Méthanisation	468	1 086	1 858	2 630	2 679	2 725
<b>Total</b>	<b>47 339</b>	<b>52 037</b>	<b>48 126</b>	<b>44 214</b>	<b>45 033</b>	<b>45 804</b>

**ii) Déchets dangereux**

L'évolution des quantités de déchets industriels dangereux incinérés a été indexée sur la croissance de l'industrie chimique telle que prévue dans les scénarios énergétiques.

**iii) Déchets de soins**

La quantité de déchets de soins incinérés observée en 2015 a été conservée sur toute la période.

**iv) Crémation**

L'évolution du nombre de corps incinérés a été indexée sur la croissance de la population telle que prévue dans les hypothèses macro des scénarios.

**B. Facteurs d'émission****i) Stockage de déchets non dangereux (5A)**

Dans le cadre des scénarios de projection, les paramètres principaux influant sur les émissions de CH<sub>4</sub> des installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) sont les suivants :

- la quantité de déchets stockés,
- le carbone organique dégradable des déchets stockés,
- les caractéristiques des sites en particulier le taux de captage du biogaz généré.

Le carbone organique dégradable (COD) des déchets stockés dépend de la composition des déchets, en particulier de la fraction en bois, papier-cartons et déchets organiques (déchets alimentaires et déchets verts). Dans le cadre des scénarios de projection, cette composition, ainsi que les quantités stockées, sont le résultat de l'application des mesures du plan déchets traduites dans le scénario tendanciel du Bureau de la Planification et de la Gestion des déchets.

L'évolution des taux de captage (quantité capté / quantité générée dans les ISDND compactées) a été définie en posant pour hypothèse que l'évolution relative entre 2015 et 2025 est égale à l'évolution relative entre 2010 et 2015. Ce paramètre « taux de captage » apparent est spécifique à la méthodologie d'inventaire (quantité captée issue des déclarations des industriels, quantité générée issue d'un modèle du GIEC).

Métropole	AME				
	2015	2020	2025	2030	2035
Taux de captage (%)	49%	55,4%	62%	62%	62%
Valorisation du biogaz capté (%)	70,5%	70,5%	70,5%	70,5%	70,5%

**ii) Traitements biologiques (CRF 5B)**

Les « traitements biologiques » regroupent le compostage des déchets ménagers et la méthanisation (production de biogaz) des déchets ménagers.

Pour tous les scénarios, les facteurs d'émission 2015 ont été reportés jusqu'à 2035.

**iii) Incinération et feux ouverts (5C)**

Le secteur CRF 5C couvre l'incinération et les feux ouverts de déchets.

Dans l'inventaire national, l'incinération comporte des déchets non dangereux (DND), l'incinération des déchets industriels (DI), l'incinération des déchets de soin (DASRI), des boues de stations d'épuration, des déchets agricoles et la crémation des corps.

L'incinération des déchets non dangereux couvre les usines d'incinération des déchets non dangereux (UIDND) avec et sans récupération d'énergie. En accord avec les règles de rapportage des émissions au format CRF, les émissions des UIDND produisant de l'électricité ou alimentant les réseaux de chaleur sont rapportées dans la catégorie ENERGIE (CRF 1A1a).

Les feux ouverts couvrent les feux de déchets verts par les particuliers et les feux de véhicules.

Les facteurs d'émission de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O de 2015 ont été reportés jusqu'en 2035. C'est également le cas des émissions de CO<sub>2</sub> excepté pour l'incinération en UIDND (avec ou sans récupération d'énergie).

En effet, le facteur d'émission de CO<sub>2</sub> des UIDND dépend de la composition des déchets incinérés et en particulier de la part en carbone et de la fraction en carbone d'origine fossile des divers types de déchets. Cette composition, ainsi que les quantités incinérées en UIDND, est le résultat de l'application des mesures du plan déchets traduites dans le scénario tendanciel du Bureau de la Planification et de la Gestion des déchets.

## EAUX USEES

### A. Niveaux d'activité retenus

Ce secteur concerne le traitement et le rejet des eaux domestiques et industrielles et le traitement des boues associées par méthanisation.

Les émissions du secteur dépendent des niveaux d'activité (Azote, DBO5/DCO) et du type de filière de traitement (en fonction des conditions d'anaérobiose associées au système).

Le niveau d'activité lié au traitement des eaux domestiques est indexé sur la croissance de la population telle que prévue dans les hypothèses macro-économiques. Le niveau d'activité lié au traitement des eaux industrielles est considéré comme constant.

Dans l'inventaire national, plusieurs filières de traitement sont considérées : les Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) de type aérobie, les STEU de type Lagunage Naturel, les traitements autonomes de type fosses septiques et les rejets directs.

Suite à la loi ALUR de 2014, qui supprime la surface minimum des terrains constructibles, une partie des fosses septiques (dont la surface minimale d'épandage est de 1000 m<sup>2</sup>) pourrait être remplacée par des micro-stations aérobies (3,5% de la population en 2025).

En outre, les rejets directs dans le milieu naturel (sans traitement) sont considérés comme ne plus exister à partir de 2025.

### B. Facteurs d'émission

Le rendement en azote des STEP de 2015 est conservé jusqu'en 2035.

Les facteurs d'émission observés en 2015 sont conservés sur toute la période de projection.

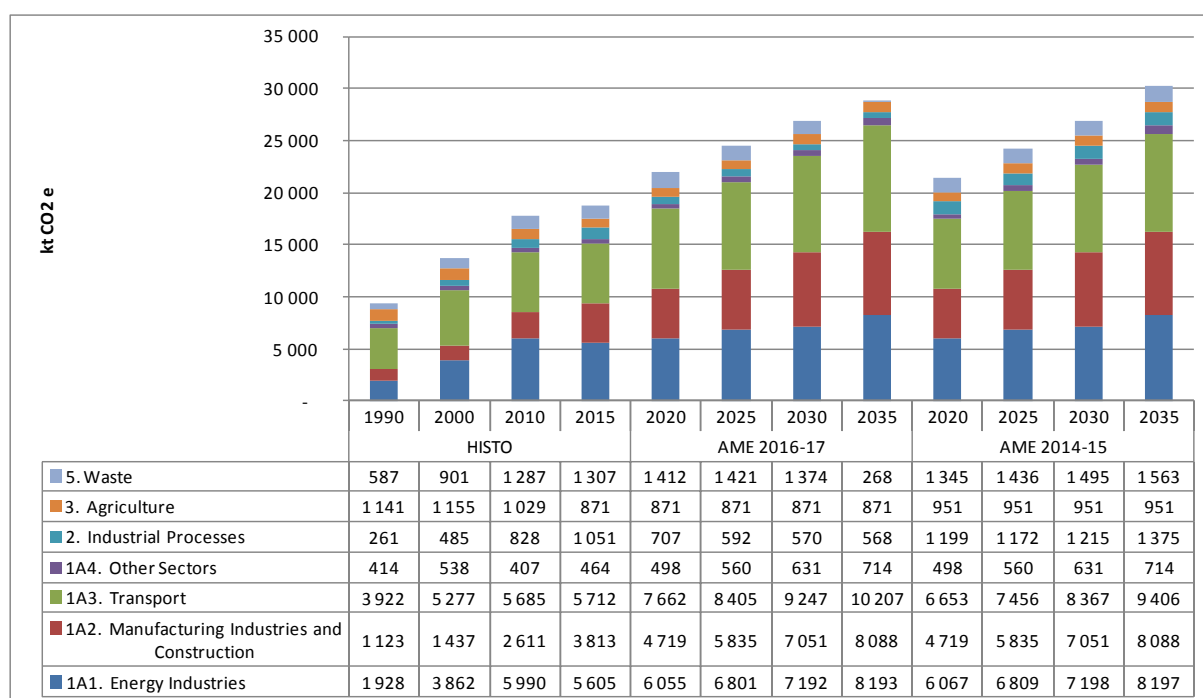
## 4. Projections GES selon les différents secteurs d'activités - périmètre Outre-mer (DOM et COM)

Faute de nouvelles données pour les territoires d'Outre-mer, ce sont les données de l'exercice AME 2014-15 qui ont été conservées avec éventuellement un ajustement pour rester en ligne avec la dernière édition de l'inventaire national (édition 2016).

### 4.1 Part des différents secteurs d'activités dans les émissions totales (hors UTCF)

Le graphique suivant présente la part des différents secteurs d'activités (au sens CRF) dans les émissions totales (hors UTCF).

Figure 19 : Emissions totales de GES hors UTCF - découpage sectoriel - Outre-mer



## 4.2 Energie (CRF 1)

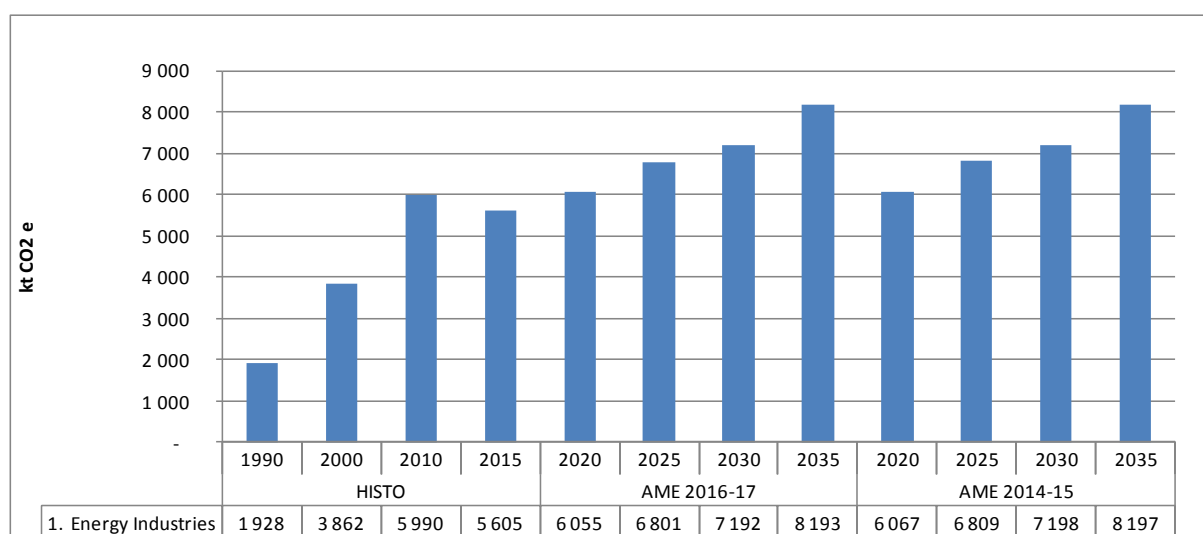
La catégorie CRF 1 - Energie recouvre un grand nombre de sous activités liées à la combustion et aux émissions fugitives des combustibles. Les résultats sont présentés par secteur d'activité.

### 4.2.1 Production d'énergie (CRF 1A1)

#### 4.2.1.1. Résultats globaux d'émissions

En Outre-mer, la catégorie CRF 1A1 regroupe la production d'électricité centralisée, les usines d'incinération des déchets avec récupération d'énergie et le raffinage du pétrole. Il n'y a pas de chauffage urbain.

Figure 20 : Emissions de GES - CRF 1A1 Industries de l'énergie - Outre-mer



#### 4.2.1.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

##### 1) Production d'électricité et de chaleur (CRF 1A1a)

##### A. Production centralisée d'électricité

##### Traitement des données

Pour l'Outre-mer, les données de l'exercice AME 2014-15 ont été réutilisées pour l'AME 2016-17.

La méthode appliquée dépend des territoires considérés :

- Reconstitution des consommations pour le secteur de la production d'électricité centralisée à partir des données historiques (inventaire national d'émissions) et d'informations disponibles pour les années 2020 et 2030 dans les SRCAE<sup>11</sup> des différentes régions (Martinique, Guadeloupe, La Réunion, Guyane). Les années intermédiaires ont été interpolées.
- Pour les autres territoires, les données de consommations d'électricité finale ont été utilisées comme indicateur pour connaître l'évolution jusqu'en 2035. Faute d'information, la structure du système électrique connu en 2015 a été conservée jusqu'en 2035.

<sup>11</sup> Schéma Régional Climat-Air-Energie



*Le CITEPA n'a pas les outils nécessaires pour reconstituer un bilan électrique cohérent. Ainsi il est probable que les consommations reconstituées ne correspondent pas aux besoins électriques déterminés par ENERDATA pour la consommation finale.*

### Données d'activité retenues

	Production d'électricité centralisée - DOM (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
CMS	0,6	0,7	0,7	0,9
PP	0,9	0,9	1,0	1,1
Gaz	-	-	-	-
Bois / Bagasse	0,2	0,2	0,2	0,3
Biogaz	-	-	-	-

	Production d'électricité centralisée - COM (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Fioul lourd	0,06	0,07	0,08	0,09
Fioul domestique	0,17	0,19	0,22	0,24
Pétrole lampant	0,001	0,001	0,001	0,002

### Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national.

	Production d'électricité centralisée - DOM		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
CMS	91,4	0,7	1,4
PP (FOL)	76,8	4	1,5
PP (FOD)	74,1	4	1,5
Bagasse	96,8 *	30	2,5

\* CO2 biomasse compté hors total national

	Production d'électricité centralisée - COM		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
Fioul lourd	77,0	4	1,5
Fioul domestique	74,4	4	1,5
Pétrole lampant	71,6	4	1,5

Emissions

	Production d'électricité centralisée (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME - DOM	5 140	5 789	6 067	6 937
AME - COM	749	841	952	1 082

**B. Usine d'incinération des déchets non dangereux (UIDND) avec récupération d'énergie**

Les productions et consommations des UIDND avec récupération d'énergie dépendent de la quantité de déchets à incinérer qui est déterminée dans le bilan global des déchets. Ces explications sont données dans la section concernant le CRF 5 - Déchets (voir plus loin dans ce rapport).

**2) Raffinage de pétrole (CRF 1A1b)****A. Traitement des données**

Il n'y a qu'une seule raffinerie en Outre-mer sur le territoire de la Martinique. Cette raffinerie ne fait pas partie du périmètre d'estimation des projections de l'IFPEN qui a fourni les données de consommations des raffineries françaises pour les différents scénarios.

Les données historiques de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national (consommations, facteurs d'émission et émissions) sont donc conservées sur toute la période.

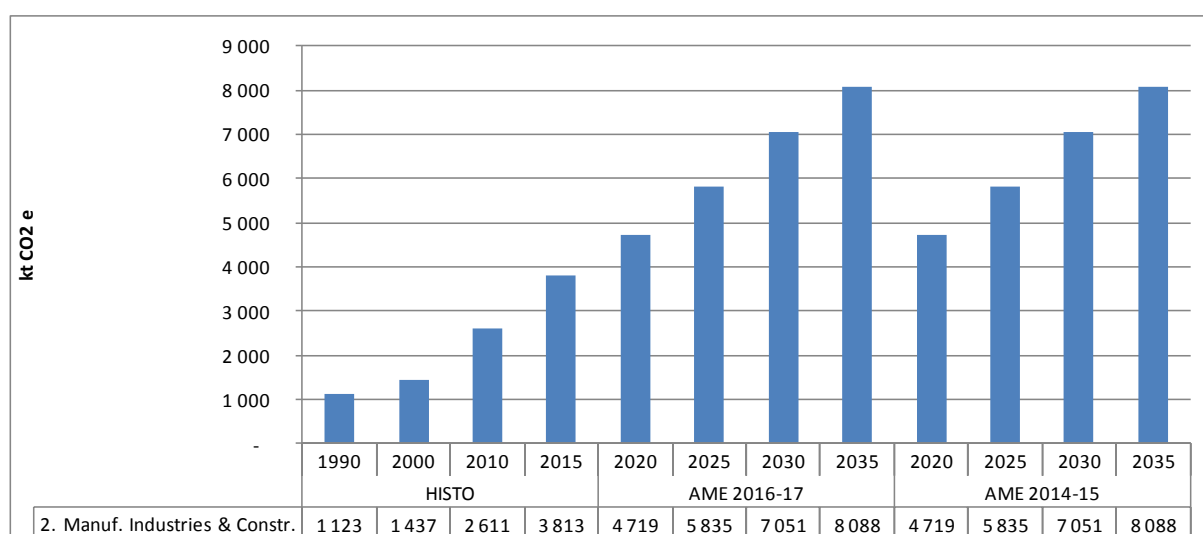
**B. Emissions**

	Raffinage (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	179	179	179	179

**4.2.2 Industrie (CRF 1A2)****4.2.2.1. Résultats globaux d'émissions**

La catégorie CRF 1A2 regroupe les émissions de la combustion dans les installations fixes (chaudières, turbines, fours) de l'industrie, ainsi que les émissions de la production d'électricité décentralisée.

Figure 21 : Emissions de GES - CRF 1A2 Industries manufacturières - Outre-mer



#### 4.2.2.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

##### 1) Traitement des données

Faute de nouvelles données, ce sont celles de l'AME 2014-15 qui ont été prises en compte.

Pour le scénario AME 2014-15, ENERDATA a fourni des tableaux de consommations finales pour les différents territoires sans distinction de sous-secteur de consommation (ex : résidentiel, industrie, etc.).

La reconstitution des consommations par sous-secteur a nécessité plusieurs étapes :

- 1) **Comparaison des données de consommations finales pour quelques années historiques.** Ce travail a été mené pour chaque territoire sur les années 2008 à 2012 dans le but de s'assurer de la cohérence des séries de données.
- 2) **Choix des données de consommations finales retenues.** Etant donné les disparités constatées pour certains territoires entre les données ENERDATA et les données CITEPA, les valeurs absolues d'ENERDATA n'ont pas été retenues pour assurer la cohérence temporelle. Ce sont les évolutions jusqu'en 2035 qui ont été appliquées aux consommations historiques. Pour le Bois et le biogaz, l'indicateur retenu est l'évolution des consommations de chaleur.
- 3) **Désagrégation par sous-secteur.** Les données de l'année 2013 ont été utilisées pour répartir les consommations totales de chaque combustible par sous-secteur (routier, pêche, maritime, agriculture, industrie, résidentiel, tertiaire).

##### 2) Données d'activité retenues

	Industrie (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
FOD	0,059	0,067	0,077	0,088
FOL	0,048	0,052	0,055	0,059
Bois	0,035	0,037	0,039	0,042

	Industrie (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
Charbon	0,54	0,72	0,92	1,05
Fioul domestique	0,13	0,15	0,18	0,20
Fioul lourd	0,55	0,63	0,73	0,84
Pétrole lampant	0,0005	0,0005	0,0006	0,0007

### 3) Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national.

DOM	Industrie		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
FOD / gazole	75	3,0	0,6
FOL	78	3,0	0,6
Bois	96,8 *	30,0	4,0

\* CO2 biomasse compté hors total national

COM	Industrie		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
Charbon	94,6	10,0	1,5
Fioul domestique	75	3,0	0,6
Fioul lourd	78	3,0	0,6
Pétrole lampant	67,7	3,0	0,6

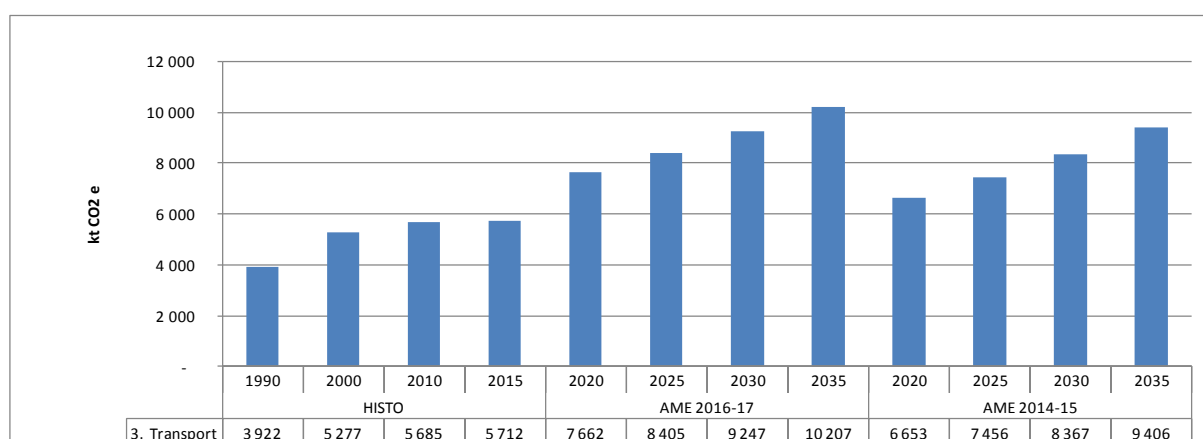
## 4.2.3 Transports (CRF 1A3)

### 4.2.3.1. Résultats globaux d'émissions

La catégorie CRF 1A3 regroupe les émissions des différents modes de transport : routier, aviation, fluvial / plaisance, maritime, ferroviaire.

A noter que pour l'aviation et le maritime, seules les émissions dues au trafic domestique (ou national) sont considérées dans le total national, c'est-à-dire les émissions ayant lieu entre deux points du territoire considéré.

Figure 22 : Emissions de GES - CRF 1A3 Transports - Outre-mer



#### 4.2.3.2. Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

##### 1) Aviation domestique

Les émissions de GES de l'aviation prises en compte dans le total national sont celles correspondant à l'aviation domestique, c'est-à-dire les trajets entre deux points du territoire national. Le territoire national français est composé de la Métropole (au périmètre Métropole), des DOM (au périmètre Kyoto) et des COM (au périmètre CCNUCC ou France entière). Les émissions des autres vols, partant ou arrivant sur le territoire national mais ayant une destination ou un départ de l'étranger sont prises en compte dans la catégorie « aviation internationale » qui n'est pas considérée dans le total national.

##### A. Traitement des données

L'IFPEN avait fourni pour le scénario 2014-15 des données de consommations de carburateurs pour l'aviation internationale (dont Outre-mer). Faute de mise à jour de ces données, ce sont ces consommations qui sont reprises dans le cadre du scénario 2016-17.

D'autre part, la DGAC a fourni, pour le scénario 2016-17, des taux de croissance annuels moyens (TCAM) du trafic pour la Métropole (1,4%) et pour l'Outre-mer (2,2%). La DGAC a aussi fourni l'évolution de la consommation unitaire (en Mtep/Gpkm) comme étant -1,5%/an.

Le CITEPA a aussi à disposition les consommations historiques par flux de consommations.

Pour les besoins de l'inventaire et afin de rester cohérent avec la méthodologie de l'inventaire, il est nécessaire de distinguer plusieurs flux de consommations :

- Vols intra-Métropole (vols intérieurs métropole) : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Métropole (1,4%) à la consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.
- Vols entre DOM/COM et Métropole : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Outre-mer (2,2%) à la consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.
- Vols intra-DOM/COM (vols intérieurs DOM ou vols intérieurs COM) : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Outre-mer (2,2%) à la

consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.

- d) Vols internationaux DOM/COM : on applique l'évolution de consommation unitaire (-1,5%) ainsi que le TCAM du trafic Outre-mer (2,2%) à la consommation historique de 2015 de ce flux (inventaire national) pour obtenir les consommations de cette catégorie.
- e) Vols internationaux Métropole : les consommations sont déterminées par solde => Total déterminé par l'IFPEN - consommations déterminées précédemment.

Le tableau ci-dessous présentent où les émissions de chaque type de flux sont comptabilisées :

Périmètre considéré	Total National	Hors total national
Métropole	$a + b(\text{DOM-MET})/2 + b(\text{COM-MET})/2$	e
DOM	$c(\text{DOM}) + b(\text{DOM-MET})/2$	d (DOM)
COM	$c(\text{COM}) + b(\text{COM-MET})/2$	d (COM)

Les consommations ainsi déterminées sont ensuite réparties entre la phase LTO (*Landing and Take-Off*, cycle d'atterrissage et décollage) et la phase croisière à partir des moyennes historiques observées dans l'inventaire national de 2005 à 2015.

		LTO	Croisière
Intra Métropole	Carburéacteur	22%	78%
	Ess. Aviation	36%	64%
Métropole - DOM COM (MET)	Carburéacteur	22%	78%
Métropole - DOM COM (DC)	Carburéacteur	9%	91%
Intra DOM COM	Carburéacteur	9%	91%
International DOM COM	Carburéacteur	15%	85%
International Métropole	Carburéacteur	11%	89%

Enfin, les consommations obtenues pour l'ensemble des DOM-COM sont réparties entre les DOM et les COM à partir des données de consommations de l'année 2013 (édition 2014 de l'inventaire national) :

	DOM	COM
Domestique	94,8%	5,2%
International	21,5%	78,5%

## B. Données d'activité retenues

	Consommations de l'aviation (Mtep) - Outre-mer			
	2020	2025	2030	2035
Total national - LTO	0,04	0,04	0,04	0,04
Total national - croisière	0,36	0,38	0,39	0,40
Hors total national - LTO	0,02	0,02	0,02	0,02
Hors total national - croisière	0,10	0,11	0,11	0,11

## C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national.

	Aviation domestique		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	kg/t	g/t	g/t
Essence - LTO	3 102	228,0	119,0
Essence -croisière	3 102	-	98,0
Carburéacteur - LTO	3 150	232,0	121,0
Carburéacteur - croisière	3 150	-	100,0

	Aviation internationale		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	kg/t	g/t	g/t
Carburéacteur - LTO	3 150	140,0	121,0
Carburéacteur - croisière	3 150	-	100,0

## D. Emissions

	Aviation (kt CO <sub>2</sub> e) - Outre-mer			
	2020	2025	2030	2035
Total national	2 434	2 516	2 601	2 689
Hors total national	763	789	815	843

## 2) Transport routier

### A. Traitement des données et activités retenues

#### Consommations de carburants :

Faute de nouvelles données, ce sont celles de l'AME 2014-15 qui ont été prises en compte.

Les bilans des consommations énergétiques finales pour le transport routier sont estimés par le même traitement des données d'ENERDATA que celui réalisé pour l'industrie dans les DOM (cf. section 4.2.2.2 Industrie / Traitement des données).

DOM Réunion / Martinique / Guadeloupe / Guyane / Mayotte

ktep	ROUTIER AME		ROUTIER AMS1	
	Essence	gazole	Essence	gazole
2020	379,35	832,16	316,09	694,30
2025	423,06	938,94	311,19	694,18
2030	472,31	1 060,33	306,80	695,18
2035	528,38	1 199,31	303,88	699,01

## COM Nouvelle-Calédonie et autres COM

ktep	ROUTIER AME		ROUTIER AMS1	
	Essence	gazole	Essence	gazole
2020	146,56	213,11	126,76	184,32
2025	166,63	242,18	129,34	188,05
2030	190,00	276,07	132,35	192,43
2035	217,34	315,72	135,85	197,55

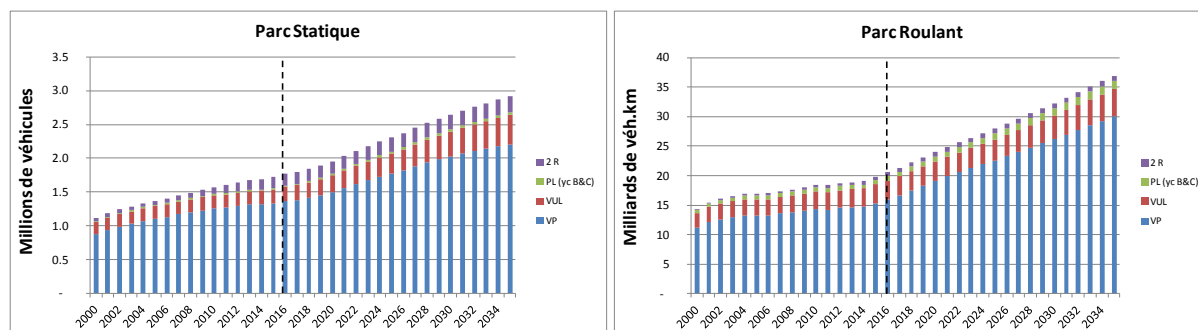
Agro-carburants :

En Outre-mer, il n'y a pas de consommation d'agrocarburants.

Parcs statiques et roulants :

Les parcs statiques et les parcs roulants de VP, VUL, PL, bus et cars et deux roues sont estimés à partir des données de la métropole en extrapolant les immatriculations et les parcs statiques pour l'ensemble des DOM et COM. Les trafics sont ajustés lors de la balance énergétique en changeant le kilométrage annuel moyen par type de véhicules et par motorisation en fonction du ratio consommation ENERDATA/Consommation calculée par le modèle.

Les graphiques suivants présentent l'évolution des parcs statiques et roulants pour les différents scénarios.

**B. Facteurs d'émission**

Les facteurs d'émission de CO<sub>2</sub> retenus sont ceux utilisés dans l'inventaire national pour l'année 2015.

Pour l'estimation des émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O, la méthodologie COPERT 4 est mise en œuvre. Cette méthodologie fournit des facteurs d'émission jusqu'aux normes Euro 6c pour les VP et les VUL, et EURO VI pour les PL et Bus et cars.



	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Gazole	Essence	Gazole	Essence	Gazole	Essence
	kg/GJ	kg/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ
2000	75.03	71.00	5.15	27.84	1.07	5.06
2005	75.03	70.58	3.38	18.86	1.75	4.59
2010	75.03	70.58	1.72	13.05	2.36	3.34
2015	75.03	70.58	0.77	11.54	2.98	1.98
2020	75.03	70.58	0.39	9.97	3.25	1.26
2025	75.03	70.58	0.22	9.94	3.38	0.96
2030	75.03	70.58	0.16	9.96	3.43	0.91
2035	75.03	70.58	0.15	9.94	3.45	0.93

### C. Emissions

Transport routier (kt CO <sub>2</sub> e) - hors CO <sub>2</sub> biomasse				
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
<b>TOTAL 1A3b</b>	<b>4 985</b>	<b>5 618</b>	<b>6 341</b>	<b>7 173</b>

#### 3) Transport ferroviaire

Cette activité n'est pas présente en Outre-mer.

#### 4) Navigation domestique

##### A. Traitement des données

Faute de nouvelles données, ce sont celles de l'AME 2014-15 qui ont été prises en compte.

Le traitement des données est le même que celui réalisé pour l'industrie dans les DOM (cf. section 4.2.2.2 Industrie / Traitement des données).

##### B. Données d'activité retenues

Navigation domestique - DOM (Mtep)				
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
FOD	0,021	0,023	0,025	0,028
FOL	0,002	0,002	0,003	0,003

	Navigation domestique - COM (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
FOD	0,043	0,049	0,055	0,063
FOL	0,064	0,071	0,080	0,091

### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national.

	Navigation domestique		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
FOD	75	7,0	2,0
FOL	78	7,0	2,0

\* CO2 biomasse compté hors total national

### D. Emissions

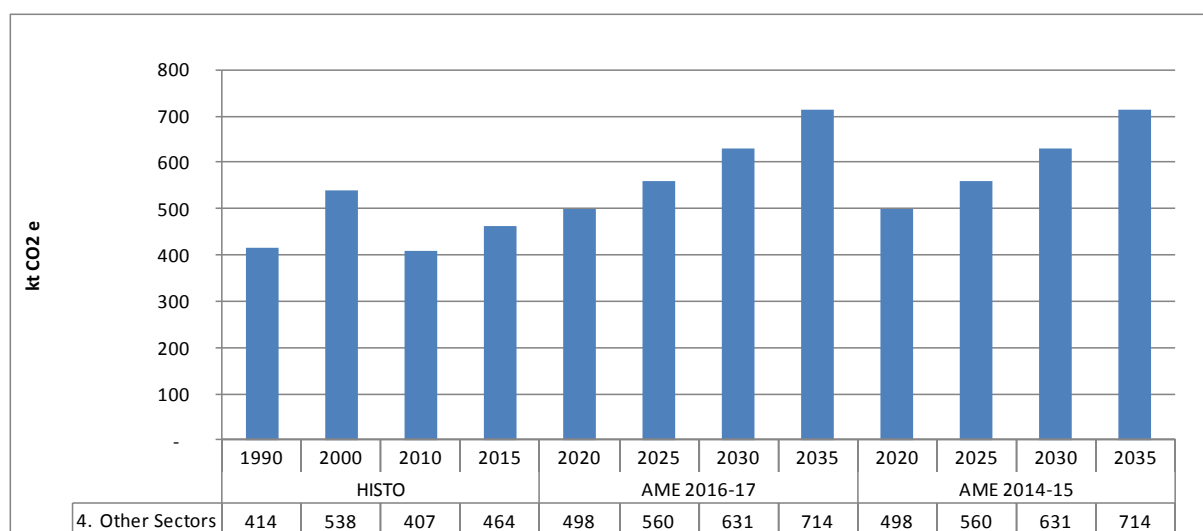
	Navigation domestique - DOM (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	37	40	44	49
	Navigation domestique (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	206	231	260	295

#### 4.2.4 Résidentiel / Tertiaire (CRF 1A4)

##### 4.2.4.1. Résultats globaux d'émissions

La catégorie CRF 1A4 regroupe les émissions du résidentiel, du tertiaire et des installations fixes et mobiles de l'agriculture / sylviculture / pêche.

Figure 23 : Emissions de GES - CRF 1A4 Résidentiel, tertiaire et autres secteurs - Outre-mer



##### 4.2.4.2. Méthodes d'estimation des émissions

###### 1) Tertiaire

###### A. Traitement des données

Faute de nouvelles données, ce sont celles de l'AME 2014-15 qui ont été prises en compte.

Le traitement des données est le même que celui réalisé pour l'industrie en Outre-mer (cf. section 4.2.2.2 Industrie / Traitement des données).

###### B. Données d'activité retenues

	Tertiaire - DOM (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
FOD	0,007	0,008	0,009	0,010
GPL	0,010	0,011	0,012	0,013
Bois	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

	Tertiaire - COM (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
FOD	0,002	0,002	0,002	0,003
GPL	0,005	0,006	0,006	0,007
Pétrole lampant	0,0013	0,0015	0,0018	0,0020

## C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national.

	Tertiaire - DOM		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
FOD	75	10,0	0,6
GPL	63,1	5,0	0,1
Bois	96,8 *	530,0	4,0

\* CO2 biomasse compté hors total national

	Tertiaire - COM		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
FOD	75	10,0	0,6
GPL	63,1	5,0	0,1
Pétrole lampant	71,6	10,0	0,6

\* CO2 biomasse compté hors total national

## D. Emissions

	Tertiaire - DOM (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	50	55	60	65

	Tertiaire - COM (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	23	26	29	33

## 2) Résidentiel

### A. Traitement des données

Faute de nouvelles données, ce sont celles de l'AME 2014-15 qui ont été prises en compte.

Le traitement des données est le même que celui réalisé pour l'industrie en Outre-mer (cf. section 4.2.2.2 Industrie / Traitement des données).

## B. Données d'activité retenues

	Résidentiel - DOM (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
GPL	0,055	0,062	0,071	0,081
Pétrole lampant	0,008	0,010	0,012	0,014
Bois	0,034	0,034	0,034	0,035
FOD	0,014	0,015	0,017	0,018

	Résidentiel - COM (Mtep)			
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
GPL	0,014	0,016	0,018	0,021
Pétrole lampant	0,002	0,002	0,002	0,003
FOD	0,004	0,004	0,004	0,005

## C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national.

	Résidentiel - DOM		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
GPL	63,1	5,0	0,1
Pétrole lampant	71,6	10,0	0,6
Bois	96,8 *	530,0	4,0
FOD	75	10,0	0,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse compté hors total national

	Résidentiel - COM		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
GPL	63,1	5,0	0,1
Pétrole lampant	71,6	10,0	0,6
FOD	75	10,0	0,6

\* CO<sub>2</sub> biomasse compté hors total national

## D. Emissions

Résidentiel - DOM (hors CO2 biomasse)				
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	235	265	299	338

Résidentiel - COM (hors CO2 biomasse)				
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	54	61	69	79

### 3) Combustion en agriculture / foresterie / pêche

#### A. Traitement des données

Faute de nouvelles données, ce sont celles de l'AME 2014-15 qui ont été prises en compte.

Le traitement des données est le même que celui réalisé pour l'industrie en Outre-mer (cf. section 4.2.2.2 Industrie / Traitement des données).

#### B. Données d'activité retenues

Agriculture / Foresterie / Pêche - DOM (Mtep)				
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
FOD agri. / fores.	0,006	0,006	0,007	0,008
GPL	0,003	0,003	0,003	0,003
FOD Pêche	0,010	0,011	0,013	0,015

Agriculture / Foresterie / Pêche - COM (Mtep)				
	2020	2025	2030	2035
	AME	AME	AME	AME
FOD agri. / fores.	0,002	0,003	0,003	0,004
GPL	0,00004	0,00004	0,00005	0,00005
FOD Pêche	0,022	0,025	0,028	0,032

#### C. Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission retenus sont issus des données de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national.

	Agriculture / Foresterie / Pêche - DOM		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
FOD agri. / fores.	74,7	4,2	28,6
GPL	63,1	5,0	0,1
Gazole Pêche	75	7,0	2,0

\* CO2 biomasse compté hors total national

	Agriculture / Foresterie / Pêche - COM		
	CO2	CH4	N2O
	kg/GJ	g/GJ	g/GJ
FOD agri. / fores.	74,7	4,2	28,6
GPL	63,1	5,0	0,1
Gazole Pêche	75	7,0	2,0

\* CO2 biomasse compté hors total national

## D. Emissions

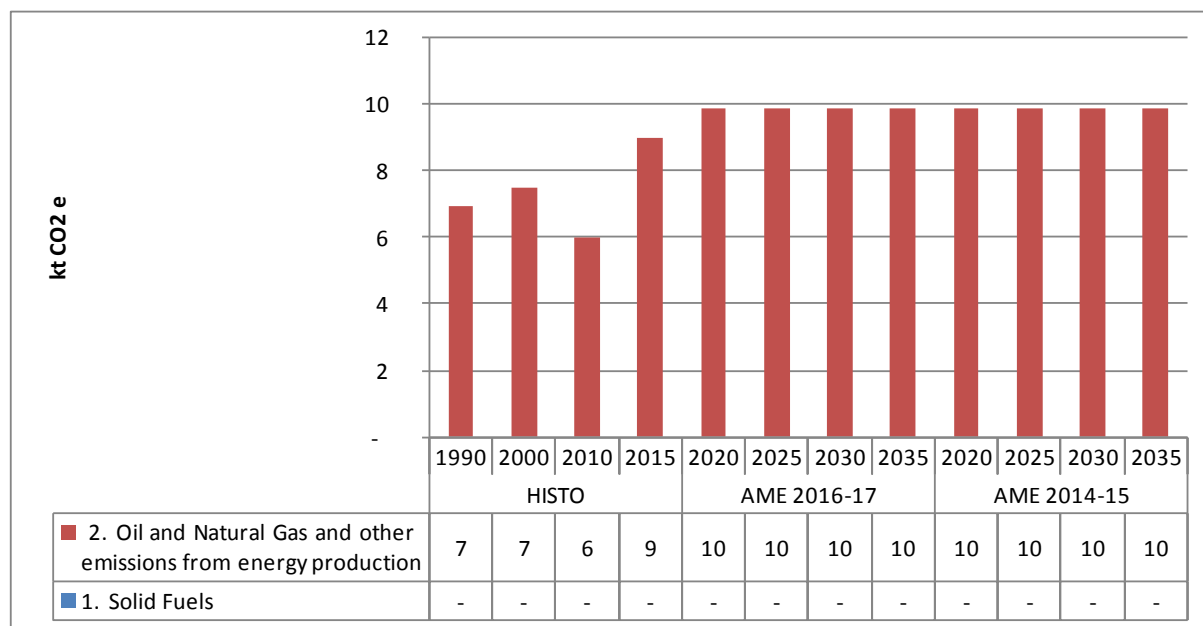
	Agriculture / Foresterie / Pêche - DOM (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	58	66	75	85

	Agriculture / Foresterie / Pêche - COM (hors CO2 biomasse)			
	2020	2025	2030	2035
	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq	kt CO2 eq
AME	79	88	100	113

#### 4.2.5 Emissions fugitives (CRF 1B)

En Outre-mer, cette catégorie CRF est présente uniquement dans les DOM (Martinique). Elle regroupe les émissions fugitives des procédés dans les raffineries de pétrole (1B2a) ainsi que le torchage en raffineries (1B2c).

Figure 24 : Emissions de GES - CRF 1B Emissions fugitives - Outre-mer



Les projections des émissions pour les procédés et les torchères dans la seule raffinerie des DOM sont supposées égales à celles de l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national.



## 4.3 Procédés et autres utilisations de produits (CRF 2)

### 4.3.1 Résultats globaux d'émissions

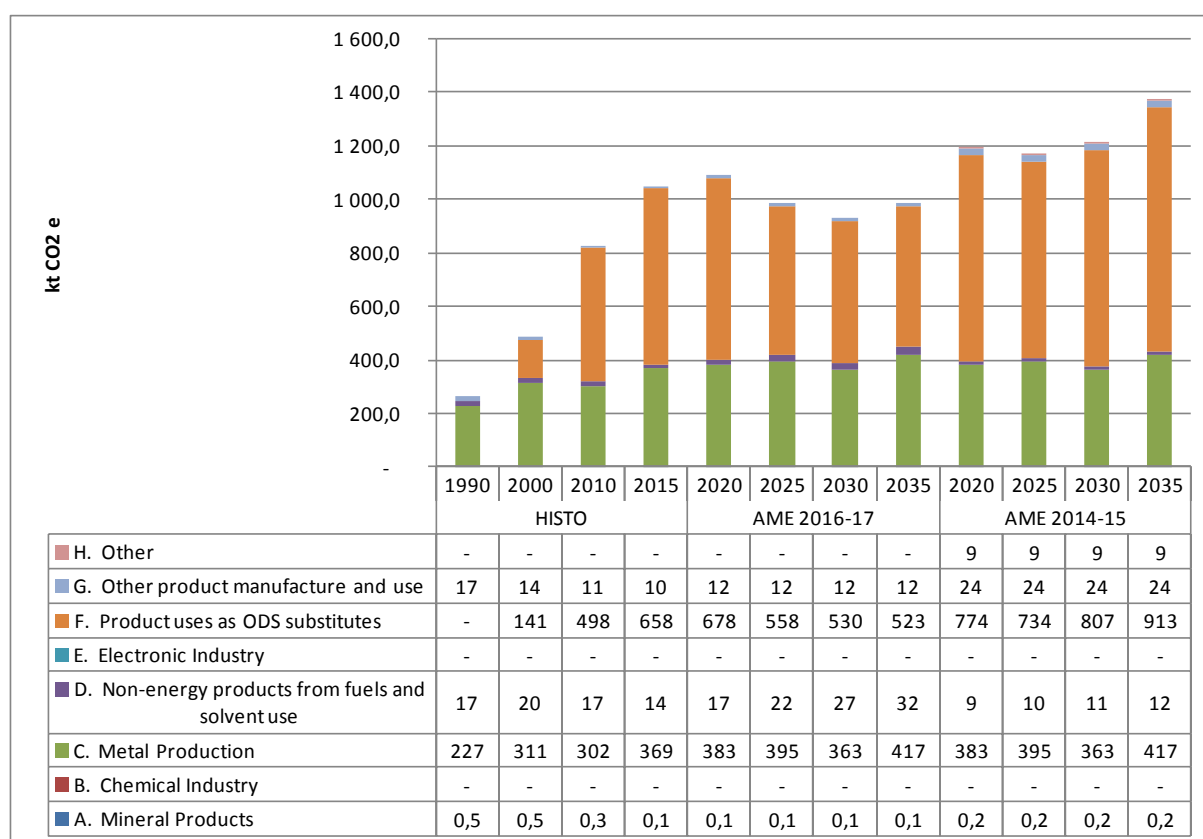
Cette catégorie regroupe les émissions de procédés (c'est-à-dire hors combustion) ainsi que les émissions dues à l'utilisation de certains produits.

Dans les DOM, la principale activité émettrice est le CRF 2F : Utilisation de substituts des Substances Appauvrissant la couche d'Ozone (SAO) (réfrigération, climatisation, mousses, aérosols, etc.).

Dans les COM, les principales activités émettrices sont les suivantes :

- CRF 2C : Procédés de la métallurgie en Nouvelle-Calédonie (émissions fugitives de l'industrie des métaux),
- CRF 2F : Utilisation de substituts des Substances Appauvrissant la couche d'Ozone (SAO) (réfrigération, climatisation, mousses, aérosols, etc.).

Figure 25 : Emissions de GES - CRF 2 Procédés - Outre-mer



La baisse des émissions entre AME 2014-15 et AME 2016-17 est principalement due à la mise en place du règlement F-Gas n°517/2014 (objectif de réduction des gaz fluorés).

### 4.3.2 Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

#### 4.3.2.1. Produits minéraux (CRF 2A)

Ce secteur rassemble les émissions de procédés (c'est-à-dire hors combustion) de différentes productions de matériaux minéraux.

Les DOM sont concernés par la production de tuiles et briques (un site en Martinique).

Pour les tuiles & briques, les émissions de CO<sub>2</sub> de ce secteur sont dues à la décarbonatation. Ces émissions sont calculées à partir de l'évolution de la production. Faute d'information, les données de 2015 de la dernière édition de l'inventaire (production, facteur d'émission et émissions) sont supposées constantes jusqu'en 2035.

Les COM ne sont pas concernés par cette activité.

#### 4.3.2.2. Industrie chimique (CRF 2B)

Cette activité n'est pas présente en Outre-mer.

#### 4.3.2.3. Production de métaux (CRF 2C)

Cette activité n'est pas présente dans les DOM.

Dans les COM, la Nouvelle-Calédonie possède une industrie de la métallurgie. Des émissions de procédés sont associées du fait de l'utilisation de charbon comme matière première.

Faute de nouvelles données, ce sont celles de l'AME 2014-15 qui ont été prises en compte.

ENERDATA avait fourni des tableaux de consommations finales pour la Nouvelle-Calédonie et le CITEPA a reconstitué les consommations de charbon pour l'industrie.

La répartition des consommations de charbon entre usage énergétique (combustion - CRF 1A2) et non énergétique (procédés - CRF 2C) est obtenue à partir des données de l'année 2013 (édition 2014 de l'inventaire national) et d'une donnée pour l'année 2030 (communication lors d'une étude spécifique avec les autorités compétentes de Nouvelle-Calédonie). La répartition entre ces deux années connues est calculée à l'aide d'une interpolation linéaire. L'année 2035 est supposée égale à 2030.

Années	Part du « charbon procédés » sur la consommation totale de charbon de l'industrie
2013	21%
2015	20%
2020	17%
2025	13%
2030	10%
2035	10%

Le facteur d'émission déterminé pour l'année 2013 de l'édition 2014 de l'inventaire national est conservé pour les années projetées.

#### 4.3.2.4. Utilisation non énergétique et solvants (CRF 2D)

##### 2D1 - Utilisation de lubrifiants

Ce sous-secteur regroupe les utilisations de lubrifiants dans les moteurs et 4 temps. Le lubrifiant s'échauffe au contact du moteur et une partie de celui-ci se décompose pour former notamment des émissions de CO<sub>2</sub>.

Pour les émissions des moteurs 2 temps, le lubrifiant est directement mélangé avec le combustible et est donc brûlé complètement. Ces émissions de GES sont considérées dans les catégories transport (cf. partie 1A3).

Pour les moteurs 4 temps, la quantité de lubrifiant ainsi que les émissions associées déterminées en 2015 de la dernière édition de l'inventaire national sont conservées jusqu'en 2035.

### 2D2 - Utilisation de cires et paraffines

La quantité de cires et paraffines consommée en Métropole est connue en 2015 à partir de la dernière édition de l'inventaire national. Faute d'informations sur l'évolution de cette consommation, c'est la quantité de 2015 qui est conservée jusqu'en 2035.

### 2D3 - Autres utilisations

- Utilisation d'urée

L'urée est utilisée dans certains systèmes de dépollution pour réduire les émissions d'oxydes d'azote. En brûlant au contact des gaz chauds, l'urée se décompose et devient notamment du CO<sub>2</sub>. Le secteur consommateur d'urée en Outre-mer est notamment le transport routier (système Adblue pour les camions).

#### 4.3.2.5. Industrie électronique (CRF 2E)

Cette activité n'est pas présente en Outre-mer.

#### 4.3.2.6. Substituts des Substances Appauvrissant la Couche d'Ozone (SAO) (CRF 2F)

Plusieurs activités sont consommatrices de gaz fluorés en Outre-mer :

- la réfrigération et la climatisation ;
- les aérosols propulsés aux HFC ;
- les extincteurs incendies.

#### Réfrigération et climatisation (CRF 2F1)

Le calcul des émissions de la réfrigération et de la climatisation par les MINES ParisTech n'était pas prévu dans le cadre de cette étude. Ce sont les données de l'AMS1 2014-15 (avec prise en compte du règlement F-gases II) qui ont été prises en compte.

#### Extincteurs incendie (CRF 2F3)

Une gamme d'extincteurs automatiques fixes aux HFC-23 et HFC-227ea est utilisée pour protéger des lieux spécifiques comme les salles informatiques, pour lesquelles des contraintes techniques imposent de recourir aux propriétés de ces gaz dans la lutte contre les incendies.

Les PFC et le HFC-23 sont concernés par le règlement européen sur les gaz fluorés n° 517/2014. Le règlement impose une interdiction de mise sur le marché des PFC au 4 juillet 2007 et du HFC-23 au 1<sup>er</sup> janvier 2016 dans cette application.

Conformément à l'application du règlement n°517/2014, le HFC-23 ne sera plus mis sur le marché à partir de 2016. Concernant le HFC-227ea, il a été supposé que les ventes diminueront au même rythme que les quantités mises sur le marché des hydrofluorocarbones prévues par le règlement n°517/2014.

#### Aérosols (CRF 2F4)

Deux catégories d'aérosols utilisent les HFC comme propulseurs, il s'agit :

- des aérosols techniques : ces aérosols ont notamment recours au HFC-134a et au HFC-152a,
- des aérosols pharmaceutiques (inhalateurs à doses) utilisés dans le traitement de l'asthme : le propulseur est soit du HFC-134a, soit du HFC-227ea.

- **Aérosols techniques**

Ces aérosols sont concernés par le règlement européen sur les gaz fluorés n°517/2014. Le règlement impose une interdiction de mise sur le marché au 1<sup>er</sup> janvier 2018 pour les aérosols techniques contenant des HFC dont le PRG est supérieur ou égal à 150.

Les ventes et productions d'aérosols techniques propulsés au HFC-134a de 2012 de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire ont été conservées jusqu'en 2018, date d'interdiction de mise sur le marché de ce HFC dans cette application. Néanmoins, les consommations de HFC-152a de 2015 ont été maintenues constantes jusqu'en 2035 puisque le PRG de ce HFC est inférieur à 150 et donc, par conséquent, non visé par le règlement européen.

Les aérosols ont un usage totalement émissif. Les volumes de HFC vendus annuellement sont donc totalement émis.

- **Aérosols pharmaceutiques**

La production d'aérosols pharmaceutiques en France est supposée constante sur la période considérée et l'usage de ces aérosols est indexé à l'évolution de la population.

L'usage est totalement émissif.

#### **4.3.2.7. Autres usages (CRF 2G)**

##### Equipements électriques (CRF 2G1)

Le SF<sub>6</sub> est utilisé comme diélectrique et agent de coupure dans les disjoncteurs et interrupteurs haute et moyenne tension dans le parc électrique.

Il n'y a pas de mesure de réduction pour ce secteur. La banque de SF<sub>6</sub> installée en 2015 est supposée constante sur toute la période.

Le facteur d'émission lié à l'utilisation des équipements électriques diminue jusqu'en 2018 afin de prendre en compte les objectifs de réduction des rejets de SF<sub>6</sub> par RTE puis est considéré constant sur le reste de la période.

Utilisation de N<sub>2</sub>O et autres produits (2G3 et 2G4)

- N<sub>2</sub>O pour l'anesthésie

Les émissions et le facteur d'émission de l'année 2015 sont connus via la dernière édition de l'inventaire national. L'activité associée à ces émissions est la population. Les émissions du secteur évoluent donc selon l'évolution de la population.

- Utilisation de solvants

Cette catégorie rassemble un grand nombre d'activités diverses utilisant des solvants. Les solvants sont émetteurs de COVNM qui, une fois émis dans l'atmosphère, se transforment en CO<sub>2</sub>.

Les projections de ces activités évoluent selon la population.

Le tableau ci-dessous indique les procédés concernés par ces émissions de COVNM des solvants.

Code SNAP	Intitulé	Projection
060408	Utilisation domestique de solvants (autre que la peinture)	Selon la population
060411	Utilisation domestique de produits pharmaceutiques	Selon la population

Les émissions de COVNM sont transformées en CO<sub>2</sub> à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Em. CO}_2 \text{ (t)} = \text{Em. COVNM (t)} * \text{contenu C (\%)} * \text{ratio M mol. (C et CO}_2\text{)}$$

Où : contenu C = environ 70% en moyenne (contenu carbone par défaut, soit la masse de carbone contenue dans les COVNM)

Ratio M mol. = 3,66 (masse molaire C = 12 g/mol ; masse molaire CO<sub>2</sub> = 44g/mol)

## 4.4 Agriculture (CRF 3)

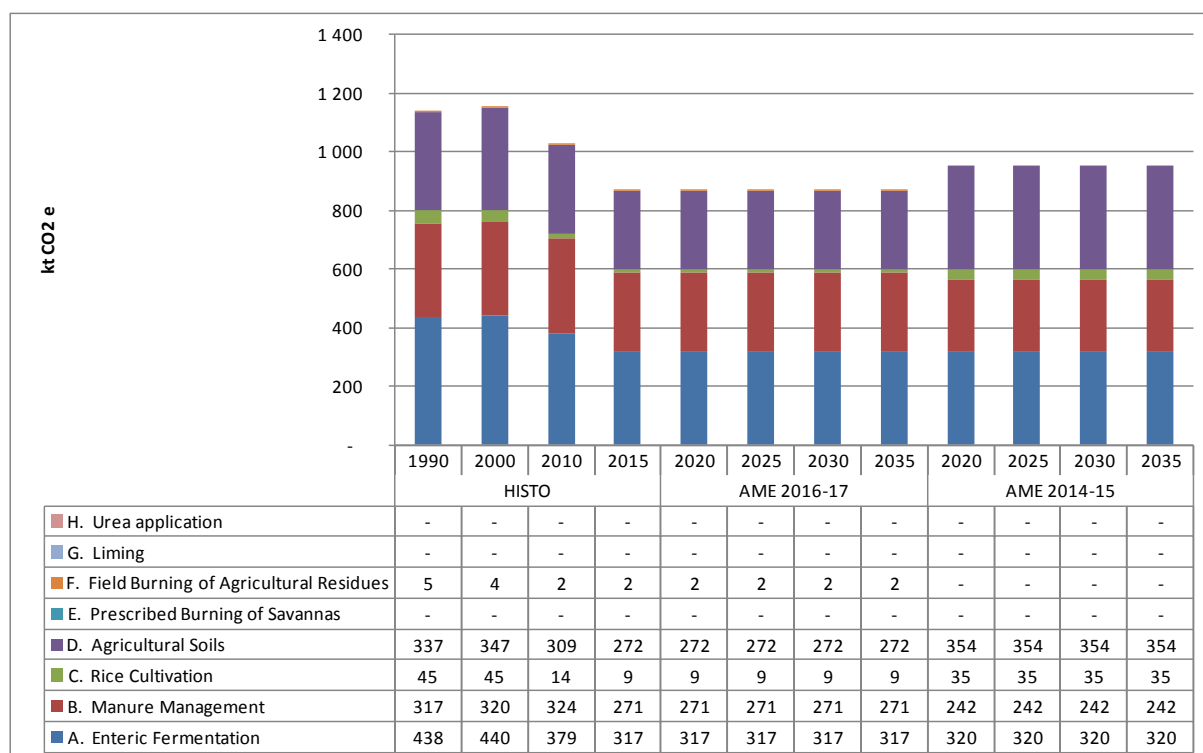
Cette catégorie regroupe les émissions liées à l'agriculture (hors combustion déjà prises en compte dans le CRF 1A4).

Les principales activités émettrices sont les suivantes :

- CRF 3A : Fermentation entérique (Emissions de CH<sub>4</sub> liées à la fermentation dans l'appareil digestif des animaux),
- CRF 3B : Gestion des déjections (Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O liées à la gestion des déjections des animaux),
- CRF 3D : Sols / cultures (Emissions de N<sub>2</sub>O liées à l'épandage de fertilisants de synthèse et des déjections animales sur les sols cultivés).

Faute d'hypothèses spécifiques pour l'Outre-mer, les projections d'émissions de ce secteur sont égales à l'année 2015 de l'inventaire national.

Figure 26 : Emissions de GES - CRF 3 Agriculture- Outre-mer



## 4.5 UTCATF (CRF 4)

Cette catégorie regroupe les émissions liées à l'utilisation des terres, changement des terres et foresterie.

Faute d'hypothèses spécifiques pour l'Outre-mer, les projections d'émissions de ce secteur sont égales à l'année 2015 de l'inventaire national.

Figure 27 : Emissions de GES - CRF 4 UTCATF - Outre-mer

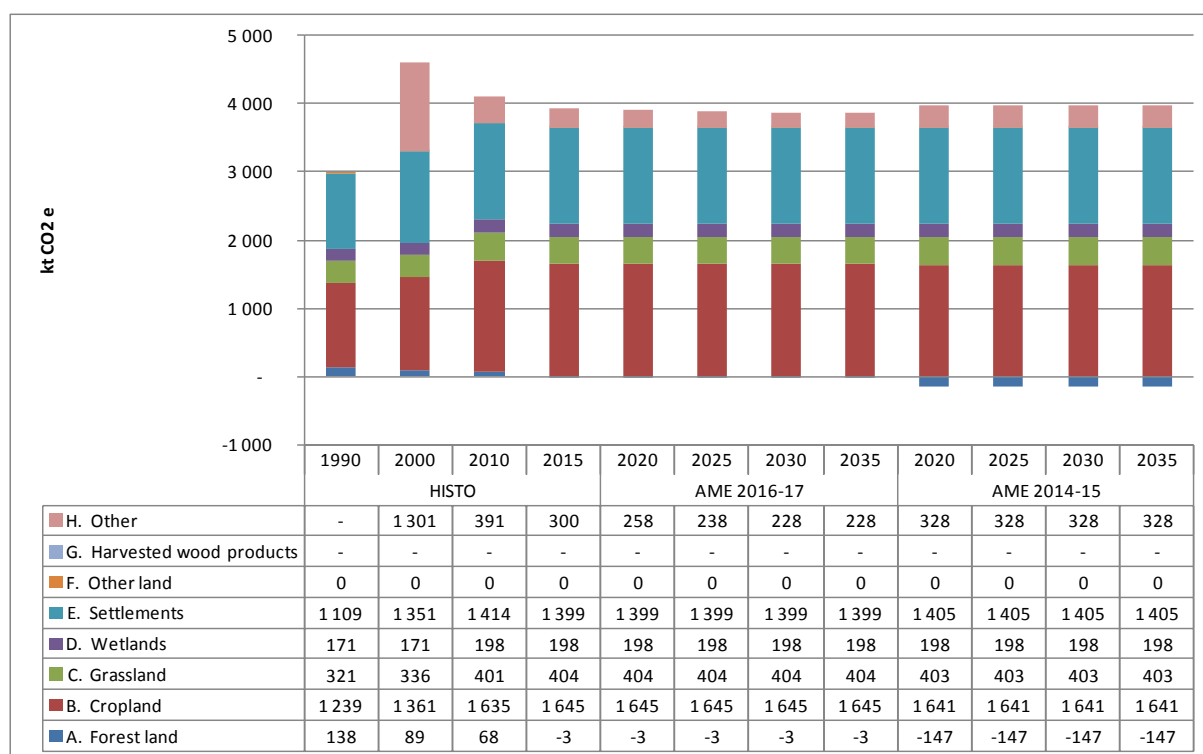
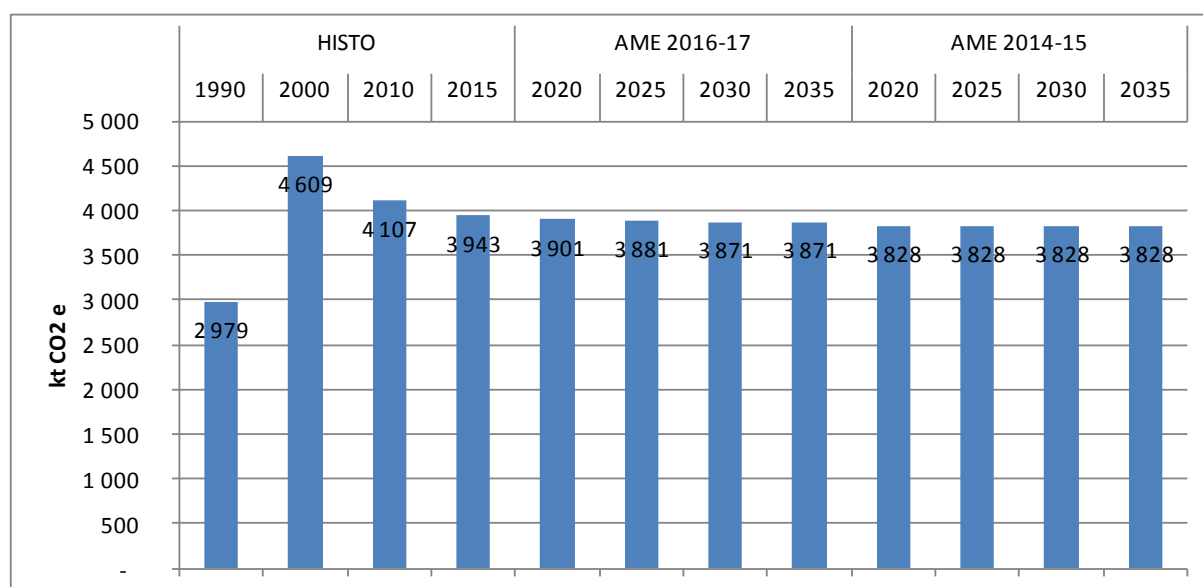


Figure 28 : Emissions de GES - Emissions nettes de l'UTCATF - Outre-mer



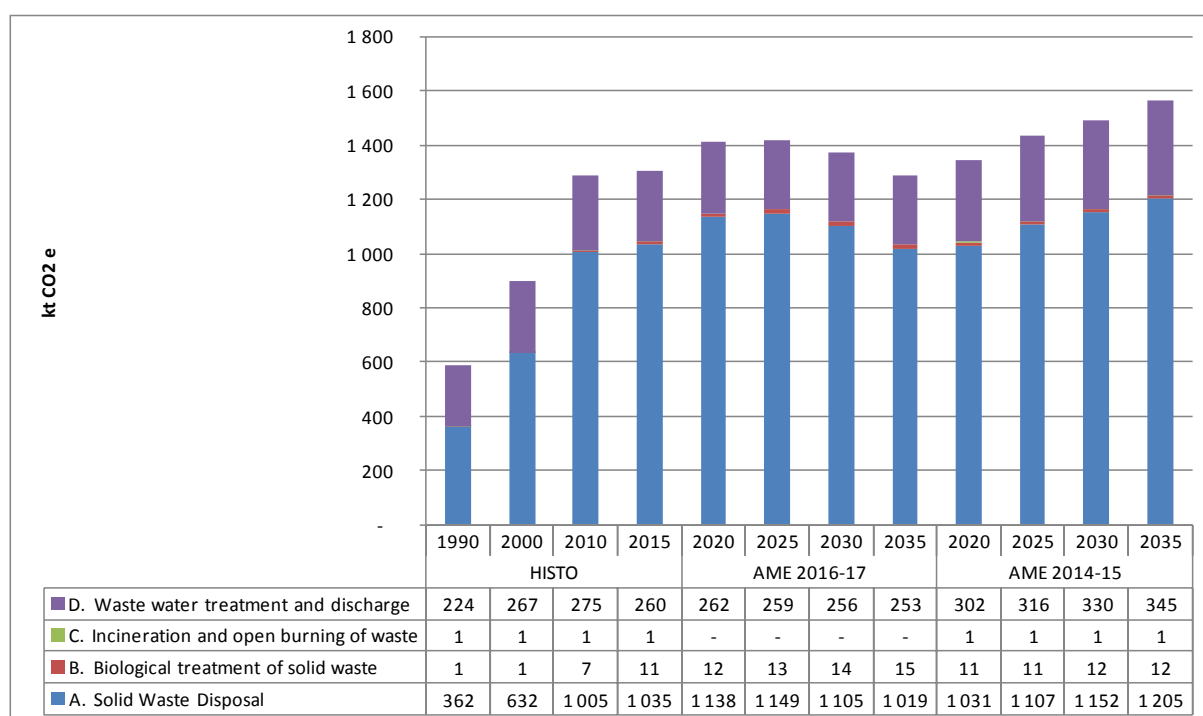
## 4.6 Déchets (CRF 5)

### 4.6.1 Résultats globaux d'émissions

La catégorie CRF 5 regroupe l'ensemble des activités de gestion et de traitement des déchets solides et liquides à savoir :

- stockage des déchets solides (émissions de CH<sub>4</sub> en décharges),
- traitement biologique des déchets solides (production de compost et de biogaz),
- incinération sans valorisation énergétique<sup>12</sup> et feux ouverts,
- traitement de l'eau (résidentielle et industrielle).

Figure 29 : Emissions de GES - CRF 5 Déchets - Outre-mer



### 4.6.2 Méthodes d'estimation des émissions pour AME 2016-17

#### 4.6.2.1. Niveaux d'activité retenus

##### 1) Déchets ménagers et assimilés (DMA)

Les quantités de déchets traités par filière en installations de traitement (telles que définies dans l'enquête ITOM de l'ADEME, c'est-à-dire qui accueillent au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets) ont été définies sur la base du projet de « Plan

<sup>12</sup> Les émissions de l'incinération avec valorisation énergétique sont prises en compte dans le CRF 1A1 (valorisation en électricité ou en chaleur).



déchets 2014-2020 » selon la matrice de flux de déchets à horizon 2025 (variation vs 2010) envisagée par la DGPR.

Les tableaux suivants présentent les quantités totales de DMA traités par filière dans les DOM et dans les COM.

DOM	Quantités de déchets ménagers et assimilés en kt					
	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Stockage ISDND	1 060	1 066	917	768	619	490
Incinération UIDND	104	102	108	114	119	125
Valorisation matière	113	119	145	171	197	225
Compostage	109	185	192	200	207	215
Méthanisation	3	4	10	16	22	30
Total	1 389	1 476	1 372	1 268	1 165	1 084

COM	Quantités de déchets ménagers et assimilés en kt					
	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Stockage ISDND	283	301	267	232	198	163
Incinération UIDND	9	11	11	11	11	11
Valorisation matière	1	18	21	24	27	30
Compostage	0	0	0	0	0	0
Méthanisation	0	0	0	0	0	0
Total	293	331	299	267	235	204

L'incinération de DMA dans les DOM et dans les COM ne se fait que dans des UIDND avec récupération d'énergie (CRF 1A1a).

## 2) Déchets dangereux

L'incinération de déchets industriels dangereux n'est pas présente en Outre-mer.

## 3) Déchets de soins

L'incinération de déchets de soins n'est pas présente en Outre-mer.

## 4) Crémation

L'évolution du nombre de corps incinérés a été indexée sur la croissance de la population telle que prévue dans les hypothèses macro.

## 5) Traitement de l'eau

L'évolution des quantités d'eau à traiter a été indexée sur la croissance de la population telle que prévue dans les hypothèses macro.

### 4.6.2.2. Facteurs d'émission

Concernant le stockage, le taux de captage apparent de la métropole est considéré comme atteint en Outre-mer avec un décalage de 5 années.

Concernant l'incinération, les facteurs d'émission de 2015 de la dernière édition de l'inventaire national ont été reportés jusqu'en 2035.

Pour les autres filières de traitement des déchets solides (5B, 5D) les paramètres de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national sont conservés.

Pour le traitement de l'eau, les paramètres de l'année 2015 de la dernière édition de l'inventaire national sont conservés.

## Table des figures

Figure 1 : Emissions totales de GES hors UTCF au périmètre Métropole (réduction par rapport à 1990) .....	7
Figure 2 : Emissions totales de GES avec UTCF au périmètre Métropole (réduction par rapport à 1990) .....	7
Figure 3 : Emissions totales de GES hors UTCF au périmètre Kyoto (réduction par rapport à 1990) ...	8
Figure 4 : Emissions totales de GES avec UTCF au périmètre Kyoto (réduction par rapport à 1990)...	8
Figure 5 : Emissions totales de GES hors UTCF au périmètre France entière (réduction par rapport à 1990) .....	9
Figure 6 : Emissions totales de GES avec UTCF au périmètre France entière (réduction par rapport à 1990) .....	9
Figure 7 : Emissions totales de GES hors UTCF - découpage sectoriel - Métropole .....	10
Figure 8 : Emissions de GES - CRF 1A1 Industries de l'énergie - Métropole .....	11
Figure 9 : Emissions de GES - CRF 1A2 Industries manufacturières - Métropole.....	18
Figure 10 : Emissions de GES - CRF 1A3 Transports - Métropole .....	22
Figure 11 : Emissions de GES - CRF 1A4 Autres secteurs - Métropole .....	30
Figure 12 : Emissions de GES - CRF 1B Emissions fugitives - Métropole .....	35
Figure 13 : Emissions de GES - CRF 2 Procédés et utilisations de produits - Métropole.....	37
Figure 14 : Emissions de GES - CRF 3 Agriculture - Métropole.....	50
Figure 15 : Schéma de la méthodologie d'estimation des émissions pour le N <sub>2</sub> O des sols .....	65
Figure 16 : Emissions et puits de GES - CRF 4 UTCATF - Métropole.....	67
Figure 17 : Puits net de GES - CRF 4 UTCATF - Métropole.....	68
Figure 18 : Emissions de GES - CRF 5 Déchets - Métropole.....	74
Figure 19 : Emissions totales de GES hors UTCF - découpage sectoriel - Outre-mer .....	79
Figure 20 : Emissions de GES - CRF 1A1 Industries de l'énergie - Outre-mer .....	80
Figure 21 : Emissions de GES - CRF 1A2 Industries manufacturières - Outre-mer.....	83
Figure 22 : Emissions de GES - CRF 1A3 Transports - Outre-mer .....	85
Figure 23 : Emissions de GES - CRF 1A4 Résidentiel, tertiaire et autres secteurs - Outre-mer.....	91
Figure 24 : Emissions de GES - CRF 1B Emissions fugitives - Outre-mer .....	96
Figure 25 : Emissions de GES - CRF 2 Procédés - Outre-mer .....	97
Figure 26 : Emissions de GES - CRF 3 Agriculture- Outre-mer .....	102
Figure 27 : Emissions de GES - CRF 4 UTCATF - Outre-mer .....	103
Figure 28 : Emissions de GES - Emissions nettes de l'UTCATF - Outre-mer .....	103
Figure 29 : Emissions de GES - CRF 5 Déchets - Outre-mer .....	104

## Table des Tableaux

Tableau 1 : Evolutions des populations animales (en place).....	52
Tableau 2 : Evolution du rendement laitier moyen (kg/VL/an) .....	52
Tableau 3 : Evolution de l'azote excrété par catégorie animale .....	52
Tableau 4 : Evolution des superficies utiles pour estimer la fertilisation minérale (ha) .....	53
Tableau 5 : Evolution de la fertilisation organique (tonnes N) .....	54
Tableau 6 : Evolution des livraisons d'engrais minéraux.....	55



© CITEPA 2017  
[www.citepa.org](http://www.citepa.org)  
[infos@citepa.org](mailto:infos@citepa.org)  
42, rue de Paradis  
75010 PARIS