



# Base Carbone



---

Documentation des facteurs d'émissions  
de la Base Carbone ®



# Préface de l'ADEME

---

*L'ADEME souhaite via la mise à disposition de la Base Carbone® diffuser largement les données nécessaires aux évaluations carbone. Cette base contient donc un ensemble de données (facteurs d'émissions ou données sources) pour réaliser des bilans d'émissions de gaz à effet de serre réglementaires (article 75 de la loi grenelle) ou volontaires. Les données nécessaires aux calculs réglementaires pour l'information CO2 des prestations de transport sont également incluses dans la base.*

*Afin d'assurer un maximum de transparence, l'ADEME met à jour une documentation pour expliquer les hypothèses de calcul ainsi que les sources des données validées dans la base. Le présent document rassemble l'ensemble de ces informations pour la métropole. Un autre est rédigé pour l'outre-mer.*

*Afin d'assurer un maximum de traçabilité, un numéro de version et une date est associé à chacun de ces documents. Un dossier archive permet dans l'application de consulter les anciennes versions de ces documents. Merci de nous faire parvenir tous commentaires relatifs à ce document via le formulaire de contact de l'application.*

*Bonne lecture !*



# Sommaire

<b>Part I</b>	<b>Introduction</b>	<b>9</b>
<b>Part II</b>	<b>La comptabilité carbone</b>	<b>11</b>
1	PRG à 100 ans.....	11
2	CO2 biogénique.....	18
<b>Part III</b>	<b>Scope 1 : émissions directes (et amont des combustibles)</b>	<b>21</b>
1	<b>Combustibles.....</b>	<b>21</b>
	<b>PCI et masses volumiques .....</b>	<b>21</b>
	PCI et masse volumique.....	21
	Passage du PCS au PCI.....	26
	<b>Fossiles .....</b>	<b>27</b>
	Solides.....	27
	Liquides.....	31
	Gaz .....	42
	<b>Organiques .....</b>	<b>45</b>
	Solides.....	46
	Liquides.....	50
2	<b>Emissions de process et émissions fugitives.....</b>	<b>55</b>
	Agriculture - cheptels .....	55
	Agriculture - sols agricoles .....	60
	Traitement des déchets et eaux usées .....	67
	Réfrigération et climatisation .....	71
	Process industriels .....	76
3	<b>UTCF.....</b>	<b>78</b>
	Changement d'affectation des sols .....	78
<b>Part IV</b>	<b>Scope 2 : émissions indirectes - énergie</b>	<b>82</b>
1	<b>Electricité.....</b>	<b>82</b>
	<b>Mix électrique .....</b>	<b>82</b>
	Mix électrique France continentale.....	83
	Mix électrique autres pays.....	88
	<b>Moyens de production .....</b>	<b>90</b>
	Conventionnel.....	91
	Renouvelable.....	91
2	<b>Réseaux de chaleur / froid.....</b>	<b>94</b>
<b>Part V</b>	<b>Scope 3 : émissions indirectes - autres</b>	<b>107</b>
1	<b>Transport de marchandises.....</b>	<b>107</b>
	Routier .....	108
	Ferroviaire .....	112
	Aérien .....	115
	Maritime .....	117
	Fluvial .....	124
2	<b>Transport de personnes.....</b>	<b>130</b>
	Routier .....	131

Ferroviaire .....	136
Aérien .....	137
Maritime .....	137
Fluvial .....	139
<b>3 Achat de biens.....</b>	<b>139</b>
<b>Produits de l'agriculture et de la pêche .....</b>	<b>139</b>
AGRIBALYSE®.....	140
Produits végétaux .....	149
Produits animaux.....	155
Produits de la pêche et de l'aquaculture .....	158
<b>Produits agro-alimentaires et boissons .....</b>	<b>160</b>
Viandes et produits à base de viande.....	161
Produits laitiers.....	162
Produits amylacés et sucres.....	163
Autres produits alimentaires .....	165
Levures .....	165
Boissons.....	167
<b>Bois et articles en bois .....</b>	<b>168</b>
<b>Papier, carton et articles en papier ou en carton .....</b>	<b>170</b>
<b>Minerais, granulats et autres produits des industries extractives .....</b>	<b>171</b>
Pierres de carrières .....	172
<b>Plastiques et autres produits chimiques .....</b>	<b>173</b>
Produits en caoutchouc et en plastique.....	173
Produits chimiques (hors plastiques).....	180
Engrais et composés azotés.....	181
Pesticides et autres produits agrochimiques .....	183
Peintures et résines .....	187
<b>Produits minéraux non métallique .....</b>	<b>188</b>
Verre et articles en verre.....	188
Ciments, chaux, plâtres, bétons.....	190
Matériaux de construction en terre cuite.....	191
Enrobés pour route.....	192
<b>Métaux et produits métalliques .....</b>	<b>194</b>
Acier.....	195
Aluminium.....	196
Autres métaux.....	198
<b>Machines et équipements .....</b>	<b>201</b>
Équipements électriques .....	203
<b>Véhicules automobiles et autres matériel de transport .....</b>	<b>204</b>
Véhicules routiers.....	204
<b>Produits informatiques, électroniques et optiques .....</b>	<b>210</b>
Composants et cartes électroniques .....	210
Ordinateurs et équipements périphériques.....	211
<b>Textile .....</b>	<b>212</b>
<b>Eau, traitement et distribution d'eau .....</b>	<b>213</b>
Eau de réseau.....	213
<b>Bâtiments et ouvrages d'art .....</b>	<b>217</b>
Batiments.....	217
Voirie.....	223
<b>4 Achat de services.....</b>	<b>226</b>
Repas .....	227
<b>5 Traitement des déchets.....</b>	<b>234</b>
Déchets organiques .....	235
Déchets plastiques .....	238
Déchets non combustibles non fermentescibles .....	241
Ordures ménagères .....	242
Déchets dangereux .....	243

Eaux usées .....	246
Contributions transverses .....	246
Emissions évitées .....	247

## Part VI Statistiques territoriales 254

1	Résidentiel.....	254
	Chauffage .....	254
	Eau Chaude Sanitaire .....	257
2	Tertiaire .....	259
3	Transport de marchandises.....	262
4	Transport de personnes.....	264
5	Industrie .....	266
6	Agriculture .....	266
	Grandes cultures .....	266
	Utilisation d'engrais azotés.....	266
	Consommation de carburant par ha.....	268
	Fabrication d'engins agricoles.....	269
	Serres .....	270
7	Indicateurs transverses.....	271
	Corrections climatiques .....	271

## Part VII Réglementations 274

## Part VIII Annexes 276

1	Lien Base Carbone et Bilan Carbone.....	276
2	Base IMPACT.....	276
3	Références.....	276

**Part**

---





# 1 Introduction

La présente documentation a pour objectif de fournir toutes les informations méthodologiques qui ont permis le calcul des éléments présents dans la Base Carbone ®, ainsi que de présenter les sources des données utilisées.

L'organisation des chapitres est basée sur l'arborescence du module de consultation des données de la Base Carbone ®. La logique suivie est très proche de celle de l'article 75 (loi Grenelle II), des référentiels ISO 14064-1 et ISO 14069 ainsi que du GHG Protocol.

Pour découvrir le fonctionnement et les fonctionnalités de la Base Carbone ®, nous vous invitons à consulter le guide de l'utilisateur présent sur le site.

En annexe, vous trouverez les informations sur l'articulations entre :

- Base Carbone ® et Bilan Carbone ®
- Base Carbone ® et article 75 de la loi Grenelle II
- Base Carbone ® et information CO2 des transports (article L1431-3 du code des transports)

# Part

---



## 2 La comptabilité carbone

La comptabilité carbone est une quantification des impacts environnementaux se focalisant sur la problématique des émissions de gaz à effets de serre.

Elle s'appuie sur des méthodologies permettant de quantifier les flux d'émissions de gaz à effet de serre générés par une entité et à les caractériser à l'aide d'un indicateur d'impact : en général le PRG.

Les entités pouvant être étudiées à travers la comptabilité carbone sont diverses : un territoire, une organisation, un produit...

Ce chapitre traite des points méthodologiques généraux de la comptabilité carbone :

- De l'indicateur d'impact : PRG à 100 ans
- De la prise en compte du carbone biogénique

### 2.1 PRG à 100 ans

#### Les différents gaz à effet de serres

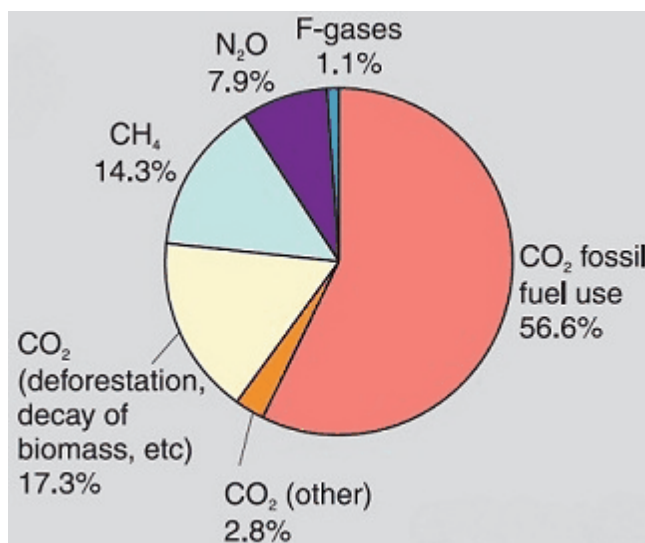
Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuant à l'effet de serre. Un gaz ne peut absorber les rayonnements infrarouges qu'à partir de trois atomes par molécule, ou à partir de deux si ce sont deux atomes différents (de ce fait, l'oxygène  $O_2$  et le diazote  $N_2$ , qui constitue la majeure partie de l'atmosphère terrestre, ne sont pas des GES).

Les principaux GES sont :

- La vapeur d'eau ( $H_2O$ )
- Le dioxyde de carbone ( $CO_2$ )
- Le méthane ( $CH_4$ )
- Le protoxyde d'azote ( $N_2O$ )
- L'ozone ( $O_3$ )
- Des gaz fluorés (CFC, HCFC, PFC, HFC,  $SF_6$ ,  $NF_3$ )

On parlera de **GES anthropiques** pour les GES dont l'émission est influencée par les activités humaines. La vapeur d'eau (dont la durée de vie dans l'atmosphère est très courte) n'est pas directement influencée par les émissions humaines. De plus, l'ozone troposphérique n'est pas émise directement par l'homme, mais est le résultat de la décomposition d'autres gaz dans l'atmosphère. Ces deux GES ( $H_2O$  et  $O_3$ ) sont exclus du champ de la comptabilité carbone.

Le CO<sub>2</sub> est le GES anthropique ayant l'impact le plus important sur le climat. La participation des principaux GES anthropiques au réchauffement climatique est la suivante :



*Répartition des émissions annuelles mondiales de GES anthropiques en 2004*

*source : rapport du GIEC 2007<sup>001</sup>*

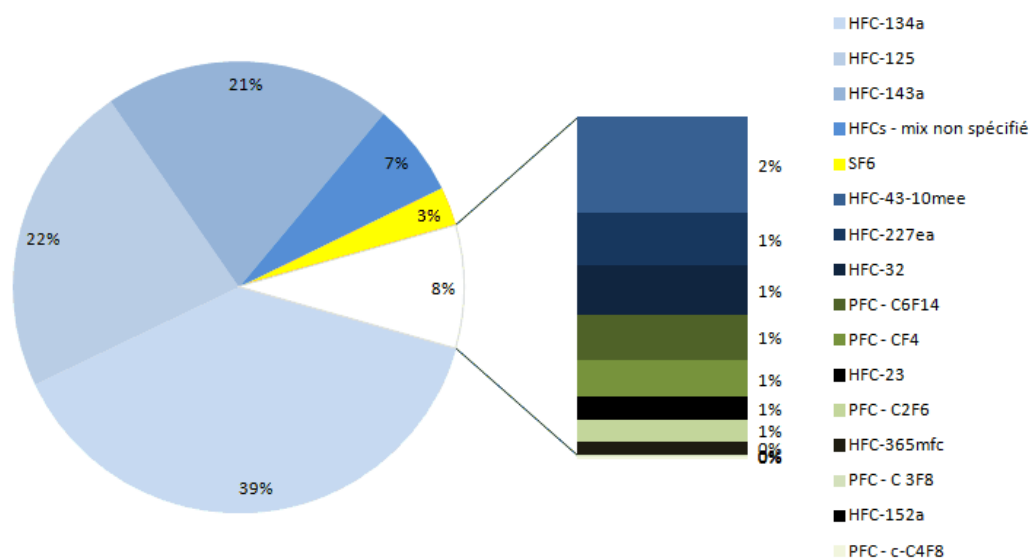
Dans le graphique ci-dessus, les émissions de CO<sub>2</sub> sont réparties selon 3 origines :

- La combustion des énergies fossiles : pétroles, gaz et charbons (56,6%)
- Les processus générant du CO<sub>2</sub> minéral : décarbonatation dans les cimenteries notamment (2,8%)
- La déforestation et le déstockage de carbone des sols dus à des changements d'affectation des sols (17,3%)

Les émissions anthropiques de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O proviennent à environ 90% de l'agriculture. Les autres sources d'émissions de ces deux gaz sont : le traitement des déchets, certains processus industriels...

En 2014, les **divers gaz fluorés** représentent **2% des émissions** mondiales (contre 1,1% en 2004). Ce même ordre de grandeur est valable pour la France. L'impact de ces différents gaz fluorés sur le climat se répartit comme suit :

### Répartition des émissions de gaz fluorés en 2012 en France



Répartition des émissions annuelles françaises de gaz fluorés en 2012

source : rapport CRF CCNUCC 2012<sup>003</sup>

Dans le graphique ci-dessus, sont exclus les gaz fluorés suivant :

- Le NF3 car il n'était pas encore à reporter dans les rapports CCNUCC
- Les GES dont l'éradication est prévue par le protocole de Montréal (CFC, HCFC et certains halons)

Dans la Base Carbone ®, on retient les catégories suivantes pour classer les GES :

- Les principaux GES (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O)
- Les principaux gaz fluorés purs (présenté dans le graphique précédent)
- Les principaux mélanges commerciaux de gaz fluorés (voir ci après)
- Les autres gaz fluorés purs (autres HFC et PFC dont les valeurs sont proposées dans les rapports du GIEC)
- Les substances contrôlées par le protocole de Montréal (CFC, HCFC et certains halons)

Pour pouvoir établir des graphiques comme ceux présentés ci-dessus, il faut pouvoir comparer les GES entre eux. Pour cela, on utilise un indicateur d'impact le PRG (voir ci-après).

## PRG et CO<sub>2e</sub>

Les différents GES anthropiques ont un impact plus ou moins important sur le climat.

Afin d'être comparé les uns avec les autres, les émissions des différents GES peuvent être exprimés en **CO<sub>2e</sub>** (équivalent CO<sub>2</sub>). « L'outil » retenu dans la Base Carbone ® permettant de convertir les émissions d'un GES en CO<sub>2e</sub> est son **PRG (relatif) à 100 ans**. Il s'agit de l'indicateur classique retenu dans la plupart des rapports/traités internationaux.

Il convient de noter que les PRG à 100 ans ont varié au fil des rapports du GIEC (par exemple celui du méthane est passé de 21 dans le rapport de 1995 à 23 dans le rapport de 2001 puis 25 dans le rapport de 2007). Cela est normal, car les PRG, qui reflètent des effets comparés à celui du CO<sub>2</sub>, sont en effet dépendants :

- des concentrations des divers gaz à effet de serre déjà présents dans l'atmosphère,
- des cycles naturels des gaz considérés, qui conditionnent leur rythme d'épuration de l'atmosphère, et donc leur "durée de vie" dans l'air.

## Tableau des principaux PRG à 100 ans

Le tableau ci-dessous donne les PRG de divers GES publiés dans les rapports de 2007 et 2013 :

Classement	Désignation		Formule chimique	PRG à 100 ans AR4 *	PRG à 100 ans AR5 *
	Nom 1	Nom 2			
Principaux GES	Dioxyde de carbone d'origine fossile		CO2f	1	1
	Méthane d'origine fossile		CH4f	25	30
	Méthane d'origine biogénique		CH4b	25	28
	Protoxyde d'azote		N2O	298	265
	Dioxyde de carbone d'origine biogénique		CO2b	1***	1***
Principaux gaz fluorés purs (hors substances contrôlées par le protocole de Montréal)	Hexafluorure de soufre		SF6	22800	26087
	Trifluorure d'azote		NF3	17200	17885
	HFC-23	R23	CHF3	14800	13856
	HFC-32	R32	CH2F2	675	817
	HFC-125	R125	CHF2CF3	3500	3691
	HFC-134a	R134a	CH2FCF3	1430	1549
	HFC-143a	R143a	CH3CF3	4470	5508
	HFC-152a	R152a	CH3CHF2	437	167
	HFC-227ea	R227ea	CF3CHFCF3	5310	3860

Classement	Désignation		Formule chimique	PRG à 100 ans AR4	PRG à 100 ans AR5
	Nom 1	Nom 2			
	HFC-43-10mee	R4310mee	CF <sub>3</sub> CHFCHFCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1640	1952
	PFC-14	R14	CF <sub>4</sub>	7390	7349
	PFC-116	R116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	12200	12340
	PFC-218	R218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	8830	9878
	PFC-318	R318	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	10300	10592
	PFC-5-1-14	R5114	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9300	8780
Mélanges commerciaux (hors substances contrôlées par le protocole de Montréal)		R404a		3 922	4 550
		R407a		2 107	2 259
		R407c		1 774	1 916
		R407f		1 825	1 972
		R410a		2 088	2 254
		R417a		2 346	2 495
		R422a		3 140	3 316
		R422d		2 729	2 891
		R427a		2 138	2 371
		R507		3 985	4 600
		R507a		2 465	2 620
Substances contrôlées par le protocole de Montréal	CFC-11	R11	CCl <sub>3</sub> F	4750	5352
	CFC-12	R12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	10900	11547
	CFC-13	R13	CClF <sub>3</sub>	14400	15451
	CFC-113	R113	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub>	6130	6586
	CFC-114	R114	CClF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	10000	9615
	CFC-115	R115	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	7370	8516
	Halon-1301		CBrF <sub>3</sub>	7140	7154
	Halon-1211		CBrClF <sub>2</sub>	1890	2070
	Halon-2402		CBrF <sub>2</sub> CBrF <sub>2</sub>	1640	1734
	Carbon tetrachloride		CCl <sub>4</sub>	1400	2019
	Methyl bromide		CH <sub>3</sub> Br	5	15
	Methyl chloroform		CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	146	193
	HCFC-22	R22	CHClF <sub>2</sub>	1810	2106

Classement	Désignation		Formule chimique	PRG à 100 ans AR4 *	PRG à 100 ans AR5 *
	Nom 1	Nom 2			
	HCFC-123	R123	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	77	96
	HCFC-124	R124	CHClFCF <sub>3</sub>	609	635
	HCFC-141b	R141b	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F	725	938
	HCFC-142b	R142b	CH <sub>3</sub> CClF <sub>2</sub>	2310	2345
	HCFC-225ca	R225ca	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	122	155
	HCFC-225cb	R225cb	CHClFCF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	595	633
		R502		4657	5388
		R401a		1182	1354
		R408a		3152	3782
Autres gaz fluorés purs	==> non détaillés dans ce tableau, mais disponibles dans le module de recherche				

*PRG à 100 ans des divers GES.*

(\*) AR4 : 4ème rapport du GIEC (2007) [001](#)

(\*\*) AR5 : 5ème rapport du GIEC (2013) [002](#)

(\*\*\*) Voir le chapitre [CO2 biogénique](#)

Il faut noter que certains gaz à effet de serre mentionnés dans le tableau ci-dessus, malgré leur fort PRG, ne sont pas pris en compte par le Protocole de Kyoto. C'est notamment le cas des CFC ou de certains HCFC (R11, R12, R502, R22, R401a et R408a), dont l'éradication était déjà prévue dans le cadre du Protocole de Montréal, raison pour laquelle il était inutile de revenir dessus dans le cadre du protocole de Kyoto. Du reste, l'Union Européenne a interdit (par règlement communautaire), dès 2000, l'emploi des CFC dans les appareils frigorifiques neufs, et interdit l'emploi de ces mêmes gaz pour la maintenance et l'entretien des installations existantes depuis 2001.

De leur côté, les HCFC sont interdits dans les équipements neufs depuis 2004, mais la recharge des équipements existants restera autorisée jusqu'en 2015 sous certaines conditions.

Pour éviter tout risque d'incompatibilité avec les normes existantes ou en vigueur (ISO 14064, en cours de révision), les émissions liées aux gaz non pris en compte dans le protocole de Kyoto sont disponibles de manière discriminée dans la Base Carbone (se reporter au document méthodologique pour plus de détails).

Les PRG utilisés dans la Base Carbone sont ceux de l'AR5 contrairement à ceux présentés dans certaines parties de la présente documentation qui restent à actualiser. Ainsi, en cas de différence, ce sont bien les valeurs de l'application informatique qu'il convient d'utiliser.

## Les mélanges commerciaux



Dans le commerce, des mélanges de gaz fluorés sont vendus. Ces mélanges sont principalement utilisés comme fluide frigorigène. Le tableau ci-dessus montre la composition de plusieurs d'entre eux :

Mélanges	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-600	HFC-600a	HFC-32	PRG AR4	PRG AR5
R404a	44%	4%	52%				3 922	4 550
R407a	40%	40%				20%	2 107	2 259
R407c	25%	52%				23%	1 774	1 916
R407f	30%	40%				30%	1 825	1 972
R410a	50%					50%	2 088	2 254
R417a	46.6%	50%		3.4%			2 346	2 495
R422a	85.0%	11.5%			3.4%		3 140	3 316
R422d	65.1%	31.5%			3.4%		2 729	2 891
R427a	25%	50%	10%			15%	2 138	2 371
R507	50%		50%				3 985	4 600
R507a	50%	50%					2 465	2 620

*Composition et PRG des fluides frigorigènes commerciaux*

*Source : Wikipédia - liste des réfrigérants [004](#)*

Il existe aussi des mélanges qui comprennent des substances contrôlées par le protocole de Montréal. Ils sont traités comme ces dernières.

Mélanges	R22	R115	R152a	R124	R125	R143a	PRG AR4	PRG AR5
R502	48.8%	51.2%					4 657	5 388
R401a	53%		13%	34%			1 182	1 354
R408a	47%				7%	46%	3 152	3 782

*Composition et PRG des fluides frigorigènes commerciaux*

*Substances contrôlées par le protocole de Montréal*

*Source : Wikipédia - liste des réfrigérants [004](#)*

#### Sources :

[\[001\] AR4 : 4ème rapport du GIEC \(2007\)](#)

[\[002\] AR5 : 5ème rapport du GIEC \(2013\)](#)

[\[003\] Rapport CRF CCNUCC 2012](#)

[\[004\] Wikipédia - liste des réfrigérants](#)

## 2.2 CO<sub>2</sub> biogénique

### Principes retenus dans la Base Carbone ?

Pour toutes les émissions de gaz à effet de serre prises en compte, l'hypothèse implicite effectuée est qu'il n'y aura pas de puits ailleurs qui viendra contrebalancer les émissions. Ce que l'on mesure en pratique n'est pas tant une émission que la contribution à l'accroissement de la concentration atmosphérique du gaz considéré.

Pour le CO<sub>2</sub> d'origine biogénique émis par les hommes, deux cas de figure peuvent se présenter :

- soit il s'inscrit dans une modification globale des écosystèmes qui ne concourt pas à accroître la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>, parce que les émissions accrues par les hommes sont contrebalancées par un puits accru par les hommes (cas typique de la gestion forestière)
- soit il s'inscrit dans un schéma d'émissions non contrebalancées par des puits (cas de la déforestation).

En revanche, l'atmosphère traite de manière indifférenciée le CO<sub>2</sub> d'origine biogénique émis dans le premier cas et celui émis dans le second.

Les exercices de quantification, quant à eux, considère de façon différentes les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine biogénique :

- Certains exercices considèrent de façon indifférenciée les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile et biogéniques et quantifient/reportent séparément les puits
- Certains exercices ne quantifient pas le CO<sub>2</sub> biogénique
- Certains exercices ne tiennent compte que les émissions qui ne sont pas contrebalancée par une captation (photosynthèse) au moins aussi important

La Base Carbone quantifie et affiche de façon séparée les émissions d'origine fossile (CO<sub>2f</sub>) et celles d'origine biogénique (CO<sub>2b</sub>). Ainsi, chacun peut réutiliser ces données suivant les méthodes s'appliquant pour son exercice.

La quantification séparée des émissions biogénique a pour conséquence que **celles-ci ne sont pas prises en compte dans le "Total"** qui s'affiche sur l'écran de l'application informatique. Ces données sont affichées dans la colonne CO<sub>2b</sub> qui est consultable en cliquant sur le bouton "voir détail".

Suite à la dernière publication du GIEC (IPCC AR5), une distinction est également faite entre le CH<sub>4</sub> fossile (CH<sub>4f</sub>) et le CH<sub>4</sub> biogénique (CH<sub>4b</sub>) - leurs PRG étant différents - . Attention,

contrairement, aux émissions de CO<sub>2</sub> biogénique, les émissions de CH<sub>4</sub> biogénique sont bien incluses dans le résultat final.

## En France

En général, pour les pays industrialisés, où il n'y a que peu de déforestation, les émissions de CO<sub>2b</sub> sont contrebalancées par l'accroissement forestier annuel. C'est notamment le cas de la France métropolitaine où l'accroissement forestier correspond à un flux descendant (captation par photosynthèse) plus important que ce qui est émis au titre du flux montant (brûlis sur champs, chauffage au bois, etc).

On notera que cette remarque ne s'applique pas forcément au DOM COM. En effet, il y a de la déforestation en Guyane.

Dans le cas d'une utilisation des données de la Base Carbone ® dans des pays où se pose la question de la déforestation, ce point méthodologique devra être revu en référence aux éléments d'évaluation proposés par le GIEC.

# Part

---



## 3 Scope 1 : émissions directes (et amont des combustibles)

Les émissions directes correspondent aux émissions de GES physiquement produit par une activité : la combustion d'un combustible, les émissions de process, les fuites de gaz fluorés... Ce sont notamment ces émissions directes qui permettent d'établir les inventaires nationaux tels que ceux demandés dans le cadre de la CCNUCC.

Dans le cadre d'un bilan GES, on parle usuellement de **scope 1**.

Dans le chapitre combustibles, nous avons systématiquement **rajouté une partie amont** aux facteurs d'émissions des combustibles. Cela correspond aux **émissions liées à la mise à disposition du combustible**. Les étapes d'extraction, de process de transformation, de transport et de distribution du combustible sont ainsi prises en compte. Ces impacts sont restitués de manière différenciés dans l'application informatique. On y accède via le bouton "voir détail".

### 3.1 Combustibles

Ce chapitre fournit les facteurs d'émissions par type de combustibles :

- **Fossiles** : hydrocarbures bruts ou dérivés issus du charbon, du pétrole et du gaz.
- **Organiques** : combustibles issus de la biomasse - biocombustibles, biocarburants et biogaz.

Ces facteurs d'émissions sont décomposés en deux parties :

- Une partie **combustion** qui permet de calculer les émissions in situ
- Une partie **amont** qui ne concernent que les émissions de **production et transport du combustible** (extraction, transport, raffinage, distribution...)

Pour réaliser le bilan GES, on procède comme suit :

- La part combustion de ces facteurs d'émissions permet de renseigner les postes n°1 ou n°2 (émissions directes / scope 1)
- La part amont permet de renseigner le poste n°8 (Autres émissions indirectes / scope 3)

#### 3.1.1 PCI et masses volumiques

##### 3.1.1.1 PCI et masse volumique

###### Description

Pour assurer la conversion des facteurs d'émissions énergétiques en facteurs d'émissions massiques ou volumiques, on doit utiliser deux caractéristiques des combustibles : leur PCI et leur masse volumique.

Pour calculer le facteur d'émissions **massique** du combustible, on applique la formule suivante :

$$FE_{\text{massique}}(i) = FE_{\text{énergétique}}(i) * PCI(i)$$

où i est le combustible

$FE_{\text{massique}}(i)$  est le facteur d'émissions massique du combustible exprimé en tonne

$FE_{\text{énergétique}}(i)$  est le facteur d'émissions énergétique du combustible exprimé en GJ

PCI (i) est le pouvoir calorifique inférieur du combustible exprimé en GJ/t

Pour calculer le facteur d'émissions **volumique** du combustible (liquide ou gazeux), on applique la formule suivante :

$$FE_{\text{volumique}}(i) = FE_{\text{énergétique}}(i) * PCI(i) * MV(i)$$

où i est le combustible

$FE_{\text{volumique}}(i)$  est le facteur d'émissions volumique du combustible exprimé en m<sup>3</sup>

$FE_{\text{énergétique}}(i)$  est le facteur d'émissions énergétique du combustible exprimé en GJ

PCI (i) est le pouvoir calorifique inférieur du combustible exprimé en GJ/t

MV (i) est la masse volumique du combustible exprimée en m<sup>3</sup> / t

## PCI - Pouvoir Calorifique Inférieur

Les PCI des principaux combustibles sont indiqués dans les tableaux ci-dessous :

Combustibles solides	Recommandation France		Recommandation Europe	
	GJ/T	Source	GJ/T	Source
Charbon à coke	26	ETS <a href="#">101</a> + OMINEA <a href="#">102</a>	28,5	Décision 2007/589/CE
Charbon à vapeur	26	ETS + OMINEA		
Charbon sous-bitumineux	20	ETS + OMINEA		
Agglomérés de houille	32	ETS + OMINEA		
Lignite	17	ETS + OMINEA	11,9	Décision 2007/589/CE
Briquettes de lignite	17	ETS + OMINEA		
Tourbe	11,6	ETS + OMINEA	9,8	Décision 2007/589/CE
Houille	32	OMINEA		
Anthracite	26,7	Décision 2007/589/CE <a href="#">103</a>	26,7	Décision 2007/589/CE
Schistes bitumineux	9,4	OMINEA	8,9	Décision 2007/589/CE
Coke de houille	28	ETS + OMINEA	28	Décision 2007/589/CE
Coke de lignite	17	ETS + OMINEA	28,2	Décision 2007/589/CE
Coke de pétrole	32	ETS + OMINEA		
Ordures ménagères	9,3	ETS + OMINEA		
Pneumatiques	26	ETS + OMINEA		
Plastiques	23	ETS + OMINEA		

*PCI des combustibles fossiles solides*

Combustibles liquides	Recommandation France		Recommandation Europe	
	GJ/T	Source	GJ/T	Source
Pétrole Brut	42	OMINEA	42,3	Décision 2007/589/CE
Fioul domestique	42	ETS + OMINEA	43	Directive 2009/28 CE
Fioul lourd	40	ETS + OMINEA	40	OMINEA
Combustible haute viscosité (CHV)	39,2	ETS + OMINEA		
Essence	44	OMINEA	43	Directive 2009/28 CE
Gasoil	42	OMINEA	43	Directive 2009/28 CE
Butane	45,6	CFBP <a href="#">114</a>	47,3	Décision 2007/589/CE
Propane	46	CFBP	47,3	Décision 2007/589/CE
GPL	46	ETS + OMINEA		
Carbureacteur jet B et essence aviation (AvGas)	44	OMINEA	44,3	Decision 2009/339/CE
Essence aviation	44	OMINEA	44,3	Decision 2009/339/CE
Kérosène (jet A et A1)	44	OMINEA	44,1	Decision 2009/339/CE
Naphta	45	ETS + OMINEA	44,5	Décision 2007/589/CE
Huiles de schistes	36	ETS + OMINEA	38,1	Décision 2007/589/CE
Bitumes	40,2	OMINEA	40,2	Décision 2007/589/CE
Lubrifiants	40,2	ETS + OMINEA		
White-spirit	41,9	ETS + OMINEA		
Autres produits pétroliers	40,2	ETS + OMINEA		

*PCI des combustibles fossiles liquides*

Combustibles gazeux	Recommandation France		Recommandation Europe	
	GJ/T	Source	GJ/T	Source
gaz naturel			48	Décision 2007/589/CE
gaz naturel - type H	49,6	ETS + OMINEA		
gaz naturel - type B	38,2	ETS + OMINEA		
gaz naturel liquéfié	49,6	ETS + OMINEA	44,2	Directive ETS
gaz de haut fourneau	2,3	ETS + OMINEA	2,5	Décision 2007/589/CE
gaz de cokerie	31,5	ETS + OMINEA	38,7	Décision 2007/589/CE
gaz d'aciérie	6,9	ETS + OMINEA		

*PCI des combustibles fossiles gazeux*



## Masses volumiques

Les masses volumiques des principaux combustibles sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Combustibles solides	kg/m <sup>3</sup>	Source
Pétrole Brut	900	Hypothèse Ademe
Fioul domestique	845	circulaire n°9501 du 28 déc 2004 <a href="#">150</a>
Fioul lourd	900	Hypothèse Ademe
Essence	755	circulaire n°9501 du 28 déc 2004
Gasoil	845	circulaire n°9501 du 28 déc 2004
Butane	538	Directive 1999/100/CE du 15 décembre 1999 <a href="#">121</a>
Propane	538	Directive 1999/100/CE du 15 décembre 1999
GPL	538	Directive 1999/100/CE du 15 décembre 1999
Carbureacteur jet B et essence aviation (AvGas)	800	circulaire n°9501 du 28 déc 2004
Essence aviation	800	circulaire n°9501 du 28 déc 2004
Kérosène (jet A et A1)	800	circulaire n°9501 du 28 déc 2004

*Masse volumique des combustibles fossiles solides*

Combustibles solides	kg/m <sup>3</sup>	Source
gaz naturel	654	Directive 1999/100/CE du 15 décembre 1999

*Masse volumique du gaz naturel (à 15°C)*

### Sources :

[\[101\] MEDDE - Arrêté du 31 octobre 2012 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour sa troisième période \(2013-2020\) - 30/09/2012](#)

[\[102\] CITEPA - Rapport OMINEA 2012](#)

[\[103\] Décision 2007/589/CE définissant des lignes directrices pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre, conformément à la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil](#)

[\[114\] IFP-CFBP, EETP - European Emission Test Programme, 2004](#)

[\[121\] Directive 1999/100/CE de la Commission, du 15 décembre 1999](#)

[\[150\] circulaire n°9501 du 28 déc 2004](#)

## 3.1.1.2 Passage du PCS au PCI

### Description

Tous les combustibles fossiles comprennent, en quantités variables, du carbone et de l'hydrogène. Leur combustion produit donc toujours du CO<sub>2</sub> et de l'eau, sous forme de vapeur, avec un dégagement de chaleur. La quantité de chaleur, exprimée en kWh ou MJ, qui est dégagée par la combustion (dans l'air) d'une unité donnée du combustible suppose :

- que la combustion est complète,
- que la pression est constante à 1,01325 bar,
- que le carburant et l'air sont à une température initiale de 0°C, et que tous les produits de combustion sont ramenés à la température de 0°C ensuite.

Du fait de la présence de vapeur d'eau dans les produits de combustion, il existe deux manières de mesurer l'énergie disponible par unité de combustible, selon que l'eau reste sous forme gazeuse ou aura condensé pour l'essentiel une fois ramenée à 0°C.

- Lorsque l'eau formée pendant la combustion **est conservée à l'état gazeux** (vapeur), la quantité de chaleur mesurée correspond au Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI).
- Lorsque l'eau formée pendant la combustion **est pour l'essentiel ramenée à l'état liquide** (les autres produits restant à l'état gazeux)\*, la quantité de chaleur mesurée correspond au Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS).

\* Même à 0°C, il subsiste une pression de vapeur saturante non nulle pour l'eau

La distinction PCS/PCI réside donc dans le fait que le PCS intègre l'énergie libérée par la condensation\* de l'eau (appelée chaleur latente de condensation) après la combustion tandis que le PCI ne l'intègre pas.

\* La condensation correspond au passage de l'état gazeux à l'état liquide

L'exploitation de la chaleur latente de la condensation (dans des chaudières éponymes) est relativement récente. De la sorte, lorsqu'il n'est pas précisé dans la bibliographie si les valeurs disponibles sont exprimés en PCS ou PCI, **elles sont réputées être des valeurs PCI par défaut**. Bien évidemment ce point a été vérifié chaque fois que possible.

Le passage du PCI au PCS (ou inversement) dépend de la part de la vapeur d'eau dans les produits de combustion, donc de la proportion d'hydrogène dans le combustible initial. Le tableau ci-dessous donne la valeur à utiliser selon le combustible concerné.

Combustible liquide ou gazeux	Rapport PCS/ PCI	Source
Gaz naturel	1,111	<a href="http://www.thermexcel.com">www.thermexcel.com</a> <sup>160</sup>
GPL	1,087	<a href="http://www.thermexcel.com">www.thermexcel.com</a>
Essence	1,08	Extrapolation
Diesel, fioul domestique	1,075	<a href="http://www.thermexcel.com">www.thermexcel.com</a>
Fioul lourd	1,065	<a href="http://www.thermexcel.com">www.thermexcel.com</a>
Charbon	1,052	<a href="http://www.thermexcel.com">www.thermexcel.com</a>

*Rapport PCS/PCI pour les combustibles liquides ou gazeux*

Pour le gaz naturel, par exemple, 1 kWh PCS équivaut à 1,11 kWh PCI. Cela signifie que le facteur d'émission par unité d'énergie augmente de 11% lorsque l'on passe du PCS au PCI (ou inversement diminue de 11% lorsque l'on passe du PCI au PCS, puisque dans ce dernier cas on exploite 11% d'énergie en plus - la chaleur latente - sans combustion supplémentaire).

#### Sources :

[160] Site internet : [www.thermexcel.com](http://www.thermexcel.com)

## 3.1.2 Fossiles

Le terme "combustibles fossiles" désigne tous les **produits bruts ou dérivés issus du pétrole, du gaz et du charbon**.

Les facteurs d'émission calculés ci-dessous ont pour objet de convertir des données facilement disponibles au sein de l'organisation réalisant son bilan GES (tonnes de charbon, kWh de gaz, litres d'essence...) en émissions de gaz à effet de serre.

Ils concernent tous les usages de l'énergie fossile : chauffage, alimentation de fours industriels, alimentation de machines fixes ou mobiles... Ils sont également utilisés, dans le cadre du présent document, pour obtenir des facteurs d'émissions applicables à d'autres postes (utilisation de moyens de transports, production de matériaux de base...).

### 3.1.2.1 Solides

#### Description

Les combustibles fossiles solides retenus dans la Base Carbone sont les suivants :

- Des charbons (tourbe, lignite, houille, anthracite...)
- Les schistes bitumineux

- Des cokes de charbon (coke de houille, coke de lignite) et le coke de pétrole
- Des déchets dont une partie est issue de l'industrie pétrochimique (plastiques, pneumatiques, ordures ménagères)

Il existe une grande variété de type de **charbons** liée à des **niveaux de houillification différents**. Ils se distinguent notamment par leur humidité, leur teneur en carbone ou leur pouvoir calorifique différents. Il n'existe pas de définition unique internationalement retenue permettant de classer précisément les charbons. Toutefois, on peut garder à l'esprit les ordres de grandeur suivant :

Type de charbon	Teneur en carbone	PCI (valeur France)	PCI (valeur Europe)
Tourbe	50 à 55%	11,6 GJ /tonne	9,8 GJ /tonne
Lignite	55 à 75%	17 GJ /tonne	11,9 GJ /tonne
Houille	75 à 90%	32 GJ /tonne	-
Anthracite	90 à 95%	26,7 GJ /tonne	26,7 GJ /tonne

Dans les centrales électriques au charbon, on utilise du **charbon à vapeur**.

Les **schistes bitumineux** ne sont pas à proprement parler des combustibles fossiles . il s'agit de roches sédimentaires à grain fin contenant des **kérogènes** (substance intermédiaire entre la matière organique et les combustibles fossiles). L'exploitation des schistes bitumineux a été délaissée pour des raisons économiques.

Ensuite, les **cokes de charbons** sont les combustibles obtenus par pyrolyse du **charbon à coke** dans des cokeries. Ils sont principalement utilisés en sidérurgie pour réduire le minerai de fer dans un haut-fourneau afin d'obtenir la fonte qui est ensuite transformée en acier.

Enfin, le **coke de pétrole** est un coproduit issu du raffinage du pétrole. Il est utilisé comme combustible ou comme matériau pour la fabrication d'électrode.



Schistes bitumineux



Tourbières en Irlande



Briquettes de lignite



Houille



Anthracite



Coke de charbon

## Émissions amont

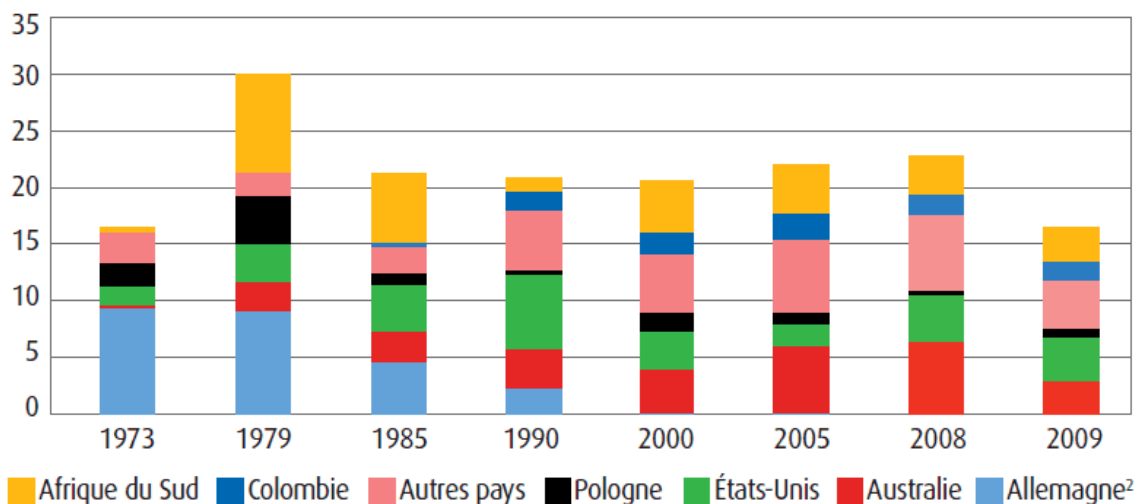
Les valeurs des émissions amont des combustibles fossiles solides sont tirées d'une étude de l'IFP sur les émissions liées à l'extraction et au transport du charbon pour la France, sachant que l'essentiel de notre consommation est importée par voie maritime de pays exportateurs (Australie,

États-Unis et Afrique du Sud pour les trois premiers avec une certaine stabilité depuis le début des années 2000). Elle fait état de 7,6 grammes équivalent CO<sub>2</sub> par MJ d'énergie finale dont 2,2 pour le transport.

La faiblesse de la part liée au transport est due au fait que ce dernier est pour l'essentiel maritime. Cette contribution change peu si l'exportation se fait depuis un pays plus proche ou plus lointain. Il en irait tout autrement si l'importation se faisait par voie terrestre, le train ayant une efficacité à la tonne.km 10 à 20 fois plus faible que celle d'un gros minéralier. La distance de provenance serait alors un déterminant important des émissions amont. Ainsi, puisque le transport du charbon se fait principalement par voie maritime, c'est **sa qualité qui influe surtout sur les émissions** par tep.

### Importations de charbon<sup>1</sup> par pays d'origine

Millions de tonnes



Source : Chiffres clés de l'énergie, Octobre 2010

Faute de disposer de données particulières pour les autres combustibles solides, nous appliquerons les mêmes émissions à l'ensemble des types de charbon.

Combustible	t de gaz par TJ PCI				Total (CO2e/TJ PCI)	Total (kg CO2e/kWh PCI)	Total (kg CO2e/ Tep)
	Extraction et process		Transport				
	CO2	CH4	CO2	CH4			
Charbon	1,1	0,185	2,2	0	7,925	0,0285	333

Facteurs d'émissions amont des combustibles fossile solides par unité énergétique

Pour le coke de pétrole, nous utilisons les émissions amont du fioul lourd.

## Emissions amont et combustion

Les facteurs d'émission par unité d'énergie (CO<sub>2</sub>/GJ) liés à la combustion et les contenus énergétiques par unité de poids (GJ/t) des principaux combustibles solides sont issus :

- Des valeurs par défauts pour les installations soumises à l'EU-ETS<sup>101</sup>
- Du rapport OMINEA 2011 du CITEPA pour la France<sup>102</sup>
- De la décision 2007/589/CE de 2007 pour l'anthracite<sup>103</sup>

La part CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O de ces facteurs d'émissions sont des valeurs moyennes pour sources fixes.

Combustibles fossiles solides	Amont (tCO <sub>2</sub> e/TJ)	Combustion (t de gaz /TJ)			Combustion (tCO <sub>2</sub> e/TJ)
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Charbon à coke	7,9	95	0,001	0,0030	95,9
Charbon à vapeur	7,9	95	0,001	0,0030	95,9
Charbon sous-bitumineux	7,9	96	0,001	0,0030	96,9
Houille	7,9	95	0,010	0,0030	96,1
Agglomérés de houille	7,9	95	0,001	0,0030	95,9
Lignite	7,9	100	0,015	0,0030	101
Briquettes de lignite	7,9	98	0,015	0,0030	99,3
Tourbe	7,9	110	0,001	0,0015	111
Anthracite	7,9	98,3	0,001	0,0015	98,8
schistes bitumineux	7,9	107	0,001	0,0015	107
coke de houille	7,9	107	0,010	0,0030	108
coke de lignite	7,9	108	0,010	0,0030	109
coke de pétrole	12,4	96	0,003	0,0025	96,8
Ordures ménagères	0	96	0	0	96
Pneumatiques	0	85	0	0	85
Plastiques	0	75	0	0	75

*Facteurs d'émissions liés à la combustion en tCO<sub>2</sub>e/TJ PCI*

On retient des valeurs nulles pour l'amont des ordures ménagères, pneumatiques usagés ainsi que plastiques, considérant ces derniers combustibles comme des déchets. Il n'y a ainsi pas d'émissions associées à la fabrication de ces combustibles.

On peut convertir ces facteurs d'émissions massiques en facteur d'émissions énergétique grâce aux [PCI](#). On calcule les totaux amont + combustion.

Combustibles fossiles solides	Amont + Combustion (en kgCO2e / ...)			
	GJ	kWh	tep	tonne
Charbon à coke	104	0,374	4360	2700
Charbon à vapeur	104	0,374	4360	2700
Charbon sous-bitumineux	105	0,377	4400	2100
Houille	104	0,375	4370	3330
Agglomérés de houille	104	0,374	4360	3320
Lignite	109	0,393	4590	1860
Briquettes de lignite	107	0,386	4500	1820
Tourbe	118	0,426	4970	1370
Anthracite	106	0,384	4480	2850
schistes bitumineux	115	0,414	4830	1080
coke de houille	116	0,418	4880	3250
coke de lignite	117	0,421	4920	1990
coke de pétrole	109	0,393	4590	3500
Ordures ménagères	96	0,346	4030	-
Pneumatiques	85	0,306	3570	-
Plastiques	75	0,270	3150	-

*Facteurs d'émissions amont et combustion des combustibles solides*

#### Sources :

[\[101\] Arrêté du 31 octobre 2012 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour sa troisième période \(2013-2020\)](#)

[\[102\] Rapport OMINEA 2011, CITEPA](#)

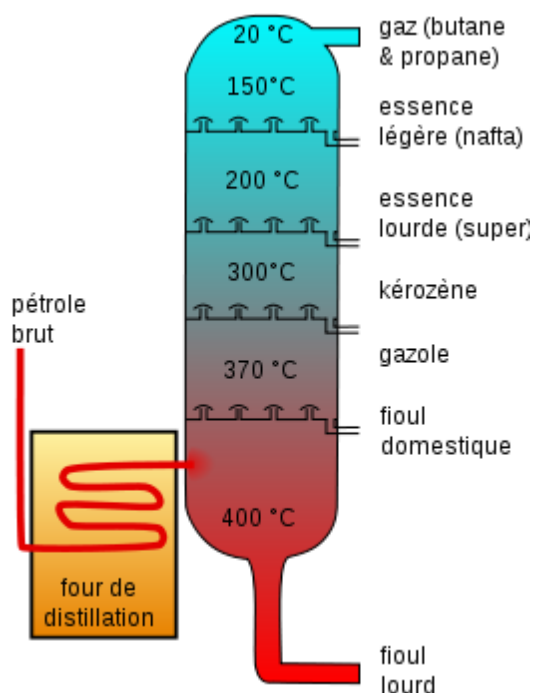
[\[103\] Décision 2007/589/CE définissant des lignes directrices pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre, conformément à la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil](#)

## 3.1.2.2 Liquides

### Description

Les combustibles fossiles liquides sont principalement issus de l'industrie pétrolière.

Les **raffineries** de pétrole ont pour fonction de traiter et transformer le pétrole brut en divers produits commercialisables. Les divers co-produits sont séparés par **distillation** comme l'illustre le schéma suivant :



*Illustration simplifiée d'une colonne de distillation de raffinerie*

*Source: Wikipédia - raffinage du pétrole [110](#)*

Le gaz naturel peut aussi constituer une source de combustibles liquides fossiles (GPL, GNV, GNL).

## Classification

Les combustibles fossiles liquides de la Base Carbone sont triés dans les catégories suivantes :

- Pétrole brut
- Usage source fixe : combustibles utilisés principalement dans les chaudières et les centrales thermiques
- Usage source mobile : carburants pour les transports
- Usage spéciaux
- Déchets : combustion en fin de vie des produits issus de la pétrochimie



Sous catégories	Nom du combustible	Commentaire
pétrole brut	Pétrole brut (1)	Non commercialisable
usage source fixe	Fioul domestique (1)	Combustible utilisé notamment dans les chaudières domestiques
usage source fixe	Fioul Lourde - commercial (1)	Combustible utilisé notamment dans les centrales thermiques
usage source fixe	Combustible haute viscosité (CHV) (1)	Combustible spécial proposé dans l'ETS
usage source mobile > usage terrestre routier	Essence à la pompe (2)	Le E10, le E85 et le B30 sont des produits pompe à plus forte teneur en biocarburant.  Le SP95 et le SP98 engendrent les mêmes émissions de GES.
usage source mobile > usage terrestre routier	Essence - E10 (2)	
usage source mobile > usage terrestre routier	Essence - E85 (2)	
usage source mobile > usage terrestre routier	Gazole à la pompe (2)	
usage source mobile > usage terrestre routier	Gazole - B30 (2)	
usage source mobile > usage terrestre routier	GPLc, Gaz de Pétrole Liquéfié carburant (2)	GPL utilisé pour les véhicules terrestres (50% de propane, 50% de butane)
usage source mobile > usage terrestre routier	GNL, Gaz Naturel Liquéfié (2)	Gaz naturel condensé à très basse température pour être transporté dans des méthaniers. Il est utilisé dans de rares cas dans des véhicules lourds.
usage source mobile > usage terrestre routier	GNV, Gaz Naturel Véhicule (2)	Gaz naturel condensé à haute pression (200 bars) pour être utilisé dans des véhicules terrestres (bus, voitures...). Le terme GNC est parfois utilisé.
usage source mobile > usage maritime	HFO (Heavy Fuel Oil) (2)	ISO 8217 classes RME à RMK
usage source mobile > usage maritime	LFO (Light Fuel Oil) (2)	ISO 8217 classes RMA à RMD (maritime)
usage source mobile > usage maritime	MDO (Marine Diesel Oil) (2)	ISO 8217 classes DMX à DMC
usage source mobile > usage aérien	Kérosène (jet A1 ou A) (2)	Jet A-1 : carburant le plus répandu dans l'aviation civile. Jet A : carburant équivalent utilisé aux Etats-Unis
usage source mobile > usage aérien	Carburéacteur large coupe (jet B) (2)	Carburant résistant à de plus basses températures. Il tombe en désuétude.
usage source mobile > usage aérien	Essence aviation (AvGas) (2)	Carburant utilisé dans les moteurs à piston dans l'aviation de loisir principalement
usage source mobile > autres	Gazole non routier	Carburant utilisé pour les trains à traction diesel, les engins agricoles et forestiers, la navigation intérieure et la plaisance
usages spéciaux	Bitumes (1)	Le bitume peut être brûlé dans de rares cas
usages spéciaux	Naphta	
usages spéciaux	Huiles de schistes (1)	Carburant issu des schistes bitumineux

*Classification des combustibles fossiles liquides de la Base Carbone®*

*(1) Valeurs par défauts pour les installations soumises à l'EU-ETS [101](#)*

*(2) Guide méthodologique d'application de l'application de l'article L. 1431-3 du code des transports [111](#)*

## Construction des facteurs d'émissions

Pour les divers combustibles présentés ci-dessus, les facteurs d'émission sont calculés comme suit :

- Pour le pétrole brut, les produits dérivés en sortie de raffinerie (fioul domestique, fioul lourd, essence pure, diesel / gazole pur, butane, propane, kérosène, carburéacteur, essence aviation, bitumes, naphta) et l'huile de schiste, le détail est précisé dans les tableaux des paragraphes suivants.
- L'essence à la pompe, l'E10, l'E85, le diesel à la pompe et le B30 sont construits à partir des composés purs (voir formules en fin de chapitre).
- Le facteur d'émissions du GPLc est la moyenne du facteur d'émissions du butane et de celui du propane.
- La construction des facteurs d'émissions du GNV et le GNL est détaillée dans le chapitre suivant sur les [combustibles fossiles gazeux](#).
- Le facteur d'émissions du HFO est celui du fioul lourd. Le facteur d'émissions du MDO et du LFO est celui du fioul domestique.
- Les facteurs d'émissions des déchets n'incluent pas de partie amont. Le facteur d'émissions de la combustion est celui de l'ETS.
- Les émissions amont du CHV n'étant pas connu, elles sont assimilées par défaut à celles du fioul lourd. Les émissions directes de CO<sub>2</sub> sont tirés de l'ETS.

## Produits raffinés purs

### Emissions liées à la combustion

Pour les principaux combustibles fossiles liquides, les facteurs d'émission énergétique (part CO<sub>2f</sub>) de la combustion d'énergie sont issus :

- Pour le périmètre France : de la réglementation ETS [101](#) (valeurs par défaut)
- Pour le périmètre France : du rapport OMINEA 2012 [102](#) du CITEPA pour les combustibles hors ETS
- Pour le périmètre Europe : de la décision 2007/589/CE [103](#)

Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O sont fournis par le CITEPA.

## Emissions liées à l'amont

La source utilisée pour quantifier les émissions amont des combustibles fossiles liquides, est l'étude Well-to-wheel du JEC [112](#). Elle s'est substituée à l'étude IFP de 2001 utilisé précédemment dans la base carbone.

Cette étude porte à l'origine, uniquement sur les produits : pétrole brut, essence, gasoil, naphta. Les autres combustibles utilisés dans la base sont généralement, faute de mieux en l'état, associés au gasoil. Quelques petites exceptions :

- la distribution des carburants de l'aérien sont négligés dans un premier temps car approvisionnés par pipeline
- la donnée sur le raffinage du fioul lourd provient de l'étude « historiquement » utilisée, à savoir IFP 2001 [113](#)
- les données sur les bitumes proviennent de l'étude « historiquement » utilisée, à savoir IFP 2001 [113](#)

Le butane et propane sont tous les deux issus à 60% de pétrole et 40% de gaz naturel. Les données pour ces étapes amont sont donc issues de la présente base (pour le pétrole en première approximation, c'est le gasoil qui est choisi comme matière première). Les émissions liées à la distribution sont issues d'une étude de 2005 du CFBP [114](#).

Combustible	t de gaz par GJ PCI								TOTAL (kgCO <sub>2e</sub> / GJ PCI)
	Extraction et process		Transport		Raffinage		Distribution		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	
Pétrole brut	4,42	0,037	0,90						<b>6,2</b>
Fioul domestique (FOD)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012	1,00		<b>15,9</b>
Fioul lourd (FOL)	4,42	0,037	0,90		5,13		1,03		<b>12,4</b>
Essence pure	4,34	0,036	0,90		6,78	0,010	1,00		<b>14,2</b>
Diesel / gazole pur	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012	1,00		<b>15,9</b>
Butane	2,96	0,014	0,95	0,082	2,62	0,004	1,14		<b>10,2</b>
Propane	2,93	0,013	0,94	0,082	2,59	0,004	1,13		<b>10,1</b>
Kérosène (jet A ou A1)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			<b>14,9</b>
Carburéacteur large coupe (jet B)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			<b>14,9</b>
Essence aviation (AvGas)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			<b>14,9</b>
bitume	2,96		2,52		1,56		1,03		<b>8,1</b>
Naphta	4,22	0,036	0,90		4,21	0,006	1,00		<b>11,4</b>
Huile de schiste	126,31						1,00		<b>127,3</b>

*Facteurs d'émissions amont des combustibles fossiles liquides***Emissions amont et combustion****Périmètre France**

Combustible	TOTAL amont (kgCO <sub>2e</sub> / GJ PCI)	Combustion (kg de gaz /GJ PCI)			TOTAL combustion (kgCO <sub>2e</sub> / GJ PCI)
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Pétrole brut	<b>6,2</b>	73,0	0,003	0,0006	<b>73,3</b>
Fioul domestique (FOD)	<b>15,9</b>	75,0	0,002	0,0015	<b>75,5</b>
Fioul lourd (FOL)	<b>12,4</b>	78,0	0,002	0,0018	<b>78,6</b>
Essence pure	<b>14,2</b>	73,0	0,020	0,0023	<b>74,2</b>
Diesel / gazole pur	<b>15,9</b>	75,0	0,001	0,0023	<b>75,7</b>
Butane	<b>10,2</b>	64,0	0,003	0,0025	<b>64,8</b>
Propane	<b>10,1</b>	64,0	0,003	0,0025	<b>64,8</b>
Kérosène (jet A ou A1)	<b>14,9</b>	71,6	0,003	0,0006	<b>71,9</b>
Carburéacteur large coupe (jet B)	<b>14,9</b>	71,6	0,003	0,0006	<b>71,9</b>
Essence aviation (AvGas)	<b>14,9</b>	71,6	0,003	0,0006	<b>71,9</b>
bitume	<b>8,1</b>	81,0	0,003	0,0025	<b>81,8</b>
Naphta	<b>11,4</b>	73,0	0,003	0,0025	<b>73,8</b>
Huile de schiste	<b>127,3</b>	73,0	0,003	0,0006	<b>73,3</b>

*Facteurs d'émissions **amont et combustion** des combustibles fossiles liquides pour le périmètre France*

La conversion en facteur d'émissions massique et volumique se fait à l'aide des [PCI et masses volumiques](#).

Combustible	Total amont + combustion (kgCO <sub>2e</sub> par ... PCI)				
	GJ	kWh	tep	kg	litre
Pétrole brut	79,5	0,286	3339	3,33	3,00
Fioul domestique (FOD)	91,3	0,329	3837	3,84	3,24
Fioul lourd (FOL)	91,0	0,327	3820	3,64	3,27
Essence pure	88,3	0,318	3710	3,89	2,93
Diesel / gazole pur	91,6	0,330	3845	3,85	3,25
Butane	75,0	0,270	3150	3,42	1,84
Propane	74,9	0,270	3146	3,45	1,85
Kérosène (jet A ou A1)	86,7	0,312	3642	3,81	3,04
Carburacteur large coupe (jet B)	86,7	0,312	3642	3,81	3,04
Essence aviation (AvGas)	86,7	0,312	3642	3,81	3,04
bitume	89,9	0,324	3775	3,61	
Naphta	85,2	0,307	3578	3,83	
Huile de schiste	200,6	0,722	8424	8,82	

*Facteurs d'émissions **amont + combustion** des combustibles fossiles liquides pour le périmètre France*

#### Périmètre Europe

Combustible	TOTAL amont (kgCO <sub>2e</sub> / GJ PCI)	Combustion (kg de gaz / GJ PCI)			TOTAL combustion (kgCO <sub>2e</sub> / GJ PCI)
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Pétrole brut	<b>6,2</b>	73,3	0,003	0,0006	<b>73,6</b>
Fioul domestique (FOD)	<b>15,9</b>	73,3	0,002	0,0015	<b>73,7</b>
Fioul lourd (FOL)	<b>12,4</b>	78,0	0,002	0,0018	<b>78,6</b>
Essence pure	<b>14,2</b>	73,4	0,020	0,0023	<b>74,5</b>
Diesel / gazole pur	<b>15,9</b>	73,3	0,001	0,0023	<b>74,0</b>
Butane	<b>10,2</b>	63,0	0,003	0,0025	<b>63,8</b>
Propane	<b>10,1</b>	63,0	0,003	0,0025	<b>63,8</b>
Kérosène (jet A ou A1)	<b>14,9</b>	71,5	0,003	0,0006	<b>71,8</b>
Carburacteur large coupe (jet B)	<b>14,9</b>	70,0	0,003	0,0006	<b>70,3</b>
Essence aviation (AvGas)	<b>14,9</b>	70,0	0,003	0,0006	<b>70,3</b>
bitume	<b>8,1</b>	80,6	0,003	0,0025	<b>81,4</b>
Naphta	<b>11,4</b>	71,2	0,003	0,0025	<b>72,0</b>
Huile de schiste	<b>127,3</b>	73,3	0,003	0,0006	<b>73,6</b>

*Facteurs d'émissions **amont et combustion** des combustibles fossiles liquides pour le périmètre Europe*

La conversion en facteur d'émissions massique et volumique se fait à l'aide des [PCI et masses volumiques](#).

Combustible	Total amont + combustion (kgCO <sub>2e</sub> par ... PCI)				
	GJ	kWh	tep	kg	litre
Pétrole brut	79,8	0,287	3351	3,36	3,03
Fioul domestique (FOD)	89,6	0,323	3763	3,85	3,26
Fioul lourd (FOL)	91,0	0,327	3820	3,64	3,27
Essence pure	88,7	0,319	3726	3,81	2,88
Diesel / gazole pur	89,8	0,323	3772	3,86	3,26
Butane	74,0	0,266	3108	3,50	1,88
Propane	73,9	0,266	3104	3,50	1,88
Kérosène (jet A ou A1)	86,6	0,312	3637	3,82	3,05
Carburacteur large coupe (jet B)	85,1	0,306	3574	3,77	3,01
Essence aviation (AvGas)	85,1	0,306	3574	3,77	3,01
bitume	89,5	0,322	3758	3,60	
Naphta	83,4	0,300	3503	3,71	
Huile de schiste	200,9	0,723	8436	8,86	

*Facteurs d'émissions **amont + combustion** des combustibles fossiles liquides pour le périmètre Europe*

## Cas spécifique des carburants à la pompe

### Méthodologie

Les émissions des carburants à la pompe doivent prendre en compte le taux d'incorporation de biocarburant. Le calcul des valeurs associées à l'impact des biocarburants s'appuie sur **l'annexe V C de la directive européenne sur les EnR [115](#)**.

La méthode de calcul ainsi retenue est d'impacter une efficacité en terme d'émissions de GES à hauteur de **65% des émissions d'un carburant fossile**. Ce choix méthodologique arbitraire **ne vise pas à résoudre la problématique complexe de la comptabilité des émissions de GES induites par la fabrication des biocarburants**. Pour plus de détail sur ce sujet, voir [la section sur les combustibles liquides organiques](#).

Ainsi, pour construire les facteurs d'émissions des carburants à la pompe, nous procédons comme suit :

1. Nous récupérons les facteurs d'émissions de l'essence (88,3 kgCO<sub>2e</sub> / GJ PCI) et du diesel

(91,6 kgCO<sub>2e</sub> / GJ PCI).

2. Nous **appliquons la règle des 65%** sur cet impact global. Nous obtenons le facteur d'émissions en équivalent CO<sub>2</sub> du biodiesel pur (57,4 CO<sub>2e</sub>/GJ) et de bioéthanol pur (59,5g CO<sub>2e</sub>/GJ).
3. Pour la part amont des émissions, nous conserverons les valeurs d'émissions pour les gaz **CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O** qui viennent de l'**étude ACV biocarburant 2010 (BIOIS)**.
4. Nous déduisons la valeur du **CO<sub>2</sub> par différence** entre le total (CO<sub>2e</sub>) et ces deux autres gaz.

D'un point de vue général, le prise en compte du carbone biogénique dans la base est détaillée dans une documentation spécifique directement consultable à la FAQ du site.

Le calcul final du produit commercialisé se fait alors simplement par la formule :

$$FE_{(\text{carburant pompe})} = (1 - X) * FE_{(\text{carburant pur})} + X * FE_{(\text{biocarburant})}$$

Où X est le taux d'incorporation

Nous obtenons ainsi les valeurs présentées ci-dessous :

## Filière ESSENCE

Le facteur d'émissions de l'essence pure est :

essence pure	en kgCO <sub>2e</sub> / GJ				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
Combustion	73	0,5	0,7	<b>74,2</b>	0
Amont	13	1,1	0,0	<b>14,2</b>	0
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>	<b>88,3</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions de l'essence pure*

En appliquant la méthodologie présentée plus haut, on obtient le facteur d'émissions du bioéthanol pur :

bioéthanol pur	en kgCO <sub>2e</sub> / GJ				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
Combustion	0	0	0	<b>0</b>	71,7
Amont	44,7	1,4	11,3	<b>57,4</b>	-71,7
<b>TOTAL</b>	<b>44,7</b>	<b>1,4</b>	<b>11,3</b>	<b>57,4</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions du bioéthanol pur*

Nous disposons des taux d'incorporation suivant :

Tx d'incorporation	Essence pompe 2009	Essence E10	Essence E85
volumique	7,8%	10%	85%
énergétique	5,1%	6,6%	78,3%

*taux d'incorporation en bioéthanol*

Nous obtenons alors les carburants à la pompe suivant :

Essence pompe 2009	en kgCO <sub>2e</sub> / litre				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
Combustion	2,24	0,02	0,02	<b>2,27</b>	0,12
Amont	0,47	0,04	0,02	<b>0,53</b>	-0,12
<b>TOTAL</b>	<b>2,71</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>2,80</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions de l'essence à la pompe*

Essence E10	en kgCO <sub>2e</sub> / litre				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
1. Combustion	2,18	0,01	0,02	<b>2,22</b>	0,15
8. Amont	0,48	0,04	0,02	<b>0,54</b>	-0,15
<b>TOTAL</b>	<b>2,67</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>2,76</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions de l'essence E10*

Essence E85	en kgCO <sub>2e</sub> / litre				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
Combustion	0,36	0,00	0,00	<b>0,37</b>	1,29
Amont	0,87	0,03	0,20	<b>1,10</b>	-1,29
<b>TOTAL</b>	<b>1,23</b>	<b>0,03</b>	<b>0,21</b>	<b>1,47</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions de l'essence E85*



## Filière DIESEL

Le facteur d'émissions du diesel pur est :

diesel pur	en kgCO <sub>2e</sub> / GJ				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
Combustion	75	0,0	0,7	<b>75,7</b>	<b>0</b>
Amont	15	1,2	0,0	<b>15,9</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>1,2</b>	<b>0,7</b>	<b>91,6</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions du diesel pur*

En appliquant la méthodologie présentée plus haut, on obtient le facteur d'émissions du biodiesel pur :

biodiesel pur	en kgCO <sub>2e</sub> / GJ				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
1. Combustion	0	0	0	<b>0</b>	69,9
8. Amont	43,1	0,9	15,6	<b>59,5</b>	-69,9
<b>TOTAL</b>	<b>43,1</b>	<b>0,9</b>	<b>15,6</b>	<b>59,5</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions du biodiesel pur*

Nous disposons des taux d'incorporation suivant :

Tx d'incorporation	Diesel pompe 2009	Diesel B30
volumique	6,3%	30%
énergétique	6,1%	29%

*taux d'incorporation en biodiesel*

Nous obtenons alors les carburants à la pompe suivant :

Diesel pompe 2009	en kgCO <sub>2e</sub> / litre				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
Combustion	2,49	0,001	0,02	<b>2,52</b>	0,15
Amont	0,58	0,04	0,03	<b>0,65</b>	-0,15
<b>TOTAL</b>	<b>3,07</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>3,17</b>	<b>0</b>

*facteur d'émissions du diesel à la pompe*

Diesel B30	en kgCO <sub>2e</sub> / litre				
	CO <sub>2f</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	TOTAL	CO <sub>2b</sub>
Combustion	1,86	0,001	0,02	<b>1,88</b>	0,69
Amont	0,79	0,04	0,15	<b>0,98</b>	-0,69
<b>TOTAL</b>	<b>2,65</b>	<b>0,04</b>	<b>0,17</b>	<b>2,87</b>	<b>0</b>

facteur d'émissions du diesel B30

#### Sources :

[101] Arrêté du 31 octobre 2012 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour sa troisième période (2013-2020)

[102] Rapport OMINEA 2011, CITEPA

[103] Décision 2007/589/CE définissant des lignes directrices pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre, conformément à la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil

[110] Wikipédia - raffinage du pétrole

[111] Guide méthodologique d'application de l'application de l'article L. 1431-3 du code des transports

[112] Etude Well-to-wheel du JEC - Report Version 4.0 - juillet 2013

[113] Etude IFP 2003, "Affectation des émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants d'une raffinerie aux produits finis pétroliers"

[114] IFP-CFBP, EETP - European Emission Test Programme, 2004

[115] Commission Européenne - directive européenne sur les EnR - annexe V C

## 3.1.2.3 Gaz

### Description

Les combustibles fossiles gazeux retenus dans la Base Carbone ® sont les suivants :

- Le **gaz naturel** est le combustible fossile composé d'un mélange d'hydrocarbures présents naturellement dans des roches poreuses sous forme gazeuse. Il désigne aussi le **gaz de réseau** (le gaz naturel extrait du sol est traité en plusieurs sous-produits, le principale étant le gaz naturel réseau). Dans la Base Carbone ®, les facteurs d'émissions se rapportent à ce gaz de réseau (en France, sa composition est à 97% du méthane).
- Le **GPL, Gaz de Pétrole Liquéfié** est un mélange de **propane** et de **butane** (dans le cas du GPL-carburant ou **GPL-c**, les proportions sont à peu près égales). Il est issu à 40% du raffinage du pétrole (voir [combustible fossile liquide](#)) et à 60% du traitement du gaz naturel (voir ci-dessus).
- Le **GNV, Gaz naturel pour véhicules** ou **GNC, Gaz Naturel Comprimé** est principalement constitué de **méthane**. Il est stocké à 200 bars de pression.
- Le **GNL, Gaz Naturel Liquéfié** est du méthane stocké à l'état liquide à -161°C pour être transporté. Il représentait un peu plus du quart des importations brutes (27,6 %) en 2010. Il n'est en général jamais consommé tel quel, à l'exception de quelques véhicules lourds.

- Des **gaz issus d'industries spécifiques** : gaz de haut fourneau, gaz de pétrochimie (raffinerie, cokerie).
- Le **butane** et le **propane**.

## Construction des facteurs d'émissions

Pour les divers combustibles présentés ci-dessus, les facteurs d'émission **pour la France** sont calculés comme suit :

- Pour le gaz naturel, le GNL et le GNV, les facteurs d'émissions par unité d'énergie ( $\text{CO}_2/\text{J}$ ) sont issus d'une étude ACV réalisé par GDF-Suez en 2007 et soumise à expertises externes (revue critique réalisée par Armines)<sup>120</sup>. GDF-Suez a effectué son ACV pour déterminer précisément la composition chimique du gaz distribué en France (et notamment sa teneur en  $\text{CH}_4$ )
- Pour les gaz de haut fourneau et gaz de cokerie ont utilisé la réglementation ETS pour les émissions de  $\text{CO}_{2f}$  et le rapport OMINEA 2011 du CITEPA<sup>102</sup> pour les émissions de  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$
- Pour le butane et le propane, voir le [chapitre sur les combustibles fossiles liquides](#)

Pour l'échelle européenne, les données de l'IPCC<sup>122</sup> sont retenues pour les émissions liées à la combustion.

L'ensemble de ces données est repris dans les tableaux ci-dessous.

## Résultats

### Emissions amont

combustibles		t de gaz par TJ PCI										Total Amont (tCO2e/TJ PCI)
		Extraction/ production /traitement		Transport intern. Pipeline		Liquéfaction		Distributio n		Reste du process		
		CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4	0
Fr.	Gaz naturel	2,0	0,0	1,0	0,1	1,8	0,0	1,5	0,0	0,7	0,0	10,2
	gaz naturel liquéfié	2,0	0,0	1,0	0,1	5,2	0,0	1,5	0,0	0,7	0,0	13,6
	gaz naturel véhicule	2,0	0,0	1,0	0,1	1,8	0,0	1,5	0,0	3,4	0,0	12,9
Eur.	Gaz naturel	2,0	0,0	1,0	0,1	1,8	0,0	1,5	0,0	0,7	0,0	10,2

*Facteurs d'émissions amont des combustibles fossiles gazeux (/TJ PCI)*

Le rapport OMINEA 2011 du CITEPA pour la France<sup>102</sup> est utilisé les contenus énergétiques par unité de poids (GJ/t).

La masse volumique du GNL est issue de la directive 1999/100/CE du 15 décembre 1999<sup>121</sup>.

Combustibles		Total (kg CO2e/ kWh PCI)	Total (kg CO2e/ Tep)	PCI en GJ/t	Total en Kg CO2e/t	Masse volumique (kg/m3)	Total en kgCO2e/L
Fr.	Gaz naturel	0,037	427	49,6	504		
	gaz naturel liquéfié	0,049	570	49,6	673		
	gaz naturel véhicule	0,046	540	49,6	638	654	0,42
Eur.	Gaz naturel	0,037	427	48	488		

*Facteurs d'émissions amont des combustibles fossiles gazeux  
(unités énergétiques, massiques et volumiques) pour le périmètre France et Europe*

## Emissions amont et combustion

Combustibles		TOTAL Amont (tCO2e/TJ PCI)	Combustion (t de gaz /TJ PCI)			TOTAL combustion (tCO2e/TJ PCI)
			CO2	CH4	N2O	
Fr.	Gaz naturel	10,2	55,8	0,005	0,0025	56,7
	gaz naturel liquéfié	13,6	55,8	0,005	0,0025	56,7
	gaz naturel véhicule	12,9	55,8	0,005	0,0025	56,7
	gaz de haut fourneau	0	268	0,0003	0,0025	268,8
	gaz de cokerie	0	47	0,0003	0,0025	47,8
Eur.	Gaz naturel	10,2	56,1	0,0005	0,0025	56,1

*Facteurs d'émissions amont et combustion des combustibles fossiles gazeux  
(tCO2e/TJ PCI) pour le périmètre France et Europe*

S'appuyant sur la même hypothèse concernant la [combustion des déchets solides](#), les gaz de haut fourneaux et de cokerie se voient attribuer une valeur "amont" nulle.

Pour le périmètre européen la source utilisée pour les contenus énergétiques par unité de poids est la décision 2007/589/CE<sup>103</sup> et la directive ETS<sup>101</sup>.

Combustibles		Total amont + combustion (tCO <sub>2</sub> e/TJ PCI)	Total amont + combustion (kg CO <sub>2</sub> e/kWh PCI)	Total amont + combustion (kg CO <sub>2</sub> e/Tep PCI)	Total amont + combustion (kg CO <sub>2</sub> e/t PCI)	Total amont + combustion (kg CO <sub>2</sub> e/ litre)
Fr.	Gaz naturel	67	0,241	2807	3315	
	gaz naturel liquéfié	70	0,253	2950	3483	
	gaz naturel véhicule	70	0,250	2920	3448	2,26
	gaz de haut fourneau	269	0,968	11288	618	
	gaz de cokerie	48	0,171	2006	1504	
Eur.	Gaz naturel	66	0,239	2783	3180	

*Facteurs d'émissions amont et combustion des combustibles fossiles gazeux  
(tCO<sub>2</sub>e/ unité énergétique – PCI- , massique et volumique) pour le périmètre France et Europe*

## Incertitudes

Pour les combustibles gazeux, les procédés de production et les compositions sont relativement standards, et les conditions de combustion sont bien connues, de telle sorte que ce poste est affectée d'une incertitude de 5% seulement.

### Sources :

[\[101\] Arrêté du 31 octobre 2012 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour sa troisième période \(2013-2020\)](#)

[\[102\] Rapport OMINEA 2011, CITEPA](#)

[\[103\] Décision 2007/589/CE définissant des lignes directrices pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre, conformément à la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil](#)

[\[120\] GDF SUEZ/DRI et Paul Scherrer Institut, 2007 \(Les PRG ont été actualisés\)](#)

[\[121\] Directive 1999/100/CE de la Commission, du 15 décembre 1999](#)

[\[122\] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - chapitre 3 - MOBILE COMBUSTION](#)

## 3.1.3 Organiques

Le terme "combustibles organiques" désigne tous les **produits bruts ou dérivés issus de la biomasse**.

De façon similaire aux combustibles fossiles, les facteurs d'émissions présentés ci-après sont décomposables en deux parties :

- Une partie **combustion** qui permet de calculer les émissions in situ
- Une partie **amont** qui ne concernent que les émissions de **production et transport du combustible** (extraction, raffinage, transport...)

La biomasse pose des problèmes méthodologiques plus complexe que les combustibles fossiles. En effet, de part son caractère renouvelable, une partie ou la totalité du CO<sub>2</sub> émis lors de la combustion de cette dernière est séquestrée par une nouvelle plante ("cycle court du carbone").

Pour en savoir plus sur ce point, voir le [chapitre sur le CO2 biogénique](#).

L'estimation de ce "cycle court" est soumis à certains débats et présente souvent une incertitude élevée.

Afin de bien séparer les émissions et puits issus de la biomasse des émissions "fossiles", le CO<sub>2</sub> est restitué à l'utilisateur de la Base Carbone dans deux champs distinct :

- Le dioxyde de carbone fossile : CO<sub>2f</sub>
- Le dioxyde de carbone biomasse : CO<sub>2b</sub>

Dans la plupart des facteurs d'émissions de la biomasse, l'**hypothèse de la neutralité carbone est faite**. On suppose ainsi que les émissions de la combustion de la biomasse sont compensées par la séquestration amont.

Cette hypothèse n'est valable que dans le cas d'une "gestion durable" de la biomasse. Cette notion doit faire l'objet d'une attention particulière lors de la réalisation des bilan GES

### 3.1.3.1 Solides

#### Description

Le terme « biocombustibles » désigne les combustibles solides, d'origine végétale (ou animale, de manière plus marginale), utilisés soit pour de la production de chaleur seule, soit pour une production combinée de chaleur et d'électricité.

Ces biocombustibles peuvent être les co-produits ou sous-produits d'activités forestières, agricoles ou industrielles ou être issu de filières ayant uniquement comme objectif la fourniture d'énergie.

Les biocombustibles retenus dans la Base Carbone ® sont les suivants :

- Le bois bûche

- Les granulés de bois (ou pellets)
- Les plaquettes forestières
- Les écorces, sciures, chutes
- Les broyats de cagettes ou de palettes
- La paille
- La bagasse

Le **bois bûche** est encore aujourd'hui le principal mode d'utilisation du bois dans le chauffage domestique. Il peut être brûlé dans des cheminées (foyers ouverts) ou dans des foyers fermés / poêles / inserts ou dans des chaudières bûches.

Les **granulés de bois** (ou pellets en anglais) sont issus du **compactage des résidus de scieries** ou du compactage des sciures et copeaux provenant directement de la sylviculture. Ils sont utilisés pour le chauffage domestique dans des foyers fermés / poêles / inserts ou dans des chaudières à granulés.

Les **plaquettes forestières** sont les copeaux de bois issus du broyage par des engins mécanisés des **rémanents de l'exploitation forestière** ou de bois de faible diamètre dont c'est souvent la seule valorisation possible. Elles sont utilisées des chaudières pour le chauffage domestique ou dans le chauffage collectif (réseau de chaleur) et industriel.

Les **écorces, sciures et chutes** sont des déchets bois connexes des scieries. Elles sont parfois valorisées en étant brûlé dans des chaudières pour le chauffage collectif et industriel.

Les **broyats de cagettes et de palettes** correspond à la fin de vie de ces produits. Ils sont parfois valorisés en étant brûlé dans des chaudières pour le chauffage collectif et industriel.

La **paille** est le résidu de culture correspond à la tige des céréales. Elle est parfois valorisée en étant brûlé dans des chaudières pour le chauffage collectif et industriel.

La **bagasse** est le résidu ligneux de la canne à sucre. Elle est utilisée dans les DOM COM pour se substituer au charbon dans les centrales électriques thermiques.

Les facteurs d'émissions des 5 premiers éléments (bûches, granulés, plaquettes, déchets bois, broyats) proposés ici sont tirés de l'étude de l'ADEME de 2005 sur le "bilan environnemental du chauffage domestique"[130](#) et le "bilan environnemental du chauffage collectif (réseau de chaleur) et industriel"[131](#).

Le facteur d'émissions de la paille est tiré de la note : "Bilan énergie et effet de serre des filières céréales"[132](#).

## Poste amont

Pour le bois bûche, l'amont correspond à toutes les étapes depuis l'abattage jusqu'à la mise à disposition des bûches au domicile de l'utilisateur. Il s'agit ici du parcours commercial du bois bûche et exclu la coupe directe.

Pour les plaquettes forestières, l'amont correspond à toutes les étapes depuis le débardage des rémanents de coupe jusqu'à la mise à disposition.

Pour les granulés, l'amont correspond à toutes les étapes depuis l'approvisionnement en sciures de l'usine de fabrication jusqu'à la mise à disposition.

Pour les écorces, sciures et chutes, l'amont correspond à toutes les étapes depuis le broyage jusqu'à la mise à disposition.

Pour les broyats de caquettes et de palettes, l'amont correspond à toutes les étapes depuis le compactage des palettes jusqu'à la mise à disposition.

La plantation et l'entretien des forêts a été négligé.

Les procédés de fabrication de biocombustibles sont purement mécaniques et peu consommateurs d'énergie. De plus, les granulés, écorces, sciures et chutes sont des sous produits de production de bois d'oeuvre.

Les hypothèses de calculs (distances moyennes, type de transports...) sont explicités dans les deux études [130](#) [131](#)

## Poste combustion

La combustion émet des émissions de  $\text{CH}_4$  dépendantes de la qualité de l'équipement de combustion.

La combustion n'émet pas de  $\text{CO}_{2f}$  (fossile), mais émet du  $\text{CO}_{2b}$  (biogénique) : voir le [chapitre sur le  \$\text{CO}\_2\$  biogénique](#) pour comprendre la prise en compte du  $\text{CO}_{2b}$  dans les exercices de comptabilité GES.

Quand c'est un composé d'origine organique qui est brûlé, deux cas de figure peuvent se présenter :

- la biomasse brûlée n'est pas remplacée : il y a alors lieu de compter les émissions,
- la biomasse brûlée est remplacée l'année même ou peu de temps après : il n'y alors pas lieu de compter des émissions, car ces dernières sont compensées par la croissance de la



biomasse qui prend place par ailleurs.

Le deuxième cas s'appliquera en cas d'utilisation des produits d'une **culture annuelle**, par exemple : le fait de brûler de la paille l'année N est compensé par la croissance de la paille l'année N+1. Même pour le bois de feu (ou de produits issus du bois) ce raisonnement subsiste **si la forêt est dite bien gérée**, quand le prélèvement annuel sera inférieur ou égal à la biomasse produite pendant l'année\*, de telle sorte que l'ensemble « combustion+croissance » est au moins équilibré (quand il est en faveur de la croissance végétale, on parle même de puits).

\* Que les forestiers appellent parfois « l'accru annuel »

Ce CO<sub>2</sub> "biomasse", intégré au cycle carbone des espaces forestiers et agricoles, ne crée pas de supplément d'effet de serre tant qu'il y a équilibre du cycle, c'est-à-dire que la photosynthèse compense les émissions liées à l'exploitation de cette biomasse et à sa combustion.

Cette hypothèse est vérifiée dans le cas des espaces boisés et forestiers en France, puisqu'ils se renouvellent et sont gérés durablement (0,4% d'augmentation annuelle de la surface forestière sur la dernière décennie, +50% d'espaces boisés depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle<sup>133</sup>). Pour les cultures annuelles, la photosynthèse de l'année compense les émissions de l'année précédente (liées à la combustion du produit de la culture), comme expliqué précédemment.

Il y a cependant deux cas de figure dans lequel il faut tenir compte des émissions lors de la combustion de biomasse ou de biocombustibles qui en sont dérivés :

- quand cette biomasse n'est pas replantée (cas de figure fréquent dans tous les pays tropicaux où la déforestation est pour partie liée au prélèvement de bois de feu ou bois d'oeuvre).
- quand la culture annuelle - ou même permanente - prend place sur une parcelle qui vient d'être déforestée. Ce deuxième cas de figure se rencontre dans les pays où le couvert forestier diminue (Brésil, Indonésie, etc) et pour des cultures pouvant être utilisées pour énergétiques comme la canne à sucre ou l'huile de palme,

Dans le premier des cas de figure ci-dessus, les émissions de CO<sub>2</sub> sont incluses dans l'inventaire d'émissions. Il faut tenir compte à la fois du carbone contenu dans la biomasse brûlée, et de la perte de carbone du sol qui suivra la déforestation, ce qui en pratique consiste à rajouter 20 à 50% de supplément aux émissions de combustion.

Dans le deuxième cas de figure, la biomasse produite sur des parcelles défrichées se voit affectée des émissions liées à la déforestation. En pratique on impute aux 20 ou 30 premières années de production le déstockage de carbone lié à la déforestation initiale ainsi que ce qui viendra de la perte de carbone des sols.

Dans les autres cas de figure, le CO<sub>2</sub> issu du carbone « organique » contenu dans les

biocombustibles n'est pas à comptabiliser. Le facteur d'émission des biocombustibles peut donc provenir :

- des gaz autres que le CO<sub>2</sub> émis lors de la combustion (par exemple du CH<sub>4</sub>),
- des émissions de gaz à effet de serre liées à la production du combustible (fabrication des engrais le cas échéant, conduite de la culture, traitement mécanique ou thermique du produit de la culture ou du bois, etc),
- des émissions de gaz à effet de serre liées au transport du combustible entre son lieu de production et son lieu d'utilisation.

Concernant les émissions de CH<sub>4</sub> lors de la combustion, les calculs montrent que leur impact sur l'effet de serre est négligeable devant les autres sources d'émissions du cycle du combustible (3,2 g CH<sub>4</sub> / GJ de combustible<sup>2</sup>). De ce fait, seules seront prises en compte:

- les émissions de gaz à effet de serre liées à la production du combustible,
- les émissions de gaz à effet de serre liées au transport du combustible entre son lieu de production et son lieu d'utilisation.

#### Sources :

- [\[130\] Etude ADEME – Bio Intelligence Service / « bilan environnemental du chauffage domestique » / 2005](#)
- [\[131\] Etude ADEME – Bio Intelligence Service / « bilan environnemental du chauffage collectif \(réseau de chaleur\) et industriel » / 2005](#)
- [\[132\] Note ADEME / « Bilan énergie et effet de serre des filières céréales » / 2006](#)
- [\[133\] DGEMP, pages concernant la biomasse du site de l'Observatoire de l'Energie](#)

## 3.1.3.2 Liquides

### Description

Le terme "biocarburants" désigne les carburants liquides obtenus à partir de matières premières végétales (ou exceptionnellement animales). Actuellement, deux grandes filières industrielles existent :

- La filière éthanol
- La filière huiles végétales

#### La filière éthanol

L'**éthanol** est produit par fermentation de sucres ou d'amidon, principalement issus, en France, des **cultures de betteraves et de céréales**. Cet alcool peut être incorporé à l'essence jusqu'à 10 % en volume sans modification technique des moteurs ; jusqu'à 10,3 % s'il est transformé au préalable avec l'isobutène pétrolier en ETBE (éthyl tertio butyl éther), ce dernier étant autorisé

jusqu'à 22 % (l'ETBE étant composé à 47% en volume d'éthanol).

Il peut également être utilisé avec des véhicules adaptés - dits « flexibles » - qui acceptent jusqu'à 85 % d'éthanol (essence E85) dans le carburant utilisé.

## La filière huiles végétales

L'autre filière concerne les **huiles végétales** issues du pressage des **oléagineux (colza principalement et tournesol)**. Une réaction de transestérification avec du méthanol ou de l'éthanol permet d'obtenir un produit incorporable dans le gazole pour les moteurs Diesel : l'EMHV (l'ester méthylique d'huile végétale). Des variantes en développement permettront d'utiliser de l'éthanol (pour produire de l'EEHV - ester éthylique d'huile végétale) ou d'estérifier des acides gras d'origine animale. L'incorporation des esters est autorisée dans le gazole jusqu'à 7 % en volume, depuis le 1er janvier 2008 sans modification des moteurs Diesel actuels. Les esters doivent être conformes à la norme européenne (NF) EN 14214 qui définit leurs spécifications.

Par ailleurs, le gazole B30, contenant entre 24 et 30% en volume d'EMHV, est autorisé pour les flottes captives disposant d'une logistique carburant dédiée. Ce carburant n'est pas disponible à la vente au grand public dans la mesure où il n'est pas compatible avec les moteurs de nombreux véhicules diesel déjà mis en circulation en Europe.

## Construction des facteurs d'émission

Ils ont été actualisés sur la base des résultats de calculs de l'étude ACV des biocarburants consommés en France, publiée par l'ADEME, le MEEDDM, le MAAP et FranceAgrimer en avril 2010.

La question du carbone biogénique est centrale concernant les biocarburants. Pour en savoir plus, voir le [chapitre sur le CO2 biogénique](#).

Historiquement, les biocarburants utilisés en Europe ne provenaient que de cultures annuelles, et de cultures européennes (donc sans déforestation préalable). C'est sur ce double postulat que sont basées les ACV actuellement disponibles. En pareil cas les facteurs d'émission tiennent compte des émissions de méthane ou de protoxyde d'azote lors de la combustion, généralement marginales, et des émissions provenant de la culture et de la transformation et la distribution des produits de culture.

Ce postulat devient doublement inexact pour les cultures de soja (pouvant entrer jusqu'à 25% dans l'approvisionnement de certaines usines de production de biodiesel en France), qui sont pour partie installés sur des parcelles qui ont été récemment défrichées. Dans l'étude ACV biocarburants France 2010, les analyses de sensibilité montraient que c'était la filière biodiesel de soja qui était susceptible d'être le plus impactée par des scénarii importants de changement d'affectation des sols directs. Il est également pour partie inexact dans le cas de la canne à sucre brésilienne, cette culture étant pluriannuelle d'une part, et les terres sur lesquelles elle prend place étant soustraites aux

autres usages, ce qui finira par engendrer, mais par effet indirect, de la déforestation.

## Résultats

Les facteurs d'émissions publiés concernant les biocarburants, quoi que restant du même ordre de grandeur, sont susceptibles de varier d'un facteur quatre d'une étude à l'autre<sup>140</sup> :

- Carburants issus des filières alcools éthers : de 20 à 80 gCO<sub>2</sub>e / MJ
- Carburants issus des filières huiles esters : de 10 à 40 gCO<sub>2</sub>e / MJ

La valeur par défaut sera issue des travaux ADEME – MEEDDM – MAAP - FranceAgrimer de 2009 (« Analyses de cycle de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France »), à savoir :

	Facteur d'émission en gCO <sub>2</sub> e / MJ	Facteur d'émission en gCO <sub>2</sub> e/kWh	Facteur d'émission en kgCO <sub>2</sub> e /Tonne	Facteur d'émission en gCO <sub>2</sub> e / kg
Amont				
Ethanol	37 gCO <sub>2</sub> e / MJ	132 gCO <sub>2</sub> e / kWh	990 kgCO <sub>2</sub> e/Tonne	990 gCO <sub>2</sub> e / kg
EMHV	32,3 gCO <sub>2</sub> e / MJ	116,2 gCO <sub>2</sub> e / kWh	1199 kgCO <sub>2</sub> e/Tonne	1199 gCO <sub>2</sub> e / kg
Combustion				
Ethanol	0 gCO <sub>2</sub> e / MJ	0 gCO <sub>2</sub> e / kWh	0 kgCO <sub>2</sub> e/Tonne	0 gCO <sub>2</sub> e / kg
EMHV	0 gCO <sub>2</sub> e / MJ	0 gCO <sub>2</sub> e / kWh	0 kgCO <sub>2</sub> e/Tonne	0 gCO <sub>2</sub> e / kg

*Facteurs d'émission des biocarburants (ADEME – MEEDDM – MAAP - FranceAgrimer, 2010)*

## Complément sur le Changement d'affectation des sols

Cette partie à but pédagogique concerne l'analyse des effets potentiels du changement d'affectation des sols (CAS) sur les bilans d'émissions de GES des biocarburants consommés en France.

Les travaux existants ou en cours **n'ont pas encore réussi à créer des références matures d'un point de vue méthodologiques sur ces sujets**. L'étude ACV biocarburants publiée en 2010 à partir de laquelle ont été calculées les valeurs des tableaux ci-dessus n'ayant pas vocation à résoudre cette question complexe, le principe retenu a été de calculer les bilans d'émissions de GES sans intégrer les changements d'affectation des sols dans le résultat de référence conformément aux recommandations du référentiel de réalisation d'ACV pour les biocarburants. Par contre, l'impact potentiel de différents scénarii de CAS sur les bilans de GES a été examiné ensuite au travers d'une analyse de sensibilité.

Cette analyse de sensibilité a été conduite en considérant l'hypothèse d'un CAS direct pour les filières d'importation et d'un CAS indirect pour deux exemples de filières France. Elle a cherché à

répondre à la question suivante : comment évoluent ces bilans lorsqu'on leur intègre des valeurs plausibles d'émissions liées à ces changements d'occupation ? La construction de valeurs « plausibles » a reposé sur des scénarii simplifiés et gradués, allant du plus pessimiste jusqu'à une situation favorable.

Le scénario le plus pessimiste, appelé « CAS maximal », de CAS direct correspondrait au remplacement d'un ha de forêt primaire tropicale humide par un hectare de canne à sucre ou de palmier à huile, en supposant que toutes les émissions de CO<sub>2</sub> générées seraient affectées à la canne à sucre avec un lissage sur 20 ans.

Puis des scénarii «CAS intermédiaires », « CAS modérés » et enfin, «CAS optimistes », ont été construits en faisant varier certaines données du problème (les hectares remplacés ne sont plus de la forêt primaire, mais un mix de différents sols ; le lissage est fait sur 50 ans au lieu de 20,...). Le scénario optimiste imagine, par exemple, le remplacement par le coproduit alimentaire du biocarburant (tourteaux de colza, drèches de blé,...) d'importations de produits destinés à l'alimentation animale qui auraient entraîné la déforestation de surfaces supplémentaires. Pour une description plus exhaustive des différents scénarii, des calculs intermédiaires réalisés, se reporter au rapport complet de l'étude ACV biocarburants (<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=23698>).

Dans le tableau ci-dessous sont donnés à titre indicatif des ordres de grandeur supérieur et inférieur des facteurs d'émission pour l'éthanol et le biodiesel calculés à partir des bilans d'émissions de GES obtenus en considérant des scénarii maximum et optimistes pour le CAS direct et indirect selon différentes filières de production. Ces valeurs sont bien présentées ici pour donner une idée de la manière dont pourrait évoluer le bilan carbone d'un produit, d'une entreprise en fonction des caractéristiques de fournitures. Elles ne sont en aucun cas à utiliser hors du contexte dans lequel elles ont été obtenues et surtout pas comme des valeurs résultant de situations réelles existantes.

Les chiffres de la colonne « CAS maximum » correspondent à l'ordre de grandeur de la borne supérieur. Cette borne est calculée en combinant le scénario de CAS direct maximum et le scénario de CAS indirect maximum. La même démarche est effectuée pour les scénarii optimistes. Ces valeurs ont été arrondies.

	Facteur d'émission par MJ		Facteur d'émission par kWh		Facteur d'émission par Tonne		Facteur d'émission par Kg	
	CAS maximum.	CAS optimiste	CAS maximum	CAS optimiste	CAS maximum.	CAS optimiste	CAS maximum.	CAS optimiste
Amont								
Ethanol	220 gCO <sub>2</sub> e	37 gCO <sub>2</sub> e	825 gCO <sub>2</sub> e	128 gCO <sub>2</sub> e	6105 kgCO <sub>2</sub> e	935 kgCO <sub>2</sub> e	6105 gCO <sub>2</sub> e	935 gCO <sub>2</sub> e
EMHV	220 gCO <sub>2</sub> e	18 gCO <sub>2</sub> e	788 gCO <sub>2</sub> e	55 gCO <sub>2</sub> e	8122 kgCO <sub>2</sub> e	550 kgCO <sub>2</sub> e	8122 gCO <sub>2</sub> e	550 gCO <sub>2</sub> e

*Illustration de la sensibilité des facteurs d'émissions des biocarburants à la problématique du changement d'affectation des sols*

## Incorporation dans l'essence et le gazole

Des mesures fiscales incitatives sont mises en place pour une incorporation progressive, par les pétroliers et les distributeurs, de biocarburants dans les carburants conventionnels essence et gazole.

Nous reproduisons ci après un extrait du rapport annuel 2008 de la France à la Commission Européenne dans le cadre du suivi de la directive européenne 2003/30/CE sur l'incorporation des biocarburants, et qui donne les taux d'incorporation :

%PCI	Filière essence	Filière gazole	Incorporation totale
2006	1,75 %	1,77 %	1,77 %
2007	3,35 %	3,63 %	3,57 %
2008	5,55 %	5,75 %	5,71 %

*Evolution des pourcentages effectifs d'incorporation de biocarburants dans l'essence et le gazole*

Cette incorporation d'ETBE et d'EMHV dans les carburants standards ne donne pas lieu à une correction particulière des facteurs d'émission de ces carburants dans le cadre de la Base Carbone. En effet, cette mesure est répercutée dans le calcul des facteurs d'émission des carburants essence et gazole déterminés par l'Observatoire de l'Energie et repris ici (en outre, si l'incorporation est d'une fraction de pourcent, cela engendre une modification inférieure à la basse d'erreur).

Au delà de cette consommation de biocarburants systématique et transparente pour tout utilisateur, il est possible d'utiliser délibérément des biocarburants comme carburant exclusifs ou presque avec des véhicules spécifiques ou l'adaptation volontaire de moteurs. C'est le cas des technologies flexibles (utilisation en proportions variables au cours du temps d'éthanol et d'essence dans un même véhicule) et de l'EMHV pour flotte captive.

Dans le premier cas, il suffit d'appliquer à la fraction éthanol le facteur d'émission de ce dernier, selon la quantité consommée. Cette technologie, déjà commercialisée aux Etats-Unis, au Canada, au Brésil et en Suède, concerne essentiellement les véhicules légers. Dans le cas d'un Bilan GES portant sur une flotte alimentée avec de l'éthanol brésilien, il sera nécessaire de calculer un facteur d'émission spécifique tenant compte au mieux des effets des éventuels changements d'affectation des sols, directs ou indirects.

Le deuxième cas concerne l'EMHV, qui peut représenter 30% du carburant en volume (dans le cas du diesel) sans modification des systèmes d'injection et de motorisation. Cette incorporation volontaire peut concerner des flottes captives : bus, camions, véhicules utilitaires, trains électriques... L'utilisation d'EMHV en complément du gazole au-delà de 50% nécessite en revanche des adaptations techniques. En pareil cas, il suffit d'appliquer à chaque fraction du combustible (EMHV ou gazole) le facteur d'émission qui lui correspond.

### Sources :

[140] Etude ADEME – BG – EPFL / « Bilan environnemental des filières végétales pour la chimie, les matériaux et l'énergie » / 2004.

## 3.2 Emissions de process et émissions fugitives

Ce chapitre se rapporte aux émissions directes de GES qui ne proviennent pas de l'usage de l'énergie. Cette catégorie englobe des réactions chimiques ou biologiques diverses (dont les émissions résultant du métabolisme de bactéries diverses) et les fuites sans réaction chimique intermédiaire.

Dans la Base Carbone ®, la classification suivante de ces émissions a été adoptée :

- Les émissions liées aux **cheptels** dans les activités d'élevage (fermentation entérique des animaux et gestion des déjections)
- Les émissions liées aux **sols agricoles**, notamment dus à la fertilisation azotée de ces derniers
- Les émissions liées aux **traitement des déchets** (fuites de méthane des centre de stockage, émission de protoxydes d'azote dans le traitement des eaux usées)
- Les fuites de gaz frigorigènes fluorés dans les systèmes de **réfrigération et de climatisation**
- Les émissions liées à certains **process industriels**

Pour réaliser le bilan GES réglementaire, ces données sont utilisées pour renseigner les postes n° 3 (émissions directes des procédés hors énergie) ou n°4 (émissions directes fugitives).

Selon les différentes nomenclatures, les émissions de CO<sub>2</sub> découlant de la réduction du minerai de fer par du coke sont classées dans les émissions liées à l'usage de l'énergie ou pas.

### 3.2.1 Agriculture - cheptels

#### Description

L'activité humaine augmente les populations de certains animaux par l'activité d'élevage. Ainsi, les émissions de directes de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O des cheptels d'animaux d'élevage sont prises en compte dans les méthodes de comptabilité des émissions de gaz à effet de serre anthropiques.

Les herbivores produisent du méthane en tant que sous-produit de la **fermentation entérique**, processus digestif par lequel l'hydrate de carbone est décomposé par des micro-organismes en

simples molécules destinées à l'absorption dans le sang. La quantité de méthane émise dépend du type de tube digestif, de l'âge et du poids de l'animal, et de la qualité et quantité de nourriture consommée. Le bétail ruminant (bovins et ovins notamment) est une grande source de méthane, alors que le bétail non ruminant (chevaux, cochons) représente une source modérée. La structure intestinale des ruminants entraîne une forte fermentation entérique de leurs aliments.

La **gestion des déjections animales** engendre des émissions de GES. Le terme "déjections animales" regroupe le fumier et lisier (c.a.d. le solide et le liquide) produits par les cheptels. La décomposition des déjections animales en condition anaérobie (absence d'oxygène), lors du stockage et du traitement, produit du méthane. La nitrification et la dénitrification de l'azote contenu dans les déjections animales en condition aérobie, lors du stockage et du traitement, produit du protoxyde d'azote. Enfin, une partie de l'azote des déjections animales se transforme en ammoniac ou en NOx et peut se transformer alors en protoxyde d'azote.

Les émissions liées à l'épandage des déjections animales sont comptabilisées dans le [chapitre suivant sur la fertilisation des sols agricoles](#).

## Fermentation entérique

Les valeurs proposées ci-dessous sont celles tirées du guide OMINEA 2013 du CITEPA<sup>102</sup> servant à réaliser l'inventaire national des émissions de GES :

Animal	kgCH <sub>4b</sub> .tête <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>
Vache laitière	121
Autres bovins	51
Ovins	9,3
Caprins	11,7
Truies	2,5
Autres porcins	0,65
Chevaux	21,8
Mules et ânes	12,1
Volaille	-

On notera que ces valeurs évoluent au fil du temps et sont hétérogènes d'une source à l'autre. Toutefois, les ordres de grandeur restent toujours les mêmes.

## Gestion des déjections animales

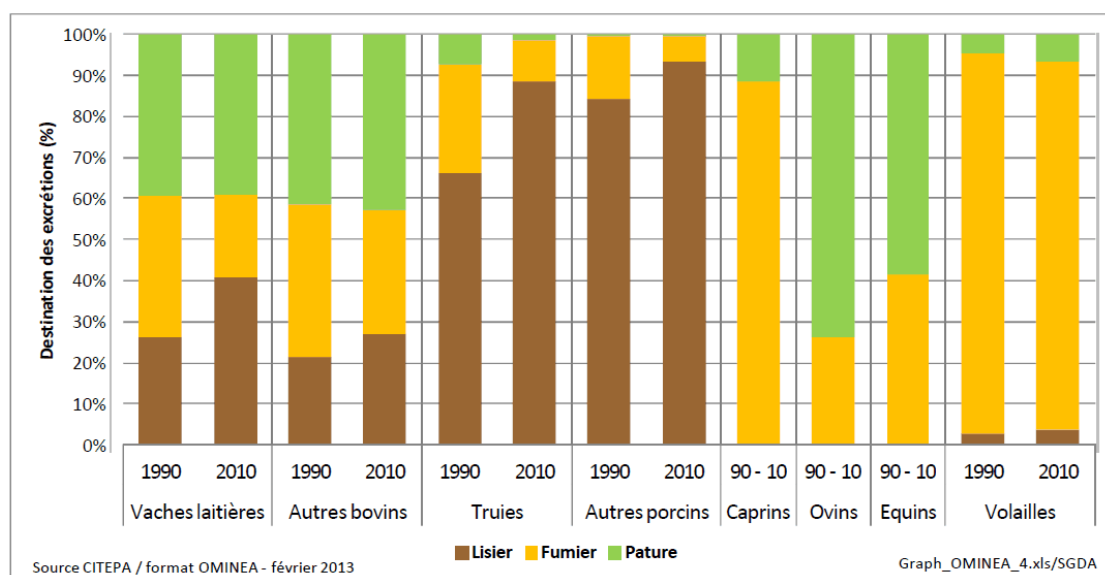
### Système de gestion



Les émissions directes de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O liées aux déjections animales dépendent du type d'animal et du système de gestion des déjections (lisier, fumier ou pâture).

Suivant le type d'animal, les déjections sont destinées à des modes de gestion différents. A chaque animal, on associera une répartition des déjections par mode de gestion : SG<sub>lisier</sub>, SG<sub>fumier</sub> et SG<sub>pâture</sub>.

Cette répartition est fournie par le graphique suivant du rapport OMINEA 2013 :



Source : rapport OMINEA 2013 [102](#)

Les valeurs 2010 pour le paramètre SG sont conservées pour les calculs suivants, soit :

	Vaches laitières (1990 - 2011)	Autres bovins (1990 - 2011)	Truies	Caprins	Ovins	Equins	Autres porcins	Volailles
SG <sub>lisier</sub>	41%	27%	88%	-	-	-	93%	3%
SG <sub>fumier</sub>	20%	30%	10%	88%	26%	42%	6%	90%
SG <sub>pâture</sub>	39%	43%	2%	12%	74%	58%	1%	7%

## Part CH<sub>4</sub>

Les émissions de CH<sub>4</sub> liées à la gestion des déjections animales sont calculées pour chaque animal à partir de la formule du GIEC suivante (reprise du rapport OMINEA) :

$$FE_{CH_4} = SV * 365_{\text{jours/an}} * Bo * 0,67_{\text{kg/m}^3} * \sum (FCM_k * SG_k)$$

Avec

SV : Solides volatils excrétés (kg/jour)

Bo : Capacité de production maximale de CH<sub>4</sub> (m<sup>3</sup>/kg de SV)

FCM<sub>k</sub> : facteur de conversion en CH<sub>4</sub> (%)

k : le mode de gestion (fumier, lisier ou pâture)

Le rapport OMINEA 2013 fournit les valeurs suivantes pour les paramètres Bo, SV et FCM :

		Vaches laitières (1990 - 2011)	Autres bovins (1990 - 2011)	Porcins	Volailles	Ovins	Caprins	Cheveau x	Anes
Bo		0,24	0,17	0,45	0,32	0,19	0,17	0,33	0,33
SV		3,46-4,12	1,93-1,99	0,5	0,1	0,4	0,28	1,72	0,94
FCM	Liquide (lisier)	39%			1,50%	NA			
	Solide (fumier)	1%			1,50%	1%			
	Pâture	1%							

Source : rapport OMINEA 2013 [102](#)

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

Les émissions de N<sub>2</sub>O liées à la gestion des déjections animales sont calculées pour chaque animal à partir de la formule suivante :

$$FE_{N_2O} = F_{ex} * 44/28 * \sum (FD_k * SG_k)$$

Avec

F<sub>ex</sub> : le facteur d'excrétion azoté de l'animal (kg/place/an)\*

FD<sub>k</sub> : le facteur d'émissions directes de N<sub>2</sub>O du mode de gestion (%)

k : le mode de gestion (fumier, lisier ou pâture)

On parle de kg/place/an et non de kg/animal/an car certains animaux, comme les volailles, ont une durée de vie inférieure à l'année.

Les valeurs par défaut du GIEC pour les facteurs d'émissions directes de N<sub>2</sub>O des modes de gestion sont :

■ F<sub>lisier</sub> : 0,1%

■  $F_{\text{fumier}}$  : 2%

■  $F_{\text{pâturage}}$  : 2%

Les facteurs d'excrétion azoté de l'animal sont fournis par le rapport OMINEA 2003. Les valeurs pour l'année 2011 sont les suivantes :

■  $F_{\text{ex}}$  (Vaches laitières) : 115,6 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Autres bovins) : 59,1 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Truies) : 21,2 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Autres porcins) : 5,8 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Caprins) : 14,1 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Ovins) : 16,7 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Chevaux) : 60,2 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Mules et ânes) : 17,1 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Poules) : 0,61 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Poulets) : 0,34 kg/place/an

■  $F_{\text{ex}}$  (Autres volailles) : 0,71 kg/place/an

## Epandage des lisiers et fumiers

Le fumier et le lisier servent d'engrais organique. Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  liées à leur épandage sont traitées dans le [chapitre suivant sur la fertilisation des sols agricoles](#).

## Incertitudes

Selon les lignes directrices sur les inventaires nationaux d'émissions de GES du GIEC, les incertitudes sont :

■ 50% pour les facteurs d'émission de  $\text{CH}_4$  de la fermentation entérique si les facteurs de Tiers 1 sont retenus

■ 20% pour les facteurs d'émission de  $\text{CH}_4$  de la fermentation entérique si les facteurs de Tiers 2 sont retenus

■ 20% pour les facteurs d'émission de  $\text{CH}_4$  de la gestion des déjections animales si les facteurs de Tiers 2 sont retenus

■ -50 à 100% pour les facteurs d'émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  de la gestion des déjections animales

(nitrification / dénitrification)

- -80% à +500% pour les facteurs d'émissions de  $N_2O$  de la gestion des déjections animales (depuis  $NO_x$  et  $NH_3$ )

L'incertitude élevée sur les émissions de  $N_2O$  provient des nombreux paramètres biologiques et climatiques qui interviennent dans sa formation.

#### Sources :

[\[102\] Rapport OMINEA 2013, CITEPA](#)

[\[200\] Lignes directrices du GIEC sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre, volume 4, chapitre 10 "émissions des cheptels et de la gestion des déjections"](#)

## 3.2.2 Agriculture - sols agricoles

### Description

La gestion des sols agricoles produit :

- Des émissions de  $N_2O$  dues à l'épandage d'engrais azoté d'origine minérale ou végétale
- Des émissions de  $N_2O$  dues au drainage / gestion des sols \*
- Des émissions de  $CO_2$  dues au chaulage (phénomène marginal par rapport au premier, non traité ici)
- Des émissions de  $CO_2$  dues à l'application d'urée (phénomène marginal par rapport au premier, non traité ici)

\* Les terres gérées sont les terres subissant interventions et actions humaines à des fins productives, écologiques ou sociales.

Les sols cultivés reçoivent des quantités d'azote provenant de différentes origines. Les intrants considérés sont d'origines multiples : ils peuvent être synthétiques (fertilisants minéraux), organiques (déjections animales ou boues des stations de traitements des eaux) ou d'origine végétale (résidus de culture ou plantes nitrophiles).

Cette **fertilisation, minérale ou organique** génère des émissions de  $N_2O$  de différente façon :

- Emissions directes des sols par des processus de nitrification / dénitrification suite à une augmentation anthropique de la quantité d'azote contenu dans les sols
- Emissions indirectes dues à la volatilisation du N sous forme de  $NH_3$  et d'oxydes de N

(NOx), et le dépôt de ces gaz et de leurs produits  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$  sur les sols et la surface des lacs et autres plans d'eau

- Emissions indirectes après lixiviation et écoulements de N, surtout sous forme de  $\text{NO}_3^-$ , sur des sols gérés

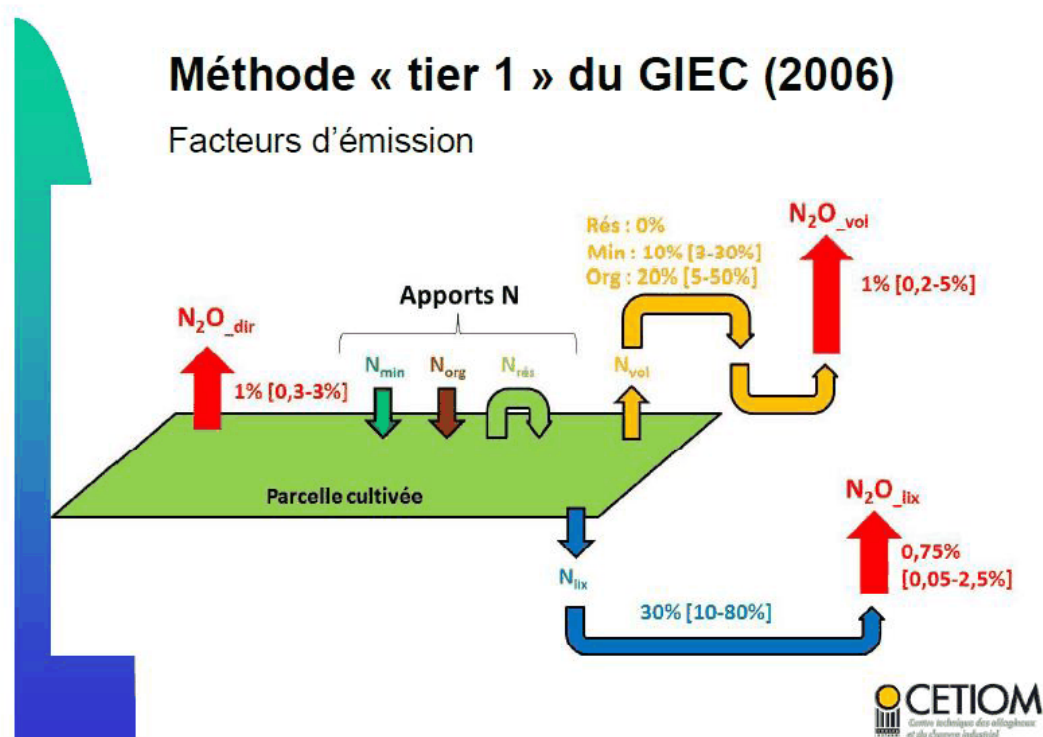
Les termes directes et indirectes n'ont pas le même sens ici que dans la comptabilité carbone de type bilan GES. Les facteurs d'émissions qui sont déduits de ce chapitre, ne sont que des FE directs !

Dans la Base Carbone ®, la méthode retenue pour l'estimation de ces émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  est celle du projet AGRIBALYSE, soit la méthode GIEC 2006b Tiers 1<sup>200</sup>. C'est cette méthode qui est détaillée ci-après.

## Fertilisation azotée

### Principe

La figure suivante présente une vue d'ensemble des émissions directes et indirectes de  $\text{N}_2\text{O}$  pour les productions végétales. Seuls les facteurs d'émissions (flux et chiffres en rouge) ont été repris ; les autres flux (apports, volatilisation – en jaune - et lessivage – en bleu) ont été calculés dans les modèles nitrate et ammoniac/NO à partir de données collectées par culture.



Modèle d'émission de N<sub>2</sub>O selon GIEC (2006b) niveau 1

Source : rapport méthodologique AGRIBALYSE

## Equations

Le modèle de calcul N<sub>2</sub>O n'utilise le GIEC 2006b (Niveau 1) :

**Equation n°1** : Emissions directes de N<sub>2</sub>O des sols gérés (niveau 1) :

**ÉQUATION 11.1**  
**ÉMISSIONS DIRECTES DE N<sub>2</sub>O DES SOLS GERES (NIVEAU 1)**

$$N_2O_{Directes}-N = N_2O-N_{N\text{ entrées}} + N_2O-N_{SO} + N_2O-N_{PPP}$$

Où :

$$N_2O-N_{N\text{ entrées}} = \left[ \left[ (F_{SN} + F_{ON} + F_{RR} + F_{MOS}) \cdot FE_1 \right] + \left[ (F_{SN} + F_{ON} + F_{RR} + F_{MOS})_{RI} \cdot FE_{1RI} \right] \right]$$

$$N_2O-N_{SO} = \left[ \left( F_{SO,CP,Temp} \cdot FE_{2CP,Temp} \right) + \left( F_{SO,CP,Trop} \cdot FE_{2CP,Trop} \right) + \left( F_{SO,F,Temp,RN} \cdot FE_{2F,Temp,RN} \right) + \left( F_{SO,F,Temp,PN} \cdot FE_{2F,Temp,PN} \right) + \left( F_{SO,F,Trop} \cdot FE_{2F,Trop} \right) \right]$$

$$N_2O-N_{PPP} = \left[ \left( F_{PPP,BVS} \cdot FE_{3PPP,BVS} \right) + \left( F_{PPP,MA} \cdot FE_{3PPP,MA} \right) \right]$$

Source : GIEC (2006b) niveau 1

Où :

N<sub>2</sub>O<sub>Directes</sub>-N = émissions annuelles directes de N<sub>2</sub>O-N imputables aux sols gérés, kg N<sub>2</sub>O-N an<sup>-1</sup>

N<sub>2</sub>O-N<sub>N entrées</sub> = émissions annuelles directes de N<sub>2</sub>O-N imputables aux entrées de N sur les sols gérés, kg N<sub>2</sub>O-N an<sup>-1</sup>

N<sub>2</sub>O-N<sub>SO</sub> = émissions annuelles directes de N<sub>2</sub>O-N imputables aux sols organiques gérés, kg N<sub>2</sub>O-N an<sup>-1</sup>

N<sub>2</sub>O-N<sub>PPP</sub> = émissions annuelles directes de N<sub>2</sub>O-N imputables aux entrées d'urine et de fèces sur les sols de paissance, kg N<sub>2</sub>O-N an<sup>-1</sup>

F<sub>SN</sub> = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliqué aux sols, kg N an<sup>-1</sup>

F<sub>ON</sub> = quantité annuelle de fumier animal, compost, boues d'égouts et autres ajouts de N organiques appliquée aux sols (Note : Si les boues d'égouts sont incluses, contre-vérifier avec le secteur *Déchets* afin de ne pas double compter les émissions de N<sub>2</sub>O dues au N des boues d'égout), kg N an<sup>-1</sup>

F<sub>RR</sub> = quantité annuelle de N retourné aux sols dans les résidus de récoltes (aériens et souterrains), y compris les cultures fixatrices d'azote et dues au renouvellement des fourrages/pâturages, kg N an<sup>-1</sup>

F<sub>MOS</sub> = quantité annuelle de N minéralisé dans les sols minéraux associée aux pertes de C des sols de la matière organique des sols en raison de changements d'affectation des terres ou de gestion, kg N an<sup>-1</sup>

$F_{SO}$  = superficie annuelle de sols organiques drainés/gérés, ha (Note : les indices inférieurs CP, F, Temp, Trop, RN et PN se réfèrent à terres cultivées et prairies, terres forestières, tempérée, tropicale, riche en nutriments et pauvre en nutriments, respectivement)

$F_{PPP}$  = quantité annuelle de N d'urine et de fèces déposée par les animaux paissant sur des pâturages, parcours et parcelles, kg N an<sup>-1</sup> (Note : les indices inférieurs BVS et MA se réfèrent aux bovins, volaille et suidés, et moutons et autres animaux, respectivement)

$FE_1$  = facteur d'émissions des émissions de N<sub>2</sub>O dues aux entrées de N, kg N<sub>2</sub>O–N (kg entrées de N)<sup>-1</sup> (tableau 11.1)

$FE_{1RI}$  représente le facteur d'émissions des émissions de N<sub>2</sub>O dues aux entrées de N sur le riz inondé, kg N<sub>2</sub>O–N (kg entrées de N)<sup>-1</sup> (tableau 11.1) s

$FE_2$  = facteur d'émissions des émissions de N<sub>2</sub>O dues sols organiques drainés/gérés, kg N<sub>2</sub>O–N ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> (tableau 11.1) (Note : les indices inférieurs CP, F, Temp, Trop, RN et PN se réfèrent à terres cultivées et prairies, terres forestières, tempérée, tropicale, riche en nutriments et pauvre en nutriments, respectivement)

$FE_{3PPP}$  = facteur d'émissions des émissions de N<sub>2</sub>O dues au N de l'urine et des fèces déposé sur les pâturages, parcours et parcelles par les animaux paissant, kg N<sub>2</sub>O–N (kg entrées de N)<sup>-1</sup> ; (tableau 11.1) (Note : les indices inférieurs BVS et MA se réfèrent aux bovins, volaille et suidés, et moutons et autres animaux, respectivement)

**Equation n°2 :** Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la déposition atmosphérique d'azote volatilisé issus de la gestion des sols (niveau 1) :

**ÉQUATION 11.9**  
**N<sub>2</sub>O DU AU DEPOT ATMOSPHERIQUE DE N VOLATILISE DEPUIS DES SOLS GERES (NIVEAU 1)**

$$N_2O_{(DAT)}-N = [(F_{SN} \bullet \text{Frac}_{GAZE}) + ((F_{ON} + F_{PPP}) \bullet \text{Frac}_{GAZM})] \bullet FE_4$$

*Source : GIEC (2006b) niveau 1*

Où :

$N_2O_{(DAT)}-N$  = quantité annuelle de N<sub>2</sub>O–N produite par le dépôt atmosphérique de N volatilisé depuis des sols gérés, kg N<sub>2</sub>O–N an<sup>-1</sup>

$F_{SN}$  = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliqué aux sols, kg N an<sup>-1</sup>

$\text{Frac}_{GAZE}$  = fraction de N d'engrais synthétique volatilisé sous forme de NH<sub>3</sub> et de NO<sub>x</sub>, kg N volatilisé (kg de N appliqué)<sup>-1</sup> (tableau 11.3)

$F_{ON}$  = quantité annuelle de fumier animal géré, compost, boues d'égouts et autres ajouts de N organiques appliqués aux sols, kg N an<sup>-1</sup>

$F_{PPP}$  = quantité annuelle de N d'urine et de fèces déposée par des animaux paissant sur des pâturages, parcours et parcelles, kg N an<sup>-1</sup>

$\text{Frac}_{GAZM}$  = fraction de matériaux d'engrais au N organiques appliqués ( $F_{ON}$ ) et de N d'urine et de fèces déposé par les animaux paissant ( $F_{PPP}$ ) volatilisé sous forme de NH<sub>3</sub> et de NO<sub>x</sub>, kg N volatilisé (kg de N appliqué ou déposé)<sup>-1</sup> (tableau 11.3)

$FE_4$  = facteur d'émissions des émissions 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 NH<sub>3</sub>–N + NO<sub>x</sub>–N volatilisé)<sup>-1</sup>] (tableau 11.3)

La conversion des émissions de  $N_2O_{(DAT)}-N$  en émissions de N<sub>2</sub>O, pour l'établissement des rapports, se fait à l'aide de l'équation suivante :

$$N_2O_{(DAT)} = N_2O_{(DAT)}-N \bullet 44/28$$

**Equation n°3 :** Emissions de N<sub>2</sub>O dues à la lixiviation de l'azote des sols gérés, dans les régions où

existent ces écoulements (niveau 1) :

#### ÉQUATION 11.10

**N<sub>2</sub>O DU A LA LIXIVIATION/ÉCOULEMENTS DE N DE SOLS GÉRÉS DANS LES RÉGIONS OÙ EXISTENT LA LIXIVIATION ET LES ÉCOULEMENTS (NIVEAU 1)**

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PPP} + F_{RR} + F_{MOS}) \bullet \text{Frac}_{LIXI-(H)} \bullet FE_5$$

*Source : GIEC (2006b) niveau 1*

Où :

$N_2O_{(L)}-N$  = quantité annuelle de N<sub>2</sub>O–N produit par la lixiviation et les écoulements après ajouts de N aux sols gérés dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, kg N<sub>2</sub>O–N an<sup>-1</sup>

$F_{SN}$  = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliqué aux sols dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, kg N an<sup>-1</sup>

$F_{ON}$  = quantité annuelle de fumier animal géré, compost, boues d'égouts et autres ajouts de N organiques appliqués aux sols dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, kg N an<sup>-1</sup>

$F_{PPP}$  = quantité annuelle de N d'urine et de fèces déposée par des animaux paissant dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, kg N an<sup>-1</sup> (tirée de l'équation 11.5)

$F_{RR}$  = quantité annuelle de N retourné aux sols dans les résidus de récoltes (aériens et souterrains), y compris les cultures fixatrices d'azote, et dû au renouvellement des fourrages/pâturages, dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, kg N an<sup>-1</sup>

$F_{MOS}$  = quantité annuelle de N minéralisé dans les sols minéraux, associé aux pertes de C des sols de la matière organique des sols en raison de changements d'affectation des terres ou de gestion dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, kg N an<sup>-1</sup> (tirée de l'équation 11.8)

$\text{Frac}_{LIXI-(H)}$  = fraction de tout le N minéralisé/ajouté aux sols gérés dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, et perdue par la lixiviation et les écoulements, kg N (kg d'ajouts de N)<sup>-1</sup> (tableau 11.3)

$FE_5$  = facteur d'émissions des émissions de N<sub>2</sub>O dues à la lixiviation et aux écoulements de N, kg N<sub>2</sub>O–N (kg de N lessivé et écoulé)<sup>-1</sup> (tableau 11.3)

## Les facteurs d'émissions du GIEC



**TABLEAU 11.1**  
**FACTEURS D'ÉMISSIONS PAR DÉFAUT POUR LES ÉMISSIONS DIRECTES DE N<sub>2</sub>O DES SOLS GÉRÉS**

Facteur d'émission	Valeur par défaut	Plage d'incertitude
FE <sub>1</sub> pour les ajouts de N par les engrais minéraux, les amendements organiques et les résidus de récoltes, et N minéralisé des sols minéraux en raison de pertes de carbone des sols [kg N <sub>2</sub> O–N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,01	0,003 – 0,03
FE <sub>1RI</sub> pour les rizières inondées [kg N <sub>2</sub> O–N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,003	0,000 – 0,006
FE <sub>2CP, Temp</sub> pour les sols de cultures organiques tempérées et de prairies (kg N <sub>2</sub> O–N ha <sup>-1</sup> )	8	2 - 24
EF <sub>2CP, Trop</sub> pour les sols de cultures organiques tropicales et de prairies (kg N <sub>2</sub> O–N ha <sup>-1</sup> )	16	5 - 48
FE <sub>2F, Temp Org R</sub> pour les sols de forêts organiques tempérées et boréales riches en nutriments (kg N <sub>2</sub> O–N ha <sup>-1</sup> )	0,6	0,16 – 2,4
FE <sub>2F, Temp Org P</sub> pour les sols de forêts organiques tempérées et boréales pauvres en nutriments (kg N <sub>2</sub> O–N ha <sup>-1</sup> )	0,1	0,02 – 0,3
EF <sub>2F, Trop</sub> pour les sols de forêts organiques tropicales (kg N <sub>2</sub> O–N ha <sup>-1</sup> )	8	0 - 24
FE <sub>3PPP, BVS</sub> pour les bovins (laitiers, non laitiers et buffles), la volaille et les suidés [kg N <sub>2</sub> O–N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,02	0,007 – 0,06
FE <sub>3PPP, MA</sub> pour les mouton et « autres animaux » [kg N <sub>2</sub> O–N (kg N) <sup>-1</sup> ]	0,01	0,003 – 0,03
Sources : FE <sub>1</sub> : Bouwman <i>et al.</i> 2002a,b ; Stehfest & Bouwman, 2006 ; Novoa & Tejeda, 2006 ; FE <sub>1RI</sub> : Akiyama <i>et al.</i> , 2005 ; FE <sub>2CP, Temp</sub> , FE <sub>2CP, Trop</sub> , FE <sub>2F, Trop</sub> : Klemetsson <i>et al.</i> , 1999, <i>Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques</i> , 2000 ; FE <sub>2F, Temp</sub> : Alm <i>et al.</i> , 1999 ; Laine <i>et al.</i> , 1996 ; Martikainen <i>et al.</i> , 1995 ; Minkinen <i>et al.</i> , 2002 ; Regina <i>et al.</i> , 1996 ; Klemetsson <i>et al.</i> , 2002 ; FE <sub>3, BVS</sub> , FE <sub>3, MA</sub> : de Klein, 2004.		

*Source : GIEC (2006b) niveau 1*

**TABEAU 11.3**  
**FACTEURS D'ÉMISSIONS, DE VOLATILISATION ET DE LIXIVIATION PAR DÉFAUT POUR LES ÉMISSIONS**  
**INDIRECTES DE N<sub>2</sub>O DES SOLS**

Facteur	Valeur par défaut	Plage d'incertitude
FE <sub>4</sub> [volatilisation et redépôt de N], kg N <sub>2</sub> O–N (kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N volatilisé) <sup>-1 22</sup>	0,010	0,002 - 0,05
FE <sub>5</sub> [lixiviation/écoulements], kg N <sub>2</sub> O–N (kg N lixiviation/écoulements) <sup>-1 23</sup>	0,0075	0,0005 - 0,025
Frac <sub>GAZE</sub> [volatilisation des engrais synthétiques], (kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N) (kg N appliqué) <sup>-1</sup>	0,10	0,03 - 0,3
Frac <sub>GAZM</sub> [volatilisation de tous les engrais organiques au N appliqués, et des fèces et de l'urine déposées par les animaux paissant], (kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N) (kg N appliqué ou déposé) <sup>-1</sup>	0,20	0,05 - 0,5
Frac <sub>LIXI-(H)</sub> [pertes de N dues à la lixiviation/écoulements pour les régions où Σ (pluies en saison pluvieuse) - Σ (EP à la même époque) > capacité de rétention d'eau des sols, OU où l'on irrigue (sauf irrigation goutte à goutte)], kg N (kg ajouts de N ou dépôts par les animaux paissant) <sup>-1</sup>	0,30	0,1 - 0,8
Note : Le terme Frac <sub>LIXI</sub> précédemment utilisé a été modifié pour ne s'appliquer désormais qu'aux régions où les capacités en rétention d'eau sont excédées, en conséquence des précipitations et/ou de l'irrigation (sauf goutte à goutte), et lorsqu'il y a lixiviation/écoulements. Il est recréé sous la forme Frac <sub>LIXI-(H)</sub> . À la définition de Frac <sub>LIXI-(H)</sub> présentée ci-dessus, EP est l'évaporation potentielle, et les saisons des pluies peuvent être comprises comme les périodes où les précipitations > 0,5 * Pan Évaporation. (On peut trouver la définition de l'évaporation potentielle et de la panévaporation dans tout texte agricole ou météorologique de base). Pour d'autres régions, la valeur de Frac <sub>LIXI</sub> par défaut est considérée comme nulle.		

*Source : GIEC (2006b) niveau 1*

## Les facteurs d'émissions obtenus

En reprenant les équations et valeurs par défaut du GIEC, on calcul les FE suivant :

- Epandage d'engrais minéraux : 0,021 kgN<sub>2</sub>O / kg d'azote étendu
- Epandage d'engrais organiques (déjections animales, végétaux, compost, boues de station d'épuration...) : 0,022 kgN<sub>2</sub>O / kg d'azote étendu
- Résidus de culture : 0,019 kgN<sub>2</sub>O / kg d'azote étendu
- Déjections animales des BVS (Bovins, volaille, suidés) en pâture : 0,038 kgN<sub>2</sub>O / kg d'azote étendu
- Déjections animales des MA (Moutons et autres animaux) en pâture : 0,022 kgN<sub>2</sub>O / kg d'azote étendu
- Drainage / gestion des sols des cultures organiques tempérées et de prairies : 13 kgN<sub>2</sub>O / ha
- Drainage / gestion des sols des forêts organiques tempérées : 0.9 kgN<sub>2</sub>O / ha

## Incertitudes

La variabilité naturelle des phénomènes décrits ci-dessus entraîne des incertitudes très importantes sur les facteurs d'émissions : de -80% à +400%.

### Sources :

[\[201\] Lignes directrices du GIEC sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre, volume 4, chapitre 11 "N2O emissions from managed soils, and CO2 emissions from limes and urea application"](#)

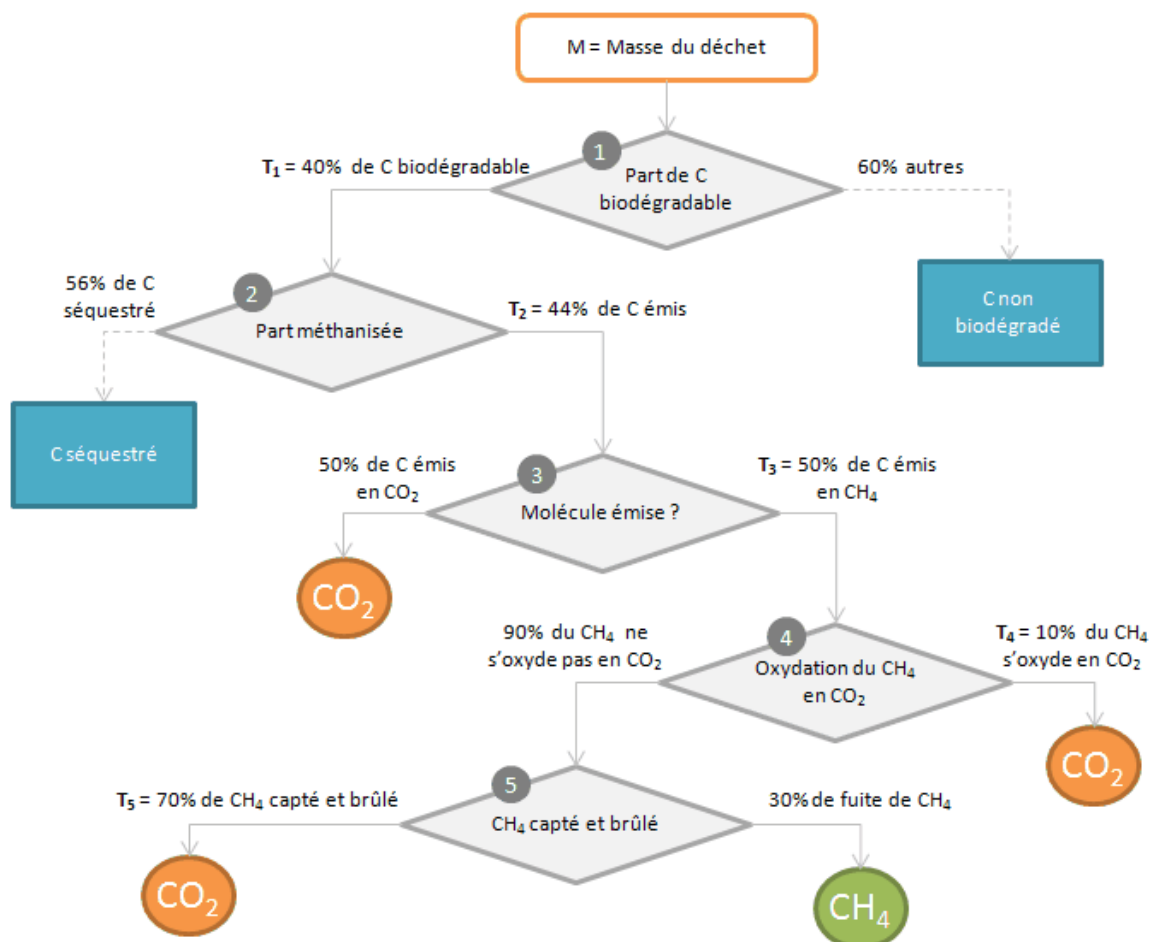
## 3.2.3 Traitement des déchets et eaux usées

### Description

Le traitement des déchets génèrent des émissions directes de GES lors :

- Du stockage des déchets solides organiques
- Process d'épuration des eaux usées
- Fuite de biogaz
- Compostage
- Épandage des boues de stations d'épurations et compost (voir [agriculture - sols agricoles](#))
- De l'incinération des déchets (voir le chapitre sur la combustion des déchets)

### Stockage des déchets solides organiques



*Schéma des émissions de GES dues au stockage des déchets organiques*

Les déchets biodégradables ou "biodéchets" appartiennent à une catégorie de déchets d'origine végétale ou animale en général, qui se décomposent grâce à d'autres organismes vivants (décomposeurs). On les trouve généralement dans les résidus urbains solides (parfois appelées ordures ménagères biodégradables) comme :

- les déchets végétaux
- les déchets de cuisine allant dans les ordures ménagères
- les déchets de papiers et cartons
- les plastiques et autres contenants ou emballages biodégradables.

Cette décomposition a notamment lieu dans des centres de stockage. Elle génère des émissions de GES en suivant le principe du schéma représenté ci-dessus.

Ainsi, pour chaque type de déchets, on dispose des **taux caractéristiques** suivant :

- $T_1$  : % (en poids) de C Biodégradable
- $T_2$  : Taux de méthanisation du C biodégradable
- $T_3$  : Taux de  $\text{CH}_4$  dans le gaz

- $T_4$  : Taux d'oxydation
- $T_5$  : Taux moyen de captage (caractéristique du centre de stockage)

Les émissions de  $\text{CH}_4$  du déchets sont donc données par la formule suivante :

$$E_{\text{CH}_4} = M * T_1 * T_2 * T_3 * (1-T_4) * (1-T_5)$$

Les émissions de  $\text{CO}_{2b}$  du déchets sont donc données par la formule suivante :

$$E_{\text{CO}_{2b}} = M * T_1 * T_2 * [ (1 - T_3) + T_3 * T_4 + T_3 * (1-T_4) * T_5 * 44/12 ]$$

Dans la Base Carbone ®, on dispose des taux suivant :

Type de déchet	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
Déchets de carton	40%	22%	50%	10%	70%
Déchets de papier	38%	24%	50%	10%	70%
Déchets alimentaires	15%	38%	50%	10%	70%
Ordures ménagères	13%	30%	50%	10%	70%

Cela permet de trouver les facteurs d'émissions suivants :

Type de déchet	Pour 1 tonne de déchets	
	kg $\text{CO}_{2b}$ émis	kg $\text{CH}_4$ émis
Déchets de carton	150	11,9
Déchets de papier	155	12,3
Déchets alimentaires	97	7,7
Ordures ménagères	64	5,1

Si le centre de stockage n'est pas équipé de moyen de captage du méthane, alors les émissions de  $\text{CH}_4$  augmentent drastiquement ( $T_5 = 0$ ). On suppose dans la Base Carbone ® que tous les centres de stockage en sont équipés en France.

## Process d'épuration des eaux usées

### Description

Le traitement des eaux usées peut conduire aux émissions directes de GES suivantes :

- Des émissions de CH<sub>4</sub> générées lors du séjour en conditions anaérobies (marécages, bassins de rétentions, lagunes, bras mort de rivière...) d'eaux chargées en matière organique (contenant beaucoup de carbone).
- Des émissions de N<sub>2</sub>O générées par la dégradation (nitrification / dénitrification) des composés azotés contenues dans l'eau, en conditions aérobies ou non.

Certaines entreprises peuvent disposer de mesures précises des émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O aux niveau de leurs installation. Ces valeurs sont bien entendu plus précises que les valeurs ci-dessous et s'y substitue donc.

## Part CH<sub>4</sub>

En pratique, il faut une durée de séjour minimum en conditions anaérobies et une concentration minimum des eaux usées en matières organiques, pour que les émissions soient significatives, ce qui suit ne concerne pas :

- les eaux rejetées dans un milieu non stagnant (eaux en mouvement de rivière ou de fleuve, par exemple), où les conditions anaérobies ne sont pas réunies,
- les eaux rejetées dans un réseau qui aboutit à une station d'épuration, car le maintien en conditions anaérobies de la matière organique en suspension (qui ne dure que le temps d'arriver à la station) est bien trop court pour que des émissions significatives aient lieu. Seules les eaux en sortie de station, et rejetées dans un milieu stagnant, sont éventuellement à prendre en compte.

Une parfaite adéquation des facteurs d'émission à la réalité devrait conduire à utiliser des facteurs différenciés selon le système de traitement (qui conditionne le caractère plus ou moins aérobie) et les conditions climatiques (qui conditionnent la rapidité de fermentation). Ainsi, selon ce contexte une part plus ou moins grande du carbone initial est effectivement transformée en méthane.

Le GWRC, dans ses travaux de 2010, recommande d'utiliser un ratio de CH<sub>4</sub> émis/ DCO\* éliminée = 0,0002. Soit :

$$\text{kg CH}_4 \text{ provenant des eaux usées} = 0,0002 * \text{kg DCO}^* \text{ éliminée}$$

\* DCO : Demande Chimique en Oxygène

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

Les publications scientifiques récentes s'accordent sur le fait que les émissions de N<sub>2</sub>O des stations d'épuration sont essentiellement liées à l'étape de nitrification. Les quantités de N<sub>2</sub>O produites sont proportionnelles aux flux d'azote nitrifié et dépendent de la nature du traitement et donc du type de procédé de traitement et de sa mise en oeuvre.

Le groupe de travail de l'ASTEE sur le guide sectoriel eau et assainissement<sup>210</sup> propose de retenir le facteur d'émissions de 0,073 t N<sub>2</sub>O / t NTK\* abattue sur la STEP quel que soit le procédé de traitement. Il met toutefois en garde sur les incertitudes très importantes sur ce poste (écarts pouvant aller de 1 à 20).

$$\text{kg N}_2\text{O provenant des eaux usées} = 0,073 * \text{kg NTK}^*$$

\* NTK : azote total réduit

## Incertitudes

Pour les process d'épuration des eaux usées, l'incertitude étant très grande (de 1 à 20), la valeur de 2000% est retenue.

### Sources :

[210] [Guide méthodologique d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des services de l'eau et de l'assainissement](#)

[211] [Ministère australien de l'environnement / 1997 / A Quick Reference Guide, Estimating Potential Methane Production, Recovery and Use from Waste.\(www.environnement.gov.au\)](#)

## 3.2.4 Réfrigération et climatisation

### Principe

Les systèmes de production de froid comportent au moins un circuit contenant un fluide caloporteur. Ces systèmes ne sont pas parfaitement hermétiques et présentent des fuites. Les gaz fluorés issus de ces fuites sont de puissants gaz à effet de serre. Leurs PRG sont indiqués dans le chapitre : [données physiques > PRG](#).

Ce chapitre fournit pour chaque système frigorifique des valeurs moyennes :

- La **charge** du système (ou un ratio de charge) qui permet de connaître la masse de fluide contenu dans le système
- Un **taux de fuite annuel** qui permet d'estimer la quantité de fluide qui est émise

annuellement

- Un **taux de fuite en fin de vie** qui permet d'estimer la quantité de fluide qui est émise lorsque le système est détruit

Connaître les émissions de GES de ses équipements de froid consiste donc à :

- Déterminer les volumes de fluides frigorigènes ayant fuités dans l'année (valeurs exactes si connues ou calcul via les données moyenne de la Base Carbone ®)
- Déterminer le type de gaz fluoré et son PRG
- Faire le produit des deux

Certaines entreprises dispose des charges exactes de leurs équipements. Ces valeurs sont bien entendu plus précises que les valeurs ci-dessous et s'y substitue donc.

Ce classement retenu dans la Base Carbone est le suivant :

- Réfrigération - commerciale
- Réfrigération - industrielle
- Réfrigération - transport de marchandises
- Climatisation - résidentielle
- Climatisation - commerciale
- Climatisation - tertiaire (hors commerce)
- Climatisation - transport de personnes

Les données proposées dans cette section sont tirées de l'inventaire des émissions de fluides frigorigènes réalisé par ARMINES<sup>220</sup>.

## Réfrigération

### Commerciale

Le terme « froid commercial » désigne les équipements qui servent à conserver, dans les magasins (de l'épicerie de quartier à l'hypermarché) des produits (le plus souvent des aliments) au froid (bacs réfrigérants, bacs à surgelés, etc).

Pour cette catégorie d'appareils, nous proposons une approches par les surfaces de vente. En



pratique cette approche passe par une estimation intermédiaire qui attribue à un type de commerce donné une puissance frigorifique moyenne par unité de surface.

Les équipements fonctionnant en froid positif peuvent être rangés dans deux sous-catégories :

- les systèmes directs désignent les équipements qui ne disposent que d'un seul circuit frigoporteur - contenant le fluide frigorigène - qui va du compresseur/échangeur au compartiment réfrigéré,
- les systèmes indirects désignent les équipements qui disposent d'un échangeur intermédiaire : un premier circuit, qui contient un fluide frigorigène pouvant changer de phase, va du compresseur à un échangeur, où il transfère ses frigories à un deuxième circuit (contenant un fluide qui n'a pas besoin de changer de phase) qui va de l'échangeur au compartiment réfrigéré.

Les systèmes indirects sont techniquement plus complexes, puisqu'il faut un composant supplémentaire dans l'appareil. Leur avantage est que le circuit primaire (celui qui part du compresseur) est moins long et donc contient moins de fluide frigorigène, ce qui limite la quantité qui fuit (cette dernière est souvent proportionnelle à la charge en fluide).

Dans tous les cas de figure, l'âge joue un rôle important dans les taux de fuite : plus un appareil est vieux, plus son taux de fuites augmente.

Enfin un sous-ensemble des installations de réfrigération s'intitule les meubles autonomes, ce qui désigne de petits appareils de réfrigération qui se trouvent généralement dans les commerces de proximité.

Système	type de surface de vente	ratio de charge (kg de fluide / m <sup>2</sup> )	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
direct	120 à 400 m <sup>2</sup> - supérette	-	132	14	71
direct	120 à 400 m <sup>2</sup> - alimentation générale	-	5	10	78
direct	400 à 2500 m <sup>2</sup>	0,21	-	20	20
direct	2500 à 15000 m <sup>2</sup>	0,19	-	27	20
indirect	toute	0,12	-	10	20

*Approche par les surfaces de vente*

charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
0,3	0,5	90

*Meubles autonomes*

## Industrielle

Le froid est utilisé de façon importante dans l'industrie agro-alimentaire et dans certains procédés industriels.

Le tableau ci-dessous raisonne par secteur industriel et par puissance d'équipement. Il nous fournit notamment :

- Un ratio de charge (kg fluide / kW frigo)
- Un taux de fuite annuel
- Un taux de fuite en fin de vie

Type d'industrie	Moyen temp évap -10 à -15 °C	BT -35 à -50 °C	Système		Pfrigo MWfro id	Ratio de charge (kgfluide/ kWfrigo)	Charge typique (t)	taux de fuite annuel (%)	taux de fuite fin de vie (%)
			direct	indirect					
Industrie agro alimentaire									
industrie viande (abattoirs)	X		X		1 à 2	5,5	6 à 8	14	15
produits laitiers	X			X	0,5 à 1	1	0,5 à 1	12	15
vin	X			X	0,2	2	0,5	12	15
bière	X			X	1 à 2	2	1,5	12	15
surgelés		X	X		1 à 5	8,8	10 à 20	14	10
glace hydrique poissons	X		X		10 kW à 2 MW	4	4 kg à 8 t	14	15
entrepôts frigorifiques	X	X	X		2 à 10	6	12 à 20	14	10
chocolaterie industrielle	X			X	0,5	2	0,5	12	15
boissons gazeuses	X			X	0,5 à 2	2	1	12	15
Procédés industriels									
chimique	X	X	X		0,5 à 5	6	6 à 10	14	10
caoutchouc	X		X		2	5,5	10	15	15
patinoires		X	X	X	0,5 à 2	3	2	12	50

De plus, nous disposons de valeurs spécifiques aux tanks à lait et les patinoires

charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
2,1	12	62

*Tank à lait*

Type de patinoire	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
patinoire fixe	1000	15	35
patinoire mobile	250	15	35

*Patinoires*

## Transport de marchandises

Le transport de marchandises frigorifique est principalement utilisé pour les produits alimentaires.

Type de transport	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
Transport maritime	1000	15	80
Transport par camion (système "poulie-courroie")	2.2	22	30
Transport par semi-remorque (système "moteur thermique")	6.5	13	30
Conteneur autonome - neuf	4.6	20	80

*transport frigorifique de marchandises*

## Climatisation

### Résidentielle

Dans le secteur résidentielle, on utilise principalement des climatisations à air :

Secteur	Type	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
Résidentiel	"mobile"	0,5	2	30
Résidentiel	"split"	1	5	85
Résidentiel	"splits et multisplits"	5	6	35
Résidentiel	"window"	0,6	2	92
Résidentiel	"multisplits"	1,5	6	90

*Climatisations à air*

### Commerciale et tertiaire

Dans le secteur tertiaire, on utilise principalement des climatisations à air. Dans le secteur commercial, on utilise aussi des climatisations à eau glacée :

Secteur	Type	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
Tertiaire	"DRV"	9	10	85
Commerce	"rooftop"	26	5	26
Tertiaire	"armoire"	5	6	85
<b>Tertiaire</b>	<b>Tout équipement confondu</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>36</b>

*Climatisations à air*

Secteur	Type de chiller à compresseur	Puissance de l'équipement	ratio de charge (kg de fluide / m <sup>2</sup> )	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
Tertiaire	volumétrique	P<50kW	0,3	10	30
Tertiaire	volumétrique	50<P<350kW	0,3	5	30
Tertiaire	volumétrique	P>350kW	0,2	5	30
Tertiaire	centrifuge	-	0,3	4	20

*Climatisations à eau glacée*

### Transport de personnes

Type de transport	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
Climatisation automobile (R134a) - neuf	0.52	5	98

#### Sources :

[\[220\] ADEME - ARMINES, 2011 / Inventaire des émissions des fluides frigorigènes – France – Année 2010](#)

## 3.2.5 Process industriels

### Définition

Il existe de nombreux process industriels spécifiques émettant des GES dont :

- La décarbonation dans les industries minérales
- Les pertes de SF<sub>6</sub> du réseau de transport d'électricité
- Certains procédés chimiques

- La fabrication et l'utilisation de certains solvants
- L'utilisation de castine dans les procédés sidérurgiques
- L'utilisation des mousses d'isolation thermique,
- L'utilisation des extincteurs incendie,
- L'utilisation des aérosols
- La fabrication de semi-conducteurs
- La fabrication des panneaux photovoltaïques
- La fabrication des équipements électriques
- Les fuites du réseau de gaz naturel

Le seul procédé réellement significatif au niveau national en termes de volume d'émissions de GES est le premier : la décarbonatation dans les industries minérales.

## Décarbonatation dans les industries minérales

La fabrication de produits minéraux (ciment, chaux, dolomie, verre, matériaux de construction...) engendre des émissions de CO<sub>2</sub> spécifiques par décarbonatation.

On pourra retenir les facteurs d'émissions suivant<sup>102</sup> :

- Décarbonatation lors de la fabrication du ciment : 525 kgCO<sub>2</sub> / t de clinker
- Décarbonatation lors de la fabrication de la dolomie : 717-815 kgCO<sub>2</sub> / t de dolomie
- Décarbonatation lors de la fabrication de la chaux hydraulique : 335-568 kgCO<sub>2</sub> / t de chaux
- Décarbonatation lors de la fabrication de la chaux issues du raffinage des betteraves : 157 kgCO<sub>2</sub> / t de chaux
- Décarbonatation lors de la fabrication des tuiles et briques : 40 kgCO<sub>2</sub> / t de tuiles et briques

## Autres cas

Les émissions fugitives d'autres process industriels nécessiteront une investigation spéciale au cas par cas.

### Sources :

[\[102\] Rapport OMINEA 2013, CITEPA](#)

## 3.3 UTCF

### Utilisation des Terres, leurs Changements et la Forêt

Ce chapitre s'intéresse aux variations de stock de carbone d'un territoire. ces variations proviennent de :

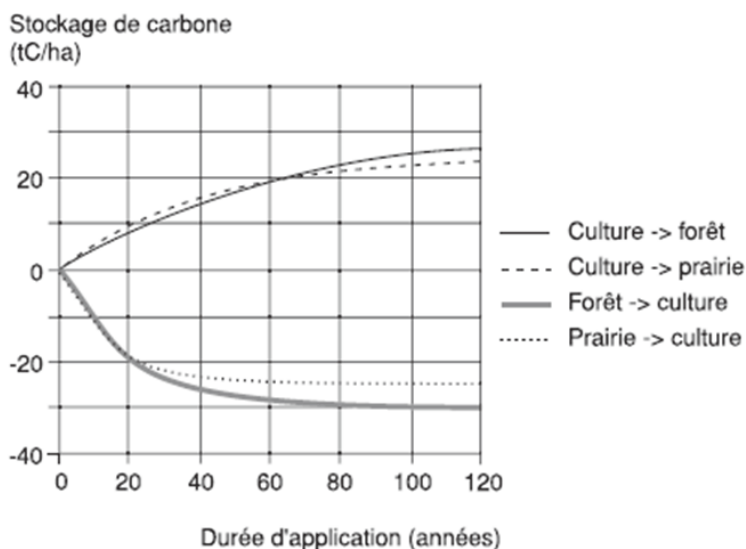
- L'évolution de la biomasse sur pied ou biomasse forestière
- La déforestation / reforestation
- Les changements des stocks de carbone contenu dans les sols suite à un changement d'affectation des sols

Pour réaliser le bilan GES réglementaire, ces données sont utilisées pour renseigner le poste n°5 (émissions directes issues de la biomasse - sols et forêts)

### 3.3.1 Changement d'affectation des sols

#### Description

Les changements d'affectation des sols modifient les stocks de carbone contenus sur les sols. Il peut en résulter soit une émission de CO<sub>2</sub>, soit une captation de CO<sub>2</sub>. Par exemple, d'un point de vue majoritaire, le retournement d'une prairie et sa substitution par une culture entraîne un déstockage du carbone des sols. Les cinétiques de stockage / déstockage du carbone entraînées par des changements d'affectation des sols sont des **phénomènes qui s'inscrivent sur de longues périodes**. Par ailleurs, on peut également noter sur le graphe ci-dessous que la vitesse de déstockage à une échelle de 20 ans est deux fois plus rapide que la vitesse de stockage.



*Evolution des stocks de carbone suite à un changement d'affectation des sols  
(L'intervalle de confiance à 95% sur ces valeurs est de l'ordre de +/- 40%),*

Dans ces recommandations, le GIEC distingue 6 types de sols :

- Les forêts
- Les prairies
- Les cultures
- Les espaces artificialisés
- Les zones humides
- Les autres terres

On s'intéressera ici tout particulièrement aux quatre premiers types de sols. On distinguera dans le type d'espaces artificialisés, les sols « imperméabilisés » et les « sols non imperméabilisés » (ceux-ci incluant, pelouses, parc et jardins, etc).

## Sources

Ces données proviennent de l'étude de l'**INRA** : "**Stocker du carbone dans les sols agricoles de France?**" [240](#) (Octobre 2002). Bien que cette étude ne repose pas sur les dernières données fournies par le RMQS [241](#), la méthodologie employée, reflétant les différences de cinétique entre émissions et captations est plus fine que la méthode GIEC [001](#). Elle est par ailleurs appropriée pour le calcul de bilan à l'échelle d'organisations (entreprises ou collectivités).

Concernant l'artificialisation des sols, en première approximation, on ne pas retient pas de changement de stock de C dans les sols lorsque celui-ci devient un espace végétalisé (parc, jardin, pelouse de stade, etc.). Dans le cas des imperméabilisations des sols (construction de voirie, parking

ou bâtiments) on appliquera par défaut une émission à hauteur du stock total de carbone contenu dans le sol. Cette approche est cohérente avec la démarche du CITEPA. Les valeurs proposées sont donc pour les prairies et les forêts 290 tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup> et pour les cultures 190 tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>

## Changement d'affectation des sols

Les facteurs d'émission (ou de captation) proposés pour la France sont les suivants :

- FE (culture vers prairie) = - 1,8 (+ 0,95) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>
- FE (culture vers forêt) = - 1,61 (+ 0,88) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>
- FE (prairie vers forêt) = - 0,37 (+ 0,73) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>
- FE (prairie vers culture) = 3,48 (+1,1) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>
- FE (forêt vers culture) = 2,75 tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>
- FE (forêt vers prairie) = 0,37 (+ 0,37) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>
- FE (culture vers prairie) = - 1,8 (+ 0,95) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>
- FE (forêt vers sols non imperm.) = 0 tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>
- FE (prairie vers sols non imperm.) = 0 tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>
- FE (culture vers sols non imperm.) = 0 tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>
- FE (forêt vers sol imperméabilisés) = 290 (+ 120) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>
- FE (prairie vers sol imperméabilisés) = 290 (+120) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>
- FE (culture vers sol imperméabilisés) = 190 (+80) tCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>

	Cultures	Prairies	Forêts	sols non imperm.	sols imperm.
Cultures en terres arables		-1,80	-1,61	0	190
Prairies permanentes	3,48		-0,37	0	290
Forêts	2,75	0,37		0	290

### Sources :

- [\[001\] AR4 : 4ème rapport du GIEC \(2007\) - Chapitre 3: Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur CATF](#)
- [\[240\] INRA / Octobre 2002 / Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?](#)
- [\[241\] RMQS - Réseau de Mesures de la Qualité des Sols](#)



**Part**

---

**IV**

## 4 Scope 2 : émissions indirectes - énergie

Les émissions indirectes - énergie, correspondent à la consommation d'une énergie finale dont les émissions ne sont pas émises sur le lieu de consommation, mais de production. Concrètement, il s'agit de l'électricité et des réseaux de chaleur / froid.

Dans le cadre d'un bilan GES, on parle usuellement de **scope 2**.

### 4.1 Electricité

Que ce soit dans une centrale à charbon, nucléaire, avec une éolienne ou un barrage, l'électricité est toujours produite à partir d'une énergie dite "primaire" déjà disponible dans la nature (pétrole, gaz, uranium, solaire...). Pour calculer le "contenu en équivalent CO<sub>2</sub>" d'un kWh électrique fourni à l'utilisateur, il est nécessaire, dans l'idéal, de tenir compte :

- Des émissions de **combustion**, le cas échéant, de l'énergie primaire utilisée,
- Des émissions **amont liées à la mise à disposition de cette énergie primaire** à la centrale électrique,
- Des émissions qui ont été engendrées par la **construction de l'installation de production** (qu'il s'agisse d'une centrale produisant en masse ou d'un panneau solaire),
- Des **pertes en ligne** si l'énergie électrique n'est pas produite sur place, car cette énergie perdue a bien entendu conduit à des émissions lors de sa production.

Les chapitres suivants sont organisés de la façon suivante :

- Le chapitre **mix électrique** s'intéresse au facteur d'émission de l'électricité **au niveau du consommateur**
- Le chapitre **moyens de production** s'intéresse au facteur d'émission de l'électricité **associé à chaque système de production d'électricité**

Pour réaliser le bilan GES réglementaire, ces données sont utilisées pour renseigner le poste n°6 (émissions indirectes liées à la consommation d'électricité).

#### 4.1.1 Mix électrique

##### Description

L'électricité est produite avec des énergies primaires qui sont très variables d'[un pays d'Europe à](#)

[un autre](#). Il en résulte que le "contenu moyen en gaz à effet de serre" d'un kWh électrique consommé est très variable d'un pays à l'autre. On utilisera l'expression « électricité de réseau » pour désigner un kWh produit dans un pays donné. Cette électricité de réseau se verra conventionnellement affecter le contenu moyen en gaz à effet de serre de la consommation électrique effectuée dans le pays. Cette convention suppose implicitement :

- une prise en compte des imports/exports d'électricité puisqu'il y a des échanges transfrontaliers qui ont tendance à augmenter avec le renforcement des interconnexions des différents réseaux nationaux. Il faut noter que ces échanges ne représentent souvent qu'une minorité de l'électricité consommée dans le pays (par exemple : 35 TWh importés en France pour 81 TWh exportés sur une consommation de 455 TWh ),
- qu'il est impossible de tracer précisément l'origine de ce kWh (sinon on lui appliquerait un facteur d'émission spécifique à la centrale ou au groupe de centrales dont il est issu).

Enfin, les centrales en fonctionnement ne sont pas les mêmes en fonction de la période de l'année, ni même de l'heure de la journée. Par exemple, en France, les centrales nucléaires ne s'arrêtent pas facilement en quelques minutes, alors que les barrages et les centrales à charbon ou à gaz sont beaucoup plus faciles à arrêter ou à démarrer rapidement.

Comme ce sont ces dernières (les centrales à charbon, à fioul lourd ou à gaz) qui conduisent à des émissions de gaz carbonique, on comprendra facilement qu'en fonction de leur mise en route, ou pas, le contenu CO<sub>2</sub> du kWh qui circule sur le réseau électrique français changera de manière significative. Cela explique que le facteur d'émission du kWh électrique de réseau varie, en France, avec l'heure de la journée (il augmente aux périodes de pointe, le matin et en début de soirée, et ces pointes se décalent dans la journée entre hiver et été) et plus structurellement avec la période de l'année (il augmente en hiver et diminue en été).

En outre, toute augmentation de la consommation électrique qui résulterait d'une substitution entre énergie (électrification par exemple) se traduirait très probablement par une augmentation du contenu en CO<sub>2</sub> du kWh, au vu des moyens de production pouvant être mobilisés rapidement (centrales thermiques principalement). Les contenus CO<sub>2</sub> proposés dans les méthodes de bilans d'émissions de GES (réglementation, Bilan Carbone, normes ISO 14064-1 et 14069, GHG Protocol) sont donc généralement pertinentes pour une évaluation actuelle, mais à utiliser avec précaution pour toute analyse prospective. Dans ce dernier cas, les hypothèses prises pour le facteur d'émission de l'électricité supplémentaire consommée devront être clairement explicitées.

## 4.1.1.1 Mix électrique France continentale

### Contexte

Le calcul du contenu en carbone de l'électricité représente en France un enjeu important pour les bilans de gaz à effet de serre, rendus notamment obligatoire par la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010.

Si pour bon nombre de pays, cette question ne soulève pas de difficulté majeure, elle est plus complexe dans notre pays compte tenu de la spécificité du secteur électrique.

En effet, en France, les émissions de CO<sub>2</sub> de l'électricité à la production varient fortement selon que l'on considère la moyenne annuelle sur l'ensemble des moyens de production, les émissions des seuls parcs nucléaires et renouvelables (sans émissions directes), ou la production du parc de centrales gaz ou charbon (de l'ordre de 350 à 950 gCO<sub>2</sub>/kWh en émissions directes). Ceci conduit de fait à des variations saisonnières importantes du contenu en CO<sub>2</sub> du kWh livré sur le réseau, tandis que dans les autres pays européens, cette dispersion est limitée dans la mesure où la production d'électricité à partir de centrales thermiques à combustibles fossiles représente une partie importante de la production en base.

De plus, dans la mesure où les moyens de production émetteurs (centrales thermiques à flamme) fonctionnent en « bouclage » de l'équilibre offre-demande France, la moyenne nationale varie assez sensiblement en fonction des conditions de température (pour 1°C de moins, ce sont 2,1 GW de puissance additionnelle qui sont nécessaires en hiver) et des caractéristiques de fonctionnement du parc.

En conséquence, l'approche, par un seul indicateur, du contenu CO<sub>2</sub> moyen du kWh français s'est révélée insuffisante, et la volonté d'un certain nombre d'acteurs a été d'utiliser des contenus CO<sub>2</sub> différenciés par usage dès 2005 (cf. note ADEME-EDF).

Cependant sur le réseau, les électrons sont totalement indifférenciés. Ainsi, la question consistant à rechercher la centrale de production qui alimente tel utilisateur n'a pas de sens d'un point de vue physique. **Le calcul d'un contenu en CO<sub>2</sub> par usage relève donc nécessairement de simplifications méthodologiques et de conventions**, qu'il convient d'explicitier pour en connaître les limites et éviter d'en faire un sujet de controverses.

Cette problématique a fait l'objet d'un travail initial en 2005 entre l'ADEME et EDF où les deux partenaires ont élaboré conjointement une méthodologie d'évaluation du contenu CO<sub>2</sub> du kWh par usage.

A présent, en associant l'ensemble des parties prenantes, c'est sur cette même base méthodologique actualisée et améliorée lorsque des données le permettaient (prise en compte des échanges transfrontaliers sur la base des soldes mensuels des flux physiques par exemple) que des données pour la période 2008-2010 sont produites.

## La méthode historique par usage

Pendant la période 2003-2005, le travail a permis d'aboutir à des conventions, une méthodologie et des résultats partagés.

Les grands principes qui ont guidé ce travail sont rappelés :

- Le choix d'une méthode qui respecte le critère d'**additivité**, c'est à dire que, sur une année, la somme des émissions de CO<sub>2</sub> de l'ensemble des différents usages est égale (ni plus, ni moins) au total des émissions du parc de production.
- Le choix d'une méthode basée sur les données historiques **moyennées sur plusieurs années** (2008-2011) permet de gommer les variations dues à des situations particulières, aussi bien en termes de fonctionnement du parc qu'en termes de climatologie.
- Le périmètre retenu est celui de la **France continentale**, hors production auto-consommée, avec prise en compte des interconnexions et échanges.
- L'utilisation de données au **pas mensuel** car la « variance » du contenu CO<sub>2</sub> est en grande partie expliquée par la composante saisonnière (par opposition aux variations horaires au sein d'une semaine) et d'autre part, les études à pas de temps plus fin sont moins robustes et difficilement reproductibles.
- La discussion du travail et des hypothèses ont été réalisés tout au long de la phase d'actualisation à l'automne 2011.

Plus précisément, la méthode a consisté pour chaque type de production (nucléaire, hydraulique, éolien, solaire, charbon, gaz, fioul, cogénération) à séparer la production entre une fraction en base (environ 400 TWh annuels) et une fraction saisonnalisée (environ 130 TWh), afin de calculer le contenu CO<sub>2</sub> de chacune de ces deux composantes de la production. Les deux valeurs correspondantes sont en moyenne respectivement de 20 et 220 g /kWh livré à l'utilisateur final selon les années considérées.

Concernant la consommation, l'étude a conduit à identifier un coefficient de saisonnalisation à chaque usage. Ainsi, on considère que le chauffage électrique est saisonnalisé à 100 %, mais l'industrie à 10% seulement. Afin d'affecter à chaque usage un contenu CO<sub>2</sub>, les valeurs des deux composantes de production obtenues précédemment ont été pondérées pour chaque usage par le coefficient de saisonnalisation. A titre d'exemple, pour le chauffage on obtient une valeur identique à la composante saisonnalisée tandis que pour l'industrie elle sera calculée en prenant 10% de la valeur saisonnalisée et 90% de la valeur en production de base, etc.

La combinaison de ces deux approches permet de tenir compte à la fois des caractéristiques intrinsèques à chaque usage, et de l'adaptation du système de production à ces usages. Un des intérêts de la méthode réside dans la préservation de l'additionnalité des résultats et son exhaustivité. Des analyses ont été réalisées pour étudier la pertinence de traiter d'autres usages via d'autres méthodes d'allocation (utilisant des pas de temps différents notamment), mais les intérêts techniques sont limités (les précisions sont faites dans le rapport méthodologie complet) et le risque de voir créer une méthode par usage est important.

RTE, gestionnaire du réseau de transports, a été le pourvoyeur de données au groupe de travail.

## Les résultats :

Les résultats de cette méthode ne permettaient pas d'obtenir des données directement conformes aux exigences de la réglementation article 75. En effet, RTE ne distinguent pas (pour des raisons de secret industriel) les consommations liées au site d'Eurodif (enrichissement) des consommations associées aux pertes et à la distribution sur le réseau. Cette distinction va avoir de moins en moins d'importance au vue des performances de la nouvelle usine Georges-Besse II. Une quote part forfaitaire de 8% a donc été appliquée pour résoudre ce point.

Il convient de noter que ces facteurs d'émissions, conformément à la réglementation, ne prennent pas en compte la part amont à la centrale de production d'électricité.

Ci après sont présentés pour plus de clarté, tout d'abord les différences de classement des émissions selon les référentiels de reporting, puis les résultats pour l'application réglementaire (Art 75), et enfin les résultats globaux.

#### ■ Périmètre selon les exercices de reporting

Réglementation	Combustion seule	Pertes du réseau (transport et distribution)	amont des combustibles et construction de l'installation de production
Réglementation article 75	Scope 2	Scope 2	Scope 3
Norme ISO et GHG Protocol	Scope 2	Scope 3	Scope 3

*Ecart d'affectation entre réglementation article 75 et norme iso 14069*

#### ■ Résultats réglementaires (2008-2009-2010)

Usage	Emission sortie centrale	Pertes du réseau (8%)	FE électricité Réglementaire
Moyenne	56	4	<b>60</b>
Chauffage	176	14	<b>190</b>
Résidentiel : ECS	35	3	<b>38</b>
Résidentiel : Eclairage résidentiel	89	7	<b>96</b>
Résidentiel : Lavage, froid, bruns, gris	40	3	<b>43</b>
Résidentiel : Cuisson	54	4	<b>58</b>
Eclairage publique et industriel	73	6	<b>79</b>
Industrie	36	3	<b>39</b>
Transport	32	3	<b>35</b>
Autres (tertiaire, agriculture...)	34	3	<b>37</b>

*FE de l'électricité pour la France pour 2013 exprimés en gCO<sub>2</sub>e/kWh*

La donnée réglementaire pour l'information CO2 des transports est de 53 gCO2e/kWh car elle intègre l'amont des combustibles

■ Résultats globaux actualisés (2008-2009-2010-2011)

Usage	Combustion seule (Scope 2)	Amont des combustibles (inclus enrichissement) et transports / distribution (Scope 3)	FE électricité "complet"
<b>Moyenne</b>	55	26	<b>81</b>
Chauffage	181	32	<b>213</b>
Résidentiel : ECS	42	16	<b>58</b>
Résidentiel : Eclairage résidentiel	93	22	<b>115</b>
Résidentiel : Lavage, froid, bruns, gris	42	17	<b>59</b>
Résidentiel : Cuisson	57	18	<b>75</b>
Eclairage publique et industriel	72	20	<b>92</b>
Industrie	34	15	<b>49</b>
Transport	33	16	<b>49</b>
Autres (tertiaire, agriculture...)	34	16	<b>50</b>

*FE de l'électricité pour la France pour 2013 - Application Norme ISO et GHG Protocol*

**"Règle" d'application des facteurs d'émission par usage**

Usage	Résidentiel	Tertiaire	Industrie	Transport	Agriculture
Chauffage	X	X	X	X	X
Résidentiel : ECS	X				
Résidentiel : Eclairage résidentiel	X				
Résidentiel : Lavage, froid, bruns, gris	X				
Résidentiel : Cuisson	X				
Eclairage publique et industriel		X			
Industrie			X		
Transport				X	
Autres (tertiaire, agriculture...)		X			X

*Guide pour l'utilisation des données*

## 4.1.1.2 Mix électrique autres pays

### Description

Pour l'étranger, les valeurs ont été prises dans une publication de l'Agence Internationale de l'Energie (« CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion », 2013, fournissant des données pour 2011<sup>210</sup>) et figurent dans le tableau ci-dessous.. Dans cette publication, les valeurs tiennent compte des kWh électriques et thermiques fournis. Par ailleurs, les échanges transfrontaliers ne sont pas pris en compte. Enfin, cela concerne uniquement les émissions directes des centrales.

L'ensemble des hypothèses de calcul retenus par l'AIE présentées ci dessus ne permettent ainsi pas de comparer directement ces données avec celles de la France.

Pays	kgCO <sub>2e</sub> / kWh	Pays	kgCO <sub>2e</sub> / kWh
Afrique du Sud	0,927	Japon	0,416
Albanie	0,002	Jordanie	0,566
Algérie	0,548	Kazakstan	0,766
Allemagne	0,461	Kenya	0,274
Angola	0,440	Kirghizistan	0,094
Antilles Néerlandaises	0,707	Kosovo	1,287
Arabie Saoudite	0,737	Koweït	0,842
Argentine	0,367	Lettonie	0,227
Arménie	0,181	Liban	0,709
Australie	0,841	Libye	0,885
Autriche	0,188	Lituanie	0,548
Azerbaïdjan	0,584	Luxembourg	0,410
Bahreïn	0,640	Macédonie	0,687
Bangladesh	0,593	Malaisie	0,727
Bélarus	0,585	Malte	0,872
Belgique	0,220	Maroc	0,718
Bénin	0,720	Mexique	0,455
Birmanie	0,262	Moldavie	0,583
Bolivie	0,423	Mongolie	1,492
Bosnie-Herzégovine	0,729	Montenegro	0,405
Botswana	2,517	Mozambique	0,001
Brésil	0,087	Namibie	0,197
Brunéi Darussalam	0,798	Népal	0,001
Bulgarie	0,579	Nicaragua	0,460
Cambodge	0,804	Nigéria	0,405
Cameroun	0,207	Norvège	0,017



Canada	0,186	Nouvelle-Zélande	0,150
Chili	0,410	Oman	0,794
Chine	0,766	Ouzbékistan	0,734
Chypre	0,702	Pakistan	0,425
Colombie	0,176	Panama	0,298
Congo	0,142	Paraguay	0,000
Corée	0,533	Pays-Bas	0,415
Corée	0,465	Pérou	0,289
Costa Rica	0,056	Philippines	0,481
Côte d'Ivoire	0,445	Pologne	0,781
Croatie	0,305	Portugal	0,255
Cuba	1,012	Qatar	0,494
Danemark	0,360	Rép. Dém. Du Congo	0,003
Dominicaine, République	0,589	République Tchèque	0,589
Égypte	0,450	Roumanie	0,499
El Salvador	0,223	Royaume-Uni	0,457
Émirats Arabes Unis	0,598	Russie	0,639
Équateur	0,389	Sénégal	0,637
Érythrée	0,646	Serbie	0,724
Espagne	0,238	Singapour	0,499
Estonie	1,014	Slovaquie	0,197
États-Unis	0,522	Slovénie	0,325
Éthiopie	0,007	Soudan	0,344
Finlande	0,229	Sri Lanka	0,379
		Suède	0,030
Gabon	0,383	Suisse	0,027
Géorgie	0,071	Tadjikistan	0,024
Ghana	0,259	Taïwan	0,768
Gibraltar	0,762	Tanzanie	0,329
Grèce	0,718	Thaïlande	0,513
Guatemala	0,286	Togo	0,195
Haïti	0,538	Trinité-et-Tobago	0,700
Honduras	0,332	Tunisie	0,463
Hongrie	0,317	Turkménistan	1,898
Inde	0,912	Turquie	0,460
Indonésie	0,709	Ukraine	0,419
Iraq	1,003	Union européenne à 27	0,429
Irlande	0,458	Uruguay	0,081
Irlande	0,565	Venezuela	0,264
Islande	0,000	Viêt Nam	0,432
Israël	0,689	Yémen	0,655
Italie	0,406	Zambie	0,003
Jamaïque	0,711	Zimbabwe	0,660

*Facteurs d'émission de la production d'électricité par pays en 2011*

## Incertitudes

Les facteurs d'émissions de l'électricité de réseau, reflétant le parc de centrales installées sur le territoire national, varie lentement. En effet, la composition de ce parc ne change pas du tout au tout d'une année sur l'autre.

En revanche, entre autres pour des raisons climatiques, ce qui peut assez rapidement changer d'une année sur l'autre est l'appel aux centrales fournissant l'électricité de pointe, qui sont, pour une large partie des pays d'Europe, des centrales thermiques à flamme, c'est-à-dire utilisant comme énergie primaire du charbon, du gaz ou du pétrole (même si l'hydroélectricité de lac est aussi utilisée pour la pointe, mais déjà à son maximum de potentiel). Une large partie de la production à faible teneur en CO<sub>2</sub>, à savoir le nucléaire (30% du courant européen environ), l'hydroélectricité au fil de l'eau, et plus marginalement l'éolien, fournit de l'électricité dite "de base", c'est-à-dire celle qui est consommée en permanence.

Un autre processus qui est susceptible de provoquer une modification du contenu en CO<sub>2</sub> du kWh en quelques années est le basculement du charbon sur le gaz pour les moyens de pointe et semi base. Ainsi, selon la PPI de 2009, la moitié des centrales à charbon doivent être fermés d'ici à 2015 en France.

Compte tenu des variations issues de la mise en service de nouvelles capacités (rythme lent), ou de la mise en route ou pas des centrales fournissant l'électricité de pointe (fortes variations d'une année sur l'autre), et de l'antériorité des chiffres repris ci-dessus (les statistiques ont souvent 2 ans de décalage avec l'année en cours), l'incertitude attachée à ces facteurs d'émission sera de 15%.

### Sources :

[\[310\] AIE - 2013 - CO2 emissions from fuel combustion - highlights](#)

## 4.1.2 Moyens de production

Ce chapitre présente le contenu CO<sub>2</sub> de l'électricité en sortie de centrale par type de centrale. Les facteurs d'émission comprennent :

- Les émissions liées à la **combustion du combustible** (pour les centrales thermiques)
- Les émissions liées à la **mise à disposition du combustible** (pour les centrales thermiques et nucléaires)
- Les émissions liées à la **construction de la centrale**

Ainsi les pertes en ligne ne sont pas (logiquement) prises en compte dans ce chapitre.

Les moyens de production sont classés en deux catégories:

- **Conventionnels** pour les centrales nucléaires et fossiles (charbon, gaz, fioul)
- **Renouvelables** pour les centrales hydroélectriques, l'éolien, le photovoltaïque et le thermique renouvelable

## 4.1.2.1 Conventionnel

### Définition

Pour le calcul du facteur d'émissions moyen de la France, on réalise un mix des ACV des diverses centrales de production d'électricité au prorata de leur contribution. On dispose des ACV unitaires pour les centrales thermiques fossiles et fissiles suivantes :

- Centrale nucléaire
- Centrale à gaz : Turbine A Combustion et Cycle Combiné Gaz
- Centrale à charbon
- Centrale fioul-vapeur

Le périmètre des données comprends l'amont et la combustion

Centrale nucléaire	Centrale à gaz	Centrale à Charbon	Centrale fioul-vapeur
10	406	1038	704

*FE de l'électricité pour les moyen de production en France exprimés en gCO2e/kWh*

La source pour l'électricité d'origine nucléaire est une ACV ELCD / PE Interational<sup>[320](#)</sup>.

La source pour l'électricité d'origine thermique est Second Strategic Energy Review<sup>[321](#)</sup>.

#### Sources :

[\[320\] ACV ELCD / PE Interational](#)

[\[321\] Second Strategic Energy Review](#)

## 4.1.2.2 Renouvelable

### Généralités

Pour toute production électrique utilisant une énergie primaire renouvelable (vent, soleil, bois, géothermie, etc), la convention prise est de ne tenir compte que des émissions « amont » pour l'énergie, et des émissions liées à la fabrication et à la maintenance du dispositif de production. L'utilisation de l'énergie primaire en elle-même est considérée comme sans émissions. Cette

convention ne s'applique pas à la valorisation de déchets (qui ne sont pas tous renouvelables, notamment les plastiques), bien que certains organismes (l'AIE notamment) incluent la valorisation de déchets dans les énergies renouvelables.

Les facteurs d'émission présentés ci-dessous ne tiennent pas compte de l'intermittence induite.

## Eolien

Une ACV propose pour le modèle le plus récent d'aérogénérateur installé sur des sites en Europe du Nord comme facteur d'émission la valeur de 4,8 g équivalent CO<sub>2</sub> par kWh pour de l'éolien à terre et de 5,1 g pour l'éolien en mer. Etant donné que le facteur d'émission est fortement dépendant du facteur de charge annuel (c'est-à-dire le nombre d'heures-équivalent où l'éolienne tourne à pleine puissance), et que les sites de référence font partie des plus favorables en Europe, nous proposons de retenir avec un coefficient de sécurité suffisant la valeur de 7 g équivalent CO<sub>2</sub> par kWh,  $\pm 50\%$ , pour une éolienne installée en Europe continentale.

## Photovoltaïque

SmartGreenScans, cabinet de consultants spécialisé en ACV des systèmes photovoltaïques, propose une valeur d'empreinte carbone de l'électricité photovoltaïque globale et pour certains pays<sup>330</sup>. Le facteur d'émission relatif à l'électricité photovoltaïque pour la France est de 56 gCO<sub>2</sub>e par kWh. Cette valeur a été calculée à partir de données de marché international de 2011 des matériaux et composants photovoltaïques (lieu et capacité de fabrication des composants PV). A noter que la puissance annuelle mondiale installée a évolué significativement depuis 2011 (30GW en 2011 à 38 GW en 2013), mais la production des composants se situe toujours principalement en Asie. Globalement l'effet sur l'empreinte carbone de l'électricité photovoltaïque en France reste négligeable.

Cette valeur tient compte également des parts de marché des principales technologies de modules, de la répartition des installations selon les régions en France, des rendements commerciaux actualisés des principales technologies de modules. La puissance installée cumulée en France utilisée pour la détermination de la valeur du contenu carbone est celle de la fin 2011. La puissance cumulée est passée de 3 GW à la fin 2011 environ à 4,7 GW à la fin 2013. Mais la répartition géographique des installations PV en terme de puissance n'a pas réellement évolué depuis fin 2011.

On peut donc considérer cette étude comme une référence d'un point de vue évaluation de l'empreinte carbone du kWh photovoltaïque en France. La valeur retenue sera arrondie à 55 gCO<sub>2</sub>e/kWh avec une incertitude de 30%. Notons par ailleurs que cette valeur est conforme avec les résultats des ACV menées par l'ADEME sur les différentes technologies de mises en œuvre des systèmes photovoltaïques. Les valeurs issues de ces ACV varient entre 35 et 85 g équivalent CO<sub>2</sub> par kWh du sud au nord et selon les technologies.

## Autres filières

A titre informatif, un papier publié dans Energy Policy en 2008 (Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. B K Sovacool) dresse un bilan des études ACV existantes sur la filière nucléaire dans le monde et reprend les résultats d'autres études sur les autres filières de production d'électricité. Les résultats sont proches de ceux proposés auparavant, excepté pour le nucléaire (66 gCO<sub>2</sub>e/ kWh) à un niveau plus élevé.

*Lifecycle estimates for electricity generators\**

Technology	Capacity/configuration/fuel	Estimate (gCO <sub>2</sub> e/kWh)
Wind	2.5 MW, offshore	9
Hydroelectric	3.1 MW, reservoir	10
Wind	1.5 MW, onshore	10
Biogas	Anaerobic digestion	11
Hydroelectric	300 kW, run-of-river	13
Solar thermal	80MW, parabolic trough	13
Biomass	Forest wood Co-combustion with hard coal	14
Biomass	forest wood steam turbine	22
Biomass	Short rotation forestry Co-combustion with hard coal	23
Biomass	FOREST WOOD reciprocating engine	27
Biomass	Waste wood steam turbine	31
Solar PV	Polycrystalline silicone	32
Biomass	Short rotation forestry steam turbine	35
Geothermal	80MW, hot dry rock	38
Biomass	Short rotation forestry reciprocating engine	41
Nuclear	Various reactor types	66
Natural gas	Various combined cycle turbines	443
Fuel cell	Hydrogen from gaz reforming	664
Diesel	Various generator and turbine types	778
Heavy oil	Various generator and turbine types	778
Coal	Various generator types with scrubbing	960
Coal	Various generator types without scrubbing	1050

*\*Wind, hydroelectric, biogas, solar thermal, biomass, and geothermal, estimates taken from Pehnt (2006). Diesel, heavy oil, coal with scrubbing, coal without scrubbing, natural gas, and fuel cell estimates taken and Gangon et al. (2002). Solar PV estimates taken from Fthenakis et al. (2008). Nuclear is taken from this study. Estimates have been rounded to the nearest whole number.*

**Sources :**

[\[330\] Solar resources and carbon footprint of photovoltaic power in different regions in Europe, De](#)

Wild-Scholten, SmartGreenScans, 2014

## 4.2 Réseaux de chaleur / froid

### Description

Lorsqu'une entreprise ou un particulier achète de la vapeur (pour un particulier, c'est au minimum via un réseau de chauffage urbain, et le plus souvent également via une copropriété ou un bailleur), la production de cette vapeur a nécessité l'utilisation de combustibles divers. Le facteur d'émission de la vapeur consommée va donc dépendre du ou des combustible(s) utilisé(s) par le producteur. Souvent, l'alimentation de l'installation productrice de vapeur est multi-énergies : charbon, fioul lourd, gaz, et ordures ménagères y contribuent dans des proportions variables.

Pour réaliser le bilan GES réglementaire, ces données sont utilisées pour renseigner le poste n°7 (émissions indirectes liées à la consommation de vapeur, chaleur ou froid).

### Valeurs

Le tableau ci-dessous reproduit les facteurs d'émission publiés par le MEDDE.

Les émissions de combustion des ordures ménagères ne sont pas incluses dans le calcul, alors que l'incinération des plastiques - contenus dans les ordures ménagères - engendre des émissions de CO<sub>2</sub> fossile. Ainsi par convention de calcul, cela revient à affecter 100% des émissions à la fonction de traitement des déchets et 0% à l'énergie produite. Ce choix méthodologique contestable n'est pas spécialement adaptée pour le calcul de Bilans GES, particulièrement dans le cas où les OM occupent une part significative des combustibles utilisés. Ainsi, un post traitement de la donnée peut s'avérer pertinent. Dans ce cas, il convient d'être transparent sur la règle d'allocation associée.

dép.	Nom du réseau	Localisation	C/F	kgCO <sub>2e</sub> / kWh
1	La Reyssouze	Bourg-en-Bresse	C	0,179
1	La Forge	Oyonnax	C	0,209
1	La Plaine (HLM)	Oyonnax	C	0,213
2	ZUP du quartier Europe	Saint-Quentin	C	0,259
2	ZUP de Presles	Soissons	C	0,204
2	Réseau de Laon	Laon	C	0,025
3	Réseau de Moulins	Moulins	C	0,33
3	Fontbouillant	Montluçon	C	0,138

3	Meaulne	Meaulne	C	0,139
4	RCU Manosque ZAC Chanteprunier	Manosque	C	0,083
5	Réseau bois Delaroche	Embrun	C	0
5	Réseau quartier Gare	Embrun	C	0
6	Sonitherm-réseau de l'Ariane	Nice	C	0,008
6	Saint-Augustin (HLM)	Nice	C	0,194
7	Réseau d'Aubenas	Aubenas	C	0,022
8	La Houlière	Charleville-Mézières	C	0,28
8	La Citadelle	Charleville-Mézières	C	0,221
8	Ronde couture	Charleville-Mézières	C	0,067
8	ZUP de Sedan	Sedan	C	0,125
8	Réseau de Rocroi	Rocroi	C	0,324
8	Revin	Revin	C	0,171
10	ZUP de La Chapelle-Saint-Luc	Les Noës	C	0,232
10	Les Chartreux	Troyes	C	0,202
10	Biomasse de Piney	Piney	C	0,068
11	ZAC Saint-Jean et Saint-Pierre	Narbonne	C	0,118
12	Cransac-les-Thermes	Cransac-les-Thermes	C	0,011
13	ZAC des Canourgues	Salon-de-Provence	C	0,27
13	ZAC Paradis-Saint-Roch	Martigues	C	0,294
13	ZAC Canto Perdrix	Martigues	C	0,222
13	Centre urbain-ZAC des Pins	Vitrolles	C	0,217
13	Les Fenouillères	Aix-en-Provence	C	0,295
13	ZUP d'Encagnane	Aix-en-Provence	C	0,287
14	Hérouville-Saint-Clair	Hérouville-Saint-Clair	C	0,021
14	ZUP de Hauteville	Lisieux	C	0,003
14	ZAC de Falaise	Falaise	C	0,048
14	La Guérinière	Caen	C	0,184
14	Grâce de Dieu	Caen	C	0,212
14	Réseau Bois I	Bayeux	C	0,075
14	Réseau Bois vallée des près	Bayeux	C	0,06
17	Villeneuve-les-Salines	La Rochelle	C	0,095
17	Réseau de Jonzac	Jonzac	C	0,139
17	ZUP de Mireuil	La Rochelle	C	0,053
17	Réseau de Pons	Pons	C	0,172
17	Réseau des Fouriers	Rocheftort	C	0,193
18	Chancellerie Gibjoncs-ZUP de Bourges	Asnières-les-Bourges	C	0,052
18	ZUP du Clos du Roy	Vierzon	C	0,325
19	Centre valorisation énergétique Brive	Saint-Pantaléon-de-Larche	C	0

19	Egletons bois énergie	Egletons	C	0,051
20	Réseau de Corte	Corte	C	0,026
21	La Fontaine d'Ouche	Dijon	C	0,267
21	ZUP de Chenôve	Chenôve	C	0,287
21	Réseau de Quétigny	Quétigny	C	0,16
21	Les Grésilles	Dijon	C	0,099
23	Réseau de Bourganeuf	Bourganeuf	C	0,014
23	Réseau de Felletin	Felletin	C	0
25	Besançon-Planoise	Besançon	C	0,155
25	ZUP de la Petite Hollande	Montbéliard	C	0,069
25	Champvalon	Béthencourt	C	0,233
25	Chaufferie bois du Russey	Le Russey	C	0,057
25	Champs Montants	Audincourt	C	0,161
25	Domaine universitaire de la Bouloie	Besançon	C	0,043
25	Réseau de Mouthe	Mouthe	C	0,092
26	Réseau de la ZUP de Valence	Valence	C	0,295
26	Réseau de Pierrelatte-Des	Pierrelatte	C	0
26	Réseau Pracomptal	Montélimar	C	0,209
27	ZUP de Saint-André	Evreux	C	0,271
27	ZAC des Maisons Rouges	Louvriers	C	0,273
27	Quartier de l'Europe	Pont-Audemer	C	0,216
27	Tours du Levant clos Galots	Les Andelys	C	0,277
27	ZUP Les Valmeux	Vernon	C	0,242
28	ZUP de la Madeleine	Chartres	C	0,273
28	Les Gauchetières	Nogent-le-Rotrou	C	0,266
29	Réseau de Brest	Brest	C	0,049
29	Réseau de Plougastel-Daoulas	Plougastel-Daoulas	C	0,057
30	Quartier Ouest	Nîmes	C	0,238
30	Centre-ville Alès	Alès	C	0,265
31	Réseau de Toulouse (UIOM)	Toulouse	C	0
31	ZAC du Ritouret	Blagnac	C	0,17
31	CSU Rangueil	Toulouse	C	0,216
33	Réseau de Pellegrue	Pellegrue	C	0,005
33	Parc de Mérignac ville Stemer	Mérignac	C	0,24
33	Hauts de Garonne	Cenon-Lormont-Floirac	C	0,051
33	Puis de Gueyrosse	Libourne	C	0,173
33	La Benaugue-cité Pinçon	Bordeaux	C	0,199
33	Réseau de chaleur de Gironde-sur-Dropt	Gironde-sur-Dropt	C	0,006



33	Réseau de chaleur de Saint-Pierre-d'Aurillac	Saint-Pierre-d'Aurillac	C	0,022
34	Polygone Antigone	Montpellier	C	0,22
34	Ernest Granier	Montpellier	C	0,209
34	Port Marianne	Montpellier	C	0,104
34	Réseau des universités	Montpellier	C	0,019
34	Réseau Arches Jacques Cœur	Montpellier	C	0,216
34	Réseau Arches Jacques Cœur	Montpellier	C	0,014
34	Parc Marianne	Montpellier	C	0,263
35	Villejean-Beauregard	Rennes	C	0,034
35	Sarah Bernhardt	Rennes	C	0,205
35	Campus scientifique de Beaulieu	Rennes	C	0,189
35	Quartier Sud	Rennes	C	0,206
36	Cité Saint-Jean	Châteauroux	C	0,069
37	Morier et Rabière	Joué-lès-Tours	C	0,224
37	ZUP des bords de Cher	Tours	C	0,21
37	Sanitas	Tours	C	0,245
37	Quartier Châteaubriand	Tours	C	0,207
37	La Rabaterie	Saint-Pierre-des-Corps	C	0,184
37	Réseau UIOM Chinon	Saint-Benoît-la-Forêt	C	0
37	Réseau de La Riche-quartier	La Riche	C	0,234
38	Compagnie de chauffage de Grenoble	Grenoble	C	0,146
38	Réseau UIOM SITOM Nord Isère	Bourgoin-Jallieu	C	0
38	Réseau de Saint-Marcellin	Saint-Marcellin	C	0,009
38	Allevard	Allevard	C	0,025
39	Réseau de Dole	Dole	C	0,167
39	La Marjorie	Lons-le-Saunier	C	0,098
39	Réseau de Moirans-en-Montagne	Moirans-en-Montagne	C	0,14
40	ZAC des bords de l'Adour	Dax	C	0,274
41	Quartier Bégon et Chevalier	Blois	C	0,04
41	ZAC des Paradis	Vineuil	C	0,05
41	Réseau de Mondoubleau	Mondoubleau	C	0,061
42	ZUP de la Cotonne	Saint-Etienne	C	0,187
42	La Métare	Saint-Etienne	C	0,233
42	Montchovet-Beaulieu 4 (HLM)	Saint-Etienne	C	0,243
42	Réseau de Firminy	Firminy	C	0,265
42	ZUP RN 7	Roanne	C	0,313
42	ZUP du Parc des Sports	Roanne	C	0,295
42	Réseau de chaleur VIACONFORT	Saint-Etienne	C	0,073
42	ZUP de Montreynaud	Saint-Etienne	C	0,068

42	Réseau d'Andrézieux-Bouthéon	Andrézieux-Bouthéon	C	0,066
42	Réseau de Montrond-les-Bains	Montrond-les-Bains	C	0,018
43	Langeac	Langeac	C	0
43	Réseau de chaleur YES	Yssingeaux	C	0,114
43	Chaufferie de la mairie	Dunières	C	0,128
43	Chaufferie de la piscine	Dunières	C	0,128
44	Beaulieu Malakoff-Valorena	Nantes	C	0,015
44	ZUP de Bellevue Saint-Herblain	Nantes-Saint-Herblain	C	0,24
45	Socos	Orléans	C	0,26
45	Quartier centre-ville et Nord	Orléans	C	0,241
45	ZUP du Grand clos	Montargis	C	0,064
45	Réseau de Fleury-les-Aubrais	Fleury-les-Aubrais	C	0,255
45	CVE Pithiviers	Pithiviers	C	0
46	Cazals terrain des Prades	Cazals	C	0
46	Réseau de Nuzéjols	Nuzéjols	C	0,278
46	Réseau de Biars-sur-Cère	Biars-sur-Cère	C	0,02
46	Réseau de Cajarc	Cajarc	C	0,011
46	Réseau de Catus	Catus	C	0,023
46	Réseau de Caillac	Caillac	C	0,037
46	Réseau de Saint-Germain-du-Bel-Air	Saint-Germain-du-Bel-Air	C	0,044
46	Réseau des Quatre-Routes-du-Lot	Les Quatre-Routes-du-Lot	C	0,053
46	Réseau de Sousceyrac	Sousceyrac	C	0,014
46	Réseau de Figeac	Figeac	C	0,01
47	Novergie Sud-Ouest Sogad (UIOM)	Le Passage	C	0,256
48	Mende	Mende	C	0,001
49	Réseau d'Angers	Angers	C	0,143
49	ZUP de Jeanne-d'Arc	Angers	C	0,228
49	CHU Angers	Angers	C	0,213
49	Chemin Vert	Saumur	C	0,078
49	Réseau de chaleur d'Andrezé	Andrezé	C	0,009
50	ZUP d'Octeville	Cherbourg	C	0,127
50	Ilot Divette	Cherbourg	C	0,264
51	ZUP Laon-Neufchâtel	Reims	C	0,212
51	Réseau UIOM	Reims	C	0
51	Quartier Bernon	Epernay	C	0,175
51	Croix-Rouge	Reims	C	0,248
52	ZUP de Gigny	Saint-Dizier	C	0,213
52	Ensemble du Vert bois	Saint-Dizier	C	0,202
52	La Rochotte	Chaumont	C	0,259

53	ZUP de Nicolas	Laval	C	0,232
54	Nancy Energie	Nancy	C	0,119
54	Réseau de Vandœuvre	Vandœuvre-lès-Nancy	C	0,037
54	Haut du Lièvre	Nancy	C	0,11
54	Réseau d'Ecrouves	Ecrouves	C	0,168
55	Côte Sainte-Catherine	Bar-le-Duc	C	0,246
55	ZUP Anthouard	Verdun	C	0,197
55	Ligny-en-Barrois	Ligny-en-Barrois	C	0,041
56	Réseau de Lanester	Lanester	C	0,013
56	Réseau de chaleur ZAC Centre	Hennebont	C	0,033
57	Metz Cité	Metz	C	0,181
57	Metz Est	Metz	C	0,218
57	Réseau du Farébersviller	Farébersviller	C	0,223
57	Wenheck	Saint-Avold	C	0,223
57	Réseau de Freyming-Merlebach	Freyming-Merlebach	C	0,297
57	Réseau de Sarreguemines	Sarreguemines	C	0,238
57	Réseau de Holweg-Forbach-Behren	Forbach-Stiring-Wendel-Behren-lès-Forbach	C	0,056
57	Huchet	Saint-Avold	C	0,194
57	Côte de la Justice	Saint-Avold	C	0,199
57	Carrière	Saint-Avold	C	0,179
58	Réseau de Nevers	Nevers	C	0,224
59	Alma-Beaurepaire	Roubaix	C	0,216
59	Quartier Pont de bois	Villeneuve-d'Ascq	C	0,175
59	Domaine universitaire et scientifique	Villeneuve-d'Ascq	C	0,236
59	ZUP de Wattignies-Blanc Riez	Wattignies	C	0,191
59	Réseau de Wattrelos	Wattrelos	C	0,23
59	ZAC des Epis	Sin-le-Noble	C	0,211
59	Monsenergie	Mons-en-Barœul	C	0,225
59	Métropole Nord	Lille	C	0,253
59	ZUP de la Caserne joyeuse	Maubeuge	C	0,221
59	Energie Grand Littoral	Dunkerque	C	0,107
59	Réseau de chauffage d'Hazebrouck	Hazebrouck	C	0,242
60	Réseau de Compiègne	Compiègne	C	0,25
60	La Cavée	Creil	C	0,139
60	Quartier des Obiers	Nogent-sur-Oise	C	0,25
60	Les Martinets	Montataire	C	0,218
60	Les Hironvalles	Creil	C	0,264
61	Perseigne	Alençon	C	0,187
61	ZUP de Flers	Flers	C	0,348

61	Quartier Nord-route de Falaise	Argentan	C	0,019
61	Réseau de La Ferté-Macé	La Ferté-Macé	C	0,016
62	ZUP du quartier République	Avion	C	0,232
62	ZUP de Lens	Lens	C	0,229
62	ZUP de Béthune	Béthune	C	0,235
62	Réseau de Liévin	Liévin	C	0,244
62	Calais Energie	Calais	C	0,193
62	Réseau centre-ville	Béthune	C	0,23
62	Réseau d'Arras	Arras	C	0,212
63	Saint-Jacques (HLM)	Clermont-Ferrand	C	0,226
63	ZAC du Masage	Beaumont	C	0,22
63	Campus des Cézeaux	Aubière	C	0,237
63	ZUP de la Gauthière	Clermont-Ferrand	C	0,218
63	Réseau de Royat	Royat	C	0,214
67	Elsau	Strasbourg	C	0,248
67	Hautepierre	Strasbourg	C	0,219
67	L'esplanade	Strasbourg	C	0,235
67	Cité du Wihrel	Ostwald	C	0,226
67	Cité de l'Ill	Strasbourg	C	0,117
67	Réseau de Haguenau	Haguenau	C	0,063
68	Réseau de Colmar	Colmar	C	0,109
68	L'Illberg	Didenheim	C	0,23
68	Cité technique	Saint-Louis	C	0,228
68	Îlot de la Gare	Saint-Louis	C	0,198
68	Réseau de Cernay	Cernay	C	0,272
68	Réseau de Volgelsheim	Volgelsheim	C	0,292
68	Montagne Verte	Colmar	C	0,253
68	Réseau de Rixheim	Rixheim	C	0,022
69	Les Minguettes	Vénissieux	C	0,182
69	Les Sources (HLM)	Ecully	C	0,222
69	La Duchère et Lyon (9e)	Champagne-au-Mont-d'Or	C	0,087
69	Réseau Lyon-Villeurbanne	Lyon-Villeurbanne	C	0,11
69	Réseau de Vaulx-en-Velin	Vaulx-en-Velin	C	0,349
69	Campus de la Doua	Villeurbanne	C	0,248
69	La Perralière	Villeurbanne	C	0,214
69	Les Semailles	Rillieux-la-Pape	C	0,187
69	ZUP de Bron-Parilly	Bron	C	0,2
69	Les Vernes	Givors	C	0,234
69	Réseau UIOM Villefranche	Villefranche-sur-Saône	C	0,007

69	Plateau de Montmein	Oullins	C	0,234
69	Résidence des Deux Amants	Lyon	C	0,239
69	Réseau de Rillieux-la-Pape (UIOM)	Rillieux-la-Pape	C	0
69	Belleroche Ouest	Gleize	C	0,081
69	Mermoz Sud	Lyon	C	0,193
69	Domaine de la Roue	Rillieux-la-Pape	C	0,229
70	ZUP des Capucins	Gray	C	0,038
70	Réseau de Saulnot	Saulnot	C	0,007
71	Réseau de Chalon	Chalon-sur-Saône	C	0,176
71	Réseau de Montceau-les-Mines	Montceau-les-Mines	C	0,325
71	Réseau de Mâcon	Mâcon	C	0,362
71	Réseau d'Autun	Autun	C	0,117
71	Réseau de Tramayes	Tramayes	C	0,023
72	Réseau du Mans	Le Mans	C	0,221
72	Percée Centrale	Le Mans	C	0,201
72	ZUP d'Allonnes	Le Mans Allonnes	C	0,122
72	Bellevue	Coulaine	C	0,057
73	Bissy et Croix Rouge	Chambéry	C	0,173
73	La Plagne	Macôt-la-Plagne	C	0,134
73	Réseau de Notre-Dame-des-Millières	Notre-Dame-des-Millières	C	0,262
73	Réseau de Saint-Etienne-de-Cuines	Saint-Etienne-de-Cuines	C	0,281
74	Novel	Annecy	C	0,211
74	ZUP de Champ Fleury	Seynod	C	0,049
74	Réseau de la Rénovation	Thonon-les-Bains	C	0,294
74	Flaine	Les Carroz-d'Arraches	C	0,257
74	Réseau de la ZUP des Ewues	Cluses	C	0,247
74	ZA La Cudra	Faverges	C	0,009
74	ZUP de Cozets	Scionzier	C	0,276
75	CPCU-Paris et communes limitrophes	Paris	C	0,195
75	Réseau Climespace	Paris	C	0,212
75	Rue Legendre	Paris	C	0,217
76	Curb-Bihorel	Rouen	C	0,305
76	ZAC du Mont Gaillard	Le Havre	C	0,259
76	Réseau de Mont-Saint-Aignan	Mont-Saint-Aignan	C	0,258
76	ZUP de la Cité Verte	Canteleu	C	0,215
76	ZAC Nobel Bozel	Petit-Quevilly	C	0,256
76	Château Blanc	Saint-Etienne-du-Rouvray	C	0,029
76	Extension Nord-Thermical	Neuville-lès-Dieppe	C	0,243
76	CHU Charles Nicolle	Rouen	C	0,195

76	ZUP de Caucrauville	Le Havre	C	0,267
76	La Côte Brulée	Le Havre	C	0,243
76	Grammont	Rouen	C	0,027
77	Hôpital	Meaux	C	0,169
77	Beauval-Collinet	Meaux	C	0,198
77	Almont-Montaigu	Melun	C	0
77	ZUP du Mont Saint-Martin (GTNM)	Nemours	C	0,207
77	Réseau de Dammarie-les-Lys	Dammarie-les-Lys	C	0,213
77	Centrale de la butte Monceau	Avon	C	0,241
77	Réseau du Mée-sur-Seine	Le Mée-sur-Seine	C	0,193
77	Réseau de Vaux-le-Pénil	Vaux-le-Pénil	C	0,257
77	Réseau de Coulommiers	Coulommiers	C	0,032
77	ZUP de Surville	Montereau-Fault-Yonne	C	0,22
77	Réseau de Marne-la-Vallée	Torcy	C	0,222
77	Réseau de Chelles	Chelles	C	0,172
78	Les Nouveaux Horizons	Elancourt	C	0,209
78	Le Val Fourré	Mantes-la-Jolie	C	0,226
78	Réseau SVCU de Versailles	Versailles	C	0,258
78	Parly II-Le Chesnay	Le Chesnay	C	0,215
78	Réseau de Saint-Germain-en-Laye	Saint-Germain-en-Laye	C	0,204
78	ZAC de la Noe	Chanteloup	C	0,158
78	Quartier Grand Ouest et des Musiciens	Les Mureaux	C	0,247
78	Réseau de Vélizy	Vélizy-Villacoublay	C	0,226
78	Domaine de Beauregard-Cogecel	La Celle-Saint-Cloud	C	0,196
78	Réseau de Carrières-Chatou	Carrières-sur-Seine	C	0,02
78	Réseau de Plaisir-Resop	Plaisir	C	0,009
79	ZUP Le Clou Bouchet	Niort	C	0,207
79	Réseau de Bressuire	Bressuire	C	0,026
80	Etouvie	Amiens	C	0,276
80	Le Pigeonnier	Amiens	C	0,203
80	Réseau de Montdidier	Montdidier	C	0,068
81	Réseau de Carmaux	Carmaux	C	0,144
81	Chauffage urbain de Mazamet	Mazamet	C	0,062
81	Réseau de Castres-Lameilhé	Castres	C	0,012
82	Réseau de Montauban-Setmo	Montauban	C	0,017
82	Réseau de Caylus	Caylus	C	0
83	Réseau La Beaucaire (UIOM)	Toulon	C	0,128
84	Le Triennal	Avignon	C	0,229
85	OPHLM Vendée	La Roche-sur-Yon	C	0,349

85	Réseau Les Herbiers	Les Herbiers	C	0,073
86	ZUP des Couronneries	Poitiers	C	0,094
87	ZUP Val de l'Aurence	Limoges	C	0,218
87	ZAC de Beaubreuil	Limoges	C	0,005
87	Quartier de l'hôtel de ville	Limoges	C	0,229
88	Plateau de la Justice	Epinal	C	0,132
88	Quartier Kellerman	Saint-Dié	C	0,064
88	ZAD du Haut de Fol	Vittel	C	0,24
88	Réseau de Fresse-sur-Moselle	Fresse-sur-Moselle	C	0,007
89	ZUP des Grahuches	Sens	C	0,126
89	ZUP de Sainte-Geneviève	Auxerre	C	0,257
89	Les Chaillots	Sens	C	0,232
90	ZUP des Glacis	Belfort	C	0,233
91	Réseau de Massy-Antony	Massy	C	0,153
91	Réseau des Ulis-Thermulis	Les Ulis	C	0,103
91	Réseau d'Evry	Evry	C	0,207
91	Domaine du Bois des Roches	Saint-Michel-sur-Orge	C	0,275
91	Réseau de Grigny SOCCRAM	Grigny	C	0,205
91	Réseau de Dourdan	Dourdan	C	0,202
91	CEA DIF	Bruyères-le-Châtel	C	0,253
91	ZUP de la Croix Blanche	Vigneux-sur-Seine	C	0,113
91	Réseau d'Épinay-sous-Sénart	Épinay-sous-Sénart	C	0,182
91	Réseau de Ris-Orangis	Ris-Orangis	C	0,153
91	Réseaux ZUP de Saint-Hubert et Louis Pergaud	Sainte-Geneviève-des-Bois	C	0,21
91	Les Tarterêts	Corbeil-Essonnes	C	0,22
91	Réseau de Grigny COFELY	Grigny	C	0,24
91	Réseau Parc d'activités	Villejust	C	0,206
92	Réseau de Meudon	Meudon-la-Forêt	C	0,229
92	Les Fossés Jean Nord	Colombes	C	0,323
92	Réseau de Clichy	Clichy-la-Garenne	C	0,241
92	Réseau Gennedith	Gennevilliers	C	0,236
92	Réseau de Chaville	Chaville	C	0,217
92	ZAC de Levallois-Perret	Levallois-Perret	C	0,249
92	Réseau de Châtillon-sous-Bagneux	Châtillon-sous-Bagneux	C	0,25
92	Réseau du Plessis-Robinson (HLM)	Le Plessis-Robinson	C	0,223
92	ZAC du Front de Seine	Levallois-Perret	C	0,276
92	ZAC île Séguin-Rives de Seine	Boulogne-Billancourt	C	0,189
92	Réseau du Plessis-Robinson-ZIPEC	Le Plessis-Robinson	C	0,278
92	Chauffage urbain de Suresnes	Suresnes	C	0,203

92	Réseau Soclic	Courbevoie	C	0,243
92	Réseau de La Défense-Enertherm	Courbevoie	C	0,266
92	Résidence Villeneuve	Villeneuve-la-Garenne	C	0,175
92	Réseau Ciceo	Puteaux	C	0,216
93	Réseau de Saint-Denis	Saint-Denis	C	0,219
93	ZUP de Bobigny	Bobigny	C	0,226
93	ZAC de Sevrans	Sevrans	C	0,229
93	ZUP des Fauvettes	Neuilly-sur-Marne	C	0,261
93	Réseau de Villepinte	Villepinte	C	0,212
93	Pariféric	Aubervilliers	C	0,211
93	Rougemont Perrin Chanteloup	Sevrans	C	0,168
93	Réseau ADP-Le Bourget	Le Bourget	C	0,252
93	Le Chêne Pointu	Clichy-sous-Bois	C	0,188
93	Le Gros Saule	Aulnay-sous-Bois	C	0,198
93	La Courneuve quartier Nord	La Courneuve	C	0,108
93	Tremblay-en-France	Tremblay-en-France	C	0,063
93	Réseau du Blanc-Mesnil	Le Blanc-Mesnil	C	0,211
93	Réseau de Bondy	Bondy	C	0,242
93	Garonor	Aulnay-sous-Bois	C	0,3
93	Aulnay 3000-Rose des Vents	Aulnay-sous-Bois	C	0,161
93	Stade Energies Sésas	Saint-Denis	C	0,251
93	La Courneuve quartier Sud	La Courneuve	C	0,163
93	Résidence Les Lilas	Les Lilas	C	0,212
94	Réseau de Créteil-Scuc	Créteil	C	0,111
94	Réseau de Vitry-sur-Seine	Vitry-sur-Seine	C	0,22
94	Fontenay-sous-Bois	Fontenay-sous-Bois	C	0,199
94	Fresnes Sud	Fresnes	C	0,296
94	Réseau de Sucy-en-Brie	Sucy-en-Brie	C	0,038
94	Réseau de Cachan	Cachan	C	0,035
94	Réseau de Champigny-sur-Marne	Champigny-sur-Marne	C	0,094
94	Réseau de Maison-Alfort	Maison-Alfort	C	0,203
94	Réseau de Thiais	Thiais	C	0,038
94	Réseau de Bonneuil-sur-Marne (UIOM)	Bonneuil-sur-Marne	C	0,056
94	Réseau de Chevilly-Larue et l'Hay -les-Roses	L'Hay -les-Roses	C	0,092
94	Quartier Nord	Fresnes	C	0,071
94	Réseau d'Orly	Orly	C	0,031
94	Réseau d'Alfortville-Smag	Alfortville	C	0,036
94	Réseau d'Ivry	Ivry	C	0,176



94	Réseau de Villeneuve-Saint-Georges	Villeneuve-Saint-Georges	C	0,077
94	Réseau ADP Orly	Orly	C	0,143
95	Réseau de la ZAC Croix Rouge	Taverny	C	0,239
95	Grand ensemble Sarcelles-Lochères	Sarcelles	C	0,01
95	Réseau de Cergy-Pontoise	Cergy-Pontoise	C	0,168
95	Van Gogh	Garges-lès-Gonesse	C	0,183
95	ZUP de Sannois-Ermont-Franconville	Franconville	C	0,235
95	Réseau d'Argenteuil	Argenteuil	C	0,156
95	Réseaux ADP Roissy	Roissy	C	0,182
95	ZUP de l'Épine Guyon	Franconville	C	0,26
95	Réseau de Villiers-le-Bel-Gonesse	Villiers-le-Bel	C	0,156
95	Réseau de Pontoise	Pontoise	C	0,18
95	ZAC Montedour	Franconville	C	0,231
34	Polygone Antigone	Montpellier	F	0,23
34	Ernest Granier	Montpellier	F	0,2
34	Port Marianne	Montpellier	F	0,014
38	Compagnie de chauffage de Grenoble	Grenoble	F	0,01
42	Réseau de froid VIACONFORT	Saint-Etienne	F	0,013
69	Réseau Lyon-Villeurbanne	Lyon-Villeurbanne	F	0,012
75	Réseau Climespace	Paris	F	0,007
92	ZAC Île Séguin-Rives de Seine	Boulogne-Billancourt	F	0,02
92	Réseau de La Défense-Enertherm	Courbevoie	F	0,011
92	Réseau Suc	Issy-les-Moulineaux	F	0,018
93	Stade Energies	Saint-Denis	F	0,012
94	Réseau ADP Orly	Orly	F	0,01
95	Réseau ADP Roissy	Roissy	F	0,012

*Facteurs d'émissions des réseaux de vapeur*

*Source : Arrêté du 11 juillet 2013 relatif à la mise à jour des contenus en CO2 des réseaux de chaleur et de froid<sup>340</sup>*

**Sources :**

[\[340\] Arrêté du 11 juillet 2013 relatif à la mise à jour des contenus en CO2 des réseaux de chaleur et de froid](#)

**Part**

---



## 5 Scope 3 : émissions indirectes - autres

Les autres émissions indirectes, correspondent à l'ensemble des émissions dont les sources sont en dehors du périmètre organisationnel mais qui sont nécessaires à son activité.

Dans le cadre d'un bilan GES, on parle usuellement de **scope 3**.

Les valeurs des deux chapitres transport de marchandises et transport de personnes sont utilisables à la fois dans le cadre de l'article 75 et de l'information CO<sub>2</sub> des transports.

### 5.1 Transport de marchandises

En 2011, le secteur transport représentait 28%<sup>400</sup> des émissions directes de GES de la France et 37%<sup>400</sup> des émissions de CO<sub>2</sub> seul. C'est un secteur clé de la comptabilité carbone.

Les émissions suivantes sont associées au transport de marchandises :

- Les émissions directes générées par la **combustion des carburants** des véhicules
- Les émissions indirectes liées à l'**amont des carburants**
- Les émissions indirectes liées à la **fabrication du matériel** de transport. Dans les facteurs d'émissions de la Base Carbone ®, ces émissions sont **amorties sur la durée de vie du véhicule**
- Dans les **transports frigorifiques**, les émissions fugitives directes de **gaz frigorigènes fluorés**. Ces émissions sont comptées à part dans la Base Carbone ® (voir le [chapitre réfrigération dans les transports](#))
- Dans les **transports aérien**, les émissions directes d'**H<sub>2</sub>O stratosphérique dues aux traînées de condensation**. Ce point très spécifique fait aujourd'hui l'objet de recherches (voir [ci-après](#))

Dans le cadre d'un bilan GES, ce chapitre donnera les facteurs d'émissions pour :

- Le poste 12 - Transport de marchandises amont
- Le poste 18 - Transport de marchandises aval

Les émissions de CO<sub>2</sub> du transport de marchandises aval peuvent être fournies par les prestataires de transports à leurs clients dans le cadre de l'information CO<sub>2</sub> des transports. Pour intégrer dans le résultat fourni, les émissions de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> issues de la combustion des carburants, il convient de rajouter 3% à la valeur CO<sub>2</sub>

## Sources :

[\[400\] CITEPA - Inventaire des émissions de GES - rapport CCNUCC - Mars 2013](#)

## 5.1.1 Routier

### Description

La classification retenue pour les transports routiers de marchandises se base sur les usages et se décompose comme suit :

- Messagerie
- Express
- Grand volume
- Spéciaux
- Marchandises diverses
- Déménagement



L'activité de **messagerie** consiste à acheminer, essentiellement par la route, des colis généralement inférieur à 3 tonnes, depuis le lieu de collecte (chez l'expéditeur) jusqu'au destinataire final.

L'activité de transport **Express** suit le même mode de fonctionnement que celui de la messagerie. La différence porte sur les délais. Alors que la messagerie affiche des délais de livraison de 24 à 72 heures, l'Express propose des délais raccourcis et surtout garantis. L'activité de transport Express intègre en outre des combinaisons de transport multimodal (utilisation du mode aérien notamment).

Le transport **grand volume** concerne le transport de produits volumineux et peu pondéreux qui seront chargés sur la quasi-totalité du volume disponible. En général, il s'agit d'un camion couplé à une remorque. Le plancher peut également être surbaissé, pour obtenir un volume utile allant jusqu'à 130 m<sup>3</sup>.

Les transports **spéciaux** concerne les transports réservés à une activité spéciale : porte-voitures, groupe froid, benne TP, benne céréalière, porte-conteneur, citerne.

Les transports **marchandises diverses** concerne les transports sans caractéristiques spéciales décrites dans les catégories ci-dessus.

Le secteur du **déménagement** est soumis à la réglementation du transport routier de marchandises. Cette activité peut s'exercer au service des particuliers ou des entreprises.

Les valeurs sont issues directement ou établies à partir des sources suivantes:

- Enquêtes du Comité National Routier (CNR)<sup>[401](#)</sup>
- Groupe de travail routier de l'Observatoire Energie Environnement des Transports (OEET)<sup>[402](#)</sup>

## Exploitation des résultats des enquêtes CNR

Les enquêtes du CNR en 2010 fournissent les résultats publiés suivants:

Catégorie de moyen de transport	Poid / Volume	Usage du moyen de transport	litres aux 100 km	Source CNR 2010
<b>Marchandises divers</b>				
Porteur		Marchandises diverses - régional	25,0	Simulation
Ensemble articulé	40 t PTR	Marchandises diverses - longue distance	34,2	Enquêtes régulières
Ensemble articulé	40 t PTR	Marchandises diverses - régional	33,8	Enquêtes régulières
<b>Grand volume</b>				
Ensemble articulé	26 t PTR	Grand volume	30,5	Enquêtes ponctuelles
Ensemble articulé	40 t PTR	Grand volume	37,9	Enquêtes ponctuelles
<b>Spéciaux</b>				
Ensemble articulé	35 t PTR	Porte voitures	37,0	Enquêtes ponctuelles
Ensemble articulé	40 t PTR	Avec groupe froid	33,2	Enquêtes ponctuelles
Ensemble articulé	40 t PTR	Benne TP	42,7	Enquêtes ponctuelles
Ensemble articulé	40 t PTR	Benne céréalière	40,5	Enquêtes ponctuelles
Ensemble articulé	40 t PTR	Chassis porte conteneur	37,3	Enquêtes ponctuelles
Ensemble articulé	40 t PTR	Citerne inox liquide alimentaire	35,3	Enquêtes ponctuelles
Ensemble articulé	40 t PTR	Citerne bitronconique liquide alimentaire	35,3	Enquêtes ponctuelles

*Consommation kilométrique de carburant de divers véhicules de transport routier de marchandises*

*Source : enquêtes CNR 2010*

Ces informations ont été presque intégralement reprises, puis complétées comme décrit ci-après.

La valeur pour le tracteur semi-remorque avec groupe froid 40 t n'intègre pas la consommation du groupe froid. Une valeur de 7 litres aux 100 km a été proposée par l'OEET pour la consommation du groupe froid pour le "tracteur semi-remorque avec groupe froid 40 T";

Le résultat de la catégorie "régional porteurs" n'a pas été repris. Une catégorie "tracteur citerne 40 T" a été créée à partir de deux catégories "citernes" de l'étude.

Les valeurs de charge utile (ou "capacité maximale du moyen de transport") ont été estimées :

- 25 tonnes pour les ensembles articulés 40 tonnes;
- 15 tonnes pour le camion remorque porte voitures 35 T;
- 12 tonnes pour le camion remorque grand volume 26 T;

Des hypothèses de taux d'utilisation du moyen de transport (en charge et à vide, rapportées à la charge utile) ont été rajoutées par l'OEET :

- 50% en général;
- 40% pour le camion remorque porte voitures 35 T;

Le nombre d'unités transportées a été calculé par multiplication de la capacité maximale du moyen de transport par le taux d'utilisation.

Le résultat de ces modifications est le suivant :

Catégorie de moyen de transport	Poid / Volume	Usage du moy en de transport	Capacité maximale du moyen de transport	Taux d'utilisation du moy en de transport (charge + vide)	Taux de consommation kilométrique (l / 100 km)		Nombre d'unités transportées dans le moy en de transport (trajets à vide compris)
					Moteur	Groupe Froid	
Marchandises divers							
Ensemble articulé	40 t PTR A	Marchandises diverses - longue distance	25,0 t	50%	34,2		12,50 t
Ensemble articulé	40 t PTR A	Marchandises diverses - régional	25,0 t	50%	33,8		12,50 t
Grand volume							
Ensemble articulé	26 t PTR A	Grand volume	12,0 t	50%	30,5		6,00 t
Ensemble articulé	40 t PTR A	Grand volume	25,0 t	50%	37,9		12,50 t
Spéciaux							
Ensemble articulé	35 t PTR A	Porte voitures	15,0 t	40%	37,0		6,00 t
Ensemble articulé	40 t PTR A	Avec groupe froid	25,0 t	50%	33,2	7,0	12,50 t
Ensemble articulé	40 t PTR A	Benne TP	25,0 t	50%	42,7		12,50 t
Ensemble articulé	40 t PTR A	Benne céréalière	25,0 t	50%	40,5		12,50 t
Ensemble articulé	40 t PTR A	Chassis porte conteneur	25,0 t	50%	37,3		12,50 t
Ensemble articulé	40 t PTR A	Citerne	25,0 t	50%	35,3		12,50 t

*Caractéristiques techniques de divers véhicules de transport routier de marchandises*

*Source : enquêtes CNR 2010 revus par l'OEET*

## Catégories et résultats complémentaires issus de l'OEET

Le groupe de travail routier a exprimé le besoin de faire apparaître des catégories

supplémentaires, relatif aux activités suivantes:

- Messagerie : traction, ramasse distribution, transport frigorifique et non
- Express : traction, ramasse distribution, "pli, course" ou "colis"
- Déménagement
- Marchandises diverses, utilisation de porteurs de 7,5 t et 12 t

Des valeurs de charge utile, taux d'utilisation (tous trajets confondus, y compris à vide), et consommation moyenne du véhicule, ont été proposées par le groupe de travail. Elles sont reportées dans le tableau suivant:

Catégorie de moyen de transport	Poid / Volume	Usage du moyen de transport	Capacité maximale du moyen de transport	Taux d'utilisation du moyen de transport (charge + vide)	Taux de consommation kilométrique (l / 100 km)		Nombre d'unités transportées dans le moyen de transport (trajets à vide compris)
					Moteur	Groupe Froid	
Express							
VUL	3,5 t PTAC	Express / ramasse, distribution / pli,course	1,3 t	20%	16,0		0,26 t
VUL	3,5 t PTAC	Express / ramasse, distribution / colis	1,3 t	35%	16,0		0,46 t
Porteur	19 t PTAC	Express / traction	10,0 t	25%	27,0		2,50 t
Messagerie							
Porteur	19 t PTAC	Messagerie / ramasse, distribution	10,0 t	25%	27,0		2.50 t
Porteur	19 t PTAC	Messagerie / ramasse, distribution / transport frigorifique	8,5 t	39%	27,0	5,50	3,30 t
Ensemble articulé	40 t PTAC	Messagerie / traction	25,0 t	24%	34,2		6,00 t
Ensemble articulé	40 t PTAC	Messagerie / traction / transport frigorifique	22,0 t	32%	34,2	7,00	7,10 t
Marchandises diverses							
Porteur	7,5 t PTAC	Marchandises diverses	3,0 t	30%	22,0		0,90 t
Porteur	12 t PTAC	Marchandises diverses	6,0 t	30%	24,0		1,8 t
Déménagement							
Fourgon	8 m³	Déménagement	8 m³	35%	16,0		2,8 m³
Porteur	45 m³	Déménagement	45 m³	35%	27,0		15,8 m³
Ensemble articulé	90 m³	Déménagement	90 m³	35%	34,2		31,5 m³

## Facteurs d'émissions moyens

En utilisant les caractéristiques décrites ci-avant et le facteur d'émissions du diesel, on obtient les facteurs d'émissions suivant :

Catégorie de moyen de transport	Poid / Volume	Usage du moyen de transport	kgCO <sub>2e</sub> / ...		
			veh.km	tonne.km	m³.km
Express					
VUL	3,5 t PTAC	Express / ramasse, distribution / pli,course	0,547	2,11	-
VUL	3,5 t PTAC	Express / ramasse, distribution / colis	0,547	1,20	-
Porteur	19 t PTAC	Express / traction	0,946	0,378	-
Messagerie					
Porteur	19 t PTAC	Messagerie / ramasse, distribution	0,946	0,38	-
Porteur	19 t PTAC	Messagerie / ramasse, distribution, frigorifique	1,135	0,34	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Messagerie / traction	1,194	0,20	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Messagerie / traction , frigorifique	1,438	0,20	-
Marchandises divers					
Porteur	7,5 t PTRAC	Transport de marchandises diverses	0,762	0,847	-
Porteur	12 t PTRAC	Transport de marchandises diverses	0,83	0,461	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Transport de marchandises diverses - longue distance	1,19	0,0955	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Transport de marchandises diverses - régional	1,18	0,0945	-
Grand volume					
Ensemble articulé	26 t PTRAC	Grand volume	1,07	0,178	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Grand volume	1,31	0,105	-
Spéciaux					
Ensemble articulé	35 t PTRAC	Porte voitures	1,32	0,22	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Avec groupe froid	1,38	0,111	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Benne TP	1,46	0,117	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Benne céréalière	1,39	0,111	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Chassis porte conteneur	1,29	0,103	-
Ensemble articulé	40 t PTRAC	Citerne	1,23	0,098	-
Déménagement					
Fourgon	8 m3	Déménagement	0,555	-	0,198
Porteur	45 m3	Déménagement	0,961	-	0,0608
Ensemble articulé	90 m3	Déménagement	1,19	-	0,0379

**Sources :**

[\[401\] Enquêtes du Comité National Routier \(CNR\)](#)

[\[402\] Groupe de travail routier de l'Observatoire Energie Environnement des Transports \(OEET\), en Octobre et Novembre 2011](#)

## 5.1.2 Ferroviaire

### Description

La classification retenue pour le transport ferré de marchandises distingue le fret ferroviaire en



France du fret ferroviaire dans les autres pays d'Europe.

Pour les fret ferroviaire dans les autres pays d'Europe, un facteur d'émissions unique est retenu.

Pour le fret ferroviaire en France, plusieurs facteurs d'émissions sont proposés. Ils sont classés selon deux critères :

- L'énergie de traction du train (électrique, diesel ou mixte si celle-ci est inconnue)
- La densité des marchandises transportées (dense, moyennement dense et légères)

Les valeurs sont issues directement ou établies à partir de la source EcoTransIT World (www.ecotransit.org). Les tableaux reproduits ci-dessous sont extraits du document "Methodology and Data – Update – July 31th 2011"[410](#).

Dans les calculs suivants, on retrouve les deux unités suivantes :

- **Nt : le tonnage net** de marchandises chargées (qui tient compte des trajets à vide et du taux de remplissage)
- **Gt : le tonnage brut** total du train

## Traction électrique

Comme le montre le tableau ci-dessous, la méthode propose cinq types de train selon le tonnage brut total du train, et trois catégories de marchandises selon la densité.

Type de train	Consommation finale d'énergie			
	en Wh / Gt.km	en Wh / Nt.km		
	Train	Marchandises denses	Marchandises moyennement denses	Marchandises légères
Train léger (500t)	25,5	42,7	49,5	63,9
Train moyen (1000t)	16,6	27,8	32,2	41,5
Train large (1500t)	12,9	21,6	25	32,3
Train extra Large (2000t)	10,8	18,1	20,9	27
Train lourd (>2000t)	10	16,8	19,4	25,1

*Consommation finale d'énergie pour les trains électriques*

*Source: Railion 2007, IFEU 2008*

Dans la Base Carbone ®, nous avons retenu un seul type de train : "train moyen de 1000 t".

Le tonnage brut total (Gt) de ce train est donc de 1000 tonnes et sa consommation finale d'énergie de 0,0166 kWh / Gt.km.

La consommation finale d'énergie pour ce type de train est donc de **16,6 kWh / km**.

Pour exprimer cette consommation d'énergie en tonne.kilomètre, il faut tenir compte du chargement du train. Le tableau fournit les valeurs suivantes :

- **0,0415 kWh/ t.km** si le train est chargé de marchandises denses
- **0,0322 kWh/ t.km** si le train est chargé de marchandises moyennement denses
- **0,0278 kWh/ t.km** si le train est chargé de marchandises légères

Pour obtenir des facteurs d'émissions, il ne reste plus qu'à multiplier ces données par le facteur d'émission de l'électricité de la France pour l'usage transport.

## Traction diesel

Pour la source d'énergie "gasoil non routier", le tableau suivant fournit les valeurs de consommation d'énergie en watt heure par tonne kilomètre :

Type de train	Consommation finale d'énergie			
	en Wh / Gt.km	en Wh / Nt.km		
	Train	Marchandises denses	Marchandises moyennement denses	Marchandises légères
Train léger (500t)	68,8	115,5	133,7	172,6
Train moyen (1000t)	44,8	75,2	87	112,3
Train large (1500t)	34,8	58,4	67,6	87,3
Train extra Large (2000t)	29,1	48,9	56,6	73,1
Train lourd (>2000t)	27,à	45,4	52,5	67,8

*Consommation finale d'énergie pour les trains diesel*

*Sources : Railion 2007, IFEU 2008, EPS 2005, USDOT 2008*

De même, on ne retient ici qu'un seul type de train : "train moyen de 1000 t". On suit le même raisonnement pour les calculs. Pour exprimer nos consommations en kg de gasoil, on utilise le PCI du gasoil suivant : 1 kg de gasoil = 11667 kWh.

La consommation finale d'énergie pour ce type de train est donc de **3,86 kg de gasoil / km**.

En tonne kilomètre, cela donne :

- **0,0096 kg de gasoil / t.km** si le train est chargé de marchandises denses
- **0,0075 kg de gasoil / t.km** si le train est chargé de marchandises moyennement denses

- **0,0064 kg de gasoil / t.km** si le train est chargé de marchandises légères

## Mode de traction mixte

Dans le cas où la source d'énergie n'est pas identifiée, nous avons retenu l'hypothèse d'un mélange de :

- 90% de traction électrique
- 10% de traction diesel

Cette répartition est basé sur des informations de source SNCF, correspondant à leurs données en France.

Les facteurs d'émissions du mode traction mixte sont calculés en utilisant ce prorata.

### Sources :

[\[410\] Ecotransit - Methodology and Data – Update – July 31th 2011](#)

## 5.1.3 Aérien

### Description

Dans la Base Carbone ®, les facteurs d'émissions du transport aérien sont classés par :

- Longueur de trajet (par tranche de 1000km)
- Taille d'appareil (en nombre de sièges)

Vous pouvez aussi utiliser le [calculateur d'émissions de CO<sub>2</sub> de l'aviation mis en ligne par la DGAC](#). Il contient les valeurs de niveau 1 pour l'article L1431-3 du code des transports (ces valeurs ne sont pas jointes à l'arrêté du 10 avril 2012).

### Calculs

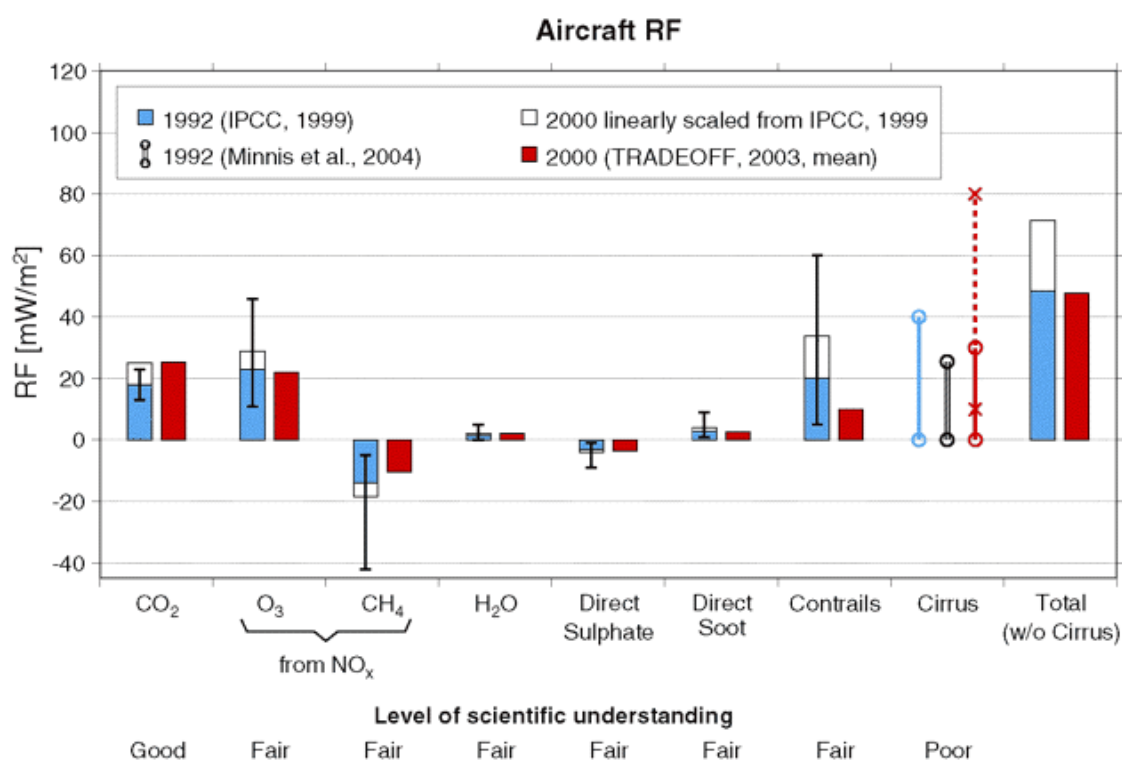
Ces valeurs sont reprises dans la Base Carbone pour le transport de personne. La conversion en t.km pour le transport de marchandise se fait avec l'hypothèse : **"un passager + ses bagages"** = **100kg**.

## Emissions liées aux traînées et cirrus.

Ces émissions ne doivent pas être prises en compte dans le cadre de l'information CO<sub>2</sub> des prestations de transport et ne sont pas obligatoires dans le cadre de l'article 75.

Dans le cas des "long courriers", du au fait qu'ils volent à la limite de la troposphère, les avions ne vont pas seulement contribuer au forçage radiatif (lui-même à l'origine du changement climatique futur) à travers leurs émissions de CO<sub>2</sub>. La combustion à haute altitude va perturber les cycles d'autres gaz à effet de serre : vapeur d'eau\*, eau condensée sous diverses formes, NO<sub>x</sub> et méthane qui, ensemble, produisent de l'ozone, etc. (cf. graphique ci-dessous, tiré d'un document du GIEC<sup>420</sup>).

\* Qui est partiellement émise dans la stratosphère dans le cas d'un avion, ce qui n'est pas le cas de la vapeur d'eau résultant de l'emploi de combustibles fossiles près du sol



*Compilation des publications effectuées sur le forçage radiatif du aux avions, en milliwatts par m<sup>2</sup>.*

*Source : Sausen et al. (2005).*

La dernière ligne du graphique ci-dessus précise le degré de compréhension des processus physiques et chimiques en cause (ce qui influence directement sur l'amplitude de la marge d'erreur, représentée par le segment qui se superpose à la barre de l'histogramme).

Il est facile de voir que les gaz "mineurs" et la vapeur d'eau émis par les avions conduisent à un forçage radiatif total de l'ordre de 0,04 W/m<sup>2</sup>, alors que le seul CO<sub>2</sub> d'origine aérienne ne produit que

0,02 W/m<sup>2</sup>, c'est-à-dire 2 fois moins. Il serait donc tentant de dire que, dès lors que nous comptabilisons 1 gramme de CO<sub>2</sub> émis directement par l'avion (pour la partie combustion donc, les émissions de production n'étant pas concernées puisqu'elles n'ont pas lieu dans la haute atmosphère) il faut en comptabiliser 2 pour ce qui n'est pas du CO<sub>2</sub>. Mais ce raisonnement serait inexact. En effet, le forçage radiatif se base sur les concentrations supplémentaires, non les émissions, alors que l'équivalent CO<sub>2</sub> mesure ces dernières, c'est-à-dire le potentiel pour des perturbations futures, et non le constat des perturbations passées (ce pour quoi il y a le forçage radiatif).

En fait, il y a plusieurs facteurs multiplicatifs possibles pour passer du CO<sub>2</sub> aux émissions totales, selon pourquoi on compte :

- si le bon critère est la poids du « hors CO<sub>2</sub> » dans le réchauffement déjà constaté (pour la partie imputable aux avions) alors le bon multiplicateur est de 2 (ce qui revient à dire que le « hors CO<sub>2</sub> » possède un équivalent CO<sub>2</sub> identique au CO<sub>2</sub>),
- si le bon critère est le forçage radiatif cumulé sur 100 ans des émissions actuelles (c'est-à-dire le PRG à 100 ans), le bon multiplicateur est de 1 virgule quelque chose,
- si le bon critère est une température maximale à ne pas dépasser à 10 ou 20 ans, le bon multiplicateur est de... 8 !

A titre conservatoire, et faute de mieux, nous proposons donc de mettre ce **facteur multiplicateur à 2**. Dit autrement, pour un kg équivalent CO<sub>2</sub> dû au CO<sub>2</sub> de la combustion, nous rajouterons un kg équivalent CO<sub>2</sub> pour tenir compte du reste.

#### Sources :

[\[420\] GIEC / 1999 / L'aviation et l'atmosphère planétaire, résumé à l'intention des décideurs](#)

## 5.1.4 Maritime

### Description

La classification retenue pour les transports maritime de marchandises se base sur les usages et se décompose comme suit :

- Porte-conteneurs
- Vraquiers
- Rouliers
- Ferry
- Pétroliers
- Gaziers

#### ■ DOM COM

Les **porte-conteneurs** servent au transport de marchandises diverses. 5 tailles de porte-conteneurs sont proposées dans la Base Carbone ® : PC 800, PC 1600, PC 2200, PC 5500 et PC 9500. Le chiffre représente la contenance moyenne du navire en équivalent vingt pieds. Soit, en gros, le nombre de conteneurs que peut charger le navire.

Les **vraquiers** sont des navires de charge destinés au transport de marchandises solides en vrac. Il peut s'agir de sable, de granulats, de céréales mais aussi de matériaux denses comme les minéraux. Ils sont couramment répartis en quatre grandes tailles : les Handysize de moins de 40 250 tonnes de port en lourd, les Handymax de 40 250 à 63 499 tonnes, les Panamax de 63 500 à 127 500 tonnes, et enfin les Capesize au-delà. On range aussi dans cette catégorie les vraquiers fluvio-maritimes transportant de 500 à 2 500 tonnes.

Les **rouliers** chargent principalement des véhicules de transports routiers de marchandises et leur chargement. Deux types de rouliers sont retenus ici : les Ro-Ro et les Ro-Pax. Les Ro-Ro, de l'acronyme anglais Roll-On, Roll-Off signifiant littéralement « roule dedans, roule dehors », ne transportent que des véhicules. Les Ro-Pax accueillent également des passagers.

Les **ferry** sont des navires ayant pour fonction principale de transporter des véhicules routiers ou ferroviaires avec leur chargement et leurs passagers dans les traversées maritimes. On distingue ici les ferry de jour et les ferry de nuit.

Un **pétrolier** est un navire-citerne servant à transporter le pétrole ainsi que ses dérivés. Les tailles retenues dans la Base Carbone ® sont : les Petit product tanker font moins de 26 500 tonnes de port en lourd, les handy product entre 26 500 et 68 499, Aframax entre 68 500 et 200 000 tonnes et VLCC pour Very Large Crude Carriers, à partir de 200 000 tonnes.

Un **gazier** ou méthanier est un navire servant à transporter du gaz naturel liquéfié dans ses citernes. Les tailles retenues dans la Base Carbone ® sont : gazier petit GPL (petite taille) et gazier VLGC : Very Large Gas Carrier (grande taille).

La catégorie DOM COM représente le transport maritime régional de marchandises inter-îles dans les DOM COM.

En résumé :

Famille de navire	Type de navire	Taille (port en lourd)
Vraquiers	CAPE SIZE	Plus de 127 500 tonnes
	PANAMAX	63 500 à 127 500 tonnes
	HANDYMAX	40 250 à 63 499 tonnes
	HANDY SIZE	Moins de 40 250 tonnes
	FLUVIOMARITIME	500 à 2 500 tonnes
Pétroliers	VLCC	Plus de 200 000 tonnes
	AFRAMAX	68 500 et 200 000 tonnes
	HANDY PRODUCT	26 500 et 68 499
	PETIT PRODUCT TANKER	26 500 tonnes
Gaziers	PETIT GPL	Petite taille
	VLGC	Grande taille
Porte-conteneurs	PC 800	Moins de 1 200 EVP
	PC 1600	1 200 à 1 899 EVP
	PC 2200	1 900 à 3 849 EVP
	PC 5500	3 850 à 7 499 EVP
	PC 9500	Plus de 7 500 EVP
Ferry	FERRY DE NUIT	-
	FERRY DE JOUR	-
Rouliers	ROPAX	-
	RORO	-

Les valeurs sont issues directement ou établies à partir de la source suivante : Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime [430](#), réalisée pour l'ADEME et le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire par les sociétés MLTC et TECNITAS (rapport final daté d'Avril 2009).

## Données détaillées

Les données suivantes, extraites pour la plupart des tableaux de calcul non disponibles dans le rapport final de l'étude, constituent l'ensemble des sources précises utilisées pour établir les valeurs de niveau 1.

Le tableau qui suit présente les caractéristiques moyennes des catégories de navires étudiés.

type de navire	port en lourd total (en tonnes)
CAPE SIZE	180 000
PANAMAX	75 000
HANDYMAX	52 000
HANDY SIZE	28 500
FLUVIOMARITIME	5 500
VLCC	300 000
AFRAMAX	100 000
HANDY PRODUCT	37 000
PETIT PRODUCT TANKER	16 000
PETIT GPL	6 500
VLGC	53 000
PC 800	10 000
PC 1600	21 500
PC 2200	30 500
PC 5500	73 500
PC 9500	115 000
FERRY DE NUIT	3 800
FERRY DE JOUR	5 700
ROPAX	6 300
RORO	5 900

Le tableau n°2 ci-dessous apporte les données relatives aux consommations des navires et aux trajets correspondants. Les sources d'énergie sont le HFO (Heavy Fuel Oil) ou MDO (Marine Diesel Oil), ou mixtes. On en déduit les taux de consommation kilométriques des navires, pour l'un ou l'autre des carburants, ou encore les deux carburants ensemble parfois.



type de navire	consommation (tonnes)		trajet		taux kilométrique (kg/km)	
	HFO	MDO	miles	km	HFO	MDO
CAPE SIZE	13 638	-	92 305	170 949	79,8	-
PANAMAX	666	-	7 284	13 490	49,4	-
HANDYMAX	4 679	-	63 616	117 817	39,7	-
HANDY SIZE	4 635	-	63 880	118 306	39,2	-
FLUVIOMARITIME	-	17	724	1 341	-	12,8
VLCC	3 907	-	15 816	29 291	133,4	-
AFRAMAX	455	-	3 384	6 267	72,5	-
HANDY PRODUCT	8 905	398	63 265	117 167	76,0	3,5
PETIT PRODUCT TANKER	101	0,9	988	1 830	55,0	0,5
PETIT GPL	5 178	297	108 021	200 055	25,9	1,5
VLGC	21 174	-	137 191	235 558	89,9	-
PC 800	151	3,6	2 516	4 660	32,3	0,8
PC 1600	2 905	-	23 642	43 785	66,3	-
PC 2200	1 528	-	7 952	14 727	103,7	-
PC 5500	6 750	-	20 944	38 788	174,0	-
PC 9500	8 771	-	22 496	41 663	210,5	-
FERRY DE NUIT	23	15	191	354	65,9	43,0
FERRY DE JOUR	10	1,3	46	85	119,7	15,3
ROPAX	38	-	178	330	115,0	-
RORO	268	6,7	2 668	4 941	54,3	1,4

Les données ci-dessous apportent les informations de tonnage en charge et les distances en charge et à vide, ainsi que le port en lourd exact du navire étudié.

type de navire	trajet aller (en charge)	trajet à vide ("condition ballast", aller ou retour)	Trajet retour (en charge)	tonnage aller en charge	tonnage retour en charges	port en lourd indiqué
	miles	miles	miles	tonnes	tonnes	tonnes
CAPE SIZE	42 988	49 318	-	163 217	-	171 909
PANAMAX	3 576	3 708	-	70 000	-	78 000
HANDY MAX	31 808	31 808	-	52 601	-	55 427
HANDY SIZE	31 940	31 940	-	25 511	-	28 471
FLUVIOMARITIME	362	362	-	4 960	-	5 190
VLCC	7 908	7 908	-	289 100	-	300 300
AFRAMAX	1 692	1 692	-	104 287	-	104 115
HANDY PRODUCT	31 328	31 936	-	31 290	-	36 941
PETIT PRODUCT TANKER	553	435	-	14 277	-	16 000
PETIT GPL	53 123	54 898	-	3 801	-	6 625
VLGC	61 643	65 548	-	46 158	-	53 207
PC 800	1 180	-	1 336	6 129	2 060	10 884
PC 1600	12 035	-	11 607	12 012	9 734	24 264
PC 2200	3 692	-	4 260	25 025	13 170	30 804
PC 5500	11 053	-	9 892	33 920	56 578	70 738
PC 9500	11 286	-	11 210	55 257	92 123	113 067
FERRY DE NUIT	92	-	99	1 161	1 433	3 832
FERRY DE JOUR	23	-	23	2 470	2 223	5 700
ROPAX	89	-	89	1 729	1 729	6 300
RORO	1 334	-	1 334	1 976	1 976	5 928

On en déduit alors les valeurs relatives aux taux de chargement et parcours à vide, présentés dans le tableau ci-après.

type de navire	taux de chargement (en charge) FRET	taux de parcours à vide	taux d'utilisation du moyen de transport (vide + charge)
	%	%	%
CAPE SIZE	95	53	44
PANAMAX	90	51	44
HANDYMAX	95	50	47
HANDY SIZE	90	50	45
FLUVIOMARITIME	96	50	48
VLCC	96	50	48
AFRAMAX	98	50	49
HANDY PRODUCT	85	50	42
PETIT PRODUCT TANKER	89	44	50
PETIT GPL	57	51	28
VLGC	87	52	42
PC 800	36	0	36
PC 1600	51	0	51
PC 2200	61	0	61
PC 5500	63	0	63
PC 9500	65	0	65
FERRY DE NUIT	34	0	34
FERRY DE JOUR	41	0	41
ROPAX	27	0	27
RORO	33	0	33

La valeur du taux d'utilisation présentée ci-dessous est enfin multipliée avec le port en lourd caractéristique de la catégorie du navire (présentée dans le tableau n°1), et on obtient le nombre d'unités transportées dans le moyen de transport (trajets à vide compris), exprimé en tonne.

type de navire	Port en lourd total (en tonnes)	Taux d'utilisation du moyen de transport (charge + vide)	Nombre d'unités transportées dans le moyen de transport (trajets à vide compris) (en tonnes)
CAPE SIZE	180 000	44%	79 589
PANAMAX	75 000	44%	33 044
HANDYMAX	52 000	47%	24 674
HANDYSIZE	28 500	45%	12 768
FLUVIOMARITIME	5 500	48%	2 628
VLCC	300 000	48%	144 406
AFRAMAX	100 000	49%	48 680
HANDY PRODUCT	37 000	42%	15 520
PETIT PRODUCT TANKER	16 000	50%	7 991
PETIT GPL	6 500	28%	1 834
VLGC	53 000	42%	22 283
PC 800	10 000	36%	3 646
PC 1600	21 500	51%	11 014
PC 2200	30 500	61%	18 490
PC 5500	73 500	63%	46 364
PC 9500	115 000	65%	74 887
FERRY DE NUIT	3 800	34%	1 291
FERRY DE JOUR	5 700	41%	2 347
ROPAX	6 300	27%	1 729
RORO	5 900	33%	1 967

**Sources :**

[\[430\] ADEME - MEDDAT - Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime - Avril 2009](#)

## 5.1.5 Fluvial

### Description

Dans la Base Carbone ®, deux types de navires fluviaux sont retenus :

- Les bateaux automoteurs : les marchandises sont chargées dans cette péniche
- Les bateaux pousseurs : les marchandises sont chargées dans des barges que ce navire pousse

Il existe aussi, des navires fluviaux-maritimes de type vraquiers : voir [transport maritime de marchandises](#).

Les valeurs sont issues directement ou établies à partir de la source suivante: étude "Efficacités énergétiques et émissions unitaires de CO<sub>2</sub> du transport fluvial de marchandises" [440](#), financée par l'ADEME et VNF, réalisée par TL&Associés Consulting (rapport final daté de Janvier 2006).

## Catégories d'équipements

La synthèse de l'étude fournit les résultats suivants.

Basin	Equipements		Consommation unitaire d'énergie (gep/t.km)	Emission unitaire de CO <sub>2</sub> (gCO <sub>2</sub> /t.km)	Efficacité énergétique (t.km/kep)	Consommation totale d'énergie (tep)	Emissions totales de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )
Interbassin	Automoteur	< 400t	12,1	38,2	82,4	9700	30600
Total	Automoteur	< 400t	14,0	44,3	71	29900	94300
		400-650t	13,8	43,4	73	2000	6300
		650-1000t	12,3	38,8	81	4950	15600
		1000-1500t	11,5	36,3	87	13900	43600
		> 1500t	9,5	30,0	105	11400	36000
	Pousseur	295-590kW	8,6	27,1	116	5050	15900
		590-880kW	7,8	24,4	129	4560	14400
		> 880kW	6,8	21,5	147	7210	27700

*Indicateurs par unité de consommation énergétique et d'émissions de CO<sub>2</sub> de l'interbassin et au niveau national*

*(hypothèses : pourcentage de voyage à vide : 31%, coefficient de chargement compris entre 80 et 100%)*

De ce tableau, il a été retenu pour les valeurs de niveau 1 la même décomposition par équipement, et donc les 8 catégories suivantes:

marchandises	fluvial	automoteur	<400t
marchandises	fluvial	automoteur	400-650t
marchandises	fluvial	automoteur	650-1000t
marchandises	fluvial	automoteur	1000-1500t
marchandises	fluvial	automoteur	>1500t
marchandises	fluvial	pousseur	295-590kW
marchandises	fluvial	pousseur	590-880kW
marchandises	fluvial	pousseur	>880kW

En complément, une catégorie "pousseur, > 880kW, transport de conteneurs maritimes" a été

rajoutée.

## Nombre d'unités transportées par équipement

L'étude donne ensuite les valeurs de Port de lourd par catégorie d'équipements dans le tableau suivant:

Type	Basins	Gamme	Port en lourd (t)	Nombre de moteurs	Puissance totale (kW)	Type d'injection	Année de construction du moteur	Marchandises
Automoteur	Interbassin Seine	250-400t	378	1	300	Classique puis haute pression	- 2004	Vrac solide
	Rhône	650-1000t	910	1	650	Classique	-	Gaz liquifiés
	Rhône	> 1500t	2200	2	920	Classique	2000	Gaz liquifiés
	Rhône	> 1500t	1596	1	660	Classique	1990	Vrac solide
	Interbassin Seine	250-400t	375	1	233	Classique	-	Vrac solide
	Interbassin Seine Rhin Nord	650-1000t	970	2	600	Classique	2001	Vrac solide
	Rhône	> 1500t	2300	1	920	Classique	1997	Vrac solide
	Interbassin Rhône Seine Rhin Nord	250-400t	397	1	301	Injection haute pression	2003	Vrac solide
	Interbassin Seine Rhin Moselle Nord Pas de Calais	250-400t	377	1	375	Classique	1996	Vrac solide
	Interbassin Seine	250-400t	375	1	233	Classique	-	Vrac solide
Pousseur	Interbassin Nord	250-400t	380	1	350	Classique	2000	Vrac solide
	Rhône	> 880kW	-	2	1890	Classique	2002	Vrac solide Conteneur
	Rhône	> 880kW	-	2	1380	Classique	-	Vrac liquide
	Seine	> 880kW	-	4	986	Classique	1998	Vrac solide
	Seine	295-880kW	-	2	580	Classique	2002	Vrac solide
Convoi poussé (automoteur)	Seine	590-880kW	-	2	750	Classique	1996	Vrac solide
	Seine	> 1500t	1540	1	440	Classique	2002	Vrac solide
	Seine	1000-1500t	1440	1	395	Classique	2000	Conteneur
	Seine	650-1000t	720	1	183	Classique	1992	
	Interbassin Seine Nord	1000-1500t	1012	1	270	Classique	1984	Vrac solide

Sur la base de ces informations, nous avons retenu les valeurs suivantes:

Nature du transport	Mode	Type de moyen de transport	Catégorie de moyen de transport	Usage du moyen de transport	Capacité maximale du moyen de transport
marchandises	fluvial	automoteur	<400t		375 t
marchandises	fluvial	automoteur	400-650t		600 t
marchandises	fluvial	automoteur	650-1000t		900 t
marchandises	fluvial	automoteur	1000-1500t		1 400 t
marchandises	fluvial	automoteur	>1500t		2 200 t
marchandises	fluvial	pousseur	295-590kW		2 000 t
marchandises	fluvial	pousseur	590-880kW		2 300 t
marchandises	fluvial	pousseur	>880kW	hors conteneurs maritimes	4 000 t
marchandises	fluvial	pousseur	>880kW	conteneurs maritimes	4 000 t

Les données manquantes ont été complétées sur la base des informations particulières relatives aux unités fluviales soumises à l'enquête, non diffusées dans le rapport de l'étude.

L'étude fait les deux hypothèses suivantes:

- Le pourcentage de voyages à vide est de 31%;
- Coefficient de chargement est compris entre 80% et 100%.

Sur cette base, nous avons adopté les valeurs suivantes pour les 8 premiers cas:

- Taux de trajet à vide égal à 31%;
- Taux de remplissage du moyen de transport (en charge) égal à 80%.

Pour le cas du transport de conteneurs maritimes, les valeurs retenues sont:

- Taux de trajet à vide égal à 0%;
- Taux de remplissage du moyen de transport (en charge) égal à 30%.

Notons que les valeurs des taux de remplissage se rapportent à la capacité exprimée en tonnage (exemple 4000 t pour les pousseurs > 800kW) et non en volume (nombre de places de conteneurs maritimes par exemple).

Le taux d'utilisation global du moyen de transport (en charge et à vide) est obtenu en multipliant le taux de remplissage par le taux de trajets en charge. On obtient:



Type de moyen de transport	Catégorie de moyen de transport	Usage du moyen de transport	Taux de remplissage du moyen de transport (en charge)	Taux de trajets à vide	Taux d'utilisation du moyen de transport (charge + vide)
automoteur	<400t		80%	31%	55%
automoteur	400-650t		80%	31%	55%
automoteur	650-1000t		80%	31%	55%
automoteur	1000-1500t		80%	31%	55%
automoteur	>1500t		80%	31%	55%
pousseur	295-590kW		80%	31%	55%
pousseur	590-880kW		80%	31%	55%
pousseur	>880kW	hors conteneurs maritimes	80%	31%	55%
pousseur	>880kW	conteneurs maritimes	30%	0%	30%

Puis le nombre d'unités transportées (trajets à vide compris) est calculé en multipliant la capacité maximale par le taux d'utilisation, d'où les résultats ci-dessous:

Type de moyen de transport	Catégorie de moyen de transport	Usage du moyen de transport	Capacité maximale du moyen de transport	Taux d'utilisation du moyen de transport (charge + vide)	Nombre d'unités transportées dans le moyen de transport (trajets à vide compris)
automoteur	<400t		375 t	55%	207 t
automoteur	400-650t		600 t	55%	331 t
automoteur	650-1000t		900 t	55%	497 t
automoteur	1000-1500t		1 400 t	55%	773 t
automoteur	>1500t		2 200 t	55%	1 214 t
pousseur	295-590kW		2 000 t	55%	1 104 t
pousseur	590-880kW		2 300 t	55%	1 270 t
pousseur	>880kW	hors conteneurs maritimes	4 000 t	55%	2 208 t
pousseur	>880kW	conteneurs maritimes	4 000 t	30%	1 200 t

## Taux de consommation kilométrique

Les unités fluviales utilisent du gasoil non routier (Cf. arrêté du 10 décembre 2010 relatif aux caractéristiques du gazole non routier - NOR : INDR1032557A).

Les résultats détaillés de l'étude font apparaître des valeurs contrastées selon les bassins, les équipements, les conditions d'exploitations et notamment le sens montant ou avalant. Afin de ne pas diffuser une valeur de niveau 1 qui soit dans certains cas trop faible, il a été retenu de prendre la valeur la plus élevée issue du panel de l'étude, pour chacun des équipements; ces valeurs ne figurent pas dans le rapport de l'étude, mais dans les fichiers détaillés non diffusés. Les valeurs correspondantes sont:

Type de moyen de transport	Catégorie de moyen de transport	Usage du moyen de transport	Taux de consommation kilométrique de source d'énergie
automoteur	<400t		6,3 l/km
automoteur	400-650t		7,3 l/km
automoteur	650-1000t		8,3 l/km
automoteur	1000-1500t		12,2 l/km
automoteur	>1500t		19,9 l/km
pousseur	295-590kW		9,4 l/km
pousseur	590-880kW		14,4 l/km
pousseur	>880kW	hors conteneurs maritimes	28,4 l/km
pousseur	>880kW	conteneurs maritimes	28,4 l/km

### Sources :

[\[440\] "Efficacités énergétiques et émissions unitaires de CO<sub>2</sub> du transport fluvial de marchandises", l'ADEME et VNF, 2006](#)

## 5.2 Transport de personnes

En 2011, le secteur transport représentait 28%<sup>400</sup> des émissions directes de GES de la France et 37%<sup>400</sup> des émissions de CO<sub>2</sub> seul. C'est un secteur clé de la comptabilité carbone.

Les émissions suivantes sont associées au transport de personnes :

- Les émissions directes générées par la **combustion des carburants** des véhicules
- Les émissions indirectes liées à l'**amont des carburants**
- Les émissions indirectes liées à la **fabrication du matériel** de transport. Dans les facteurs

d'émissions de la Base Carbone ®, ces émissions sont **amorties sur la durée de vie du véhicule**

- Les émissions fugitives directes de **gaz frigorigènes fluorés** associées à la climatisation des voitures. Ces émissions sont comptées à part dans la Base Carbone ® (voir le chapitre réfrigération dans les transports)
- Dans les **transports aérien**, les émissions directes d'**H<sub>2</sub>O stratosphérique dues aux traînées de condensation**. Ce point très spécifique fait aujourd'hui l'objet de recherches (voir [ci-après](#))

Dans le cadre d'un bilan GES, ce chapitre donnera les facteurs d'émissions pour :

- Le poste 13 - Déplacements professionnels
- Le poste 17 - Transport de visiteurs et de clients
- Le poste 23 - Déplacements domicile-travail

Les émissions de CO<sub>2</sub> des déplacements professionnels sont à fournir par les prestataires de transports à leurs clients dans le cadre de l'information CO<sub>2</sub> des transports. Ces émissions sont très proches des émissions tous GES confondus pour tous les modes de transports, sauf l'aérien. En effet, pour le transport aérien, des émissions d'autres GES viennent s'ajouter aux seules émissions de CO<sub>2</sub> (Voir [ci-avant](#))

**Sources :**

[\[400\] CITEPA - Inventaire des émissions de GES - rapport CCNUCC - Mars 2013](#)

## 5.2.1 Routier

### Description

La classification retenue pour les transports routiers de personnes est la suivante :

- Voiture particulière
- Taxi, voiture de tourisme avec chauffeur, voitures de petite remise
- Deux roues motorisés
- Autobus
- Trolleybus
- Autocar

## Voiture particulière

Les consommations de carburants des voitures particulières peuvent être récupérée dans le guide annuel publié par l'ADEME « Véhicules particuliers vendus en France – Consommations conventionnelles de carburant et émissions de CO<sub>2</sub> » [450](#). Cette consommation conventionnelle doit être majorée de 20% afin de refléter les conditions réelles d'utilisation des véhicules (selon les dire d'experts).

Des données par défaut de consommation des véhicules particuliers sont proposées dans la base. Ces données proviennent de l'étude Panel carburants 2010 - Kantar WorldPanel - MEDDTL-ADEME [451](#). Ces données par défaut sont découpées selon deux paramètres :

- La puissance fiscale (0 à 5 chevaux, 5 à 10 chevaux, plus de 10 chevaux ou moyenne)
- Le carburant utilisé (essence, diesel ou moyenne)

## Taxis, voitures de tourisme avec chauffeur, voitures de petite remise

On considère que les taxis et les voitures de tourisme avec chauffeur vont essentiellement opérer leurs activités en zones urbaine et mixte, et les voitures de petite remise en zone extra-urbaine. Les sources d'énergies considérées sont le gasoil, l'essence associée à une motorisation hybride non rechargeable et l'essence E85.

La consultation des professionnels du secteur a fait ressortir un consensus sur un taux de trajet à vide des prestations de 50%.

On récupère la consommation des véhicules de la même façon que pour les voitures particulières

## Deux roues motorisés

Les valeurs retenus pour l'information CO<sub>2</sub> des prestations de transport et pour la Base Carbone <sup>®</sup> sont :

- Consommation d'essence des moto de cylindrée égale ou supérieure à 750cm<sup>3</sup> : **0,070 L / km**
- Consommation d'essence des moto de cylindrée égale ou inférieure à 750cm<sup>3</sup> : **0,060 L /**

km

## Réseaux de transports urbains et interurbains

### Généralités

#### Les différentes classe d'agglomération

Les modes de transports urbains et interurbains sont divisés en modes thermiques et modes électriques. Les modes thermiques correspondent aux usages selon trois classes d'agglomérations :

- Classe 1 : agglomérations de plus de 250 000 habitants
- Classe 2 : agglomérations de 150 000 à 250 000 habitants
- Classe 3 : agglomérations de moins de 150 000 habitants

Les modes électriques ne sont présents que dans les réseaux des agglomérations des classes 1 et 2.

Les données utilisées sont issues de l'enquête annuelle « Cahiers Verts », enquête conjointe à la DGITM/CERTU, au GART et à l'UTP<sup>453</sup>. Lorsque les informations concernant les énergies sont insuffisantes, un recoupage avec l'enquête « Parc » de l'UTP au 1er janvier 2010<sup>454</sup> a été réalisé.

Les données concernant les voyages ne distinguent que les voyages en métro, en tramway, le transport à la demande et le transport de personnes à mobilité réduite des voyages totaux (pas de distinction selon le type de bus).

Les données concernant les consommations de carburants englobent l'ensemble des services dans chaque catégorie de carburant.

Le transport à la demande et le transport des personnes à mobilité réduite, générateurs de peu de trafic mais de beaucoup de production kilométrique, ne peuvent pas être distingués de la consommation du réseau.

Les hypothèses de parcours sont issues de l'enquête interne de l'UTP :

Classe 1	Classe 2	Classe 3
Agglomérations de plus de 250 000 hab.	Agglomérations de 100 000 à 250 000 hab.	Agglomérations de moins de 100 000 hab.
<b>3,62</b>	<b>3,64</b>	<b>3,70</b>

*Hypothèses de parcours moyen en km  
Enquête interne UTP, hors Ile-de-France*

### Consommation des sous-traitants :

La consommation de carburant des sous-traitants n'est pas renseignée dans l'enquête des cahiers verts. Pour les trois classes d'agglomérations, elle est reconstituée sur la base des données fournies par les constructeurs de véhicules :

Constructeur	Consommation moyenne (l/100 km)		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Heuliez	49,2	42,25	36,7
Irisbus	48,5	39,1	35,4
Evobus	50,2	42,15	38,76
<b>Moyenne constructeur</b>	<b>49,3</b>	<b>41,2</b>	<b>37,0</b>

*source : informations constructeurs*

### Fraude

Le nombre de voyages n'inclut pas la fraude, celle-ci n'étant pas renseignée dans l'enquête « Cahiers verts ».

Le niveau d'agrégation des données issues des « Cahiers verts » sur le nombre de voyages, le nombre de kilomètres réalisés et les quantités d'énergies consommées par les types différents types de matériels ne permet pas une exploitation directe des chiffres.

On a considéré un véhicule moyen théorique pour lequel on a calculé un nombre moyen de passagers transportés et des taux de consommation de sources d'énergies.

### Consommations du transport à la demande et des personnes à mobilité réduites :

L'hypothèse est faite que le service est réalisé pour moitié en taxi (berline 4/5 places) et pour moitié en monospace ou break familial (exceptionnellement véhicules 8 places) (selon CERTU, Le TAD : Etat de l'art, avril 2006).

	Renault type "Grand Scenic"	Peugeot type "407"	Renault type "Trafic"	Mercedes type "Sprinter"
litres pour 100km	6	6,5	9	10

*Source : ADEME, Consommations conventionnelles des carburants et émissions de gaz carbonique, édition 2010 consommation en usage mixte (urbain et extra-urbain)*

Pour le TAD la valeur de 7 l/100km a été retenue ; pour le transport de PMR, compte tenu du poids des fauteuils roulant électriques, la valeur de 12 l/100km a été retenue.

### Modes thermiques (autobus)

Pour les modes thermiques (classes d'agglomérations 1, 2 et 3), on définit un seul véhicule thermique théorique utilisant systématiquement le gasoil et le GNV comme sources d'énergies. Un taux de consommation pour les deux sources d'énergies est calculé ; un facteur correctif est calculé et appliqué pour intégrer proportionnellement la part des émissions de CO<sub>2</sub> des carburants non pris en compte (gasoil maritime, essence, GPL).

Les résultats sont les suivants :

Type de réseau	Nb kilomètres	Taux brut avant correction			Facteur correctif	Taux corrigés	
		Nb moyen de passagers transportés	Taux de conso km 1 (gazole en litres)	Taux de conso km 2 (GNV en litres)		Taux de conso km 1 (gazole en litres)	Taux de conso km 2 (GNV en litres)
classe 1	260 249 088	11,24	0,442	0,078	1,041	0,46	0,081
classe 2	150 633 384	9,95	0,441	0,051	1,055	0,465	0,054
classe 3	83 862 248	7,94	0,421	0,021	1,026	0,432	0,021

### Modes électriques (trolleybus, métro et tramway)

De la même manière pour couvrir l'ensemble des modes électriques sur les classes d'agglomérations 1 et 2, un véhicule théorique électrique est défini. On procède au même type de calcul pour déterminer le nombre moyen de passagers transportés et un taux de consommation d'électricité.

Type de réseau	Nb kilomètres	Nb moyen de passagers transportés	Taux de conso km (électricité en kWh)
classe 1	74 760 356	46,64	5,874
classe 2	4 451 047	20,10	2,597

#### Sources :

[\[450\] Véhicules particuliers vendus en France – Consommations conventionnelles de carburant et émissions de CO<sub>2</sub>, ADEME, 2013](#)

[\[451\] Etude Panel carburants, Kantar WorldPanel, MEDDTL-ADEME 2010](#)

[\[452\] ADEME-Deloitte \(2007\) sur les efficacités énergétiques et environnementales des modes de transports](#)

[\[453\] Enquête annuelle « Cahiers Verts », enquête conjointe à la DGITM/CERTU, au GART et à l'UTP](#)

[\[454\] enquête « Parc » de l'UTP au 1er janvier 2010](#)

## 5.2.2 Ferroviaire

### Description

La classification retenue pour le transport ferré de personnes distingue le périmètre France des autres pays d'Europe.

Pour transport ferré de personnes dans les autres pays d'Europe, un facteur d'émissions "train" unique est retenu par pays.

Pour transport ferré de personnes en France, sont distingués :

- Les trains : TGV, TER et trains grandes lignes
- Les métros et RER à Paris
- Les métros et tramway dans les autres villes

### TGV, TER et trains grandes lignes

Les données relatives au TGV, aux trains grandes lignes et au TER ont été fournies par la SNCF.

### Métros et tramway dans les autres villes

Ces valeurs ont été calculés dans le [chapitre transport routier de personnes](#) dans la section sur les transports en commun électriques.

### Trains Europe

L'étude de l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) sur les effets externes, communément appelée "étude INFRAS-IWW", a fait l'objet d'une actualisation en octobre 2004 avec pour année de référence 2000. Cette étude permet d'établir des facteurs d'émission pour le transport ferroviaire de voyageurs de différents pays européens, pour la seule énergie de traction.



Pays	gCO <sub>2e</sub> / voyageur.km
Allemagne	66,8
Autriche	23,5
Belgique	48,4
Danemark	114
Espagne	51,4
Finlande	45,2
Grèce	66,2
Irlande	38,8
Italie	31,7
Luxembourg	39,7
Norvège	40
Pays bas	76,3
Portugal	61,5
Royaume Uni	75
Suède	12,9
Suisse	3,74

*Facteurs d'émission par voyageur.km pour les déplacements en train à l'étranger (UIC – INFRAS - IWW, 2004)*

L'incertitude sur ces valeurs a été fixée à 20%.

## 5.2.3 Aérien

### Description

Dans la Base Carbone ®, les facteurs d'émissions du transport aérien sont classés par :

- Longueur de trajet (par tranche de 1000km)
- Taille d'appareil (en nombre de sièges)

Voir [transport de marchandises > aérien](#).

## 5.2.4 Maritime

### Description

Le transport maritime de personne se fait essentiellement par ferry ou roulier Ro-Pax. Ces navires peuvent transporter à la fois des personnes et leur voiture. Pour chacun de ces types de navires, 3 facteurs d'émissions seront proposés :

- Un FE en véhicule kilomètre pour le navire
- Un FE en personne kilomètre pour les personnes transportées
- Un FE en voiture kilomètre pour les voitures transportées

## Ferries

Les données relatives aux ferries sont issues de l'étude ADEME-MEDDTL-MLTC-Technitas « Efficacité énergétique et environnementale des modes de transports » (2009) [430](#).

La consommation kilométrique des navires est fourni ici :

Type de navire	Consommation (tonnes)		trajet km	taux kilométrique (kg/km)	
	HFO	MDO		HFO	MDO
FERRY DE NUIT	23,3	15,2	354	66	43,0
FERRY DE JOUR	10,2	1,3	85	120	15,3
ROPAX	37,9	0,0	330	115	0,0

La clé de répartition entre les différents éléments transportés dans le navires est la suivante :

Type de navire	clé de répartition		
	camions	voiture	passagers
FERRY DE NUIT	28%	18%	54%
FERRY DE JOUR	24%	16%	60%
ROPAX	32%	14%	54%

### Sources :

[\[430\] ADEME - MEDDAT - Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime - Avril 2009](#)

## 5.2.5 Fluvial

### Description

Le transport fluvial de personne correspond aux navettes fluviales de tourisme.

## 5.3 Achat de biens

La production des matériaux de base (verre, acier, métaux, plastique, etc.) engendre des émissions de gaz à effet de serre essentiellement dues à l'énergie fossile et l'électricité consommées dans les processus industriels de fabrication (charbon pour la fabrication d'acier par exemple).

Les facteurs d'émission ont été obtenus de deux manières distinctes :

- soit par le biais d'analyses de cycle de vie déjà publiées, qui sont alors mentionnées ;
- soit par calcul direct lorsque les dépenses énergétiques décomposées par source d'énergie utilisée sont connues.

Ces facteurs d'émission ont vocation à être réactualisés en fonction des progrès des industries concernées d'une part, et en fonction de l'acquisition de nouvelles connaissances (notamment les contributions à la Base Carbone ®) d'autre part.

Dans le cadre d'un bilan GES, ce chapitre donnera les facteurs d'émissions pour :

- Le poste 9 - Achat de produits et services
- Le poste 10 - Immobilisation de biens

Ces facteurs d'émissions peuvent aussi servir d'approximations pour d'autres facteurs d'émission. Par exemple dans le cas du transport, il permet d'obtenir la part amortissement des véhicules.

### 5.3.1 Produits de l'agriculture et de la pêche

#### Description

Les produits agricoles regroupent l'ensemble des produits végétaux et animaux produits par le monde agricole. Ils sont à distinguer des produits agro-alimentaires qui eux subissent une étape de transformation supplémentaire dans les industries du même nom.

Les produits agricoles de la Base Carbone® sont donc dits « **sortie ferme** ». Il s'agit en effet d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) allant du berceau à la porte de la ferme.

Les facteurs d'émissions sont issus du programme AGRIBALYSE® présenté ci-après.

## 5.3.1.1 AGRIBALYSE®

### Présentation

AGRIBALYSE® est la Base de données d'Inventaire de Cycle de Vie des produits agricoles développée par l'ADEME et ses partenaires au sein du programme du même nom. Cette base de données sectorielle alimente les bases de données ADEME transversale que sont la Base Carbone® et la Base IMPACTS ®.

La base de données contient 113 ICV, couvrant les principales productions agricoles françaises. La base de données ICV contient un grand nombre de flux et d'indicateurs environnementaux, dont les émissions de Gaz à effet de serre qui correspondent au "périmètre" de la Base Carbone®. Ces données sont accompagnées d'un rapport méthodologique (Koch et Salou 2014) assurant la transparence et la reproductibilité de ce travail, et d'un rapport « Bilan et enseignements » décrivant les étapes du projet et ses perspectives. L'ensemble des documents est disponible [sur le site de l'ADEME<sup>500</sup>](#).

Les données d'évaluation environnementales produites sont le résultat d'un travail consensuel de recherche entre les acteurs agricoles français (INRA, instituts techniques). Un atout de ce jeu de données est son homogénéité dans la manière d'analyser l'ensemble des produits (cohérence des périmètres, des règles d'allocation etc.). La définition d'itinéraires techniques représentatifs et le choix de modèles de calcul de flux pertinents pour l'ensemble des produits ont constitué des points clés de ce travail. Les contrôles de qualité et, dans une moindre mesure, les analyses de sensibilité sont perçus comme ayant contribué fortement à la qualité des résultats. Les résultats obtenus nécessitent cependant d'être approfondis afin notamment de mieux prendre en compte les incertitudes et d'améliorer les méthodologies (ex : stockage du carbone biogénique).

Une première phase du programme AGRIBALYSE® a eu lieu entre 2009 et 2013, aboutissant à la mise à disposition de la base de données AGRIBALYSE®\_v1.1. Une nouvelle phase (AGRIBALYSE® 2) est en cours de démarrage (2015) et permettra d'améliorer et de compléter les données disponibles.

### Objectifs

Le programme a consisté à produire une base de données ICV, publique et homogène des produits agricoles français avec une méthode adaptée à ce secteur. Cette base de données se veut cohérente, consensuelle et harmonisée entre les filières.

Les deux objectifs d'AGRIBALYSE® ont été :

- **Objectif 1** : Contribuer à renseigner l'affichage environnemental des produits alimentaires. Les ICV AGRIBALYSE® sont mis à disposition pour alimenter la base de données publique IMPACTS®. Le choix final et les principes méthodologiques de l'affichage relèvent de

l'ADEME.

- **Objectif 2 :** Fournir des références aux filières agricoles pour accompagner leurs démarches d'analyses environnementales et de réduction de leurs impacts. L'ensemble des choix méthodologiques effectués constitue un point de repère et une base de référence pour des études ACV ultérieures et doit soutenir les projets visant à l'amélioration des pratiques agronomiques (écoconception).

Par ailleurs, cette base doit permettre une visibilité internationale des études françaises.

## Partenaires et organisation du programme

La construction d'une BDD d'ICV agricoles nécessite de regrouper plusieurs types de compétences : des experts sur la méthodologie ACV, experts agronomes et zootechniciens pour les différentes filières étudiées, des structures ayant un accès aux données primaires (descriptives des filières agricoles). Face à ce besoin, l'ADEME a souhaité monter un projet multi-partenarial entre des instituts de recherche et des instituts techniques. Les principales filières agricoles (11) ont pu être représentées au sein du partenariat AGRIBALYSE®, ce qui a permis d'avoir un niveau d'expertise élevé pour chaque production.

La répartition des tâches s'est faite ainsi :

Tâche	Responsable
Coordination stratégique	ADEME
Direction opérationnelle (conjointe)	Agroscope ART et INRA
Calcul des ICV, établissement et mise en œuvre des méthodologies	INRA : productions animales (44 ICV) Agroscope ART : productions végétales (66 ICV) CIRAD : produits importés (3 ICV)
Collecte de données, contribution aux méthodologies et contrôle de qualité des ICV.	ACTA + 10 Instituts techniques : ARVALIS-Institut du Végétal, CETIOM, UNIP, IFV, CTIFL, ITB, Terres d'Innovation, Institut de l'Elevage, ITAVI, IFIP

Le programme s'est organisé autour de trois comités. Un comité stratégique qui décide des orientations, un comité de pilotage qui valide les choix techniques et méthodologiques et un comité de consultation qui est un lieu d'échanges d'information avec toutes les parties s'intéressant au succès du programme.

De plus, un contrôle de qualité des données d'entrées (itinéraires techniques) a été réalisé par des experts extérieurs au programme AGRIBALYSE® (chambres d'agriculture, coopératives, enseignement, chercheurs etc.) et un contrôle qualité des résultats d'ICV et d'Analyse de l'Impact du Cycle de Vie (AICV) a été fait par les instituts techniques. Ces contrôles contribuent à la qualité des résultats et offrent une garantie de transparence et d'indépendance aux utilisateurs des données.

## Champs de l'étude

### Produits étudiés et représentativité

AGRIBALYSE® a permis de réaliser l'ICV des principaux produits agricoles français (et trois produits importés), selon une méthodologie homogène. Les « groupes de produits » font références aux cultures ou aux animaux (ex : blé, maïs, poulet de chair, porc, etc.). La construction d'ICV représentatifs France pour la plupart des « groupe de produits » s'est faite en agrégeant des ICV unitaires correspondants à des systèmes contrastés (conventionnel, biologique, AOC, déclinaisons régionales, etc.). Cette agrégation s'est faite au cas par cas pour chaque production

Les produits étudiés dans AGRIBALYSE®	
Production végétale	
Cultures annuelles	Blé dur, blé tendre, betterave sucrière, carotte, colza, féverole, maïs, orge, pois, pomme de terre, tournesol, tomate, triticales
Prairies/Fourrages	Herbe, luzerne, maïs ensilage
Fruits et vigne	Pêche/nectarine, pomme, pomme à cidre, raisin de cuve
Cultures spéciales métropolitaines	Rose, arbuste
Cultures spéciales tropicales	Café, clémentine, riz jasmin, cacao, mangue, fruit de palmier à huile
Production animale	
Bovins	Lait de vache, bovin viande
Ovins	Lait de brebis, agneau
Caprins	Lait de chèvre
Volailles	Œuf, poulet de chair, dinde, canard à rôti, canard à gaver
Cuniculture	Lapin
Pisciculture	Truite, bar / dorade
Porcs	Porcs

### Scope

L'unité fonctionnelle retenue dans AGRIBALYSE® est la masse : les émissions de GES sont exprimées par kg de produits. Selon la nature du produit, les précisions nécessaires ont été documentées.

Les principales unités fonctionnelles choisies sont :

- Pour les productions végétales : kg de matière brute aux normes (humidité, sucre, protéine) du produit sorti champ.
- Pour les productions animales :
  - pour les animaux : kg de poids vif

- pour le lait : kg de lait corrigés (4 % de matière grasse et 3,3 % de matière protéique)
- pour l'œuf et la laine : kg

### **Limite des systèmes (spatiale/temporelle)**

Le système considéré pour les ICV d'AGRIBALYSE® est du berceau jusqu'à la sortie du champ (pour les inventaires de productions végétales) ou sortie de l'atelier de production (pour les inventaires de productions animales). Ceci implique pour les productions végétales l'intégration de l'ensemble des processus amonts (fabrication des intrants) et sur champ (opérations culturales) mais l'exclusion des processus post-récoltes éventuellement effectués à la ferme (ex : stockage des pommes de terre, séchage des céréales). Les ateliers animaux sont à considérer au sens strict. L'ensemble des processus nécessaires au fonctionnement de l'atelier (bâtiments d'élevage, stockage et fabrications des aliments d'élevage sur la ferme, fonctionnement de la salle de traite et du tank à lait, etc.) sont inclus mais les opérations de transformation pour l'alimentation humaine (transformation fromagère, etc.) sont exclues.

Dans l'objectif de réaliser des ICV aussi représentatifs que possible des productions agricoles actuelles, la période de référence retenue est la période 2005-2009.

Les émissions directes, associées aux productions animales et végétales, sur leur site de production ont été modélisées par le programme, alors que les émissions indirectes liées à la production des intrants utilisés sur le site de production ont été intégrées à partir des données de bases d'inventaires pré-existantes, principalement ecoinvent®. Un travail particulier a toutefois été réalisé pour certaines matières premières de l'alimentation animale (Rapport méthodologique Annexe L).

### **Qualité des données**

Une attention particulière a été apportée sur la qualité des données, avec un contrôle des valeurs et la caractérisation de la qualité des données. Les données AGRIBALYSE® répondent aux standards de qualité internationaux, ISO 14 044 et ILCD entry level.

Le contrôle qualité des données a été réalisé à deux niveaux. Dans un premier temps, les données d'itinéraires techniques, renseignées par les Instituts Techniques, ont été contrôlées par des experts extérieurs au programme AGRIBALYSE®. Dans un deuxième temps, les données ICV calculées par l'INRA et Agroscope ont été contrôlées en interne par les instituts techniques. Ce double contrôle a permis d'améliorer significativement la qualité des inventaires produits. La caractérisation de la qualité a été faite selon la pedigree matrix d'ecoinvent® 2.0 pour les données individuelles et la matrice ILCD au niveau global des inventaires.

## **Inventaire**

### **Recueil des données**

## Intrants

L'intégralité de la collecte de données, c'est-à-dire la saisie de toutes les informations décrivant l'itinéraire technique agricole (intrants et opérations de culture et élevage) a été assurée par les Instituts Techniques, à l'aide d'un outil Excel appelé Outil Informatique l'OIS.

## Productions végétales

Pour chaque intrant, les informations suivantes ont été collectées :

- Le nom de l'intrant spécifique (donc p.ex. ammonitrate, lisier de lapin ou metolachlor). Les noms de matériels ont été choisis au sein d'une liste prédéfinie laquelle, en cas de nécessité, pouvait être élargie sous la réserve que le nouveau matériel soit défini
- La quantité appliquée / consommée (en précisant l'unité)
- La source d'où est issue la donnée
- Le pourcentage de surface concernée, afin de prendre en compte différentes pratiques dans certains itinéraires techniques (ex : 30% semis direct ; 70% semis avec semoir classique)
- Sur une base volontaire, l'information n'étant pas strictement nécessaire au calcul de l'ICV : la date d'application ainsi que la plage de la donnée (minimum et maximum)
- Un commentaire facultatif

## Productions animales

Pour les inventaires animaux, deux types de données ont été collectés :

- Des données techniques décrivant la classe d'animal (exemples : nombre d'animaux en entrée, âge et poids de l'animal en entrée et en sortie, la mortalité, etc.)
- Des données liées à l'alimentation animale. La saisie a été effectuée en deux temps. Une première étape consistant en la définition des aliments composés et une seconde où la ration annuelle est définie. Lors de la première étape, les matières premières ainsi que leurs taux d'incorporation dans l'aliment composé sont saisis. Lors de la seconde étape, les aliments composés, et/ou les aliments élémentaires (matières premières directement consommées par les animaux, comprenant donc les fourrages et l'herbe pâturée) sont listés pour définir avec précision la ration distribuée aux animaux.

## Emissions directes

En agriculture les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O sont particulièrement importantes dans les bilans. Ces émissions sont diffuses et doivent être modélisées à partir de modèles agro-environnementaux afin d'obtenir les facteurs d'émissions finaux.



Les modèles de calculs des émissions de GES retenus dans AGRIBALYSE® sont :

GES émis	Poste d'émission	Modèle retenu
CO <sub>2</sub>	Gaz de combustion	ecoinvent® v2 (Nemecek et Kägi, 2007), par le biais d'un ICV « combustion de diesel/pétrole»
	Apports de chaux et d'urée	GIEC 2006b Niveau 1
CH <sub>4</sub>	Déjections animales (bâtiment/ stockage/ pâturage/parcours)	GIEC 2006b Niveau 2
	Emissions entériques : bovins et ovins	GIEC 2006b Niveau 2
	Emissions entériques : autres animaux	GIEC 2006b Niveau 1
	Riz de Thaïlande	GIEC 2006b Niveau 2
	Application du produit : Riz de Thaïlande	Développement AGRIBALYSE®
N <sub>2</sub> O	Productions végétales	GIEC 2006b Niveau 1
	Cultures spéciales métropolitaines	GIEC 2006b Niveau 1
	Cultures tropicales (hors riz)	GIEC 2006b Niveau 1
	Riz de Thaïlande	GIEC 2006b Niveau 2
	Productions animales (bâtiment et stockage)	GIEC 2006b Niveau 2

Certains flux n'ont pas été considérés dans le cadre d'AGRIBALYSE® :

- Les émissions de CO<sub>2</sub> par respiration des animaux : conformément aux recommandations du GIEC (2006b). En effet, on considère que le CO<sub>2</sub> absorbé par les plantes lors de la photosynthèse, et donc contenu dans l'alimentation du bétail, est restitué à l'atmosphère sous cette forme. Ne s'agissant pas d'un processus de stockage sur le long terme, il n'y a pas lieu de considérer ce poste d'émission.
- Le stockage de carbone dans le bois des cultures pérennes (vigne et arboriculture), le devenir du bois étant difficile à évaluer (stockage ou cycle court), les quantités de CO<sub>2</sub> en jeu étant faibles et conformément aux calculs réalisés par le CITEPA dans le cadre des inventaires nationaux (CITEPA, 2011).
- Le stockage/déstockage de CO<sub>2</sub> dans la biomasse et/ou les sols suite à l'utilisation (prairie, labour) et le Changements d'Affectation des Terres (CAT) en France métropolitaine. En l'absence d'une méthode de calcul consensuel, ce poste n'a pas été retenu pour les inventaires présents dans la base de données. Dès qu'une méthode robuste sera disponible ces flux devraient être intégrés.

## Emission indirectes

Dans AGRIBALYSE® les émissions indirectes correspondent à toutes celles ayant lieu en dehors de l'exploitation agricole où a lieu la production. Cela concerne donc la fabrication, le transport et la fin de vie des intrants agricoles. En fonction du type d'intrant, soit des facteurs d'émissions spécifiques ont été recalculés, soit des facteurs issus de bases de données ACV existantes ont été utilisées.

AGRIBALYSE® distingue trois types d'intrants pour les inventaires agricoles :

1. Des intrants agricoles (issus de France métropolitaine ou non) – exemple : orge fourragère, semences, etc. Ces intrants sont issus du secteur agricole et leurs inventaires (Facteurs d'émissions) ont été développés par le programme AGRIBALYSE®.
2. Intrants non agricoles spécifiques à l'agriculture – exemple : tracteur, pesticides, fertilisants etc. Les facteurs d'émissions ont été adapté à la situation française en se basant sur les bases de données ecoinvent® et INRA.
3. Intrants non agricoles non spécifiques à l'agriculture – exemple : électricité, diesel, acier pour une clôture, pneus pour les tracteurs. Ces intrants ont été produits hors du secteur agricole et sont utilisés par tous les secteurs économiques. Les facteurs d'émissions sont directement issus de ecoinvent®.

On notera que les facteurs d'émissions des engrais diffèrent du reste de la base carbone qui est basé sur Gestim.

## Allocation

Lorsqu'un processus de production abouti à plusieurs produits ou coproduits (ex : une vache fait du lait et de la viande), il est nécessaire de définir une clé de répartition des impacts environnementaux (ici émissions de GES) entre ces co-produits. Ceci correspond aux règles d'allocations.

Comme règle générale, AGRIBALYSE® s'inscrit dans le respect des standards internationaux ; quelle que soit la règle d'allocation choisie, elle doit être aussi pertinente pour le produit principal que pour le coproduit. Dans tous les cas, la procédure d'allocation est explicitée.

AGRIBALYSE® se limite à la production agricole. Exception faite de certaines transformations à la ferme (ex : enrubannage, ensilage, etc), les processus de transformation « à la ferme » et « post-ferme » n'ont pas été considérés. Les coproduits tels que les tourteaux de graines oléagineuses, qui résultent de processus de transformation post-ferme, ne font donc pas partie du périmètre d'AGRIBALYSE®. Le calcul de facteurs d'émissions des co-produits a été réalisé mais uniquement dans le cadre des besoins pour l'alimentation animale et en réutilisant des travaux existants de l'INRA pour toute la partie transformation (rapport méthodologique Annexe L).

Les règles d'allocation se basent sur les préconisations du guide de lecture de l'annexe méthodologique du référentiel BPX 30-323 (AFNOR, 2011). En conformité avec ISO 14044 (ISO, 2006b), dans AGRIBALYSE® la hiérarchisation générale des modes d'allocation est la suivante :

- 1er choix : éviter l'allocation en :
  - Divisant le processus élémentaire à affecter en deux sous-processus ou plus et en recueillant les données d'intrants et d'extrants rattachées à ces sous-processus
  - En étendant le système de produits pour y inclure les fonctions supplémentaires des

coproduits, en tenant compte des exigences définies au paragraphe 4.2.3.3 de la norme ISO 14044 (ISO, 2006b). Ceci ne s'applique pas dans le cadre de l'ACV attributionnelle utilisé pour AGRIBALYSE®.

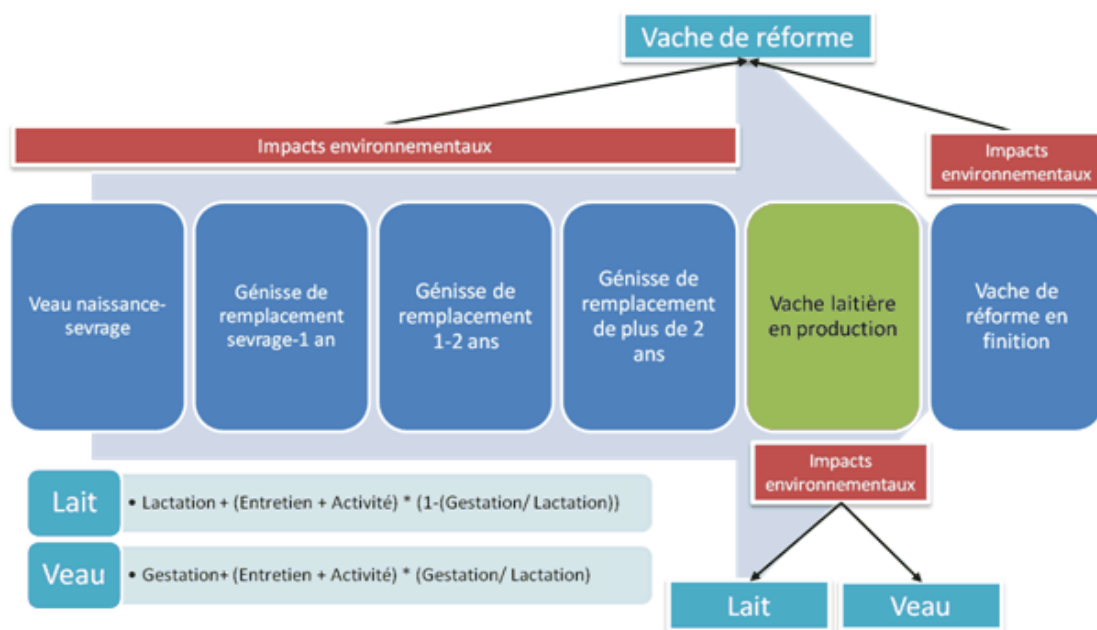
- 2ème choix : « allocation physique » : Il convient que les intrants et les extrants du système soient répartis entre ses différents produits ou fonctions d'une manière qui reflète les relations physiques sous-jacentes existantes entre eux. C'est-à-dire qu'il faut que ces relations physiques illustrent la manière dont les intrants et les extrants évoluent avec les modifications quantitatives des produits ou des fonctions que le système fournit.
- 3ème choix : « allocation économique » : La valeur économique des coproduits (p. ex. le prix de vente), représente bien l'objectif de production. Ce mode d'allocation est courant en ACV lorsqu'il n'y a pas de critère physique qui soit pertinent pour le produit comme pour le(s) coproduit(s). Le défaut de ce mode d'allocation est que l'impact des produits est ainsi dépendant du marché et peut présenter une forte variabilité interannuelle même si le système de production est identique d'une année sur l'autre.
- Pour atténuer ce défaut, des données économiques lissées sur 5 ans en excluant les deux années extrêmes (moyenne olympique) ont été utilisées. Procéder ainsi permet de représenter la valeur d'un produit, et l'évolution de la valeur que le marché lui attribue, tout en s'affranchissant des fortes variations de prix.

Le choix de règle d'allocation a été raisonné au niveau de chaque nœud produit-coproduit. Les détails sont fournis dans le rapport méthodologique du programme. L'allocation biophysique utilisée pour l'élevage correspond à affecter les impacts selon les besoins physiologique des animaux.

Pour les productions animales, les impacts sont attribués aux coproduits selon un modèle « bio-physique » (Figure 14). Ci-dessous on présente un exemple d'allocation biophysique pour la production de lait de vache.

Dans un premier temps, on évite l'allocation en divisant le processus en plusieurs processus unitaires, c'est-à-dire en décomposant la vie de l'animal en stades physiologiques caractéristiques (6 stades ici).

Pour certains stades (5ème ici), il y a toujours plusieurs produits, donc il reste à faire une allocation, par exemple pour la phase de production de lait chez les bovins. Une allocation lait/veaux est nécessaire. Celle-ci a été réalisée au prorata de l'énergie nécessaire pour les différentes fonctions physiologiques de l'animal et pour l'élaboration du produit et des coproduits. Cinq fonctions ont été distinguées : entretien, activité, croissance, lactation et gestation.



*Exemple d'allocation dans le cas des bovins*

	Production	Produit / Coproduit	Méthode de gestion des coproduits retenue
Productions végétales	Céréales / Protéagineux	Grain paille	Economique
	Carotte	Carottes commercialisables Déchets	100% Non considérés
	Vergers / Vignes	Fruits Bois de taille	100% Non considéré
	Prairies	Herbe pâturée Herbe récoltée	Massique
	Clémentines	Clémentine export Clémentine locale	Economique
	Café	Café vert (produit principal) Pulpe (compostée sur l'exploitation)	100 % Recyclage interne
Productions animales	Bovin viande allaitant	Taurillon / Génisse Vache de réforme	Bio-physique
	Bovin lait	Lait Vache de réforme Veau	Bio-physique
	Ovin viande	Agneau Laine Brebis de réforme	Bio-physique
	Ovin lait	Lait Agneau Laine Brebis de réforme	Bio-physique
	Caprin lait	Lait Chèvre de réforme	Bio-physique
	Volaille pondeuse	Œuf Volaille de réforme	Bio-physique
	Porc	Porc charcutier Truie de réforme	Bio-physique

*Liste des produits / coproduits générés dans AGRIBALYSE® – Méthode de gestion des coproduits retenue.*

**Sources :**

[\[500\] AGRIBALYSE](#)

## 5.3.1.2 Produits végétaux

### Description

La classification retenue pour les produits végétaux est la suivante :

- Céréales

- Légumineuses
- Oléagineux
- Légumes, racines et tubercules
- Fruits
- Raisins
- Plantes à boisson
- Autres produits végétaux

## Méthodologie

Les facteurs d'émissions retenus ici, ont été calculés dans le cadre du [projet AGRIBALYSE®](#).

## Postes d'émissions

Les principaux postes d'émissions pour les produits végétaux sont les suivants :

- Les émissions directes au champ (Production de  $N_2O$  par nitrification / dénitrification des apports en azote principalement. Production de  $CO_2$  à cause du chaulage secondairement.)
- La fabrication des engrais (en particulier des engrais azotés)
- La fabrication des autres intrants (semences, phytosanitaires...)
- L'énergie pour le fonctionnement des engins agricoles et pour les bâtiments liés à la culture
- L'amortissement de la fabrication de ces engins agricoles et de ces bâtiments
- Les transports sur la ferme

## Céréales

Dans la catégorie **céréales**, on retrouve : le blé dur, le blé tendre, le maïs, l'orge, la triticale, le riz.

Le blés tendres biologiques rentrent dans une logique de rotation des cultures. Si la culture précédente est une légumineuse, elle sert d'engrais vert et permet de limiter les apports en engrais azotés. Deux cas types sont étudiés ici : (i) si la culture précédente est une culture de féverole, (ii) si la culture précédente est une culture de luzerne.

Pour des questions de conservation au froid des produits, le secteur d'activité de la boulangerie industrielle utilise des farines de blé tendre ayant une taux de protéine supérieure (>14%). Ces blés sont qualifiés de "blé tendre améliorant". Le blé plus "classique" est qualifié de "panifiable". Son taux de protéine est compris autour de 11,5 - 12,5%.

Le maïs grain est destiné à l'alimentation humaine. Le maïs ensilage est destiné à l'alimentation animale.

L'orge de brasserie est destinée à la fabrication de bière. L'orge fourragère est destinée à l'alimentation animale.

Certaines céréales contenant de l'amidon (blé, maïs...) peuvent être transformés pour donner du [bioéthanol](#).

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom de la céréale	Emissions de GES
Blé dur - conventionnel	0,660 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Blé tendre - biologique de féverole	0,336 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Blé tendre - biologique de luzerne	0,221 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Blé tendre - conventionnel	0,400 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Blé tendre - conventionnel, améliorant, 15% humidité	0,611 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Blé tendre - conventionnel, panifiable, 15% humidité	0,400 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Maïs ensilage - conventionnel	0,192 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière sèche
Maïs grain - conventionnel, 28% humidité	0,317 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Orge de brasserie - conventionnelle	0,377 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Orge fourragère - conventionnelle	0,373 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Riz Thai (Riz jasmin)	3,280 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Triticale - biologique	0,272 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Triticale - conventionnelle	0,455 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute

*Facteur d'émissions des céréales*

*Source : AGRIBALYSE®*

## Légumineuses

Dans la catégorie **légumineuses**, on retrouve : la féverole, la luzerne, le pois.

Les légumineuses disposent de nodules fixateurs de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>). Cela leur permet d'être cultivées sans apport d'engrais azotés (N). Elles tiennent donc un rôle important dans les

systèmes culturales favorisant la rotation des cultures en jouant le rôle d'"engrais vert".

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom de la légumineuse	Emissions de GES
Féverole - biologique en culture pure	0,292 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Féverole - conventionnelle	0,177 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Féverole - de printemps, conventionnelle, en conduite allégée	0,174 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Luzerne - conventionnelle, pour l'alimentation animale en fourrage	0,151 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière sèche
Luzerne - conventionnelle	0,133 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière sèche
Luzerne - conventionnelle, pour la déshydratation et fabrication de bouchons	0,091 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière sèche
Pois de printemps - conventionnel, 15% humidité	0,202 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Pois d'hiver - conventionnel, 15% humidité	0,221 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute

*Facteur d'émissions des légumineuses*

*Source : AGRIBALYSE®*

## Oléagineux

Dans la catégorie **oléagineux**, on retrouve : le colza et le tournesol.

Les oléagineux sont des plantes cultivées spécifiquement pour leurs graines ou leurs fruits riches en matières grasses, dont on extrait de l'huile à usage alimentaire, industriel ou énergétique ([biocarburant - filière huiles végétales](#)).

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom de l'oléagineux	Emissions de GES
Colza - conventionnel, 9% humidité	0,880 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute
Tournesol - conventionnel, 9% humidité	0,505 kgCO <sub>2e</sub> / kg de matière brute

*Facteur d'émissions des oléagineux*

*Source : AGRIBALYSE®*

## Légumes, racines et tubercules

Dans la catégorie **légumes, racines et tubercules**, on retrouve : les tomates, les carottes, la



pomme de terre, la betterave sucrière.

La pomme de terre a trois destinations possible :

- La production d'amidon
- Les industries agroalimentaires (fabrication de chips, frites...)
- Le marché du frais (on distingue alors les pommes de terre et petit et de gros calibre)

Les tomates "consommé en frais" sont les tomates cultivées sous serres. Ces serres sont ou non chauffées.

La betterave sucrière est destinées à la production de sucre ou de [bioéthanol](#).

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom du légume, racine ou tubercule	Emissions de GES
Betterave sucrière - conventionnelle	0,034 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Carotte - biologique, premier et deuxième choix	0,059 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Carotte - conventionnelle, premier et deuxième choix	0,066 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme de terre - conventionnelle, destinée au marché du frais, gros calibre	0,080 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme de terre - conventionnelle, destinée au marché du frais, petit calibre (chair ferme)	0,089 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme de terre - conventionnelle, destinée à l'industrie agro-alimentaire	0,080 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme de terre - conventionnelle, destinée à la production d'amidon (féculé)	0,070 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme de terre - conventionnelle, mix de variétés	0,078 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Tomate pour la consommation en frais - biologique, sous abri froid	0,195 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Tomate pour la consommation en frais - conventionnelle, sous abri	2,080 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Tomate pour la consommation en frais - conventionnelle, sous abri froid	0,167 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Tomate pour la consommation en frais - moyenne, sous abri	2,052 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute

*Facteur d'émissions des légumes, racines et tubercules*

*Source : AGRIBALYSE®*

## Fruits

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom du fruit	Emissions de GES
Clémentine (Nour) - qualité export, Souss	0,396 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Mangue - conventionnelle	0,137 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pêche/Nectarine - biologique	0,192 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pêche/Nectarine - conventionnelle	0,170 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pêche/Nectarine - mix de production (conventionnelle et biologique)	0,171 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme à cidre - conventionnelle	0,082 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme à cidre - conventionnelle, pépinière	0,296 kgCO <sub>2</sub> e / pièce (scion)
Pomme de table - biologique	0,110 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme de table - conventionnelle	0,068 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Pomme de table - mix de production (conventionnelle et biologique)	0,070 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute

*Facteur d'émissions des fruits*

*Source : AGRIBALYSE®*

## Raisins

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom de la vigne	Emissions de GES
Raisin vigne - biologique, Languedoc Roussillon, tous vins confondus	0,604 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Raisin vigne - biologique, Mâconnais, vin appellation	1,429 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Raisin vigne - raisonnée, Languedoc Roussillon, tous vins confondus	0,606 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Raisin vigne - raisonnée, Beaujolais Sud, vin appellation Beaujolais	1,342 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute

*Facteur d'émissions des raisins*

*Source : AGRIBALYSE®*

## Plantes à boissons

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom de la plante	Emissions de GES
Cacao - conventionnel	3,606 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute
Café (Robusta) - sans pulpe	1,416 kgCO <sub>2</sub> e / kg de matière brute

*Facteur d'émissions des plantes à boissons*

*Source : AGRIBALYSE®*

## Autres végétaux

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Nom du végétal	Emissions de GES
Arbuste en conteneur	0,908 kgCO <sub>2</sub> e / pièce (arbuste en pot)
Rose fleur coupée hors sol - lutte conventionnelle et chauffage faible	0,559 kgCO <sub>2</sub> e / pièce (tige)
Rose fleur coupée hors sol - lutte conventionnelle, chauffée (et éclairée)	1,078 kgCO <sub>2</sub> e / pièce (tige)
Rose fleur coupée hors sol - lutte intégrée et chauffage faible	0,494 kgCO <sub>2</sub> e / pièce (tige)
Rose fleur coupée hors sol - lutte intégrée, chauffée (et éclairée)	0,901 kgCO <sub>2</sub> e / pièce (tige)
Rose fleur coupée hors sol - mix de production (lutte conventionnelle et intégrée)	0,816 kgCO <sub>2</sub> e / pièce (tige)

*Facteur d'émissions des autres végétaux*

*Source : AGRIBALYSE®*

### 5.3.1.3 Produits animaux

#### Description

La classification retenue pour les produits animaux est la suivante :

- Bovins
- Ovins
- Caprins

- Porcins
- Cuniculture
- Volaille

Les animaux présentés ici sont destinés à l'abattage pour la production de viande. Les facteurs d'émissions associés sont exprimés : kgCO<sub>2e</sub> / kg de poids vif.

Les coproduits suivants sont aussi proposés : le lait, la laine et les oeufs.

## Méthodologie

Les facteurs d'émissions retenus ici, ont été calculés dans le cadre du [projet AGRIBALYSE®](#).

## Postes d'émissions

Les principaux postes d'émissions pour les produits animaux sont les suivants :

- La fermentation entérique des animaux (bovins principalement)
- La gestion des déjections animales
- L'alimentation
- L'énergie pour le fonctionnement des bâtiments d'élevage
- L'amortissement de la construction de ces bâtiments
- Les autres intrants

## Résultats

Les principales valeurs obtenues dans AGRIBALYSE® sont les suivantes :

Catégorie	Nom de l'animal ou du coproduit	Emissions
Bovins	Bovin viande	13,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg de poids vif
	Lait de vache	1,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Veau de boucherie - conventionnel	14,0 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif

Ovins	Brebis laitière de réforme - conventionnel, système Roquefort	6,8 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Agneau - conventionnel, système Roquefort	4,5 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Laine - conventionnel, système Roquefort	7,9 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Lait de brebis - conventionnel, système Roquefort	1,6 kgCO <sub>2e</sub> / kg
Caprins	Lait de chèvre - conventionnel, système zone fourragère intensive	0,9 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Chèvre de réforme - conventionnel, système zone fourragère intensive	6,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Chevreau - conventionnel, système zone fourragère intensive	7,0 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
Porcins	Porc - conventionnel	2,4 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Porc - Label rouge, plein air	2,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Porc - biologique	3,5 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
Cuniculture	Lapin - conventionnel, en cage	2,5 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
Volaille	Poulet de chair - conventionnel	2,0 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Poulet de chair - Label rouge	3,0 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Poulet de chair - biologique	2,3 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Poulet de chair - moyenne nationale	2,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Œuf - moyenne	1,7 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Œuf - conventionnel, en bâtiment, en cage (catégorie 3)	1,7 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Œuf - conventionnel, en bâtiment, au sol (catégorie 2)	2,3 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Œuf - conventionnel, plein air (catégorie 1)	2,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Œuf - biologique (catégorie 0)	1,4 kgCO <sub>2e</sub> / kg
	Poule de réforme - moyenne	5,0 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Poule de réforme - conventionnel, en bâtiment, en cage	11,8 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Poule de réforme - conventionnel, en bâtiment, au sol	5,5 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Poule de réforme - conventionnel, plein air	5,4 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Poule de réforme - biologique	5,2 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Canard à gaver - conventionnel	3,4 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Canard à rôti - conventionnel (sur caillebotis)	2,7 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Dinde - moyenne	3,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Dinde - conventionnel	3,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif
	Dinde - label rouge	4,3 kgCO <sub>2e</sub> / kg poids vif

*Facteur d'émissions des produits animaux*

*Source : AGRIBALYSE®*

## 5.3.1.4 Produits de la pêche et de l'aquaculture

### Aquaculture

Les facteurs d'émissions retenus pour l'aquaculture, ont été calculés dans le cadre du [projet AGRIBALYSE®](#).

Trois types de poissons ont été retenus :

- Bar / dorade
- Truite portion
- Grande truite

Bar / Dorade - 200 à 500g - conventionnel	Truite portion - 250 à 300g, conventionnel	Grande truite, 2 à 4 kg, conventionnel
4,5	1,5	1,9

*Facteur d'émissions des produits de l'aquaculture exprimés en Kg CO<sub>2</sub>e/kg de poids vif*

*Source : AGRIBALYSE®*

### Poisson pêché en métropole

Les 500.000 tonnes (environ) de poisson débarquées dans les ports de France métropolitaine vont en regard de la consommation de 250 millions de litres de diesel par les bateaux de pêche<sup>501</sup>.

Toutefois la consommation des bateaux n'est pas la seule source d'émissions pour le poisson vendu au consommateur :

- il faut le réfrigérer, ce qui consomme de l'énergie et engendre des fuites de fluides frigorigènes
- il faut le transporter et le conditionner, dans des emballages

Nous proposons ci-dessous un calcul d'ordre de grandeur, en attendant une étude spécifique sur le Bilan GES de la pêche, avec une éventuellement discrimination par type de produit pêché (poisson de ligne, de chalut, de filet, crustacé ; différenciation en fonction de la taille du bateau, etc).

Ce facteur d'émission n'est pas applicable :

- aux poissons d'élevage (aquaculture), qui sont le plus souvent des carnivores (bars, turbots, et surtout saumons) dont une partie de l'alimentation est fournie par la pêche minotière, ce qui fait que l'on va retrouver dans les émissions par kg de poisson non pas les émissions d'une pêche directe, mais celles de la pêche minotière pour fabriquer les aliments,
- aux poissons d'eau douce

- aux coquillages.

Sous ces réserves le calcul est le suivant :

litres de fioul par tonne de poisson	500
Equivalent CO <sub>2</sub> du fioul par tonne de poisson	1 470
Supplément pour chaîne du froid (énergie, fuites)	20%
Supplément pour transport et emballage	10%
Transport, conservation, conditionnement, etc, en kgCO <sub>2</sub> e par tonne de poisson	440
Total	1 914

*Facteur d'émission du poisson pêché en métropole*

En première approximation, l'émission liée à la pêche d'une tonne de poisson sera donc de 1 900 kg équivalent CO<sub>2</sub>.

## Poisson pêché aux tropiques

La pêche tropicale - ou aux gros poissons comme le thon, même en Méditerranée - est 2 fois plus intensive en gasoil que la pêche côtière en Atlantique, et elle suppose du transport longue distance par avion ou en cale frigorifique.

Pour tenir compte de ces éléments, nous doublerons forfaitairement le facteur d'émission obtenu ci-dessus, en l'arrondissant à deux chiffres significatifs, ce qui donne 3,7 tonne équivalent CO<sub>2</sub> par tonne de poisson tropical.

## Crevettes

Les crevettes consommées en France peuvent avoir deux origines :

- de la pêche, en France (petites espèces) ou sous les tropiques (grosses espèces)
- de l'aquaculture sous les tropiques (grosses espèces).

Dans ce deuxième cas, il peut y avoir deux contextes très différents :

- l'aquaculture se fait sans déforestation préalable de la mangrove (ou sans dépérissement de la mangrove post élevage, ce qui revient au même pour ce qui suit)
- l'aquaculture se fait avec déforestation préalable de la mangrove (ou avec dépérissement de la mangrove post élevage).

Le facteur d'émission ci-dessous vaut pour la pêche, petites et grosses espèces confondues en

première approximation. Par contre il ne vaut pas pour l'aquaculture, la déforestation préalable pouvant changer le résultat d'un facteur 3.

Pour extrapoler la consommation de carburant pour la pêche à partir de la donnée utilisée ci-dessus, nous allons utiliser une information, qui est que l'efficacité de la pêche à la crevette n'est que de 20%, alors qu'elle est de 70% en règle général. Dit autrement, les prises rejetées à la mer sont de l'ordre de 30% de ce qui est pêché pour le poisson "normal" (chalutage par exemple), alors que pour les crevettes c'est plutôt 80% (en poids) de ce qui est pêché qui est rejeté, les bateaux ne conservant que les crevettes et rejetant tout le reste<sup>[501]</sup>. Il s'agit bien évidemment d'une moyenne.

Par ailleurs, la chaîne du froid est proportionnellement bien plus importante pour les crevettes, car elles viennent en moyenne de plus loin. Une étude réalisée par Carbone 4 au sein du principal acteur malgache<sup>[502]</sup> a montré que la chaîne du froid peut engendrer des émissions comparables à celle de l'utilisation du carburant. Nous prendrons une cote mal taillée de 50% de supplément à ce titre, la pêche européenne ne supposant probablement pas des émissions aussi importantes au titre de la réfrigération.

Par contre le supplément pour transport et emballage est porté à 30%, à cause de distances d'expédition souvent plus longues, et d'emballages proportionnellement plus volumineux par kg transporté que le poisson.

Avec ces différentes hypothèses (assurément perfectibles, mais qui permettent de disposer d'un ordre de grandeur), nous parvenons au calcul suivant :

Procédé	KgCO2e par tonne de crevettes
Emissions dues au fioul	5 148
Supplément pour chaîne du froid	50%
Supplément pour transport et emballage	30%
Transport, chaîne du froid, etc	4 121
Total	9 269

*Facteur d'émission des crevettes pêchées*

Le facteur d'incertitude est doublé, à 60%, ce qui signifie qu'un kg de crevettes pêchées sera le plus souvent compris entre 3 300 et 13 200 kgCO2e par tonne.

#### Sources :

[\[501\] En 2003, source IFREMER](#)

[\[502\] Unima ; publication sous presse](#)

## 5.3.2 Produits agro-alimentaires et boissons

### Description



Les produits agro-alimentaires regroupent l'ensemble des produits végétaux et animaux ayant subi une transformation dans une industrie agro-alimentaire. Ils sont à distinguer des produits agricoles qui eux sont bruts.

Les produits agro-alimentaires de la Base Carbone® sont donc dits « **sortie industrie agro-alimentaire** ».

## 5.3.2.1 Viandes et produits à base de viande

### Description

Les viandes proposées ici sont les viandes dites "sorti abattoir" par opposition aux viandes dites "sorti ferme" vues au [chapitre sur les produits animaux](#). Les étapes du processus d'abattage visent notamment à retirer toutes les parties non commercialisables.

On parlera de poids vif pour le poids de l'animal à l'entrée de l'abattoir et de viande nette commercialisable à la sortie.

Pour calculer le facteur d'émissions de la viande, on a alors besoin :

- Facteur d'émission de la bête entière : voir [chapitre sur les produits animaux](#)
- Ratio viande nette commercialisable / poids vif

Les autres postes d'émissions (transports ferme-abattoir, énergie utile à l'abattoir, autres intrants...) sont négligés dans un premier temps ici.

Type de viande	Ratio poids vif / viande net commercialisable
Viande bovine	38% <sup>1</sup>
Brebis	38% <sup>2</sup>
Agneau	38% <sup>2</sup>
Chèvre	50% <sup>2</sup>
Chevreau	50% <sup>2</sup>
Porc - conventionnel	49% <sup>2</sup>
Lapin	57% <sup>2</sup>
Poulet de chair -conventionnel	66% <sup>2</sup>
Canard à rôtir	66% <sup>2</sup>
Dinde	66% <sup>2</sup>

**Sources :**

[510] [site de référence des viandes rouges \(www.mhr-viandes.com\)](http://www.mhr-viandes.com)

[511] [INRA](#)

## 5.3.2.2 Produits laitiers

### Description

Les produits laitiers sont les aliments transformés obtenus simplement à partir de lait. Parmi les laits utilisés, le principal est le lait de vache (les produits ci-dessous sont supposé fabriqué à partir de lait de vache.). On utilise aussi de façon plus marginale du lait de chèvre ou de brebis.

Dans la Base Carbone ®, les produits laitiers retenus sont :

- Les fromages à pâte dure (cuite ou crue)
- Les fromages à pâte molle
- Les yaourts et fromage frais
- Le beurre

Le facteur d'émissions du lait de vache entier est 1,1 kgCO<sub>2e</sub> / litre (voir [produits animaux](#)).

### Calculs

#### Périmètre

Les postes à prendre en compte ici sont :

- Intrant : lait - sortie ferme
- Autres intrants (négligés)
- Transport du lait du producteur (ferme ou coopérative agricole) à l'industrie laitière (négligé)
- Energie des process de transformation du lait
- Amortissement des machines et des bâtiments (négligé)

On se focalisera donc principalement sur le nombre de litre nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de produit laitier.

### Fromage à pâte dure (cuite ou crue)

Il faut environ 11,5 litres de lait pour faire un kg de fromage à pâte dure. En négligeant l'énergie de chauffe (très secondaire devant les émissions provenant du lait), on obtient un facteur d'émissions de 12,6 kgCO<sub>2e</sub> / kg de fromage à pâte dure.

### Fromages à pâte molle

Il faut environ 6 litres de lait pour 1kg de fromage à pâte molle. Sur la base du calcul précédent, on obtient un facteur d'émissions de 6,6 kgCO<sub>2e</sub> / kg de fromage à pâte molle.

### Yaourts et fromages frais

Il faut un peu plus d'un litre de lait pour faire un kg de yaourt. Avec l'énergie de chauffe (non négligeable ici), les transports et les emballages nous prendrons comme approximation un doublement du facteur d'émission du lait, ce qui amène à 2,2 kgCO<sub>2e</sub> / kg de yaourt. Ce facteur d'émission s'applique aussi au fromage frais en première approximation.

### Beurre

Le beurre est composé des lipides du lait. Ce dernier contient environ 40 g de lipides par litre. Il faudrait donc environ 25 litres de lait pour faire un kg de beurre. Mais dans la pratique, l'essentiel du beurre est fabriqué avec écrémage partiel du lait.

Il faut donc une quantité supérieure de lait pour faire un kg de beurre, mais par contre il se pose le problème de l'affectation des émissions entre 2 co-produits du même procédé. Avec 50 litres de lait entier nous allons donc obtenir 50 litres de lait demi-écrémé et un kg de beurre. Sachant qu'un litre de lait demi-écrémé se vend environ 1 euro, et un kg de beurre environ 10 euros, une affectation économique donne au beurre 10/60<sup>e</sup> des émissions totales de 50 litres de lait, soit l'usage exclusif de 8,3 litres de lait.

Cela amène à une valeur de 9,1kgCO<sub>2e</sub> / tonne de beurre, valeur que nous retiendrons faute de mieux.

## 5.3.2.3 Produits amylacés et sucres

### Description

Les produits amylacés regroupent les produits alimentaires à base d'amidon (issu de blé, de maïs), de fécule de pomme de terre et leurs dérivés utilisés sous forme de sucre (dextrose, sirop de glucose), caramels/ colorants et coproduits. Les industries des céréales pour le petit-déjeuner font également partie du secteur des produits amylacés<sup>514</sup>.

Dans la Base Carbone ®, les produits amylacés et sucre retenus pour l'instant sont :

- La farine
- Le pain
- Le sucre

## Calculs

### Farine

La production de farine consiste à moudre des grains de blé, en utilisant de la machinerie essentiellement électrique, pour en retirer de la farine.

Les postes à prendre en compte ici sont :

- La fabrication du blé (il faut environ 1,31 kg de blé pour fabriquer 1 kg de farine)
- Les autres intrants (négligé)
- Transport du blé à la meunerie et autres transports (cette fabrication est supposé requérir 300 km de transports intermédiaires en [camion benne céréalière](#))
- Energie des process de la meunerie (18 kgCO<sub>2e</sub> / tonne de farine)
- Amortissement des machines et des bâtiments (négligé)

Avec ces hypothèses, récapitulées dans le tableau ci-dessous, les émissions pour produire une tonne de farine sont de :

facteur d'émission d'une tonne de blé tendre conventionnel	400 kgCO <sub>2e</sub>
taux d'extraction	76%
Contribution du blé par tonne de farine	526 kgCO <sub>2e</sub>
Contribution des transports*	33 kgCO <sub>2e</sub>
Contribution des process de la meunerie**	18 kgCO <sub>2e</sub>
<b>Soit par tonne de farine</b>	<b>577 kgCO<sub>2e</sub></b>

*Facteur d'émissions de la farine de blé*

\* 300 km à 0,111 kgCO<sub>2e</sub> / tonne.km

\*\* D'après CEREN ; il y a essentiellement de l'électricité.

### Pain

Produire du pain consiste, en première approximation, à prendre de la farine, de l'eau (dont le facteur d'émission est négligeable comparé à celui de la farine) pour faire un mélange contenant plus d'eau que de farine, et à cuire le tout.

En première approximation, on peut considérer que l'ajout d'eau (qui fait baisser les émissions par unité de poids comparé à de la farine seule) et l'énergie utilisée dans le procédé (cuisson, fabrication des appareils etc) se compensent, à la barre d'erreur près.

1 kg de pain possèdera donc le même facteur d'émission qu'un kg de farine, soit 580 kgCO<sub>2e</sub> / tonne de pain.

Par contre ce raisonnement ne vaut pas pour les pâtes sèches, qui ont à peu près le même taux d'humidité que la farine, supposent des consommations intermédiaires non négligeables (fonctionnement des machines, cuisson), des intrants (dont les matériaux d'emballage), et enfin mettent en jeu du transport jusqu'au consommateur bien plus important que pour le pain (plus de kilomètres, avec des densités de chargement qui sont peu élevées).

### **sucré**

Pour le sucre, nous retiendrons faute de mieux, une valeur dont l'ordre de grandeur est compatible avec la base de données Ecoinvent soit 735 kgCO<sub>2e</sub> / tonne de sucre.

#### **Sources :**

[514] <http://www.agrojob.com/entreprise/fabrication-de-produits-amylaces.asp>

## **5.3.2.4 Autres produits alimentaires**

### **Description**

Sont regroupés ici tous les produits agroalimentaires qui ne rentrent pas dans les catégories ci-dessus.

### **5.3.2.4.1 Levures**

#### **Contexte**

COFALEC (Confédération des Fabricants de Levure de l'Union Européenne) a mandaté la société PwC (PricewaterhouseCoopers) pour analyser et déterminer l'Empreinte Carbone de la levure produite dans l'Union Européenne.

Cette décision a été prise pour deux raisons:

- pour participer à l'effort global des industries et des citoyens de l'Union Européenne dans la

maîtrise des émissions de CO2

- pour apporter une réponse fiable aux utilisateurs de levures (boulangers, viticulteurs, brasseurs, producteurs pharmaceutiques).

La fabrication de la levure est le résultat d'une culture à grande échelle. Au point de départ, un inoculum est obtenu à partir d'une souche sélectionnée. Sa propagation est réalisée par ensemencements successifs dans des cuves de taille croissante. En utilisant principalement de la mélasse de betterave et de canne comme matière première, la levurerie recycle un co-produit de l'industrie sucrière.

## Norme et certification

L'Empreinte Carbone des levures européennes a été déterminée à l'aide d'une Analyse du Cycle de Vie (A.C.V.) sur les émissions des GES. Cette ACV respecte les normes internationales ISO 14040 et 14044.

Les principales étapes de cette ACV ont été :

- Définition des objectifs et du champ d'analyse
- Collecte des données les plus pertinentes et spécifiques
- Modélisation des flux et processus à l'aide d'un logiciel spécifique
- Mesure des impacts environnementaux

## Définition

Les levures sont aujourd'hui proposées sous trois formes: « liquide », « pressée » et « sèche ».

L'étude a consisté à mesurer l'Empreinte Carbone de 3 formes de levure, depuis la sélection des matières premières jusqu'à l'utilisation finale, ce qui a eu pour conséquence de :

- Limiter l'Analyse du Cycle de Vie à l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre
- Restreindre le champ de l'étude à la seule phase de production (« des matières premières jusqu'à leur distribution »).

## Périmètre

La modélisation et le calcul de l'impact causé par changement climatique ont été effectués avec le logiciel TeamTM. Ce logiciel, développé par PwC-Ecobilan, est largement utilisé en industrie pour définir l'Analyse du Cycle de Vie.

Ces limitations pour déterminer l'Analyse du Cycle de Vie sont pertinentes puisque :

- Les demandes à propos des impacts environnementaux concernent essentiellement les émissions de gaz à effet de serre
- Les clients ont principalement besoin de données « levure » pour évaluer l'empreinte carbone de leurs propres produits (pains, vins, bières...)

Il est à noter que l'Empreinte Carbone, à laquelle aboutit cette étude pour les levures, s'arrête à la sortie de la levurerie. L'impact spécifique des étapes successives de la chaîne d'approvisionnement de la levure restent à être évalué par les clients.

L'Empreinte Carbone de la levure a été calculée à l'aide de données précises collectées dans cinq levureries localisées en Europe et représentatives de l'industrie européenne de la levure. Cela a permis d'obtenir une bonne représentativité des procédés de production des levures au sein de l'Union Européenne.

Par ailleurs, l'impact des spécificités géographiques sur les matières premières et l'électricité ont aussi été pris en compte.

Les données sur l'empreinte carbone des mélasses ont été extraites de la base de données A.C.V. suisse Ecoinvent et finalement adaptées par PwC.

## Synthèse des résultats

Type de levure	kgCO <sub>2e</sub> / tonne brute
Levure sèche	3204
Levure liquide	363
Levure pressée	734

source: ACV COFALEC

### Sources :

[\[515\] Carbon Footprint of Yeast produced in the European Union, COFALEC](#)

[\[516\] Yeast carbon footprint for COFALEC](#)

## 5.3.2.5 Boissons

### Ethanol

L'éthanol ou alcool est formé par fermentation du sucre. Il est présent dans les boissons alcoolisées, mais peut aussi être utilisé comme solvant ou [carburant](#).

Dans [AGRIBALYSE](#), les émissions annuelles à l'hectare pour la production de betteraves sont de 2870 kgCO<sub>2e</sub> / ha. Si nous affectons à 100% les émissions de la culture au sucre produit, et que ce dernier est transformé en totalité en éthanol, la production s'élève à 5,78 tonnes d'éthanol à l'hectare, ce qui donne 500 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne d'éthanol pour la culture seule.

Les ACV effectuées sur les biocarburants montrent que la consommation énergétique des usines de production d'éthanol en France représente à peu près 16 MJ par kg d'alcool produit, à partir de la betterave utilisée. Cela revient à 4400 kWh par tonne, qui donnent des émissions de :

- 1 027 kgCO<sub>2e</sub> / tonne si c'est du gaz naturel qui est utilisé
- 1 320 kgCO<sub>2e</sub> / tonne avec du fioul domestique
- 1 397 kgCO<sub>2e</sub> / tonne avec du fioul lourd.

En prenant une moyenne gaz et fioul, et en considérant que la valorisation des co-produits (pulpes, drèches) « compense » la non prise en compte des éléments accessoires (immobilisations, conditionnement, transports intermédiaires, etc), nous parvenons alors à une valeur arrondie à **1 700 kgCO<sub>2e</sub> / tonne** .

## Vin

Un échange avec la société Carbone 4, qui a réalisé les bilans GES des vins de Bordeaux, de Bourgogne, et de Champagne, conduit à une valeur proposée de 1,1 kgCO<sub>2e</sub> / bouteille de 75 cl de vin « normal », ±50% (ou encore 1 500 kgCO<sub>2e</sub> / tonne).

Cette valeur peut être doublée pour les grands vins ou le champagne.

### Sources :

[\[507\] ADEME – ECOBILAN / 2003 / Bilans énergétique et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants](#)

## 5.3.3 Bois et articles en bois

### Description



Dans la Base Carbone ®, deux utilisations du bois sont proposés :

- Le bois d'œuvre utilisé dans le domaine de la construction
- Le bois d'ameublement utilisé dans la fabrication d'objets courants ou de palettes en bois

La question du bois énergie est traitée précédemment dans le [chapitre sur les biocombustibles](#).

## Facteurs d'émission

### La production du bois

Pour les émissions découlant du tronçonnage, du débardage, du sciage, du transport, etc, la production de bois d'œuvre a été provisoirement affectée d'un facteur d'émission de 36,6 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne, facteur d'émission également applicable à la production de palettes.

### La problématique de la séquestration du carbone

Ces dernières sont par ailleurs destinées à vivre une vie relativement courte, et une fois devenues des déchets industriels banals elles libéreront le carbone qu'elles contiennent, par combustion ou par fermentation. De la sorte, il n'y a pas lieu de compter quoi que ce soit au titre d'une éventuelle séquestration pour la production de palettes en bois. Cette conclusion s'applique plus largement à tous les objets en bois dont la durée de vie est de quelques dizaines d'années tout au plus (voir guide méthodologique pour compléments).

Par contre, sous certaines conditions précisées ci-dessous, il est possible de considérer que l'emploi du bois comme matériau d'œuvre engendre un "puits de carbone", c'est-à-dire que l'emploi du bois d'œuvre permet d'être crédité d'émissions négatives. En effet, le bois contient du carbone qui a été soustrait à l'atmosphère lors de la croissance de l'arbre, et si le carbone contenu dans les arbres coupés ne retourne pas dans l'atmosphère mais reste dans l'ouvrage réalisé avec du bois, alors que dans le même temps, d'autres arbres se mettent à pousser à la place de ceux qui ont été coupés, l'homme contribue ainsi à soustraire du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère au lieu d'en rajouter.

Il y a toutefois **deux conditions express pour que le bois d'œuvre corresponde à un puits**.

La **première condition** est qu'il faut qu'il provienne d'une forêt "bien gérée", c'est-à-dire d'une forêt où les coupes et les plantations se compensent. En effet, en l'absence de replantation (ou de régénération naturelle), le fait de couper un arbre pour le transformer en charpente ne fait que déplacer un stock existant, mais n'en reconstitue aucun.

En ce qui concerne les **bois exotiques**, qui proviennent de **forêts qui ne sont généralement pas bien gérées**, et où les coupes ne sont pas compensées par des plantations (puisque la

surface diminue), on ne peut donc pas parler de puits de carbone. En fait il est même probable que l'exploitation d'une tonne de bois exotique conduise à des émissions nettes significatives : pour pouvoir exploiter les quelques espèces commercialement intéressantes (pas plus de quelques exemplaires à l'hectare), les forestiers construisent des pistes qui, par la suite, servent à des paysans pour aller défricher le reste de la forêt, ce qui cause des **émissions significatives de CO<sub>2</sub>**.

Le seul cas de figure où le bois est un puits est donc celui où l'exploitant replante ; concrètement, faute de savoir ce que fait l'exploitant, on se limitera à appliquer cette valeur à du bois de provenance européenne (les forêts européennes sont globalement à peu près bien gérées).

La **deuxième condition** concerne la **réelle durabilité de l'objet contenant le bois**. En effet, si ce dernier sert à fabriquer une charpente dont la durée de vie est supérieure au siècle, il sera légitime de lui faire correspondre un puits, mais s'il sert à fabriquer du mobilier à courte durée de vie (20 ou 30 ans), alors l'existence d'un puits se discute, car le carbone ne séjournera que brièvement dans l'objet en bois (qui fera l'objet d'une incinération en fin de vie).

A la condition de **provenir de forêts "bien gérées"** et d'être inclus dans des **objets qui dureront au moins un siècle**, l'emploi d'une tonne de bois d'œuvre donne un crédit de 1 850 kgCO<sub>2e</sub>, ce qui correspond à la teneur moyenne en CO<sub>2</sub> du bois.

## 5.3.4 Papier, carton et articles en papier ou en carton

Une analyse de cycle de vie sur les ramettes de papier a été conduite par l'ADEME et la COPACEL (réalisation Solinenn).

Cette étude s'est basée sur la méthodologie relative à l'affichage environnemental (BPX 30-323-0)

Elle couvre l'ensemble du cycle de vie, néanmoins, certains postes (contributeurs théoriques) ont été exclus du périmètre :

- Les flux liés à la R&D ne sont pas pris en compte du fait de la difficulté de connaître la part de R&D qui s'applique au produit ou au système étudié.
- Les flux liés aux transports des salariés du domicile jusqu'au lieu de travail ne sont pas considérés dans l'évaluation environnementale. Il en est de même pour les déplacements professionnels.
- Les flux liés aux services associés à un produit ou un système tels que la publicité, le démarchage et le marketing sont exclus des limites du système.
- L'information relative aux impacts du déplacement des clients pour se rendre sur le lieu de vente du produit est mise à disposition du consommateur, mais pas de manière intégrée aux indicateurs concernant l'affichage environnemental des produits.

En termes de représentativité, l'étude couvre les papiers consommés en France pour l'année

2011. Ainsi, de sont des données provenant d'usines localisées en France, Brésil, Allemagne et Finlande qui ont été utilisées.

Une revue critique a été effectuée.

4 catégories de papiers ainsi que la valeur moyenne d'une ramette de papier de bureau ont été étudiées . Ci-après sont présentés les résultats.

Eucalyptus	Résineux	Feuillus	Papier recyclé	Ramette papier moyenne
0,440	0,410	0,400	0,470	3,6

*Facteurs d'émission du papier selon le type d'essence exprimés en kg CO<sub>2</sub>e/kg ou Kg CO<sub>2</sub>e/ramette*

Concernant les cartons, les valeurs disponibles dans la littérature sont les suivantes :

- 2 017 kgCO<sub>2</sub>e /tonne pour du carton d'emballage (EPA 1998)
- 1 063 kgCO<sub>2</sub>e /tonne pour du carton (Ecoinvent )
- 500 kgCO<sub>2</sub>e /tonne pour du carton ondulé moyen, sachant que 80% du matériau provient du recyclage (European Database for Corrugated Board Life Cycle Studies 2006 ; ne précise pas les émissions de méthane),

La grande dispersion de ces valeurs signifie que pour tout bilan GES où le carton joue un rôle important (presse, fabrication de cartons d'emballage, etc) il faut idéalement disposer des facteurs d'émission spécifiques aux fournisseurs.

A défaut, nous retiendrons la valeurs médiane d'EcoInvent quand l'enjeu ne justifie pas de faire des recherches exhaustives par fournisseur : 1 060 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne de carton.

## 5.3.5 Minerais, granulats et autres produits des industries extractives

### Description

Ce chapitre propose les facteurs d'émissions des produits des industries extractives :

- Minerais
- Granulats
- Pierres de carrières
- Autres produits des industries extractives

## 5.3.5.1 Pierres de carrières

### Description

Une étude ACV a été conduite par l'UNPG. Dans un ce cadre, un groupe de travail spécifique a été créé, réunissant les principaux acteurs de la production nationale de granulats.

Pour cette étude, cinq sites de production ont été visités et quinze sites ont été interrogés par voie postale. Une pondération dans chaque catégorie de granulat a été effectuée pour refléter une représentativité nationale.

La définition des granulats est donnée par la norme XP-P 18 545 : « ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 et 125 mm destinés notamment à la confection des mortiers, des bétons, des couches de fondation, de base, de liaison et de roulement des chaussées, des assises et ballasts de voies ferrées, des remblais . »

Pour cette évaluation, la règle de coupure pour la prise en compte des composants a été fixée à 5 % de la masse totale. Il est important de noter que la somme des composants non pris en compte ne dépasse pas non plus les 5 % de la masse totale produite.

Ainsi, les éléments non pris en compte sont :

- les consommables en très petite quantité
- le transport amont des matériaux consommables entrants.

Lors de l'ACV ou d'un bilan GES utilisant ces facteurs d'émissions du granulat, la partie « transport du site de production vers le lieu d'utilisation » doit être considérée. Dans le cas présent, le fait de ne pas prendre en compte cette phase logistique avale évite ainsi tout risque de double comptage lors de la phase d'utilisation future de ces données.

Si la comparaison entre les différentes natures de granulats est envisageable pour les roches meubles et massives, ce n'est pas le cas avec les granulats recyclés. Dans le cas d'une telle comparaison, il faudrait élargir le champ de l'étude à l'enfouissement des déchets.

La durée de vie du matériel fixe et mobile est fixée à 15 ans.

La durée de vie des bâtiments est fixée à 25 ans

Il convient par ailleurs de noter la très forte sensibilité aux méthodes d'allocation des bénéfices du recyclage pour les granulats recyclés. La méthode retenue est celle des stocks, conformément à la norme NFP 01-010

Une revue critique a été effectuée par un tiers

Enfin, il convient de noter que les données sont très conformes aux ordres de grandeurs présents dans la base de données Ecoinvent.

### Sources :

[\[540\] Evaluation des impacts environnementaux potentiels de la production de granulats en France, 2011, UNPG .](#)

## 5.3.6 Plastiques et autres produits chimiques

### 5.3.6.1 Produits en caoutchouc et en plastique

#### Source des données et commentaires

L'association européenne des producteurs de plastique (dont l'intitulé en Anglais à l'époque de la publication de ce qui suit était Association of Plastic Manufacturers in Europe ou APME, devenu depuis PlasticsEurope) a publié en 1997 et 1998 des analyses de cycle de vie donnant les émissions dans l'air de CO<sub>2</sub>, méthane, N<sub>2</sub>O associées à la production d'un certain nombre de produits chimiques de base et de matières plastiques.

Ces documents - éventuellement actualisés - servent le plus souvent de base au calcul des facteurs d'émission en équivalent CO<sub>2</sub>, avec les remarques suivantes :

- les PRG des gaz mineurs (méthane, protoxyde d'azote) ont changé depuis 1997, ce qui, toutes choses égales par ailleurs, change les facteurs d'émission, mais comme les ACV publiées fournissent les émissions par gaz l'adaptation est facile,
- la technologie a pu s'améliorer (ou plus rarement se dégrader) en 15 ans, ce qui peut modifier les émissions calculées à l'époque,
- le contexte économique a pu changer, ce qui peut changer les règles d'allocation si cette dernière est faite au prorata des valeurs économiques dans les process qui servent à plusieurs co-produits, ce qui est fréquent dans l'industrie chimique,
- le facteur d'émission utilisé pour l'électricité a également pu changer depuis la date de la publication, soit parce que les lieux de production ont changé, soit parce que l'électricité de réseau d'un pays a vu son facteur d'émission changer, soit parce que le facteur par producteur a changé pour les sites retenus pour les calculs (car les industriels choisissent leur producteur d'électricité, et le Bilan Carbone leur impute alors le facteur d'émission de l'électricité achetée).

Rien de ce qui précède n'est réhibitoire dans une approche en ordre de grandeur pour obtenir des valeurs moyennes acceptables pour l'Europe, mais il faut néanmoins garder ces limites en tête.

Sauf mention contraire, l'incertitude pour tous les facteurs d'émission des plastiques est de 20%, ce qui signifie que pour un plastique disposant d'un facteur d'émission de 2 550 kgCO<sub>2</sub>e par tonne, nous nous trouvons en fait dans une fourchette de 2 050 à 3 080 kgCO<sub>2</sub>e par tonne.

Les PRG utilisés dans la Base Carbone sont ceux de l'AR5 contrairement à ceux présentés dans cette partie de la documentation qui reste à actualiser. Ainsi, en cas de différence, ce sont bien les valeurs de l'application informatique qu'il convient d'utiliser.

## Recyclage du plastique

Ce que l'on appelle de manière générique « recyclage du plastique » peut en pratique désigner trois procédés qui utilisent le même plastique jeté, mais ne fournissent pas la même matière en sortie :

- les techniques dites « de régénération », transforment les vieux plastiques en une pâte utilisée ensuite comme source d'énergie,
- les techniques dites « mécaniques » consistent à trier, nettoyer puis broyer les vieux plastiques pour fournir des granulés incorporés dans les processus de production d'objets en plastique. Souvent, la présence de produits non extractibles (impuretés, colorants, etc) n'autorise pas la production d'un plastique recyclé ayant les mêmes propriétés mécaniques et thermiques que le plastique initial,
- enfin les techniques dites « chimiques », les plus efficaces mais aussi les plus énergivores, consistent à retrouver le monomère de départ par décomposition thermique du polymère.

Seules les deux dernières techniques sont utiles pour déterminer le facteur d'émission d'un plastique issu de matière recyclée, puisque la régénération, contrairement à son nom, fournit de l'énergie et non du plastique en sortie.

Lorsque le recyclage est mécanique, l'énergie nécessaire pour la collecte, le broyage et le nettoyage des plastiques est en première approximation la même pour tous les plastiques. Initialement, les calculs se sont largement inspirés d'une publication réalisée en 1998 par l'EPA<sup>1</sup>. Les données actuellement en ligne sont basées sur une actualisation de cette étude<sup>2</sup>.

## Polystyrène

### Polystyrène primaire ou vierge

Les émissions dans l'air associées à la production du polystyrène GPPS vierge (non transformé en produit fini) sont issues de l'écoprofil de l'APME<sup>3</sup> :

Gaz	PRG/CO2	Emissions (g/tonne)	kgCO2e / tonne produite
CO2	1	2 600 000	2 600
CH4	25	9 000	224
<b>Total kg équivalent CO2</b>			<b>2 824</b>

*Facteur d'émission de la production de Polystyrène GPPS. Source APME, 1997 - PRG IPCC 2007*

D'autres variétés de polystyrène sont données avec des valeurs un peu différentes :

- 2 900 kgCO2e par tonne pour le polystyrène « high impact »
- 3 600 pour le polystyrène thermoformé.

Cette ACV ne fournit pas de facteur d'émission pour le polystyrène expansé.

Faute de disposer d'autres sources, nous retiendrons la valeur proposée ci-dessus pour le polystyrène primaire : 2 824 kg équivalent CO2 par tonne.

Le styrène (donc la résine initiale) est à 2 700 kg équivalent CO2 par tonne selon cette même source.

### Polystyrène recyclé

N'ayant pas de valeur, faute de mieux et par défaut, nous utiliserons le facteur d'émission équivalent au polystyrène primaire : 2 820 kg équivalent CO2 par tonne.

## Polychlorure de Vinyle

Le polychlorure de vinyle, ou PVC (acronyme venant de l'appellation anglaise : PolyVinyl Chloride) peut être utilisé pour plusieurs usages : productions de pièces en plastique moulé, de pièces en plastique extrudé (tuyaux), de feuilles rigides, ou de films souples.

L'APME mentionnée plus haut fournit des éco-profils pour ces 4 usages, ainsi que pour la production de la résine initiale.

### Production du polymère

A partir du monomère (le chlorure de vinyle) il existe plusieurs procédés de polymérisation pour produire du PVC, dont les performances ne sont pas identiques. Ces procédés s'intitulent respectivement « suspension », « emulsion » et « bulk ». Les usages des PVC obtenus en sortie de ces procédés sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Type de PVC	usages
Suspension PVC	Tuyaux, matériaux de construction, isolation de câble et autres pièces produites par injection
Emulsion PVC	Enduction
Bulk PVC	Feuille de PCV et bouteilles

#### *Usages des différents types de PVC*

Les facteurs d'émission de 1998 étaient les suivants pour ces trois procédés (Le « suspension PVC » était le plus courant à l'époque).

Type de PVC	kgCO <sub>2e</sub> /tonne
Suspension PVC	2160
Emulsion PVC	2732
Bulk PVC	1932

*FE de la production de PVC avant transformation, selon le procédé de polymérisation.*

*Source : APME, 1998 - PRG IPCC 2007*

Une actualisation du calcul pour le « emulsion » effectué sur la base de données PlasticsEurope 2006 conduit aux valeurs suivantes :

Gaz	PRG/CO2	Emissions (g/tonne)	kgCO <sub>2e</sub> / tonne produite
CO2	1	1 774 000	1775
CH4	25	4 000	99
<b>Total kg équivalent CO2</b>			<b>1874</b>

*FE de la production de PVC avant transformation, pour le procédé « émulsion ».*

*Source : PlasticsEurope, 2005-2007 - PRG IPCC 2007*

Nous retiendrons cette valeur actualisée, soit 1 890 kg équivalent CO2 par tonne pour une production primaire (100% de matériau vierge).

## PVC transformé

Divers ecoprofils de l'APME<sup>4</sup> donnent les valeurs suivantes pour les émissions des principaux gaz à effet de serre lors de la production de pièces en Polychlorure de Vinyle (ces valeurs comprennent donc à la fois la production du matériau et sa transformation en pièces) :

	CO2 (kgCO <sub>2e</sub> / t)	CH4 (kgCO <sub>2e</sub> / t)	total (kgCO <sub>2e</sub> / t)
PVC moulé par injection	1899	216	<b>2115</b>
Tuyaux en PVC	2402	249	<b>2651</b>
Feuilles rigides de PVC	2402	209	<b>2611</b>
Films souples en PVC	2402	216	<b>2618</b>

*Emissions par tonne pour divers polystyrènes travaillés.*

*Source : APME, 1998 - PRG IPCC 2007*

Les documents utilisés ne précisent pas quel est le procédé de fabrication du polymère (bulk, suspension ou émulsion). Toutefois ces valeurs peuvent être utilisées faute de mieux pour des pièces transformées.

## PVC recyclé



L'actualisation du document de l'EPA précédemment cité<sup>5</sup> fournit pour le PVC 100% ex-recyclé la valeur de 400 kgCO<sub>2</sub>e par tonne, que nous prendrons comme référence.

## Polyéthylène haute densité

### Polyéthylène haute densité primaire

Une autre publication de PlasticsEurope<sup>6</sup> fournit les émissions dans l'air de la production d'une tonne de polyéthylène haute densité (souvent désigné par l'acronyme français PEHD, ou anglais HDPE).

Gaz	PRG/CO <sub>2</sub>	Emissions (g/tonne)	kgCO <sub>2</sub> e / tonne produite
CO <sub>2</sub>	1	1 567 000	1 566
CH <sub>4</sub>	25	14 000	348
<b>Total équivalent CO<sub>2</sub></b>			<b>1 914</b>

*Facteur d'émission de la production de Polyéthylène haute densité*

*Source : PlasticsEurope 2005 - PRG IPCC 2007*

Cette valeur, cohérente avec ce qui se trouve ailleurs dans la littérature, servira de référence.

### Polyéthylène haute densité issu de recyclé

La publication 2006 de l'EPA<sup>7</sup> fournit comme valeur 202 kgCO<sub>2</sub>e/tonne (la valeur était de 1000 kgCO<sub>2</sub>e/tonne dans la version précédente, ce qui laisse supposer un fort changement de procédé), que nous prendrons par défaut.

De même que vu précédemment, une formule d'interpolation linéaire permettra de tenir compte d'un taux de recyclé variable.

## Polyéthylène basse densité

### Polyéthylène basse densité primaire

Une publication de PlasticsEurope<sup>8</sup> propose la valeur de 2 094 kgCO<sub>2</sub>e par tonne pour la production d'une tonne de polyéthylène basse densité (avant transformation en produit fini), ainsi qu'il suit.

Gaz	PRG/CO2	Emissions (g/tonne)	kgCO2e / tonne produite
CO2	1	1 687 000	1687
CH4	25	16 280	407
<b>Total équivalent CO2</b>			<b>2094</b>

*Facteur d'émission de la production de Polystyrène basse densité.*

*Source : PlasticsEurope 2005 - IPCC 2007 pour les PRG*

Cette valeur, cohérente avec le reste de la littérature, sera arrondie à 2 090 kgCO2e par tonne.

## Polyéthylène basse densité issu de recyclé

La publication 2006 de l'EPA<sup>9</sup> fournit comme valeur 202 kgCO2e/tonne, que nous prendrons par défaut.

Ici encore une interpolation linéaire permettra de tenir compte d'un taux de recyclé variable.

## Polyéthylène terephthalate ou PET

### PET amorphe primaire (ou vierge)

Les calculs sont basés sur une publication de PlasticsEurope de 2005<sup>10</sup> qui donne les émissions dans l'air liées à la production d'une tonne de Polyéthylène terephthalate amorphe.

Gaz	PRG/CO2	Emissions (g/tonne)	kgCO2e / tonne produite
CO2	1	2 809 000	2809
CH4	25	18 480	462
<b>Total équivalent CO2</b>			<b>3271</b>

*Facteur d'émission de la production de PET amorphe vierge.*

*Source PlasticsEurope 2005 - PRG IPCC 2007*

Nous retiendrons donc 3 260 kgCO2e par tonne.

### Autres formes de PET primaire (ou vierge)

Le PET peut également s'utiliser pour fabriquer des bouteilles ou des films. La même publication de PlasticsEurope sur le PET fournit les valeurs suivantes (après application des PRG de l'IPCC 2007) :

- PET amorphe : 4 305 kg équivalent CO2 par tonne,
- PET qualité bouteille : 3 410 kg équivalent CO2 par tonne,

- PET en film : 5 500 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne (après transformation en film ; valeur arrondie à 2 chiffres significatifs).

## PET issu de recyclé

Le recyclage du PET étant majoritairement mécanique, c'est la valeur de 202 kgCO<sub>2</sub>e/tonne qui est prise par défaut pour le PET amorphe. Pour les autres formes de PET, on retranchera l'économie due au recyclage sur le PET amorphe, soit 3 263 kgCO<sub>2</sub>e par tonne, ce qui donne :

- PET qualité bouteille 100% ex-recyclé : 348 kgCO<sub>2</sub>e par tonne,
- PET en film : 2 460 kgCO<sub>2</sub>e par tonne (valeur arrondie à 2 chiffres significatifs).

Une interpolation linéaire permettra ici aussi de tenir compte d'un taux de recyclé variable.

## Nylon

Nous donnons, à titre indicatif, les émissions dans l'air associées à la production de Nylon fournies également par l'APME<sup>11</sup>, car cela permet de fixer les idées en ce qui concerne un produit plus sophistiqué que les plastiques de base.

Gaz	PRG	Emissions (g/tonne)	kgCO <sub>2</sub> e / tonne produite
CO <sub>2</sub>	1	6 900 000	6900,0
CH <sub>4</sub>	25	24.000	600,0
N <sub>2</sub> O	298	740	220,5
<b>Total équivalent CO<sub>2</sub></b>			<b>7720,5</b>

*Facteur d'émission de la production de Nylon 66.*

*Source : Dr. I. Boustead / 1999 / Eco-profiles in the european industry.*

## Plastique, valeur par défaut

Il peut arriver que, lors d'un Bilan GES, la décomposition par type de plastique utilisé ne soit pas commode à réaliser (par exemple pour tenir compte des emballages en plastique pour les produits achetés, pour lesquels la composition ne figure pas). Il faut alors recourir à une valeur moyenne, représentant les émissions moyennes liées à la production d'une tonne de plastique. Il s'agit, en quelque sorte, d'une valeur tenant compte des tonnages respectifs des différentes qualités de plastique et des facteurs d'émission par plastique.

Le mémento des décideurs de la MIES<sup>12</sup> donne une valeur moyenne pour le plastique de 2 350 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne. Ce montant étant cohérent avec les valeurs obtenues ci-dessus pour les

plastiques les plus courants, nous la retiendrons, faute de mieux, lorsque le type de plastique n'est pas connu.

Pour le plastique 100% ex-recyclé nous prendrons la valeur de 202 kgCO<sub>2</sub>e par tonne par défaut, en faisant l'hypothèse que le mode largement dominant de recyclage est mécanique.

#### Sources :

1. US Environment Protection Agency / 1998 / *Greenhouse Gas Emissions From Management of Selected Materials in Municipal Waste*.
2. *Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks*, 3rd Edition, Chapter 3, *Source Reduction and Recycling*, EPA, 2006
3. Dr. I. Boustead / avril 1997 / *Eco-profiles in the european industry - report 4 : polystyrene (second edition)*. Il s'agit de polystyrène GPPS (General Purpose Polystyrene) : polystyrène pur, contenant peu d'additifs ; produit clair et cassant.
4. Dr. I. Boustead / Mai 1998 / *Eco-profiles in the european industry - LCA-reports, Polyvinyl chloride - PVC injection moulding*
5. *Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks*, 3rd Edition, Chapter 3, *Source Reduction and Recycling*, EPA, 2006
6.  *Eco-profiles of the European Plastics Industry, HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)*, The European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM) & PlasticsEurope, March 2005
7. *Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks*, 3rd Edition, Chapter 3, *Source Reduction and Recycling*, EPA, 2006
8. *Eco-profiles of the European Plastics Industry, LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)*, The European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM) & PlasticsEurope, March 2005
9. *Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks*, 3rd Edition, Chapter 3, *Source Reduction and Recycling*, EPA, 2006
10. *Eco-profiles of the European Plastics Industry, POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) (AMORPHOUS GRADE)*, The European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM) & PlasticsEurope, March 2005
11. Dr. I. Boustead / 1999 / *Eco-profiles in the european industry*. (Année de référence des données 1995)
12. *Mission Interministérielle de l'Effet de Serre / juin 1999 / Mémento des décideurs*.

## 5.3.6.2 Produits chimiques (hors plastiques)

### Description

La classification retenue pour les produits chimiques est la suivante :

- Les engrais et composés azotés
- Les pesticides et autres produits agrochimiques
- Les autres produits chimiques

En fonction des contributions à la Base Carbone ®, cette classification pourra être amenée à évoluer.

## 5.3.6.2.1 Engrais et composés azotés

### Description

Cette section concerne les émissions liées à la fabrication des engrais et composés azotés.

Les émissions liées à l'épandage de ces engrais sont traitées dans le [chapitre sur les sols agricoles](#).

### Production des engrais

Les valeurs proposées ci-dessous sont issues du guide GES'TIM. Cette publication, reconnue par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'ADEME, est un guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre<sup>550</sup>. Les valeurs proposées dans la publication étaient basées sur les PRG de 2001 (CH<sub>4</sub> : 23 et N<sub>2</sub>O : 296). Les valeurs proposées ci-dessous ont été actualisées et sont basées sur les PRG de 2013 (CH<sub>4</sub> : 30 et N<sub>2</sub>O : 265) sauf pour ceux ayant la mention \* qui s'appuie, faute d'accès à l'information primaire sur les PRG 2007 (CH<sub>4</sub> : 25 et N<sub>2</sub>O : 298).

Type d'intrant	Unité d'élément nutritif	kgCO <sub>2e</sub> /kg d'élément nutritif
Ammoniaque anhydre	kg N	2,97
Ammonitrate 33,5%		5,86
Ammonitrate calcaire 30% (CAN)		6,09
Solution azotée		5,01
Urée		3,69
Trisuperphosphate (TSP)	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,57
Clorure de Potasse (KCl)	kg K <sub>2</sub> O	0,45
Engrais ternaire*	kgN	5,29
	kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,94
	kg K <sub>2</sub> O	0,51
Engrais binaire PK	kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,57
	kg K <sub>2</sub> O	0,45
Engrais binaire NK	kg N	2,97
	kg K <sub>2</sub> O	0,45
Engrais binaire NP	kg N	4,31
Engrais azoté moyen*	kg N	5,34
Engrais phosphaté moyen	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,57
Engrais potassique moyen	kg K <sub>2</sub> O	0,45

*Emissions de fabrication des engrais en kgCO<sub>2e</sub> par kg d'élément nutritif. - PRG AR5 sauf \* (PRG AR4)*

Pour obtenir les émissions il faut multiplier la dose d'élément nutritif par le facteur d'émission correspondant. Pour les engrais binaires ou ternaire, il faut sommer les émissions de chaque élément nutritif.

Par exemple pour l'utilisation d'un engrais ternaire, les émissions à l'hectare (kgCO<sub>2e</sub>/ha) se calculeront comme suit :

$$\text{dose N(kgN/ha)} * 5,29 + \text{dose P(kgP}_2\text{O}_5\text{/ha)} * 0,94 + \text{dose K(kg K}_2\text{O/ha)} * 0,51$$

Par ailleurs, une publication de la Station Fédérale de Recherches en Economie et Technologie Agricoles (en abrégé FAT)<sup>2</sup>, en Suisse présente des données complémentaires rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Type d'engrais	Unité	Emissions en mg de gaz/unité		
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Nitrate ammoniacal phosphate	kg N	1,41E+06	21	9420
Nitrate d'ammoniacal phosphate (ASP)	kg P	1,54E+06	40	2490
Scories thomas	kg P	1,10E+06	22,6	1440
Fumier en tas	tonne	2,94E+06	64,7	9120
Lisier	m <sup>3</sup>	2,92E+06	98,8	6960

*Emissions de gaz à effet de serre par kg d'azote dans l'engrais.*

Type d'engrais	Unité	Equivalent CO <sub>2</sub> en kg/unité		
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Nitrate ammoniacal phosphate	kg N	0,385	0,007	0,235
Nitrate d'ammoniacal phosphate (ASP)	kg P	0,42	0,011	0,062
Scories thomas	kg P	0,3	0,007	0,037
Fumier en tas	tonne	0,802	0,018	0,227
Lisier	m <sup>3</sup>	0,796	0,029	0,172

*Facteurs d'émission de la production d'engrais par kg d'azote dans l'engrais.*

Le poids d'azote dans la majorité des engrais de synthèse varie de 30% à 50%.

L'incertitude sur ces valeurs - valables pour l'Europe - est de 30%.

#### Sources :

[\[550\] guide GES'TIM - l'Institut de l'élevage, IFIP, ITAVI, ARVALIS Institut du Végétal, CETIOM, ITB\)](#)

[\[551\] Gaillard & al. / 1997 / Inventaire environnemental des intrants agricoles en production végétale / Comptes rendus de la FAT.](#)

## 5.3.6.2.2 Pesticides et autres produits agrochimiques

### Description

Un pesticide est une substance répandue sur une culture pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles. C'est un terme générique qui rassemble les insecticides, les fongicides, les herbicides, les parasitocides. Ils s'attaquent respectivement aux insectes ravageurs, aux

champignons, aux « mauvaises herbes » et aux vers parasites<sup>552</sup>.

Comme pour les [engrais](#), les mêmes publications de GES'TIM<sup>550</sup> et de la FAT<sup>551</sup> propose des analyses de cycle de vie permettant de déboucher sur les émissions dans l'air liées à la production des phytosanitaires désormais utilisés de manière courante en agriculture (herbicides, insecticides, fongicides...).

## Herbicides

Comme les engrais sont mesurés en unités d'azote, les phytosanitaires en agriculture sont souvent mesurés en "kg de matières actives" : on ne regarde alors que le seul poids du principe actif, lequel est généralement dilué dans un ou plusieurs excipient(s) (qui peu(ven)t n'être que de l'eau, tout simplement) pour aboutir à une formulation vendue avec une dénomination commerciale.

La difficulté pratique sur laquelle on bute souvent pour appliquer les facteurs d'émission ci-dessous, qui se rapportent à des noms de principes actifs, est que la dénomination commerciale n'a souvent pas de consonance évidente avec le nom du principe actif, exactement comme pour les médicaments.

Les chiffres de la publication de la FAT pour les herbicides sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.



Matière actives herbicides	Emissions en mg par kg de matière active		
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Amidosulfuron	9,59E+06	258	31500
Asulame	8,03E+06	222	28500
Atrazine	5,02E+06	126	21000
Bifenox	2,63E+06	76,5	6920
Carbétamide	8,03E+06	222	28500
Chlortoluron	9,59E+06	258	31500
Dinosèbe	2,21E+06	43,2	7710
Ethofumesate	8,64E+06	231	25900
Fluroxypyr	2,00E+07	538	49000
Glyphosate	1,59E+07	495	44700
Ioxynil	8,64E+06	231	25900
Isoproturon	9,59E+06	258	31500
MCPA	4,22E+06	103	11900
MCPB	7,86E+06	208	20400
Mecoprop P	7,86E+06	208	20400
Metamitrone	8,16E+06	208	25500
Metolachlore	9,03E+06	233	25500
Pendimethaline	3,59E+06	104	13500
Phenmediphame	8,03E+06	222	28500
Pyridate	8,64E+06	231	25900
Rimsulfuron	9,59E+06	258	31500
Tébutame	8,63E+06	226	24900
Terbuthylazine	8,16E+06	208	25500

*FE de différents herbicides*

Lorsque l'herbicide employé n'est pas connu, nous proposons comme valeur par défaut la donnée du guide GES'TIM dont les valeurs par gaz sont présentées ci-dessous.

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	Kg N <sub>2</sub> O/ kg de matière active
Herbicide moyen	8,33217	0,02548	0,00022

*FE de l'herbicide moyen*

## Fongicides

La même publication donne les chiffres suivants pour les matières actives :

Matière actives Fongicides	Emissions en mg par kg de matière active		
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Carbendazime	1,39E+07	367	38800
Chlorothalonil	3,26E+06	104	10800
Fenpropimorphe	5,53E+06	150	18400
Flusilazole	5,53E+06	150	18400
Mancozèbe	2,46E+06	65	12100
Manèbe	2,56E+06	70,4	13100
Prochlorazè	5,53E+06	150	18400
Tebuconazole	5,53E+06	150	18400

*FE de différents fongicides*

Lorsque le fongicide employé n'est pas connu, nous proposons comme valeur par défaut la donnée du guide GES'TIM dont les valeurs par gaz sont présentées ci-dessous .

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	Kg N <sub>2</sub> O/ kg de matière active
Fongicide moyen	5,537	0,01855	0,00015

*FE du fongicide moyen*

## Insecticides

Le guide GES'TIM donne les chiffres suivants pour les deux matières actives étudiées:

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	Kg N <sub>2</sub> O/ kg de matière active
Insecticide moyen	23,7	0,0543	0,00063

*FE de l'insecticide moyen*

## Molluscides

La publication de la FAT donne les chiffres suivants pour la seule matière active étudiée :

Matière actives molluscides	Emissions en mg par kg de matière active			total kgCO <sub>2e</sub> /kg
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	
Methiocarbe	8,03E+06	222	28500	9.02

*FE d'un molluscide*

Cette valeur servira aussi de valeur par défaut lorsqu'une autre matière active sera utilisée, avec un facteur d'incertitude de 50% en pareil cas.

## Régulateurs de croissance

Le guide GES'TIM donne les chiffres suivants pour les régulateurs de croissance:

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	Kg N <sub>2</sub> O/ kg de matière active
Régulateur de croissance moyen	7,86	0,0241	0,00021

*FE des régulateurs de croissance*

## Valeur par défaut

Lorsque seul le poids de matières actives sera connu, sans distinction de nature (herbicides, fongicides, etc.) la valeur par défaut correspondra à la proportion de chaque matière active dans une grande culture standard, soit 10% d'insecticides et 90% d'herbicides et fongicides, le tout amenant à une valeur approximative de 9,2 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> par tonne de matière active avec un facteur d'incertitude de 30%.

### Sources :

[550] guide GES'TIM - l'Institut de l'élevage, IFIP, ITAVI, ARVALIS Institut du Végétal, CETIOM, ITB)

[551] Gaillard & al. / 1997 / Inventaire environnemental des intrants agricoles en production végétale / Comptes rendus de la FAT.

[552] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pesticide>

## 5.3.6.2.3 Peintures et résines

### Description

On retrouvera dans cette catégorie, les facteurs d'émissions pour les peintures, vernis et revêtements similaires, encres d'imprimerie et mastics.

## Méthodologie

Les facteurs d'émissions retenus ici, ont été calculés dans le cadre du [Base IMPACT](http://www.base-impacts.ademe.fr) <sup>®</sup> ([www.base-impacts.ademe.fr](http://www.base-impacts.ademe.fr)).

Les hypothèses de calculs seront disponible mi 2015 dans le présent document

## 5.3.7 Produits minéraux non métallique

### Description

Le secteur des produits minéraux non métalliques regroupe la production de ciment, de céramiques, de verre et de chaux.

Il s'agit d'industries manufacturières traditionnelles et bien établies, dont la caractéristique principale est qu'elles transforment des minéraux présents à l'état naturel, comme le calcaire, la silice et l'argile, par le biais d'un processus énergivore.<sup>555</sup>

#### Sources :

[\[555\] site de la commission européenne](#)

### 5.3.7.1 Verre et articles en verre

#### Description

Les différents types de verres proposés dans la Base Carbone <sup>®</sup> sont :

- le verre d'emballage : bouteilles, flacons...
- le verre plat flotté : vitrerie, bâtiment, automobile, miroiterie...
- le verre plat courbé
- le verre plat renforcé
- le verre plat de sécurité laminé
- le verre plat à motifs
- le cristal (ou verre plat au plomb)

On notera que le **verre d'emballage** et le **verre flotté plat** sont les deux principaux types de verres.

## Méthodologie

Les facteurs d'émissions retenus ici sont tirés de la [Base IMPACT ®](#). Une documentation plus conséquente sera fournie courant 2015.

## Postes

La production de verre fait intervenir plusieurs sources d'émissions significatives :

- l'énergie utilisée dans les fours, et pour la rectification en sortie de four
- la production d'intrants (dont du carbonate de soude)
- la décarbonatation d'une partie des intrants
- la production d'emballages,
- du fret intermédiaire, et des émissions tertiaires : déplacements, bureaux, etc.

Nous ne disposons pas du détail de ces postes pour les éléments provenant de la Base IMPACT ®.

## Valeurs

Les facteurs d'émissions massique ci-dessous sont valides sur le périmètre Europe :

Nom	Valeur	Hypothèse d'incorporation de calcin	Taux de recyclé
Verre d'emballage	0,81 kgCO <sub>2e</sub> / kg	70%	70%
Verre flotté plat	1,26 kgCO <sub>2e</sub> / kg	4%	4%
Verre courbé	2,39 kgCO <sub>2e</sub> / kg	25%	25%
Verre renforcé (verre monocouche de sécurité-ESG) (épaisseur 1 mm; densité 2.5 kg/m <sup>2</sup> )	4,56 kgCO <sub>2e</sub> / kg	10%	10%
Verre de sécurité laminé; RER	3,42 kgCO <sub>2e</sub> / kg	25%	25%
Cristal/Verre au plomb; RER	1,90 kgCO <sub>2e</sub> / kg	Non précisé	0%
Verre à motifs; RER	1,16 kgCO <sub>2e</sub> / kg	Non précisé	0%

*Facteurs d'émission des différents type de verre*

*Source : Base IMPACT - PRG AR4*

Les PRG utilisés dans la Base Carbone sont ceux de l'AR5 contrairement à ceux présentés dans cette partie de la documentation qui reste à actualiser. Ainsi, en cas de différence, ce sont bien

les valeurs de l'application informatique qu'il convient d'utiliser.

## 5.3.7.2 Ciments, chaux, plâtres, bétons

### Ciment

#### Description

Le ciment est un liant hydraulique, une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit en réaction au processus d'hydratation. Après durcissement, cette pâte conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. Le ciment est un constituant de base du béton.

Le terme générique "béton" désigne un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats (sable, graves) agglomérés par un liant. On parle de liant hydraulique (couramment appelé ciment) quand il fait prise par hydratation, on obtient dans ce cas un béton de ciment. On peut aussi utiliser un liant dit hydrocarboné (bitume), ce qui conduit à la fabrication du béton bitumineux.

#### Clinker et ciment portland

Le clinker est un liant hydraulique obtenu par calcination du calcaire, et le principal constituant du ciment.

#### Contexte

Le facteur d'émissions du ciment est issu d'une ACV par l'ATIL (Association Technique de l'Industrie des Liants hydrauliques). La démarche et les résultats de cette ACV sont présentés dans le module d'information environnementale de l'ATILH édité en juin 2011<sup>580</sup> (édition juin 2011 - Version 2). Il correspond à l'étape de production des ciments.

La version publique est disponible en ligne sur <http://www.infociments.fr/developpement-durable/construction-durable/icv-ciments>

Une revue critique a été réalisée en 2011. Cette revue critique a été conduite conformément à la norme ISO 14044 § 6 par Henri Lecouls - Consultant en gestion de l'environnement, et auteur de plusieurs FDES.

Le facteur d'émission du ciment CEM I car c'est le ciment Portland le plus émissif disponible sur le marché français. Il est à noter que d'autres ciments Portland moins émissifs sont disponibles (ex. CEM II/A-S, CEM III/A, CEM V/A, etc.).

#### Résultats

Le ciment Portland CEM II a donc un facteur d'émissions de **866 kgCO<sub>2e</sub> / tonne de béton**.

## Béton armé

### Description

Le béton est un matériau de construction composé de granulats (pierre de carrière concassées, ou granulats directement prélevés dans un lit de rivière) et d'un liant, en général du ciment. Lorsque ce béton est coulé autour d'une armature en ferraille, on parle de béton armé.

Comme le facteur d'émission des granulats est assez bas, le facteur d'émission d'un béton non armé est directement fonction du poids de ciment dans le total et du % de clinker dans le ciment.

### Contexte

Le facteur d'émission du béton armé provient de la valeur de la FDES d'un béton de poteau de section 25\*25 cm armée avec un ratio d'acier de 80 kg/m<sup>3</sup><sup>581</sup> soit un taux de ferrailage classique. Cette FDES est disponible sur la base INIES et a été réalisé avec BETie.

### Résultat

L'impact CO<sub>2</sub> de cette poutre est de 398 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> soit **159 kgCO<sub>2e</sub> / tonne de béton** (on a considéré un poids de 2,5 tonnes/m<sup>3</sup>).

#### Sources :

[\[580\] Module d'information environnementale de l'ATILH édité en juin 2011](#)

[\[581\] Fiche FDES d'un béton de poteau de section 25\\*25 cm armée avec un ratio d'acier de 80 kg/m<sup>3</sup>](#)

## 5.3.7.3 Matériaux de construction en terre cuite

### Description

Les matériaux de construction en terre cuite sont tirés de la base de données de matériaux de construction INIES<sup>590</sup> ([www.inies.fr](http://www.inies.fr)).

#### Sources :

[\[590\] INIES](#)

## 5.3.7.4 Enrobés pour route

### Description

Un enrobé (ou enrobé bitumineux) est un mélange de graviers, sable et de liant hydrocarboné (appelé couramment goudron ou bitume) appliqué en une ou plusieurs couches pour constituer la chaussée des routes<sup>560</sup>.

La seule publication actuellement disponible en France est une étude réalisée par Colas en septembre 2003<sup>595</sup>, d'où sont tirés les chiffres ci-dessous.

### Constituants primaires

Tout comme un bâtiment est réalisé à partir de constituants primaires tels que métaux, plastiques, béton, etc., une voie routière est réalisée à partir de composants primaires qui sont mis en jeu de manière variable selon le type de voie qui est construite. En fait les véritables constituants primaires rentrent dans 3 catégories :

- des granulats, c'est-à-dire des constituants provenant de carrières et plus ou moins finement concassés,
- du liant, qui est l'équivalent routier du ciment,
- enfin du métal, pour faire des glissières ou des équivalents routiers du béton armé.

Ces composants sont alors mélangés en parts variables et fournissent des "produits" qui sont directement utilisés lors de la construction, et qui portent des noms usuels pour les sociétés de travaux routiers.

Seuls sont mentionnés ci-dessous les produits dont les équivalents CO<sub>2</sub> ne sont pas abordés au [chapitre métaux](#) (donc notamment pas l'acier). Il s'agit pour l'essentiel de constituants propres à la construction de voies routières. La publication discrimine les émissions des phases de fabrication, de transport et de mise en œuvre. Le cas échéant, il sera donc possible de "réduire" les facteurs d'émission si l'une de ces phases est absente du cas considéré. Il s'agit bien entendu de valeurs moyennes.



Produit	KgCO <sub>2e</sub> / tonne
Béton bitumineux	55
Grave bitume 3	48
Enrobé à module élevé	55
Enrobé tiède	51
Grave émulsion	29
Béton bitumineux à froid	37
Grave ciment	51
Grave ciment préfissurée	51
Grave liant hydraulique	22
Grave liant routier préfissurée	22
Béton de ciment (routier)	136
Béton armé continu (routier)	202
Grave non traitée	15
Sol traité liant routier	15
Recyclage en place à chaud (REC)	40
Béton bitumineux avec 10% REC	51
Béton bitumineux avec 20% REC	44
Béton bitumineux avec 30% REC	40
Béton bitumineux avec 50% REC	37
Recyclage en place à l'émulsion	11

*Facteurs d'émission des matériaux de construction des routes et parking*

Dans la mesure où ces valeurs incluent la mise en œuvre, il n'y a pas lieu de tenir compte d'un quelconque supplément à ce titre (les émissions du siège ne sont pas réintégrées au prorata, mais comme pour toute activité industrielle il est peu probable que cela change significativement les valeurs). Incidemment notons que le pourcentage du "supplément d'émissions" lié au transport et à la mise en œuvre oscille entre 10% et 30% (le gravier non traité sortant du lot avec 50%) et que la moyenne s'établit à un peu plus de 15% (tableau ci-dessous).

Produit	Supplément transport & mise en œuvre
Béton bitumineux	12%
Grave bitume 3	15%
Enrobé à module élevé	11%
Enrobé tiède	13%
Grave émulsion	24%
Béton bitumineux à froid	20%
Grave ciment	11%
Grave ciment préfissurée	10%
Grave liant hydraulique	28%
Grave liant routier préfissurée	29%
Béton de ciment	5%
Béton armé continu	3%
Grave non traitée	51%
Sol traité liant routier	13%
Béton bitumineux avec 10% REC	12%
Béton bitumineux avec 20% REC	13%
Béton bitumineux avec 30% REC	12%
Béton bitumineux avec 50% REC	11%
Recyclage en place à l'émulsion	15%
Moyenne	16%

*Pourcentage supplémentaire engendré par le transport et la mise en œuvre des matériaux de construction des routes et parkings*

Cela incite à prendre comme référence cette valeur de 15% pour les émissions liées à la phase de construction. En d'autres termes, lorsque les émissions de **construction d'un bâtiment** seront déduites des poids de matériaux mis en œuvre, **on rajoutera un supplément de 15% aux émissions de fabrication des matériaux** utilisés pour tenir compte de cette étape.

#### Sources :

[560] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Enrob%C3%A9>

[595] COLAS, 2003, ACV, *La route écologique du futur*

## 5.3.8 Métaux et produits métalliques

Ce chapitre traite de la fabrication des métaux :

- Acier
- Aluminium
- Autre métaux

## 5.3.8.1 Acier

### Description

La production d'acier peut se faire de deux manières :

- par réduction de minerai de fer avec du coke,
- par fonte de ferrailles, généralement dans des fours électriques.

Dans le premier cas de figure, les émissions de CO<sub>2</sub> sont essentiellement engendrées par l'oxydation du carbone (du coke) lors de la réduction du minerai de fer, ainsi que par la combustion du gaz de cokéfaction (qui contient beaucoup de monoxyde de carbone). Dans le deuxième cas de figure c'est la production de l'électricité utilisée qui compte le plus. Plusieurs sources documentaires sont citées ci-dessous avant une synthèse de l'ensemble.

### Cahiers de l'Environnement

La publication suisse "Cahiers de l'environnement"<sup>1</sup> fournit les inventaires des émissions dans l'air des gaz à effet de serre suivants : CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, et halocarbures (ces dernières émissions sont marginales) pour deux qualités de métal ferreux :

- l'acier ECCS (electrolytic chrome coated steel),
- le fer blanc.

Il s'agit de métaux essentiellement destinés aux emballages et les inventaires tiennent compte du taux de recyclage.

Toutefois les valeurs obtenues pour ces deux qualités de métaux ferreux sont extrêmement voisines : il faut émettre en moyenne 3 190 kg équivalent CO<sub>2</sub> pour produire une tonne d'acier ECCS "neuf" (c'est-à-dire entièrement à partir de minerai de fer), ou de fer-blanc "neuf". Lorsque la production est entièrement faite à partir de ferrailles (donc d'acier recyclé), les émissions sont de 1 100 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne d'acier produite.

Compte tenu du fait que la réduction du minerai de fer par du coke produit, par tonne de fonte, des émissions invariantes au cours du temps (le rapport stoechiométrique de la réaction est le même depuis qu'il y a des oxydes de fer et du carbone) ces valeurs n'ont pas de raison particulière d'être révisées de manière forte. Nous les soumettons à un contrôle de cohérence avec d'autres sources.

### Statistiques françaises

Plusieurs organismes français ont publié des données partielles sur la question, que voici :

- le contenu énergétique d'une tonne de fonte (CEREN, 1999) : 0,25 tep,

- le contenu énergétique d'une tonne d'acier travaillé (CEREN, 1999) : 0,5 à 1,5 tep,
- le contenu énergétique d'une tonne d'acier brut (Enerdata) : 0,4 tep,
- le contenu énergétique d'une tonne d'acier brut (Observatoire de l'Énergie, Sessi) : 0,52 tep, qui se compose de :
  - ♦ 289 kWh d'électricité,
  - ♦ 0,72 tonnes de houille naturelle et coke de houille,
  - ♦ 138 kWh de gaz naturel,
  - ♦ 5,3 kg de fioul lourd,
  - ♦ 1,6 litres de fioul domestique,

ce qui correspond à des émissions de 2,02 tonne équivalent CO<sub>2</sub> par tonne produite, hors transport et 2ème transformation. Il s'agit toutefois d'une valeur qui concerne la production d'acier globale, neuf et recyclé confondu. Or la production d'acier à partir de ferrailles est moins émissive.

Notons enfin que l'agence fédérale américaine "Environment Protection Agency" (EPA) a publié un document<sup>2</sup> dans lequel elle donne une valeur comprise entre 2 900 kg et 3 560 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne pour les canettes en acier (sans précision sur les gaz retenus), ce qui est cohérent avec les chiffres mentionnés ci-dessus, même si cela inclut les émissions de laminage ou de façonnage derrière.

### Valeur retenue et prise en compte du recyclé

Compte tenu de ces chiffres, qui sont tous du même ordre de grandeur, nous prendrons comme valeur de référence celle donnée par la publication suisse, soit 3 190 kg équivalent CO<sub>2</sub>e pour une tonne d'acier en première fonte, et 1 100 kg équivalent CO<sub>2</sub> pour une tonne d'acier entièrement issue du recyclage (c'est-à-dire entièrement faite à partir d'acier recyclé, ou en d'autres termes de ferrailles).

L'incertitude sur le facteur d'émission est prise égale à 10%.

## 5.3.8.2 Aluminium

### Description

La production d'aluminium est une source de gaz à effet de serre du fait :

- de l'énergie utilisée pour extraire la bauxite, la transformer en alumine, puis électrolyser l'alumine fondue (avec des consommations secondaires non négligeables pour la production d'anodes et d'autres intrants)
- d'émanation de perfluorocarbures (notamment du CF<sub>4</sub>) lors de l'électrolyse de l'alumine (à laquelle on ajoute des additifs fluorés pour cette opération, lesquels réagissent pour partie avec l'anode en carbone).

Pour faire une tonne d'aluminium en lingots, il faut extraire (en moyenne) 5 168 kg de bauxite, qui donnera 1 925 kg d'alumine, laquelle sera électrolysée en consommant 441 kg d'anode, pour finir par donner une tonne de métal pur.

La très importante quantité d'électricité utilisée pour l'électrolyse conduit à une dispersion très forte des résultats selon le pays de production : une publication technique fait ainsi état de valeurs qui vont de 1,7 à 23 tonnes de CO<sub>2</sub> par tonne d'aluminium primaire selon le procédé et la zone de production<sup>605</sup>.

## Aluminium primaire (vierge)

L'International Aluminium Institute, a fait effectuer en 2003 une ACV<sup>606</sup> qui fournit les indications suivantes sur les consommations nécessaires à la production d'une tonne d'aluminium primaire, en discriminant par étape du cycle de production.

Energie	Extraction bauxite	Production d'alumine	Production d'anodes	Electrolyse	Moulage de lingots
Charbon, kg		185	0,9		
Gasoil, kg	10,3	1,2	1,4		0,1
fioul lourd, kg		221,4	6,2		10
gaz, m3		233	23		52
Electricité, kWh		203	62	15 365	81

En fonction du facteur d'émission de l'électricité, cette contribution représente de 2 275 (Norvège) à 16 650 (Australie) kgCO<sub>2</sub> / tonne.

Quelques intrants sont nécessaires à cette production, dont les principaux sont listés ci-dessous.

Intrants	Extraction bauxite	Production d'alumine	Production d'anodes	Electrolyse	Moulage de lingots	Extraction bauxite
Soude, kg		159				
Chaux vive		86				
Acier, kg			1,4	5,5		

Cette contribution représente 187 kgCO<sub>2e</sub> / tonne (en prenant pour l'acier un taux de recyclé de 40%).

Enfin les adjuvants fluorés utilisés pour l'électrolyse de l'alumine conduisent à des émissions de perfluorocarbures, à savoir 220 grammes de CF<sub>4</sub> et 21 grammes de C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> au moment de l'électrolyse. Le [très fort PRG de ces gaz](#) conduit cette contribution à représenter 1 881 kgCO<sub>2e</sub>.

De la sorte, le total oscille entre 4 et 19 tonnes CO<sub>2e</sub> (Norvège et Australie respectivement), ce

qui est cohérent avec les valeurs mentionnées en introduction. Le choix du facteur d'émission moyen de l'UE à 27 donne 9 tonnes CO<sub>2e</sub> / tonne.

L'actualisation de cette ACV en 2008 fournit une valeur moyenne pour l'Europe de 9,83 tonnes CO<sub>2e</sub>, que nous retiendrons.

## Aluminium issu de recyclé et FE composite

La publication citée ci-dessus ne précise pas quelles sont les consommations associées à la production d'aluminium secondaire (à partir de ferrailles d'aluminium).

Les valeurs récentes disponibles dans la littérature sont de :

- 1 210 kgCO<sub>2e</sub> par tonne pour l'US EPA, mais dans le cadre de la production de cannettes en aluminium,<sup>6</sup>
- 506 kgCO<sub>2e</sub> par tonne pour l'European Aluminium Association,<sup>7</sup>

N'ayant pas de raison particulière de douter du travail fait par les professionnels européens, nous retiendrons leur valeur, soit 515 kgCO<sub>2e</sub> par tonne.

### Sources :

[\[605\] Aluminium smelting greenhouse footprint and sustainability, Jeffrey Keniry, Light metals, 2008](#)

[\[606\] Life Cycle assessment of aluminium : inventory data for the worldwide primary aluminium industry, International Aluminium Institute, mars 2003](#)

## 5.3.8.3 Autres métaux

### Description

Il n'existe pas beaucoup d'analyses de cycle de vie aisément disponibles pour les autres métaux. Une publication australienne<sup>609</sup> permet d'obtenir les valeurs moyennes suivantes pour divers métaux courants, y compris l'acier et l'aluminium, mais sur la base d'une électricité entièrement produite au charbon (ce qui correspond à la situation australienne) :

Métal	kgCO <sub>2e</sub> / kg de métal	Taux de recyclage pris en compte (Australie seule pour l'acier et l'aluminium, monde entier pour le reste)
Acier	2,31	36%
Aluminium	22,40	22%
Cuivre, procédé 1	3,30	40%
Cuivre, procédé 2	6,20	40%
Plomb, procédé 1	2,09	47%
Plomb, procédé 2	3,19	47%
Zinc, procédé 1	4,58	36%
Zinc, procédé 2	3,30	36%
Nickel, procédé 1	11,40	34%
Nickel, procédé 2	16,10	34%

*Facteurs d'émission pour différents types de métaux produits en Australie. (CSIRO, 2003)*

Pour la France, le CEREN nous donne des consommations énergétiques par secteur d'activité (sur la base des codes NAF)<sup>610</sup>, discriminées entre combustibles fossiles et électricité, et rapportées à la tonne de métal produite ou travaillée.

En considérant que chaque tonne équivalent pétrole de combustibles fossiles utilisée dans l'industrie engendre 2,79 tonne CO<sub>2e</sub> d'émissions de gaz à effet de serre\*, et en supposant que chaque kWh d'électricité utilisé engendre des émissions de 0,352 kgCO<sub>2e</sub> (ce qui correspond à la moyenne européenne), il est possible d'aboutir à des valeurs par tonne de métal détaillées dans le tableau ci-dessous :

\* Contenu en CO<sub>2</sub> découlant du mix énergétique moyen de l'industrie pour les combustibles fossiles : 19% de charbon, 27% de fioul, 49% de gaz, 5% de renouvelables et divers.

Code NAF	Libellé exact de l'activité	Consommation de combustibles en tep/tonne	Emissions CO <sub>2</sub> combustibles en tCO <sub>2e</sub> /tonne	Consommation d'électricité en tep/tonne	Emissions CO <sub>2</sub> électricité en tCO <sub>2e</sub> /tonne	Emissions CO <sub>2</sub> totales en tCO <sub>2e</sub> /tonne
27.4F	Plomb première et deuxième fusion	0,17	0,48	0,02	0,07	0,55
27.4F	Zinc	0,29	0,81	0,25	1,03	1,83
27.4J	Cuivre	0,16	0,44	0,05	0,18	0,66
27.4M	Nickel	0,88	2,46	0,45	1,83	4,29
27.4G	1ère transformation plomb et zinc	0,19	0,51	0,03	0,11	0,66
27.4K	Première transformation du cuivre	0,06	0,15	0,04	0,18	0,33

*Facteurs d'émission pour différentes activités métallurgique. (CEREN – 1999)*

En "fusionnant" les diverses activités relatives au même métal, nous aboutissons alors à une autre approximation, qui est nécessairement une borne inférieure, puisque ne tenant pas compte de la part minière (il n'y a quasiment pas de mines de métaux en France, à l'exception du Nickel en Nouvelle Calédonie) :

Métal	tCO <sub>2e</sub> /tonne
Plomb	1,21
Zinc	2,49
Cuivre	0,99
Nickel	4,29

*Calcul des facteurs d'émission pour différents métaux sans tenir compte de la part minière*

Par ailleurs, le mémento des décideurs de la MIES<sup>609</sup> fournit un chiffre pour le cuivre, qui est de 1025 kgCO<sub>2e</sub> / tonne. Ce même mémento donne également 1600 kgCO<sub>2e</sub> / tonne d'acier, et 6600 kgCO<sub>2e</sub> / tonne d'aluminium.

Si nous reprenons toutes les valeurs proposées, nous pouvons arriver au tableau de synthèse suivant, avec la mention de la part de l'électricité (celle qui conduit aux plus grands écarts) pour les chiffres du CEREN :

Métal	Borne inférieure (CEREN)	Borne inférieure (Australie)	Borne supérieure (Australie)	Part de l'électricité dans l'énergie consommée, pour les valeurs CEREN
Plomb	1,21	2,09	3,19	10%
Zinc	2,49	3,30	4,58	40%
Cuivre	0,99	3,30	6,20	25%
Nickel	4,29	11,4	16,1	34%

*Récapitulatif des facteurs d'émissions (tCO<sub>2e</sub>/tonne) de la production de différents types de métaux.*

Sachant que les chiffres du CEREN ne tiennent pas compte de l'activité minière amont, ni du transport, mais qu'en revanche une partie significative de ces métaux sont importés déjà produits (et non sous forme de minerai), nous pouvons alors retenir des valeurs comprises entre les valeurs "basses" pour l'Australie (où, rappelons-le, l'électricité est essentiellement produite à base de charbon) et les valeurs du CEREN.

## Synthèse

On obtient ainsi le tableau ci-dessous (nous retenons la valeur médiane d'une fourchette large, avec un facteur d'incertitude qui reflète l'ampleur de la fourchette) :



Métal	Valeur retenue (kgCO <sub>2e</sub> / kg de métal)	Incertitude retenue
Plomb	2,09	30%
Zinc	2,93	20%
Cuivre	2,93	50%
Nickel	9,17	30%

*Synthèse des facteurs d'émissions retenus pour la production de différents types de métaux*

Il s'agit très clairement de valeurs approximatives, et il serait fort opportun de réaliser des ACV plus approfondis des filières.

Enfin les métaux non listés ci-dessus se verront affecter, à titre conservatoire, un facteur d'émission de **3 667 kgCO<sub>2e</sub> / tonne** et un facteur d'incertitude de 80%.

#### Sources :

[\[607\] CSIRO / Août 2003 / Sustainability Network, Update 30E.](#)

[\[608\] CEREN / juillet 1999 / Contenu énergétique des produits de base de l'industrie, les matériaux de construction.](#)

[\[609\] MIES : Mission Interministérielle de l'Effet de Serre](#)

## 5.3.9 Machines et équipements

### Description

Dans cette catégorie, sont classés :

- Les machines industrielles (machines outils et toutes machines de procédé spécifique)
- Les équipements de bureau (photocopieurs, imprimantes, serveurs...)
- Les équipements électriques

### Machines industrielles

Pour les machines (et les lignes de production), nous proposons, jusqu'à plus ample information, de prendre le même facteur d'émission, soit 7,3 tCO<sub>2e</sub> / tonne de machine.

Cette estimation tient compte de tous les gaz à effet de serre retenus.

Il s'agit bien sûr d'une approximation grossière, toutefois les entreprises disposant de lignes de production consomment généralement de grosses quantités d'énergie pour la fabrication, et cette énergie sera souvent prépondérante devant les amortissements.

## Machines de bureau

### Imprimantes et serveurs

Il ressort d'une étude de 1998 portant sur la fin de vie des produits bruns<sup>631</sup> que la composition moyenne d'un ordinateur ou d'une imprimante en fin de vie est la suivante :

matériau	Nb moyen de kg par unité	
	Ordinateur	Imprimante
ferreux	10,3	2,8
autres métaux	4,4	0,5
plastiques	4,3	1,3
tubes cathodiques	6,5	-
cartes électroniques	2,5	0,4
Poids total	28	5

*Poids moyen des différents matériaux d'un ordinateur et d'une imprimante*

Pour les "petites imprimantes", Le "contenu en électronique" étant 5 à 6 fois inférieur et l'essentiel de la consommation d'énergie "résidant" dans l'électronique, nous prendrons, à titre conservatoire, un facteur d'émission 5 à 6 fois moindre, à savoir 110 kgCO<sub>2e</sub> / unité.

Pour les serveurs et grosses unités, nous proposons, à titre conservatoire, d'affecter les valeurs d'émission au prorata du prix de vente, comparé au prix d'une unité centrale (voir ci-dessus). Ainsi si un serveur ou une grosse imprimante coûte l'équivalent de 5 fois le prix d'une unité centrale d'ordinateur personnel, on pourra lui affecter un facteur d'émission de  $5 \times 513 = 2\,565$  kgCO<sub>2e</sub>.

### Matériel de reprographie

Considérant que le matériel de reprographie n'est rien d'autre que du matériel informatique particulier et sur la base des résultats du § précédent, il ressort qu'un photocopieur a un facteur d'émission moyen de 2 935 kgCO<sub>2e</sub>, et un télécopieur « moderne » (qui est souvent aussi une imprimante) de 1 465 kgCO<sub>2e</sub>\*.

\* Ces calculs ont été effectués sur la base des coûts moyens comparés par un service achat de grande banque

#### Sources :

[\[631\] Collecte et traitement des produits électriques et électroniques "grand public" en fin de vie, étude GIRUS pour la Région Nord Pas de Calais et pour l'ADEME, octobre 1998](#)

## 5.3.9.1 Équipements électriques

### Description

La Base Carbone ® souhaite proposer des valeurs pour tous types d'équipement électriques :

- Moteurs, génératrices et transformateurs électriques et matériel de distribution et de commande électrique
- Piles et accumulateurs électriques
- Fils, câbles et matériel d'installation électrique
- Appareils d'éclairage électrique
- Appareils électro-ménagers
- Autres matériels électriques

### Sources

Les facteurs d'émissions retenus ici sont tirés de la [Base IMPACT ®](#). Une documentation plus conséquente sera fournie courant 2015.

### Valeurs

Nom	Périmètre	Valeur
Aimant; NdFeB	Monde	33,1 kgCO <sub>2e</sub> / kg
Aimant; AlNiCo	Monde	25,8 kgCO <sub>2e</sub> / kg
Pile AA; alcaline (Zn/MnO <sub>2</sub> ; 23g)	Asie	0,136 kgCO <sub>2e</sub> / unité
Pile AAA; alcaline (Zn/MnO <sub>2</sub> ; 12g)	Asie	0,065 kgCO <sub>2e</sub> / unité
Câble électrique interne; signal; conducteur cuivre; isolation PE	Monde	0,027 kgCO <sub>2e</sub> / m
Câble électrique externe; alimentation principale; conducteur cuivre; isolation PE et gaine PVC	Monde	0,382 kgCO <sub>2e</sub> / m
Câble électrique interne; alimentation; conducteur cuivre; isolation PE	Monde	0,096 kgCO <sub>2e</sub> / m

*Facteurs d'émission des différents équipements électriques*

Source : Base IMPACT - PRG AR4

Les PRG utilisés dans la Base Carbone sont ceux de l'AR5 contrairement à ceux présentés dans cette partie de la documentation qui reste à actualiser. Ainsi, en cas de différence, ce sont bien les valeurs de l'application informatique qu'il convient d'utiliser.

## 5.3.1 Véhicules automobiles et autres 0 matériel de transport

### Description

Ce chapitre se focalise sur les émissions de GES liées à la fabrication des véhicules de transports.

### 5.3.10.1 Véhicules routiers

#### Description

Les calculs ci-dessous visent à déterminer les émissions liées à la phase de construction des matériels routiers de transport. Ces facteurs d'émissions sont repris dans le chapitre sur le [transport routier de marchandises](#).

#### Fabrication des véhicules

Pour disposer d'une prise en compte exhaustive des émissions liées au transport, il convient d'inclure les émissions liées à la fabrication des véhicules. Il faudrait aussi, en théorie, considérer celles liées à l'entretien des véhicules et à la construction et l'entretien des routes (pour information l'usure de la chaussée est une fonction poids du véhicules qui y circulent à la puissance 5, ce qui revient à dire que la réfection d'une chaussée est, en première approximation, totalement imputable aux poids lourds).

Pour disposer des chiffres concernant la fabrication, il nous faut alors disposer des poids moyens à vide des véhicules en question, et, pour que les données soient sommables, il faut bien entendu que les poids moyens à vide soient disponibles pour les mêmes classes de PTAC que les consommations.

Il nous faudra enfin disposer des kilométrages totaux parcourus, sur la durée de vie, par chaque moyen de transport examiné, afin de pouvoir affecter à chaque km parcouru la quote-part des émissions de fabrication.

Les classes de PTAC pour lesquelles les statistiques de consommation sont publiées sont les

suivantes :

	Classe de PTAC
Camion-nettes	< 1,5 tonnes
	1,5 à 2,5 tonnes
	2,51 à 3,5 tonnes
	3,5 tonnes
Camions	3,51t à 5 tonnes
	5,1 à 6 tonnes
	6,1 à 10,9 tonnes
	11 à 19 tonnes
	19,1 à 21 tonnes
	21,1 à 32,6 tonnes
	tracteurs routiers (PTAC tracteur + remorque : 40 t en général).

*Classes de PTAC pour les camionnettes et les camions.*

La détermination de ces limites est le fruit de raisons diverses, au sein desquelles les suivantes ont sûrement contribué :

- 3,5 t est la limite supérieure de PTAC pour un utilitaire pouvant se conduire avec le permis B (tourisme).
- 19 t est la limite supérieure pour un véhicule à moteur à deux essieux,
- 26 t est la limite supérieure pour un véhicule à moteur à trois essieux,
- 32 t est la limite supérieure pour un véhicule à moteur à quatre essieux ou plus.

Enfin les ensembles articulés (appelés communément "semi-remorques") sont en quasi-totalité constitués de tracteurs de 7 t de poids environ, tractant des remorques dont le poids à vide est de 8t environ. La capacité maximale de fret de ces ensembles est de 25 t, pour parvenir à un poids total en charge de 40 tonnes environ.

Dans un premier temps, nous allons vérifier que le fait de raisonner par catégorie de PTAC n'induit pas une trop grande imprécision des résultats. Pour cela nous allons travailler sur le nombre de véhicules en circulation au 1er janvier 2002 par PTAC, fourni par le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. Par exemple nous savons que la France comptait à cette date 1.554 véhicules de moins de 10 ans d'âge et ayant un PTAC de 6 tonnes exactement.

Nous pouvons alors calculer le PTAC moyen pour les [diverses catégories du transport de marchandises](#), et constater par ailleurs que chaque catégorie présente des pics de concentration autour de quelques PTAC particuliers. Les graphiques représentant cette répartition, et l'écart entre les PTAC des points d'accumulation et le PTAC moyen de la catégorie sont donnés en annexe.

La conclusion importante que nous pouvons en tirer est que, pour chaque catégorie de PTAC, l'écart maximal entre le PTAC moyen et le PTAC des véhicules les plus usuels de la catégorie (là où il y a le point d'accumulation, c'est-à-dire le pic sur le graphique) est de 20% au maximum. Cette indication est importante à double titre :

- d'une part les émissions de fabrication sont fonction du poids à vide, assez bien corrélé au PTAC,
- d'autre part nous verrons plus loin que la consommation moyenne du véhicule est aussi très bien corrélée à son PTAC.

En d'autres termes, en basant les calculs sur les PTAC moyens, l'écart entre cette moyenne et les valeurs applicables aux véhicules les plus répandus de la catégorie ne sera jamais supérieur à 20%.

Pour obtenir le poids à vide d'un véhicule donné lorsque nous avons le PTAC, il faut bien sûr connaître la charge utile maximale transportée, afin de la déduire du PTAC.

Ces charges utiles ont été déterminées comme suit :

- pour certains camions, elles sont notoires dans le milieu des transporteurs. Ce cas de figure concerne les ensembles articulés (40 tonnes de PTAC, 25 tonnes de charge utile au maximum), mais aussi les camions de 19 t de PTAC (13 tonnes de charge utile maximum) ou encore les camionnettes de 7,5 t de PTAC (4 t de charge utile maximum).
- pour les PTAC inférieurs ou égaux à 3,5 tonnes, les PTAC moyens et charges utiles maximales moyennes sont donnés par le Ministère des Transports
- pour les autres classes, nous avons interpolé le rapport entre PTAC et charge utile maximale à partir des valeurs ci-dessus.

Classe de PTAC	Moyenne du PTAC de la catégorie (tonnes)	Poids moyen à vide (tonnes)	Moyenne de la charge utile maximale (tonnes)
< 1,5 tonnes	1,30	0,90	0,40
1,5 à 2,5 tonnes	1,80	1,10	0,70
2,51 à 3,5 tonnes	2,90	1,70	1,20
3,5 tonnes	3,50	2,10	1,40
3,51 à 5 tonnes	4,74	2,37	2,37
5,1 à 6 tonnes	5,67	2,84	2,84
6,1 à 10,9 tonnes	8,80	4,11	4,69
11 à 19 tonnes	16,32	6,53	9,79
19,1 à 21 tonnes	19,37	7,75	11,62
21,1 à 32,6 tonnes	26,87	10,21	16,66
tracteurs routiers	40,00	15,00	25,00

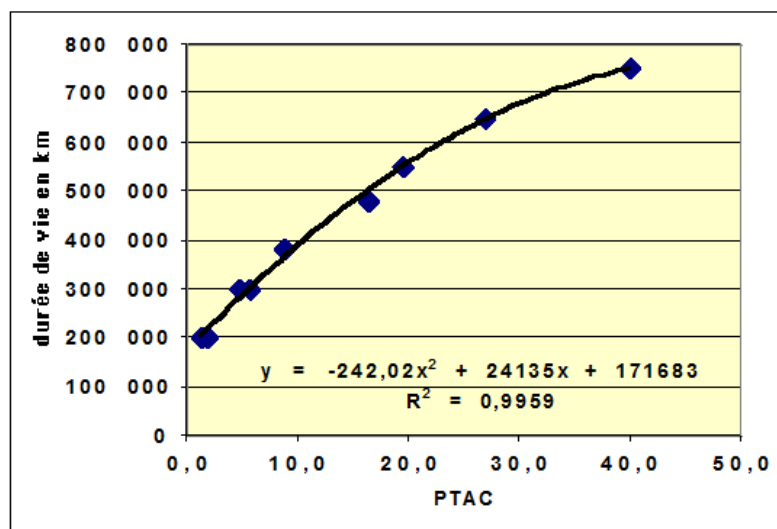
#### Caractéristiques PTAC

Enfin pour pouvoir disposer d'une contribution de la construction aux émissions par km il reste à connaître les "durées de vie", exprimées en km parcourus, des véhicules en question. Ces renseignements ont été pour partie obtenus sur le site du Comité National Routier, et pour le reste ils ont été aussi extrapolés :

Classe de PTAC	Durée de vie en km
< 1,5 t essence	150 000
< 1,5 t diesel	200 000
1,5 à 2,5 tonnes essence	150 000
1,5 à 2,5 tonnes diesel	200 000
2,51 à 3,5 tonnes essence	200 000
2,51 à 3,5 tonnes diesel	250 000
3,5 tonnes	300 000
3,51 à 5 tonnes	300 000
5,1 à 6 tonnes	300 000
6,1 à 10,9 tonnes	380 000
11 à 19 tonnes	480 000
19,1 à 21 tonnes	550 000
21,1 à 32,6 tonnes	650 000
tracteurs routiers	750 000

*Durée de vie moyenne des véhicules en km en fonction de la classe de PTAC*

Notons que la corrélation, ici du deuxième ordre, entre durée de vie et PTAC, est excellente avec les valeurs retenues lorsque les statistiques ne sont pas disponibles (graphique ci-dessous).



*Corrélation entre la durée de vie et le PTAC des camions et camionnettes.*

De même que pour les voitures particulières, nous allons convertir les poids à vide en émissions de fabrication. Comme la valeur ajoutée par unité de poids d'un camion est inférieure d'un facteur 2 à ce qu'elle est pour l'automobile (un semi-remorque de 15 tonnes de poids à vide coûte environ 100.000 euros, soit 6.000 euros par tonne, quand un véhicule particulier coûte de 12 à 15.000 euros par tonne), le facteur permettant de convertir les poids en émissions pourrait théoriquement être inférieur à 5,5 tCO<sub>2e</sub> / tonne de camion. Cela étant, l'aluminium (9,5 tCO<sub>2e</sub> / tonne) est un métal plus fréquemment employé pour les poids lourds (pour fabriquer les remorques) que pour les véhicules particuliers, et pour la partie "tracteur" (moteur, cabine, etc.) les émissions de fabrication par unité de poids n'ont pas de raison particulière d'être considérablement inférieures à ce qu'elles sont pour l'automobile. Jusqu'à plus ample informé, nous garderons donc ce facteur de **5,5 tCO<sub>2e</sub> / tonne de**

**camion**, qui n'a de toutes façons pas d'influence considérable sur les émissions par véhicule.km.

De la sorte, la division des émissions de fabrication par le kilométrage parcouru donne, aux émissions liées à l'entretien près, la contribution des postes autres que le carburant aux km parcourus.

Classe de PTAC	PTAC moyen	Poids moyen à vide (t)	Durée de vie en km	Fabrication gCO2e /km
< 1,5 t essence	1,30	0,90	150 000	44,0
< 1,5 t diesel	1,30	0,90	200 000	33,0
1,5 à 2,5 tonnes essence	1,80	1,10	150 000	53,9
1,5 à 2,5 tonnes diesel	1,80	1,10	200 000	40,3
2,51 à 3,5 tonnes essence	2,90	1,70	200 000	62,3
2,51 à 3,5 tonnes diesel	2,90	1,70	250 000	49,9
3,5 tonnes	3,50	2,10	300 000	51,3
3,51 à 5 tonnes	4,74	2,37	300 000	57,9
5,1 à 6 tonnes	5,67	2,84	300 000	69,3
6,1 à 10,9 tonnes	8,80	4,11	380 000	79,2
11 à 19 tonnes	16,32	6,53	480 000	99,7
19,1 à 21 tonnes	19,37	7,75	550 000	103,4
21,1 à 32,6 tonnes	26,87	10,21	650 000	115,1
tracteurs routiers	40,00	15,00	750 000	146,7

*Facteurs d'émission de la fabrication des véhicules en fonction de leur classe de PTAC*

La désignation des types de matériel ayant été changé en 2012, le tableau de correspondance suivant permet au lecteur de trouver les valeurs actuellement utilisées dans la base.



Désignation OEET 2012	PTAC en tonne	Capacité de chargement en tonne	Durée de vie en km	Poids à vide en tonne	Fabrication en CO <sub>2</sub> e	Fabrication gCO <sub>2</sub> e/km
PTAC 3,5 tonnes	3,5 t	1,3 t	300 000 km	2,2 t	12,1 tCO <sub>2</sub> e	40,3 gCO <sub>2</sub> e/km
PTAC 3,5 tonnes	3,5 t	1,3 t	300 000 km	2,2 t	12,1 tCO <sub>2</sub> e	40,3 gCO <sub>2</sub> e/km
Porteur PTAC 19 tonnes	19,0 t	10,0 t	550 000 km	9,0 t	49,5 tCO <sub>2</sub> e	90,0 gCO <sub>2</sub> e/km
Ensemble articulé 40 tonnes frigorifique	40,0 t	22,0 t	750 000 km	18,0 t	99,0 tCO <sub>2</sub> e	132,0 gCO <sub>2</sub> e/km
Porteur PTAC 19 tonnes frigorifique	19,0 t	8,5 t	550 000 km	10,5 t	57,8 tCO <sub>2</sub> e	105,0 gCO <sub>2</sub> e/km
Porteur 7,5 t	7,5 t	3,0 t	380 000 km	4,5 t	24,8 tCO <sub>2</sub> e	65,1 gCO <sub>2</sub> e/km
Porteur 12 t	12,0 t	6,0 t	480 000 km	6,0 t	33,0 tCO <sub>2</sub> e	68,8 gCO <sub>2</sub> e/km
Ensemble articulé 26 tonnes	26,0 t	12,0 t	750 000 km	14,0 t	77,0 tCO <sub>2</sub> e	102,7 gCO <sub>2</sub> e/km
Ensemble articulé 35 tonnes	35,0 t	15,0 t	750 000 km	20,0 t	110,0 tCO <sub>2</sub> e	146,7 gCO <sub>2</sub> e/km
Ensemble articulé 40 tonnes	40,0 t	25,0 t	750 000 km	15,0 t	82,5 tCO <sub>2</sub> e	110,0 gCO <sub>2</sub> e/km
Fourgon 8 m <sup>3</sup>	3,5 t	8,0 t	250 000 km	2,2 t	12,1 tCO <sub>2</sub> e	48,4 gCO <sub>2</sub> e/km
Porteur 45 m <sup>3</sup>	19,0 t	45,0 t	550 000 km	10,5 t	57,8 tCO <sub>2</sub> e	105,0 gCO <sub>2</sub> e/km
Ensemble articulé 90 m <sup>3</sup>	40,0 t	90,0 t	750 000 km	15,0 t	82,5 tCO <sub>2</sub> e	110,0 gCO <sub>2</sub> e/km

*Facteurs d'émission de la fabrication des véhicules en fonction de leur classe de PTAC et correspondance OEET 2012*

Les marges d'incertitude sur ces données sont les suivantes :

- 10% sur les poids moyens à vide (erreur provenant d'un biais statistique sur l'échantillon étudié),
- 50% sur les émissions de fabrication du camion par unité de poids (soit une fourchette de 2,57 tonne de CO<sub>2</sub>e à 8,25 tCO<sub>2</sub>e / tonne de camion),
- 10% sur les kilométrages moyens parcourus par les véhicules avant d'être mis au rebut (cette donnée découle de l'observation).

La part liée à la construction sera donc affectée d'une incertitude de 70%, sauf pour les utilitaires les plus légers (PTAC < 2,5 tonnes) pour lesquels nous conserverons les barres d'erreur de l'automobile, soit 40%. Dans tous les cas de figure il s'agit clairement d'un ordre de grandeur, qu'il serait utile de préciser en procédant aux investigations appropriées (en clair il conviendrait de réaliser l'ACV des véhicules utilitaires).

## 5.3.1 Produits informatiques, électroniques et optiques

### Description

Cette section se focalise sur les équipements informatiques, électroniques et optiques.

Les appareils électroniques sont fabriqués à partir de composants électroniques tels que les transistors.

### 5.3.11.1 Composants et cartes électroniques

#### Fabrication de circuits imprimés

##### Description

Un circuit imprimé est un support, en général une plaque, permettant de maintenir et de relier électriquement un ensemble de composants électroniques entre eux. Il est constitué d'un assemblage d'une ou plusieurs fines couches de cuivre séparées par un matériau isolant.

Dans la Base Carbone ®, on distingue divers type de circuits imprimés :

- contrôleurs LCD et cartes mères TV connectées
- carte mère TV basique
- alimentation électrique

##### Méthodologie

Les facteurs d'émissions retenus ici sont tirés de la [Base\\_IMPACT®](#). Une documentation plus conséquente sera fournie courant 2015

Les données sont représentatives de la production en Asie donc couvre les besoins pour la consommation française.

##### Valeurs

Type d'assemblage de circuits imprimés	Valeur	Unité
contrôleurs LCD et cartes mères TV connectées	866	kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup>
carte mère TV basique	444	kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup>
alimentation électrique	352	kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup>

*Facteurs d'émission des différents composants et cartes électroniques*

*Source : Base IMPACT - PRG AR4*

Les PRG utilisés dans la Base Carbone sont ceux de l'AR5 contrairement à ceux présentés dans cette partie de la documentation qui reste à actualiser. Ainsi, en cas de différence, ce sont bien les valeurs de l'application informatique qu'il convient d'utiliser.

## 5.3.11.2 Ordinateurs et équipements périphériques

### Description

Le terme écran désigne ici, à la fois les écran de télévision et les écrans d'ordinateur.

La Base Carbone propose des valeurs pour :

- Les écrans cathodiques
- Les écrans plats à cristaux liquides

Pour ces éléments, sont précisés la taille de l'écran (pour les écrans plats modernes).

### Ecrans plats à cristaux liquides

#### Sources

Les facteurs d'émissions des écrans plats à cristaux liquides sont tirés de la [Base IMPACT®](#). Une documentation plus conséquente sera fournie courant 2015

Les données sont représentatives de la production en Asie donc couvre les besoins pour la consommation française.

#### Valeurs

Taille de l'écran	Valeur
écran à cristaux liquides, moyenne surfacique	352 kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup>
écran à cristaux liquides; 47 pouces	204 kgCO <sub>2e</sub> / unité
écran à cristaux liquides; 42 pouces	164 kgCO <sub>2e</sub> / unité
écran à cristaux liquides; 37 pouces	130 kgCO <sub>2e</sub> / unité
écran à cristaux liquides; 32 pouces	99.3 kgCO <sub>2e</sub> / unité
écran à cristaux liquides; 26 pouces	60.7 kgCO <sub>2e</sub> / unité

*Facteurs d'émission des différents écrans*

*Source : Base IMPACT - PRG AR4*

## 5.3.1 Textile

### 2

#### Description

La Base Carbone ® souhaite proposer des valeurs pour tous types d'équipement électriques :

- Fils et filés
- Tissus
- Cuirs
- Autres textiles
- Article d'habillement

Actuellement, la Base Carbone ® ne dispose pas de valeurs pour ces produits.

Les seuls valeurs disponibles sont des procédés de traitement du cuir issu du projet Base IMPACT ®.

#### Sources

Les facteurs d'émissions retenus ici sont tirés de la [Base IMPACT ®](#). Une documentation plus conséquente sera fournie courant 2015

#### Valeurs

Nom	Périmètre	Valeur	
Finition post-tannage du cuir	Asie	2,62	kgCO <sub>2e</sub> / kg
Peinture pour cuir (laques PU)	Asie	1,94	kgCO <sub>2e</sub> / kg
Peinture pour cuir (laques PU)	Europe	1,67	kgCO <sub>2e</sub> / kg
Tannage du cuir	Asie	1,04	kgCO <sub>2e</sub> / kg
ponçage du cuir	Asie	0,106	kgCO <sub>2e</sub> / kg
ponçage du cuir	Europe	0,0584	kgCO <sub>2e</sub> / kg

*Facteurs d'émission des différents procédés de traitement du cuir*

*Source : Base IMPACT - PRG AR4*

Les PRG utilisés dans la Base Carbone sont ceux de l'AR5 contrairement à ceux présentés dans cette partie de la documentation qui reste à actualiser. Ainsi, en cas de différence, ce sont bien les valeurs de l'application informatique qu'il convient d'utiliser.

## 5.3.1 Eau, traitement et distribution d'eau

### 3

Enter topic text here.

### 5.3.13.1 Eau de réseau

Le Groupe de travail Bilan GES de l'Astee (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement ; [www.astee.org](http://www.astee.org) ) a conduit une étude pour déterminer le facteur d'émission de l'eau potable. Les valeurs ont été réalisées à partir de la moyenne des Bilan GES (complets) des principaux opérateurs français. La moyenne est pondérée par rapport aux parts de marchés et sont donc ainsi représentatives de la moyenne consommée au niveau Français.

Ci après sont présentés consécutivement les valeurs pour la potabilisation et celles pour le traitement aval.

Les Bilan GES de Véolia et la Lyonnaise des eaux s'appuient sur des données 2011 tandis que ceux de la SAUR, le SEDI et Eau de Paris s'appuient sur des données 2012.

Scope	N° de postes (GES Art. 75)	Type de sources	Description détaillée	gCO2e/m3
Scope 1	1	Energie	Combustibles (fioul et gaz naturel) : sources fixes y compris les bâtiments tertiaires	4
	2	Déplacements	Gasoil et essence (véhicules particuliers, utilitaires, engins)	20
	4	Emiss. sur site	Non applicable	0
Scope 2	6	Energie	Electricité: réseaux, usines (EP et EU) et bâtiments tertiaires	40
	7	Energie	Vapeur froid / chaud	0
Scope 3	8	Energie	Energie amont : combustibles sources fixes et électricité	12
	8	Déplacements	Energie amont Véhicule possédé	5
	9	Intrants	Réactifs consommés uniquement (les achats biens et services ne sont pas pris en compte)	24
	9	Réseaux	Réparations de fuites sur canalisation EP et Branchements EP	20
	11	Boues	Emissions de N2O liées à l'épandage des boues	0,4
	11	Déchets	Non applicable	0
	11	Fret	Non applicable	1
	12	Fret	Fret des réactifs - 156 km (données statistiques transports moyenne 2011 produits chimiques)	2
	13	Déplacements	Déplacements train et avion (non significatif)	0
	17	Déplacements	Déplacements visiteurs (non significatif)	0
	23	Déplacements	Domicile travail (1 Aller retour = 22 km, répartition par mode de transport source INSEE-SOeS, ENTND 2008), 1 ETP = 210 J travaillés	5
	24	Eaux usées	Non applicable	0
	RATIO TOTAL			132

Emissions par type de source et par m<sup>3</sup> (pour la production d'eau potable) - PRG AR4

Pour les données présentées ci dessous (traitement), les Bilan GES de Véolia et la Lyonnaise des eaux s'appuient sur des données 2011 tandis que ceux de la SAUR s'appuie sur des données 2012.

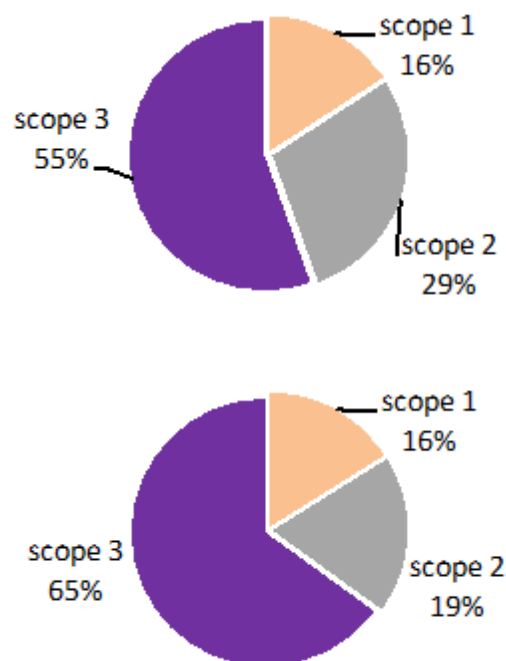
Les numéros de postes d'émission et les descriptions des types de sources peuvent être retrouvés dans l'annexe 1 du guide sectoriel « Quantification des Émissions de Gaz à effet de serre des Services d'Eau et d'Assainissement ».

Scope	N° de postes (GES Art. 75)	Type de sources	Description détaillée	gCO2e /m3
Scope 1	1	Energie	Combustibles (fioul et gaz naturel) : sources fixes y compris les bâtiments tertiaires	14
	2	Déplacements	Gasoil et essence (véhicules particuliers, utilitaires, engins)	14
	4	Emiss. sur site	Emissions liées aux process d'épuration (N2O et CH4)	12
Scope 2	6	Energie	Electricité: réseaux, usines (EP et EU) et bâtiments tertiaires	47
	7	Energie	Vapeur froid / chaud	0
Scope 3	8	Energie	Energie amont : combustibles sources fixes et électricité	14
	8	Déplacements	Energie amont Véhicule possédé	3
	9	Intrants	Réactifs consommés	53
	9	Réseaux	Réparations de fuites sur canalisation EP et Branchements EP	0
	11	Boues	Emissions de N2O liées à l'épandage des boues	28
	11	Déchets	Refus de dégrillage, Graisse et sables	4
	11	Fret	Fret des boues (90%) et sous-produits (10%)	3
	12	Fret	Fret des réactifs	2
	13	Déplacements	Déplacements train et avion (non significatif)	1
	17	Déplacements	Déplacements visiteurs (non significatif)	0
	23	Déplacements	Déplacements Domicile travail	7
	24	Eaux usées	Rejets au milieu naturel (CH4 et N2O)	58
RATIO TOTAL				262

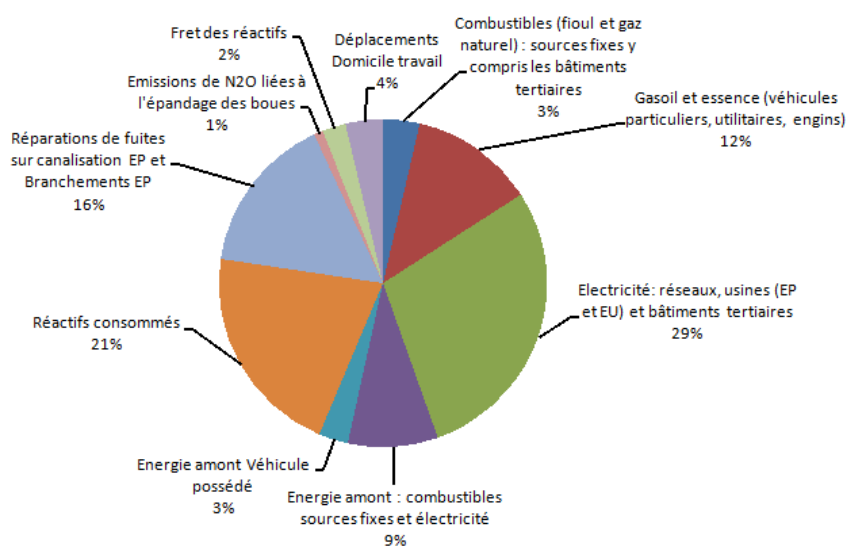
*Emissions par type de source (pour le traitement des eaux usées) - PRG AR4*

A noter que les deux facteurs d'émission (eau potable et eaux usées) comprennent les émissions d'opération (respectivement pour la production d'eau potable et sa distribution ainsi que le traitement des eaux usées), mais ne prennent pas en compte les émissions indirectes liées aux infrastructures (immobilisation des usines et réseaux).

Enfin, conformément au guide sectoriel ASTEE-ADEME, les émissions de GES liées au traitement des boues hors épandage et les émissions de CO<sub>2</sub> biogéniques non quantifiées dans le guide sectoriel ne sont pas prises en compte dans le facteur d'émission pour les eaux usées.

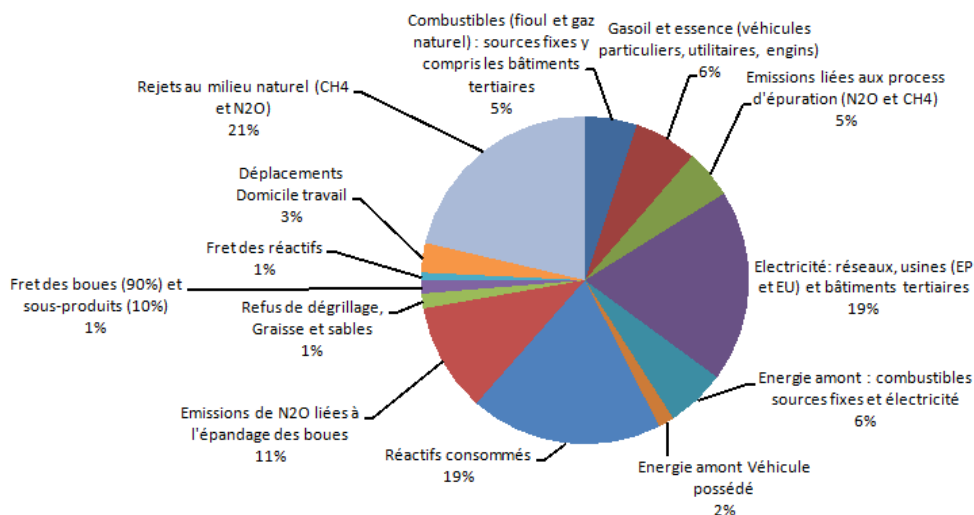


*Emissions par scope (en %) (pour l'eau potable à gauche, et pour les eaux usées à droite).*



*Emissions par type de source (en %) (pour l'eau potable).*





*Emissions par type de source (en %) (pour les eaux usées).*

## 5.3.1 Bâtiments et ouvrages d'art

### 4

#### Description

Cette section donne des facteurs d'émissions pour les divers "produits" du secteur du BTP.

Ces "produits" correspondent à la construction :

- de bâtiments
- des infrastructures telles que les canalisations ou les routes

#### 5.3.14.1 Bâtiments

#### Description

La construction des bâtiments génère des émissions de GES à la fois pour la fabrication des matériaux et leur acheminement que pour la consommation de carburants sur le chantier.

Le parallèle peut être fait avec "l'énergie grise" du bâtiment.

Trois approches sont proposées pour évaluer les émissions liées à la construction des bâtiments

:

- Une approche par les surfaces construites à l'aide de ratio moyens
- Une approche globale par les consommation énergétiques
- Une approche plus détaillé par quantité de matériaux mis en oeuvre

## Approche rudimentaire par les surfaces construites - Cas des logements et des bureaux

Les valeurs fournies ci-après sont extraites du rapport « capitalisation des résultats de l'expérimentation HQE Performance. Analyse statistique. Action 22 » de octobre 2013 ; DHUP convention Y13-08 n°2200756332. Ce rapport fournit tous les résultats de l'expérimentation HQE Performances menée entre 2012 et 2013 en collaboration, notamment, entre l'Association HQE, la DHUP, l'ADEME, le CSTB et le CEREMA<sup>591</sup>.

L'ensemble des hypothèses, méthodologies et données sont fournies dans ce rapport qui est téléchargeable sur les sites internet de la DHUP et de l'Association HQE ([http://assohqe.org/hqe/IMG/pdf/14-027\\_HQEPperf\\_RapportPrincipal\\_VF.pdf](http://assohqe.org/hqe/IMG/pdf/14-027_HQEPperf_RapportPrincipal_VF.pdf)). Il le sera également sur l'application Base Carbone.

Les valeurs indiquées correspondent au seul contributeur « produits et équipements » mis en oeuvre lors de la construction d'un bâtiment (les autres contributeurs aux impacts environnementaux et notamment au changement climatique étant, pour un bâtiment : le chantier, les consommations d'eau, les consommations d'énergies liées aux usages immobiliers et mobiliers ; mais, à l'exception du chantier, les impacts liés à ces contributeurs auront lieu tout au long de la vie du bâtiment).

Il s'agit de valeurs médianes obtenues sur l'échantillon de bâtiments neufs analysés : 22 pour les maisons individuelles, 17 pour les immeubles de logements collectifs et 24 pour les bâtiment de bureaux. Cet échantillon est composé de constructions faisant appel à différents modes et matériaux constructifs pour leur enveloppe et à différents équipements électriques et de génie climatique.

Enfin, à la différence du rapport cité ci-avant, ces valeurs n'ont pas été annualisées. Cependant, ces valeurs tiennent compte de l'entretien et de l'éventuel remplacement des produits et équipements durant la vie du bâtiment fixée à 50 ans.

## Résultats

Nom	Valeur	Unité	Remarque
Maisons individuelles	425	kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup> Shon	50% des valeurs sont comprises entre 300 et 500 kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup> Shon
Immeubles de logements collectifs	525	kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup> Shon	50% des valeurs sont comprises entre 425 et 600 kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup> Shon
Bâtiments de bureaux	650	kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup> Shon	50% des valeurs sont comprises entre 550 et 800 kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup> Shon

*Facteurs d'émission de l'impact de la construction des bâtiments*

- PRG AR4 -

## Approche rudimentaire par les surfaces construites - Cas des autres bâtiments

Les valeurs proposées ci-dessous découlent des dépenses énergétiques requises pour construire divers types de bâtiments, et ne concernent donc que le CO<sub>2</sub> fossile.

Une étude a été réalisée par le CNRS (programme ECODEV) en 1998<sup>592</sup> qui donne la répartition des bâtiments mis en chantier en 1990 par nature d'utilisation et qui donne aussi les dépenses énergétiques globales par nature de bâtiment. Les consommations intermédiaires (transports, fabrication des matériaux, etc.) sont prises en compte dans cette étude.

Les bâtiments sont censés être soit à structure béton (par exemple un immeuble de bureaux), soit à structure métallique (par exemple un hangar ou un bâtiment d'exploitation agricole). Une estimation de la répartition entre les 2 a été faite par le CNRS.

Enfin, les logements et les bureaux considérés dans l'étude ne sont pas reportés ci dessous car traité dans le paragraphe ci dessus.

Type de bâtiment	m <sup>2</sup> totaux	Milliers de tonnes équivalent pétrole correspondant à la construction	% en structure métallique
Bâtiments agricoles	12 733 000	2 056	50%
Bâtiments industriels	17 495 000	2 825	70%
Garages	1 854 000	299	50%
Commerces	5 553 000	897	30%
Enseignement	2 536 000	410	0%
Santé	2 599 000	420	0%
Loisirs	2 213 000	357	20%

*Dépenses énergétiques pour la construction de bâtiment selon leur activité.*

Sur la base de ces données, on peut reconstituer la dépense énergétique au m<sup>2</sup> des bâtiments construits (tableau ci-dessous).

Type de bâtiment	m <sup>2</sup> totaux	m <sup>2</sup> métalliques	m <sup>2</sup> béton	kep/m <sup>2</sup> métal	kep/m <sup>2</sup> béton
Bâtiments agricoles	12 733 000	6 366 500	6 366 500	81	242
Bâtiments industriels	17 495 000	12 246 500	5 248 500	101	303
Garages	1 854 000	927 000	927 000	81	242
Commerces	5 553 000	1 665 900	3 887 100	67	202
Enseignement	2 536 000	0	2 536 000	54	162
Santé	2 599 000	0	2 599 000	54	162
Loisirs	2 213 000	442 600	1 770 400	62	186

*Dépense énergétique pour la construction des bâtiments par matériaux*

Il reste à déterminer le facteur d'émission d'un kep (kilo d'équivalent pétrole) dans la construction, si possible en tenant compte des gaz mineurs.

Pour cela, la méthode qui a été suivie est décrite ci-dessous :

- le CNRS donne des consommations énergétiques en tep par secteur d'activité,
- le CEREN donne, pour chaque code NAF, la proportion d'électricité dans l'énergie totale utilisée,
- en rapprochant les données CEREN et CNRS, nous obtenons une valeur de la proportion d'électricité dans chaque branche (ci-dessous),
- nous supposons que les émissions de CO<sub>2</sub> associées à la production de l'électricité sont négligeables (ce qui est acceptable face au reste),
- le solde, qui consiste en des combustibles fossiles, se voit affecter la valeur standard de 2,79 tonne CO<sub>2e</sub> / tep\* ce qui permet d'obtenir les émissions énergétiques,
- des émissions non énergétiques sont rajoutées dans le ciment (ratio de 1,35 pour un), et dans les métaux non ferreux (ratio 1 pour 1, pour l'aluminium).

\* Contenu carbone découlant du mix énergétique moyen de l'industrie pour les combustibles fossiles.

Cela donne le tableau ci-dessous :

Produits	Consommation amont en tep	part de l'électricité	tep combustible	tCO <sub>2e</sub> /tep pour le solde	t CO <sub>2e</sub> énergie	t CO <sub>2e</sub> non énergie	total t CO <sub>2e</sub>
Métaux non ferreux	330 000	50%	165 000	2,79	459 800	459 800	919 600
Métaux ferreux	1 427 000	20%	1 141 600	2,79	3 181 259		3 181 259
Matériaux de construction	3 020 000	15%	2 567 000	2,79	7 153 373	9 657 054	16 810 427
Verre	358 000	40%	214 800	2,79	598 576		598 576
Travail des métaux	1 088 000	50%	544 000	2,79	1 515 947		1 515 947
Plastiques	206 000	25%	154 500	2,79	430 540		430 540
Matériel électrique	992 000	50%	496 000	2,79	1 382 187	1 382 187	2 764 373
Machines	3 864 000	50%	1 932 000	2,79	5 383 840		5 383 840
Biens ménagers	131 000	50%	65 500	2,79	182 527		182 527
Parachimie	140 000	50%	70 000	2,79	195 067		195 067
Bois	263 000	80%	52 600	2,79	146 579		146 579
TOTAL	11 819 000		7 403 000		20 629 695	11 499 041	32 128 735

*Émissions par secteur d'activité (en France) engendrées par la phase de construction d'un bâtiment.*

On voit donc que les émissions sont de 32.129.000 tonnes de CO<sub>2e</sub> (incluant une partie des gaz mineurs) pour une consommation de 11.819.000 tep, donc en première approximation cela nous amène, pour la suite du raisonnement, à 2,71 tCO<sub>2e</sub> / tep utilisée dans le bâtiment.

On peut alors assez facilement obtenir des facteurs d'émission par m<sup>2</sup> à partir des données ci-dessus, en affectant aux "contenus en énergie" du tableau 1 le facteur d'émission de 2,71 tCO<sub>2e</sub> / tep utilisée dans le bâtiment

Type de bâtiment	kg équivalent CO2 par m <sup>2</sup>	
	Construction métallique (hangar...)	Construction béton (immeuble de bureaux)
Bâtiments agricoles	220	656
Bâtiments industriels	275	825
Garages	220	656
Commerces	183	550
Enseignement	147	440
Santé	147	440
Loisirs	169	506

*Facteurs d'émission au m<sup>2</sup> des bâtiments en fonction de leur type et de leur activité.*

Cette méthode, certes rudimentaire, permettra cependant de modéliser, en ordres de grandeur, les émissions liées à la construction d'une nouvelle infrastructure et celles liées à l'amortissement. Le facteur d'incertitude par défaut est estimé égal à 50%.

## Approche globale, par la consommation énergétique

Il est également possible de reconstituer les émissions de construction à partir de la consommation énergétique du bâtiment. Pour cela, nous considérons que les émissions liées à sa fabrication\* représentent une fraction des émissions de fonctionnement sur sa durée de vie, et qui dépend du type de bâtiment :

- pour le stock existant, cela ira dans une fourchette de 7 à 10 % (dont 5 % pour la part imputable à la seule fabrication des matériaux).
- pour les bâtiments neufs, la proportion est de l'ordre de 15 %,
- avec des bâtiments à très haute performance énergétique cette proportion pourrait atteindre 30 à 50 % de la consommation énergétique sur leur durée de vie<sup>1</sup>.

Dans la Base Carbone ®, seules deux approches ont été conservées : l'approche par les m<sup>2</sup> et l'approche par les quantités de matériaux mis en œuvre.

\* Consommation directe pour la réalisation des chantiers, la consommation indirecte pour la fabrication des matériaux, leur approvisionnement et leur transport vers les chantiers, et les consommations annexes des autres branches de l'économie imputable aux bâtiments (assurances par exemple)

## Approche plus détaillée, par quantité de matériaux mis en œuvre

Une approche un peu plus précise peut être tentée, surtout dans le cas d'un bâtiment à construire, si l'on connaît la nature des matériaux utilisés, et les quantités employées. En pareil cas, on utilisera des facteurs d'émission par unité fonctionnelle (UF)\* (en pratique une tonne de ciment, un m<sup>2</sup> de toiture, etc), auxquels nous rajouterons, si cela n'est pas déjà pris en compte, les émissions de transport, de manutention et de traitement sur le chantier.

\* L'Unité fonctionnelle est définie par l'ISO 14040 comme la "Performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie"

Les facteurs d'émission préconisés pour cette approche sont issus de la base de données INIES<sup>590</sup>. Cette base de donnée est constituée de fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) de différents produits de construction fournies par les fabricants et syndicats professionnels de la branche et qui proposent des informations sur l'analyse du cycle de vie des produits. Il est ainsi possible pour chaque matériau d'identifier les émissions de GES dues à sa production, son transport, sa mise en œuvre et également sa fin de vie. La base INIES recense à l'heure actuelle une quarantaine FDES et est enrichie régulièrement par de nouvelles fiches.

Quelques facteurs d'émission ont été extraits de cette base de données et sont présentés dans le

tableau ci-dessous :

Matériaux / Produits	Unités	FE (kgCO <sub>2e</sub> / unité)
Mur en maçonnerie de blocs en béton	m <sup>2</sup>	18,37
Poutrelle en béton précontraint	mL	3,37
Carreaux de plâtre	1 m <sup>2</sup> de paroi	16,39
Bardage acier simple peau	1 m <sup>2</sup> de paroi	8,51
Tuile béton	1 m <sup>2</sup> de toiture	10,49
Complexe de doublage d'isol. Therm	1 m <sup>2</sup> de paroi	6,01
Revêtement de sol PVC homogène	1 m <sup>2</sup> de sol	6,6
Canalisations PVC	1 mL	2,57
Panneau de plafond suspendu	1 m <sup>2</sup>	4,29
Monomur terre cuite	1 m <sup>2</sup>	54,01

*FE des matériaux et produits de construction issus de la base INIES*

#### Sources :

[\[590\] INIES](#)

[\[591\] Capitalisation des résultats de l'expérimentation HQE Performance, 2013, DHUP, CSTB, Association HQE, ADEME, CEREMA](#)

[\[592\] étude CNRS \(programme ECODEV\) en 1998](#)

## 5.3.14.2 Voirie

### Description

Les voiries recouvre à la fois les routes et les parkings.

Deux approches permettent de connaître les émissions des voiries :

- soit par les matériaux mis en oeuvre (voir le [chapitre sur les enrobés pour la route](#))
- soit à l'aide de facteurs d'émissions surfaciques

### Facteurs d'émissions surfaciques

Il ne sera pas toujours facile de disposer des poids de matériaux mis en oeuvre, aussi il est également possible de travailler à partir de données plus faciles à obtenir, notamment les catégories de voies routières ainsi que leurs dimensions (longueur et largeur).

## Catégories de voies routières

Les voies routières neuves sont aujourd'hui dimensionnées en fonction du trafic prévu qu'elles devront subir. Ce trafic se subdivise en deux composantes, l'une concernant les véhicules légers (PTAC < 3,5 tonnes), l'autre les poids lourds (PTAC > 3,5 tonnes).

La nomenclature sur laquelle s'appuie l'étude de Colas<sup>595</sup> est celle du LCPC<sup>\*</sup>-SETRA<sup>\*\*</sup>. Elle comporte 8 classes de voies, dont les intitulés vont de TC1 à TC8.

\* LCPC signifie Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

\*\* SETRA signifie Service d'Etudes techniques des Routes et Autoroutes (Service du Ministère des Transports)

Catégorie de voie	Trafic journalier prévu en poids lourds (dans chaque sens)	Trafic journalier prévu en véhicules particuliers
TC1	< 25	< 380
TC2	25 à 50	400 à 750
TC3	50 à 150	750 à 2 300
TC4	150 à 300	2 300 à 4 600
TC5	300 à 750	4 600 à 11 500
TC6	750 à 2 000	11 500 à 31 000
TC7	2 000 à 5000	31 000 à 77 000
TC8	Plus de 5000	Plus de 77 000

*Trafic des différentes catégories de voies routières.*

## Émissions au m<sup>2</sup> construit

Outre sa classe, qui conditionne en fait la pression maximale qu'elle peut subir, et donc l'épaisseur ou la rigidité des matériaux mis en œuvre, une voie routière est également déterminée par sa structure, qui peut appartenir à l'une des trois familles suivantes :

- une structure en béton armé,
- une structure semi-rigide,
- une structure bitumineuse.

La publication précitée fournit alors des valeurs pour les émissions ramenées au m<sup>2</sup> de voie construite, pour chaque classe de voie, en fonction du type de structure. Ces valeurs ont été reprises sur un graphique (elles ne figurent pas sous forme de tableau dans la publication), donc sont susceptibles d'être incertaines de quelques % de ce fait, mais compte tenu des dispersions très souvent supérieures des valeurs réelles autour des valeurs moyennes fournies par les analyses de cycle de vie, cela n'est pas gênant.



Type de voie	kgCO <sub>2e</sub> / m <sup>2</sup> selon la structure		
	Béton armé	Semi-rigide	Bitume
TC1	312	147	55
TC2	319	165	73
TC3	337	165	92
TC4	367	198	103
TC5	385	209	117
TC6	422	220	136
TC7	458	238	147

*Facteurs d'émission de la construction de routes en fonction du type de voie*

Les valeurs concernant les voies classées TC8 ne figurent pas dans l'étude, mais une interpolation linéaire des valeurs obtenues pour les classes précédentes (en fonction de la classe) donne probablement un ordre de grandeur correct.

## Émissions liées aux glissières de sécurité

Pour les voies routières à fort trafic, ou comportant 2 voies dans chaque sens, il est fréquent de trouver des glissières. Comme il s'avère que les émissions au mètre linéaire de voie ne sont pas loin d'être égales à celles liées à la construction de la chaussée, il est impératif d'en tenir compte le cas échéant.

Classe de route	kgCO <sub>2e</sub> / m de glissière
TC5	323
TC6	1027
TC7	1027

*Facteurs d'émission des glissières de sécurité en fonction du type de voie*

## Parkings

Les techniques de construction sont les mêmes pour les parkings que pour les chaussées. En première approximation, la structure de chaussée d'un parking de supermarché correspond à une classe de trafic TC2. Celle d'une aire de repos moyenne sur une autoroute correspond à un trafic de classe TC3 (Echanges avec Julien BILAL, Colas, Mai 2004).

### Sources :

[\[595\] COLAS, 2003, ACV, La route écologique du futur](#)

## 5.4 Achat de services

### Description

Les services désignent une très large variété de prestations : informatique, gardiennage, téléphone, hôtellerie, voire garde d'enfants assurée par l'entreprise....

Il n'inclue pas :

- Les services de transport qui sont détaillé plus clairement dans le [chapitre sur le transport de marchandises](#) et [celui sur le transport de personne](#)
- Les services de traitement des déchets qui sont détaillé dans le [chapitre sur le traitement des déchets](#)

La prise en compte proposée ici n'a pas d'autre ambition que de donner un ordre de grandeur par défaut quand l'enjeu ne justifie pas de demander un bilan GES à un fournisseur.

Il existe diverses façons d'estimer le "contenu carbone" des services :

- Soit à partir d'un ratio économique moyen (voir ci dessous)
- Soit à partir d'un ratio économique fourni par le prestataire (il s'agit en gros : de son bilan GES complet sans les postes aval divisé par son chiffre d'affaire)
- Soit à partir de calcul physique (ex : voir [chapitre achat de repas ci-après](#))

Dans le cadre d'un bilan GES, ce chapitre donnera les facteurs d'émissions pour :

- Le poste 9 - Achat de produits et services

### Ratio économique moyen

Dans une étude sur la demande énergétique, le CNRS indique qu'en 1990 le secteur des postes et télécoms a consommé 1.188.000 tonnes d'équivalent pétrole pour un chiffre d'affaires de 15 milliards d'euros. Cette valeur tient compte des intrants (véhicules, transports, etc.).

Comme par ailleurs la consommation d'énergie primaire en France est pour 40% de l'électricité, nous prendrons pour le secteur ci-dessus un ratio de 50% faute de mieux (le tertiaire consomme proportionnellement plus d'électricité que les transports ou l'industrie).

L'électricité étant négligeable dans les émissions, en première approximation, il en ressort qu'une tep dans le tertiaire engendre des émissions de 1,39 tCO<sub>2e</sub>.

On arrive au fait que 150 000 € de postes et télécoms correspond à l'émission de 16,1 tCO<sub>2e</sub>, soit environ 0,110 kgCO<sub>2e</sub> / euro.

Ce ratio (incertitude 50%) sera considéré comme valable pour les services impliquant une infrastructure (informatique, télécoms, locations, hôtels, etc). Il n'est pas valable pour les emplois de bureau purs (consultants, avocats, formation, etc) ni pour les services impliquant des intrants significatifs (réparation et maintenant, installation de petit matériel, etc).

## 5.4.1 Repas

### Description

La Base Carbone propose diverses façon d'estimer les émissions de GES liées à un repas :

- Soit directement à partir des quantités d'aliments qui composent le repas (voir le [chapitre sur les produits agricoles](#) ou celui sur les [produits agro-alimentaires](#))
- Soit à partir d'une valeur moyenne (voir ci après)

**LES DONNEES PRESENTEES CI DESSOUS NECESSITE D'ETRE ACTUALISEES AVEC LES VALEURS D'[AGRIBALYSE](#). ELLES SONT CONSERVEES EN L'ETAT A TITRE PROVISoire.**

### Approche repas moyen français

Il sera assez fréquent, lors de la réalisation du Bilan GES d'une activité non agroalimentaire, de ne pas avoir matériellement le temps de procéder à l'inventaire exhaustif de ce qui est acheté par le restaurant d'entreprise, la cantine, ou le restaurant universitaire.

Pour pouvoir néanmoins proposer un ordre de grandeur, nous allons construire un facteur d'émission moyen par déjeuner (applicable aussi au dîner par défaut). Le point de départ est constitué par une enquête INCA, effectuée en 1999 par AFSSA/CRÉDOC/DGAL<sup>700</sup>. Le tableau ci-dessous donne, en grammes par personne et par jour, les aliments consommés par les adultes au déjeuner.

Groupe de produits	Grammes par adulte et par jour en moyenne
Pain biscottes	39,1
Pâtes	19
Riz et semoule	11,9
Viennoiseries	0,2
Biscuits	2,1
Pâtisseries	14,1
Lait	2
Ultra frais laitier	27,6
Fromages	17,1
œufs et dérivés	5,7
Beurre	4,4
Viandes	41
Volailles et gibiers	24,3
Charcuterie	17,7
Poissons	18,4
Légumes (hors pommes de terre)	71,5
Pommes de terre et dérivés	39
Légumes secs	6,5
Fruits	59,6
Sucres et dérivés	2,8
Eaux	224,7
Jus de fruits et sodas	22,3
Boissons alcoolisées	67,1
Café	33
Thé et boissons chaudes	4,3
Pizzas, quiches et tartes salées	6,7
Sandwiches, casse-croûte	7,2
Soupes	8,4
Plats composés	41,5
Entremets	10,8
Compotes et fruits cuits	5

*Aliments consommés par les adultes au déjeuner, en grammes par personne et par jour*

Pour chacune de ces lignes, nous allons ensuite :

- affecter le facteur d'émission si nous l'avons (par exemple pour le sucre),
- ou bien construire un facteur d'émission approximatif si la ligne désigne un produit non élémentaire. Par exemple nous avons considéré que la pâtisserie c'est essentiellement 40% de farine, 20% d'œufs, 20% de beurre et 20% de sucre, et 20% de supplément sur le tout pour tenir compte de la cuisson et des émissions annexes. Dans ce genre d'approche simplifiée, nous faisons implicitement l'hypothèse que les éléments non pris en compte

(chocolat, huile de palme, fruits secs, etc) sont compensés par ceux qui le sont pris un peu trop (par exemple le beurre).

Cet exercice permet d'arriver au tableau suivant :

Ingrédient	G par déjeuner	kgCO <sub>2</sub> e /tonne	gCO <sub>2</sub> e par repas
Pain biscottes	39,1	502	19,8
Pâtes	19	1404	26,8
Riz et semoule	11,9	440	5,1
Viennoiseries	0,2	2966	0,7
Biscuits	2,1	2508	5,1
Pâtisseries	14,1	3538	49,9
Lait	2	1452	2,9
Ultra frais laitier	27,6	2420	66,7
Fromages	17,1	13933	238,3
œufs et dérivés	5,7	3351	19,1
Beurre	4,4	9900	43,6
Viandes	41	25197	1033,3
Volailles et gibiers	24,3	2996	72,6
Charcuterie	17,7	5170	91,7
Poissons	18,4	1833	33,7
Légumes (hors pommes de terre)	71,5	447	31,9
Pommes de terre et dérivés	39	117	4,4
Légumes secs	6,5	235	1,5
Fruits	59,6	447	26,8
Sucres et dérivés	2,8	733	2,2
Pizzas, quiches et tartes salées	6,7	3040	20,5
Sandwiches, casse-croûte	7,2	3722	26,8
Soupes	8,4	873	7,3
Plats composés	41,5	6780	281,2
Entremets	10,8	1844	19,8
Compotes et fruits cuits	5	117	0,7
Eaux	224,7	22	4,8
Jus de fruits et sodas	22,3	235	5,1
Boissons alcoolisées	67,1	1470	98,6
Café	33	733	24,2
Thé et boissons chaudes	4,3	367	1,5
TOTAL hors boissons (lait compris)	503,6		2132,2
TOTAL boissons (hors lait)	351,4		134,6
Moyenne par repas	855		2266,7

Nous retiendrons donc la valeur de 2,267 kgCO<sub>2</sub>e / repas du midi en moyenne, avec une

incertitude de 50%.

## Approche par type de repas

Il est également possible d'avoir une approche par menus prédéfinis. Huit menus sont ainsi présentés, ci après.

### Repas Classique

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée : légumes à la grecque						
légumes de saison	200	60	3	0	117	23,5
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Plat principal : poulet au riz						
poulet	150	225	30	10,5	2823	423,5
riz	60	214	5	1	440	26,4
beurre	10	76	1	8,4	9900	99
Plateau de fromages						
fromage à pâte molle	25	68	5	5	7333	183,3
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	13933	348,3
Pain	50	125	4	0,6		
<b>Total</b>		<b>931</b>	<b>55</b>	<b>40</b>		<b>1100</b>

*Repas classique 1 (avec poulet)*

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée : tzatziki						
yaourt	125	75	5	4,4	2420	302,5
concombre	75		1		909	68,2
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	9	1100	7,7
Plat principal : bifteck - frites						
bifteck	150	222	37,5	6	26767	4015
frites	200	228	4,6	7,3	117	23,5
Dessert : tarte aux poires						
farine	40	136	4,8	0,8	458	18,3
poires	100	60	0,4	0	447	44,7
huile (1 c.s.)	15	135	0	15	1100	16,5
<b>Total</b>		<b>919</b>	<b>53,3</b>	<b>42,5</b>		<b>4510</b>

*Repas classique 2 (avec bœuf)*

### Repas végétarien

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée : soupe de légumes						
200g légumes de saison	200	60	3	0	117	23,5
huile (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Plat principal : omelette aux pommes de terre et aux oignons						
2 œufs	106	195	16	11	3190	338,1
pommes de terre	200	170	3	0,2	117	23,5
huile (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Dessert : salade de fruits						
fruits de saison	200	100	2	0	117	23,5
Pain	50	125	4	0,6	458	22,7
<b>Total</b>		<b>776</b>	<b>28</b>	<b>25,8</b>		<b>440</b>

Repas végétarien 1

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée : salade de lentilles						
lentilles	40	120	10,4	0,5	117	4,8
carottes	50	18	0,5	0	447	22,4
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Plat principal : risotto aux carottes et aux amandes						
riz	70	250	6	1,5	440	30,8
carottes	100	36	1	0	447	44,7
amandes	25	144	5	13,5	447	11
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Yaourt	125	75	5	4,4	2420	302,5
Dessert : fruits de saison						
fruits de saison	200	100	2	0	117	23,5
<b>Total</b>		<b>840</b>	<b>29,9</b>	<b>33,9</b>		<b>440</b>

Repas végétarien 2

### Repas à dominante végétale

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée :salade de chou rouge aux pommes						
chou rouge	75	18	1	0	447	33,4
pommes	75	40	0,7	0	447	33,4
1/2 œuf	27	50	4	3	3190	84,7
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Plat principal : riz cantonnais						
riz	70	250	6	1,5	440	30,8
légumes de saison	125	38	2	0	117	14,7
poulet	60	90	12	4	2823	169,4
1/2 œuf	27	50	4	3	3190	84,7
Dessert : compote de pommes						
pommes	250	124	2,5	0	447	111,8
Pain	40	98	3,5	0,5	458	18,3
<b>Total</b>		<b>821</b>	<b>35,7</b>	<b>19</b>		<b>590</b>

*Repas à dominante végétale 1 (avec poulet)*

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée : salade de betteraves rouges aux pommes						
betteraves rouges	75	78	1	0	447	33,4
pommes	100	50	1	0	447	44,7
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Plat principal : tagliatelles sauce bolognaise						
pâtes	80	240	9,6	1	1404	112,6
oignons	100	43	1	0	117	11,7
bœuf à bouillir	50	127	14	7,5	26767	1338,3
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	1100	7,7
Dessert : compote de pommes aux châtaignes						
pommes	200	108	2	0	447	89,5
farine de châtaignes	15	32	1	0	117	1,8
sucré (1/2 c.s.)	7	28	0	0	733	5,1
<b>Total</b>		<b>832</b>	<b>29,6</b>	<b>22,5</b>		<b>1650</b>

*Repas à dominante végétale 2 (avec bœuf)*

## Repas à dominante animale



Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée : melon au jambon fumé						
melon	150	50	1	0	117	17,6
jambon fumé	40	112	11	7,5	5170	206,8
Plat principal : poulet au riz						
poulet	150	225	30	10,5	2823	423,5
riz	60	214	4,8	1,3	440	26,4
beurre	10	76	0	8,4	9900	99
Plateau de fromages						
fromage à pâte molle	25	68	5	5	7333	183,3
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	13933	348,3
Pain	50	123	4	0,6	458	22,7
<b>Total</b>		968	61,4	40,8		<b>1320</b>

*Repas à dominante animale 1 (avec poulet)*

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO <sub>2e</sub> /kg	gCO <sub>2e</sub>
Entrée cornets de jambon aux légumes						
jambon cuit	40	42	7	2	5170	206,8
légumes de saison	100	30	1,5	0	117	11,7
mayonnaise	20	76	0	8	1936	38,9
Plat principal : bifteck - frites						
bifteck	180	266	45	7	26767	4818
frites	150	171	3,5	5,5	117	17,6
Plateau de fromages						
Fromage à pâte molle	25	68	5	5	7333	183,3
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	13933	348,3
Pain	50	123	4	0,6	458	22,7
<b>Total</b>		876	73	35,6		<b>5650</b>

*Repas à dominante animale 2 (avec bœuf)*

#### Sources :

[\[700\] enquête INCA, effectuée en 1999 par AFSSA/CRÉDOC/DGAL](#)

## 5.5 Traitement des déchets

### Description

Les éléments exposés ci-dessous visent à affecter un "contenu en gaz à effet de serre" aux processus permettant le traitement de fin de vie des déchets (mise en décharge, incinération, recyclage). Plusieurs points s'appliquent à l'ensemble des calculs proposés ci-dessous.

Le premier est que les facteurs d'émission proposés incluent le transport des déchets jusqu'au lieu de traitement : voir le [chapitre sur les contributions transverses](#).

Lors de la réalisation d'un Bilan GES, il ne faut donc pas tenir compte du fret aval pour les déchets, puisque ce dernier est compris dans les facteurs d'émissions décrits ci-dessous.

Le deuxième point est que souvent les déchets font l'objet d'une forme de valorisation ultime après leur arrivée en centre de traitement :

- il peut s'agir de la récupération de la chaleur, lors de l'incinération, pour fournir de la vapeur (chauffage urbain) ou de l'électricité,
- en cas de stockage ou de méthanisation en digesteur, il peut s'agir de la valorisation du méthane issu de la fermentation de la fraction organique,
- enfin il peut s'agir de la récupération de certaines matières (métaux, plastiques, verre, papier) qui se recyclent.

Afin de prendre en compte cette spécificité liée à la valorisation des déchets, nous proposons [un chapitre dédié aux émissions évitées pour chaque type de déchet et chaque mode de valorisation](#). Les émissions évitées correspondent au « bénéfice » associé à la valorisation matière ou énergie, en supposant que si cette valorisation n'avait pas eu lieu c'est un procédé plus défavorable qui aurait eu lieu à la place. Par exemple cela suppose qu'un kWh électrique issu d'un incinérateur évite un kWh venant du réseau, qu'une tonne d'acier envoyée en recyclage évite la fabrication d'une tonne d'acier issu de minerai, etc.

Cette convention, qui peut sembler « évidente » à première vue, est en fait toujours discutable, car la situation de référence (« ce qui se serait passé si ») est rarement définissable de manière univoque. Bien que discutable, cette convention apparaît néanmoins aujourd'hui comme étant la meilleure possible pour permettre de définir précisément l'entité dont on réalise le bilan GES et sa fonction, ce qui est indispensable pour la plupart des usages envisageables des bilans GES.

En ce qui concerne la valorisation énergétique le niveau retenu dépendra du type de déchet et des informations disponibles. D'une manière générale l'énergie valorisée lors de l'incinération peut être calculée à partir du pouvoir calorifique du déchet, du rendement chaudière de l'incinération (estimée à 86%) et des conditions locales ou moyennes de valorisation. Les gaz à effet de serre économisés du fait de cette valorisation énergétique peuvent être évalués en fonction des quantités

d'énergie valorisées (chaleur ou électricité).

En ce qui concerne le recyclage, les gaz à effet de serre économisés du fait du recyclage peuvent être évalués en fonction des matériaux recyclés, des quantités recyclées et de la différence d'émissions entre les productions industrielles à partir de matière première vierge et les productions à partir de matière première recyclées.

Les données ci-dessous concernent à la fois la production directe de déchets par l'entité réalisant son Bilan GES et la fin de vie des produits ou services vendus par cette même entité.

Dans le cadre d'un bilan GES, ce chapitre donnera les facteurs d'émissions pour :

- Le poste 11 - Déchets
- Le poste 20 - Fin de vie des produits vendus

L'entité ignorant d'une manière générale le devenir précis des produits/services vendus, les chiffres proposés par défaut (ou « mix français ») pourront notamment être utilisées pour évaluer les émissions de ces produits/services en fin de vie.

## 5.5.1 Déchets organiques

### Description

Les déchets organiques ou déchets fermentescibles sont les résidus issus de produits d'origine végétale ou animale qui peuvent être dégradés par les micro-organismes.

Ils regroupent ainsi :

- les végétaux
- les déchets alimentaires
- les papiers et cartons

### Modes de traitement

Les déchets organiques peuvent être enfouis, incinérés, recyclés, méthanisés ou compostés.

La répartition par filière est la suivante :

Type de déchets	enfouissement	incinération	recyclage	compostage	méthanisation
Carton	12%	7%	80%	1%	0%
Papier	24%	14%	60%	2%	0%
Déchets alimentaires	55%	31%	0%	12%	2%

Par définition, les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux divers modes de traitement des déchets organiques sont des émissions d'origine biogénique : voir le [chapitre sur le CO2 biogénique](#).

Dans les paragraphes ci-dessous, on parlera de dioxyde de carbone biogénique noté CO<sub>2b</sub> et méthane biogénique noté CH<sub>4b</sub>.

Quelque soit le mode de traitement, le traitement des déchets conduit des émissions liées à la collecte des déchets et le fonctionnement des centres de traitement. Le calcul de ces émissions est détaillé dans le [chapitre sur les contributions transverses](#).

## Enfouissement

En se décomposant, les déchets organiques émettent des émissions de CO<sub>2b</sub> et de CH<sub>4b</sub>. Le calcul de ces émissions est détaillé dans le [chapitre sur les émissions directes liées au traitement des déchets](#).

## Incinération

L'incinération des déchets organiques conduit principalement à des émissions de CO<sub>2b</sub>.

Conformément au [chapitre sur le CO2 biogénique](#), les émissions sont quantifiées séparément dans l'application et non sommées aux autres émissions.

## Recyclage

Dans cette catégorie, seules les papiers cartons sont concernés par le recyclage. Il convient ainsi de se référer [au chapitre prévu à cet effet](#).

## Compostage

Le compostage vise à fournir des amendements à partir de matière organique fermentée en

aérobie.

- les émissions de méthane « accidentelles », qui concernent de l'ordre de 0,5% du carbone initial selon la littérature
- les émissions de  $N_2O$ ,
- la collecte des déchets et le fonctionnement du centre de traitement.

Pour le méthane et le  $N_2O$ , le CITEPA fournit des valeurs par défaut<sup>1</sup> qui sont :

- 952 g de  $CH_4$  émis par tonne de matière brute compostée, soit 26,7 kgCO<sub>2e</sub>,
- 161 g de  $N_2O$  émis par tonne de matière brute compostée, soit 43 kgCO<sub>2e</sub>,

Pour la collecte nous conserverons la valeur par défaut de 18 kgCO<sub>2e</sub>, et pour le fonctionnement du centre les émissions ramenées à la tonne sont de 18 kgCO<sub>2e</sub><sup>2</sup>. Cela donne un total de 110 kgCO<sub>2e</sub> / tonne, décomposée comme suit :

Postes d'émission	kgCO <sub>2e</sub> /tonne de matière brute
CH <sub>4</sub>	26.7
N <sub>2</sub> O	43
Collecte	18,3
Fonctionnement	18,3
<b>Total</b>	<b>106,3</b>

*Facteur d'émission du compostage. - PRG AR5*

## Méthanisation

La méthanisation correspond à la production de biogaz à partir de déchets dans des conditions où il est bien plus facile de le récupérer qu'en centre d'enfouissement. En pareil cas les émissions proviennent :

- des fuites,
- du fonctionnement du dispositif (transports, énergie sur site, construction et maintenance, etc).

Pour le premier poste, les hypothèses sont les suivantes :

- 125 m<sup>3</sup> de biogaz par tonne d'ordures ménagères,
- 60% de  $CH_4$  dans le biogaz produit,
- densité du  $CH_4$  de 0,717 kg par m<sup>3</sup> aux conditions ambiantes,
- 0,5% de fuites (hypothèse par défaut).

Avec ces hypothèses nous parvenons à 8 kgCO<sub>2e</sub> à ce titre. Il convient de rajouter :

- 7 kgCO<sub>2e</sub> pour le fonctionnement de l'installation,
- 18 kgCO<sub>2e</sub> pour la collecte

Le facteur d'émission ressort alors à 33 kgCO<sub>2e</sub> par tonne méthanisée.

## Emissions évitées

Voir le [chapitre émissions évitées](#).

## 5.5.2 Déchets plastiques

### Description

La Base Carbone ® dispose du détail de la fin de vie de divers types de plastiques :

- PE - Polyéthylène
- PET - Polytéraphthalate d'éthylène
- PS - Polystyrène
- PVC - Polychlorure de vinyle
- PP - Polypropène

Si on ne sait pas distinguer le type de plastique ou que le plastique considéré n'est pas dans la liste ci-dessus, la Base Carbone ® propose aussi une valeur "plastique moyen".

### Modes de traitement

Les déchets plastiques peuvent être enfouis, incinérés ou recyclés.

La répartition par filière est la suivante :

Type de déchets	enfouissement	incinération	recyclage
Plastique	58%	32%	10%

Quelque soit le mode de traitement, le traitement des déchets conduit des émissions liées à la collecte des déchets et le fonctionnement des centres de traitement. Le calcul de ces émissions est détaillé dans le [chapitre sur les contributions transverses](#).

L'enfouissement et le recyclage ne génèrent pas d'émissions de GES spécifiques (il n'y a pas d'émissions de méthane, car pas de décomposition).

## Incinération

Les émissions de GES liées à l'incinération des plastiques sont principalement des émissions de CO<sub>2f</sub>. Elles dépendent de la fraction de carbone dans le plastique et du taux de combustion (un taux de combustion de 95% signifie que 5% du plastique n'est pas brûlé).

### Plastiques purs théoriques sans additif

Le tableau ci-dessous permet de calculer les émissions théoriques de CO<sub>2f</sub> des plastiques purs, sans additifs.

Type de plastique	Formule du monomère de base	Pourcentage massique de carbone	kgCO <sub>2e</sub> /t si combustion à 95%	kgCO <sub>2e</sub> /t si combustion à 100%
PE	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	92,3%	3216	3384
PET	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	62,5%	2178	2292
PVC	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl	39,3%	1371	1441
PP	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	85,7%	2985	3142
PS	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	92,3%	3216	3384

*Emissions théoriques de CO<sub>2</sub> de divers plastiques.*

*Compilation BIOIS pour RECORD*

### Plastiques commerciaux avec additif

En pratique, les plastiques commercialisés contiennent des additifs (colorants, durcisseurs, etc), dont l'ajout peut faire baisser le pourcentage massique de carbone fossile. Certains de ces autres contiennent aussi du carbone fossile (notamment les textiles synthétiques).

Une revue de la littérature effectuée dans une étude sur les déchets<sup>1</sup> propose des taux de carbone fossile moyens ainsi que des taux de combustion moyens. Ici, les plastiques (PVC, PET, etc)

désignent les formes commercialisées, donc avec additifs, revêtements, éventuellement étiquettes s'il s'agit de bouteilles, etc.

Organisme ou auteur	Composé	Contenu en C (% en masse)	% de fossile dans le total	Fraction brûlée (%)	kgCO <sub>2e</sub> par tonne
MODECOM 07	Ordures ménagères	21,8%	42%	95%	315
	Plastique moyenne	75,6%	100%		2633
AEA	Plastiques	61,0%	100%	100%	2237
ERM	Textiles	39,9%	50%	100%	732
	Plastique dense	54,8%	100%		2009
	Film plastique	47,8%	100%		1753
Fridriksson	PE	85,6%	100%	95%	2982
	PP	85,5%	100%		2978
	PS	88,9%	100%		3097
	PET	64,0%	100%		2229
	PVC	40,1%	100%		1397
	Film plastique	64,4%	100%		2243
	Emballage plastique dur	65,6%	100%		2285
	Autres plastiques	59,0%	100%		2055
	Textiles	55,6%	50%		968
IPCC	Textiles (40% synthétique)	40,0%	20%	95%	279
	Plastiques	75,0%	100%		2614
US EPA	PEHD	84,0%	95%	98%	2867
	PEBD	84,0%	95%		2867
	PET	57,0%	95%		1941

*Emissions liées à l'incinération des divers composés contenant du carbone fossile, selon les sources.*

*Compilation BIOIS pour RECORD (hors ligne MODECOM 07 : Donnée ADEME);*

Les références conservées sont :

- EPA pour les plastiques sauf le PVC
- Fridriksson pour le PVC
- MODECOM pour le plastique - moyenne et les ordures ménagères

En plus des émissions de CO<sub>2fr</sub>, l'incinération des plastiques génère des émissions de N<sub>2</sub>O. Ces émissions sont évaluées à 3 kg par tonne quel que soit le produit brûlé.

Pour le plastique par défaut, nous prendrons les données correspondant à la fraction « plastique » caractérisée dans les ordures ménagères (75,6% de CO<sub>2</sub>).

Cela amène aux facteurs suivants, auxquels il faut rajouter 37 kgCO<sub>2e</sub> pour la collecte et le fonctionnement de l'incinérateur :



Composé	Incinération Part CO <sub>2f</sub>	Incinération Part N <sub>2</sub> O	Collecte	Fonctionnement de l'incinérateur	TOTAL
PE	2867	11	20	18	2916
PET	1947	11	20	18	1996
PS	2867	11	20	18	2916
PVC	1397	11	20	18	1446
PP	2978	11	20	18	3027
Plastique – moyenne	2633	11	20	18	2682
Ordures Ménagères	315	11	20	18	364

*Facteurs d'émission des plastiques et ordures ménagères (en kgCO<sub>2e</sub> / tonne) - PRG AR4*

## Emissions évitées

Voir le [chapitre émissions évitées](#).

## 5.5.3 Déchets non combustibles non fermentescibles

### Description

Parmi les déchets non combustibles non fermentescibles, on retrouve principalement des déchets d'origine minéral :

- Les déchets inertes : terres, gravats, béton concassé...
- Les métaux
- Les verres

### Modes de traitement

Les déchets non combustibles non fermentescibles peuvent être enfouis ou recyclés.

La répartition par filière est la suivante :

Type de déchets	enfouissement	recyclage
Métaux	60%	40%
Verre	40%	60%
Divers non combustible et non fermentescible	50%	50%

Pour ces deux modes de traitement, il n'y a pas d'émission de GES spécifique au process (il n'y a pas d'émissions de méthane, car pas de décomposition).

On retrouve uniquement les émissions liées aux phases de collecte et de fonctionnement du mode de traitement.

## Emissions évitées

Le recyclage peut amener à des émissions évitées : [voir le chapitre émissions évitées](#).

## 5.5.4 Ordures ménagères

### Description

Selon l'étude MODECOM 2007 de l'ADEME, les ordures ménagères sont composés de :

- 32% de déchets putrescibles
- 21,5% de papiers / cartons
- 11,2% de plastiques
- 10,6% de textiles
- 25,5% de verres, métaux et autres incombustibles divers

### Modes de traitement

Les déchets organiques peuvent être enfouis, incinérés, recyclés, méthanisés ou compostés.

La répartition par filière est la suivante :

Type de déchets	enfouissement	incinération	recyclage	compostage	méthanisation
Ordures ménagères moyenne	40%	55%	1%	3%	1%

Comme les ordures ménagères sont une composition de déchets, les facteurs d'émissions

associés sont créés à partir des types de déchets :

- Pour les déchets putrescibles, papiers et cartons : voir le [chapitre sur les déchets organiques](#)
- Pour les plastiques et le textile : voir le [chapitre sur les déchets plastiques](#)
- Pour le verre, les métaux et les autres incombustibles, voir le [chapitre sur les déchets non combustibles, non fermentescibles](#)

## Emissions évitées

Voir le [chapitre émissions évitées](#).

### Sources :

[\[840\] ADEME, étude MODECOM 2007](#)

## 5.5.5 Déchets dangereux

### Description

La Base Carbone propose deux types de déchets dangereux :

- Les déchets industriels spéciaux - DIS
- Les déchets d'activité de soins -DAS

Les déchets industriels spéciaux peuvent être :

- DIS organique : solvants, hydrocarbures, boues d'épuration ou Boue de curage de lagunes, d'égouts industriels, etc (déchets hospitaliers et vétérinaires)...
- DIS minéral solide : cendres Refioms et mâchefers d'incinération, laitiers, poussières, amiante...
- DIS minéral liquide et semi-liquides : bains de traitement de surface, acides...

### Modes de traitement

Les déchets dangereux peuvent être stabilisé et stocké dans des décharges de classes I, incinérés ou parfois recyclés.

## Stabilisation et stockage des DIS minéral solide

Le processus de stabilisation des déchets dangereux consiste essentiellement à mélanger les déchets à traiter avec un liant (en général du ciment) pour en faire une espèce de béton, plus ou moins inerte, qui sera ensuite entreposé dans un centre de stockage de classe I.

Les déchets concernés par ce traitement sont essentiellement des déchets solides ou minéraux, très peu réactifs, très peu évolutifs et très peu solubles. Ils proviennent de processus industriels ou d'installations de dépollution (par exemple les résidus de l'incinération).

Ce processus ne peut pas s'appliquer à des déchets fermentescibles, liquides, radioactifs, à risque infectieux (DASRI), non pelletables, pulvérulents non conditionnés, explosifs, inflammables, et chauds ou ayant une teneur en PCB supérieure à 50 ppm en masse.

Une étude<sup>850</sup> réalisée par la FNADE<sup>851</sup> et l'ADEME en 2001-2002 (publication en 2003), portant sur 11 sites, représentatifs de la situation moyenne en France en 2000, montre que le traitement d'une d'1 tonne de déchets conduit aux émissions suivantes.

	Construction du site et de la zone de stockage	Stabilisation des déchets		Transport des déchets sur le site	Stockage des déchets	Fermeture du site (10.000 ans)	Post-exploitation	TOTAL
		Matières premières	Procédé					
CO <sub>2</sub> (g)	5 439	110 517	762	760	994	5 073		123 545
CH <sub>4</sub> (g)	9	142	2	1	0,7	8		159

*Données d'inventaire du cycle de vie du processus « stabilisation-stockage » d'1 tonne de déchets dangereux, par étapes du cycle de vie  
(ADEME - FNADE, 2003)*

En ajoutant la contribution des divers gaz à effet de serre émis, nous retiendrons un facteur d'émission moyen de 125 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne de déchets. Il convient de noter que les valeurs ci-dessus peuvent varier dans un rapport de 1 à 4 selon les sites, ce qui explique que nous ayons retenu une incertitude de 50% pour ce facteur d'émission.

Les valeurs ci-dessus étant agrégées pour tout ce qui entre sur le site de stockage, il n'est pas possible d'en extrapoler des valeurs pour un type particulier de déchets dangereux.

## Incinération

### Incinération des DIS

Pour l'incinération des déchets dangereux d'origine industrielle (DIS), le CITEPA indique qu'il y a en moyenne les émissions suivantes de gaz à effet de serre :

- 636 kg de CO<sub>2</sub> par tonne incinérée
- 127 g N<sub>2</sub>O par tonne incinérée.

Cela amène au calcul suivant

Contribution	Kg émis par tonne	kgCO <sub>2e</sub> /tonne
CO <sub>2</sub>	636	636
N <sub>2</sub> O	0,127	34
Transport		18
Fonctionnement		18
<b>TOTAL</b>		<b>706</b>

*Emissions par tonne de DIS incinérée et calcul du facteur d'émission - PRG AR5*

Le facteur d'émission agrégé est donc de 706 kgCO<sub>2e</sub>/t.

## Incinération des DAS

Pour les déchets dangereux d'origine sanitaire (déchets d'activité de soins), essentiellement d'origine hospitalière, le CITEPA indique qu'il y a en moyenne les émissions suivantes de gaz à effet de serre :

- 880 kg de CO<sub>2</sub> par tonne incinérée
- 60 g N<sub>2</sub>O par tonne incinérée.

Cela amène au calcul suivant

Contribution	Kg émis par tonne	kgCO <sub>2e</sub> /tonne
CO <sub>2</sub>	880	880
N <sub>2</sub> O	0,06	16
Transport		18
Fonctionnement		18
<b>TOTAL</b>		<b>932</b>

*Emissions par tonne de DAS incinérée et calcul du facteur d'émission - PRG AR5*

### Sources :

[\[850\] ADEME – FNADE / 2003 / Eco-profil du stockage des déchets dangereux en sites collectifs en France.](#)

[\[851\] FNADE : Fédération Nationale des Activités de Dépollution et de l'Environnement](#)

## 5.5.6 Eaux usées

Voir le [chapitre sur les émissions directes des eaux usées](#).

## 5.5.7 Contributions transverses

### Définition

Les contributions transversales désignent des émissions qui sont indépendantes du processus de traitement des déchets, et qui seront prises en compte dans tous les cas de figure. Il y en a deux :

- la collecte des déchets,
- la construction du centre de traitement, les émissions associées à ses flux hors déchets (personnes, engins sur site, électricité, etc).

### Collecte

La collecte de l'essentiel des déchets ménagers en France métropolitaine se fait avec des bennes à ordures ménagères dont la consommation, du fait de très nombreux arrêts, s'élève à 60,5 litres de gasoil aux 100 km<sup>870</sup>. Un camion doit parcourir en moyenne 11,4 km pour collecter une tonne d'ordures ménagères, et en appliquant le [facteur d'émissions du gasoil](#) cela donne des émissions de 20,2 kgCO<sub>2e</sub> / tonne collectée, valeur qui sera arrondie à 20 kgCO<sub>2e</sub> / tonne collectée.

Dans le cas des déchets industriels, il s'avère que la distance moyenne qui sépare le lieu d'émission des déchets du lieu de traitement - soit 100 km - conduit également à des émissions d'environ 20 kgCO<sub>2e</sub> pour l'acheminement si ce dernier se fait avec un camion de 20 tonnes de PTAC.

Nous prendrons donc comme valeur par défaut pour la collecte 20 kgCO<sub>2e</sub> / tonne.

Ces émissions seront ajoutées au facteur d'émission lié au procédé de traitement dans tous les cas de figure.

### Fonctionnement des centres de traitement

Ces émissions concernent l'électricité consommée, l'activité d'engins sur site, la production des réactifs et autres consommables, ou encore la construction des sites. Dans le cas de l'incinération, une étude réalisée pour la Fédération Nationale des Déchets<sup>871</sup> aboutit des émissions d'environ 18

kgCO<sub>2</sub>e par tonne traitée. Lorsque cela concerne un centre de stockage, la valeur moyenne est de 15 kgCO<sub>2</sub>e par tonne traitée.

Ces émissions seront également ajoutées à toutes les émissions calculées ci-dessous.

**Sources :**

[870] *Déchets ménagers: leviers d'amélioration des impacts environnementaux, étude réalisée par BIOIS et ECOBILAN pour l'ADEME et ECOEMBALLAGE*

[871] « Le secteur des déchets ménagers et son rôle dans la lutte contre le changement climatique », FNADE, 2007

## 5.5.8 Emissions évitées

### Principe

Les déchets peuvent être valorisés en fin de vie de différentes façon et conduire à des émissions évitées :

- Valorisation énergétique (électrique ou thermique) dans les incinérateurs et les centres de stockage
- Valorisation comme amendement pour le compostage (et pour la méthanisation)
- Valorisation en biogaz pour la méthanisation
- Recyclage

Ces émissions "évitées" sont à reporter à part dans les divers exercices de comptabilité carbone.

### Emissions évitées liées à l'incinération

La valorisation consiste à utiliser l'énergie de combustion, soit pour faire de l'électricité, soit pour produire de la vapeur (utilisée ensuite pour du chauffage). La manière conventionnelle de prendre en compte cette valorisation est d'estimer les quantités de CO<sub>2</sub> que l'on aurait dû émettre pour obtenir le même service (chaleur ou électricité) avec des modes « traditionnels » (réseau électrique français, réseau de chaleur urbain « moyen ») que ce qui a été produit avec l'incinérateur.

Le tableau ci-dessous donne les kWh valorisés en moyenne par tonne de déchets incinérée lorsque l'incinérateur utilise la chaleur de combustion pour faire de l'électricité ou de la vapeur (qui sert dans le chauffage urbain). Ces valeurs sont obtenus en multipliant le PCI moyen par nature de déchet par les rendements moyens des installations françaises, qui sont de 16 % en cas de production électrique seule ; de 40 % en cas de production de vapeur seule, et respectivement de

8% et 34% en cas de cogénération.

Déchet incinéré	Energie de combustion PCI en GJ/t	Energie de combustion PCI en kWh/t	kWh électriques, valo électrique seule	kWh thermiques, valo thermique seule	kWh elec produits, cogénération	kWh thermiques produits, cogénération
Papier	15,12	4 200	655	1 690	326	1 445
Carton	16,38	4 550	709	1 830	354	1 566
Déchets alimentaires	5,51	1 531	239	616	119	527
HDPE/LDPE	43,5	12 083	1 884	4 861	939	4 158
PET	23,6	6 556	1 022	2 637	509	2 256
OM modecom 07	9,28	2 578	402	1 037	200	887
Plastique moyenne M07(sec)	35,5	9 858	1 537	3 966	766	3 392
PVC	13,3	3 694	576	1 486	287	1 271
PolyPropylène	32,6	9 056	1 412	3 643	704	3 116
PolyStyrène	29,4	8 167	1 273	3 285	635	2 810

*Énergie valorisée en incinération.*

Pour obtenir les émissions évitées, il suffit de multiplier les kWh valorisés par le contenu en CO<sub>2</sub> des kWh qui ont été évités. Ce calcul suppose implicitement que tout kWh produit par un incinérateur correspond à un kWh qui aurait été produit de toute façon et qui l'aurait été de manière « conventionnelle ».

L'hypothèse prise dans ce cadre de travail est pour l'électricité, le mix national français (79 gCO<sub>2</sub>e/kWh) et pour la chaleur, le mix thermique européen (279 gCO<sub>2</sub>e/kWh)

Valeurs retenues	kgCO <sub>2</sub> e/t (Valorisation électrique)	kgCO <sub>2</sub> e /t (Valorisation thermique)	kgCO <sub>2</sub> e /t (Valorisation cogénération part Electrique/)	kgCO <sub>2</sub> e /t (Valorisation cogénération part thermique)
Papier	55	469	29	403
Carton	59	510	29	436
Déchets alimentaires	18	172	11	147
HDPE/LDPE	158	1353	81	1159
PET	88	733	44	627
OM	33	290	18	246
Plastique moyen (sec)	128	1104	66	946
PVC	48	414	26	356
PP	117	1016	59	869
PS	106	917	55	785



### Facteurs d'émissions évitées en valorisation énergétique pour l'incinération

## Emissions évitées liées au stockage

En cas de récupération du méthane, ce dernier peut être utilisé soit pour faire de l'électricité, soit pour produire de la vapeur (utilisée ensuite pour du chauffage urbain ou éventuellement des usages industriels). La manière conventionnelle de prendre en compte cette valorisation est d'estimer les quantités de CO<sub>2</sub> que l'on aurait dû émettre pour obtenir le même service (chaleur ou électricité) avec des modes « traditionnels » (réseau électrique français, réseau de chaleur urbain « moyen ») que ce qui a été produit avec le méthane du CET.

Pour obtenir les kWh de vapeur et/ou d'électricité susceptibles d'être produits en fonction du type de valorisation effectuée, il faut connaître :

- les quantités de méthane captées ; elles sont obtenues en appliquant un taux de captage (70% comme valeur moyenne par défaut) aux émissions de CH<sub>4</sub> figurant ci-dessus, et exprimées en kgCH<sub>4</sub>/t.
- le contenu énergétique du méthane en kWh PCI par kg de méthane (la valeur est de 13,8 kWh PCI/kg de CH<sub>4</sub>)
- le rendement de la conversion électrique, qui est de 33% qu'il s'agisse de valorisation électrique seule ou de cogénération,
- et enfin le rendement de la conversion thermique ; peut atteindre 85%, si c'est une valorisation thermique seule, et 45% en cas de cogénération.

Avec ces paramètres nous obtenons le tableau ci-dessous.

type de déchets	émissions brutes CH <sub>4</sub> (kgCO <sub>2</sub> e/t)	kg CH <sub>4</sub> capté par t	kWhPCI combustion	kWh électriques seul	kWh thermiques seul	kWh électriques cogénération	kWh thermiques cogénération
carton	2933	82	1133	374	963	374	510
papier	3040	85	1175	388	998	388	529
déchets alimentaires	1899	53	734	242	624	242	330
OM	1258	35	486	160	413	160	219

*kWh produits par la valorisation du méthane.*

Pour obtenir les émissions évitées il suffit de multiplier les kWh par le contenu en CO<sub>2</sub> du kWh évité. A noter que localement ces rendements maximum peuvent ne pas être atteints en fonction des contraintes locales.

## Emissions évitées liées au compostage

Pour le calcul qui suit, nous ferons les deux hypothèses suivantes :

- la production de compost évite l'emploi de fertilisants azotés de synthèse, ce qui permet d'éviter les émissions de production de ces engrais (les émissions de N<sub>2</sub>O post épandage sont considérées comme invariantes),
- une fraction du CO<sub>2</sub> contenu dans le compost épandu sera séquestrée dans le sol, créant un puits organique.

Le premier poste est résumé dans le tableau ci-dessous, qui donne respectivement :

- les éléments nutritifs que l'on trouve dans le compost,
- leur teneur en kg par tonne de compost
- les émissions de fabrication quand il s'agit de produits de synthèse ou d'extraction minière
- le total économisé en utilisant une tonne de compost plutôt que l'équivalent en engrais de synthèse ou d'extraction minière

Éléments nutritifs	kg d'élément par tonne de compost	Emissions de fabrication en synthèse- kgCO <sub>2</sub> e/kg nutriment	Total poste (kgCO <sub>2</sub> e / tonne de compost)
Azote (acide nitrique)	6,2	5,28	32,6
Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2	0,51	1,1
Potassium (K <sub>2</sub> O)	4,5	0,37	1,8
<b>Total</b>			<b>35,6</b>

*Emissions évitées du compostage.*

Comme il faut 3,3 tonnes de déchets fermentescibles pour faire une tonne de compost, cela signifie que pour une tonne de déchets fermentescibles les émissions évitées seront de  $35,6 \div 3,3 \approx 11$  kg eq CO<sub>2</sub> par tonne de déchets envoyée en compostage.

Pour la séquestration, nous prenons le chiffre fourni par l'AEA<sup>3</sup>, qui indique que 8% du CO<sub>2</sub> du compost sera séquestré. Ce dernier contenant en moyenne 660 kgCO<sub>2</sub>e de CO<sub>2</sub> à la tonne, l'économie par tonne de déchets envoyée en compostage est donc de  $660 \text{ [kgCO}_2\text{e de CO}_2\text{ par tonne de compost]} \times 8\% \div 3,33 \text{ [tonnes de déchets pour une tonne de compost]} = 16 \text{ kgCO}_2\text{e de CO}_2\text{ environ}$ .

Les émissions évitées par tonne de déchets envoyée en compostage s'élèvent alors à  $11+16 = 27$  kgCO<sub>2</sub>e.

## Emissions évitées liées à la méthanisation

La méthanisation produit deux types de produits conduisant à des émissions évitées :

- du méthane, valorisé en chaleur ou électricité,
- du compost (une fois la fermentation terminée), valorisé comme amendement (en substitut aux émissions de production des engrais de synthèse). La production moyenne est de 510 kg par tonne de déchets entrant en méthanisation.

En France en 2004, pour 152 000 tonnes de déchets traités par méthanisation, 23.27 GWh d'énergie thermique ont été produits, et vendus représentant environ 6 490 tonnes CO<sub>2</sub>e d'émissions évitées, soit, ramené à 1t de déchets, 44 kgCO<sub>2</sub>e/tonne. Ceci est une valeur par défaut, et il est recommandé, si les données sont disponibles, d'adopter une approche au cas par cas en fonction de données d'activités spécifiques et de l'énergie substituée (électrique ou thermique).

Selon ITOM 2004, 77kt de compost ont été produites par les installations de méthanisation, pour 152kt de déchets entrant, soit en moyenne 510kg de compost par tonne. Cette valeur d'accorde bien avec les résultats des études citées dans le tableau ci-dessus, et sera utilisée par défaut. On suppose en outre que le compost produit est utilisé comme substitut aux engrais. Les émissions évitées sont donc de 33 kgCO<sub>2</sub>e/tonne

Les émissions évitées sont donc de 77 kgCO<sub>2</sub>e évitées par tonne d'ordures ménagères méthanisée.

## Emissions évitées liées au recyclage

Les émissions évitées dans le cas du recyclage Dépendent de la méthode d'affectation des bénéfices retenue.

Par exemple, ci après les émissions évitées liées au recyclage de quelques matériaux lorsque la méthode des stocks est retenue :

Matériaux	Emissions de process matériaux vierges (kgCO <sub>2</sub> e/T)	Emissions de process – Matériaux recyclé (kgCO <sub>2</sub> e/T)	Emissions évitées liées au recyclage (kgCO <sub>2</sub> e/T)
Acier et métaux ferreux	3190	1100	2090
PET	3263	202	3062

### *Facteurs d'émissions évitées en valorisation matière*

Le principe méthodologique retenu est de n'appliquer les émissions évitées qu'à la fraction du déchet constituée de matière primaire (un acier issu à 60% de ferrailles et à 40% de minerai engendrera des émissions évitées, s'il est envoyé au recyclage, égales à 40% de la différence entre acier neuf et acier issu de recyclé). Le tableur calcule automatiquement le montant en fonction du type de matériau et du % de recyclé dans le déchet jeté.

La formule est la suivante :

$$FE_{\text{des Emissions évitées}} = FE_{\text{ev}} = FE_r - FE_{\text{ent}} = FE_r - (\%vi * FE_{vi} + \%r * FE_r) = \%v * (FE_r - FE_{vi})$$

Où :

$FE_{\text{ent}}$  = facteur d'émission du matériau entrant

$FE_{vi}$  = facteur d'émission du matériau 100% vierge

$FE_r$  = facteur d'émission du procédé de recyclage = facteur d'émission de production du matériau 100% recyclé

$\%vi$  = part de matériau vierge dans le matériau entrant ( $\%vi + \%r = 1$ )

$\%r$  = part de matériau recyclé dans le matériau entrant ( $\%vi + \%r = 1$ )

Ces émissions sont données pour information dans le tableur, puisque la méthode préconise la prise en compte du recyclage dans le % de matériau issu de recyclé dans les intrants (et on ne peut pas donner deux fois le même bénéfice).

**Part**

---

**VI**

## 6 Statistiques territoriales

Ce chapitre recense les données utiles à la réalisation de bilans GES territoires.

### 6.1 Résidentiel

Pour un Bilan GES territoire, il ne sera généralement pas possible d'accéder aux consommations directes des logements. Les informations accessibles se limiteront au mieux au nombre de logements, à leur type (appartement ou maison), à leur année de construction\*, et à l'énergie de chauffage utilisée (gaz, fioul, électricité).

\* Ces informations sont disponibles sur le site de l'INSEE, dans la rubrique « recensement » ; cf. manuel du tableur pour le détail de l'accès aux informations utiles.

Pour pouvoir passer de ces informations à des émissions, il faut compléter cela par des consommations d'énergie moyennes par logement, que nous présentons ci-dessous.

#### 6.1.1 Chauffage

##### **Consommations moyennes par résidence principale pour le chauffage**

Les chiffres communiqués à l'ADEME par le CEREN permettent d'aboutir aux valeurs suivantes, discriminées par type d'énergie, et par type de logement\* :

Energie finale utilisée et âge du logement	kWh/m².an - moyenne	superficie moyenne
Gaz naturel, maisons avant 1975	201	105
Gaz naturel, maisons après 1975	166	112
Gaz naturel, appts < 1975, chauff. Cent. collectif	207	66
Gaz naturel, appts > 1975, chauff. Cent. collectif	196	66
Gaz naturel, appts < 1975, chauff. Individuel	146	71
Gaz naturel, appts > 1975, chauff. Individuel	125	71
Fioul, maisons avant 1975	187	119
Fioul, maisons après 1975	171	120
Fioul, appts < 1975, chauff. Cent. collectif	195	71
Fioul, appts > 1975, chauff. Cent. collectif	174	71
Fioul, appts < 1975, chauff. Individuel	172	89
Fioul, appts > 1975, chauff. Individuel	162	88
Charbon, maisons < 1975	290	106
Charbon, maisons > 1975	235	114
Charbon, appts < 1975, chauff centr. Collectif	211	79
Charbon, appts > 1975, chauff centr. Collectif	172	79
GPL, maisons < 1975	139	114
GPL, maisons > 1975	129	116
GPL, appts < 1975	101	87
GPL, appts > 1975	80	86
Chauffage urbain, appartements < 1975	255	71
Chauffage urbain, appartements > 1975	230	70

*Moyenne française de consommation d'énergie au m² par énergie fossile et par nature de logement, chauffage seul*

\* Le terme "logement" est utilisé dans l'ensemble de ce chapitre pour désigner les résidences principales.

En d'autres termes, une maison d'avant 1975 chauffée au fioul aura en moyenne une superficie de plancher de 106 m², et consommera en moyenne 290 kWh par m² et par an pour son chauffage.

La même source (CEREN) permet également de disposer de ces valeurs pour les logements chauffés à l'électricité :

Chauffage électrique pour les logements	kWh/m <sup>2</sup> .an - moy	Superficie moyenne
Maisons avant 1975	150	96
Maisons après 1975	106	110
Appartements avant 1975	98	49
Appartements après 1975	65	53

*Moyenne française de consommation d'énergie au m<sup>2</sup> par nature de logement, chauffage électrique*

Les consommations beaucoup plus faibles (2 fois inférieures, voire plus) des logements chauffés à l'électricité, par rapport au gaz ou au fioul, sont probablement la conséquence des divers facteurs ci-dessous (liste non limitative) :

- pour le gaz et le fioul<sup>1</sup>, ce qui est compté est l'énergie achetée (donc celle qui passe le compteur), mais le rendement de l'installation de chauffage n'est de l'ordre de 60% en moyenne : le reste part dans la cheminée avec les gaz de combustion, fait l'objet de déperditions thermiques dans la tuyauterie en cave, et d'une manière générale est "perdue" autrement que par dissipation thermique dans le radiateur. De la sorte, l'énergie utile (celle qui est dissipée dans le radiateur) est inférieure de plusieurs dizaines de % à l'énergie achetée (celle qui passe le compteur),
- pour l'électricité, au contraire, l'énergie achetée (celle qui passe le compteur) se retrouve à quasiment 100% dans le radiateur,
- le chauffage électrique ne concerne que des installations individuelles (pas de chauffage collectif des immeubles avec une chaudière électrique), qui sont d'une manière générale plus économes que les chauffages collectifs (voir Tableau ci-dessus), notamment parce que le fait de payer une facture individualisée pousse aux économies, et également parce que les installations collectives sont rarement optimales sur l'ensemble de la surface chauffée (un exemple classique est le chauffage excessif d'une partie de la surface pour qu'une autre partie atteigne la température de confort),
- le chauffage électrique se concentre sur les constructions les plus récentes, qui sont aussi les plus performantes thermiquement (la RT n'est apparue qu'en 1975),
- le prix au kWh de l'électricité est nettement supérieur à celui du gaz, et donc les consommateurs sont plus attentifs à leur consommation.

## Proportion de chaque énergie dans le chauffage des résidences principales (métropole uniquement)

L'exploitation de statistiques du CEREN<sup>910</sup> permet d'aboutir aux données suivantes concernant l'utilisation des diverses énergies de chauffage par les logements<sup>921</sup> :



Energie	Milliers de maisons équipées	%	Milliers d'appartements équipés	%
Gaz	4 064	30%	5 356	49%
Fioul	4 302	32%	1 417	13%
GPL	740	5%	81	1%
Electricité	4 118	30%	2 952	27%
Bois	339	2%	0	0%
Chauffage urbain	12	0%	1 046	10%
Ensemble	13 616	100%	10 852	100%

*Mix énergétique français pour le chauffage des logements*

Cette répartition nationale peut servir pour estimer par défaut, pour un territoire donné, la proportion des logements chauffés par type d'énergie lorsque cette donnée n'est pas directement accessible.

**Sources :**

[\[910\] Suivi du parc et des consommations de l'année 2002, CEREN](#)

[\[911\] Indicateurs de développement durable, Jancovici pour IFEN, 2004](#)

## 6.1.2 Eau Chaude Sanitaire

### Consommations moyennes par logement pour l'eau chaude sanitaire

La même source que celle précédemment citée (CEREN) permet d'aboutir aux valeurs suivantes pour la consommation moyenne d'énergie fossile pour l'eau chaude sanitaire (et bien évidemment pour les logements qui en utilisent), discriminées par type d'énergie, par année de construction et par type de logement :

Nature de logement et type d'énergie finale	kWh/an en moyenne
Gaz naturel, maisons avant 1975	1 668
Gaz naturel, maisons après 1975	1 944
Gaz naturel, appts < 1975	1 640
Gaz naturel, appts > 1975	1 792
Fioul, maisons avant 1975	2 672
Fioul, maisons après 1975	3 120
Fioul, appts < 1975	1 935
Fioul, appts > 1975	1 918
GPL, maisons < 1975	2 384
GPL, maisons > 1975	2 918
GPL, appts < 1975	1 642
GPL, appts > 1975	1 700
Chauffage urbain, appartements < 1975	2 379
Chauffage urbain, appartements > 1975	2 436

*Moyenne française de consommation d'énergie par énergie fossile et par nature de logement, eau chaude sanitaire seule*

En d'autres termes, un appartement d'après 1975 utilisant du gaz pour son eau chaude sanitaire consommera en moyenne 1.792 kWh par an pour cet usage.

Pour les logements qui utilisent de l'électricité, les consommations moyennes sont contenues dans le tableau ci-dessous :

ECS électrique pour les logements	kWh/an en moyenne
Maisons avant 1975	1 629
Maisons après 1975	1 633
Appartements avant 1975	1 110
Appartements après 1975	1 302

*Moyenne française de consommation d'énergie par nature de logement, eau chaude sanitaire électrique*

## Proportion de chaque énergie dans l'eau chaude sanitaire des résidences principales (métropole uniquement)

L'exploitation des mêmes statistiques du CEREN que précédemment mentionnées permet

d'aboutir aux données suivantes concernant l'utilisation des diverses énergies pour l'eau chaude sanitaire des logements :

Énergie pour ECS	Milliers de maisons équipées	%	Milliers d'appartements équipés	%
Gaz	3 779	28%	5 405	50%
Fuel	2 183	16%	683	6%
GPL	1 036	8%	111	1%
Électricité	6 953	51%	4 145	38%
Bois	179	1%		
Chauffage urbain		0%	764	7%
Ensemble	14 129	104%	11 108	102%

*Mix énergétique français pour l'eau chaude sanitaire des logements*

De même que ci-dessus, cette répartition nationale peut servir pour estimer la proportion par défaut des logements équipés par type d'énergie pour un territoire donné lorsqu'aucune information supplémentaire n'est disponible dans le cas concret étudié.

## 6.2 Tertiaire

Il peut arriver qu'il difficile - voir impossible - d'accéder directement aux consommations d'énergie pour le chauffage lors de la réalisation d'un Bilan GES. C'est par exemple le cas :

- quand le bilan GES est effectué sur un très grand patrimoine qui n'appartient pas à un seul propriétaire, et donc sans centralisation d'aucune sorte des consommations effectives (c'est typiquement le cas pour l'approche « territoire » de la version « collectivités », et en pareil cas il est impensable d'aller relever les consommations immeuble par immeuble),
- quand on effectue le bilan GES d'une entité qui possède une très grande quantité de sites sans centralisation des consommations d'énergie, qui sont gérées localement,
- quand une entité occupe une portion d'immeuble avec un chauffage collectif, sans mesure individualisée de ce qui concerne uniquement l'entité en question,
- etc.

La méthode propose alors de se baser sur le nombre de m<sup>2</sup> chauffés, au besoin évalué avec les moyens du bord, la consommation de chauffage en kWh/m<sup>2</sup>.an, approchée au mieux, et la nature d'énergie utilisée pour le chauffage, issue de statistiques au besoin. Les paragraphes ci-dessous proposent des valeurs par défaut pour un certain nombre de ces paramètres dans des situations bien définies.

Il n'y a pas de chauffage dans les DOM, hormis dans les « Hauts » de la Réunion, les deux modes étant l'électricité et le bois<sup>920</sup>.

## Chauffage au fioul, moyennes nationales

Des statistiques sur les consommations moyennes par secteur d'activité sont régulièrement publiées par les services statistiques du ministère en charge de l'énergie. Nous reproduisons ci-dessous celles publiées en 2001 par l'Observatoire de l'Energie<sup>921</sup> (qui publie en fait une consommation totale par secteur et un parc bâti total par secteur, la division ayant été faite par nos soins).

Nature d'activité	Fioul (kWh/m <sup>2</sup> )
Commerces	197
Bureaux	248
Enseignement	161
Santé - action sociale	292
Autres branches	259

*Consommation moyenne de fioul par m<sup>2</sup> pour le chauffage selon la nature d'activité.  
(Observatoire de l'Energie, 2001)*

## Chauffage au gaz naturel, moyennes nationales

Deux études du CEREN (1990 et 2003) fournissent des valeurs pour les consommations moyennes en gaz pour les activités qui utilisent cette énergie pour le chauffage ou pour l'ECS (ci-dessous).

Dépense moyenne en kWh/m <sup>2</sup> - Gaz naturel				
Branche	Sous-Branche	Chauffage + ECS	Chauffage	ECS
Bureaux	<b>Ensemble</b>	<b>184</b>	<b>177</b>	<b>7</b>
	<1000m <sup>2</sup>	198	191	7
	>=1000m <sup>2</sup>	170	163	6
Enseignement	<b>Ensemble</b>	<b>120</b>	<b>108</b>	<b>12</b>
	Primaire	174	157	17
	Secondaire	96	86	9
	Supérieur - Recherche	140	127	14
Santé	<b>Ensemble</b>	<b>174</b>	<b>134</b>	<b>41</b>
	Hôpitaux publics	193	148	45
	Cliniques	152	117	35
	Restant	164	126	38
Commerces	<b>Ensemble</b>	<b>152</b>	<b>142</b>	<b>10</b>
	Grandes surfaces **			
	Petits commerces *	278	260	18
	Grands commerces **			
Cafés Hôtels Restaurants	<b>Ensemble</b>	<b>274</b>	<b>220</b>	<b>54</b>
	Restaurants	304	244	60
	Débites de boisson	218	175	43
	Hôtels	253	203	50

*Consommation moyenne par m<sup>2</sup> de gaz naturel pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire selon la nature d'activité. CEREN 1990-2003*

\* La segmentation "petits commerces" correspond à des établissements de moins de 500 m<sup>2</sup>

\*\* Les valeurs à prendre en compte pour les commerces de grande taille sont en attente des travaux conduits actuellement par PERIFEM.

#### Sources :

[\[920\] Selon OER et ADEME Réunion.](#)

[\[921\] Observatoire de l'Energie / édition 2001 / Tableaux des consommations d'énergie en France / page](#)

## 6.3 Transport de marchandises

### Tonnes.km par habitant et par région

Pour la version « territoire » du Bilan Carbone, il existe des statistiques qui faciliteront grandement la mise en œuvre : les tonnes.km expédiées ou reçues par habitant, selon la région.

### Tonnes.km expédiées par habitant et par région

Les statistiques du Ministère de l'Équipement (Source : MTETM/SESP, enquête TRM 2004) fournissent des millions de tonnes.km chargées et déchargées par région et par classe de PTAC (pour les PTAC à partir de 5 tonnes, les utilitaires légers ne sont pas concernés par cette enquête, mais sont à l'origine de tonnages marginaux dans l'ensemble).

A partir de ces données, il suffit de diviser par la population de la région pour aboutir aux valeurs suivantes (les données sont séparées dans deux tableaux pour de simples raisons de place) :

t. km expédiées par hab.an	Alsace	Aquitaine	Auvergne	Basse-Normandie	Bourgogne	Bretagne	Centre	Champagne-Ardenne	Corse	Franche-Comté	Haute-Normandie	Ile-de-France
de 5 t à 6 t	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
de 6,1 t à 10,9 t	12	21	35	14	17	16	10	13	7	18	11	16
de 11 t à 19 t	330	360	291	251	375	289	355	264	75	291	325	172
de 19,1 t à 21 t	0	11	62	11	32	21	4	17	0	9	10	4
21,1 à 32,6 t	200	161	242	164	161	255	201	209	199	203	119	61
tracteur routier	3 450	3 255	2 302	2 847	3 227	3 347	3 202	4 301	499	2 760	4 630	1 231

t.km expédiées par hab.an	Languedoc-Roussillon	Limousin	Lorraine	Midi-Pyrénées	Nord-Pas-de-Calais	Pays de la Loire	Picardie	Poitou-Charentes	PACA	Rhône-Alpes	Moyenne nationale
De 5 t à 6 t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 6,1 t à 10,9 t	23	43	25	16	8	19	19	29	9	22	17
De 11 t à 19 t	193	324	289	285	228	324	255	454	243	308	272
De 19,1 t à 21 t	7	13	5	30	2	17	9	29	14	17	13
21,1 à 32,6 t	118	205	181	187	137	274	186	225	94	193	158
tracteur routier	2 400	2 355	3 289	2 223	2 968	3 549	3 643	3 857	2 219	2 808	2 711

*t.km expédiées par la route par habitant et par an selon la région*

### Tonnes.km réceptionnées par habitant et par région

Les mêmes statistiques du Ministère de l'Équipement, avec la même division par la population de la région, permettent d'aboutir aux valeurs suivantes (les données sont séparées dans deux tableaux pour de simples raisons de place) :

t.km reçues par hab.an	Alsace	Aquitaine	Auvergne	Basse-Normandie	Bourgogne	Bretagne	Centre	Champagne-Ardenne	Corse	Franche-Comté	Haute-Normandie	Ile-de-France
De 5 t à 6 t	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
de 6,1 t à 10,9 t	17	15	40	9	22	14	8	14	7	18	12	16
de 11 t à 19 t	343	388	305	269	370	305	317	253	85	302	306	181
de 19,1 t à 21 t	2	16	39	8	32	24	7	6	0	9	9	7
21,1 à 32,6 t	195	184	247	162	169	237	206	194	202	233	150	70
tracteur routier	3 048	3 247	2 490	2 917	3 425	3 568	3 202	3 875	395	2 822	3 811	1 421

t.km reçues par hab.an	Languedoc -Roussillon	Limousin	Lorraine	Midi- Pyrénées	Nord- Pas-de- Calais	Pays de la Loire	Picardie	Poitou- Charente s	PACA	Rhône -Alpes	total
de 5 t à 6 t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
de 6,1 t à 10,9 t	23	45	21	21	9	24	19	22	9	18	17
de 11 t à 19 t	255	318	271	314	184	354	262	326	248	296	272
de 19,1 t à 21 t	7	12	3	24	5	22	3	25	12	18	13
21,1 à 32,6 t	125	178	149	184	135	286	139	242	96	176	158
tracteur routier	2 066	3 093	2 989	2 461	5 751	3 553	3 274	3 428	2 269	2 747	2 711

*t.km réceptionnées par la route par habitant et par an selon la région*

## 6.4 Transport de personnes

Lors de la réalisation d'un Bilan GES « territoire », il ne sera bien évidemment jamais possible d'obtenir les distances réellement parcourues par chaque occupant du territoire. Cette approche nécessite donc de disposer de valeurs statistiques pour le nombre de km que chaque personne du territoire effectue en voiture dans l'année, en discriminant idéalement par motif (travail, loisirs, etc) ou par type de déplacement (mobilité quotidienne, qui regroupe travail, courses, école, sport et loisirs de proximité, et quelques motifs connexes, et mobilité longue distance, qui concerne plutôt les loisirs et les déplacements professionnels le cas échéant).

ces données « par défaut » seront aussi proposées pour les autres modes de transport (bus, avion, train), pour les mêmes raisons

Les données les plus fines disponibles sont malheureusement vieilles de près de 15 ans, et sont issues d'une enquête transports réalisée par l'INSEE<sup>940</sup>, dont les résultats figurent ci-dessous :



	Zones rurales ou ZPIU de moins de 50 000 hab	ZPIU de 50 000 à 300 000 hab		ZPIU de plus de 300 000 hab			ZPIU de Paris		Moyenne nationale
		Ville centre	Banlieue et périphérie	Ville centre	Banlieue	Périphérie	Paris	Banlieue et périphérie	
Nbre de déplacements quotidiens par personne	2,73	3,06	2,87	2,93	2,84	2,57	2,74	2,71	2,83
Distance moyenne par déplacement (en km)	9,70	6,96	9,23	7,06	7,73	10,14	6,16	9,19	8,61
<b>Total</b>	<b>26,47</b>	<b>21,27</b>	<b>26,50</b>	<b>20,67</b>	<b>21,97</b>	<b>26,08</b>	<b>16,89</b>	<b>24,93</b>	<b>24,37</b>
<b>Répartition modale en %</b>									
Marche à pied	12,37	20,59	12,73	23,41	14,29	12,71	30,64	19,41	16,57
Transports collectifs	2,80	4,86	4,29	11,83	7,26	4,13	35,11	13,90	7,74
Voiture particulière	79,94	70,90	77,31	61,21	73,14	77,33	32,09	62,94	71,03
Deux roues	4,64	3,56	5,34	3,54	5,24	5,67	2,01	3,57	4,47
Autres	0,24	0,10	0,33	0,00	0,07	0,16	0,14	0,17	0,19

*Distances parcourues et répartition modale pour la mobilité quotidienne en Métropole*

\* ZPIU signifie zones de peuplement industriel ou urbain et permet de qualifier le tissu urbain et la taille de l'agglomération en tenant notamment compte du niveau des migrations quotidiennes. Dans le présent document, on confondra cette notion avec celle de taille d'agglomération.

\*\* Une ville-centre d'unité urbaine multicommunale (ou d'agglomération multicommunale) est définie comme suit. Si une commune abrite plus de 50% de la population de l'unité urbaine, elle est seule ville-centre. Sinon, toutes les communes qui ont une population supérieure à 50% de la commune la plus peuplée, ainsi que cette dernière, sont villes-centres. Les communes urbaines qui ne sont pas villes-centres constituent la banlieue de l'agglomération multicommunale.

Faute de données plus récentes, nous avons utilisé celles figurant ci-dessus, sachant que la variation survenue depuis la date de l'enquête porte probablement plus sur le nombre de véhicules en circulation, leur masse et leur puissance moyennes, que sur le kilométrage annuel moyen par personne pour les déplacements quotidiens. En tout état de cause une variation supérieure à 10% semble peu probable au vu de l'évolution des statistiques routières en général.

En effet, les données des Comptes des Transports font ressortir une hausse de 18% des voyageurs.km entre 1994 et 2004, mais l'effet parc en explique l'essentiel : ce dernier a augmenté de plus de 20% sur la même période<sup>941</sup>.

A partir de ce tableau, il est possible de calculer le kilométrage moyen par personne effectué en voiture au titre de la mobilité quotidienne en 1994 : un Français se déplace de 26,27 (km par jour) x 79,94% (en voiture) x 365 (jours par an) = 7.723 km en voiture par personne et par an en moyenne. Tous les autres kilométrages s'obtiendront de la même manière.

Pour en déduire les kilométrages effectués par les véhicules, il restera à diviser cette distance par le taux moyen d'occupation d'une voiture, qui est de 1,25 personne en moyenne dans le cadre des déplacements en ville<sup>942</sup>.

Les valeurs obtenues seront affectées d'une incertitude de 10%.

**Sources :**

[\[940\] INSEE Enquêtes Transports 1993-1994](#)

[\[941\] Tableaux des consommations d'énergie, Observatoire de l'Energie, 2004 CCFA, 2005](#)

[\[942\] SES - Service Economie et Statistique du Ministère Equipement, Transports](#)

## 6.5 Industrie

Les valeurs de consommation énergétique de l'industrie sont extraites de la bdd Pégase de la DGEC.

## 6.6 Agriculture

### 6.6.1 Grandes cultures

Lorsque la méthode Bilan Carbone sera appliquée à une collectivité locale, et que l'objectif sera d'estimer des émissions associées à des surfaces cultivées, il sera souvent plus facile d'obtenir un nombre d'hectares par type de culture que des poids par type de production. Nous pouvons alors utiliser des facteurs d'émission à l'hectare, basés sur des valeurs moyennes :

- d'utilisation d'engrais à l'hectare par type de culture (les engrais sont eux-mêmes différenciés entre engrais azotés et engrais potassiques), ce qui conditionne ensuite les émissions de protoxyde d'azote ainsi que les émissions liées à la fabrication de ces engrais,
- d'utilisation d'heures de machines agricoles par hectare et par type de culture, ce qui conditionne les émissions directes de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de diesel.

#### 6.6.1.1 Utilisation d'engrais azotés

Nous proposons ci-dessous un tableau qui donne la valeur moyenne de la fertilisation azotée à l'hectare, en fonction du type de culture et de la région, pour l'agriculture dite conventionnelle.

Zone de production	Betterave industrielle	Blé dur	Blé tendre	Colza	Maïs fourrage	Maïs grain	Orge	Pois	Pomme de terre	Prairies permanentes productives	Prairies temporaires	Tournesol	Vignes
France métropolitaine	103	172	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	15
Alsace	103	172	149	162	69	168	127	1	157	46	58	39	6
Aquitaine	103	172	156	162	144	189	127	1	157	46	62	69	6
Auvergne	103	172	147	162	85	158	127	1	157	46	46	39	15
Bourgogne	103	172	171	169	95	143	129	1	157	46	41	39	9
Bretagne	103	172	112	162	30	32	93	1	157	45	64	39	15
Centre	103	200	172	157	93	155	123	0	157	46	59	35	15
Champagne-Ardenne	101	172	191	169	124	149	135	2	157	46	58	39	39
Corse	103	172	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	15
Franche-Comté	103	172	166	165	128	147	118	1	157	46	33	39	15
Ile-de-France	118	172	184	168	69	158	119	0	157	46	58	39	15
Languedoc-Roussillon	103	156	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	14
Limousin	103	172	166	162	69	150	127	1	157	46	47	39	15
Lorraine	103	172	163	164	116	150	137	1	157	46	58	39	15
Midi-Pyrénées	103	184	145	162	69	188	86	1	157	46	48	41	15
Nord - Pas-de-Calais	105	172	162	162	87	150	139	1	157	88	58	39	15
Basse-Normandie	103	172	151	162	59	150	127	1	157	39	69	39	15
Haute-Normandie	103	172	164	153	84	150	132	2	157	58	58	39	15
Pays de la Loire	103	172	136	162	48	92	127	1	157	26	69	24	5
Picardie	98	172	174	154	94	131	134	0	157	73	58	39	15
Poitou-Charentes	103	172	160	160	86	169	123	1	157	46	62	38	29
PACA	103	123	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	9
Rhône-Alpes	103	172	140	162	111	158	127	1	157	46	43	39	15

*Valeurs moyennes des unités d'azote à l'hectare cultivé en fonction du type de culture.*

*Source Agreste, enquêtes pratiques culturales 2006*

Rappelons que les unités d'azote désignent, en kg, le poids de l'azote seul dans le total. Les agriculteurs ne comptabilisent que rarement les poids totaux d'engrais, préférant en général ne compter que le poids de l'azote seul dans ce qui est utilisé (de la sorte une éventuelle coupe de

l'engrais avec un composé sans azote ne change pas les poids d'azote épandus).

A partir ces valeurs il est possible de calculer à la fois les émissions directes de N<sub>2</sub>O, via le taux de volatilisation de l'azote (voir chapitre [émission fugitive > agriculture](#)), et les émissions de fabrication des engrais N.

Les données sont malheureusement indisponibles pour les cultures maraîchères et fruitières.

## 6.6.1.2 Consommation de carburant par ha

### Consommation de carburant à l'hectare

Une étude de SOLAGRO sur les pratiques culturales permet de proposer les valeurs moyennes suivantes en ce qui concerne la consommation de carburant à l'hectare pour les principales cultures.

Nature de culture	Carburant Litres / ha
Céréales - oléoprotéagineux	100
Autres cultures industrielles (y compris pommes de terre et betteraves)	150
Prairies temporaires	65
Prairies naturelles productives	65
Prairies naturelles peu productives (pâturées)	5
Arboriculture / viticulture	190

*Valeurs moyennes des consommations de carburant à l'hectare cultivé en fonction du type de culture.*

*Source Solagro*

Ces mêmes informations sont présentées ci-dessous d'une manière un peu différente :

- les cultures sont différenciées comme précédemment,
- nous donnons les émissions correspondantes en appliquant le facteur d'émission du fioul domestique calculé au chapitre [combustible fossile liquide](#).

Type de culture	Litres de carburant par hectare	Emissions amont, kgCO <sub>2</sub> e par ha	Combustion, kgCO <sub>2</sub> e par ha
Betterave industrielle	150	40	400
Blé dur	100	29	268
Blé tendre	100	29	268
Colza	100	29	268
Maïs fourrage	100	29	268
Maïs grain	100	29	268
Orge	100	29	268
Pois	100	29	268
Pomme de terre	150	40	400
Prairies permanentes productives	5	18	172
Prairies temporaires	5	18	172
Tournesol	100	29	268
Vignes	190	55	506
Sorgho	100	29	268

*Emissions à l'hectare liées à la consommation de carburant.*

## 6.6.1.3 Fabrication d'engins agricoles

### Fabrication des engins agricoles

Solagro propose les valeurs suivantes pour l'énergie de construction des machines agricoles, ramenées à l'hectare cultivé

Catégories cultures	Mécanisation MJ/ha
Céréales oléoprotéagineux	1530
Cultures industrielles	1750
Prairies temporaires	1000
Prairies naturelles productives	1000
Prairies naturelles peu productives (pâturées)	350
Arboriculture / viticulture	2300

*Consommation d'énergie pour l'amortissement des machines agricoles à l'hectare cultivé.*

En convertissant les MJ en kWh, puis en leur appliquant un facteur d'émission représentatif du mix énergétique primaire en Europe, soit environ 257 grammes équivalent CO<sub>2</sub> par kWh, on trouve les résultats suivants :

Type de culture	fabrication engins kgCO <sub>2e</sub> /ha
Betterave industrielle	128
Blé dur	110
Blé tendre	110
Colza	110
Maïs fourrage	110
Maïs grain	110
Orge	110
Pois	110
Pomme de terre	128
Prairies permanentes productives	26
Prairies temporaires	26
Tournesol	110
Vignes	169
Sorgho	110

*Consommation d'énergie pour l'amortissement des machines agricoles à l'hectare cultivé.*

## 6.6.2 Serres

### Consommation des serres maraîchères

Le tableau ci-dessous fournit les consommations d'énergie des serres de maraîchage (tous types de cultures sauf les fraises) issues d'une étude réalisée par CTIFL & ASTREDHOR pour l'ADEME en 2007.

Zone de production	kWh par m <sup>2</sup> et par an	Ecart type	% gaz	% fioul lourd	% butan e	% fioul	% vape ur	% charb on	% bois	% propane	Total
Bretagne	400	105	75%	14%	4%				7%		100%
Val de Loire	330	95	87%	13%							100%
Nord est	354	84	58%	27%				15%			100%
Sud ouest	277	69	71%			17%			12 %		100%
BRM	240	106	70%	8%		2%	1%	2%		17%	100%
<b>Moyenne nationale</b>	<b>321</b>	<b>127</b>	<b>77,3 %</b>	<b>13,8%</b>	<b>0,4 %</b>	<b>1,2 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>2,6%</b>	<b>2,6 %</b>	<b>1,5%</b>	<b>100 %</b>

*Emissions à l'hectare liées à la consommation de carburant.*

*Source : CTIFL & ASTREDHOR pour l'ADEME, 2007*

Avec ce tableau on obtient une consommation annuelle moyenne par m<sup>2</sup> et par énergie, et il suffit d'appliquer les facteurs d'émission par énergie pour obtenir des émissions par m<sup>2</sup> et par an.

Pour les fraises, l'estimation Solagro est de 25 kWh par m<sup>2</sup> et par an, avec le mix énergétique suivant (pour la France dans son ensemble) : 10% de gaz, 70% de fioul et 20% de propane.

## Consommation des serres horticoles

Pour l'horticulture la même source propose les valeurs suivantes :

Région de culture	kWh par m <sup>2</sup> et par an	% GN	% fioul lourd	% fioul dom	% bois	% propane	Total
Ouest	181	49%	16%	14%	6%	17%	100%
Centre	219	49%	16%	14%	6%	17%	100%
Est	121	49%	16%	14%	6%	17%	100%
Méditerranée	102	49%	16%	14%	6%	17%	100%
<b>Moyenne nationale</b>	<b>160</b>	<b>49%</b>	<b>16%</b>	<b>14%</b>	<b>6%</b>	<b>17%</b>	<b>100%</b>

Ces valeurs permettent aussi d'obtenir simplement des émissions par m<sup>2</sup> et par an pour les serres horticoles.

## 6.7 Indicateurs transverses

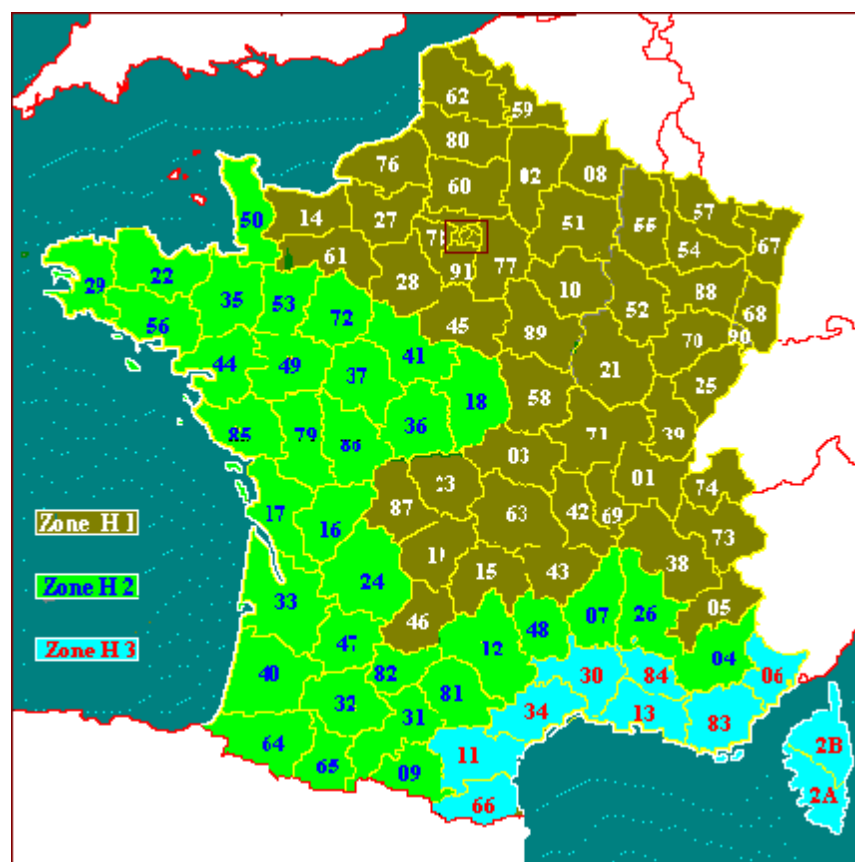
### 6.7.1 Corrections climatiques

#### Prise en compte de la localisation et de la rigueur climatique

La rigueur hivernale n'étant pas la même en tous points du territoire métropolitain, les consommations d'énergie consacrées au chauffage sont elles aussi variables selon la localisation du bâtiment concerné. Pour mieux approcher la réalité, on peut utiliser des coefficients de correction climatique, qui permettent d'obtenir des moyennes régionales à partir de la moyenne nationale de consommation d'énergie. Le principe est que le coefficient en question est le rapport des DJU pour la zone considérée aux DJU\* pour l'ensemble du pays.

\* DJU signifie degré jour unifié. Pour un lieu et un jour donnés, les DJU sont déterminés en faisant la différence entre une température de référence, 18°C, et la moitié de la somme de la température maximale et de la température minimale, si cette valeur est inférieure à 18 °C (il n'y a pas de DJU négatifs). Ensuite les DJU journaliers sont cumulés sur la période de chauffe, qui va du 1er octobre au 20 mai. Le total annuel moyen va de 1400 DJU pour la côte Corse à 3800 DJU dans le Jura, et se situe entre 2000 et 3000 pour la majeure partie du territoire métropolitain. .

Les coefficients de correction et les zones associées sont présentés ci-dessous :



Carte de localisation des zones climatiques

	H1	H2	H3
Coeff <sub>climat</sub>	1,1	0,9	0,6

Coefficient de correction en fonction de la rigueur climatique

Si, au sein d'une zone donnée, l'altitude dépasse 800 mètres, on prendra conventionnellement le coefficient de la zone qui précède. Ainsi, un logement situé à plus de 800 m d'altitude dans une zone H2 devra être considéré comme étant en zone H1, etc. Les logements situés en zone H1 et à plus de 800 m d'altitude peuvent utiliser un coefficient H1 majoré de 20%.



**Part**

---



# 7 Réglementations

## Une base de données multi-réglementation

L'un des objectifs de la Base Carbone ® est de fournir des données homogènes et cohérentes entre diverses réglementations.

Aujourd'hui, les réglementations couvertes par la Base Carbone ® sont :

- L'article 75 de la loi Grenelle II relatif aux bilans GES des organisations
- L'article L1431-3 du code des transports relatifs à l'informations CO<sub>2</sub> des prestations de transport
- Les valeurs par défaut de l'EU-ETS (European Union - Emissions Trading System)

**Part**

---



## 8 Annexes

Enter topic text here.

### 8.1 Lien Base Carbone et Bilan Carbone

#### Base Carbone ® et Bilan Carbone ®

Le Bilan Carbone ® est un outil historiquement porté par l'ADEME. Suite au rapport Havard (2009), il a été décidé que cet outil ne pouvait être porté par l'agence. Il est alors confié à une structure associative indépendante : l'[Association Bilan Carbone](#). Dans le cadre de ce transfert, l'ADEME a souhaité conserver la gestion de la base de données des facteurs d'émissions : la Base Carbone ®. Cette base a pour objectif d'alimenter en données un maximum de calculateurs carbone dont l'outil Bilan Carbone ®.

### 8.2 Base IMPACT

#### Description

La Base IMPACTS ® est la base de données génériques d'inventaire officielle pour le programme gouvernemental français d'affichage environnemental des produits de grande consommation. Elle est complémentaire aux référentiels sectoriels élaborés dans le cadre de la "plateforme ADEME-AFNOR" (<http://affichage-environnemental.afnor.org/>).

Les jeux de données d'inventaire de la Base IMPACTS ® sont directement caractérisés en indicateurs d'impact potentiel selon l'approche ACV (Analyse de Cycle de Vie), via les méthodes de caractérisation préconisées par le JRC (Joint Research Center, centre de recherche de la Commission Européenne) dans l'ILCD Handbook (<http://lct.jrc.ec.europa.eu/assessment/pdf-directory/Recommendation-of-methods-for-LCIA-def.pdf>).

Les jeux de données d'inventaire de la Base IMPACTS ® ont été soit acquis auprès de partenaires (PE International, Cycleco, Ecoinvent, Quantis), soit coproduits dans le cadre de programme spécifiques (Agri-BALYSE, ACYVIA, etc.).

Pour plus d'information, voir directement le site internet: <http://www.base-impacts.ademe.fr/>

### 8.3 Références

Les liens suivants correspondent à toutes les références utilisées pour le calcul des facteurs d'émissions de la Base Carbone ® :

- [001] [GIEC, AR4 - 4ème rapport \(2007\)](#)
- [002] [GIEC, AR5 - 5ème rapport \(2013\)](#)
- [003] [Rapport CRF CCNUCC 2012](#)
- [004] [Wikipédia - liste des réfrigérants](#)
- [101] [Arrêté du 31 octobre 2012 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour sa troisième période \(2013-2020\)](#)
- [102] [Rapport OMINEA 2011, CITEPA](#)
- [103] [Décision 2007/589/CE définissant des lignes directrices pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre, conformément à la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil](#)
- [110] [Wikipédia - raffinage du pétrole](#)
- [111] [Guide méthodologique d'application de l'article L. 1431-3 du code des transports](#)
- [112] [Etude Well-to-wheel du JEC - Report Version 4.0 - juillet 2013](#)
- [113] [Etude IFP 2003, "Affectation des émissions de CO2 et de polluants d'une raffinerie aux produits finis pétroliers"](#)
- [114] [IFP-CFBP, EETP - European Emission Test Programme, 2004](#)
- [115] [Commission Européenne - directive européenne sur les EnR - annexe V C](#)
- [120] [GDF SUEZ/DRI et Paul Scherrer Institut, 2007](#)
- [121] [Directive 1999/100/CE de la Commission, du 15 décembre 1999](#)
- [122] [2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - chapitre 3 - MOBILE COMBUSTION](#)
- [130] [Etude ADEME – Bio Intelligence Service / « bilan environnemental du chauffage domestique » / 2005](#)
- [131] [Etude ADEME – Bio Intelligence Service / « bilan environnemental du chauffage collectif \(réseau de chaleur\) et industriel » / 2005](#)
- [132] [Note ADEME / « Bilan énergie et effet de serre des filières céréales » / 2006](#)
- [133] [DGEMP, pages concernant la biomasse du site de l'Observatoire de l'Energie](#)
- [140] [Etude ADEME – BG – EPFL / « Bilan environnemental des filières végétales pour la chimie, les matériaux et l'énergie » / 2004.](#)
- [150] [Circulaire n°9501 du 28 déc 2004](#)
- [160] [Site internet : www.thermexcel.com](#)
- [200] [Lignes directrices du GIEC sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre, volume 4, chapitre 10 "emissions from livestock and manure management"](#)
- [201] [Lignes directrices du GIEC sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre, volume 4, chapitre 11 "N2O emissions from managed soils, and CO2 emissions from limes and urea application"](#)
- [210] [Guide méthodologique d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des services de l'eau et de l'assainissement](#)
- [211] [Ministère australien de l'environnement / 1997 / A Quick Reference Guide, Estimating Potential Methane Production, Recovery and Use from Waste](#)
- [220] [ADEME - ARMINES, 2011 / Inventaire des émissions des fluides frigorigènes – France – Année 2010](#)
- [240] [INRA / Octobre 2002 / Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?](#)
- [241] [RMQS - Réseau de Mesures de la Qualité des Sols](#)
- [310] [AIE - 2013 - CO2 emissions from fuel combustion - highlights](#)

- [320] ACV ELCD / PE International
- [321] [Second Strategic Energy Review](#)
- [330] *Solar resources and carbon footprint of photovoltaic power in different regions in Europe, De Wild-Scholten, SmartGreenScans, 2014*
- [340] [Arrêté du 11 juillet 2013 relatif à la mise à jour des contenus en CO2 des réseaux de chaleur et de froid](#)
- [400] [CITEPA - Inventaire des émissions de GES - rapport CCNUCC - Mars 2013](#)
- [401] [Enquêtes du Comité National Routier \(CNR\)](#)
- [402] [Groupe de travail routier de l'Observatoire Energie Environnement des Transports \(OEET\), en Octobre et Novembre 2011](#)
- [410] [Ecotransit -Methodology and Data – Update – July 31th 2011](#)
- [420] [GIEC / 1999 / L'aviation et l'atmosphère planétaire, résumé à l'intention des décideurs](#)
- [430] [ADEME - MEDDAT - Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime - Avril 2009](#)
- [440] ["Efficacités énergétiques et émissions unitaires de CO2 du transport fluvial de marchandises", l'ADEME et VNF, 2006](#)
- [450] [Véhicules particuliers vendus en France – Consommations conventionnelles de carburant et émissions de CO2, ADEME, 2013](#)
- [451] [Etude Panel carburants, Kantar WorldPanel, MEDDTL-ADEME 2010](#)
- [452] [ADEME-Deloitte \(2007\) sur les efficacités énergétiques et environnementales des modes de transports](#)
- [453] Enquête annuelle « Cahiers Verts », enquête conjointe à la DGITM/CERTU, au GART et à l'UTP
- [454] enquête « Parc » de l'UTP au 1er janvier 2010
- [500] [AGRIBALYSE](#)
- [501] [En 2003, source IFREMER](#)
- [502] Unima ; publication sous presse
- [510] [site de référence des viandes rouges \(www.mhr-viandes.com\)](#)
- [511] [INRA](#)
- [515] Carbon Footprint of Yeast produced in the European Union, COFALEC
- [516] Yeast carbon footprint for COFALEC
- [517] [ADEME – ECOBILAN / 2003 / Bilans énergétique et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants](#)
- [540] Evaluation des impacts environnementaux potentiels de la production de granulats en France, 2011, UNPG
- [550] Guide GES'TIM - Travaux réalisés par l'Institut de l'élevage, IFIP, ITAVI, ARVALIS Institut du Végétal, CETIOM, ITB)
- [551] Gaillard & al. / 1997 / Inventaire environnemental des intrants agricoles en production végétale / Comptes rendus de la FAT
- [552] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pesticide>
- [555] [site de la commission européenne](#)
- [560] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Enrob%C3%A9>
- [580] Module d'information environnementale de l'ATILH édité en juin 2011
- [581] Fiche FDES d'un béton de poteau de section 25\*25 cm armée avec un ratio d'acier de 80 kg/m3
- [590] [INIES : Information sur l'Impact Environnemental et Sanitaire.](#)

- [591] [Capitalisation des résultats de l'expérimentation HQE Performance](#), 2013, DHUP, CSTB, Association HQE, ADEME, CEREMA
- [592] étude CNRS (programme ECODEV) en 1998
- [595] [COLAS, 2003, ACV, La route écologique du futur](#)
- [605] Aluminium smelting greenhouse footprint and sustainability, Jeffrey Keniry, Light metals, 2008
- [606] International Aluminium Institute, 2003, ACV
- [607] CSIRO / Août 2003 / Sustainability Network, Update 30E.
- [608] CEREN / juillet 1999 / Contenu énergétique des produits de base de l'industrie, les matériaux de construction.
- [609] [MIES : Mission Interministérielle de l'Effet de Serre](#)
- [630] Rapport "Computers and the Environment ; understanding and managing their impacts" - Kluwers Academic Publishers - Electronic Industry Association of Japan / Eric Williams et R. Kuehr, 2004
- [631] Collecte et traitement des produits électriques et électroniques "grand public" en fin de vie, étude GIRUS pour la Région Nord Pas de Calais et pour l'ADEME, octobre 1998
- [632] source EIAJ, année de référence 1997
- [633] source EPA, année de référence 2002
- [700] enquête INCA, effectuée en 1999 par AFSSA/CRÉDOC/DGAL
- [840] ADEME, étude MODECOM 2007
- [850] ADEME – FNADE / 2003 / Eco-profil du stockage des déchets dangereux en sites collectifs en France.
- [851] FNADE : Fédération Nationale des Activités de Dépollution et de l'Environnement
- [870] Déchets ménagers: leviers d'amélioration des impacts environnementaux, étude réalisée par BIOIS et ECOBILAN pour l'ADEME et ECOEMBALLAGE 2007
- [871] « Le secteur des déchets ménagers et son rôle dans la lutte contre le changement climatique », FNADE,
- [910] Suivi du parc et des consommations de l'année 2002, CEREN
- [911] Indicateurs de développement durable, Jancovici pour IFEN, 2004
- [920] Selon OER et ADEME Réunion.
- [921] Observatoire de l'Energie / édition 2001 / Tableaux des consommations d'énergie en France / page
- [940] INSEE Enquêtes Transports 1993-1994
- [941] Tableaux des consommations d'énergie, Observatoire de l'Energie, 2004 CCFA, 2005
- [942] SES - Service Economie et Statistique du Ministère Equipement, Transports

## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

ADEME  
20, avenue du Grésillé  
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)