



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Base Carbone

Documentation des facteurs d'émissions de
la Base Carbone ®

Version 19.0.0 - vendredi 4 décembre 2020

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

Part I	Introduction	8
Part II	La comptabilité carbone	10
1	PRG à 100 ans.....	11
2	CO ₂ biogénique.....	18
Part III	Scope 1 : émissions directes (et amont des combustibles)	20
1	Combustibles.....	21
	PCI et masses volumiques	22
	PCI et masse volumique	22
	Passage du PCS au PCI.....	26
	Conversions énergétiques.....	27
	Fossiles	28
	Solides.....	28
	Liquides.....	35
	.Gaz	51
	Organiques	55
	Solides.....	56
	Liquides.....	61
	.Gaz	68
2	Emissions de process et émissions fugitives.....	73
	Agriculture - cheptels	74
	Agriculture - sols agricoles	79
	Traitement des déchets et eaux usées	85
	Réfrigération et climatisation	89
	Process industriels	95
3	UTCF.....	96
	Changement d'affectation des sols	96
	Forêt Française	99
Part IV	Scope 2 : émissions indirectes - énergie	103
1	Electricité.....	104
	Mix électrique	105
	..Mix électrique France continentale.....	106
	..Mix électrique autres pays.....	110
	Moyens de production	113
	..Conventionnel.....	114
	..Renouvelable.....	114
2	Réseaux de chaleur/froid.....	118
	Réseaux de chaleur	118
Part V	Scope 3 : émissions indirectes - autres	137
1	Transport de marchandises.....	138
	Routier	139
	Ferroviaire	143
	Aérien	145

Maritime	150
Fluvial	157
2 Transport de personnes.....	160
Routier	161
Ferroviaire	170
Aérien	172
Maritime	177
Fluvial	177
3 Achat de biens.....	178
Produits de l'agriculture et de la pêche	178
Produits agro-alimentaires et boissons	180
Bois	184
Papier, carton et articles en papier ou en carton	186
Minéraux, granulats et autres produits des industries extractives	190
.. Granulats.....	190
Plastiques et autres produits chimiques	192
.. Produits en caoutchouc et en plastique.....	192
.. Produits chimiques (hors plastiques).....	200
Produits chimiques de base.....	200
Engrais et composés azotés	201
Pesticides et autres produits agrochimiques.....	203
Peintures et résines.....	207
Autres produits chimiques.....	208
Produits minéraux non métallique	208
.. Verre et articles en verre.....	209
.. Ciments, chaux, plâtres, bétons.....	210
.. Matériaux de construction en terre cuite.....	212
.. Enrobés pour route.....	212
Métaux et produits métalliques	215
.. Acier.....	216
.. Aluminium.....	217
.. Cuivre.....	219
.. Autres métaux	220
Machines et équipements	223
.. Machines industrielles.....	223
.. Équipements électriques (hors électroménager).....	223
.. Informatique et équipement de bureau.....	227
Composants et cartes électroniques.....	227
Ordinateurs et équipements périphériques.....	228
.. Electroménager.....	233
Véhicules automobiles et autres matériel de transport	238
.. Véhicules routiers.....	238
Mobilier	246
Textile	249
.. Cuir.....	249
.. Coton, synthétique, autre.....	250
Autres produits manufacturés	254
.. Consommables de bureaux	254
.. Usage viticulture.....	254
Eau, traitement et distribution d'eau	255
.. Eau de réseau.....	255
Bâtiments et ouvrages d'art	259
.. Bâtiments.....	259
.. Voirie.....	265
Hydrogène	267
4 Achat de services.....	270
Ratio monétaires	272

Restauration	282
Autres services informatiques	290
5 Traitement des déchets.....	290
Déchets organiques	292
Déchets plastiques	299
Déchets non combustibles non fermentiscibles	302
Ordures ménagères	303
Déchets dangereux	304
Déchets bâtiment	307
Eaux usées	309
Contributions transverses	309
Emissions évitées	310
Part VI Statistiques territoriales	317
1 Résidentiel.....	318
Chauffage	318
Eau Chaude Sanitaire	321
2 Tertiaire.....	323
3 Transport de marchandises.....	326
4 Transport de personnes.....	327
5 Industrie.....	329
6 Agriculture	329
Grandes cultures	329
..Utilisation d'engrais azotés.....	330
..Consommation de carburant par ha.....	331
..Fabrication d'engins agricoles.....	332
Serres	333
7 Indicateurs transverses.....	334
Corrections climatiques	334
Part VII Annexes	336
1 Lien Base Carbone et Bilan Carbone.....	337
2 Base IMPACT.....	337
3 Références.....	338

Part

I

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 ®

Part

II

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 O₂ et le diazote N₂, qui constituent la majeure partie de l'atmosphère terrestre, ne sont pas des GES).

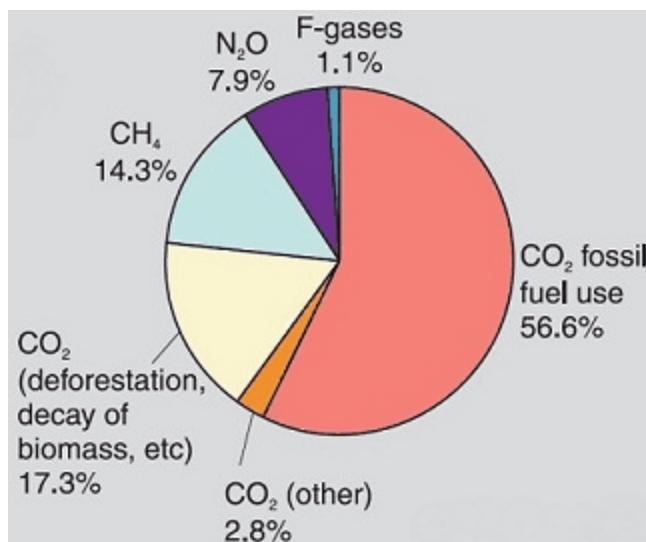
Les principaux GES sont :

- La vapeur d'eau (H₂O)
- Le dioxyde de carbone (CO₂)
- Le méthane (CH₄)
- Le protoxyde d'azote (N₂O)
- L'ozone (O₃)
- Des gaz fluorés (CFC, HCFC, PFC, HFC, SF₆, NF₃)

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_2 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 [001](#)

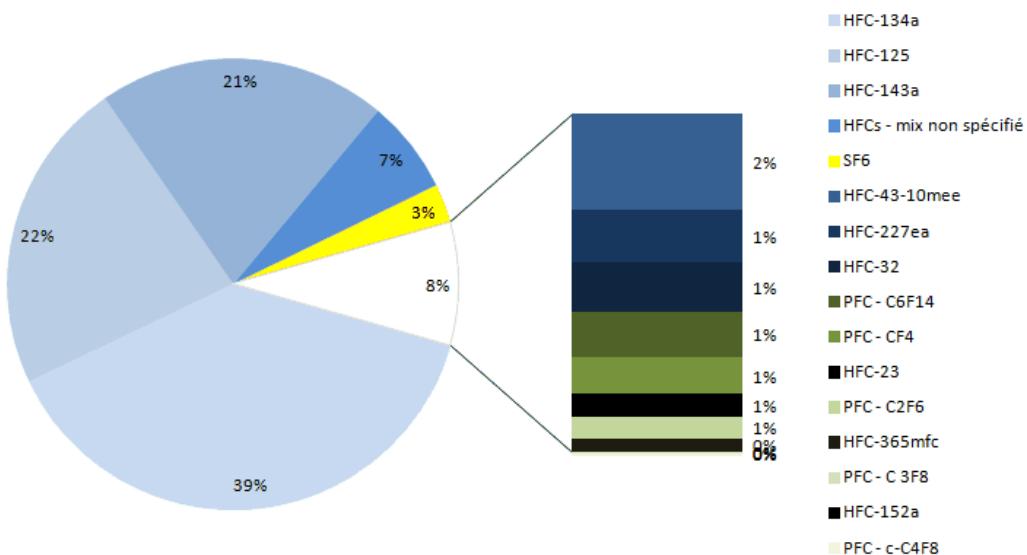
Dans le graphique ci-dessus, les émissions de CO_2 sont répartis selon 3 origines :

- La combustion des énergies fossiles : pétroles, gaz et charbons (56,6%)
- Les process générant du CO_2 minéral : décarbonatation dans les cimenteries notamment (2,8%)
- La déforestation et le déstockage de carbone des sols du à des changements d'affectation des sols (17,3%)

Les émissions anthropiques de CH_4 et N_2O proviennent à environ 90% de l'agriculture. Les autres sources d'émissions de ces deux gaz sont : le traitement des déchets, certains process 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 [003](#)

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 (CO₂, CH₄ et N₂O)
- 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_{2e}

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_{2e}** (équivalent CO₂). « L'outil » retenu dans la Base Carbone ® permettant de convertir les émissions d'un GES en CO_{2e} 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 CO₂, 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	PRG à 100
	Nom 1	Nom 2		ans AR4	ans AR5
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	23500
	Trifluorure d'azote		NF3	17200	16100
	HFC-23	R23	CHF3	14800	12400
	HFC-32	R32	CH2F2	675	677
	HFC-125	R125	CHF2CF3	3500	3170
	HFC-134a	R134a	CH2FCF3	1430	1300
	HFC-143a	R143a	CH3CF3	4470	4800
	HFC-152a	R152a	CH3CHF2	437	138

Classement	Désignation		Formule chimique	PRG à 100 ans	PRG à 100 ans
	Nom 1	Nom 2		AR4	AR5*
Mélanges commerciaux (hors substances contrôlées par le protocole de Montréal)	HFC-227ea	R227ea	CF3CHFCF3	5310	2640
	HFC-43-10mee	R4310mee	CF3CHFCHFCF2CF3	1640	1650
	PFC-14	R14	CF4	7390	6630
	PFC-116	R116	C2F6	12200	11100
	PFC-218	R218	C3F8	8830	8900
	PFC-318	R318	c-C4F8	10300	9540
	PFC-5-1-14	R5114	C6F14	9300	7910
		R404a		3 922	3 943
		R407a		2 107	1 923
		R407c		1 774	1 624
		R407f		1 825	1 674
		R410a		2 088	1 924
		R417a		2 346	2 127
		R422a		3 140	2 844
Substances contrôlées par le protocole de Montréal		R422d		2 729	2 473
		R427a		2 138	2 024
		R507		3 985	3 985
		R507a		2 465	2 235
	CFC-11	R11	CCl3F	4750	4660
	CFC-12	R12	CCl2F2	10900	10200
	CFC-13	R13	CClF3	14400	13900
	CFC-113	R113	CCl2FCClF2	6130	5820
	CFC-114	R114	CClF2CClF2	10000	8590
	CFC-115	R115	CClF2CF3	7370	7670
	Halon-1301		CBrF3	7140	6290
	Halon-1211		CBrClF2	1890	1750
	Halon-2402		CBrF2CBrF2	1640	1470
	Carbon tetrachloride		CCl4	1400	1730
	Methyl bromide		CH3Br	5	2
	Methyl chloroform		CH3CCl3	146	160
	HCFC-22	R22	CHClF2	1810	1760

Classement	Désignation		Formule chimique	PRG à 100 ans	PRG à 100 ans
	Nom 1	Nom 2		AR4	AR5*
	HCFC-123	R123	CHCl2CF3	77	79
	HCFC-124	R124	CHClFCF3	609	527
	HCFC-141b	R141b	CH3CCl2F	725	782
	HCFC-142b	R142b	CH3CClF2	2310	1980
	HCFC-225ca	R225ca	CHCl2CF2CF3	122	127
	HCFC-225cb	R225cb	CHClFCF2CClF2	595	525
		R502		4657	4 786
		R401a		1182	1 130
		R408a		3152	3 257
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 frigorigènes 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 reste 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	3 943
R407a	40%	40%				20%	2 107	1 923
R407c	25%	52%				23%	1 774	1 624
R407f	30%	40%				30%	1 825	1 674
R410a	50%					50%	2 088	1 924
R417a	46.6%	50%		3.4%			2 346	2 127
R422a	85.0%	11.5%			3.4%		3 140	2 844
R422d	65.1%	31.5%			3.4%		2 729	2 473
R427a	25%	50%	10%			15%	2 138	2 024
R507	50%		50%				3 985	3 985
R507a	50%	50%					2 465	2 235

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	4 786
R401a	53%		13%	34%			1 182	1 130
R408a	47%				7%	46%	3 152	3 257

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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂, 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 CO₂ 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 CO₂ d'origine biogénique :

- Certains exercices considèrent de façon indifférenciée les émissions de CO₂ d'origine fossile et biogéniques et quantifient/reportent séparément les puits
- Certains exercices ne quantifient pas le CO₂ biogénique
- Certains exercices ne tiennent compte que les émissions qui ne sont pas contrebalancées par une captation (photosynthèse) au moins aussi important

La Base Carbone quantifie et affiche de façon séparée les émissions d'origine fossile (CO_{2f}) et celles d'origine biogénique (CO_{2b}). 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_{2b} 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 CH₄ fossile (CH_{4f}) et le CH₄ biogénique (CH_{4b}) - leurs PRG étant différents -. Attention, contrairement, aux émissions de CO₂ biogénique, les émissions de CH₄ biogénique sont bien incluses dans le résultat final.

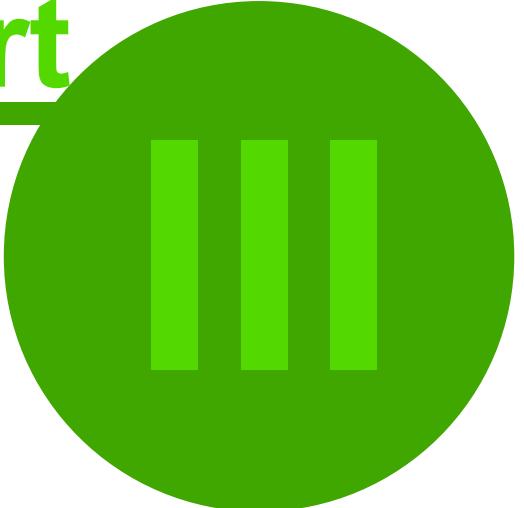
En France

En général, pour les pays industrialisés, où il n'y a que peu de déforestation, les émissions de CO_{2b} 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



III

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 kgCO₂/tonne

$FE_{\text{énergétique}}(i)$ est le facteur d'émissions énergétique du combustible exprimé en kgCO₂/GJ

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

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 kgCO₂/m³

$FE_{\text{énergétique}}(i)$ est le facteur d'émissions énergétique du combustible exprimé en kgCO₂/GJ

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

MV (i) est la masse volumique du combustible exprimée en t/m³

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 101 + OMINEA 102	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 103	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 114	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 ³	Source
Pétrole Brut	900	Hypothèse Ademe
Fioul domestique	845	circulaire n°9501 du 28 déc 2004 150
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 121
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 ³	Source
gaz naturel	0,654	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 CO₂ 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	www.thermexcel.com ¹⁶⁰
GPL	1,087	www.thermexcel.com
Essence	1,08	Extrapolation
Diesel, fioul domestique	1,075	www.thermexcel.com
Fioul lourd	1,065	www.thermexcel.com
Charbon	1,052	www.thermexcel.com

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

3.1.1.3 Conversions énergétiques

Description

Une table de conversion, permettant de passer d'une unité énergétique à une autre, est présentée ci-dessous:

unité	tep	tec	Joule	kWh PCI	BTU	m ³ de gaz naturel	tonne bois 20% hum
tep	1	1,43	4,19E+10	11 628	39 675 657	1 200	2,98
tec	0,700	1	2,93E+10	8 136	27 759 690	840	2,09
Joule	2,39,E-11	3,41E-11	1	2,78E-07	0,000948	2,87E-08	7,12E-11
kWh PCI	8,60,E-05	1,23E-04	3,60E+06	1	3 412	0,10	2,56E-04
BTU	2,52,E-08	3,60,E-08	1 055	0,00029	1	3,02E-05	7,51E-08
m ³ de gaz nat.	0,00083	0,00119	3,49E+07	9,690	33 063	1	0,00248
t bois 20% humidité	0,335	0,479	1,40E+10	3 900	13 307 363	402	1

Sources :

[\[005\] Association Bilan Carbone - Tableur Bilan Carbone](#)

3.1.2 Fossiles

Le terme "combustibles fossiles" désigne tous les **produits bruts ou dérivés issus du pétrole, du gaz naturel 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 globale

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

- Des charbons (tourbe, lignite, houille, anthracite...)

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 classifier 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

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.

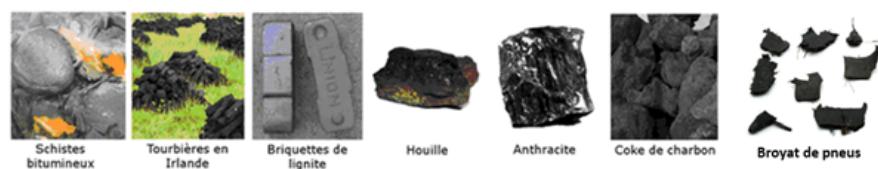
- Des cokes de charbon (coke de houille, coke de lignite) et le coke de pétrole

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.

- Des déchets dont une partie est issue de l'industrie pétrochimique (plastiques, pneumatiques, ordures ménagères)

Les combustibles de substitution issus des pneus usagés sont plébiscités depuis de nombreuses années dans les industries énergivores, et plus particulièrement en cimenterie. Grâce à son pouvoir calorifique élevé, entre celui du charbon et du pet coke, il se révèle être très intéressant en substitution des énergies fossile. En plus d'être un combustible alternatif, le pneu usagé possède l'intérêt de contenir une partie de carbone biogénique. En effet, la gomme de celui-ci est en partie issu de l'hévéa, qui est cultivé pour la production de caoutchouc naturel.



Émissions amont

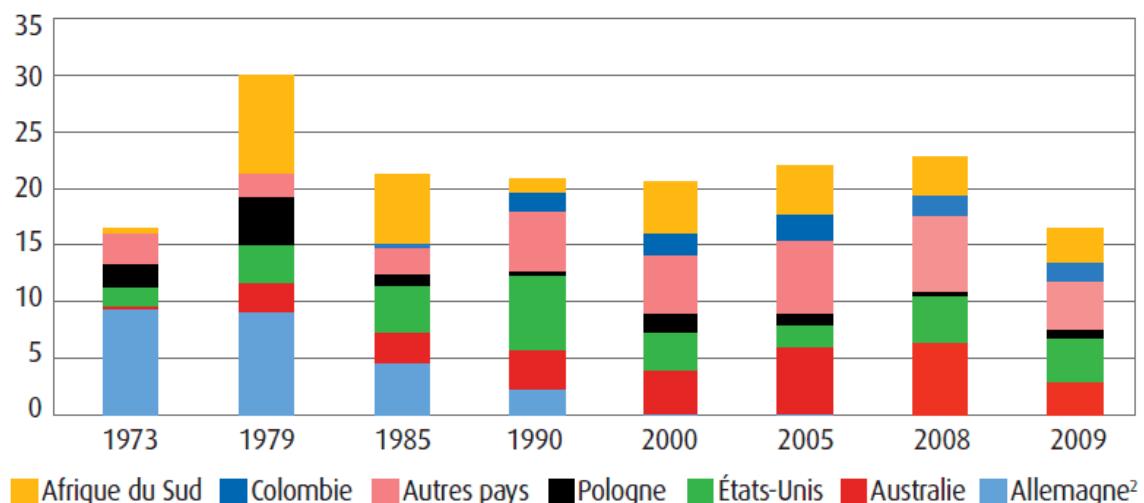
Cas des charbons & autres combustibles fossiles solides hors déchets

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 CO₂ 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 tpe.

Importations de charbon¹ par pays d'origine

Millions de tonnes



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 (CO ₂ e/TJ PCI)	Total (kg CO ₂ e/kWh PCI)	Total (kg CO ₂ e/Tep)			
	Extraction et process		Transport							
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄						
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, soit 12,4 tCO₂e/TJ..

Cas des déchets : pneumatiques usagés

Les émissions « amont » des pneumatiques usagés sont issues de l' « Analyse de cycle de vie pour les différentes voies de valorisation des pneus usagés », réalisée par [Aliapur 2009](#).

Pour cela, le cheminement des PUNR depuis le gisement jusqu'à la valorisation a été reconstitué, soit :

- **Collecte des pneus usagés des détenteurs vers les centres de tri.** Les véhicules utilisés assurent un transport en « vrac » ou en « benne » ;
- **Transfert des PUNR des centres de tri vers les plateformes de transformation.** C'est au niveau de ces plateformes que les PUNR sont convertis en broyats et en granulats. Dans un nombre important de cas, ce transfert n'a pas lieu car le centre de tri et la plateforme de transformation sont intégrés et se trouvent en un même lieu ;
- **Transport des PUNR vers les valorisateurs.** Deux cas peuvent se présenter dans cette dernière étape : 1) Si la valorisation a lieu en France, les PUNR sont directement acheminés vers les valorisateurs. 2) Si la valorisation a lieu au Maroc, en Finlande ou en Suède (cimenterie, chaufferie urbaine), les pneus transitent au préalable par des plateformes de transit (préacheminement) avant envoi par bateau vers les valorisateurs (acheminement principal), puis éventuellement sont transportés sur une courte distance (post-acheminement).

Hormis le transport, les émissions dues au broyage des pneus usagés ont également été modélisées. En effet, les pneus entiers doivent être broyés avant d'être valorisés dans certaines filières : cimenterie, chaufferie urbaine, bassins infiltrants, acieries et fonderies. Le broyage consiste en une découpe des pneus sous forme de fragments de taille d'une dizaine de centimètres environ.

Les éléments suivants ont été pris en compte dans la modélisation de l'étape de broyage :

- Consommations énergétiques et consommables : électricité, gaz naturel, diesel, GPL, huiles
- Eau : refroidissement

Sachant que pour 1 t de PUNR entrant, la quantité de broyats produite est indépendante de la technologie utilisée (rendement de 100%).

Il ressort que l'étape de broyage a une contribution limitée au bilan global des voies de valorisation, elle est considérée comme négligeable devant les impacts dus aux transports.

In fine, pour un mix combustible moyen France, nous retenons un ordre de grandeur d'émission amont de 1,55 kg eq. CO₂/GJ PCI.

Emissions combustion

Cas des charbons & autres combustibles fossiles solides hors déchets

Les facteurs d'émission par unité d'énergie (CO₂/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 [101](#)
- Du rapport OMINEA 2011 du CITEPA pour la France [102](#)
- De la décision 2007/589/CE de 2007 pour l'anthracite [103](#)

La part CH₄ et N₂O de ces facteurs d'émissions sont des valeurs moyennes pour sources fixes.

Combustibles fossiles solides	Amont (tCO ₂ e/TJ)	Combustion (t de gaz /TJ)			Combustion (tCO ₂ e/TJ)
		CO2f	CH4	N2O	
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

Facteurs d'émissions liés à la combustion en tCO₂e/TJ PCI

Cas combustibles fossiles solides type déchets : pneumatiques usagés

Deux typologies de pneumatiques sont proposées : véhicule léger & poids lourd, qui représentent plus de 93% des volumes collectés chaque année. A noter que la proportion entre les pneus VL et PL est stable depuis plusieurs années, avec des moyennes respectives de 83% / 17% sur la période 2015-2018, permettant in fine la proposition d'un contenu moyen.

Aliapur a réalisé en 2019 une campagne de caractérisation similaire à deux campagnes précédentes de 2008 et 2015, permettant de confirmer les évaluations des contenus GES par échantillonnage. On observe une bonne stabilité des différents facteurs d'émission sur cette période de dix ans, notamment sur la part des émissions liées au carbone non biogénique.

En kgCO₂ / GJ		CO₂ fossile	CO₂ biogénique
Pneus France	VL	62	27
Pneus France	PL	43	45
Mix France	moyen	59	30

Facteurs d'émissions

Cas des charbons & autres combustibles fossiles solides hors déchets

On peut convertir les facteurs d'émissions massiques ci-dessus en facteurs d'émissions énergétiques grâce aux [PCI](#). On calcule les totaux amont + combustion suivants :

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

Cas combustibles fossiles solides type déchets : pneumatiques usagés

In fine, les facteurs d'émissions proposés se décomposent de la manière suivante :

En kgCO ₂ /GJ	Amont	Combustion – CO ₂ fossile	Combustion – CO ₂ b
Véhicules légers	1,55	62	27
Poids lourds	1,55	43	45
Mix moyen France	1,55	59	30

L'incertitude sur ces valeurs est proposée à 20%, correspondant à l'écart-type maximal observé sur la partie biogénique des pneus PL. Les autres facteurs d'émission ont des incertitudes plus faibles, inférieures à 10%.

Données « Label E+/C- »

E+ Dans le cadre des réflexions sur la Performance Environnemental des Bâtiments Neufs (PEBN), des travaux ont été menés pour établir un référentiel « Energie-Carbone » à mettre en œuvre dans le cadre de l'expérimentation nationale du Label E+/C-. Les facteurs d'émissions associés ne sont à utiliser que dans ce cadre très précis.

Plus d'informations sur le [site de l'expérimentation](#).

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 OMINÉA 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
- [943] MEEM - MLHD - Référentiel Bâtiment « Energie-Carbone » - Label E+/C-

3.1.2.2 Liquides

Description globale

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 :

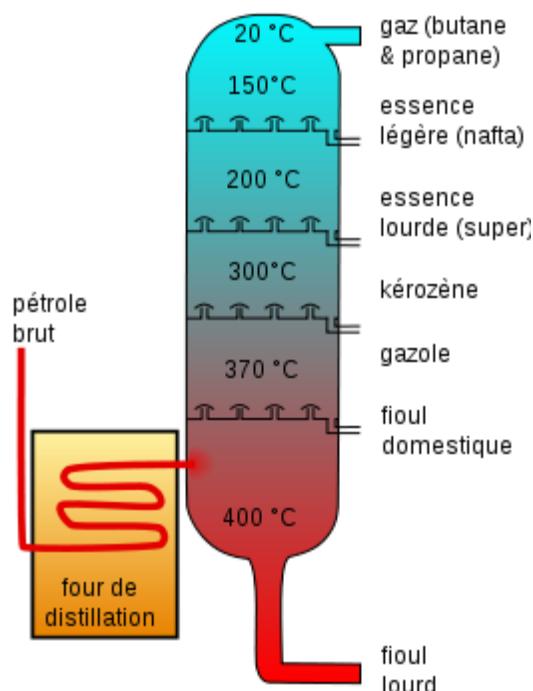


Illustration simplifiée d'une colonne de distillation de raffinerie

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

Les gaz "liquéfiés" peuvent aussi constituer une source de combustibles liquides fossiles (GPL, GNV, GNL, GNC).

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 (d'origine initialement liquide ou de gaz liquéfiés) pour les transports
- Usage spéciaux

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 Lourd - commercial (1)	Combustible utilisé notamment dans les centrales thermiques
Usage source fixe	Fioul lourd de substitution	Fioul recyclé à partir de déchets hydrocarbures
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.
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)	Le SP95 et le SP98 engendrent les mêmes émissions de GES.
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 Liquifiée (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	GNC, Gaz Naturel Comprimé pour véhicule routier	Gaz naturel comprimé à 200 ou 250 bars.
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	Carburateur 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 rare cas
Usages spéciaux	Naphtha	

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, kérostone, 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 émissions amont du CHV n'étant pas connu, elles sont assimilées par défaut à celles du fioul lourd. Les émissions directes de CO₂ sont tirées de l'ETS.
- Pour le GNL, les facteurs d'émissions par unité d'énergie (CO₂/J) sont issus d'une étude ACV réalisé par GDF-Suez en 2007 et soumise à expertises externes (revue critique réalisée par Armines)[**120**](#). GDF-Suez a effectué son ACV pour déterminer précisément la composition chimique du gaz distribué en France (et notamment sa teneur en CH₄).
- Le facteur d'émission du GNC (Gaz Naturel Comprimé pour véhicule routier) provient d'une proposition du consortium de gaziers (GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY) sur la base de l'étude « Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière - GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY – Quantis / ENEA. 2018 » dont sont issus les facteurs d'émission du « Gaz Naturel - 2015 - mix moyen » disponibles dans la Base Carbone®[**124**](#) à laquelle ont été ajoutées les étapes permettant la production et distribution du GNC.

| Le facteur d'émissions du fioul lourd de substitution est proposé par VALORTEC. Cette entreprise recycle les déchets hydrocarburés et produit grâce à eux, un fioul de substitution VALORTEC ayant un pouvoir calorifique identique à celui du fioul lourd commercial. Les émissions produites lors de la combustion de ce fioul sont identiques à

celles des fiouls lourds, seules les émissions de la phase amont sont modifiées. Cette donnée est spécifique au fioul VALORTEC.

Produits raffinés purs (hors gaz liquéfiés)

Emissions liées à la combustion

Pour les principaux combustibles fossiles liquides, les facteurs d'émission énergétique (part CO_{2f}) 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 CH₄ et de N₂O 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 _{2e} / GJ PCI)	
	Extraction et process		Transport		Raffinage		Distribution			
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄		
Pétrole brut	4,42	0,037	0,90						6,2	
Fioul domestique (FOD)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012	1,00		15,9	
Fioul lourd (FOL)	4,42	0,037	0,90		5,13		1,03		12,4	
Essence pure	4,34	0,036	0,90		6,78	0,010	1,00		14,2	
Diesel / gazole pur	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012	1,00		15,9	
Butane	2,96	0,014	0,95	0,082	2,62	0,004	1,14		10,2	
Propane	2,93	0,013	0,94	0,082	2,59	0,004	1,13		10,1	
Kérosène (jet A ou A1)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			14,9	
Carburateur large coupe (jet B)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			14,9	
Essence aviation (AvGas)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			14,9	
bitume	2,96		2,52		1,56		1,03		8,1	
Naphta	4,22	0,036	0,90		4,21	0,006	1,00		11,4	
Huile de schiste	126,31						1,00		127,3	

Facteurs d'émissions amont des principaux combustibles fossiles liquides

Emissions amont et combustion

Périmètre France

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

Facteurs d'émissions amont et combustion des principaux 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 _{2e} 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	3,075
Carburateur 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 principaux combustibles fossiles liquides pour le périmètre France

Périmètre Europe

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

*Facteurs d'émissions **amont et combustion** des principaux 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 _{2e} 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
Carburateur 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 principaux combustibles fossiles liquides pour le périmètre Europe*

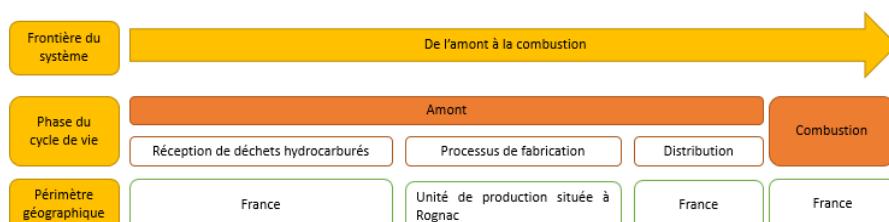
Produits raffinés de substitution

Le site VALORTEC Rognac, créé en 2006, est dédié à des opérations de tri, de reconditionnement et de valorisation de déchets dangereux. Les activités du site sont divisées en deux secteurs selon les types de déchets reçus : le secteur solide & le secteur liquide.

Ici, nous nous intéressons au secteur liquide dédié à la réception de déchets hydrocarburés liquides composés de mélanges d'eaux, d'hydrocarbures et de sédiments. Ces mélanges sont traités afin d'élaborer le fioul de substitution VALORTEC ayant des caractéristiques assimilables à celles d'un fioul lourd commercial à basse teneur en soufre.

Les émissions produites lors de la combustion de ce fioul sont identiques à celles des fiouls lourds, seules les émissions de la phase amont sont modifiées. Celles-ci ont été estimées à partir du Bilan GES du site de ROGNAC. Afin que le calcul du FE du fioul de substitution VALORTEC ne soit pas impacté par les émissions liées à l'activité solide du site, un calcul multi-site a été réalisé :

- Une règle de coupure a été utilisée pour les consommations d'énergies. En effet les deux secteurs (liquide et solide) sont entièrement indépendants et le suivi des consommations sur le site permet de quantifier les utilisations de chacun.
- Lorsque les sources d'émissions sont communes aux deux activités sans distinction/fractionnement possible, l'ensemble des émissions est comptabilisé dans le bilan GES du secteur liquide (fonction support, contrôle périodique, protection incendie, ...).



Périmètre du facteur d'émission « Fioul de substitution VALORTEC »

In fine, le facteur d'émissions pour le fioul de substitution VALORTEC est le suivant :

FE Fioul de substitution VALORTEC en kgCO ₂ e/kg de fioul	
Combustion	3,14
Amont	0,128
Total	3,265

Son incertitude est évaluée à 22%.

Gaz liquéfiés

Les gaz liquéfiés décrits dans ce chapitre sont utilisés principalement pour un usage de mobilité. Ils sont à base de méthane (GNV, GNL, GNC) ou de propane / butane (GPL).

- 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 et à 60% du traitement du gaz naturel (voir [combustible fossile gaz](#)).
- Le **GNV**, Gaz naturel pour véhicules est principalement constitué de méthane sous forme compressé (GNC) ou liquide (GNL). Le GNV, qui est devenue l'appellation générique, est, dans le langage courant, assimilé au GNC
- Le **GNC**, Gaz Naturel Comprimé est stocké sous forme de gaz naturel comprimé à 200 ou 250 bars de pression.
- Le **GNL**, Gaz Naturel Liquéfié est la version liquide du GNV : il s'agit de méthane refroidi à - 163°C pour être transporté. Cet état liquéfié permet de stocker une grande quantité d'énergie en divisant par 600 le volume initial, et donc d'acheminer d'importantes quantités de gaz naturel par voie maritime. Il représentait un peu plus du quart des importations brutes (27,6 %) en 2010. Soumis à des contraintes pour l'utilisateur (ex : port d'EPI) et nécessitant des stations d'approvisionnement spécifiques, il n'est en général jamais consommé tel quel, à l'exception de quelques véhicules lourds.

Emissions amont

- GNL

Combustibles	t de gaz par TJ PCI										Total Amont (tCO2e/TJ PCI)	
	Extraction/ production /traitement		Transport intern. Pipeline		Liquéfactio n		Distributi on		Reste du process			
	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4		
Gaz naturel liquéfié (Fr)	2,0	0,0	1,0	0,1	5,2	0,0	1,5	0,0	0,7	0,0	13,6	

Facteurs d'émissions amont du GNL (/TJ PCI)

Le rapport OMINÉA 2011 du CITEPA pour la France¹⁰² 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 1999¹²¹.

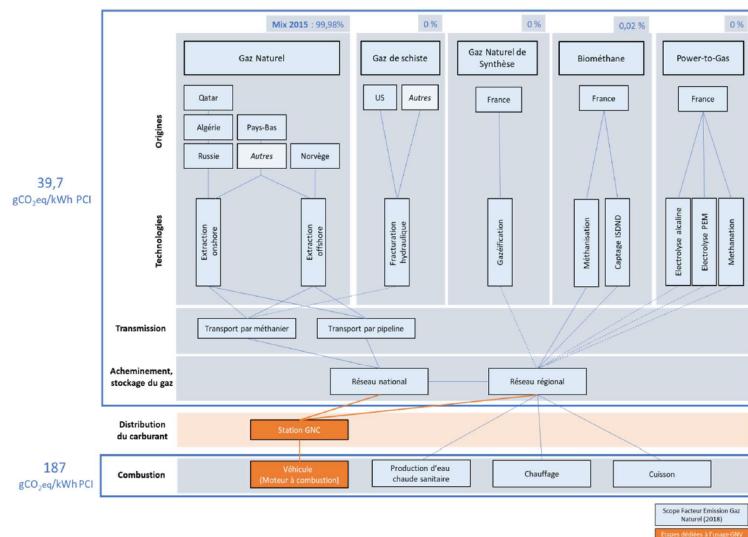
Combustibles	Total (kg CO2e/kW h PCI)	Total (kg CO2e/Tep)	PCI en GJ/t	Total en Kg CO2e/t	Masse volumique (kg/m ³)	Total en kgCO2e/m ³
Gaz naturel liquéfié	0,049	570	49,6	673		

Facteurs d'émissions amont du GNL (unités énergétiques, massiques et volumiques) pour le périmètre France

■ GNC

Les émissions « amont » du GNC, Gaz Naturel Comprimé pour véhicule routier, » sont issues de l'étude « Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière - GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY – Quantis / ENEA. 2018 »[124](#) et sont représentatives de l'approvisionnement et des technologies utilisées en 2015.

Les valeurs proposées prennent en compte l'ensemble des sources d'émissions des étapes couvertes par le facteur d'émission du gaz naturel consommé en France (Production et transformation, transmission, stockage, transport et distribution, combustion du gaz naturel), ainsi que l'étape supplémentaire « Station GNC » nécessaire à l'utilisation en véhicule (compression du gaz naturel, stockage en station et distribution aux véhicules).



Périmètre de comptabilisation des émissions (Source : « Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière » - GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY – Quantis / ENEA) [124](#)

Les émissions « Amont » spécifiques à la station GNV incluent :

- La consommation électrique moyenne d'une station GNC estimée à 0,267 kWh par kilogramme de GNC distribué en France.
- Les émissions fugitives de la station GNC estimées à 0,09 % du gaz distribué.

Elles sont estimées à 0,003 kg de CO₂ eq, pour 1kWh PCI de GNC consommé en France et sont à cumuler avec l'amont de la fabrication/transport/ distribution du gaz naturel (cf. chapitre « gaz naturel »).

Emissions amont et combustion

■ GNL

Combustibles	TOTAL Amont (tCO ₂ e/TJ PCI)	Combustion (t de gaz /TJ PCI)			TOTAL combustion (tCO ₂ e/TJ PCI)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Gaz naturel liquéfié	13,6	55,8	0,005	0,0025	56,7

Facteurs d'émissions amont et combustion du GNL (tCO₂e/TJ PCI) pour le périmètre France

Pour le périmètre européen la source utilisée pour les contenus énergétiques par unité de poids est la décision 2007/589/CE¹⁰³ et la directive ETS¹⁰¹.

Combustibles	Total amont + combustion (tCO ₂ e/TJ PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/kWh PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/Tep PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/t PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/m ³)
Gaz naturel liquéfié	70	0,253	2950	3483	

Facteurs d'émissions amont et combustion du GNL (tCO₂e/ unité énergétique – PCI-, massique et volumique) pour le périmètre France

■ GNC

Les résultats, issus d'une Analyse de Cycle de Vie¹²⁴ sont les suivants :

Combustibles	Total amont + combustion (tCO ₂ e/TJ PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/kWh PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/Tep PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/t PCI)	Total amont + combustion (kg CO ₂ e/m ³)
Gaz naturel Comprimé	63,97	0,230	2677,7	2,957	2,337

Facteurs d'émissions amont et combustion du GNC (tCO₂e/ unité énergétique – PCI-, massique et volumique) pour le périmètre France

Cas spécifique des carburants à la pompe (filières essence et diesel)

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](#).

(*) Cette valeur moyenne, issue des critères de durabilité de la directive EnR, ne s'appuie donc pas sur des résultats particuliers (ex : ACV des productions françaises de biocarburant), mais sur des cas **généraux** (utilisation de biocarburants importés, approvisionnements multiples, etc) représentatifs des carburants à la pompe.

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 kgCO₂e / GJ PCI) et du diesel (91,6 kgCO₂e / GJ PCI).
2. Nous **appliquons la règle des 65%** sur cet impact global. Nous obtenons le facteur d'émissions en équivalent CO₂ du biodiesel pur (57,4 CO₂e/GJ) et de bioéthanol pur (59,5g CO₂e/GJ).
3. Pour la part amont des émissions, nous conserverons les valeurs d'émissions pour les gaz **CH₄** et **N₂O** qui viennent de l'**étude ACV biocarburant 2010 (BIOIS)**.
4. Nous déduisons la valeur du **CO₂ par différence** entre le total (CO₂e) et ces deux autres gaz.

D'un point de vue général, la 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 :

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

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 _{2e} / GJ				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	73	0,15	0,894	74,04	0
Amont	14,1	0,1	0,0	14,2	0
TOTAL	87,1	0,25	0,894	88,24	0

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 _{2e} / GJ				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	0	0	0	0	71,7
Amont	44,7	1,4	11,3	57,4	-71,7
TOTAL	44,7	1,4	11,3	57,4	0

facteur d'émissions du bioéthanol pur

Nous disposons des taux d'incorporation suivant :

Tx d'incorporation	Essence SP 98	Essence SP 95	Essence SP 95 - E 10	Essence E85
volumique	7,063 %	6,316 %	9,588 %	72,782 %
énergétique	4,80 %	4,26 %	6,53 %	63,70 %

taux d'incorporation en bioéthanol

Nous obtenons alors les carburants à la pompe suivant :

Super carburant sans plomb (95, 95-E10, 98)	en kgCO _{2e} / litre				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	2,24	0,02	0,02	2,28	0,12
Amont	0,47	0,04	0,02	0,53	-0,12
TOTAL	2,71	0,05	0,04	2,80	0

facteur d'émissions de l'essence à la pompe

Essence E85	en kgCO _{2e} / litre				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	0,66	0,00	0,01	0,67	1,11
Amont	0,81	0,03	0,17	1,01	-1,11
TOTAL	1,47	0,04	0,18	1,68	0

facteur d'émissions de l'essence E85

Filière DIESEL

Le facteur d'émissions du diesel pur (gazole) est :

gazole pur	en kgCO _{2e} / GJ				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	75	0,15	0,89	76,04	0
Amont	15,8	0,1	0,0	15,9	0
TOTAL	90,8	0,25	0,89	91,94	0

facteur d'émissions du gazole pur

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

biodiesel pur	en kgCO _{2e} / GJ				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	0	0	0	0	69,9
Amont	43,35	0,86	15,6	59,8	-69,9
TOTAL	43,4	0,9	15,6	59,8	0

facteur d'émissions du biodiesel pur

Nous disposons des taux d'incorporation suivant :

Tx d'incorporation	Gazole (B7)	Gazole (B30)
volumique	6,74 %	30%
énergétique	6,78 %	29%

taux d'incorporation en biodiesel

Nous obtenons alors les carburants à la pompe suivant :

Gazole routier 2015	en kgCO _{2e} / litre				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	2,48	0,00	0,02	2,51	0,16
Amont	0,58	0,04	0,03	0,66	-0,16
TOTAL	3,06	0,04	0,06	3,16	0

facteur d'émissions du gazole routier

Diesel B30 (valeur 2009)	en kgCO _{2e} / litre				
	CO _{2f}	CH ₄	N ₂ O	TOTAL	CO _{2b}
Combustion	1,86	0,00	0,02	1,88	0,69
Amont	0,82	0,01	0,15	0,98	-0,69
TOTAL	2,68	0,01	0,17	2,87	0

facteur d'émissions du diesel B30

Données « Label E+/C- »



Dans le cadre des réflexions sur la Performance Environnementale des Bâtiments Neufs (PEBN), des travaux ont été menés pour établir un référentiel « Energie-Carbone » à mettre en œuvre dans le cadre de l'expérimentation nationale du Label E+/C-. Les facteurs d'émissions associés ne sont à utiliser que dans ce cadre très précis.

Plus d'informations sur le [site de l'expérimentation](#).

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 OMINÉA 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* (Les PRG ont été actualisés)
- [124]. *« Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière » - GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY de 2018*
- [943] *MEEM - MLHD - Référentiel Bâtiment « Energie-Carbone » - Label E+/C-*

3.1.2.3 Gaz

Description

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

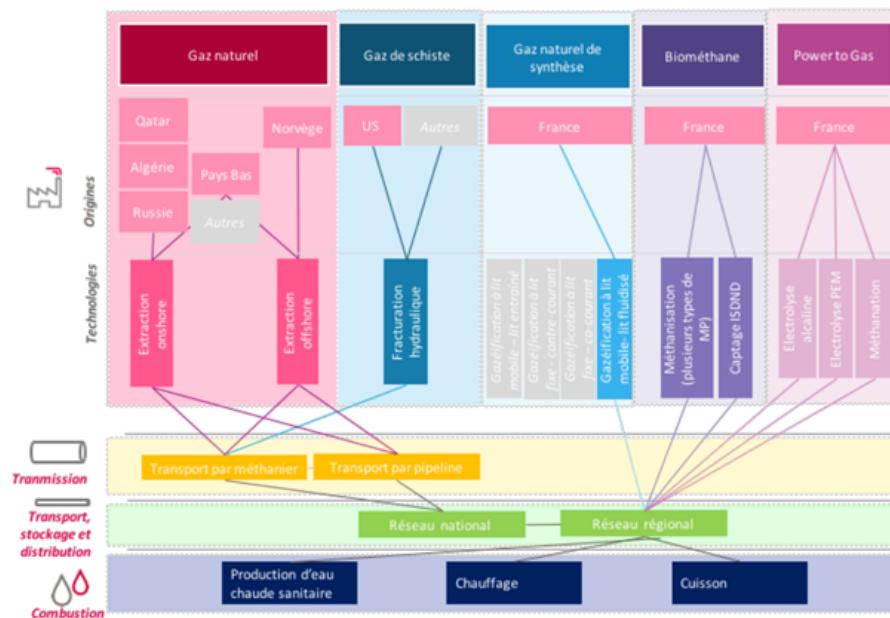
- Le **gaz naturel** est le combustible fossile composé d'un mélange d'hydrocarbures présents naturellement dans des roches poreuses sous forme gazeuse. Il désigne aussi le **gaz de réseau** (le gaz naturel extrait du sol est traité en plusieurs sous-produits, le principal étant le gaz naturel réseau). Dans la Base Carbone ®, les facteurs d'émissions se rapportent à ce gaz de réseau (en France, sa composition est à 88% massique du méthane)¹²³.
- Des **gaz issus d'industries spécifiques** : gaz de haut fourneau, gaz de pétrochimie (raffinerie, cokerie).
- Le **butane** et le **propane**.

Nota : les gaz liquéfiés à base de méthane (GNV, GNL, GNC) ou de propane / butane (GPL) sont décrits dans le chapitre « [combustible . fossile . liquide](#) »

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, les facteurs d'émissions sont issus de l'étude « Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière » - GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY de 2018¹²⁴. L'étude quantifie les émissions « carbone » de l'extraction/production de gaz jusqu'à son utilisation chez le consommateur en France métropolitaine pour l'année 2015.



Périmètre de comptabilisation des émissions (Source : « Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière » - GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY)

Le **périmètre** de comptabilisation inclut l'exploration / production, la transmission (transport du lieu d'extraction aux frontières françaises), le transport par gazoduc (pour les filières concernées) ou par méthanier (notamment pour la filière LNG incluant la liquéfaction, le transport par méthanier et la regazéification), le transport et la distribution se différenciant par la pression du réseau, et la combustion (différentes modalités).

Les résultats des **filières** "Gaz naturel conventionnel" (transport par pipeline ou par méthanier) et "Biométhane" sont utilisées et rentrent en compte dans le calcul du facteur d'émission "Gaz Naturel Mix France".

L'ensemble des **processus et flux** ont été intégrés (excepté les activités considérées comme négligeables telles que les activités tertiaires des entreprises (Siège, R&D) ou les étapes de prospection de gaz fossile).

/!\ Point de vigilance : les auteurs utilisent dans leurs calculs, un facteur d'émission du biogaz comptabilisant différentes émissions évitées (ce qui le rend, en l'état, non éligible à la Base Carbone®). Compte tenu de la faible part de biogaz dans le réseau en 2015 (0,02%), ces choix n'ont toutefois aucune incidence sur le poids carbone final du « mix méthane » d'où la validation du FE global « gaz naturel ».

- Pour les gaz de haut fourneau et gaz de cokerie on utilise la réglementation ETS pour les émissions de CO_{2f} et le rapport OMINÉA 2011 du CITEPA¹⁰² pour les émissions de CH₄ et N₂O
- Pour le butane et le propane, voir le [chapitre sur les combustibles fossiles liquides](#)

Pour l'échelle européenne, les données de l'IPCC^{[122](#)} sont retenues pour les émissions liées à la combustion.

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

Résultats "Gaz naturel France"

Les résultats, en valeurs absolues, par étape du cycle de vie pour l'année 2015 pour la combustion d'1kWh PCI de gaz naturel du réseau en France (rendement de la combustion : 100%) sont : [124](#)

Indicateur	Production (kg CO2e/kWh PCI)	Transmissio n (kg CO2e/kWh PCI)	Transport (kg CO2e/kWh PCI)	Distribution (kg CO2e/kWh PCI)	Combustion (kg CO2e/kWh PCI)	Total (kg CO2e/kWh PCI)
Changement climatique	0,0153	0,0206	0,00277	0,00148	0,187	0,227

Poids carbone par étape de Cycle de Vie du "gaz naturel - Mix France 2015" [124](#)

La conversion en différentes unités se fait à l'aide [des facteurs de conversion énergétiques](#).

Combustible	Total amont + combustion					
	GJ (PCS)	GJ (PCI)	kWh (PCS)	TEP (PCI)	TEP (PCS)	m ³
Gaz naturel "Mix France"	56,85	63,10	0,2046	2641	2380	2,201

Facteurs d'émissions amont + combustion du gaz naturel pour le périmètre France

Résultats "Autres Gaz" (hors Gaz naturel "Mix France")

Emissions amont

Combustibles	t de gaz par TJ PCI										Total Amont (tCO2e/TJ PCI)	
	Extraction/ production /traitemen t		Transport intern. Pipeline		Liquéfactio n		Distributi on		Reste du process			
	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4	CO2	CH4		
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 France¹⁰² 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 1999¹²¹.

Combustibles		Total (kg CO2e/kW h PCI)	Total (kg CO2e/Tep)	PCI en GJ/t	Total en Kg CO2e/t	Masse volumique (kg/m ³)	Total en kgCO2e/m ³
Eur.	Gaz naturel	0,037	427	48	488		

*Facteurs d'émissions amont des combustibles fossiles gazeux
(unités énergétiques, massiques et volumiques) pour le périmètre 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 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/CE¹⁰³ et la directive ETS¹⁰¹.

Combustibles		Total amont + combustion (tCO2e/TJ PCI)	Total amont + combustion (kg CO2e/kWh PCI)	Total amont + combustion (kg CO2e/Tep PCI)	Total amont + combustion (kg CO2e/t PCI)	Total amont + combustion (kg CO2e/m ³)
Fr.	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

(tCO₂e/ 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.

Données « Label E+/C- »



Dans le cadre des réflexions sur la Performance Environnementale des Bâtiments Neufs (PEBN), des travaux ont été menés pour établir un référentiel « Energie-Carbone » à mettre en œuvre dans le cadre de l'expérimentation nationale du Label E+/C-. Les facteurs d'émissions associés ne sont à utiliser que dans ce cadre très précis.

Plus d'informations sur le [site de l'expérimentation](#).

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
- [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
- [123] CRIGEN. (2012). Analyse de Cycle de Vie de l'ensemble des activités de GrDF en 2012. GRDF.
- [124]. « Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière » - GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY de 2018
- [943] MEEM - MLHD - Référentiel Bâtiment « Energie-Carbone » - Label E+/C-

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 concerne 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 CO₂ 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 CO₂ est restitué à l'utilisateur de la Base Carbone dans deux champs distinct :

- Le dioxyde de carbone fossile : CO_{2f}
- Le dioxyde de carbone biomasse : CO_{2b}

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'un 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** correspondent 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'usager. 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 cagettes 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 CH₄ dépendantes de la qualité de l'équipement de combustion.

La combustion n'émet pas de CO_{2f} (fossile), mais émet du CO_{2b} (biogénique) : voir le [chapitre sur le CO2 biogénique](#) pour comprendre la prise en compte du 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 a 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 CO₂ "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 XIXème siècle¹³³). 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'œuvre).
- 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ émis lors de la combustion (par exemple du CH₄),
- des émissions de gaz à effet de serre liées à la production du combustible (fabrication des engrains 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 CH₄ 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 CH₄ / GJ de combustible²). 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.

Données « Label E+/C- »

 Dans le cadre des réflexions sur la Performance Environnemental des Bâtiments Neufs (PEBN), des travaux ont été menés pour établir un référentiel « Energie-Carbone » à mettre en œuvre dans le cadre de l'expérimentation nationale du Label E+/C-. Les facteurs d'émissions associés ne sont à utiliser que dans ce cadre très précis.

Plus d'informations sur le [site de l'expérimentation](#).

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](#)

[\[943\] MEEM - MLHD - Référentiel Bâtiment « Energie-Carbone » - Label E+/C-](#)

3.1.3.2 Liquides

Description

Les combustibles liquides organiques sont composés par exemple :

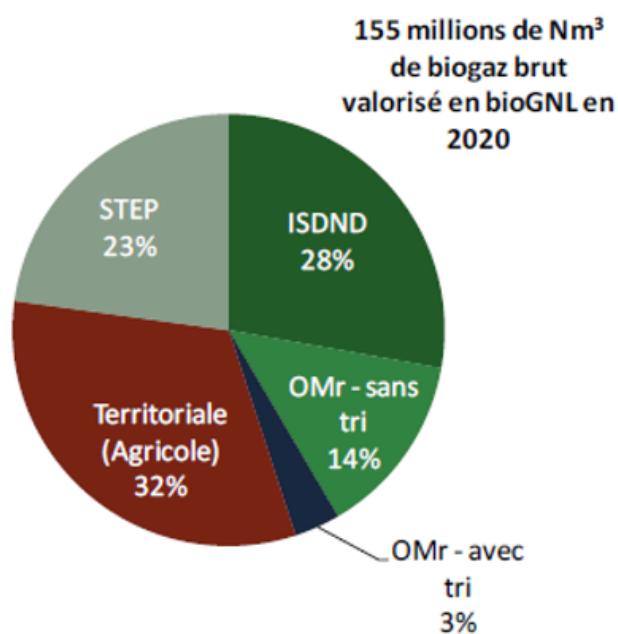
- des gaz liquéfiés comme le BioGNL ,
- Des biocarburants provenant des filières "éthanol" et des filières "huiles végétales"

Le BioGNL

L'étude d'Analyse de Cycle de Vie « Evaluation de l'empreinte Carbone du Bio GNL via épuration cryogénique de biogaz » - Mars 2016 – ENEA QUANTIS, commanditée par SUEZ, propose des facteurs d'émissions pour le BioGNL.

Les données utilisées datent de 2016 et se basent sur l'état des lieux estimé en 2020 [\[142\]](#):

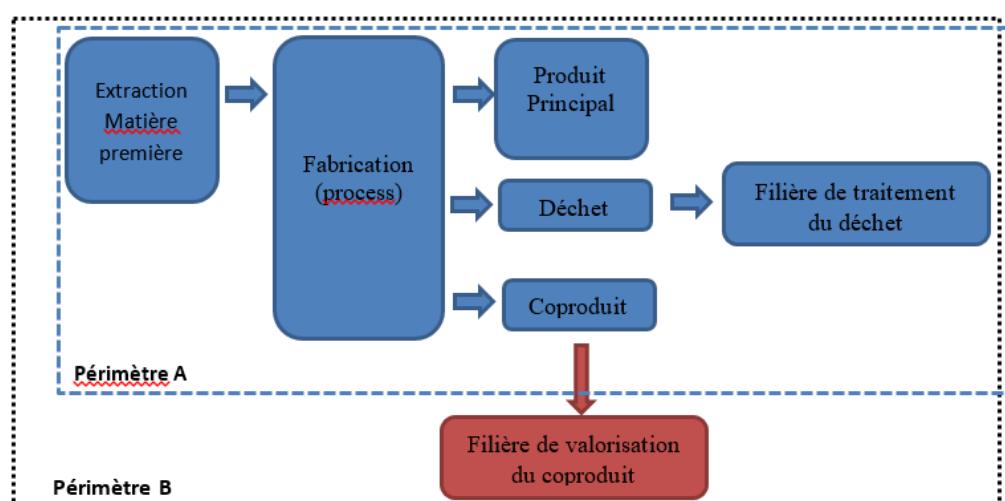
- Le mix de production envisagé pour le calcul des facteurs correspond à la répartition des différentes filières de production pour le bioGNL à l'horizon 2020 ;
- L'épuration cryogénique étant la technologie de purification et de liquéfaction largement prédominante dans le cadre de la production du bioGNL, les facteurs d'émissions sont évalués en prenant uniquement en compte l'épuration par cryogénération.



Mix de répartition des filières de production du BioGNL en 2020 [\[142\]](#):

Les facteurs d'émissions proposés et retenus dans la Base Carbone® intègrent les émissions suivantes (périmètre A ci-dessous) :

- **Amont** : uniquement les étapes additionnelles mises en œuvre spécifiquement pour répondre à la production de biogaz. Cela comprend les émissions liées à la récupération de matières premières (OM avec ou sans tri, boues de STEP, déchets de la filière territoriale et collective agricole, CIVE...), la méthanisation, l'épuration cryogénique du biogaz, le transport et stockage ;
- **Combustion** : utilisation (moteur ou chaudière).



Périmètre de comptabilisation de l'étude [\[142\]](#).

Dans le cadre de l'étude réalisée, une évaluation élargie intégrant la prise en compte des bénéfices induits est proposée (périmètre B ci-dessus). Les émissions liées à la valorisation des coproduits (CO_2 liquide produit lors du process, digestat en lieu et place d'engrais classique) apparaissent alors en émissions négatives.

En g $\text{CO}_{2\text{eq}}$ /kWh _{PCI}	$\text{CO}_{2\text{f}}$	$\text{CH}_{4\text{F}}$	$\text{CH}_{4\text{b}}$	N_2O	Autres gaz	$\text{CO}_{2\text{b}}$
Combustion	0	5	0	2	0	201
Amont	13	47	0	3.39	16.1	61
Autre* (bénéfices induits)	-45	-0.9	0	-0.025	-3.02	-1

(* non inclus dans la Base Carbone®)

Nous rappelons que dans la Base Carbone®, ne sont présentées que les émissions liées à la fabrication / conception du produit (périmètre A). Les émissions liées à la valorisation de coproduits qui seraient ensuite utilisés sur le marché en lieu et place de produits classique ne sont pas comptabilisées hors valorisation des déchets.

Biocarburants

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.

Pour retrouver les facteurs d'émissions de l'ensemble des carburants disponibles à la pompe, merci de vous référer au chapitre "[Cas spécifique des carburants à la pompe \(filieres essence et diesel\)](#)".

Construction des facteurs d'émission

Ils se basent sur des résultats d'études ACV des biocarburants consommés en France, (publiée par l'ADEME, le MEEDDM, le MAAP et FranceAgrimer en avril 2010) et sur l'arrêté du 11 mai 2012 relatif aux contenus énergétiques des biocarburants et carburants.

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 installées 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 scénarios 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'autre¹⁴⁰ :

- Carburants issus des filières alcools éthers : de 20 à 80 gCO₂e / MJ
- Carburants issus des filières huiles esters : de 10 à 40 gCO₂e / 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 gCO2e / MJ	Facteur d'émission en gCO2e/kwh	Facteur d'émission en kgCO2e /Tonne	Facteur d'émission en gCO2e / kg
Amont				
Ethanol	37 gCO2e / MJ	132 gCO2e / kWh	990 kgCO2e/Tonne	990 gCO2e / kg
EMHV	32,3 gCO2e / MJ	116,2 gCO2e / kWh	1199 kgCO2e/Tonne	1199 gCO2e / kg
Combustion				
Ethanol	0 gCO2e / MJ	0 gCO2e / kWh	0 kgCO2e/Tonne	0 gCO2e / kg
EMHV	0 gCO2e / MJ	0 gCO2e / kWh	0 kgCO2e/Tonne	0 gCO2e / 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 CO2 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, drêches 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 scénarios, 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 scénarios 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 supérieure. 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 scénarios 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	
Amont	CAS maximum.	CAS optimiste	CAS maximum	CAS optimiste	CAS maximum.	CAS optimiste	CAS maximum.	CAS optimiste
Ethanol	220 gCO2e	37 gCO2e	825 gCO2e	128 gCO2e	6105 kgCO2e	935 kgCO2e	6105 gCO2e	935 gCO2e
EMHV	220 gCO2e	18 gCO2e	788 gCO2e	55 gCO2e	8122 kgCO2e	550 kgCO2e	8122 gCO2e	550 gCO2e

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.

Précision terminologique :

- **Taux TGAP** d'incorporation annuel de biocarburants dans les carburants, exprimé en PCI, au global, pour la filière gazole et pour la filière essence. Ce taux est calculé selon la formule de la directive EnR sur l'ensemble des incorporations de biocarburant dans une filière (essence ou gazole). C'est le seul sur lequel il y avait jusqu'à 2009 un objectif annuel législatif,
- **Taux d'incorporation physique (volumique)**, exprimé par filière (essence, gazole) de manière globale ou par type de biocarburant

- **Teneur volumique maximum** permise en biocarburant, variable selon le carburant distribué à la pompe. Cette teneur maximale ne peut évoluer que par modification des arrêtés définissant les caractéristiques des différents carburants et biocarburants distribués. Une **teneur volumique effectivement observée** sur le terrain pour les différents carburants distribués à la pompe, est réalisée à l'occasion des contrôles annuels de qualité des carburants

Le taux d'incorporation des biocarburants est en constante progression (directive européenne 2003/30/CE sur l'incorporation des biocarburants) :

%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 %
2009	7,8 %	6,3 %	

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

Le taux d'incorporation actuel de la base carbone est fixé selon les objectifs réglementaires de rigueur en 2009. Depuis 2010, il n'y a plus eu (sauf en 2014) d'évolution de l'objectif annuel en PCI. Il paraît désormais plus pertinent de se baser sur une base réelle plutôt que réglementaire.

La base réelle reprenant les taux d'incorporation réels sont disponibles via le bilan TGAP contrôles qualité carburant pour 2015 fourni annuellement par les douanes et la DGEC.

Les taux d'incorporation physique volumique pour l'ensemble des carburants (dont E85, E10, B30...) issus des bilans TGAP contrôles qualité carburant pour **2015** sont de :

- o **7,96% pour la filière biocarburant gazole**
- o **12,84% pour la filière biocarburant essence**

Les valeurs retenues dans le calcul des facteurs d'émission sont détaillées par type de carburant à savoir :

	Contrôles	
	% volumique	% énergétique
Essence		
SP98	7,063%	4,80%
SP95	6,316%	4,26%
SP95-E10	9,588%	6,53%
E85	72,782%	63,70%
Gazole		
Gazole (B7)	6,74%	6,78%
B30	*	

*B30 : une incorporation théorique de 30% est laissée pour l'instant même si le B30 est un carburant utilisé uniquement par des flottes d'entreprise, avec une teneur maximum de 30% en volume de biodiesel dans le gazole et une teneur minimum de 24% en volume. Il n'est pas distribué aux pompes des stations-services, mais seulement sur sites dédiés en interne entreprise l'utilisant pour leurs flottes.

Sources :

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

[142] Evaluation de l'empreinte Carbone du Bio GNL via épuration cryogénique de biogaz - Mars 2016 – ENEA QUANTIS pour SUEZ

3.1.3.3 Gaz

Description

Les combustibles gazeux organiques sont des gaz obtenus à partir de matière première végétale. Nous pouvons par exemple citer :

- Le biométhane,
- Le biopropane,

Le Biométhane

La filière de production de biométhane est une filière d'économie circulaire, qui assure à la fois des fonctions de production d'énergie renouvelable, mais aussi de gestion des déchets (agricoles, ménagers, STEP...) et de production de digestat utilisé comme fertilisant.

"Mix Moyen"

L'Analyse de Cycle de Vie réalisée par QUANTIS et ENEA Consulting pour le compte de GRDF propose un aperçu de la filière biométhane et des facteurs d'émissions associés^[143].

La filière d'injection de biométhane est analysée au travers de l'étude de quatre filières de production de biométhane :

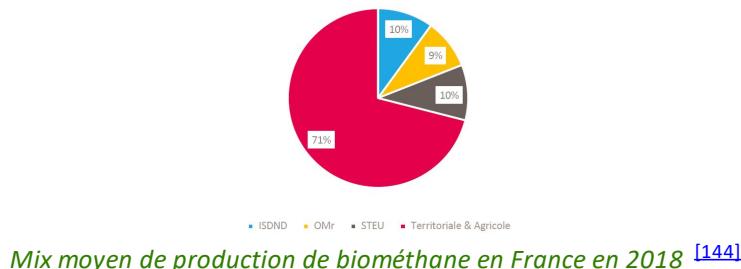
- Filière Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND)
- Filière Ordures Ménagères (OM) – (sans tri à la source et avec tri à la source)
- Filière Agricole & Territoriale
- Filière STEU (Stations d'épuration)

Dans cette étude, l'approche retenue pour certaines filières de production de biométhane intègre des émissions évitées par une extension des frontières. Son objectif : évaluer l'impact sur le climat lié au développement de la filière de méthanisation et injection, et ainsi **quantifier la contribution de cette filière aux objectifs de réduction des émissions de GES**. Un facteur d'émission global d'une valeur de 23,4 gCO2e / kWh PCI, a été obtenu, intégrant à la fois les émissions de GES liées à la production du biométhane, mais également les émissions GES évitées par la méthanisation au sein des secteurs agricoles et des déchets (par exemple, par la réduction des émissions liées au traitement des effluents d'élevages, ou par la réduction des émissions liée à l'utilisation du digestat à la place d'engrais industriels).

Pour des questions méthodologiques, cette approche n'est pas compatible avec la logique de construction des facteurs d'émissions de la Base Carbone® et **ne peut être utilisée pour la**

réalisation d'un bilan d'émissions de GES. Ainsi, des travaux complémentaires ont été menés aboutissant à une mise à jour de l'Analyse de Cycle de Vie en 2020 [144] et à **un facteur d'émissions de 44,1 gCO_{2e} / kWh PCI**. Cette dernière valeur traduit l'impact GES induit par la production d'un kWh de biométhane, contrairement à la valeur de 23,4 gCO_{2e} / kWh PCI issue de la précédente étude, qui traduit l'impact global de la filière de méthanisation et injection, intégrant impacts induits et réductions d'émissions de GES apportés par cette filière.

Ce FE se base sur un mix de filières de production de biométhane, basé sur le mix représentatif 2018 : territoriale et agricole (71%), ISDND (10%), STEU (10%) et OM (9%)



Les principales étapes prises en compte sont : le prétraitement / tri des intrants, la méthanisation, le torchage et traitement de l'air, l'épuration et l'injection dans le réseau ; le périmètre étant détaillé pour chacune des filières.

Differentes technologies de méthanisation (digesteur en voie sèche, digesteur en voie humide et post digesteur), de traitement de l'air (bio-filtres, laveur physico-chimique), et d'épuration du biogaz en biométhane (épuration membranaire, lavage à l'eau, PSA, cryogénie) ont été considérées, en fonction des filières de production de biométhane décrites.

D'un point de vue méthodologique, la mise à jour réalisée dans l'étude 2020 apporte les modifications suivantes :

- Un changement de méthodologie pour la gestion de la multifonctionnalité pour les deux filières "Agricole et Territoriale" et "OMR". L'étude a ainsi consisté en la réalisation d'une ACV « par allocation » conforme aux règles de la Base Carbone®, plutôt qu'une approche dite « d'extension des frontières » et de substitution réalisée en 2017 pour l'évaluation de la filière. Les facteurs d'allocation utilisés sont basés sur une règle d'allocation économique. Les données utilisées dans ce cadre ont été collectées dans différentes études existantes, auprès d'experts de la filière ainsi que par le biais d'entretiens auprès d'un panel de producteurs de biométhane.

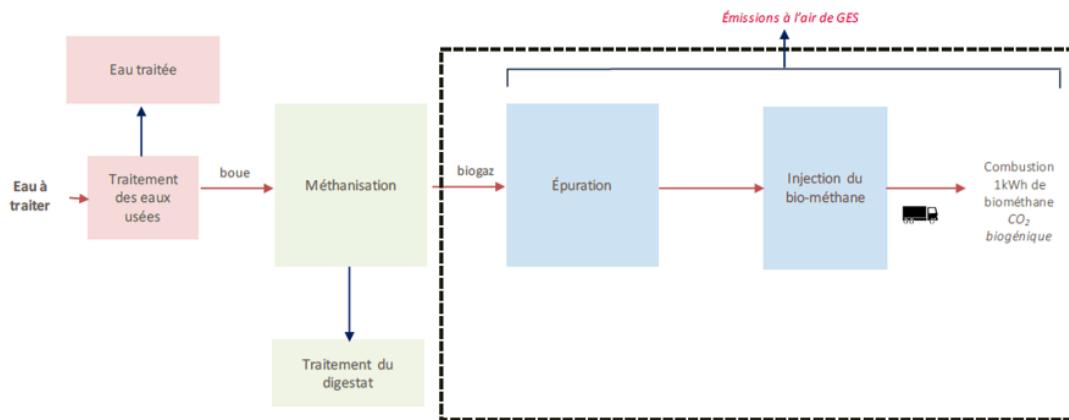
Pour les filières STEU et ISDND, le périmètre de l'étude ACV menée en 2017 se limitait déjà à la seule fonction de production du biométhane et n'intégrait pas de substitution. Il a donc été conservé ainsi que les valeurs des impacts induits obtenus (respectivement, 16,4 g CO_{2eq}/kWh PCI et 17,2 g CO_{2eq}/kWh PCI).

- La mise à jour des données d'émissions fugitives de méthane à l'étape de méthanisation. Cette mise à jour s'appuie sur une campagne de mesures menée en 2019-2020 par le CRIGEN pour le compte de GRDF. Elle est cohérente avec la mise en place de la démarche qualité

Qualimétha® par les acteurs de la filière, qui prévoit notamment un contrôle de l'absence de fuites à la mise en service des installations de production de biométhane.

Biométhane issu de la filière STEU

Le facteur d'émission calculé pour la **filière STEU** comptabilise les émissions de gaz à effet de serre liées à l'épuration et l'injection du bio-méthane, c'est-à-dire une fois le biogaz produit, soit après la méthanisation. Ce périmètre de comptabilisation est schématisé ci-dessous.



Périmètre de comptabilisation des émissions pour la filière STEU [143]

Le but premier d'une STEU est de traiter des eaux usées en vue de limiter l'impact des rejets; elles ne sont pas construites dans l'objectif de valoriser du biogaz. Ainsi, l'étape de traitement des eaux usées n'est pas attribuée à la production de biogaz, celui-ci étant considéré comme un déchet. Dans le futur, avec le développement de la filière biométhane, il est possible que de plus en plus de STEU mettent en place l'étape de méthanisation dans un objectif de production d'énergie. Dans ce cas, le biogaz produit par la STEU ne sera plus considéré comme un déchet et le périmètre de comptabilisation sera à revoir.

D'après les caractéristiques du biométhane et du biogaz brut, la production de 1 kWh de biométhane injecté dans les réseaux de gaz correspond à 0,149 Nm³ de biogaz brut valorisable, dans la filière STEU. Cette valeur tient compte de l'ensemble des pertes enregistrées sur le système de production et d'injection du biométhane.

Le mix de technologie considéré pour l'épuration du biogaz en biométhane est le suivant :

- 94 % d'épuration membranaire
- 3% d'épuration par lavage à l'eau
- 3% d'épuration PSA

Ces valeurs sont issues d'une analyse fondée sur la capacité nominale des 25 premiers sites d'injection en France (ReX GRDF, 2016). Les technologies d'épuration par lavage aux amines et cryogénie n'ont pas été considérées.

In fine, on retiendra une valeur de 0,016 kgCO₂eq/kWh PCI de biométhane issu de la filière STEU.

Le Biopropane « HVO »

Le **biopropane HVO** fait référence au biopropane issu d'huiles végétales hydro-traitées (HVO) et de résidus de graisse animale. Le biopropane est un co-produit du biogazole de synthèse « HVO » qui se différencie du **biogazole de synthèse « conventionnel »** de première génération, issu de la transestérification, aussi appelé « diester » en France.

Le biopropane HVO relève des conditions d'utilisation classiques équivalentes à celles du propane, indépendamment de son mode de distribution (réseau indépendant, citerne ou bouteille).

Les facteurs d'émissions du Biopropane « HVO » ont été calculés par une analyse de cycle de vie réalisée en 2017 sur un périmètre allant de la culture des intrants agricoles (ou de la récupération de matières grasses usagées) jusqu'à la combustion du biopropane [141]. Huit facteurs d'émissions sont disponibles : des facteurs d'émissions par type d'intrants agricoles et un facteur d'émissions moyen pour un mix représentatif d'intrants.

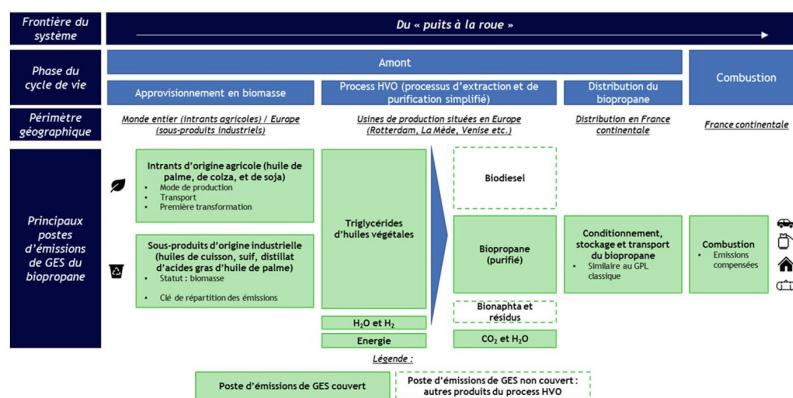


Schéma de la frontière du système du biopropane HVO comptabilisé en ACV (Source : Primagaz, étude GreenFlex).

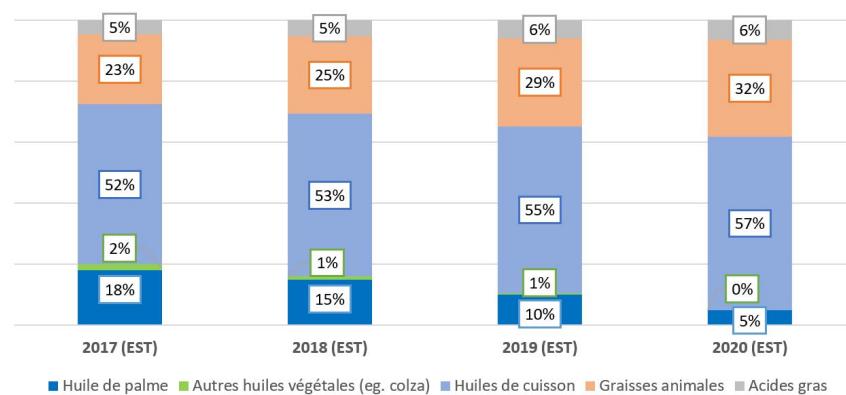
Les intrants

L'ACV prend en compte différents intrants nécessaires à la production de biodiesel et de biopropane. Ils sont de deux catégories :

- Sous-produits d'origine industrielle
 - Résidus d'huiles de cuisson (UCO (Used Cooking Oil) en anglais)
 - Suif (résidu de graisse animale)
 - Distillat d'acides gras d'huile de palme, produite avec ou sans capture de méthane (PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) en anglais)

- Huiles végétales d'origine agricole
 - Huile de colza
 - Huile de palme, produite avec ou sans capture de méthane
 - Huile de soja

Le facteur d'émission « **Biopropane, mix représentatif de biomasse** » a été calculé en fonction des données historiques de production du biogazole de synthèse HVO de Neste Oil, leader mondial de cette technologie.



Hypothèse de mix d'approvisionnement pour le biodiesel HVO (Source : Primagaz, étude GreenFlex).

Les co-produits

Le biopropane HVO est un co-produit du processus HVO permettant la production de biogazole de synthèse (biodiesel). Le choix d'une allocation énergétique entre les deux produits a été mise en place.

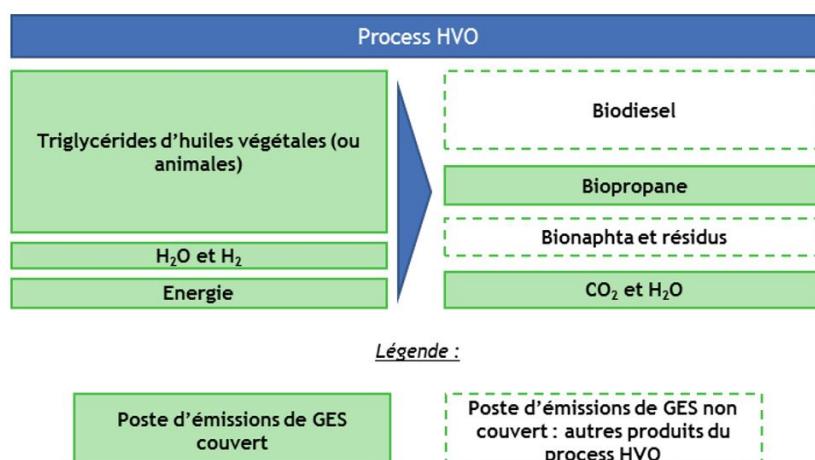


Schéma de la réaction théorique du processus HVO (Source : Primagaz, étude GreenFlex).

Principaux Résultats

Différents facteurs d'émissions pour la fabrication et combustion de biopropane HVO ont été obtenus selon les intrants :

	CO ₂ f	CH ₄ f	CH ₄ b	N2O	Autre gaz	TOTAL
Biopropane HVO, mix représentatif de biomasse, kgCO ₂ e/kg	0,643	0,022	0,051	0,039	0,015	0,770
Biopropane HVO, à base d'huile de palme (avec capture de méthane), kgCO ₂ e/kg	0,985	0,025	0,000	0,263	0,046	1,318
Biopropane HVO, à base d'huile de palme (sans capture de méthane), kgCO ₂ e/kg	0,985	0,025	0,650	0,263	0,046	1,967
Biopropane HVO, à base d'huile de colza, kgCO ₂ e/kg	1,463	0,060	0,000	0,797	0,028	2,347
Biopropane HVO, à base d'huiles de cuisson, kgCO ₂ e/kg	0,589	0,021	0,000	0,001	0,010	0,621
Biopropane HVO, à base de graisses animales, kgCO ₂ e/kg	0,592	0,021	0,000	0,001	0,010	0,625
Biopropane HVO, à base de distillat d'acides gras d'huile de palme (avec capture de méthane), kgCO ₂ e/kg	0,561	0,020	0,000	0,001	0,010	0,592
Biopropane HVO, à base de distillat d'acides gras d'huile de palme (sans capture de méthane), kgCO ₂ e/kg	0,561	0,020	0,000	0,001	0,010	0,592

*Principales émissions du biopropane en fonction des intrants et des conditions de fabrication
(Source : Primagaz, étude GreenFlex).*

Sources :

- [141] Etude Primagaz, étude GreenFlex / « Proposition de facteurs d'émissions de GES associés au biopropane issu d'huiles végétales hydro-traitées (HVO) à la Base Carbone® de l'ADEME » Sept 2017.
- [143] Vargas, M. ; Maurice, E. ; Graveaud, F. ; Faure, M. (2017) « Evaluation des impacts GES de l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel - rapport intermédiaire du 16 mai 2017
- [144] Vargas, M. ; Maurice, E. ; Le Gars, L. ; Laffargue, T. « Evaluation des impacts GES de l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel en appliquant une approche d'allocation (2020).

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 CO₂ 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 CH₄ et de N₂O 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 CITEPA¹⁰² servant à réaliser l'inventaire national des émissions de GES :

Animal	$\text{kgCH}_{4\text{b}}.\text{tête}^{-1}.\text{an}^{-1}$
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.

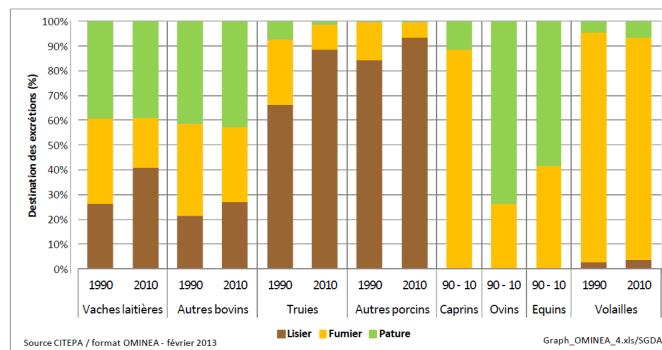
Gestion des déjections animales

Système de gestion

Les émissions directes de CH_4 et N_2O 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 : $\text{SG}_{\text{lisier}}$, $\text{SG}_{\text{fumier}}$ et $\text{SG}_{\text{pâture}}$.

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	Ovi ns	Eq uuin s	Au tre s por cin s	Vol aill es
SG lisier	41%	27%	88%	-	-	-	93 %	3 %
SG fumi er	20%	30%	10%	88 %	26 %	42 %	6 %	90 %
SG pâture	39%	43%	2%	12 %	74 %	58 %	1 %	7 %

Part CH₄

Les émissions de CH₄ 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 excréterés (kg/jour)

Bo : Capacité de production maximale de CH₄ (m³/kg de SV)

FCM_k : facteur de conversion en CH₄ (%)

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	V c c l C a s v p e r i i r v l r i s s s
Bo	0,24	0,17	0,45	000000 '''''' 311333 297333
SV	3,46-4,12	1,93-1,99	0,5	000100 '''''' 1279 1824
FCM	Liquide (lisier)	39%		1 , 5 0 9
	Solide (fumier)	1%		1 , 5 0 9
	Pâture	1%		1 , 5 0 9

Source : rapport OMINÉA 2013 [102](#)

Part N₂O

Les émissions de N₂O liées à la gestion des déjections animales sont calculées pour chaque animal à partir de la formule suivante :

$$FE_{N2O} = F_{ex} * 44/28 * \sum (FD_k * SG_k)$$

Avec

F_{ex} : le facteur d'excrétion azoté de l'animal (kg/place/an)*

FD_k : le facteur d'émissions directe de N₂O 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 certain 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 N₂O des modes de gestion sont :

- F_{lisier} : 0,1%
- F_{fumier} : 2%
- F_{pâture} : 2%

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

- F_{ex} (Vaches laitières) : 115,6 kg/place/an
- F_{ex} (Autres bovins) : 59,1 kg/place/an
- F_{ex} (Truies) : 21,2 kg/place/an
- F_{ex} (Autres porcins) : 5,8 kg/place/an
- F_{ex} (Caprins) : 14,1 kg/place/an
- F_{ex} (Ovins) : 16,7 kg/place/an
- F_{ex} (Chevaux) : 60,2 kg/place/an
- F_{ex} (Mules et ânes) : 17,1 kg/place/an
- F_{ex} (Poules) : 0,61 kg/place/an
- F_{ex} (Poulets) : 0,34 kg/place/an
- F_{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 N₂O 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 CH₄ de la fermentation entérique si les facteurs de Tiers 1 sont retenus
- 20% pour les facteurs d'émission de CH₄ de la fermentation entérique si les facteurs de Tiers 2 sont retenus
- 20% pour les facteurs d'émission de CH₄ de la gestion des déjections animales si les facteurs de Tiers 2 sont retenus
- -50 à 100% pour les facteurs d'émissions de N₂O de la gestion des déjections animales (nitrification / dénitrification)
- -80% à +500% pour les facteurs d'émissions de N₂O de la gestion des déjections animales (depuis NOx et NH₃)

L'incertitude élevée sur les émissions de N₂O provient des nombreux paramètres biologiques et climatiques qui interviennent dans sa formation.

Sources :

[\[102\] Rapport OMINÉA 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 N₂O dues à l'épandage d'engrais azoté d'origine minérale ou végétale
- Des émissions de N₂O dues au drainage / gestion des sols *
- Des émission de CO₂ dues au chaulage (phénomène marginal par rapport au premier, non traité ici)
- Des émission de CO₂ 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 N₂O 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 NH₃ et d'oxydes de N (NO_x), et le dépôt de ces gaz et de leurs produits NH₄⁺ et NO₃⁻ 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 NO₃⁻, sur des sols gérés

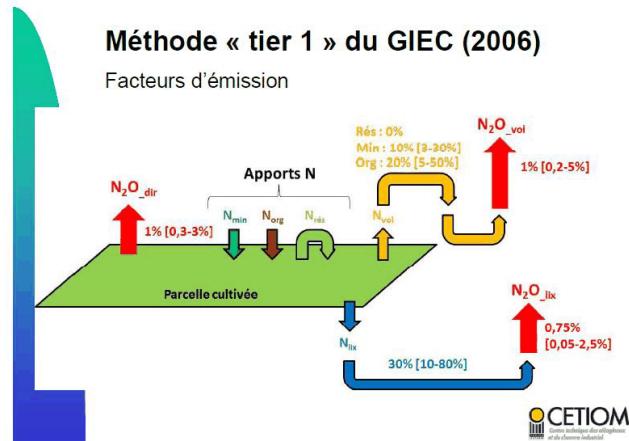
Les termes directes et indirectes n'ont pas le même sens ici que dans la comptabilité carbone de type bilan GES. Les facteurs d'émissions qui sont déduit de ce chapitre, ne sont que des FE directs !

Dans la Base Carbone ®, la méthode retenue pour l'estimation de ces émissions de N₂O est celle du projet AGRIBALYSE, soit la méthode GIEC 2006b Tiers 1²⁰⁰. C'est cette méthode qui est détaillée ci-après.

Fertilisation azoté

Principe

La figure suivante présente une vue d'ensemble des émissions directes et indirectes de N₂O 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 N₂O selon GIEC (2006b) niveau 1

Source : rapport méthodologique AGRIBALYSE

Equations

Le modèle de calcul N₂O n'utilise le GIEC 2006b (Niveau 1) :

Equation n°1 : Emissions directes de N₂O des sols gérés (niveau 1) :

ÉQUATION 11.1
ÉMISSIONS DIRECTES DE N₂O DES SOLS GERÉS (NIVEAU 1)

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

Où :

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

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

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

Source : GIEC (2006b) niveau 1

Où :

N₂O_{Directes} – N = émissions annuelles directes de N₂O–N imputables aux sols gérés, kg N₂O–N an⁻¹

N₂O–N_{N Entrées} = émissions annuelles directes de N₂O–N imputables aux entrées de N sur les sols gérés, kg N₂O–N an⁻¹

$N_2O - N_{SO}$ = émissions annuelles directes de $N_2O - N$ imputables aux sols organiques gérés, kg $N_2O - N$ an⁻¹

$N_2O - N_{PPP}$ = émissions annuelles directes de $N_2O - N$ imputables aux entrées d'urine et de fèces sur les sols de paissance, kg $N_2O - N$ an⁻¹

F_{SN} = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliquée aux sols, kg N an⁻¹

F_{ON} = 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_2O dues au N des boues d'égout), kg N an⁻¹

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 dues au renouvellement des fourrages/pâturages, kg N an⁻¹

F_{MOS} = quantité annuelle de N minéralisé dans les sols minéraux associée aux pertes de C des sols de la matière organique des sols en raison de changements d'affectation des terres ou de gestion, kg N an⁻¹

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⁻¹ (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_2O dues aux entrées de N, kg $N_2O - N$ (kg entrées de N)⁻¹ (tableau 11.1)

FE_{IRI} représente le facteur d'émissions des émissions de N_2O dues aux entrées de N sur le riz inondé, kg $N_2O - N$ (kg entrées de N)⁻¹ (tableau 11.1) ⁵

FE_2 = facteur d'émissions des émissions de N_2O dues sols organiques drainés/gérés, kg $N_2O - N$ ha⁻¹ an⁻¹ (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_2O dues au N de l'urine et des fèces déposé sur les pâturages, parcours et parcelles par les animaux paissant, kg $N_2O - N$ (kg entrées de N)⁻¹ ; (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_2O liées à la déposition atmosphérique d'azote volatilisé issus de la gestion des sols (niveau 1) :

ÉQUATION 11.9
 N_2O DU AU DÉPÔT ATMOSPHERIQUE DE N VOLATILISÉ DEPUIS DES SOLS GERÉS (NIVEAU 1)

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

Source : GIEC (2006b) niveau 1

Où :

$N_2O_{(DAT)} - N$ = quantité annuelle de $N_2O - N$ produite par le dépôt atmosphérique de N volatilisé depuis des sols gérés, kg $N_2O - N$ an⁻¹

F_{SN} = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliquée aux sols, kg N an⁻¹

Frac_{GAZ E} = fraction de N d'engrais synthétique volatilisé sous forme de NH₃ et de NO_x, kg N volatilisé (kg de N appliqué)⁻¹ (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⁻¹

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⁻¹

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 NH₃ et de NO_x, kg N volatilisé (kg de N appliqué ou déposé)⁻¹ (tableau 11.3)

FE₄ = facteur d'émissions des émissions de N₂O dues au dépôt atmosphérique de N sur les sols et les surfaces aquatiques, [kg N–N₂O (kg NH₃–N + NO_x–N volatilisé)⁻¹] (tableau 11.3)

La conversion des émissions de N₂O_(DAT)–N en émissions de N₂O, pour l'établissement des rapports, se fait à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{N}_2\text{O}_{(\text{DAT})} = \text{N}_2\text{O}_{(\text{DAT})}–\text{N} \cdot 44/28$$

Équation n°3 : Emissions de N₂O dues à la lixiviation de l'azote des sols gérés, dans les régions où existent ces écoulements (niveau 1) :

ÉQUATION 11.10
N₂O DU A LA LIXIVIATION/ECOULEMENTS DE N DE SOLS GERES DANS LES REGIONS OU EXISTENT LA LIXIVIATION ET LES ECOULEMENTS (NIVEAU 1)

$$\text{N}_2\text{O}_{(L)}–\text{N} = (\text{F}_{SN} + \text{F}_{ON} + \text{F}_{PPP} + \text{F}_{RR} + \text{F}_{MOS}) \bullet \text{Frac}_{LIXI-(H)} \bullet \text{FE}_5$$

Source : GIEC (2006b) niveau 1

Où :

N₂O_(L)–N = quantité annuelle de N₂O–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 N₂O–N an⁻¹

F_{SN} = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliquée aux sols dans les régions où existent la lixiviation et les écoulements, kg N an⁻¹

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⁻¹

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⁻¹ (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⁻¹

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⁻¹ (tirée de l'équation 11.8)

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)⁻¹ (tableau 11.3)

FE₅ = facteur d'émissions des émissions de N₂O dues à la lixiviation et aux écoulements de N, kg N₂O–N (kg de N lessivé et écoulé)⁻¹ (tableau 11.3)

Les facteurs d'émissions du GIEC

TABLEAU 11.1 FACTEURS D'EMISSIONS PAR DEFAUT POUR LES EMISSIONS DIRECTES DE N ₂ O DES SOLS GEREES		
Facteur d'émission	Valeur par défaut	Plage d'incertitude
FE ₁ pour les ajouts de N par les engrains 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 ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,01	0,003 – 0,03
FE _{IRI} pour les rizières inondées [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,003	0,000 – 0,006
FE _{2CP_Temp} pour les sols de cultures organiques tempérées et de prairies (kg N ₂ O-N ha ⁻¹)	8	2 - 24
FE _{2CP_Trop} pour les sols de cultures organiques tropicales et de prairies (kg N ₂ O-N ha ⁻¹)	16	5 - 48
FE _{3F_Temp_Org_B} pour les sols de forêts organiques tempérées et boréales riches en nutriments (kg N ₂ O-N ha ⁻¹)	0,6	0,16 – 2,4
FE _{3F_Temp_Org_P} pour les sols de forêts organiques tempérées et boréales pauvres en nutriments (kg N ₂ O-N ha ⁻¹)	0,1	0,02 – 0,3
FE _{3F_Trop} pour les sols de forêts organiques tropicales (kg N ₂ O-N ha ⁻¹)	8	0 - 24
FE _{JPPP_BVS} pour les bovins (laitiers, non laitiers et buffles), la volaille et les suides [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,02	0,007 – 0,06
FE _{JPPP_MA} pour les mouton et « autres animaux » [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,01	0,003 – 0,03

Sources :

FE₁: Bouwman *et al.*, 2002a,b ; Stehfest & Bouwman, 2006 ; FE_{IRI}: Novoa & Tejeda, 2006 ; FE_{2B}: Alkiymma *et al.*, 2005 ; FE_{2CP_Temp}, FE_{2CP_Trop}, FE_{3F_Temp}, FE_{3F_Trop}: Klemefsson *et al.*, 1999 ; Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques, 2000 ; FE_{3F_Temp}: Altu *et al.*, 1999 ; Laine *et al.*, 1996 ; Martikainen *et al.*, 1995 ; Minkkinen *et al.*, 2002 ; Regina *et al.*, 1996 ; Klemefsson *et al.*, 2002 ; FE₃, FE_{3,MA}: de Klein, 2004.

Source : GIEC (2006b) niveau 1

TABLEAU 11.3 FACTEURS D'EMISSIONS, DE VOLATILISATION ET DE LIXIVIATION PAR DEFAUT POUR LES EMISSIONS INDIRECTES DE N ₂ O DES SOLS		
Facteur	Valeur par défaut	Plage d'incertitude
FE ₄ [volatilisation et redépôt de N], kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilisé) ⁻¹ ²²	0,010	0,002 - 0,05
FE ₅ [lixiviation/écoulements], kg N ₂ O-N (kg N lixiviation/écoulements) ⁻¹ ²³	0,0075	0,0005 - 0,025
Frac _{GAZ_E} [volatilisation des engrains synthétiques], (kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg N appliquée) ⁻¹	0,10	0,03 - 0,3
Frac _{GAZ_M} [volatilisation de tous les engrains organiques au N appliqués, et des fèces et de l'urine déposées par les animaux paissant], (kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg N appliquée ou déposé) ⁻¹	0,20	0,05 - 0,5
Frac _{LIXI_AB} [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 si l'on irrigue (sauf irrigation goutte à goutte)], kg N (kg ajouts de N ou déposés par les animaux paissant) ⁻¹	0,30	0,1 - 0,8

Note : Le terme Frac_{LIXI_AB} 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_{LIXI_AB}. A la définition de Frac_{LIXI_AB} 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 Evaporation. (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_{LIXI_AB} 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 :

- Epandange d'engrais minéraux : 0,021 kgN₂O / kg d'azote étendu
- Epandange d'engrais organiques (déjections animales, végétaux, compost, boues de station d'épuration...) : 0,022 kgN₂O / kg d'azote étendu
- Résidus de culture : 0,019 kgN₂O / kg d'azote étendu

- Déjections animales des BVS (Bovins, volaille, suidés) en pâture : 0,038 kgN₂O / kg d'azote étendu
- Déjections animales des MA (Moutons et autres animaux) en pâture : 0,022 kgN₂O / kg d'azote étendu
- Drainage / gestion des sols des cultures organiques tempérées et de prairies : 13 kgN₂O / ha
- Drainage / gestion des sols des forêts organiques tempérées : 0.9 kgN₂O / 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 :

[\[2011\] Lignes directrices du GIEC sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre, volume 4, chapitre 11 "N2O emissions from manures 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

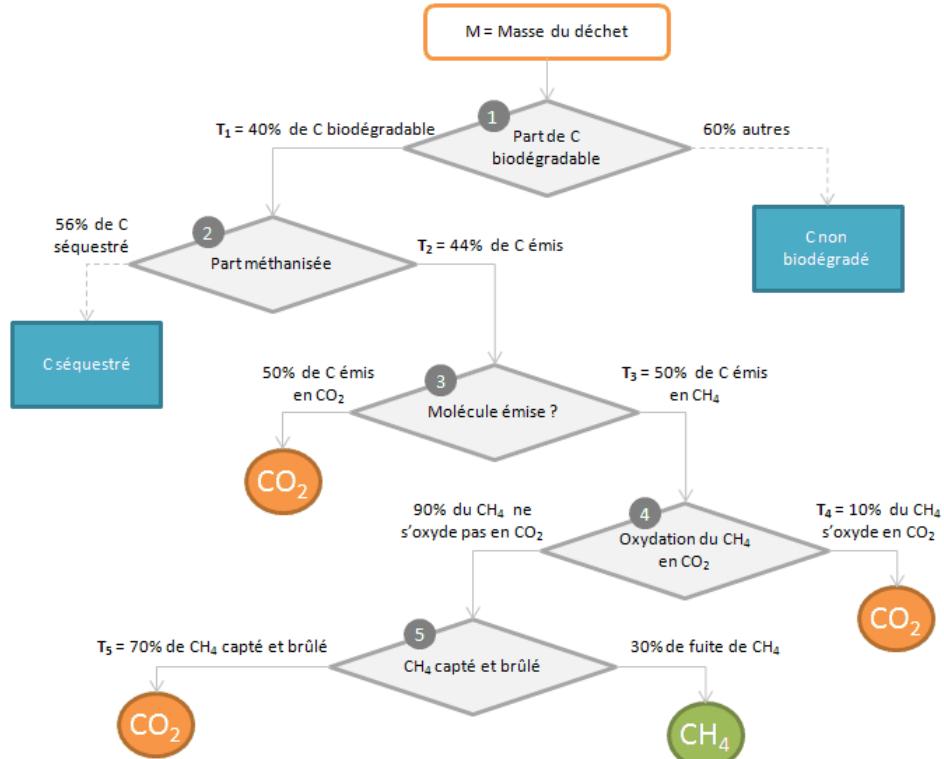


Schéma des émissions de GES dues au stockage des déchets organiques

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 :

- T₁ : % (en poids) de C Biodégradable
- T₂ : Taux de méthanisation du C biodégradable
- T₃ : Taux de CH₄ dans le gaz
- T₄ : Taux d'oxydation

- T_5 : Taux moyen de captage (caractéristique du centre de stockage)

Les émissions de CH₄ du déchets sont donc données par la formule suivante :

$$E_{CH_4} = M * T_1 * T_2 * T_3 * (1-T_4) * (1-T_5)$$

Les émissions de CO_{2b} du déchets sont donc données par la formule suivante :

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

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%
Ordure ménagère	13%	30%	50%	10%	70%

Cela permet de trouver les facteurs d'émissions suivants :

Type de déchet	Pour 1 tonne de déchets	
	kg CO _{2b} émis	kg CH ₄ émis
Déchets de carton	150	11,9
Déchets de papier	155	12,3
Déchets alimentaires	97	7,7
Ordure ménagère	64	5,1

Si le centre de stockage n'est pas équipé de moyen de captage du méthane, alors les émissions de CH₄ 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 CH₄ 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 N₂O 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 CH₄ et N₂O aux niveau de leurs installation. Ces valeurs sont bien entendu plus précises que les valeurs ci-dessous et s'y substitue donc.

Part CH₄

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 CH₄ émis/ DCO* éliminée = 0,0002. Soit :

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

* DCO : Demande Chimique en Oxygène

Part N₂O

Les publications scientifiques récentes s'accordent sur le fait que les émissions de N₂O des stations d'épuration sont essentiellement liées à l'étape de nitrification. Les quantités de N₂O 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 assainissement²¹⁰ propose de retenir le facteur d'émissions de 0,073 % t N₂O / t NTK* abattue sur la STEU quel que soit le procédé de traitement. Cette valeur est obtenue avec une valeur de rendement de 80% et s'applique sur les stations qui traitent l'azote. Il met toutefois en garde sur les incertitudes très importantes sur ce poste (écart pouvant aller de 1 à 20).

$$\text{kg N}_2\text{O provenant des eaux usées} = 0,00073 * \text{kg NTK}^*$$

* 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] ASTEE - ADEME / *Guide méthodologique des émissions de gaz à effet de serre des services de l'eau et de l'assainissement (Guide sectoriel Mis à jour en 2018)*
- [211] Ministère australien de l'environnement / 1997 / *A Quick Reference Guide, Estimating Potential Methane Production, Recovery and Use from Waste.* (www.environment.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 disposent des charges exactes de leurs équipements. Ces valeurs sont bien entendu plus précises que les valeurs ci-dessous et s'y substituent 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 ARMINES²²⁰.

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 approche 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 ²)	charge moyenne (kg de fluide)	taux de fuites annuel (%)	taux de fuites en fin de vie (%)
direct	120 à 400 m ² - supérette	-	132	14	71
direct	120 à 400 m ² - alimentation générale	-	5	10	78
direct	400 à 2500 m ²	0,21	-	20	20
direct	2500 à 15000 m ²	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 MWfroid	Ratio de charge (kgfluide/kW frigo)	Charge typique (t)	taux de fuite annuel (%)	taux de fuite fin de vie (%)
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 résidentiel, 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
Tertiaire	Tout équipement confondu	9	9	36

Climatisations à air

Secteur	Type de chiller à compresseur	Puissance de l'équipement	ratio de charge (kg de fluide / m ²)	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 décarbonatation dans les industries minérales
- Les pertes de SF6 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 CO₂ spécifiques par décarbonatation.

On pourra retenir les facteurs d'émissions suivant [102](#) :

- Décarbonatation lors de la fabrication du ciment : 525 kgCO₂ / t de clinker

- Décarbonatation lors de la fabrication de la dolomie : 717-815 kgCO₂ / t de dolomie
- Décarbonatation lors de la fabrication de la chaux hydraulique : 335-568 kgCO₂ / t de chaux
- Décarbonatation lors de la fabrication de la chaux issues du raffinage des betteraves : 157 kgCO₂ / t de chaux
- Décarbonatation lors de la fabrication des tuiles et briques : 40 kgCO₂ / 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 :

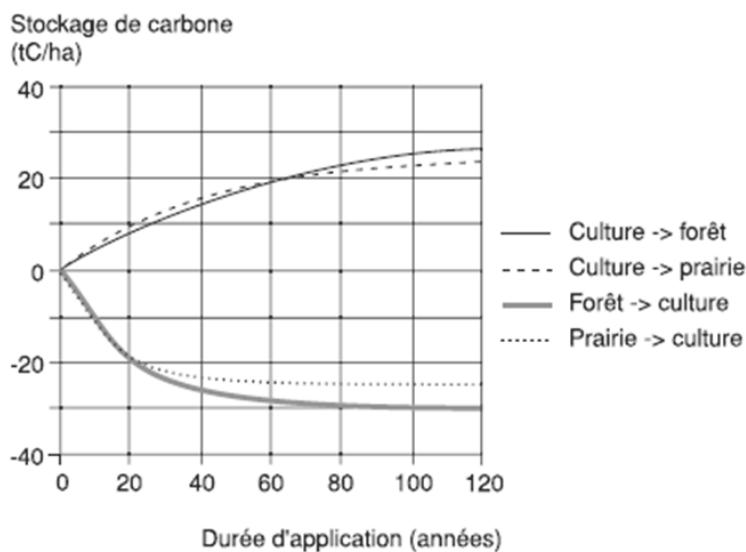
- L'évolution de la biomasse sur pied ou biomasse forestière
- La déforestation / reforestation
- Les changements des stocks de carbone contenu dans les sols suite à un changement d'affectation des sols

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'affection des sols modifient les stocks de carbone contenus sur les sols. Il peut en résulter soit une émission de CO₂, soit une captation de CO₂. 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'affection 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 destockage 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'affection 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 tCO₂.ha⁻¹ et pour les cultures 190 tCO₂.ha⁻¹

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) tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹
- FE (culture vers forêt) = - 1,61 (+- 0,88) tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹
- FE (prairie vers forêt) = - 0,37 (+- 0,73) tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹
- FE (prairie vers culture) = 3,48 (+-1,1) tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹
- FE (forêt vers culture) = 2,75 tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹
- FE (forêt vers prairie) = 0,37 (+- 0,37) tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹
- FE (culture vers prairie) = - 1,8 (+- 0,95) tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹
- FE (forêt vers sols non imperm.) = 0 tCO₂.ha⁻¹
- FE (prairie vers sols non imperm.) = 0 tCO₂.ha⁻¹
- FE (culture vers sols non imperm.) = 0 tCO₂.ha⁻¹
- FE (forêt vers sol imperméabilisés) = 290 (+- 120) tCO₂.ha⁻¹
- FE (prairie vers sol imperméabilisés) = 290 (+-120) tCO₂.ha⁻¹
- FE (culture vers sol imperméabilisés) = 190 (+-80) tCO₂.ha⁻¹

	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

3.3.2 Forêt Française

Description

L'estimation de la séquestration carbone

A l'échelle globale, les sols et les forêts (y compris les produits issus du bois) stockent, sous forme de biomasse vivante ou morte, 3 à 4 fois plus de carbone que l'atmosphère. Toute variation négative ou positive de ces stocks, même relativement faible, peut influer sur les émissions de gaz à effet de serre. La séquestration nette de dioxyde de carbone (CO_2) est un flux net positif de l'atmosphère vers ces réservoirs qui se traduit au final par une augmentation des stocks. L'estimation territoriale de ce flux se base sur les informations disponibles sur les changements d'affectation des sols (ex : artificialisation des sols, déforestation), la dynamique forestière et les modes de gestion des milieux (ex : pratiques agricoles) qui modifient sur les stocks de carbone en place.

L'estimation de la séquestration carbone est devenue obligatoire dans le cadre de l'élaboration d'un PCAET (décret le n° 2016-849). L'objectif est de mettre l'accent sur le service rendu par les forêts, les couverts végétaux et les sols, comme "puits carbone" dans le contexte du réchauffement climatique.

CE QUE DIT LE DÉCRET :

« Le diagnostic comprend : une estimation de la séquestration nette de dioxyde de carbone et de ses possibilités de développement identifiant au moins les sols agricoles et la forêt, en tenant compte des changements d'affectation des terres ; les potentiels de production et d'utilisation additionnelles de biomasse à usages autres qu'alimentaires sont également estimés, afin que puissent être valorisés les bénéfices potentiels en termes d'émissions de gaz

à effet de serre, ceci en tenant compte des effets de séquestration et de substitution à des produits dont le cycle de vie est plus émetteur de tels gaz. »

Flux carbone

D'un point de vue méthodologique, l'estimation des flux de carbone entre les sols, la forêt et l'atmosphère est sujette à des incertitudes importantes car elle dépend de nombreux facteurs, notamment pédologiques et climatiques. Deux éléments doivent être pris en compte pour estimer ces flux :

- Les changements d'affectation des sols ;

A titre d'exemple, en France, les trente premiers centimètres des sols de prairies permanentes et de forêts présentent des stocks près de 2 fois plus importants que ceux de grandes cultures. La mise en culture d'une prairie permanente aboutit ainsi à une émission de CO₂ vers l'atmosphère ; au contraire, la forte augmentation de la surface forestière qui a eu lieu au cours du XXème siècle a généré un puits carbone important.

- Les modes de gestion des milieux, notamment :

- Les pratiques agricoles (ex : gestion des résidus de culture, semis direct, couverture du sol, agroforesteries, haies, apports de produits résiduaires organiques). Par exemple, la couverture du sol en hiver va permettre d'accroître les apports de biomasse au sol tout en limitant les risques d'érosion et de lessivage des nitrates ;

- Les modes de gestion sylvicole, les niveaux de prélèvement de la biomasse et son mode de retour au sol. Ainsi, la gestion durable de la forêt et le retour au sol de la biomasse est essentiel au maintien des stocks de carbone.

- Les stocks et flux dans les produits issus de la biomasse prélevée, en particulier le bois d'œuvre.

Outil ALDO de l'ADEME

Pour aider les territoires dans leur diagnostic, l'ADEME a développé l'outil « ALDO [242](#) ». Ce tableau Excel propose, à l'échelle des EPCI, des valeurs par défaut pour :

- L'état des stocks de carbone organique des sols, de la biomasse et des produits bois en fonction de l'aménagement de son territoire (occupation du sol) ;
- La dynamique actuelle de stockage ou de déstockage liée aux changement d'affectation des sols, aux forêts et aux produits bois en tenant compte du niveau actuel des prélèvements de biomasse ;

- Les potentiels de séquestration nette de CO₂ liés à diverses pratiques agricoles pouvant être mises en place sur le territoire.

Deux sources majeures d'informations ont nourri le volet biomasse des forêts de l'outil ALDO:

- Les résultats de l'enquête d'Inventaire Forestier National (IFN) de l'IGN qui produit des données sur les volumes de bois et les flux de carbone des principaux types de peuplements forestiers à l'échelle des régions administratives, des Grandes Régions Écologiques (GRECO) ;
- La cartographie des types de peuplements forestiers (différenciant feuillus, résineux et mixte et peupleraies) au niveau des EPCI produite par l'IGN qui permet le calcul des surfaces des différents types de peuplements forestiers cartographiées dans chaque commune ;

A noter : Aldo intègre également des données sur les variations de stocks de carbone dans les sols qui ne sont pas mentionnées ici.

Toutes ces informations sont mises librement à la disposition des territoires pour les aider dans la réalisation de leurs diagnostics sur le carbone des écosystèmes forestiers. **Il est important de vérifier leur pertinence et, le cas échéant, de les remplacer par des valeurs plus cohérentes avec le territoire.**

Retrouvez la page dédiée sur le site de l'ADEME : <https://www.ademe.fr/contribution-lign-a-letablissement-bilans-carbone-forets-territoires-pcaet>, dont notamment le rapport d'étude de l'IGN expliquant comment ont été obtenus les données forestières utilisées dans l'outil ALDO (volet 0 du rapport).

Intégration des données dans la Base Carbone®

Dans l'outil ALDO, les données de flux de carbone liées aux variations de stocks C dans la biomasse forestière proviennent des facteurs de séquestration moyen par Grandes Régions Ecologique et par typologie de peuplement (feuillus, résineux, mixte et peuplier).

Afin de conserver une facilité de navigation et ne pas se soustraire à l'autonomie de l'outil ALDO, la Base Carbone® n'intègre pas le même niveau de précision que l'outil Aldo. Les facteurs d'émissions/séquestration (en tCO₂/ha/an) inclus dans la Base Carbone® correspondant aux 22 anciennes régions administratives métropolitaines et la moyenne « France », sans différencier la région écologique, et avec une granulométrie du type de peuplement plus grossière que celle disponible dans ALDO (*par ensemble de composition VS essence par essence*). Ces valeurs agrégées ont été fournies par l'IGN

(<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/carbone-epci-ign-2019-v0let0-guide-ademe.xlsx>). Elles permettent de donner des premiers ordres de grandeurs et de montrer l'étendue des informations disponibles.

Nous invitons grandement les utilisateurs de la Base Carbone® à utiliser directement les données issues de l'outil ALDO pour plus de précision. Il est important de garder à l'esprit que ces données de flux carbone sont très sensibles à la localisation et à la typologie de peuplement. Ainsi, il est recommandé de descendre à l'échelle locale la plus fine disponible.

Sources :

[\[242\] ADEME – Outil ALDO - Estimer la séquestration de CO2 dans les sols et la biomasse](#)

Part IV

4 Scope 2 : émissions indirectes - énergie

Les émissions indirectes liées à l'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 exercice de bilan GES, on parle usuellement de **scope 2**.

4.1 Électricité

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 CO₂" d'un kWh électrique fourni à l'utilisateur, il est nécessaire, dans l'idéal, de tenir compte :

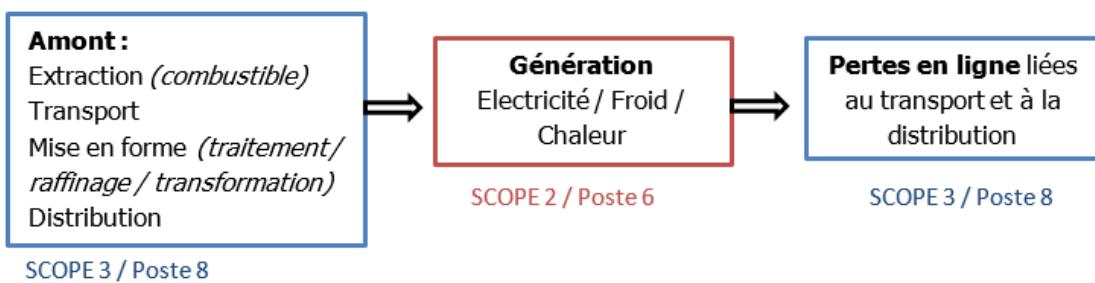
1. Des émissions de **combustion**, le cas échéant, de l'énergie primaire utilisée,
2. Des émissions **amont liées à la mise à disposition de cette énergie primaire** à la centrale électrique,
3. Des émissions qui ont été engendrées par la **construction de l'installation de production** (qu'il s'agisse d'une centrale produisant en masse ou d'un panneau solaire),
4. 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** de l'électricité ;
- Le chapitre **moyen 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).

Plus globalement, voici les différents périmètres possibles au regard des exercices de reporting (Réglementation article 75, norme ISO et GHG Protocol) :



Répartition des émissions associées à la production d'électricité selon les postes du Bilan GES

4.1.1 Mix électrique

Description

L'électricité est produite à partir d'énergies primaires de différentes origines et de compositions variables selon [le pays](#). Il en résulte un "contenu moyen en gaz à effet de serre" de kWh électrique consommé 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 : solde exportateur de 44,7 TWh sur une production française de 533 TWh en 2017),
- 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, pour diverses raisons de coût, de disponibilité technique, etc (par exemple, 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 aux principales émissions de CO₂, on comprendra facilement qu'en fonction de leur mise en route ou non, le contenu CO₂ 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 a tendance à augmenter en hiver avec les besoins en chauffage notamment, et à diminuer en été).

En outre, toute augmentation de la consommation électrique qui résulterait d'une substitution par l'électricité d'une énergie dédiée à un usage « de pointe » (électrification du chauffage par exemple) se traduirait très probablement par une augmentation du contenu en CO₂ du kWh électrique à l'heure actuelle (en l'absence de diffusion massive de flexibilité notamment), au vu des moyens de production pouvant être mobilisés rapidement, comme les centrales thermiques. Les contenus CO₂ proposés dans les méthodes de bilans d'émissions de GES (réglementation art. L229-25, 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 et de l'appareil de production français.

En effet, en France, les émissions de CO₂ 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 970 gCO₂/kWh en émissions directes). Ceci conduit de fait à des variations saisonnières importantes du contenu en CO₂ 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 en France, et dans la mesure où certains usages comme le chauffage électrique par effet joule est très représenté en 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 CO₂ moyen du kWh français s'est révélée insuffisante, et la volonté d'un certain nombre d'acteurs a été d'utiliser des contenus CO₂ 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 CO₂ par usage relève donc nécessairement de simplifications méthodologiques et de conventions**, qu'il convient d'expliciter 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 CO₂ du kWh par usage. Par la suite, un Groupe de Travail « Electricité » de la Base Carbone[®], a été mis en place par l'ADEME composé de différents organismes experts du sujet : CGDD, DGEC, DHUP, CITEPA, APCC, RAC, CLER, EDF, ENEDIS, ENGIE, GRDF, RTE, UFE ; et quelques personnes qualifiées. Ce GT a vocation à suivre l'évolution du parc et discuter des avancées méthodologiques qui permettraient l'adéquation la plus pertinente.

RTE, gestionnaire du réseau de transports, est et demeure depuis la mise en ligne de la Base Carbone[®] le pourvoyeur de données au Groupe de Travail et à l'ADEME pour la mise à jour des facteurs d'émission.

Le Mix Moyen

Le Mix moyen « électricité France » correspond à la répartition des différentes sources d'énergies primaires utilisées pour la production d'électricité consommée en France.

Jusqu'à la V15.0 de la Base Carbone[®], le facteur d'émission « Mix électricité France » était calculé selon la formule :

$$\frac{\text{Emissions CO}_2 \text{ de la production} + \text{émissions CO}_2 \text{ du solde importateur}}{\text{Quantité d'énergie(Production)} + \text{somme du solde importateur}}$$

Suite aux travaux menés par le GT « Electricité » courant 2017-2018, une mise à jour importante a été réalisée afin de mieux prendre en compte l'impact des imports/exports et de mettre à jour le contenu CO₂ moyen européen. Ainsi, la méthode utilise désormais les soldes importateur et exportateur, heure par heure et le contenu CO₂ européen de l'AIE.

Le calcul du contenu CO₂ moyen se base sur la formule suivante :

$$\frac{\text{Emissions CO}_2 \text{ du mix français} + \text{émissions CO}_2 \text{ du solde importateur} - \text{émissions CO}_2 \text{ du solde exportateur}}{\text{Production d'électricité du mix français} + \text{solde importateur} - \text{solde exportateur}}$$

Avec :

- Le contenu CO₂ associé au solde exportateur équivalent au contenu de base français, pour des raisons de cohérence avec la méthode dite « saisonnalisée » ;
- L'utilisation des facteurs d'émission européens utilisés pour les imports (valeurs de l'AIE pour le périmètre « Europe des 28 »).

Une mise à jour rétroactive des valeurs du mix électrique (base, saisonnalisée, moyen) de 2008 à aujourd'hui a été effectuée en tenant compte des actualisations du calcul.

■ Construction de séries temporelles

Dans le cadre de la réglementation (et des normes ISO), un suivi des émissions dans le temps est à réaliser pour chaque organisation. Ce suivi est assuré par comparaison entre l'année de référence et l'année de reporting.

La Base Carbone® met ainsi à disposition une série temporelle homogène afin de pouvoir assurer une cohérence méthodologique. Plusieurs jeux de données sont proposés, ceux-ci couvrant à chaque fois une période de 4 ans. Ci-après un tableau de présentation des périodes couvertes ainsi que la correspondance avec les années des données d'activités.

Années utilisées pour le calcul du facteur d'émissions	Année des données d'activité utilisées pour le bilan
2008-2009-2010-2011	2008-2009-2010-2011-2012
2009-2010-2011-2012	2013
2010-2011-2012-2013	2014
2011-2012-2013-2014	2015
2012-2013-2014-2015	2016
2013-2014-2015-2016	2017
2014-2015-2016-2017	2018

Correspondance entre les années utilisées pour le calcul du FE et la données d'activité correspondante

Comme la méthodologie utilise des moyennes glissantes de 4 ans et que les données homogènes ne sont disponibles que depuis 2008, les mêmes résultats seront utilisés pour les années 2008, 2009, 2010, 2011, 2012.

La méthode par usage

Les grands principes qui ont guidé le développement méthodologique sont les suivants :

- Le choix d'une méthode qui respecte le critère d'**additivité**, c'est à dire que, sur une année, la somme des émissions de CO₂ 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** (4 ans – par exemple, les FE de 2016 sont basés sur les données moyennées de 2012 à 2015) 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 autoconsommée, avec prise en compte des interconnexions et échanges.
- L'utilisation de données au **pas mensuel** car la « variance » du contenu CO₂ 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.

Plus précisément, la méthode consiste 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 pour les deux dernières années) et une fraction saisonnalisée (environ 130 TWh), afin de calculer le contenu CO₂ de chacune de ces deux composantes de la production. Les deux valeurs correspondantes varient respectivement entre 5 à 25 g/kWh et 110 à 150 g /kWh livré à l'utilisateur final selon les années considérées.

Concernant la **consommation**, la méthode associe un coefficient de saisonnalisation à chaque usage. Ainsi, la méthode saisonnalisée aboutit à ce que le chauffage électrique est saisonnalisé à 100 % mais l'industrie à 10% seulement. Afin d'affecter à chaque usage un contenu CO₂, 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 mais non retenues à ce jour

"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

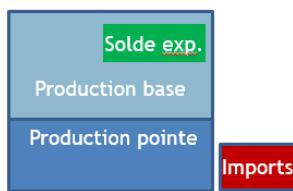
Guide pour l'utilisation des données

En résumé

Rappel du calcul du contenu moyen

Le périmètre est :

- les émissions de la production française
- auxquelles on additionne les émissions du solde importateur
- auxquelles on soustrait celles du solde exportateur



Par ailleurs, on calcule les facteurs d'émission saisonnalisés et « de base »

Rappel du calcul du contenu par usage

- On affecte les FE saisonnalisé ou « de base » aux quantités d'électricité consommées par usage, au prorata de leur part saisonnalisée ou « de base »



- Un terme correctif dit « de bouclage » permet
 - 1) d'égaliser les quantités de CO2 émises entre production et consommation (dont pertes et imports/exports)
 - 2) de soustraire au bilan CO2 de chaque usage la part des exports et des pertes, en proportion de l'usage concerné

Données « Label E+/C- »



Dans le cadre des réflexions sur la Performance Environnemental des Bâtiments Neufs (PEBN), des travaux ont été menés pour établir un référentiel « Energie-Carbone » à mettre en œuvre dans le cadre de l'expérimentation nationale du Label E+/C-. Les facteurs d'émissions associés ne sont à utiliser que dans ce cadre très précis.

Plus d'informations sur le [site de l'expérimentation](#).

4.1.1.2 Mix électrique autres pays

Description

Pour les contenus CO₂ moyen à l'étranger, les valeurs actuelles de la Base Carbone® ont été prises dans une publication de l'Agence Internationale de l'Energie (<CO₂ Emissions from Fuel Combustion>, 2013, fournissant des données pour 2011²¹⁰) et figurent dans le tableau ci-dessous.

Dans cette publication, les valeurs tiennent compte des kWh électriques et thermiques fournis. Par contre, les échanges transfrontaliers ne sont pas pris en compte et 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.

Par ailleurs, des publications plus récentes de l'AIE sont disponibles (publication payante) : n'hésitez pas à consulter directement leur site internet.

Pays	kgCO _{2e} / kWh	Pays	kgCO _{2e} / kWh
Afrique du Sud	0,927	Kazakstan	0,766
Albanie	0,002	Kenya	0,274
Algérie	0,548	Kirghizistan	0,094
Allemagne	0,461	Kosovo	1,287
Angola	0,440	Koweït	0,842
Antilles Néerlandaises	0,707	Lettonie	0,227
Arabie Saoudite	0,737	Liban	0,709
Argentine	0,367	Libye	0,885
Arménie	0,181	Lituanie	0,548
Australie	0,841	Luxembourg	0,410
Autriche	0,188	Macédonie	0,687
Azerbaïdjan	0,584	Malaisie	0,727
Bahreïn	0,640	Malte	0,872
Bangladesh	0,593	Maroc	0,718
Bélarus	0,585	Mexique	0,455
Belgique	0,220	Moldavie	0,583
Bénin	0,720	Mongolie	1,492
Birmanie	0,262	Montenegro	0,405
Bolivie	0,423	Mozambique	0,001
Bosnie-Herzégovine	0,729	Namibie	0,197
Botswana	2,517	Népal	0,001
Brésil	0,087	Nicaragua	0,460
Brunéi Darussalam	0,798	Nigéria	0,405
Bulgarie	0,579	Norvège	0,017
Cambodge	0,804	Nouvelle-Zélande	0,150
Cameroun	0,207	Oman	0,794
Canada	0,186	Ouzbékistan	0,734

Chili	0,410	Pakistan	0,425
Chine	0,766	Panama	0,298
Chypre	0,702	Paraguay	0,000
Colombie	0,176	Pays-Bas	0,415
Congo	0,142	Pérou	0,289
Corée du Sud	0,533	Philippines	0,481
Corée du Nord	0,465	Pologne	0,781
Costa rica	0,056	Portugal	0,255
Côte d'Ivoire	0,445	Qatar	0,494
Croatie	0,305	Rép. Dém. Du Congo	0,003
Cuba	1,012	République Tchèque	0,589
Danemark	0,360	Roumanie	0,499
Dominicaine, République	0,589	Royaume-Uni	0,457
Égypte	0,450	Russie	0,639
El Salvador	0,223	Sénégal	0,637
Émirats Arabes Unis	0,598	Serbie	0,724
Équateur	0,389	Singapour	0,499
Érythrée	0,646	Slovaquie	0,197
Espagne	0,238	Slovénie	0,325
Estonie	1,014	Soudan	0,344
États-Unis	0,522	Sri Lanka	0,379
Éthiopie	0,007	Suède	0,030
Finlande	0,229	Suisse	0,027
Gabon	0,383	Syrie	0,594
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
Islande	0,000	Venezuela	0,264
Israël	0,689	Viêt Nam	0,432
Italie	0,406	Yémen	0,655
Jamaïque	0,711	Zambie	0,003
Japon	0,416	Zimbabwe	0,660
Jordanie	0,566		

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

Incertitudes et variabilité

Les facteurs d'émissions de l'électricité de réseau, reflétant le parc de centrales installées sur le territoire national, varient 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 CO₂, 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 CO₂ du kWh en quelques années est le basculement du charbon sur le gaz pour les moyens de pointe et semi base. Ainsi, la dernière Programmation Pluriannuelle de l'Energie prévoit la fermeture des dernières centrales à charbon d'ici 2022.

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), la variabilité maximale constatée pour le facteur d'émission français moyen est de l'ordre de 15% sur les 5 dernières années.

Sources :

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

4.1.2 Moyens de production

Ce chapitre présente le contenu CO₂ de l'électricité en sortie de centrale par type de centrale.

Les facteurs d'émission comprennent :

1. Les émissions liées à la **combustion du combustible** (pour les centrales thermiques)
2. Les émissions liées à la **mise à disposition du combustible** (pour les centrales thermiques et nucléaires)
3. 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 comprend l'amont et la combustion :

Centrale nucléaire	Centrale à gaz	Centrale à Charbon	Centrale fioul-vapeur
6	418	1058	730

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

La source utilisée est la base de données ELCD [320](#)

Sources :

[\[320\] Base de données ELCD - Consulté en mars 2015](#)

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 Analyse de Cycle de Vie réalisée pour l'ADEME en 2017 a permis de fournir des données précises sur les impacts environnementaux de la production éolienne avec les spécificités du parc français installé sur terre et prévu en mer [\[331\]](#). Les différentes étapes du cycle de vie d'une installation éolienne sont incluses dans les frontières du système :

- Fabrication des composants du système
- Installation du système éolien
- Utilisation
- Maintenance
- Désinstallation, traitement en fin de vie

Différentes unités fonctionnelles ont été considérées selon la localisation de l'éolienne :

- sur terre : «1 kilowattheure issu de la capacité de production éolienne française terrestre en 2013, délivré sur le réseau électrique, avec un facteur de charge moyen calculé sur les 5 dernières années (2010-2014), pour une durée de vie de parc de 20 ans»

- en mer : «1 kilowattheure issu de la capacité de production éolienne française maritime entre 2020 et 2023, délivré sur le réseau électrique, avec un facteur de charge moyen fondé sur les estimations futures, pour une durée de vie de parc de 20 ans»

Les résultats* calculés pour l'ensemble des parcs éoliens terrestres et maritimes français, sur les phases de fabrication et d'usage / production d'énergie confirment les faibles émissions de CO₂ :

- Eolienne terrestre : taux d'émission de 14,1 g CO₂ eq / kWh
- Eolien en mer : taux d'émission de 15,6 g CO₂ eq / kWh

Ces émissions caractérisant les parcs français sont analogues à celles rapportées par les études internationales. La phase de fabrication des composants est la principale source des impacts, notamment en raison de la consommation d'énergie.

(*) Remarque : afin d'assurer une cohérence de périmètre de comptabilisation avec les autres facteurs d'émissions « énergie » présents dans la Base Carbone®, les phases de démantèlement et fin de vie des ouvrages ne sont pas intégrées dans les facteurs d'émission retenus.

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 pays³³⁰. Le facteur d'émission relatif à l'électricité photovoltaïque pour la France est de 56 gCO2e 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 gCO2e/kWh avec une incertitude de 30%. Notons par ailleurs que cette valeur est conforme avec les résultats des ACV ménées 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 CO2 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 - au travers d'un bilan des études ACV existantes sur la filière nucléaire dans le monde - un tableau récapitulatif des résultats d'autres études sur les autres filières de production d'électricité. Les résultats des filières ENR sont proches de ceux proposés auparavant.

Attention : la valeur affichée ci-dessous pour la filière nucléaire (66 gCO2e/kWh) est une moyenne « monde » et n'est pas représentative du cas français. Pour le contenu GES du kWh nucléaire en France, merci de vous référer au chapitre « [Moyens conventionnels](#) ».

*Lifecycle estimates for electricity generators**

Technology	Capacity/configuration/fuel	Estimate (gCO2e/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 gaz, 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

[331] Impacts environnementaux de l'éolien français, Données 2015, ADEME, 2017

4.2 Réseaux de chaleur/froid

Ce chapitre traite de :

- L'intensité carbone de l'énergie d'un réseau de chaleur
- L'intensité carbone de l'énergie d'un réseau de froid
- Des pertes en ligne entre les centrale de production de chaleur et les consommateurs



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).

4.2.1 Réseaux de chaleur

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 [341](#).

Ces valeurs sont remises à jour annuellement. Elles sont accessibles, ainsi que l'historique des valeurs depuis 2009, sur le site "Pôle Réseaux de Chaleur" du Cerema [342](#).

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 CO₂ 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	Chaleur (C) ou froid (F)	kgCO ₂ / kWh
1	La Reyssouze	Bourg-en-Bresse	C	0,141
1	Réseau d'Hauteville Lompnes	Hauteville Lompnes	C	0
1	Réseau de Saint-Denis-les-Bourg	Saint-Denis-les-Bourg	C	0,1
1	Belena	Belley	C	0,025
1	Réseau de Treffort	Treffort-Cuisiat	C	0,273
1	Oyonnax BioChaleur	Oyonnax	C	0,03
1	La Vinaigrerie	Bourg-en-Bresse	C	0,068
2	ZUP du Quartier Europe	Saint-Quentin	C	0,079
2	ZUP de Presles	Soissons	C	0,085
2	Réseau de Laon	Barenton-Bugny	C	0,013
2	Réseau d'Urcel	Urcel	C	0,038
2	Réseau de Château-Thierry	Château-Thierry	C	0,026
3	Réseau de Moulins	Moulins	C	0,027
3	Fontbouillant	Montluçon	C	0,142
3	Réseau de Mayet-de-Montagne	Le Mayet-de-Montagne	C	0,011
3	Réseau de Meaulne	Meaulne	C	0
3	Réseau de Commentry	Commentry	C	0,081
3	Réseau de chaleur d'Ebreuil	Ebreuil	C	0,03
4	RCU Manosque ZAC Chanteprunier	Manosque	C	0,048
4	Réseau La Tomie	Forcalquier	C	0,009
4	Réseau d'Allos	Allos	C	0
4	Réseau de Barcelonnette	Barcelonnette	C	0,048
5	Réseau bois Delaroche	Embrun	C	0,011
5	Réseau Quartier Gare	Embrun	C	0,005
5	Réseau de l'Association La Chrysalide	Tallard	C	0,242
6	Sonitherm-Réseau de l'Ariane	Nice	C	0
6	Saint Augustin (HLM)	Nice	C	0,183
6	Ranguin	Cannes	C	0,129
6	Réseau chaleur et froid chaîne de vie 06	Levens	C	0,07
7	Réseau d'Aubenas	Aubenas	C	0,023
7	Réseau de Cheylard	Le Cheylard	C	0,025
7	Réseau de Valgorge	Valgorge	C	0
7	Réseau de chaleur de Banne	Banne	C	0
7	Réseau de chaleur communal de Burzet	Burzet	C	0

7	Réseau de Montpezat-Sous-Bauzon	Montpezat-Sous-Bauzon	C	0
8	La Citadelle	Charleville-Mézières	C	0,225
8	Ronde couture	Charleville-Mézières	C	0,075
8	ZUP de Sedan	Sedan	C	0,114
8	Réseau bois de Machault	Machault	C	0,273
8	Réseau de chaleur de Rocroi	Rocroi	C	0,094
10	ZUP de la Chapelle Saint-Luc	Les Noes-Pres-Troyes	C	0,228
10	Les Chartreux	Troyes	C	0,084
10	Biomasse de Piney	Piney	C	0,071
11	ZAC Saint Jean et Saint Pierre	Narbonne	C	0,093
11	Réseau CEF-MCO	Carcassonne	C	0,184
12	Réseau de Decazeville	Decazeville	C	0,02
12	Réseau Sarrus	Rodez	C	0,142
12	Réseau de Cantagrelh	Onet-le-Château	C	0,298
13	ZAC des Canourgues	Salon de Provence	C	0,206
13	Luminy	Marseille	C	0,253
13	ZAC Paradis-Saint-Roch	Martigues	C	0,245
13	ZAC Canto Perdrix	Martigues	C	0,049
13	Centre Urbain-Zac des Pins	Vitrolles	C	0,225
13	Réseau d'Aix-en-Provence	Aix-en-Provence	C	0
13	La Bayanne	Istres	C	0,116
13	Réseau communal de Coudoux	Coudoux	C	0,101
14	Hérouville St Clair	Hérouville-Saint-Clair	C	0,015
14	ZUP de Hauteville	Lisieux	C	0,046
14	ZAC de Falaise	Falaise	C	0,02
14	Quartier Nord	Caen	C	0,231
14	Réseau Bois I	Bayeux	C	0,081
14	Réseau Bois Vallée des Près (Bayeux 2)	Bayeux	C	0,068
14	Réseau d'Aunay-sur-Odon	Aunay-sur-Odon	C	0,017
14	Réseau de Vire	Vire	C	0,027
14	Réseau de Val-ès-Dunes	Argences	C	0,041
14	Caen Sud	Caen	C	0,167
15	Réseau de l'hôpital d'Aurillac	Aurillac	C	0,002
15	Réseau de chaleur bois du Crozatier	Saint-Georges	C	0,005
15	Réseau de chaleur bois du Volzac	Saint-Flour	C	0,007
15	Réseau de Riom-ès-Montagnes	Riom-ès-Montagnes	C	0,033
15	Réseau de l'OP HLM Du Cantal	Arpajon-sur-Cere	C	0
16	Réseau Champ de manoeuvre	Soyaux	C	0,325
16	Réseau de Champagne-Mouton	Champagne-Mouton	C	0
16	Réseau de Montemboeuf	Montemboeuf	C	0
17	Villeneuve les Salines	La Rochelle	C	0,044

17	Réseau de Jonzac	Jonzac	C	0,029
17	Réseau de Aytre	Aytre	C	0,008
17	Pont Neuf Mireuil Energie	La Rochelle	C	0,019
17	Réseau de Pons	Pons	C	0,072
17	Réseau de Gémozac	Gémozac	C	0,019
18	Chancellerie Gibjoncs-ZUP de Bourges	Asnières-les-Bourges	C	0,023
18	Clos du Roi-Tunnel Château	Vierzon	C	0,19
19	Centre de valorisation énergétique Brive	Saint-Pantaléon-de-Larche	C	0,004
19	Egletons Bois Energie	Egletons	C	0,02
19	Réseau de Sornac	Sornac	C	0,042
19	Réseau de Servières-le-Château	Servières-le-Château	C	0
19	Borg Warner	Eyrein	C	0,284
20	Réseau de Corte	Corte	C	0,266
21	La Fontaine d'Ouche et Chenove	Dijon	C	0,161
21	Dijon Énergies	Dijon	C	0,068
21	Les Gresilles	Dijon	C	0,07
22	Réseau de Brézillet	Ploufragan	C	0,181
22	Réseau de chaleur de Pluzunet	Pluzunet	C	0
22	Réseau de chaleur de Collinée	Collinée	C	0
22	Réseau de chaleur de Pessala	Plessala	C	0
22	Réseau de chaleur du Gouray	Le Gouray	C	0
23	Réseau de Bourganeuf	Bourganeuf	C	0,026
23	Réseau de Felletin	Felletin	C	0,024
23	Réseau de Gentioux	Gentioux-Pigerolles	C	0,192
24	Réseau de Saint-Astier	Saint-Astier	C	0,069
24	L'Arche au Bois	Périgueux	C	0,037
24	Réseau de Douville	Douville	C	0,049
24	Réseau de Coulounieix-chamiers	Coulounieix-chamiers	C	0,091
25	Besançon-Planoise	Besançon	C	0,063
25	ZUP de la Petite Hollande	Montbéliard	C	0,053
25	Champvalon	Béthoncourt	C	0,216
25	Chaufferie Bois du Russey	Le Russey	C	0,048
25	Champs Montants	Audincourt	C	0,184
25	Domaine Universitaire de la Bouloie	Besançon	C	0,051
25	Réseau de Mouthe	Mouthe	C	0,091
25	Réseau de Pontarlier	Pontarlier	C	0,011
26	Réseau de la Zup de Valence	Valence	C	0,288
26	Réseau de Vassieux-en-Vercors	Vassieux-en-Vercors	C	0,014
26	Réseau de Pierrelatte-Des	Pierrelatte	C	0
26	Réseau Pracomtal	Montélimar	C	0,268
26	Réseau du quartier de la Monnaie	Romans-sur-Isère	C	0,244

27	ZUP de Saint André-Thermevra	Evreux	C	0,018
27	Louviers Energie	Louviers	C	0,077
27	Quartier de l'Europe	Pont-Audemer	C	0,217
27	Tours du Levant Clos Galots	Les Andelys	C	0,21
27	ZUP Les Valmeux	Vernon	C	0,191
27	Réseau de Conches-en-Ouches	Conches-en-Ouches	C	0,053
27	Réseau-Canappeville	Canappeville	C	0
28	ZUP de la Madeleine	Chartres	C	0,315
28	Les Gauchetières	Nogent Rotrou	C	0,219
28	Réseau Dunes	Chateaudun	C	0,036
28	Tallemont	Manvilliers	C	0,326
28	Réseau de chaleur de Voves	Voves	C	0
29	Eco chaleur de Brest	Brest	C	0,02
29	Réseau de Plougastel-Daoulas	Plougastel-Daoulas	C	0,02
30	Quartier Ouest	Nîmes	C	0,1
30	DALAE	Ales	C	0,08
30	Réseau Lamelouze	Lamelouze	C	0
31	Réseau de Toulouse Mirail	Toulouse	C	0
31	Canceropôle	Toulouse	C	0,017
31	Canceropôle	Toulouse	F	0,01
31	Réseau Saint-Exupéry	Toulouse	C	0,2
31	Ensemble Universitaire de Toulouse Rangueil	Toulouse	C	0,324
31	Eco-quartier Balma Vidailhan	Balma	C	0,083
31	ZAC du Ritouret	Blagnac	C	0,122
31	Réseau En Turet	Ayguevives	C	0,077
33	Grand Parc	Bordeaux	C	0,185
33	Mériadeck	Bordeaux	C	0
33	Laseris	Le Barp	C	0,228
33	Laseris	Le Barp	F	0,012
33	Réseau de Pellegrue	Pellegrue	C	0,031
33	Parc de Mérignac Ville Stemmer	Mérignac	C	0,208
33	Rive Droite Energies	Cenon	C	0,048
33	Réseau de chaleur de Gironde sur Dropt	Gironde-sur-Dropt	C	0,06
33	Réseau de chaleur de Saint-Pierre d'Aurillac	Saint-Pierre-d'Aurillac	C	0,021
33	Réseau de la Réole	La Réole	C	0,005
33	Réseau de Terre Neuves	Bègles	C	0,11
33	Eco-quartier Ginko	Lormont	C	0,055
33	Bassins à flots	Bordeaux	C	0,029
33	Bassins à flots	Bordeaux	F	0,009
33	Bordeaux Begles Energies	Bordeaux	C	0,285
33	Réseau de la clinique de Lesparre	Lesparre-Médoc	C	0,056

34	RMCF	Montpellier	C	0,086
34	Polygone Antigone	Montpellier	F	0,093
34	Ernest Granier	Montpellier	F	0,012
34	Port Marianne Odysseum	Montpellier	F	0,012
34	Réseau des universités	Montpellier	C	0,031
34	Réseau Arches Jacques Coeur	Montpellier	F	0,015
34	ZAC des Constellations	Juvignac	C	0,079
35	Sarah Bernhardt	Rennes	C	0,215
35	Campus scientifique de Beaulieu	Rennes	C	0,196
35	Quartier Sud	Rennes	C	0,093
35	Réseau de chaleur de Bretagne Romantique	Combourg	C	0,054
35	Réseau de Vitré	Vitré	C	0
35	Réseau de la centrale Thermique de Villejean	Rennes	C	0,021
35	Réseau de Janzé	Janzé	C	0,02
35	Réseau de Vezin le Coquet	Vezin le Coquet	C	0,035
35	Réseau de Rennes Est (ZAC Baud-Chardonnet)	Rennes	C	0,001
37	Morier et Rabière	Joué-les-Tours	C	0,22
37	ZUP des Bords de Cher et Sanitas	Tours	C	0,071
37	Quartier Chateaubriand	Tours	C	0,192
37	La Rabaterie	Saint-Pierre-des-Corps	C	0,232
37	Centre de Valorisation Energétique	Saint-Benoît-la-Forêt	C	0,005
37	Réseau de chauffage urbain de la Riche-Quartier	La Riche	C	0,238
38	Réseau de Grenoble	Grenoble	C	0,141
38	Réseau froid CCIAG Grenoble	Grenoble	F	0,013
38	Berjalia	Bourgoin Jallieu	C	0,034
38	Réseau de chaleur de Vinay	Vinay	C	0,048
38	Réseau de Saint Marcellin	Saint-Marcellin	C	0,027
38	Les Laiches	Villars-de-Lans	C	0,023
38	Réseau de Lans-en-Vercors	Lans-en-Vercors	C	0,013
38	Réseau de Monestier-de-Clermont	Monestier-de-Clermont	C	0,024
38	Réseau de Mens	Mens	C	0,066
38	Réseau de Chaleur Bois Pontcharra RCBP	Pontcharra	C	0,061
38	Réseau d'Allevard	Allevard	C	0,02
38	Réseau de Coublevie	Coublevie	C	0,056
38	Réseau de chaleur de Voreppe	Voreppe	C	0,042
39	Réseau de Dole	Dole	C	0,109
39	La Marjorie	Lons-le-Saunier	C	0,082
39	Réseau de Champvans	Champvans	C	0
39	Réseau de Moirans-en-Montagne	Moirans-en-Montagne	C	0,118

39	Réseau CCPM Arinthod	Arinthod	C	0
39	Réseau de la Ville de Morez	Hauts de Bienne	C	0
39	Chaufferie Bois les Orchidées	Avignon-Les-Saint-Claude	C	0
40	Géothermie Mont-de-Marsan (GMM1)	Mont-de-Marsan	C	0,018
40	Réseau de chaleur Peyrouat	Mont-de-Marsan	C	0,095
41	Quartier Bégon et Chevalier	Blois	C	0,022
41	ZAC des Paradis	Vineuil	C	0,056
41	Réseau de Mondoubleau	Mondoubleau	C	0,116
42	ZUP de la Cotonne	Saint-Étienne	C	0,227
42	Quartier de La Métare	Saint-Étienne	C	0,196
42	HLM Beaulieu Montchovet IV	Saint-Étienne	C	0,275
42	Réseau de Firminy	Firminy	C	0,116
42	Quartier RN 7	Roanne	C	0,233
42	Réseau de Chaleur VIACONFORT	Saint Etienne	C	0,081
42	Réseau de froid VIACONFORT	Saint Etienne	F	0,013
42	Quartier Montreynaud	Saint-Étienne	C	0,055
42	Réseau d'Andrézieux-Bouthéon	Andrézieux-Bouthéon	C	0,077
42	Réseau de Montrond-les-Bains	Montrond-les-Bains	C	0,066
42	Scevia Quartier de Fonsala	Saint-Chamond	C	0,049
42	Réseau d'Usson-en-Forez	Usson-en-Forez	C	0,019
42	Siège CDC St Bonnet le Château	Saint-Bonnet-le-Château	C	0
42	Réseau de Jonzieux	Jonzieux	C	0,075
42	Réseau de Roisey	Roisey	C	0
42	ZAC des Lucioles	Planfoy	C	0,014
42	Réseau de Le Bessat	Le Bessat	C	0
42	Réseau de Saint-Bonnet-le-Courreau	Saint-Bonnet-le-Courreau	C	0
42	Réseau de La Terrasse-sur-Dorlay	La Terrasse-sur-Dorlay	C	0
42	Réseau de Saint-Régis-du-Coin	Saint-Régis-du-Coin	C	0,013
42	Réseau de Saint-Didier-sur-Rochefort	Saint-Didier-sur-Rochefort	C	0,005
42	Réseau de Neulise	Neulise	C	0,017
42	Quartier Notre-Dame	Pelussin	C	0,071
42	Réseau de Saint-Christo-en-Jarez	Saint-Christo-en-Jarez	C	0,152
42	Réseau de Saint-Martin-la-Sauveté	Saint-Martin-la-Sauveté	C	0,091
42	Réseau de Saint-Symphorien-de-Lay	Saint-Symphorien-de-Lay	C	0
42	Réseau de Marlhes	Marlhes	C	0
42	Réseau de Saint-Haon-le-Châtel	Saint-Haon-le-Châtel	C	0,025
42	Réseau de Saint-Joseph	Saint-Joseph	C	0,165
42	Réseau de Saint-Cyr-de-Favières	Saint-Cyr-de-Favières	C	0
42	Quartier de Mâtel	Roanne	C	0,088

42	Quartier Arsenal	Roanne	C	0,072
42	Quartier " des Croix St Jean "	Pelussin	C	0,046
42	Siège CDC du Pilat Rhodanien et siège maison des s	Pelussin	C	0,025
42	Réseau de Saint-Maurice-en-Gourgois	Saint-Maurice-en-Gourgois	C	0
42	Réseau de Colombier	Colombier	C	0,032
42	Roche-en-Forez	Roche	C	0,01
43	Réseau de Tence	Tence	C	0,012
43	Langeac	Langeac	C	0,192
43	Réseau du Puy en Velay VERT VEINE	Le Puy-en-Velay	C	0,021
43	Réseau de chaleur YES	Yssingeaux	C	0,044
43	Réseau de la Mairie	Dunières	C	0,128
43	Réseau de la Piscine	Dunières	C	0,128
43	Réseau de Pradelles	Pradelles	C	0,028
43	Réseau de Mazet St Voy	Mazet-Saint-Voy	C	0
43	Réseau de St Bonnet le Froid	Saint-Bonnet-Le-Froid	C	0
44	Beaulieu Malakoff	Nantes	C	0,042
44	Réseau de Chateaubriant	Châteaubriant	C	0,078
44	Réseau Nantes Chantrerie	Nantes	C	0,074
44	ZUP de Bellevue Saint Herblain	Nantes-Saint-Herblain	C	0,089
44	Réseau AFUL de Rezé-Château	Rezé	C	0,162
44	Réseau de Saint-Jean-de-Boiseau	Saint-Jean-de-Boiseau	C	0,077
44	Réseau ZAC de la Minais	Sainte-Luce-sur-Loire	C	0,173
44	Réseau de Saint-Julien-de-Concelles	Saint-Julien-de-Concelles	C	0
45	Socos source	Orléans	C	0,081
45	Quartier Centre Ville et Nord	Orléans	C	0
45	ZUP du grand clos	Montargis	C	0,075
45	Réseau de Fleury les Aubrais	Fleury-les-Aubrais	C	0,071
45	Réseau de Amilly	Amilly	C	0,042
45	U. V. E Pithiviers	Pithiviers	C	0
46	Réseau de Nuzéjouls	Nuzejouls	C	0,034
46	Réseau de Biars du Cere	Biars-sur-Cere	C	0,006
46	Réseau de Cajarc	Cajarc	C	0,006
46	Réseau de Catus	Catus	C	0,028
46	Réseau de Caillac	Caillac	C	0,007
46	Réseau de St Germain du Bel air	Saint-Germain-du-Bel-Air	C	0,012
46	Réseau de Les-Quatre-Routes-du-Lot	Les-Quatre-Routes-du-Lot	C	0,003
46	Réseau de Souseyrac	Souseyrac	C	0,026
46	Réseau de Figeac	Figeac	C	0,006
46	Réseau de Livernon	Livernon	C	0,025

46	Réseau de Cahors	Cahors	C	0,065
46	Réseau de Thégra	Thégra	C	0,008
46	Réseau de Lacapelle-Marival	Lacapelle-Marival	C	0,014
47	Novergie Sud Ouest-Sogad	Le Passage	C	0
48	Mende	Mende	C	0
48	Réseau Saint Chely d'Apcher	Saint-Chely-d'Apcher	C	0,023
49	Réseau d'Angers	Angers	C	0,012
49	Zup Jeanne d'Arc-Déromédi (UPJM)	Angers	C	0,202
49	CHU Angers	Angers	C	0,052
49	Chemin Vert	Saumur	C	0,052
49	Réseau de chaleur d'Andrezé	Andrezé	C	0,253
49	Réseau d'Orgemont	Angers	C	0
49	Réseau de chaleur d'Ecouflant	Ecouflant	C	0,071
49	Hauts de Saint Aubin	Angers	C	0,084
50	ZUP d'Octeville	Cherbourg-Octeville	C	0,019
50	Ilot Divette	Cherbourg-Octeville	C	0,151
50	Régie de chauffage au bois	Le Teilleul	C	0,051
51	ZUP de Laon Neufchâtel	Reims	C	0,239
51	Réseau UIOM de Reims	Reims	C	0
51	Vitry Habitat	Vitry-le-François	C	0
51	Quartier Bernon	Epernay	C	0,277
51	Croix Rouge	Reims	C	0,115
52	Réseau de chaleur du sud de la ville de Chaumont	Chaumont	C	0,03
52	Réseau de Saint-Dizier	Saint-Dizier	C	0,111
52	Réseau de chaleur de l'EHPAD St Augustin	Longeau-Percey	C	0
52	Réseau de Wassy	Wassy	C	0
52	Réseau de Bourmont	Bourmont	C	0
52	Zup de Grigny	Saint-Dizier	C	0,297
52	La Rochotte	Chaumont	C	0,34
53	Lotissement les lilas	Saint-Hilaire-du-Maine	C	0
53	ZUP de Nicolas	Laval	C	0,098
54	ESTIA-Saint Julien Kennedy	Nancy	C	0,08
54	S, E. E. V-Ville de Vandoeuvre	Vandoeuvre-les-Nancy	C	0,033
54	ESTIA-Plateau de Haye	Nancy	C	0,084
54	Réseau d'Ecrouves	Ecrouves	C	0,074
54	Réseau chaufferie bois-Barbonville	Barbonville	C	0
54	S. E, E. V-Plateau de Brabois	Vandoeuvre-les-Nancy	C	0,108
54	ESTIA-Blandan Medreville	Nancy	C	0,091
55	Côte Sainte Catherine	Bar-le-Duc	C	0,274
55	ZUP Anthouard	Verdun	C	0,212
55	Ligny en Barrois	Ligny-en-Barrois	C	0,074

56	Réseau de Lanester	Lanester	C	0,044
56	Réseau de chaleur Zac Centre	Hennebont	C	0
56	Réseau de Gumenen	Auray	C	0,08
56	Réseau de chaleur Liger	Locminé	C	0
57	Réseau de Metz	Metz	C	0,085
57	Réseau de la ville de Yutz	Yutz	C	0,068
57	Réseau du Farébersviller	Farébersviller	C	0,097
57	Wenheck	Saint-Avold	C	0,239
57	Réseau de Freyming-Merlebach	Freyming-Merlebach	C	0,153
57	Réseau de Sarreguemines	Sarreguemines	C	0,248
57	Réseau de Holweg-Forbach-Behren	-Behren-lès-Forbach	C	0
57	Huchet	Saint-Avold	C	0,195
57	Côte de la Justice	Saint-Avold	C	0,211
57	Carrière	Saint-Avold	C	0,228
57	Réseau de Stiring Wendel	Stiring-Wendel	C	0
57	Réseau de chauffage de Creutzwald	Creutzwald	C	0,242
57	Réseau ZAC Amphithéâtre	Metz	F	0,012
58	Réseau de Decize	Decize	C	0,126
58	Réseau de chaleur du Banlay	Nevers	C	0,019
58	Réseau de chaleur de la Maison du Parc du Morvan	Saint-Brisson	C	0
58	Réseau de chaleur d'Arleuf	Arleuf	C	0
58	Réseau de chaleur de Bazolles	Bazolles	C	0
58	Réseau de chaleur de Corbigny	Corbigny	C	0
58	Réseau de chaleur de Lormes	Lormes	C	0
58	Réseau de chaleur de Montigny en morvan	Montigny-en-Morvan	C	0
58	Réseau de chaleur d'Ouroux en Morvan	Ouroux-en-Morvan	C	0
58	Réseau de chaleur de Planchez	Planchez	C	0
58	Réseau de chaleur de Saint Amand en Puisaye	Saint-Verain	C	0
58	Réseau de chaleur de Varzy	Varzy	C	0
58	Réseau de chaleur de Corancy	Corancy	C	0
58	Réseau de chaleur de Saint Saulge	Saint-Saulge	C	0
58	Réseau de chaleur de Billy-sur-Oisy	Billy-sur-Oisy	C	0
58	Réseau de chaleur de Brassy	Brassy	C	0
58	Réseau de chaleur de Château Chinon Ville	Château-Chinon (Ville)	C	0
59	Réseau de Roubaix	Roubaix	C	0,092
59	Les Canonnières	Valenciennes	C	0,24

59	Réseau de Sains-du-Nord	Sains-du-Nord	C	0,046
59	Quartier Pont de bois	Villeneuve-d'Ascq	C	0,231
59	Domaine Universitaire et Scientifique	Villeneuve-d'Ascq	C	0,206
59	Réseaux de Wattignies	Wattignies	C	0,178
59	Réseau de Wattrelos	Wattrelos	C	0,24
59	Réseau de chaleur de Sin Le Noble	Sin-le-Noble	C	0,108
59	Réseau de Mons-en-Baroeul	Mons-en-Barœul	C	0,151
59	Réseau de Lille	Lille	C	0,26
59	Réseau de Lambersart	Lambersart	C	0,102
59	ZUP de la Caserne Joyeuse-Maubeuge	Maubeuge	C	0,215
59	Les rives créatives de l'Escaut	Anzin	C	0
59	Energie Grand Littoral-Dunkerque	Dunkerque	C	0,11
59	Réseau de chaleur de Douchy	Douchy-les-Mines	C	0,028
59	Réseau de chauffage d'Hazebrouck	Hazebrouck	C	0,086
59	Quartier Tournebride Lomme-Capenghem	Lille	C	0,09
60	Réseau de Compiègne	Compiègne	C	0,229
60	La Cavée et les hironvalles	Creil	C	0,123
60	Quartier des Obliers	Nogent-sur-Oise	C	0,082
60	Les Martinets	Montataire	C	0,168
60	Réseau du Quartier Saint-Jean	Beauvais	C	0,021
60	Réseau de Breteuil-sur-Noye	Breteuil-sur-Noye	C	0,007
61	Quartier Saint Sauveur	Flers	C	0,06
61	Perseigne	Alençon	C	0,057
61	Quartier Nord-Route de Falaise	Argentan	C	0,03
61	Réseau de La Ferté-Macé	La Ferté-Macé	C	0,008
61	RECBIA	L'Aigle	C	0,036
62	ZUP du quartier République-Avion	Avion	C	0,201
62	Réseau de Arques	Arques	C	0,063
62	Réseau de chaleur de Lens	Lens	C	0,028
62	Le Portel-Outreau Engie	Outreau	C	0,189
62	Le Portel-Outreau Dalkia	Outreau	C	0,082
62	Réseau de chaleur de Béthune-Mont Liebaut	Béthune	C	0,237
62	Réseau de Liévin	Liévin	C	0,246
62	Réseau de Chaleur de Calais	Calais	C	0,142
62	Réseau de chaleur de Béthune-Centre-Ville	Béthune	C	0,214
62	Réseau d'Achicourt	Achicourt	C	0,079
62	Réseau d'Arras	Arras	C	0,227
62	Réseau de Boulogne-sur-Mer	Boulogne-sur-Mer	C	0,17

63	Réseau de Riom RCBE	Riom	C	0,037
63	HLM Saint Jacques	Clermont-Ferrand	C	0,193
63	La Gauthière	Clermont-Ferrand	C	0,077
63	Croix-de-Neyrat/ Champratel/ Les Vergnes	Clermont-Ferrand	C	0,019
63	Quartier du Masage	Beaumont	C	0,217
63	Réseau de Rochefort-Montagne	Rochefort-Montagne	C	0,046
63	Réseau de Royat	Royat	C	0,228
63	Réseau de chaleur bois de Pontaumur	Pontaumur	C	0,08
63	Réseau de chaleur de St-Germain-l'Herm	Saint-Germain-l'Herm	C	0
63	Réseau de chaleur de Ardes	Ardes	C	0
63	Le Coral	Amber	C	0,256
64	SPIC réseau de chaleur du hameau	Pau	C	0,029
65	Réseau de Vic-en-Bigorre	Vic-en-Bigorre	C	0,05
66	Réseau de la Perle Cerdane	Osseja	C	0,217
67	Elsau	Strasbourg	C	0,239
67	Hautepierre	Strasbourg	C	0,239
67	L'Esplanade	Strasbourg	C	0,225
67	Eco-Quartier Brasserie Cronenbourg	Strasbourg	C	0,061
67	Hochfelden	Strasbourg	C	0,279
67	Cité du Wihrel	Ostwald	C	0,235
67	Cité de l'Ill	Strasbourg	C	0,076
67	Réseau de Colmar Vosges	Strasbourg	C	0,069
67	Le Ried	Schiltigheim	C	0,11
67	Réseau de la Communauté de Communes Sauer Pechelbronn	Morsbronn-les-Bains	C	0,091
67	Réseau des Tanneries-Bohrie	Lingolsheim	C	0,107
67	Réseau Mars	Haguenau	C	0,112
67	Réseau de Niederbronn-les-Bains	Niederbronn-les-Bains	C	0,066
67	Réseau d'Allenwiller	Allenwiller	C	0
67	Réseau de Saales	Saales	C	0
67	Réseau de Haguenau	Haguenau	C	0,063
67	ECOGI	Rittershoffen	C	0
67	Réseau de Sélestat	Sélestat	C	0,111
67	Réseau de Chaleur ECO2WACKEN	Strasbourg	C	0,07
68	Réseau de Colmar	Colmar	C	0,07
68	L'Illberg	Didenheim	C	0,101
68	Porte de Bâle	Mulhouse	C	0,185
68	Réseau de la Ville de Saint-Louis	Saint-Louis	C	0
68	Réseau de Cernay	Cernay	C	0,076
68	Réseau de Rixheim	Rixheim	C	0,063

68	Réseau de chaleur de Feldbach	Feldbach	C	0,056
68	Réseau de Thann	Thann	C	0
68	Réseau communal de Freisen	Freisen	C	0
68	Réseau de Lapoutroie	Lapoutroie	C	0
68	Réseau Val-d'Argent	Sainte-Marie-aux-Mines	C	0,075
68	Papeteries du Rhin	Illzach	C	0,062
69	Vénissieux énergies	Vénissieux	C	0,121
69	HLM Les Sources	Ecully	C	0,207
69	La Duchère et Lyon 9e	Champagne-au-Mont-d'Or	C	0,073
69	Réseau Lyon	Lyon	C	0,101
69	Réseau Lyon	Lyon-Villeurbanne	F	0,011
69	Réseau de Vaulx-en-Velin	Vaulx-en-Velin	C	0,079
69	Campus de la Doua	Villeurbanne	C	0,249
69	Quartier La Perralière	Villeurbanne	C	0,183
69	Les Semailles	Rillieux-la-Pape	C	0,028
69	Quartier Parilly	Bron	C	0,202
69	Quartier Les Vernes	Givors	C	0,253
69	Réseau UIOM Villefranche	Villefranche-sur-Saône	C	0,003
69	Plateau de Montmein	Oullins	C	0,206
69	Z. H Champvert	Lyon	C	0,193
69	Réseau Valorly	Rillieux-la-Pape	C	0
69	Quartier Belleroche Ouest	Gleize	C	0,087
69	Quartier Mermoz Sud	Lyon	C	0,202
69	Quartier de la Roue	Rillieux-la-Pape	C	0,226
69	Réseau de Sathonay-Camp	Sathonay-Camp	C	0,064
69	Réseau Les Combes	Yzeron	C	0
69	Réseau Le Bourg	Yzeron	C	0
69	Réseau de La Tour-de-Salvagny	La Tour-de-Salvagny	C	0,044
69	Réseau de Lamure-sur-Azergues	Lamure-sur-Azergues	C	0,256
69	Réseau de chaleur Lyon Confluence	Lyon	C	0,384
70	ZUP des Capucins	Gray	C	0,045
70	Réseau de Saulnot	Saulnot	C	0,01
70	Réseau de Breurey les Faverney	Breurey-les-Faverney	C	0
70	Réseau de Dampierre-sur-Linotte	Dampierre-sur-Linotte	C	0,148
70	Réseau de Plancher-Bas	Plancher-Bas	C	0,062
70	Réseau de Champey	Champey	C	0,192
70	Réseau de Scey-sur-Saône-et-Saint-Albin	Scey-sur-Saône-et-Saint-Albin	C	0,086
70	Réseau de Marnay	Marnay	C	0,001
70	Réseau de Gy	Gy	C	0
70	Réseau d'Héricourt-Quartier Maunoury	Héricourt	C	0,058
71	Réseau de Chalon	Chalon-sur-Saône	C	0,103

71	Réseau de Montceau les mines	Montceau-les-Mines	C	0,127
71	Réseau de Mâcon	Mâcon	C	0,301
71	Réseau d'Autun	Autun	C	0,071
71	Réseau de Tramayes	Tramayes	C	0,016
71	Réseau d'Anost	Anost	C	0
72	Réseau du Mans	Le Mans	C	0,312
72	Percée Centrale	Le Mans	C	0,228
72	ZUP d'Allonnes	Le Mans-Allonnes	C	0,027
72	Bellevue	Coulaine	C	0,169
73	Bissy et Croix Rouge	Chambéry	C	0,103
73	La Plagne	Macôt-La-Plagne	C	0,059
73	Les Arcs	Bourg-Saint-Maurice	C	0,338
73	Réseau de Notre-Dame-des-Millières	Notre-Dame-des-Millières	C	0,039
73	Réseau de Saint Etienne de Cuines	Saint-Etienne-de-Cuines	C	0
73	Réseau de Beaufort	Beaufort	C	0,058
73	Réseau de Gilly-sur-Isère	Gilly-sur-Isère	C	0,134
73	Réseau de Yenne	Yenne	C	0,014
73	Réseau de la Bauche	La Bauche	C	0
73	Réseau de Saint-Jean-d'Arvey	Saint-Jean-d'Arvey	C	0,199
74	Quartier de Champ Fleury	Seynod	C	0,048
74	Bois Energies Annemasse	Annemasse	C	0,051
74	Quartier de la Rénovation	Thonon-les-Bains	C	0,222
74	Flaine Energie	Arracles les Carroy	C	0,205
74	Quartier Les Ewues	Cluses	C	0,27
74	Quartier La Cudray	Faverges	C	0,009
74	Quartier du Crozets	Scionzier	C	0,226
74	Réseau d'Avoriaz	Morzine	C	0,086
74	Réseau de Clarafond-la-Presles	Clarafond-Arcine	C	0,045
74	Réseau de Vallorcine	Vallorcine	C	0,01
74	Réseau UVE du STOC	Thonon-les-Bains	C	0
74	Annecy Bio chaleur	Annecy	C	0,023
75	Paris et communes limitrophes-CPCU	Paris	C	0,172
75	Réseau Climespace	Paris	C	0,202
75	Réseau Climespace	Paris	F	0,007
76	Curb-Bihorel	Rouen	C	0,368
76	ZAC du Mont Gaillard	Le Havre	C	0,109
76	Réseau de Mont Saint Aignan	Mont-Saint-Aignan	C	0,178
76	Canteleu Energie	Canteleu	C	0,105
76	ZAC Nobel Bozel	Le Petit-Quevilly	C	0,051
76	Château Blanc	Saint-Etienne-du-Rouvray	C	0,018
76	Sodineuf	Dieppe	C	0,203

76	SECIGO	Gonfreville-l'Orcher	C	0,013
76	CHU Charles Nicolle	Rouen	C	0,19
76	ZUP de Caucrauville	Le Havre	C	0,255
76	La Côte Brûlée	Le Havre	C	0,244
76	Chaufferie bois Grammont	Rouen	C	0,035
76	Réseau de Maromme	Maromme	C	0,021
76	SRGB	Notre-Dame-de-Gravenchon	C	0,025
76	Réseau de Neufchatel-en-Bray	Neufchatel-en-Bray	C	0,032
76	Réseau de Semedi-Sedibex	Sandouville	C	0
76	VESUVE	Le Grand-Quevilly	C	0
77	Réseau de l'hôpital	Meaux	C	0,103
77	Beauval-Collinet	Meaux	C	0,108
77	Almont-Montaigu	Melun	C	0,033
77	ZUP du mont Saint-Martin	Nemours	C	0,094
77	Réseau de Dammarie-les-Lys	Dammarie-les-Lys	C	0,246
77	Centrale de la butte Monceau	Avon	C	0,316
77	Réseau du Mée-sur-Seine	Le Mée-sur-Seine	C	0,063
77	Réseau de Vaux-le-Pénil	Vaux-le-Pénil	C	0,043
77	Réseau de Coulommiers	Coulommiers	C	0,005
77	ZUP de Surville	Montereau-Fault-Yonne	C	0,015
77	Réseau de Marne la Vallée	Torcy	C	0,017
77	Réseau de Chelles	Chelles	C	0,105
77	Réseau de Bailly Romainvilliers	Bailly Romainvilliers	C	0,035
78	Le Val Fourré	Mantes-la-Jolie	C	0,104
78	Réseau de Versailles	Versailles	C	0,227
78	Parly II	Le Chesnay	C	0,212
78	Réseau de Saint Germain en Laye	Saint-Germain-en-Laye	C	0,144
78	Réseau d'Achères	Achères	C	0,104
78	Quartier Grand Ouest et Musiciens	Les Mureaux	C	0,076
78	Réseau de Vélizy	Vélizy-Villacoublay	C	0,221
78	Réseau de Carrières-Chatou	Carrières-sur-Seine	C	0,007
78	Réseau de Plaisir-Resop	Plaisir	C	0,031
79	ZUP Le Clou Bouchet	Niort	C	0,327
79	Réseau de Romans	Romans	C	0
79	Réseau de Bressuire	Bressuire	C	0,15
79	Réseau de l'Absie	L'Absie	C	0
79	Quartier Les Brizeaux	Niort	C	0,017
79	Réseau de chaleur CC du Mellois	Lezay	C	0,029
80	Etouvie	Amiens	C	0
80	Quartier Henriville	Amiens	C	0,234
80	Le pigeonnier	Amiens	C	0,213
80	Réseau de Montdidier	Montdidier	C	0,099
80	Réseau d'Abbeville	Abbeville	C	0,095

81	Réseau de Carmaux	Carmaux	C	0,299
81	Chauffage urbain de Mazamet	Mazamet	C	0,077
81	Réseau de Castres Lameilhé	Castres	C	0,015
81	Réseau de Gaillac-ZAC de Pouille	Gaillac	C	0,053
81	Réseau de Graulhet	Graulhet	C	0,022
81	Réseau d'Alban	Alban	C	0,008
82	SIRTOMAD	Montauban	C	0,02
83	Réseau La Beaucaire (UIOM)	Toulon	C	0
83	Berthe	La-Seyne-sur-Mer	C	0,011
84	Le Triennal	Avignon	C	0,216
85	Quartier Vendée	La-Roche-sur-Yon	C	0,314
85	Réseau Les Herbiers	Les Herbiers	C	0,06
85	Réseau de Saint-Pierre-du-Chemin	Saint-Pierre-du-Chemin	C	0
86	ZUP des Couronneries	Poitiers	C	0,073
86	Réseau de Civaux	Civaux	C	0,078
87	ZUP Val de l'Aurence	Limoges	C	0,052
87	ZAC de Beaubreuil	Limoges	C	0,005
87	Quartier de l'Hôtel de Ville	Limoges	C	0,19
88	Plateau de la Justice	Epinal	C	0
88	Quartier Kellerman	Saint-Dié-des-Vosges	C	0,046
88	ZAD du Haut de Fol	Vittel	C	0,109
88	Réseau de Fresse sur Moselle	Fresse-sur-Moselle	C	0,016
88	Réseau de Monthureux-sur-Saône	Monthureux-sur-Saône	C	0,075
88	Réseau de la Bresse 1	La Bresse	C	0
88	Réseau de la Bresse 2	La Bresse	C	0
88	Réseau de Frémifontaine	Frémifontaine	C	0
88	Réseau bois du pays des Abbayes	Senones	C	0,192
88	Réseau de Ventron	Ventron	C	0,035
89	ZUP des Grahuches	Sens	C	0,024
89	ZUP de Sainte Geneviève	Auxerre	C	0,119
89	Les Chaillots	Sens	C	0,268
89	Réseau de Quarre-les-Tombes	Quarre-les-Tombes	C	0,211
90	ZUP des Glacis	Belfort	C	0,233
90	Réseau de Delle	Delle	C	0,106
91	Réseau de Massy-Antony	Massy	C	0,163
91	Réseau des Ulis	Les Ulis	C	0,073
91	Réseau d'Evry	Evry	C	0,193
91	Domaine du Bois des Roches	Saint-Michel-Sur-Orge	C	0,234
91	Réseau de Grigny SOCCRAM	Grigny	C	0,191
91	Réseau de Brétigny-sur-Orge	Brétigny-sur-orge	C	0,088
91	Réseau de Dourdan	Dourdan	C	0,246
91	CEA DIF	Bruyères-le-Chatel	C	0,219
91	ZUP de la Croix Blanche	Vigneux-sur-Seine	C	0,164

91	Réseau d'Epinay sous Sénart	Epinay-sous-Sénart	C	0,094
91	Réseau de Ris-Orangis	Ris-Orangis	C	0,101
91	ZUP de Saint Hubert et Louis Pergaud	Sainte-Geneviève-des-Bois	C	0,219
91	Réseau de Grigny Rougnon	Grigny	C	0,197
91	Parc d'activités	Villejust	C	0
91	Réseau de Viry Châtillon	Viry-Châtillon	C	0,226
92	Réseau de Meudon	Meudon la Forêt	C	0,204
92	ZAC Sainte-Geneviève	Nanterre	C	0,096
92	Réseau Gennevilliers	Gennevilliers	C	0,221
92	Réseau de Chaville	Chaville	C	0,255
92	Réseau de chaleur de Levallois	Levallois-Perret	C	0,197
92	ZAC du Front de Seine	Levallois-Perret	C	0,347
92	Réseau de Châtillon sous Bagneux Cocharec	Châtillon-Sous-Bagneux	C	0,282
92	ZAC île Séguin Rives de Seine	Boulogne-Billancourt	C	0,13
92	ZAC île Séguin Rives de Seine	Boulogne-Billancourt	F	0,013
92	Réseau de Suresnes	Suresnes	C	0,242
92	Réseau CENEVIA	Courbevoie	C	0,246
92	Réseau de La Défense-Enertherm	Courbevoie	C	0,192
92	Réseau de La Défense-Enertherm	Courbevoie	F	0,011
92	Résidence Villeneuve	Villeneuve-la-Garenne	C	0,21
92	Réseau Ciceo	Puteaux	C	0,236
92	Réseau Suc-Société Urbaine de Climatisation	Courbevoie	F	0,011
92	Réseau Quartier Hoche	Nanterre	C	0,062
92	Réseau de la ZAC de la Marine	Colombes	C	0,116
92	Réseau de Clichy	Clichy	C	0,233
92	Réseau de Bagneux-Chatillon	Bagneux	C	0,19
92	Réseau Cristalia	Levallois-Perret	F	0,018
93	Réseau de Saint Denis	Saint-Denis	C	0,183
93	Réseau de Bagnolet	Bagnolet	C	0,182
93	ZUP de Bobigny	Bobigny	C	0,221
93	ZAC de Sevran	Sevran	C	0,231
93	ZUP des Fauvettes	Neuilly-sur-Marne	C	0,065
93	Réseau de Villepinte	Villepinte	C	0,054
93	SEBIO	Sevran	C	0,074
93	Réseau ADP Le Bouget	Le Bourget	C	0,226
93	Réseau ADP Le Bouget	Le Bourget	F	0,033
93	Le Chêne Pointu	Clichy-sous-Bois	C	0,193
93	Le Gros Saule	Aulnay-sous-Bois	C	0,193
93	Quartier Nord	La Courneuve	C	0,211
93	Réseau de Tremblay-en-France	Tremblay-en-France	C	0,08
93	Réseau du Blanc Mesnil	Le Blanc-Mesnil	C	0,218

93	Réseau de Bondy	Bondy	C	0,13
93	Garonor	Aulnay-sous-bois	C	0,267
93	Centrale Landy	Saint-Denis	C	0,233
93	Stade Energies SAS	Saint-Denis	F	0,009
93	Quartier Sud	La Courneuve	C	0,163
93	Réseau de la ZAC des docks de Saint-Ouen	Saint-Ouen	C	0,061
94	Réseau de Limeil-Brévannes	Limeil-Brévannes	C	0,072
94	Réseau de Créteil-Scuc	Créteil	C	0,072
94	Réseau de Choisy-Vitry	Vitry-sur-Seine	C	0,157
94	Réseau de Fontenay-sous-Bois	Fontenay-sous-Bois	C	0,18
94	Marché International de Rungis	Rungis	C	0,001
94	Réseau de Sucy en Brie	Sucy-en-Brie	C	0,045
94	Réseau de Cachan	Cachan	C	0,151
94	Réseau de Champigny sur Marne	Champigny-sur-Marne	C	0,066
94	Réseau de Maison-Alfort	Maison-Alfort	C	0,091
94	Réseau de Thiais	Thiais	C	0,128
94	SETBO	Bonneuil-sur-Marne	C	0,052
94	Réseau de Chevilly-Larue l'Hay les Roses Villejuif	Chevilly-Larue	C	0,093
94	Réseau de Fresnes	Fresnes	C	0,095
94	Réseau d'Orly	Orly	C	0,065
94	Réseau d'Alfortville-Smag	Alfortville	C	0,048
94	Réseau d'Arcueil-Gentilly	Arcueil	C	0,107
94	Réseau d'Ivry	Ivry-sur-Seine	C	0,232
94	Réseau de Villeneuve Saint Georges	Villeneuve-Saint-Georges	C	0,087
94	Réseau ADP Orly	Orly	C	0,096
94	Réseau ADP Orly	Orly	F	0,007
95	Réseau de la ZAC Croix Rouge	Taverny	C	0,242
95	Grand Ensemble Sarcelles-Locheres	Sarcelles	C	0,053
95	Réseau de Cergy-Pontoise	Cergy Pontoise	C	0,166
95	Van Gogh	Garges-Les-Gonesse	C	0,18
95	ZUP de Sannois-Ermont-Franconville	Franconville	C	0,088
95	Réseau d'Argenteuil	Argenteuil	C	0,1
95	Réseaux ADP Roissy	Roissy	C	0,191
95	Réseau ADP Roissy	Roissy	F	0,008
95	ZUP de l'Epine Guyon	Franconville	C	0,163
95	Réseau de Villiers-le-Bel-Gonesse	Villiers-le-Bel	C	0,105
95	Réseau de Pontoise	Pontoise	C	0,197
95	ZAC de Montedour	Franconville	C	0,231

Facteurs d'émissions des réseaux de vapeur

Source : Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine - Article Annexe 7 relatif à la mise à jour des contenus en CO₂ des réseaux de chaleur et de froid- Modifié par Arrêté du 11 avril 2018 . [341](#)

Remarque : Ces valeurs sont des valeurs "sortie de réseau de chaleur". Elles n'intègrent pas les éventuelles **pertes en ligne** si l'énergie électrique n'est pas consommée sur place.

Sources :

[341] Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine - Article Annexe 7 relatif à la mise à jour des contenus en CO₂ des réseaux de chaleur et de froid- Modifié par Arrêté du 11 avril 2018

[342] Contenu CO₂ des réseaux de chaleur et de froid en France - CEREMA

Part

V

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 CO2 des transports.

5.1 Transport de marchandises

En 2018, après trois années consécutives de hausse, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transports (marchandises & personnes) diminuent de 1,6 % par rapport à 2017. Les transports restent le secteur qui contribue le plus aux émissions nationales de GES, avec 31 % du total des émissions⁴⁰⁰. **C'est un secteur clé de la comptabilité carbone.**

Les émissions suivantes sont associées au transport de marchandises :

- De manière systématique :
 - Les émissions directes générées par la **combustion des carburants** des véhicules
 - Les émissions indirectes liées à l'**amont des carburants**
- Selon les cas de figure :
 - 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 le **transport aérien**, les émissions directes d'**H₂O stratosphérique dues aux traînées de condensation**. Ce point très spécifique fait encore aujourd'hui l'objet de recherches et doit être considéré avec prudence.
 - Pour certaines catégories de véhicules, les **émissions indirectes liées à la fabrication du matériel de transport**. Ces émissions sont amorties sur la durée de vie du véhicule. Elles font l'objet d'une quantification dans le détail du facteur d'émissions.

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

Il convient de noter que « Transport de marchandises amont » concerne le transport de marchandises dont le coût est supporté par la personne morale qui réalise son Bilan GES (non pris en compte dans les catégories émissions directes et émissions indirectes associées à l'énergie). Par opposition, « Transport de marchandises aval » concerne le transport de marchandises dont le coût n'est pas supporté par la personne morale⁴⁰¹.

Les émissions GES du transport de marchandises peuvent également être fournies par les prestataires de transports à leurs clients, dans le cadre de l'information GES des transports.

Sources :

[\[400\] CCTN – Les comptes des transports en 2018 - 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation - Publié le 29/08/2019](#)

[\[401\] MEEM - Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre conformément à l'article L. 229-25du code de l'environnement - Version 4 - Octobre 2016 - Annexe - fiche 12, p.49](#)

5.1.1 Routier

Description

La classification retenue pour les transports routiers de marchandises se décompose selon deux approches :

- Par type de camion et tonnage ;
- Par type d'usage spécifique.

Macro Catégorie	Catégorie	Sous-Catégorie	Classification
Transport de marchandises	Routier	Par catégorie	VUL - par motorisation
			Rigide - par motorisation
			Articulé - par motorisation
		Par usage	Déménagement
			<i>Livraison de colis (à venir)</i>
			<i>Transport réfrigéré (à venir)</i>

Sources des données & périmètre

Par camion & tonnage

La principale source des données proposées dans la Base Carbone® est le [rapport du GLEC, publié en février 2020](#). Le Global Logistics Emissions Council (GLEC) a été créé en 2014 en tant qu'initiative volontaire et compte aujourd'hui plus de 50 entreprises, associations industrielles et programmes de fret vert ; et est soutenu par des experts, des gouvernements et d'autres parties prenantes. Son but : développer et mettre en œuvre des directives partagées pour calculer, déclarer et réduire les émissions liées au transport de marchandises.

Les données proposées par le GLEC sont des données représentatives pour l'Europe. Elles intègrent les émissions liées à l'amont et la combustion du carburant. Sont exclues : les fuites des carburants (hors fuites déjà intégrées dans les facteurs d'émissions des carburants), les émissions liées à la production et maintenance des véhicules, les émissions liées à la construction et maintenance des infrastructures, ainsi que les émissions liées à l'exploitation des sites de transports logistiques.

Trois facteurs d'émissions sont disponibles pour des véhicules hybride et électrique. Celles-ci intègrent l'amont et la combustion du carburant, ainsi que la fabrication des véhicules. Ces données sont issues de l'étude E4T de l'ADEME et l'IFPEN datant de 2015. Retrouvez plus d'informations méthodologiques dans le chapitre « [Transport routier de personnes](#) ».

Cinq facteurs d'émissions sont également proposés pour les véhicules utilitaires légers à hydrogène. Ils sont issus de l'étude « [Analyse du Cycle de Vie relative à la mobilité hydrogène](#) » - produite en 2020 par l'ADEME, Sphera et Gingko21. Ces valeurs reflètent l'impact de fabrication du véhicule, de ses équipements (pile, batterie, réservoir...) et de son usage, via l'impact amont du carburant utilisé. Sont exclus des facteurs d'émission les phases « fin de vie » et « maintenance » des différents composants des véhicules.

Le périmètre étudié correspond à un véhicule utilitaire roulant 200 000 km sur sa durée de vie, fonctionnant sur une base hybride batterie – pile à combustible. Il comporte donc une pile à combustible de 40 kW, un réservoir embarqué d'une capacité de 5,5kg d'hydrogène et une batterie de 20 kWh. Le véhicule étant modélisé à vide, l'impact du chargement complet a été évalué à une consommation de carburant augmentée d'un tiers. Afin de présenter une donnée moyenne, les facteurs d'émission correspondent à un véhicule circulant à vide la moitié de sa durée de vie.

L'impact de la consommation d'hydrogène est basé sur cinq scénario de production où différentes distances de chalandise sont attribuées selon le moyen de production :

- 500 km pour le vaporeformage de gaz naturel [1] et de biométhane [2], correspondant à un mode de production centralisé.
- 0 km pour l'électrolyse en connexion réseau mix France [3] et mix Europe [4], en production sur site, correspondant à un mode de production décentralisé.
- 50 km pour l'électrolyse en connexion EnR directe [5], correspondant à un circuit de distribution territorial, la station n'étant pas nécessairement « au pied des EnR ».

Par usage

Ne disposant pas de données spécifiques par usage dans les éléments du GLEC, il a été fait le choix de conserver quelques facteurs d'émissions historiques de la Base Carbone® permettant de rendre compte de ces usages.

Ainsi, les données « Déménagement » sont issues des travaux 2011 de l'OEET (Observatoire Energie Environnement des Transports), sur la base des enquêtes 2010 du CNR. Elles intègrent les émissions liées à l'amont et la combustion de carburant, ainsi que la fabrication du véhicule.

Principales hypothèses

Par camion & tonnage

Les données intégrées dans la Base Carbone® sont les données GLEC pour la région Europe, pour un chargement moyen/mixte. Les hypothèses de chargement et retour à vide sont reprises ci-dessous :

Moyen de transport	Taux de remplissage	Taux de retour à vide	Combiné (uniquement VUL)
VUL, < 3,5 t – Essence	-	-	24%
VUL, < 3,5 t – Gazole	-	-	36%
Rigide (tous tonnages confondus) Articulé (jusqu'à 60 tonnes)	60%	17%	-
Articulé, 60 à 72 tonnes	72%	30%	-

Pour chacun des moyens de transport, plusieurs motorisations sont proposées selon les cas de figures : essence, diesel avec 5% d'incorporation biodiesel, GNC, GPL, GNL et GNL avec 20% d'incorporation bio. A noter qu'en France, le gazole routier dispose d'une incorporation à 7% (vs 5 % proposé dans le GLEC). Un recalcul des facteurs d'émissions correspondant a été réalisé par le GT Transport de la Base Carbone® de l'ADEME afin de coller au plus près à la situation française. L'écart sur les données finales est faible.

Retrouvez l'ensemble de la méthodologie et des hypothèses dans le [Framework du GLEC – février 2020](#).

Les facteurs d'émission pour le VUL électrique à hydrogène sont proposés par type de scénario de production d'hydrogène. Pour information, en 2020, le procédé majoritaire reste le vaporeformage de gaz naturel. Il est donc à prendre par défaut en l'absence d'information.

Scénario de production d'hydrogène	Fabrication véhicule (kgCO ₂ /km)	Production d'hydrogène (kgCO ₂ /km)	Production d'électricité (kgCO ₂ /km)	Total (kgCO ₂ /km)
[1] Vaporeformage de gaz naturel, 500 km	0,053	0,177	0,005	0,235
[2] Vaporeformage de biométhane, 500 km		0,080	0,005	0,138
[3] Electrolyse France, 0 km		0,033	0,005	0,091
[4] Electrolyse Europe, 0 km		0,222	0,036	0,311
[5] Electrolyse EnR, 50 km		0,024	0,005	0,082

Pour information et à titre de comparaison, l'étude ADEME^[170] a réalisé une comparaison des émissions du VUL électrique hydrogène à une référence diesel (véhicule thermique classique) et une référence électrique batterie (véhicule électrique classique), modélisées dans l'analyse de cycle de vie, sur la base des mêmes hypothèses de fonctionnement. Le facteur d'émission d'un VUL de référence 100% électrique reste inférieur à ceux des véhicules hydrogène calculés sur le même segment. Les VUL hydrogène issus des scénarios biométhane, électrolyse EnR et France montrent des facteurs d'émission significativement inférieurs à celui du VUL de référence diesel. Le VUL hydrogène issu du scénario gaz naturel présente un facteur d'émission très proche du VUL diesel, quand le VUL hydrogène issu du scénario d'électrolyse Europe dépasse même cette référence.

Scénario de production d'hydrogène	Ecart du FE VUL Hydrogène (en %) par rapport à la référence VUL diesel
[1] Vaporeformage de gaz naturel, 500 km	- 9 %
[2] Vaporeformage de biométhane, 500 km	- 47 %
[3] Electrolyse France, 0 km	- 65 %
[4] Electrolyse Europe, 0 km	+ 20 %
[5] Electrolyse EnR, 50 km	- 68 %
Référence VUL électrique batterie	- 74 %

Par usage

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 de l'OEET. Elles sont reportées dans le tableau suivant :

Moyen de transport	Volume	Taux d'utilisation (charge + vide)	Consommation kilométrique (l/100km)	Nombre moyen d'unités transportées (trajets à vide compris)
Fourgon	8 m ³	35%	16,0	2,8 m ³
Porteur	45 m ³	35%	27,0	15,8 m ³
Ensemble articulé	90 m ³	35%	34,2	31,5 m ³

Evolution du secteur

En 2018, l'activité des poids lourds immatriculés en France sur le territoire national (161,9 milliards de tonnes.kilomètres) augmente de 3,9 %. La reprise amorcée en 2016, qui mettait fin à quatre années consécutives de repli, se poursuit, mais l'activité annuelle reste toutefois nettement inférieure à celle des années 2000. Depuis 2013, l'activité a augmenté en moyenne de 0,8 % par an.

Parallèlement, depuis 1997, on observe une baisse unitaire de la consommation des poids lourds immatriculés en France de 0,2% par an*.

(*) Estimation réalisée à partir de deux enquêtes du service statistique du MTES : [Comptes des Transports 2018⁴⁰⁰](#) & [Enquête sur l'utilisation des véhicules du transport routier de marchandises⁴⁰²](#).

Sources :

[170] ADEME, Sphera et Gingko21. "Analyse du Cycle de Vie relative à la mobilité hydrogène" (2020)

[400] CCTN – Les comptes des transports en 2018 - 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation - Publié le 29/08/2019

[402] Enquête sur l'utilisation des véhicules de transport routier de marchandises (TRM) - Ministère de la Transition écologique et solidaire - 2018

5.1.2 Ferroviaire

Description

La classification retenue pour le transport ferré de marchandises distingue, pour le périmètre France :

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

Pour le transport ferré de marchandises dans les autres pays d'Europe, un facteur d'émission « train » unique est retenu par pays. Ces données sont issues de la publication « INFRAS-IWW » de l'UIC (Union International des Chemins de fer) datant de 2004.

Sources des données & périmètre

La principale source des données proposées dans la Base Carbone® est la plateforme EcoTransIT World, accréditée par le GLEC. Le Global Logistics Emissions Council (GLEC) a été créé en 2014 en tant qu'initiative volontaire et compte aujourd'hui plus de 50 entreprises, associations industrielles et programmes de fret vert ; et est soutenu par des experts, des gouvernements et d'autres parties prenantes. Son but : développer et mettre en œuvre des directives partagées pour calculer, déclarer et réduire les émissions liées au transport de marchandises.

Les données proposées intègrent les émissions liées au transport de marchandises par chemin de fer sur un réseau ferroviaire entre le lieu de chargement et déchargement, c'est-à-dire les émissions associées au carburant et/ou à l'électricité utilisé pour déplacer la cargaison par ses propres moyens ou transportés par un autre véhicule. Ne sont pas inclus : les émissions de la production du chemin de fer, du véhicule ou de l'infrastructure ferroviaire, ni les émissions du personnel associé aux opérations ferroviaires.

Principales hypothèses

Les facteurs d'émissions proposés dans la Base Carbone® sont obtenus à partir des données moyennes pour un train de tonnage brut de 1000 tonnes, et les hypothèses suivantes :

Changement	Tonnage associé	Consommation - Traction Diesel (l/t.km)	Consommation – Traction Electrique (kWh/t.km)
Marchandises denses	600 tonnes	0,0076	0,0278
Marchandises moyennes	520 tonnes	0,0088	0,0322
Marchandises légères	400 tonnes	0,0113	0,0415

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

- 80% de traction électrique
- 20% de traction diesel

Cette répartition est basée sur des informations de Fret SNCF, correspondant aux données moyennes en France. Les facteurs d'émissions du mode traction moyen sont calculés en utilisant ce prorata.

Les facteurs d'émissions des énergies utilisés sont les suivants :

Energie	Unité	Amont	Combustion
Electricité – usage mobilité (2018)	kgCO _{2e} /kWh	0.0149	0.0237
Diesel	kgCO _{2e} /litre	0.656	2.52

Evolution du secteur⁴⁰⁰

Le transport ferroviaire de marchandises représente 32,0 milliards de tonnes-kilomètres en 2018, en baisse par rapport à 2017. Les tonnages transportés diminuent très sensiblement (- 7,7 %) en 2018, conséquence d'une baisse des volumes au niveau national (- 6,8 %), à l'international (- 8,3 %) et du transit (- 14,2 %).

Suite à la libéralisation du transport ferroviaire national en 2006, de nouveaux opérateurs se sont progressivement installés dans le paysage ferroviaire français. Sur le segment du fret ferroviaire français, on dénombre 24 opérateurs disposant d'un certificat de sécurité, y compris l'opérateur historique et ses filiales (Fret SNCF, VFLI par exemple). Les nouveaux opérateurs ont effectué 33 % des transports en tonnes-kilomètres en 2018 (hors filiales de la SNCF). L'évolution constatée ressemble à celle observée dans d'autres pays européens comme l'Allemagne, la Hongrie ou la Pologne.

Sources :

[\[400\] CCTN – Les comptes des transports en 2018 - 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation - Publié le 29/08/2019](#)

5.1.3 Aérien

Description

Dans la Base Carbone®, les facteurs d'émissions du transport de fret aérien sont classés selon deux typologies d'appareil (avion cargo ou avion passager), puis par :

- Taille d'appareil (tonnages ou nombre de sièges)
- Longueur de trajet : 500/1000/3500/plus (en km)

Sous-catégorie	Classification
Avions cargo	10 à 25 tonnes : détail par kms parcourus
	26 à 100 tonnes : détail par kms parcourus
	Plus de 100 tonnes : détails par kms parcourus
Avions passagers	Court, Moyen, Long courrier
	Capacité de 20 à 50 sièges : détail par kms parcourus
	Capacité de 51 à 100 sièges : détail par kms parcourus
	Capacité de 101 à 220 sièges : détail par kms parcourus
	Capacité de plus de 220 sièges : détail par kms parcourus

Source des données & périmètre

L'ensemble des données proposées dans la Base Carbone® sont issues du calculateur TARMAAC (Traitements et Analyses des Rejets éMis dans l'Atmosphère par l'Aviation Civile) de la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile).

TARMAAC est un outil développé par la DGAC en coopération avec le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique), notamment utilisé pour établir l'inventaire des émissions du trafic aérien de la France dans le cadre des engagements pris lors du protocole de Kyoto (niveau national). Il s'appuie sur des méthodes internationales utilisées pour les inventaires d'émissions et sur des données de trafic réelles allant jusqu'au vol à vol (type avion, origine destination, motorisation, chargement en passagers, fret et poste, temps de roulage, etc...).

Les données proposées intègrent les émissions liées à l'amont et la combustion du carburant, durant les phases de vol, roulage et stationnement. Elles intègrent donc de fait les consommations des APU (groupe auxiliaire de puissance). Ne sont pas incluses les émissions liées à la fabrication de l'appareil, ou aux infrastructures aéroportuaires.

L'incertitude globale des données fournies est estimée à 10%. Toutefois l'écart-type relatif par type d'appareil et distance parcourue peut s'avérer parfois important au regard du faible trafic enregistré. Ces écart-types sont donnés ci-dessous à titre informatif :

Ecart-type	10 à 25t	26 à 100t	>100t	Total
<500km / Turboprop	0,46	-	-	0,46
<500km / Jet	-	0,57	0,74	0,73
500 à 1000km	0,31	1,00	0,73	0,86
1000 à 3500km	-	-	1,10	1,08
>3500km	-	-	0,61	0,61
Total	0,35	0,89	0,93	1,02

Ecart-type relatif des données pour les vols cargo, année 2018

Ecart-type	20 à 50 sièges	51 à 100 sièges	101 à 220 sièges	>220 sièges	Total
<500km / Turboprop	0,31	0,19	-	-	0,27
<500km / Jet	0,54	0,19	0,30	-	0,38
500 à 1000km	0,56	0,24	0,23	-	0,31
1000 à 3500km	1,31	0,27	0,23	0,37	0,28
>3500km	-	-	1,34	0,27	0,31
Total	0,71	0,29	0,33	0,29	0,38

Ecart-type relatif des données pour les vols passagers, année 2018

Pour plus de détails ou pour réaliser vos évaluations au plus juste en origine-destination, n'hésitez pas à consulter directement le [calculateur d'émissions de CO₂ de l'aviation en ligne](#) et le [bilan annuel des émissions du transports aériens](#), produit par la DGAC.

Principales hypothèses

Les avions « passagers » correspondent à des avions dit "mixtes". Il s'agit des avions de ligne classiques, pouvant transporter à la fois passagers et fret. Les facteurs d'émissions sont donnés en tonnes.km, sachant qu'un Peq (= équivalent personne) correspond à 100 kg de fret transporté.

Pour permettre des évaluations en première approche, des facteurs d'émission globaux sont fournis par catégorie de distance ou de taille d'appareil et pour le trafic total. Cela revient à effectuer des moyennes avec une pondération en passagers-équivalents.kilomètres-transportés.

Ordres de grandeurs :

PeqKT - 2018	Court			Moyen	Long	Total
	0 - 500 km (turboprop)	0 - 500 km (jet)	500 - 1 000 km	1 000 - 3 500 km	Plus de 3 500 km	
20 à 50 sièges	0,04%	0,04%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%
51 à 100 sièges	0,3%	0,3%	1,3%	0,3%	0,0%	2,2%
101 à 220 sièges	0	1,3%	8,5%	15,9%	0,4%	26,1%
Plus de 220 sièges	0	0,0%	0,0%	1,8%	69,7%	71,6%
Total	0,3%	1,6%	10,0%	18,1%	70,1%	100,0%

Trafic en passagers équivalent kilomètres transportés, année 2018

Evolution du secteur

L'activité du transport aérien en France s'est élevée en 2018 à 172,43 millions de passagers, en hausse de 5,1% par rapport à 2017, un ensemble fret et poste de 2,51 millions de tonnes (-1,2%) et un nombre de passagers équivalents-kilomètres-transportés (convention ½ croisière) de 292,9 milliards de PeqKT (+5,5%), pour 1,54 million de mouvements commerciaux (+1,3%).

Entre 2000 et 2018, ces émissions ont progressé de 21,5% pour un nombre de passagers-équivalents-kilomètres-transportés (PeqKT) en augmentation de +62,1%. Le développement du trafic aérien s'est ainsi accompagné d'une amélioration continue de son efficacité énergétique : diminution de -25,7% des émissions de CO₂ unitaire (en kg de CO₂/ PeqKT), soit une décroissance moyenne de -1,6% /an.

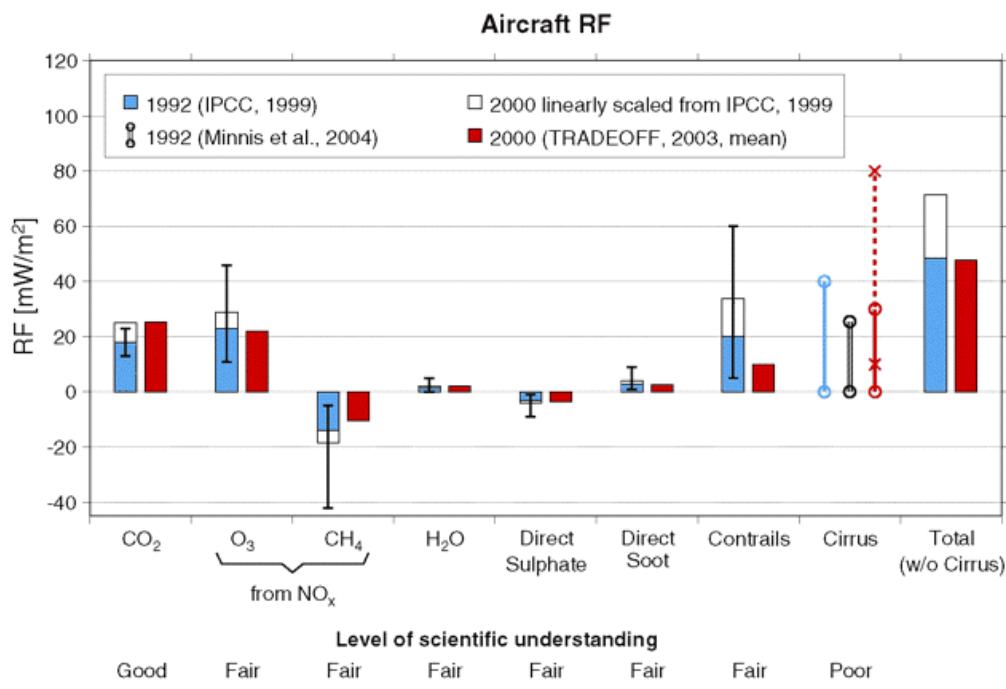
Chiffres clés, DGAC - <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/les-chiffres-cles>

Emissions liées aux traînées et cirrus.

Ces émissions ne doivent pas être prises en compte dans le cadre de l'information CO₂ des prestations de transport et ne sont pas obligatoires dans le cadre de l'article 75.

Les avions qui 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 CO₂. En effet, la combustion à haute altitude perturbe les cycles d'autres gaz à effet de serre : vapeur d'eau*, eau condensée sous diverses formes, NOx et méthane qui, ensemble, produisent de l'ozone, etc. .

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 aux avions, en milliwatts par m².

Source : Sausen et al. (2005).

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

On peut 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/m², alors que le seul CO₂ d'origine aérienne ne produit que 0,02 W/m², c'est-à-dire 2 fois moins. Il serait donc tentant de dire que, dès lors que nous comptabilisons 1 gramme de CO₂ 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 CO₂. Mais ce raisonnement serait inexact. En effet, le forçage radiatif se fonde sur les concentrations supplémentaires et non les émissions, alors que l'équivalent CO₂ 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).

Dans les faits, il y existe plusieurs facteurs multiplicatifs possibles pour passer du CO₂ aux émissions totales, selon l'objectif de l'exercice, c'est-à-dire le « pourquoi on compte » :

- si le bon critère est le poids du « hors CO₂ » 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 CO₂ » possède un équivalent CO₂ identique au CO₂),
- 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 à ce jour, l'ADEME propose de mettre ce **facteur multiplicateur à 2**. Dit autrement, pour un kg équivalent CO₂ dû au CO₂ de la combustion, nous rajouterons un kg équivalent CO₂ pour tenir compte du reste.

Des travaux complémentaires sont en cours pour conforter ou non l'impact des trainées et cirrus sur le climat, et le cas échéant, mieux évaluer leur incidence. Une mise à jour de ces éléments est prévue par le GT Transports de la Base Carbone®.

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
- Cargo
- Pétroliers
- Gaziers
- Outre Mer

Les **porte-conteneurs** servent au transport de marchandises diverses. Les données sont proposées par grandes voies maritimes, reflétant le trafic réel des lignes considérées.

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 (dans ce dernier cas, on parle alors de minéraliers). Les données sont proposées par tonnage et motorisation disponibles.

Les **rouliers** chargent principalement des véhicules de transports routiers de marchandises et leur chargement, ainsi que des voitures individuelles. Deux types de rouliers sont retenus ici : les Ro-Ro et les Ro-Pax (équivalent des ferrys). 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, avec ou sans leurs véhicules.

Les **cargos** sont des navires de commerce, destinés au transport de marchandises diverses. Les données sont proposées par capacité de tonnage. Les chimiquiers appartiennent à cette catégorie.

Un **pétrolier** est un navire-citerne servant à transporter le pétrole ainsi que ses dérivés. Les données proposées ici le sont par capacité du navire.

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

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

Sources des données & périmètre

La principale source des données proposées dans la Base Carbone® est le [rapport du GLEC, publié en février 2020](#) ⁴³¹. Le Global Logistics Emissions Council (GLEC) a été créé en 2014 en tant qu'initiative volontaire et compte aujourd'hui plus de 50 entreprises, associations industrielles et programmes de fret vert ; et est soutenu par des experts, des gouvernements et d'autres parties prenantes. Son but : développer et mettre en œuvre des directives partagées pour calculer, déclarer et réduire les émissions liées au transport de marchandises.

Les données proposées par le GLEC intègrent l'amont et la combustion du carburant consommé en mer et au port, y compris les liaisons à vide et repositionnement. Cela comprend les moteurs principaux et auxiliaires, ainsi que l'utilisation de carburant pour les réfrigérateurs, les chaudières, les incinérateurs et tous les besoins propres du bord (équipages).

L'ensemble des navires n'étant pas disponibles dans les travaux récents du GLEC, il a été fait le choix de conserver quelques-unes des données historiques de la Base Carbone®. Ainsi, les données concernant les gaziers sont issues et/ou établies à partir de l'*« Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime »*, 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 (Avril 2009)⁴³⁰, tandis que les données des liaisons outre-mer sont issues d'enquêtes locales du trafic réel observé.

Principales hypothèses

Porte-conteneurs

L'ensemble des données proposées par le GLEC ont été calculées à partir de la [méthodologie du Clean Cargo de 2015⁴³²](#) et le reporting annuel des navires.

Trois catégories de voies maritimes sont disponibles :

- Une moyenne internationale
- 3 voies majeures de transport maritimes
- La liste complète de toutes les voies navigables maritimes.

Seules la moyenne internationale et les voies maritimes partant et/ou arrivant d'Europe ont été intégrées à la Base Carbone®. N'hésitez pas à consulter [le rapport du GLEC⁴³¹](#) pour plus d'informations.



Figure - Voies maritimes proposées par le GLEC

L'ensemble des données pour les porte-conteneurs sont proposées en version sèche ou réfrigérée. Un taux moyen de retour à vide de 15% et un taux de remplissage de 70% ont été considérés.

Vraquiers, Rouliers, Pétroliers, Cargos

Les données suivantes, proposées dans le rapport du GLEC, sont structurantes pour l'élaboration du facteur d'émissions associé :

	Capacité	Taux de remplissage	Taux de retour à vide
Pétrolier	< 5 000 t	89%	25%
	5 000 - 60 000 t	82%	25%
	60 000 - 200 000 t	79%	56%
	> 200 000 t	89%	52%
Cargo	< 10 000 t	85%	31%
	10 000 - 20 000 t	83%	37%
Vraquier	< 10 000 t	86%	25%
	10 000 - 100 000 t	85%	43%
	> 100 000 t	86%	43%
Ro-Ro	Changement moyen	40%	0%
	Camions & Remorques	40%	0%
	Remorques uniquement	40%	0%
Ro-Pax - Ferry	Moyen	40%	0%

Pour chacun des navires, une distinction par motorisation est disponible le cas échéant. Les données étant relativement proche entre le HFO et le MGO, il a été décidé de n'inclure dans la Base Carbone® qu'une donnée moyenne, combinant ces deux carburants, au prorata de leur relative utilisation telle que décrite ci-dessous.

Type de navire	Pro-rata		Source
	HFO	MGO	
Vraquiers	99%	1%	Etude EMEP/EEA ⁴³³ « Air pollutant emission inventory. Guidebook 2019», basée sur les chiffres de la flotte 2010
Rouliers Ro-Ro	91%	9%	Données collectées auprès d'opérateurs + appréciation à dire d'expert des tendances du secteur
Rouliers Ro-Pax	88%	12%	Données collectées auprès d'opérateurs + appréciation à dire d'expert des tendances du secteur
Pétroliers	95%	5%	Etude EMEP/EEA « Air pollutant emission inventory. Guidebook 2019», basée sur les chiffres de la flotte 2010
Cargos	87%	13%	Etude EMEP/EEA « Air pollutant emission inventory. Guidebook 2019», basée sur les chiffres de la flotte 2010

Gaziers

Les données suivantes, extraites de l'étude ADEME – Ministère de 2009⁴³⁰, constituent l'ensemble des données sources utilisées pour établir les facteurs d'émissions disponibles à ce jour.

Type de navire	Port en lourd (tonnes)	Consommation (tonnes)		Trajet		Taux kilométrique (kg/km)	
		HFO	MDO	miles	km	HFO	MDO
PETIT GPL	6 500	5 178	297	108 021	200 055	25,9	1,5
VLGC	53 000	21 174	-	137 191	235 558	89,9	-

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
PETIT GPL	53 123	54 898	-	3 801	-	6 625
VLGC	61 643	65 548	-	46 158	-	53 207

On en déduit alors les valeurs relatives aux taux de chargement et parcours à vide, permettant de définir un taux d'utilisation moyen : charge + vide.

Alors, en multipliant le taux d'utilisation avec le port en lourd caractéristique de la catégorie du navire, 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)
PETIT GPL	6 500	28%	1 834
VLGC	53 000	42%	22 283

Outre-mer

Trois facteurs d'émissions sont disponibles pour le transport maritime en outre-mer. Ces données sont issues d'enquête du trafic réel observé. Retrouvez le détail méthodologique et les principales hypothèses utilisées, directement dans la [documentation Outre-Mer](#) de la Base Carbone®.

Evolution du secteur⁴⁰⁰

L'activité portuaire se concentre principalement dans les sept grands ports maritimes (GPM) de métropole et Calais. Le tonnage des marchandises traitées est relativement stable en 2018 (+ 0,7%), et s'élève à 368 millions de tonnes de marchandises, dont 355,2 millions de tonnes en métropole.

Cette relative stagnation du trafic total masque en réalité deux tendances contraires : une progression du volume sortant (+ 3,7%) compensée par une diminution du volume entrant (- 0,8%), ce dernier représentant près des deux tiers du trafic. Le volume des vracs solides continue à progresser (+ 5,4%) tandis que celui des rouliers est en nette diminution (- 4,1%).

Selon l'OCDE, les volumes de fret international vont être multipliés par plus de 4 d'ici 2050. Le nombre de navires marchands augmente rapidement chaque année.

Il est constaté une évolution des navires de commerce pour utiliser de plus en plus le GNL en tant que carburant marin, en réponse notamment au durcissement sur le teneur en soufre des carburants*. Cela concerne : Porte-conteneurs, Ro-Ro et Ro-Pax, Paquebots à passagers.

(*) Global CAP2020, avec une limitation à 0,5% au 1er janvier 2020, au lieu du plafond à 3,5% accepté jusqu'alors.

Outre le gaz, des expérimentations sont en cours sur d'autres carburants alternatifs, biosourcés, hydrogène, ammoniac. Dans le même ordre d'esprit, des systèmes de propulsion véliques auxiliaires apparaissent, permettant d'espérer des gains allant jusqu'à 25% du besoin

énergétique du navire en navigation. Le transport maritime s'oriente donc très clairement vers un « mix énergétique ».

L'usage d'un fioul marin à basse teneur en soufre et l'installation de scrubbers (épurateurs de fumée) sont également une réponse à ce GLOBAL CAP 2020 notamment pour les navires existants, bien que cette dernière solution pondère de 1 à 2% la facture énergétique du navire.

Par ailleurs, il est prévu à terme la généralisation du raccordement électrique à quai des navires de commerce lors des escales, permettant ainsi de réduire la consommation en carburant et donc les émissions de polluants atmosphériques lors de ces escales.

Ces développements technologiques sont une des réponses à la trajectoire imposée par l'Europe et par l'OMI** quant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre du transport maritime, et conduisent à améliorer l'efficacité unitaire des navires.

(**) *La réduction des émissions annuelles de GES du transport maritime d'au moins 50% d'ici 2050 et d'améliorer la performance de l'intensité carbone de 40% d'ici à 2030 par rapport à 2008*

Sur le plan opérationnel, la pratique généralisée du routage prenant en compte les conditions météorologiques (vent, courant, marée) ainsi que l'abaissement volontaire de la vitesse commerciale (également appelée « slow-steaming ») pour certaines catégories de navires (vraquiers, porte-conteneurs), contribuent également à cette amélioration. A titre d'exemple, CMA-CGM annonce avoir réduit de 50 % les émissions de CO₂ par conteneurs par kilomètre entre 2005 et 2015, et vise à réduire à nouveau de 30 % ces émissions d'ici 2025.

Sources :

- [400] CCTN – *Les comptes des transports en 2018 - 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation - Publié le 29/08/2019*
- [430] ADEME - MEDDAT - *Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime - Avril 2009*
- [431] GLEC - *The global method for calculation and reporting of logistics emissions - Février 2020*
- [432] BSR - *Clean Cargo Working Group Carbon Emissions Accounting Methodology - Juin 2015*
- [433] Etude EMEP/EEA « Air pollutant emission inventory. Guidebook 2019 », chapitre 1.A.3.d Navigation (ship-ping), Table 3-7 Percentage of installed Main Engine power by engine type/fuel class (2010 fleet)

5.1.5 Fluvial

Description

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

- Les bateaux automoteurs, par capacité de port en lourd : les marchandises sont chargées dans cette péniche
- Les pousseurs, par puissance : les marchandises sont chargées dans des barges que ce bateau pousse

Bateau automoteur	Bateau pousseur
Capacité inférieure à 400 tonnes de port en lourd	Puissance inférieure à 880 kW
Capacité comprise entre 400 et 649 tonnes de port en lourd	Puissance supérieure ou égale à 880 kW
Capacité comprise entre 650 et 999 tonnes de port en lourd	
Capacité comprise entre 1000 et 1499 tonnes de port en lourd	
Capacité comprise entre 1500 et 2999 tonnes de port en lourd	
Capacité égale ou supérieure à 3000 tonnes de port en lourd	

Sources des données & périmètre

L'ensemble des données proposées dans la Base Carbone® sont issues de l'étude ADEME-VNF « Efficacité énergétique et environnementale du transport fluvial de marchandises et de personnes »[441](#), publiée en juin 2019. Il s'agit de la mise à jour de l'étude précédemment menée en 2006 qui avait abouti aux données historiques de la Base Carbone®.

Au cours de la dernière décennie, des changements structurels forts sont intervenus sur le transport fluvial de marchandises : augmentation de la productivité (t.km/tpl), hausse du trafic conteneurisé, diversité des marchandises transportées, diminution de l'offre de cale mais augmentation des capacités moyennes, ... ; justifiant le besoin de mise à jour de ces données de référence.

Toutefois, de par la très grande hétérogénéité des bateaux rencontrés et des situations de navigation, et du fait que le mode fluvial est un mode où les consommations énergétiques et émissions associées dépendent fortement de l'infrastructure (en milieu confiné) et des conditions de navigation (courant, manœuvres, ...), les valeurs proposées donnent une vision globale des performances de la navigation fluviale en France et doivent être considérées avec précaution.

Les données proposées intègrent l'amont et la combustion du carburant utilisé. Elles n'intègrent pas la fabrication du bateau ou l'impact des infrastructures.

Principales hypothèses

Pour retrouver l'ensemble des hypothèses, données détaillées et la méthodologie utilisée, nous vous invitons à consulter le [rapport de l'étude](#), disponible sur le site de l'ADEME[441](#).

A partir des données d'enquêtes, sur la base d'un taux de voyages à vide de 31% et d'utilisation de gazole non routier en terme de carburant pour l'ensemble des bateaux, il a été possible de reconstruire un indicateur de consommation moyenne des bateaux moyens représentatifs du trafic fluvial. Ces valeurs correspondent à la moyenne des indicateurs par bassin, en considérant le poids de chaque gabarit dans les t.km parcourues en 2016 au sein de ce bassin.

Bateaux	Consommation (l/t.km)	Consommation énergétique (kJ/t.km)	Emissions GES (gCO ₂ e/t.km)
Bateau automoteur			
< 400 TPL	0.010	374	32.9
400 à 649 TPL	0.011	407	35.8
650 à 999 TPL	0.008	293	25.8
1000 à 1499 TPL	0.009	337	29.7
1500 à 2999 TPL	0.006	221	19.4
> 3000 TPL	0.004	158	13.9
Bateau pousseur			
Puissance inférieure à 880 kW	0.010	370	32.6
Puissance supérieure ou égale à 880 kW	0.003	103	9.1

Evolution du secteur

Avec près de 7,4 milliards de t.km, le trafic fluvial pris dans sa globalité (trafic intérieur, exportations et importations) enregistre une croissance à deux chiffres en 2019 par rapport à 2018 (+10%), avec un peu plus de 56,3 millions de tonnes transportées sur le réseau français (en augmentation de +9%) et 7,4 milliards de tonnes-kilomètres.

Cette tendance très positive de l'activité fluviale profite globalement à l'ensemble des filières et s'explique en grande partie par le dynamisme du bassin Seine-Oise et par un retour à un niveau de fret conséquent sur les réseaux de l'est de la France (Rhin sur sa partie française et bassin mosellan).

Le transport de conteneurs a porté sur 567 000 EVP en 2019, soit 2,6 % de plus qu'en 2018.

Sur la base de la dernière étude ADEME, il apparaît que des changements structurels forts sont intervenus sur le transport fluvial de marchandises : augmentation de la productivité (t.km/tpl), hausse du trafic conteneurisé, diversité des marchandises transportées, diminution de l'offre de cale mais augmentation des capacités moyennes. Toutefois, on constate globalement un faible taux de renouvellement et donc par conséquence un vieillissement de la flotte.

Néanmoins, des expérimentations de carburants alternatifs (bio sourcés, GNL, hydrogène) sont en cours, permettant de réduire les émissions de polluants.

A l'image du transport maritime, il est prévu à terme la généralisation du raccordement électrique à quai des bateaux lors des escales, permettant ainsi de réduire la consommation en carburant et donc les émissions de polluants atmosphériques lors de ces escales.

Sources :

[\[441\] Efficacité énergétique et environnementale du transport fluvial de marchandises et de personnes - Efficacités énergétiques et émissions unitaires du transport fluvial. Rapport & synthèse - ADEME, VNF, AJBD - Mai 2019](#)

5.2 Transport de personnes

En 2018, après trois années consécutives de hausse, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transports (marchandises & personnes) diminuent de 1,6 % par rapport à 2017. Les transports restent le secteur qui contribue le plus aux émissions nationales de GES, avec 31 % du total des émissions. **C'est un secteur clé de la comptabilité carbone.**

Les émissions suivantes sont associées au transport de marchandises :

- De manière systématique :
 - Les émissions directes générées par **la combustion des carburants** des véhicules
 - Les émissions indirectes liées à **l'amont des carburants**
- Selon les cas de figure :
 - Les émissions indirectes liées à la **fabrication du matériel** de transport. Ces émissions sont **amorties sur la durée de vie du véhicule**. Elles font l'objet d'une quantification dans le détail du facteur d'émissions
 - Dans le **transport aérien**, les émissions directes d'**H₂O stratosphérique dues aux traînées de condensation**. Ce point très spécifique fait encore aujourd'hui l'objet de recherches et doit être considéré avec prudence.

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

- Le poste 13 - Déplacements professionnels
- Le poste 16 - Transport de visiteurs et de clients
- Le poste 22 - Déplacements domicile-travail

Les émissions GES du transport de personnes peuvent également être fournies par les prestataires de transports à leurs clients, dans le cadre de l'information GES des transports.

5.2.1 Routier

Description

La classification retenue pour les transports routiers de personnes est la suivante, certaines catégories étant à ce jour incomplètes et faisant l'objet de travaux complémentaires :

Voiture particulière	Moyenne (parc &neuf – à venir) - toutes motorisations
	Par gamme - toutes motorisations
	Par usage (courte distance, mixte France, longue distance) - toutes motorisation
Deux roues	Par puissance
Autobus - Autocar	Moyenne - toutes motorisations
	Par type de motorisation
	Cars Spéciaux (couchette, car longue distance) – A venir
Taxi - VTC	Métropole (moyen + par type de motorisation) – A venir
	DOM COM

Sources des données & périmètre

Voici un aperçu rapide des différentes sources de données utilisées pour couvrir l'ensemble du transport routier de personnes :

Voiture particulière	Moyenne (parc &neuf – à venir) - toutes motorisations	HBEFA & CCTN
	Par gamme - toutes motorisations	Etude E4T - ADEME & IFPEN, ACV Hydrogène - ADEME
	Par usage (courte distance, mixte France, longue distance) - toutes motorisation	HBEFA & CCTN
Deux roues	Par puissance	HBEFA
Autobus - Autocar	Moyenne (parc + neuf) - toutes motorisations	UTP
	Par type de motorisation	HBEFA, Etude E4T - ADEME & IFPEN
	Cars Spéciaux (couchette, car longue distance) – A venir	-
Taxi - VTC	Métropole (moyen + par type de motorisation) – A venir	-
	DOM COM	Données historiques Bilan Carbone®

HBEFA

Le Manuel des facteurs d'émission pour le transport routier (HBEFA) a été élaboré à l'origine pour le compte des agences de protection de l'environnement d'Allemagne, de Suisse et d'Autriche. Dans l'intervalle, d'autres pays (Suède, Norvège, France) ainsi que le CCR (Centre de recherche européen de la Commission européenne) soutiennent la démarche.

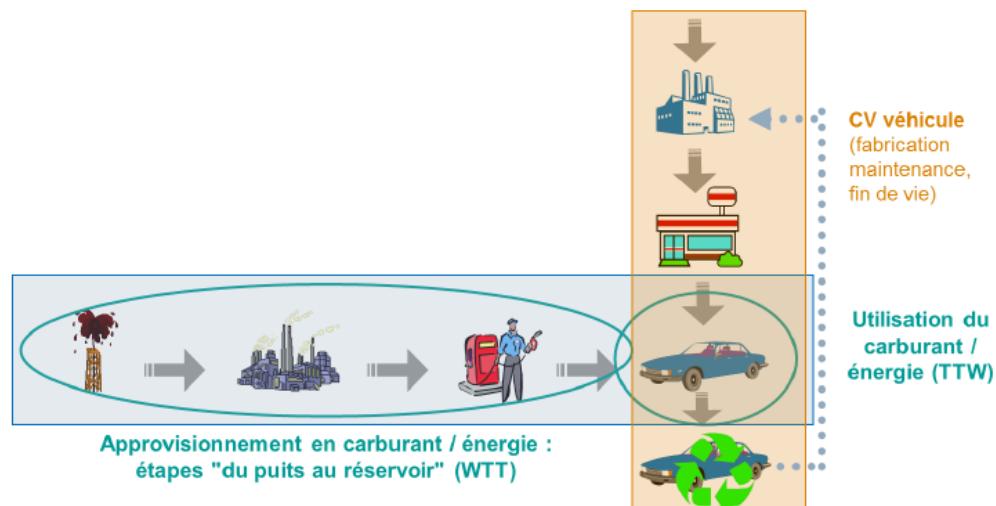
Ce manuel fournit des facteurs d'émission, ainsi que la consommation de carburant et d'énergie pour toutes les catégories de véhicules actuelles (PC, VUL, VLD, bus et motos), chacune divisée en différentes catégories, pour une grande variété de situations de circulation, pour des années allant de 1990 à 2050 intégrant la composition réelle du parc automobile.

Les données intègrent l'amont et la combustion du carburant. Elles n'intègrent pas la fabrication des véhicules et les émissions liées aux infrastructures routières.

Etude E4T, ADEME & IFPEN

En 2013, l'IFPEN dans le cadre d'un projet co-financé par l'ADEME, a réalisé une évaluation des performances économiques, énergétiques et environnementales des technologies véhicules en fonction des conditions d'usage. L'analyse a été menée sur différents segments de véhicule (véhicule particulier, bus, véhicule utilitaire léger, poids lourd livraison, poids lourd routier) aux technologies de propulsion variées (moteur thermique, hybride, électrique), dans différents contexte d'usage (cycle urbain, cycle homologué), en prenant en compte à la fois le cycle de vie véhicule et le cycle de vie carburant.

L'ACV a été réalisée conformément aux normes ISO 14040 & 14044 à l'aide du logiciel commercial d'ACV SimaPro®. Les frontières du système sont les suivantes, quel que soit le segment de véhicule étudié⁴⁵⁵ :



Retrouvez plus d'informations en consultant le [rapport final de l'étude](#) sur la médiathèque de l'ADEME⁴⁵⁶.

Etude ACV Hydrogène, ADEME

Au vu des modèles de véhicules électrique hydrogène disponibles sur le marché en 2020, seul un véhicule de type berline est proposé dans le cadre du transport de personnes par l'« Analyse du Cycle de Vie relative à la mobilité hydrogène »^[170] - produite en 2020 par l'ADEME, Sphera et Gingko21. Les impacts présentés sont déclinés selon la source de production de l'hydrogène.

L'hydrogène est un vecteur énergétique obtenu à partir d'une source énergétique « primaire » (ex : gaz naturel) ou « secondaire » (ex : électricité) selon les procédés. On distingue l'hydrogène volontairement produit par un procédé et l'hydrogène coproduit, résultant d'un procédé non dédié à sa production. Les facteurs d'émissions proposés sont exclusivement issus de procédés de production volontaire, étant les plus sujet à évolution selon la demande.

Le **procédé de production le plus répandu actuellement est le reformage de gaz naturel**, mais des données sont également proposées pour le reformage de biométhane et l'électrolyse de l'eau, technologies appelées à se développer dans le cadre de la transition énergétique.

Le périmètre de l'étude inclut l'impact de fabrication du véhicule, de ses équipements (pile, batterie, réservoir...) et de son usage, via l'impact amont du carburant utilisé. Sont exclus des facteurs d'émission les phases « fin de vie » et « maintenance » des différents composants des véhicules.

UTP

Les données proposées par l'UTP (Union des Transports Publics et ferroviaires) sont issues de l'enquête TCU (enquête annuelle sur les transports collectifs urbains, pilotée par la DGITM et menée par le GART et l'UTP), d'une enquête sur le parc des services urbains au 1er janvier 2018 (enquête biannuelle effectuée par l'UTP auprès de ses adhérents) et des facteurs d'émissions pour les carburants de la Base Carbone®.

L'enquête TCU 2017 permet de connaître le nombre de voyageurs sur chacun des modes : autobus, tramways et métro, la consommation réelle définissant des émissions GES propres à chacun de ces modes de transport. L'enquête sur le parc des services urbains de 2018, quant à elle, permet de connaître finement les caractéristiques des véhicules de 139 réseaux urbains.

Les données proposées intègrent les émissions liées à la consommation de carburant (amont + combustion). Ne sont pas incluses les émissions liées à la fabrication des véhicules ou à l'infrastructure routière.

Principales hypothèses

Voitures particulières

Les données proposées pour les voitures particulières, hors véhicules électriques & hybrides, ont été définies sur la base des données HBEFA, ajustées par les hypothèses et correctifs suivants :

Carburant	GES puits à la roue kgCO _{2e} /km			Hypothèses complémentaires
	France mixte	Longue distance	Courte distance	
Gazole	0,190	0,177	0,199	Consommations recalées sur Comptes de transports 2018
Essence	0,202	0,188	0,213	Consommations recalées sur Comptes de transports 2018
GNV	0,196	0,180	0,207	
GPL	0,192	0,179	0,201	
E85	0,183	0,170	0,192	
Moyenne	0,193	0,174	0,213	Consommations des Comptes de transports 2018 / Hypothèses : longue distance consommation -10% par rapport à la moyenne, consommation courte distance +10% par rapport à la moyenne

De même, pour les données par usage permettant d'obtenir des facteurs d'émissions en passager.km, un taux de remplissage a été ajouté aux données HBEFA, sur la base de l'ENTD de 2008 :

- Mixte France : 1,6 passager
- Longue distance : 2,2 passagers
- Courte distance : 1,4 passager

Concernant les données proposées par gamme de véhicules, intégrant les véhicules hybrides et électriques, les principales hypothèses de l'étude E4T sont les suivantes :

- La durée de vie des véhicules pour la phase « Fabrication »

Véhicule	A	C	D	Bus	VUL	PL livraison
Durée de vie (ans)	10	10	10	12	12	12
kms / an	12 000	15 000	15 000	40 000	16 200	31 000

- La modélisation d'un cycle urbain pour la phase « Utilisation » avec une hypothèse forte pour les VHR : ces véhicules ne sont mis dans un cycle urbain que par la seule utilisation de l'électricité. En effet, il est supposé que ces véhicules sont rechargés quand de besoin et compte tenu de l'autonomie croissante de ces véhicules, ils peuvent satisfaire la totalité des trajets des usagers en mode électrique.

- Les données, initialement décomposées en « véhicule », « pneus » et « batterie » sont ré-agrégées pour ne former qu'un seul poste « fabrication » pour chaque véhicule. Sont exclus les phases « fin de vie » et « maintenance » des différents composants des véhicules.
- Les facteurs d'émissions, proposées en kgCO₂/pers.km ou kgCO₂/tonne.km sont recalculés en kgCO₂/km. Les taux d'occupation utilisés dans l'étude ADEME-IFPEN pour les véhicules particuliers est de 1,3 personnes.

En ce qui concerne les facteurs d'émission pour la berline électrique hydrogène, ils sont proposés par type de scénario de production d'hydrogène. Pour information, en 2020, le procédé majoritaire reste le vaporeformage de gaz naturel. Il est donc à prendre par défaut en l'absence d'information.

Le périmètre étudié correspond à un véhicule particulier roulant 200 000 km sur sa durée de vie, correspondant à un usage intensif (exemple : usage taxi). Le véhicule comporte les caractéristiques suivantes : une pile à combustible de 100 kW, un réservoir embarqué d'une capacité de 5,3kg d'hydrogène et une batterie de 1,4 kWh.

L'impact de la consommation d'hydrogène est basé sur cinq scénario de production. Différentes distances de chalandise sont attribuées selon le moyen de production :

- 500 km pour le vaporeformage de gaz naturel [1] et de biométhane [2], correspondant à un mode de production centralisé.
- 0 km pour l'électrolyse en connexion réseau mix France [3] et mix Europe [4], en production sur site, correspondant à un mode de production décentralisé.
- 50 km pour l'électrolyse en connexion EnR directe [5], correspondant à un circuit de distribution territorial, la station n'étant pas nécessairement « au pied des EnR ».

Pour information et à titre de comparaison, l'étude a réalisé une comparaison des émissions d'une berline hydrogène à une référence diesel (véhicule thermique classique) et une référence batterie (véhicule électrique classique), modélisées dans l'analyse de cycle de vie, sur la base des mêmes hypothèses de fonctionnement.

Le facteur d'émission d'une berline de référence électrique batterie reste inférieur à ceux des véhicules hydrogène calculés sur le même segment. Les berlines hydrogène issus des scénarios biométhane, électrolyse EnR et France montrent des facteurs d'émission significativement inférieurs à celui de la berline de référence diesel. La berline hydrogène issu du scénario gaz naturel et électrolyse Europe présentent un facteur d'émission supérieur à celui de la berline diesel.

Scénario de production d'hydrogène	Ecart du FE Berline Hydrogène (en %) par rapport à la référence Berline diesel
[1] Vaporeformage de gaz naturel, 500 km	+ 6 %
[2] Vaporeformage de biométhane, 500 km	- 59 %
[3] Electrolyse France, 0 km	- 60 %
[4] Electrolyse Europe, 0 km	+ 27 %
[5] Electrolyse EnR, 50 km	- 65 %
Référence Berline électrique batterie	- 72 %

Deux roues

Les données relatives aux deux roues motorisés sont directement issues de HBEFA :

2018		Consommation l/100 km			GES puits à la roue kgCO _{2e} /km		
		France mixte	Longue distance	Courte distance	France mixte	Longue distance	Courte distance
Cyclomoteur	Essence	2,3	2,3	2,3	0,064	0,064	0,064
Motos <= 250 cm ³	Essence	2,2	2,3	2,1	0,062	0,064	0,059
Motos > 250 cm ³	Essence	6	5,5	6,1	0,168	0,154	0,171

Les facteurs d'émissions des véhicules « engins de déplacement personnel électriques, vélo à assistance électrique (VAE) » sont issus de l'étude ADEME de décembre 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »⁶⁴¹

	Durée de vie	Matières Premières	Approvisionnement	Mise EnForme	Assemblage	Distribution	Utilisation	Fin De Vie	TOTAL	Total (cradle-to-gate)
Trottinette électrique	4	17,67	0,41	0,53	1,22	3,10	2,00	-4,75	20,18	19,82
Hoverboard	4	16,60	0,40	0,52	2,48	3,01	0,15	-2,84	20,33	20,00
Vélo à assistance électrique	12	17,78	2,39	0,41	0,24	0,99	5,57	-4,04	23,32	20,81

Extrait de l'étude 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »

Les valeurs retenues dans la Base Carbone® correspondent à un périmètre « fabrication + utilisation » qui comptabilise les émissions liées à :

- L'extraction des matières premières
- L'approvisionnement
- La mise en forme
- L'assemblage
- La distribution
- l'utilisation

Les impacts, évalués par équipement sur sa durée de vie, ont été ramenés à l'heure d'utilisation (Hoverboard) ou au km (vélo électrique, trottinette) en se basant sur les données suivantes⁶⁴¹ :

- ♦ Vélo : Durée de vie 12 ans. 1 renouvellement de la batterie au cours de la durée de vie du produit. Basé sur le scénario suivant 2500 km par an avec une charge tous les 40 km parcourus et une durée de vie de la batterie pleine charge de 400 charges (le prix d'une batterie peut atteindre 20%-25% du prix d'achat du vélo). Total de 30 000km
- ♦ Trottinette : Durée de vie de la batterie à pleine capacité : 2 ans avec Batterie encore utilisable pendant 2 ans lorsque sa capacité commence à décroître. Parcours d'un trajet quotidien de 8 km (4 km aller, 4 km retour), 125 jours par an pendant 4 ans soit 4 000km cumulés
- ♦ Hoverboard : Durée de vie de la batterie à pleine capacité : 2 ans avec Batterie encore utilisable pendant 2 ans lorsque sa capacité commence à décroître. Utilisation de l'engin de déplacement personnel à motorisation électrique à des fins récréatives à raison de deux heures par mois pendant 4 ans (soit 96heures cumulées sur la durée de vie)

Autobus - autocars

Les données moyennes de transport urbain collectif fournies par l'UTP reposent sur les hypothèses de construction suivantes :

- 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 100 000 à 250 000 habitants
 - Classe 3 : agglomérations de moins de 100 000 habitants
- Les données concernant les voyages sur un réseau sont collectées dans la base TCU de manière totale, puis une distinction est faite pour les voyages en métro, en tramway, en transport à la demande (TAD) et en transport de personnes à mobilité réduite (TPMR). Les voyages en autobus sont définis par déduction des voyages des modes précédemment mentionnés du total des voyages du réseau. En revanche, la base TCU ne collecte pas les voyages par type d'autobus (articulés, standards, midibus). Il en est de même pour le kilométrage.
- Les données concernant les consommations de carburants englobent l'ensemble des services dans chaque catégorie de carburant. Par ailleurs, l'enquête TCU permet de connaître uniquement la consommation en gazole de l'exploitant principal. Les consommations des sous-traitants sont alors reconstruites à partir du kilométrage effectué et de la consommation moyenne de l'exploitant principal. Cette hypothèse est conservatrice du fait qu'elle a tendance à surévaluer la consommation du sous-traitant, lequel opère le plus souvent dans des zones moins denses, avec une distance inter-arrêt plus longue, des arrêts moins nombreux, générant moins de consommation.
- Le nombre de voyages ne prend pas en compte un éventuel phénomène de fraude. Le taux de fraude peut être très variable d'un réseau à l'autre et inexistant sur un réseau appliquant la gratuité. Il n'est pas renseigné dans la base TCU. Par conséquent, cette situation tend à surévaluer les émissions GES par passager kilomètre.

Autobus - TAD - TPMR	Nombre de voyages	Émissions GES totales (FE 2017)	Distance moyenne par voyage (km)	Émissions GES (gCO2e / passager.km)
Classe 1	952 080	571 165 616	4,67	128,52
Classe 2	418 314	260 685 041	4,55	136,90
Classe 3	162 884	110 357 527	4,65	145,68

Pour plus d'informations sur les transports collectifs ferré (métro et tramway), se référer au chapitre « Transport de personnes ferroviaire ».

Concernant les données à disposition concernant les autobus et autocars par motorisation thermique, les données sont issues d'une modélisation HBEFA, pour lesquelles des hypothèses supplémentaires ont été ajoutée afin d'obtenir des données en passager.km :

Véhicule	GES puits à la roue kgCO _{2e} /passager.km			Hypothèses complémentaires
	France mixte	Longue distance	Courte distance	
Autobus, Gazole	-	-	103	Taux de remplissage : 10 personnes
Autobus, GNV	-	-	113	
Autocar	30	26	35	Taux de remplissage : 30 personnes (62%), source ARAFER 2019

Concernant les données à disposition concernant les autobus et autocars électriques, les données sont issues de l'étude E4T de l'ADEME et l'FPEN. Se référer aux hypothèses de l'étude décrite ci-dessus.

Evolution du secteur [400](#)

La part du transport individuel dans le transport intérieur de voyageurs est quasi stable (80,6 %). Le nombre de voyageurs-kilomètres réalisés en véhicules particuliers (y compris étrangers) est de 757,1 milliards en 2018. Cette récente stabilité observée en 2018 rompt avec la tendance de croissance annuelle moyenne de + 1,2 % observée depuis 2013. Elle peut trouver son origine dans la forte croissance des prix des carburants en 2018 : + 16,6 % pour le gazole et + 9,2 % pour l'essence sans plomb.

Avec 44,6 milliards de voyageurs-kilomètres transportés en 2018, le transport collectif urbain représente 24,5 % du transport collectif. Il progresse de 0,7 % en voyageurs-kilomètres. La croissance du transport collectif urbain est soutenue sur les réseaux de province (+ 2,8 %) tandis qu'il est stable sur les réseaux d'Ile-de-France (+ 0,1 %).

D'après l'évolution des immatriculations [457](#), on observe une baisse de la proportion d'autobus au gazole, notamment dans le cadre du renouvellement du parc. À ce jour, 20 % des autobus au niveau national utilisent une énergie alternative au gazole. Cette tendance devrait continuer de s'accroître étant donné que dans le cas des services urbains, 28 % du parc circule avec une énergie alternative au gazole. Une part importante des véhicules Gazole Euro 3-4-5 devraient également être renouvelés à l'avenir par de l'Euro 6, ce qui devrait contribuer à la baisse des émissions unitaires.

Sources :

[170] ADEME, Sphera et Gingko21. "Analyse du Cycle de Vie relative à la mobilité hydrogène" (2020)

[\[400\] CCTN – Les comptes des transports en 2018 - 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation - Publié le 29/08/2019](#)

[\[455\] Etude Economique, Energétique et Environnementale pour les Technologies du transport routier français – IFP Energie Nouvelle - 2013](#)

[\[456\] Bilan transversal de l'impact de l'électrification par segment - Projet E4T- ADEME, IFP Energies Nouvelles -Avril 2018](#)

[\[457\] UTP, Note technique, Février 2020, "Les services urbains poursuivent leur mue énergétique"](#)

[\[641\] ADEME, J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.](#)

5.2.2 Ferroviaire

Description

La classification retenue pour le transport ferré de personnes distingue le périmètre France des autres pays d'Europe.

Pour le transport ferré de personnes dans les autres pays d'Europe, un facteur d'émission « train » unique est retenu par pays. Ces données sont issues de la publication « INFRAS-IWW » de l'UIC (Union International des Chemins de fer) datant de 2004.

Pour transport ferré de personnes en France, sont distingués :

- Les trains : TGV, TER et trains grandes lignes
- Les métros, RER, Transilien en Ile-de-France
- Les métros et tramway dans les autres villes

Sources des données & périmètre

Les données relatives au TGV, aux trains grandes lignes et au TER sont fournies par la SNCF, dans le cadre de l'Info GES des transports. Retrouvez [la méthodologie](#) directement sur le site de la SNCF⁴⁷⁰. Celle-ci est mise à jour annuellement.

Les données concernant les transports ferrés de l'Ile de France sont issues de travaux communs SNCF et RATP, en collaboration avec Ile de France Mobilité.

Concernant les transports ferrés hors Ile de France, les données sont issues de l'UTP (Union des Transports Publics et ferroviaires) et leur enquête TCU 2017 sur le Transport Collectif Urbain permettant de connaître le nombre de voyageurs sur chacun des modes : autobus, tramways et métro.

Les données relatives aux autres pays d'Europe sont issues d'une étude de l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) sur les effets externes, communément appelée "étude INFRAS-IWW", qui 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.

L'ensemble des données disponibles intègrent l'amont et la combustion de l'énergie de traction utilisée. Il n'intègre pas la fabrication du matériel roulant ou les émissions liées à l'infrastructure (voies de chemins de fer, gare, etc.).

Principales hypothèses

TGV, TER, trains grandes lignes

Pour chaque type de train, la quantité moyenne de CO_{2e} émise par km est calculée chaque année, en divisant la consommation d'énergie de l'année précédente (à laquelle on applique un facteur d'émission de CO_{2e} par type d'énergie) par le nombre de voyageurs transportés de l'année précédente et la distance qu'ils ont parcourue.

Métro, RER, Transilien en Ile de France

Pour chaque sous-mode de transport, les données (consommation, nombre de voyageurs, kms parcourus) sont mises à jour annuellement à partir des données RATP et SNCF. Les facteurs d'émissions proposés sont calculés à partir des données réseaux de la RATP et la SNCF, pondérées par les voyageurs-kilomètres sur chaque réseau.

Moyens de transport	Sources des données
Métro	RATP
RER, Transilien	RAPT & SNCF
Tramway	RATP

Métro, tramway hors Ile de France

L'enquête TCU 2017 a permis de définir, selon 2 classes d'agglomérations, une distance moyenne de trajet et le nombre de trajets réalisés :

Agglomérations	Distance moyenne par trajet (km)	Nombre de trajets
Classe 1 : + de 250 000 habitants	4.67	1 257 819
Classe 2 : 100 000 à 250 000 habitants	4.05	57 485

Les facteurs d'émissions sont alors obtenus à partir de FE électricité pour l'usage mobilité.

Evolution du secteur

Avec 97,1 milliards de voyageurs-kilomètres transportés, le transport ferroviaire de voyageurs, hors navettes Eurotunnel, représente 53,2 % du transport collectif. Après une reprise en 2017, le transport ferroviaire repart à la baisse avec une diminution de 3,0 % du trafic en 2018. A noter que cette année a été marquée par les 39 jours de grève perlée sur les mois d'avril à juin 2018.

Globalement, entre 2013 et 2018, le trafic de voyageurs sur les TGV est en augmentation de 1,3% chaque année, et sa part dans le transport ferroviaire de voyageurs augmente (60,3 % en 2018 contre 59,6 % en 2017).

En 2018, le trafic en TER s'accroît légèrement (+ 0,5 %) après une année 2017 de croissance forte, tandis qu'avec 19,2 milliards de voyageurs-kilomètres transportés, le trafic des trains et RER d'Ile-de-France représente 19,8 % du transport ferroviaire.

Sources :

[\[470\] Information sur la quantité de gaz à effet de serre émise à l'occasion d'une prestation de transport - Méthodologie générale - Direction Développement Durable SNCF - Version de Mai 2018](#)

5.2.3 Aérien

Description

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

- La capacité de l'appareil (nombre de sièges)
- La longueur du trajet : 500/1000/3500/plus (en km)

Des valeurs moyennes pour les court, moyen et long courrier sont également disponibles pour une évaluation en première approche. Les facteurs d'émissions sont donnés en "kgCO₂e/(passager équivalent.km)"

Sous-catégorie	Classification
Avions passagers	Court, Moyen, Long courrier
	Capacité de 20 à 50 sièges : détail par kms parcourus
	Capacité de 51 à 100 sièges : détail par kms parcourus
	Capacité de 101 à 220 sièges : détail par kms parcourus
	Capacité de plus de 220 sièges : détail par kms parcourus

Les avions passagers correspondent à des avions dit « mixtes ». Il s'agit des avions de ligne classiques, pouvant transporter à la fois passagers et fret.

Source des données & périmètre

L'ensemble des données proposées dans la Base Carbone® sont issues du calculateur TARMAAC (Traitements et Analyses des Rejets éMis dans l'Atmosphère par l'Aviation Civile) de la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile).

TARMAAC est un outil développé par la DGAC en coopération avec le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique), notamment utilisé pour établir l'inventaire des émissions du trafic aérien de la France dans le cadre des engagements pris lors du protocole de Kyoto (niveau national). Il s'appuie sur des méthodes internationales utilisées pour les inventaires d'émissions et sur des données de trafic réelles allant jusqu'au vol à vol (type avion, origine destination, motorisation, chargement en passagers, fret et poste, temps de roulage, etc...).

Les données proposées intègrent les émissions liées à l'amont et la combustion du carburant, durant les phases de vol, roulage et stationnement. Elles intègrent donc de fait les consommations des APU (groupe auxiliaire de puissance). Ne sont pas incluses les émissions liées à la fabrication de l'appareil, ou aux infrastructures aéroportuaires.

L'incertitude globale des données fournies est estimée à 10%. Toutefois l'écart-type relatif par type d'appareil et distance parcourue peut s'avérer parfois important au regard du faible trafic enregistré. Ces écart-types sont donnés ci-dessous à titre informatif :

Ecart-type	20 à 50 sièges	51 à 100 sièges	101 à 220 sièges	>220 sièges	Total
<500km / Turboprop	0,31	0,19	-	-	0,27
<500km / Jet	0,54	0,19	0,30	-	0,38
500 à 1000km	0,56	0,24	0,23	-	0,31
1000 à 3500km	1,31	0,27	0,23	0,37	0,28
>3500km	-	-	1,34	0,27	0,31
Total	0,71	0,29	0,33	0,29	0,38

Ecart-type relatif des données pour les vols passagers, année 2018

Pour plus de détails ou pour réaliser vos évaluations au plus juste en origine-destination, n'hésitez pas à consulter directement le [calculateur d'émissions de CO₂ de l'aviation en ligne](#) et le [bilan annuel des émissions du transports aériens](#), produit par la DGAC.

Principales hypothèses

Pour permettre des évaluations en première approche, des facteurs d'émission globaux sont fournis par catégorie de distance ou de taille d'appareil et pour le trafic total. Cela revient à effectuer des moyennes avec une pondération en passagers-équivalents.kilomètres-transportés.

Ordres de grandeurs :

PeqKT - 2018	Court			Moyen	Long	Total
	0 - 500 km (turboprop)	0 - 500 km (jet)	500 - 1 000 km	1 000 - 3 500 km	Plus de 3 500 km	
20 à 50 sièges	0,04%	0,04%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%
51 à 100 sièges	0,3%	0,3%	1,3%	0,3%	0,0%	2,2%
101 à 220 sièges	0	1,3%	8,5%	15,9%	0,4%	26,1%
Plus de 220 sièges	0	0,0%	0,0%	1,8%	69,7%	71,6%
Total	0,3%	1,6%	10,0%	18,1%	70,1%	100,0%

Trafic en passagers équivalent kilomètres transportés, année 2018

Evolution du secteur

L'activité du transport aérien en France s'est élevée en 2018 à 172,43 millions de passagers, en hausse de 5,1% par rapport à 2017, un ensemble fret et poste de 2,51 millions de tonnes (-1,2%) et un nombre de passagers équivalents-kilomètres-transportés (convention ½ croisière) de 292,9 milliards de PeqKT (+5,5%), pour 1,54 million de mouvements commerciaux (+1,3%).

Entre 2000 et 2018, ces émissions ont progressé de 21,5% pour un nombre de passagers-équivalents-kilomètres-transportés (PeqKT) en augmentation de +62,1%. Le développement du trafic aérien s'est ainsi accompagné d'une amélioration continue de son efficacité énergétique : diminution de -25,7% des émissions de CO₂ unitaire (en kg de CO₂/ PeqKT), soit une décroissance moyenne de -1,6% /an.

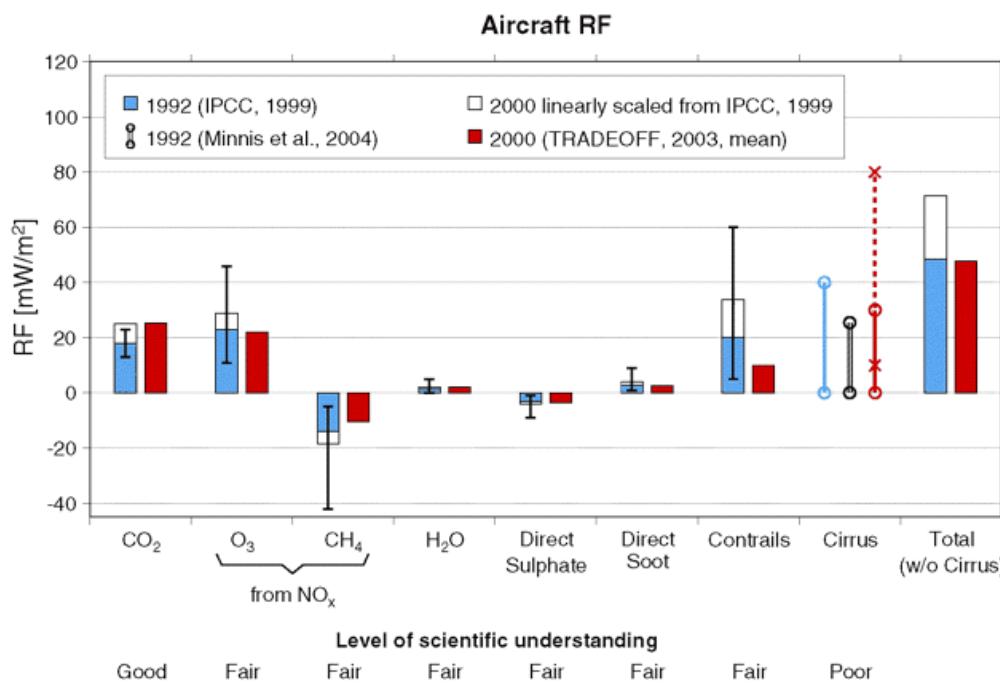
Chiffres clés, DGAC - <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/les-chiffres-cles>

Emissions liées aux traînées et cirrus.

Ces émissions ne doivent pas être prises en compte dans le cadre de l'information CO₂ des prestations de transport et ne sont pas obligatoires dans le cadre de l'article 75.

Les avions qui 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 CO₂. En effet, la combustion à haute altitude perturbe les cycles d'autres gaz à effet de serre : vapeur d'eau*, eau condensée sous diverses formes, NOx et méthane qui, ensemble, produisent de l'ozone, etc. .

**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 aux avions, en milliwatts par m².

Source : Sausen et al. (2005).

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

On peut 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/m², alors que le seul CO₂ d'origine aérienne ne produit que 0,02 W/m², c'est-à-dire 2 fois moins. Il serait donc tentant de dire que, dès lors que nous comptabilisons 1 gramme de CO₂ 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 CO₂. Mais ce raisonnement serait inexact. En effet, le forçage radiatif se fonde sur les concentrations supplémentaires et non les émissions, alors que l'équivalent CO₂ 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).

Dans les faits, il y existe plusieurs facteurs multiplicatifs possibles pour passer du CO₂ aux émissions totales, selon l'objectif de l'exercice, c'est-à-dire le « pourquoi on compte » :

- si le bon critère est le poids du « hors CO₂ » 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 CO₂ » possède un équivalent CO₂ identique au CO₂),

- 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 à ce jour, l'ADEME propose de mettre ce **facteur multiplicateur à 2**. Dit autrement, pour un kg équivalent CO₂ dû au CO₂ de la combustion, nous rajouterons un kg équivalent CO₂ pour tenir compte du reste.

Des travaux complémentaires sont en cours pour conforter ou non l'impact des trainées et cirrus sur le climat, et le cas échéant, mieux évaluer leur incidence. Une mise à jour de ces éléments est prévue par le GT Transports de la Base Carbone®.

5.2.4 Maritime

Description

Le transport maritime de personne se fait essentiellement par ferry (roulier Ro-Pax). Ces navires peuvent transporter à la fois des personnes et leur voiture. Quatre données sont disponibles dans la Base Carbone®, une donnée « Ferry » issue du GLEC donnant une valeur moyenne Monde, et 3 données historiques liées aux liaisons inter-îles en Outre-Mer.

Se référer au chapitre « [Transport Maritime de Marchandises](#) » pour plus d'information sur la construction des données, leur périmètre, leurs sources.

Sources :

[\[431\] GLEC - The global method for calculation and reporting of logistics emissions - Février 2020](#)

5.2.5 Fluvial

Description

Le transport fluvial de personnes correspond aux navettes fluviales de tourisme. Faute de données plus récente à ce jour, la donnée actuelle de la Base Carbone® est une donnée historique de 2010.

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 globale

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 des étapes de transformation, emballages, transports, etc. supplémentaires avant d'arriver dans votre assiette.

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 succinctement ci-après. Dans la Base Carbone®, ne sont repris que les indicateurs relatifs au changement climatique. Retrouvez toute la documentation sur la base de données Agribalyse® sur : <https://ecolab.gitbook.io/documentation-agribalyse/acces-donnees>

Présentation Agribalyse®

Le programme Agribalyse® produit des données de référence sur les impacts environnementaux des produits agricoles et alimentaires. Les méthodologies et les données ont été élaborées et validées dans le cadre d'un partenariat veillant à leur qualité et leur transparence regroupant l'ADEME, INRAE, les instituts techniques agricoles et agroalimentaires, des experts indépendants et des cabinets d'études.

Le programme Agribalyse® existe depuis 2009. La construction progressive de la base de données a mis à contribution une centaine d'experts et de scientifiques des secteurs agricoles, agroalimentaires et de l'environnement. La première version de la base de données publiée en 2014 se focalisait sur les impacts liés à la production agricole en raison de leur prépondérance dans le calcul des impacts environnementaux. Cette première version a ensuite été enrichie grâce aux projets méthodologiques portés par les partenaires : les bases de données v1.1, v1.2, v1.3 ont successivement été publiées avec des améliorations et des enrichissements sur la partie agricole (agriculture conventionnelle, agriculture bio, pratiques agroécologiques...). En parallèle, le programme ACYVIA sur la transformation a fourni des références sur les procédés de transformation. Les méthodologies sont par nature toujours en évolution au sein de la communauté scientifique et les données sont donc amenées à évoluer.

Focus données agricoles

Les facteurs d'émissions disponibles sur les impacts liés à la production agricole sont calculés pour 1 kg de produit agricole brut (ex. 1 kg de blé à la sortie de la ferme). Les calculs prennent en compte l'ensemble des processus amont (fabrication des intrants) et au champ (opérations culturales), en s'arrêtant à la sortie du champ. Les impacts relatifs aux processus de transformation, à la logistique, au transport, à l'emballage et à l'utilisation des produits ne sont pas pris en compte dans ces données.

Les données disponibles pour la partie agricole sont riches : elles concernent des produits moyens, et des déclinaisons (agriculture raisonnée, agriculture biologique, système d'élevage à l'herbe...), reflétant ainsi la variabilité des modes de production et leurs impacts environnementaux relatifs. Les pratiques « standards/moyennes » sont le résultat de la représentativité de ces différents modes de production en France aujourd'hui.

Evolutions des données

Dans la version Agribalyse® 3.0, les données agricoles ont été mises à jour (corrections mineures et mises à jour des modèles d'émissions), et de nouvelles données ont été produites sur des produits manquants (fruits & légumes, données relatives à l'alimentation animale, filière pêche).

Par ailleurs, un important travail de production de nouvelles analyses du cycle de vie a été réalisé sur les productions en agriculture biologique. Le travail a notamment visé à illustrer la diversité des pratiques en agriculture biologique.

Toutes les informations directement sur le site du programme : <https://app.agribalyse.fr/>

Sources :

[\[504\] Agribalyse 3.0 - Documentation Décembre 2020 - https://ecolab.gitbook.io/documentation-agribalyse/acces-donnees](https://ecolab.gitbook.io/documentation-agribalyse/acces-donnees)

5.3.2 Produits agro-alimentaires et boissons

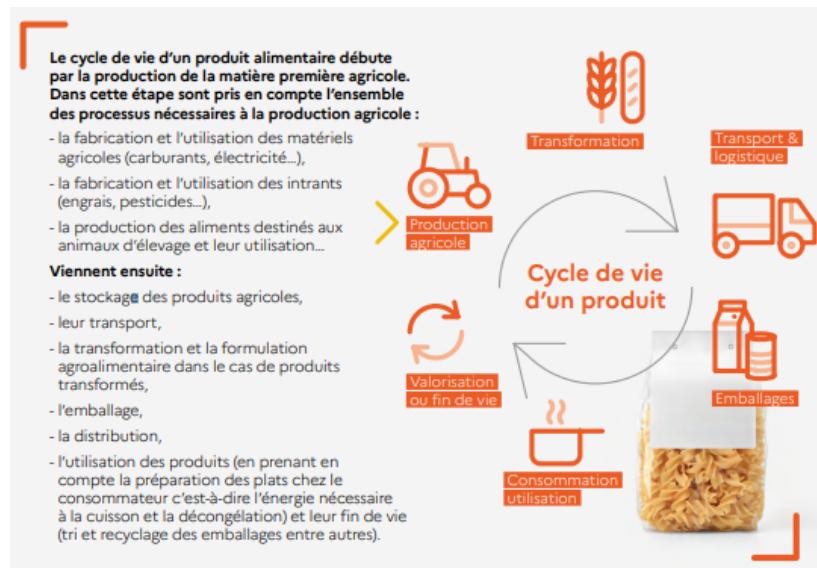
Description globale

Les produits agro-alimentaires concernent les principaux produits alimentaires consommés en France, soit près de 2500 aliments prêts à être consommés. Il s'agit à la fois de produits agricoles (une pomme) et de produits transformés (une compote de pomme, un muffin...). Ils couvrent toutes les catégories de produits des principales filières consommées en France et incluent ainsi les produits alimentaires produits à l'étranger et importés (café, chocolat...).

Les facteurs d'émissions sont issus du programme AGRIBALYSE®, présenté succinctement ci-après. Dans la Base Carbone®, ne sont repris que les indicateurs relatifs au changement climatique. Retrouvez toute la documentation sur la base de données Agribalyse® sur : <https://ecolab.gitbook.io/documentation-agribalyse/acces-donnees>

Les facteurs d'émissions des produits alimentaires « types » proposés sont représentatifs des produits « standards » consommés en France. On trouvera ainsi par exemple l'impact d'une pizza Margherita « standard », constituée de tomates « standards » conventionnelles, de gruyère et de jambon standards « conventionnels », issus des systèmes de production majoritaires aujourd'hui, et d'emballages majoritaires observés pour ce type de produit. Les impacts de la « tomate standard conventionnelle » de la pizza représentent la moyenne pondérée des impacts de tomates majoritairement utilisés pour les produits transformés (c'est-à-dire 18 % des tomates issues de la production française, 46 % de tomates italiennes et 36 % de tomates espagnoles).

Les données tiennent compte de toutes les phases du cycle de vie du produit :



Source : Guide utilisateur Agribalyse 3.0®

Présentation Agribalyse®

Le programme Agribalyse® produit des données de référence sur les impacts environnementaux des produits agricoles et alimentaires. Les méthodologies et les données ont été élaborées et validées dans le cadre d'un partenariat veillant à leur qualité et leur transparence regroupant l'ADEME, INRAE, les instituts techniques agricoles et agroalimentaires, des experts indépendants et des cabinets d'études.

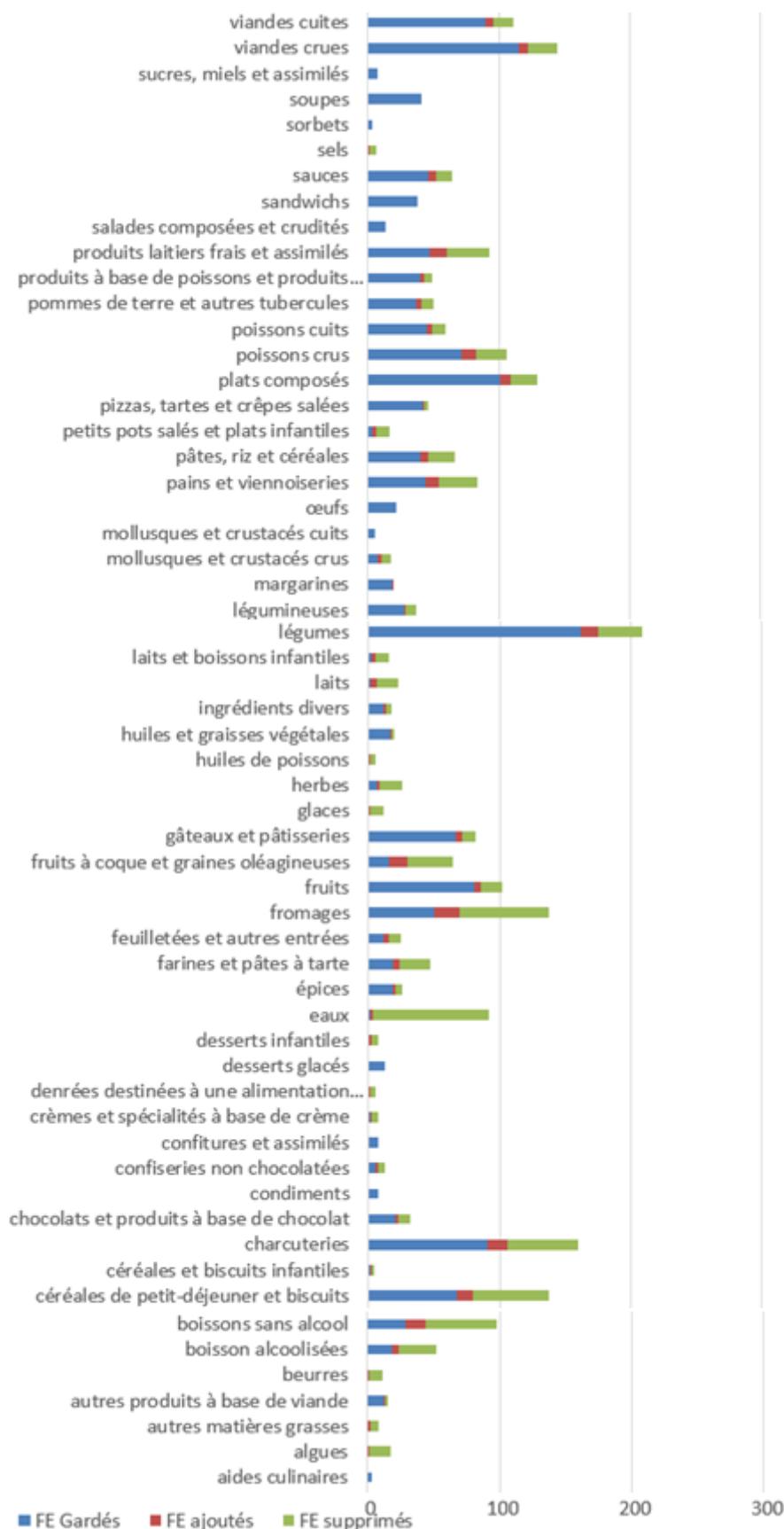
Le programme Agribalyse® existe depuis 2009. La construction progressive de la base de données a mis à contribution une centaine d'experts et de scientifiques des secteurs agricoles, agroalimentaires et de l'environnement. La première version de la base de données publiée en 2014 se focalisait sur les impacts liés à la production agricole en raison de leur prépondérance dans le calcul des impacts environnementaux. Cette première version a ensuite été enrichie grâce aux projets méthodologiques portés par les partenaires : les bases de données v1.1, v1.2, v1.3 ont successivement été publiées avec des améliorations et des enrichissements sur la partie agricole (agriculture conventionnelle, agriculture bio, pratiques agroécologiques...). En parallèle, le programme ACYVIA sur la transformation a fourni des références sur les procédés de transformation. Les méthodologies sont par nature toujours en évolution au sein de la communauté scientifique et les données sont donc amenées à évoluer.

Les données AGB 3.0 dans la Base Carbone®

L'arborescence des données des produits agro-alimentaires dans la Base Carbone® est identique à l'arborescence de la base de données Agribalyse®. Toutefois, afin de conserver l'ergonomie de consultation en ligne des facteurs d'émissions, dans chacune des catégories, un regroupement de l'ensemble des FE de produits équivalents ayant une valeur identique a été réalisé. Ainsi, lorsque cela était possible, un seul FE regroupant l'ensemble des produits quasi identiques a été mis en ligne : par exemple, l'ensemble des eaux minérales disponibles sur le

marché est regroupé en un unique FE « eau minérale », leur modélisation ayant abouti au même poids carbone.

In fine, 1 871 FE ont été ajoutés : 1 633 issus directement d'AGB 3.0 + 238 nouveaux provenant de regroupement de FE, contre 2481 FE initialement. Retrouver le détail des produits concernés en commentaire du facteur d'émissions.



Détail indicatif, par catégories alimentaires, des FE gardés, supprimés et ajoutés

Pour la base de données complète, rendez-vous sur le site du programme Agribalyse® :
<https://app.agribalyse.fr/>

Sources :

[504] Agribalyse 3.0 - Documentation Décembre 2020 - <https://ecolab.gitbook.io/documentation-agribalyse/acces-donnees>

5.3.3 Bois

Description

Cette catégorie de la Base Carbone®, recense les facteurs d'émissions de :

- bois d'œuvre utilisé dans le domaine de la construction
- bois d'ameublement utilisé dans la fabrication d'objets courants ou de palettes en bois

Les facteurs d'émissions de produits finis à base de bois (ex : armoires, tables, chaises,...) sont disponibles dans la catégorie [« Achat de bien → mobilier »](#)

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 CO₂ par tonne, facteur d'émission également applicable à la production de palettes.

La problématique de la séquestration du carbone

Dans le cas de bois d'ameublement ou palettes, ces éléments sont destinés à vivre une vie relativement courte, et une fois devenus des déchets industriels banals ils libèreront le carbone qu'ils 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 ou

plus largement à tous les objets en bois dont la durée de vie est de quelques dizaines d'années tout au plus.

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 CO₂ 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 CO₂**.

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_{2e}, ce qui correspond à la teneur moyenne en CO₂ du bois.

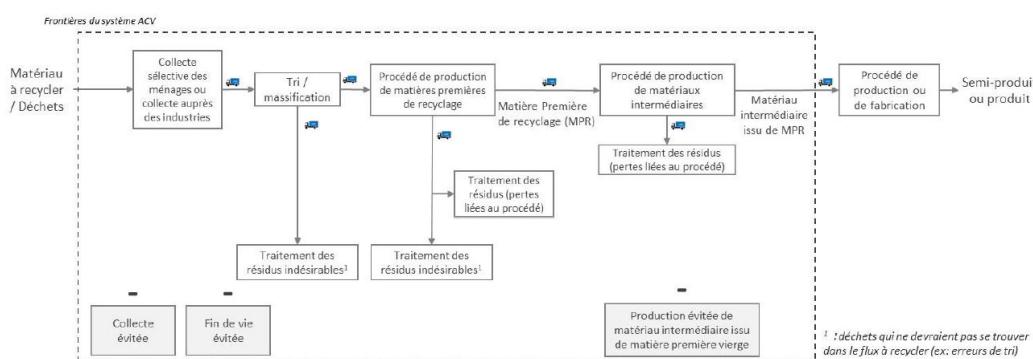
5.3.4 Papier, carton et articles en papier ou en carton

Pâte à papier / Carton

La Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage (FEDEREC) a réalisé en 2017 le bilan environnemental du recyclage selon la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) pour les filières de recyclage les plus représentatives du marché français dont notamment les papiers et cartons.

Pour chaque filière sont quantifiées les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication de produits à partir de matière première « vierge » et « renouvelable ». L'unité fonctionnelle utilisée dans l'étude est « Analyse de la collecte, du tri et de la transformation d'une tonne de déchets afin de produire des matériaux intermédiaires issus de MPR en substitution de matériaux intermédiaires issus de ressources vierges ».

Le périmètre de l'étude, commun à toutes les filières, est présenté sur le schéma suivant⁶¹⁰ :



La filière des papiers comptabilise les papiers graphiques (belles sortes et moyennes sortes) issus des ménages et des activités économiques. La filière carton, quant à elle, intègre les cartons d'emballages issus des ménages et des activités économiques.

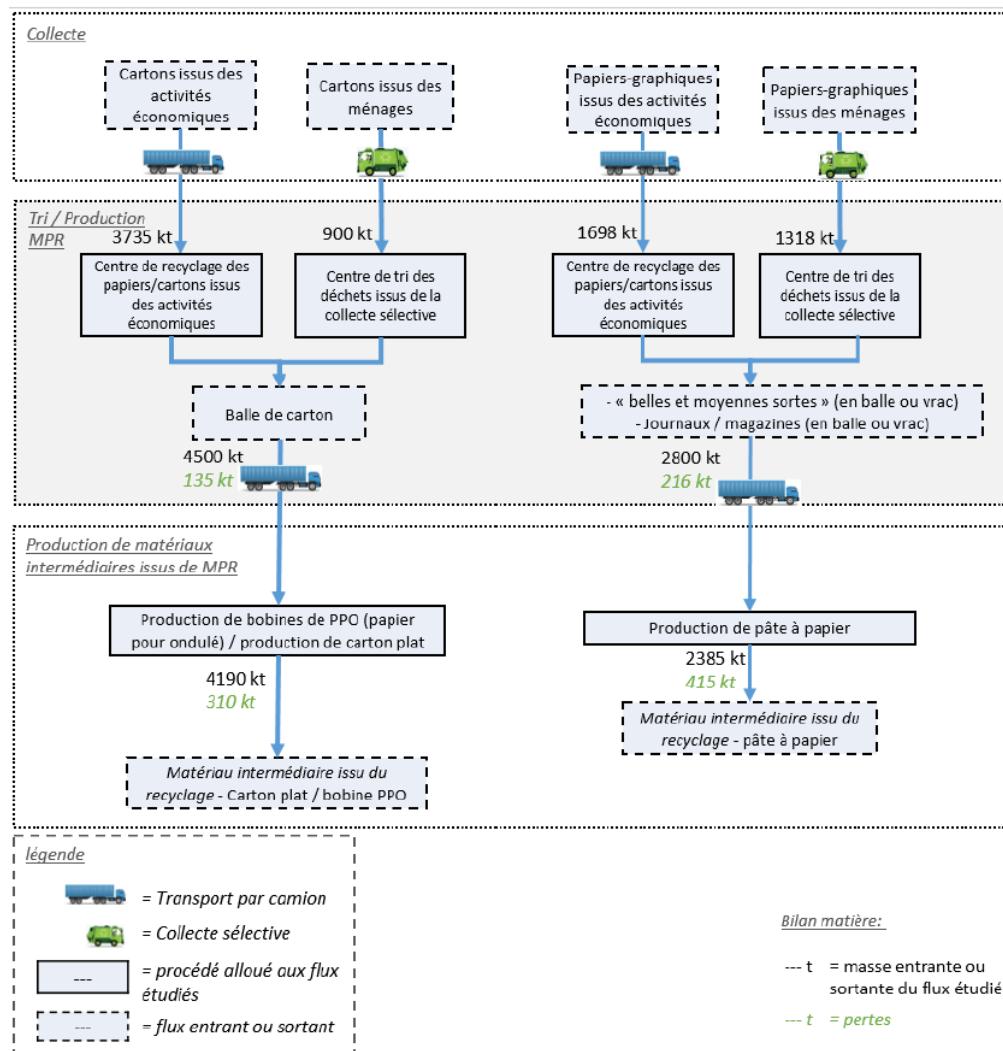


Schéma de la filière papier / carton étudiée

La filière papiers/cartons étudiée ne considère pas toute la diversité de la filière papier/carton. En effet, les papiers/graphiques issus des ménages peuvent également être utilisés dans la production de PPO (Papier Pour Ondulé) ou dans la fabrication du papier d'hygiène.

In fine, la valeur retenue est de 297 kg CO₂e pour la pâte à papier issue de matière primaire « vierge » et de 317 kg CO₂e pour la pâte à papier issue de la filière recyclage. Concernant le carton, le facteur d'émission s'élève à 390 kg CO₂e pour le carton issu de matière primaire « vierge » et à 670 kg CO₂e pour le carton issu de la filière recyclage.

Résultats par tonne collectée	Matière primaire (kWh)	Matière de recyclage (kWh)	Matière primaire (kg eq. CO ₂)	Matière de recyclage (kg eq. CO ₂)
Pâte à papier	9 193	2 739	297	317
Carton	13 115	3 017	390	670

Résultat de l'étude FEDEREC (2017)

On constate que les facteurs d'émissions provenant de matières recyclées sont plus importants que ceux des matières primaires brutes. Selon FEFCO, l'industrie du vierge utilise, en moyenne en Europe, une plus grande quantité d'énergie d'origine renouvelable (biomasse) que l'industrie du recyclé.

En cohérence avec les règles de comptabilité carbone internationales, la combustion de cette biomasse qui émet du carbone d'origine biogénique n'est pas comptabilisée dans cette étude. A défaut, s'il était comptabilisé, le carbone biogénique aurait un bilan neutre sur l'indicateur effet de serre (le carbone émis pendant la combustion étant considéré par défaut, capté pendant la croissance de la biomasse). Il est important de noter que les résultats sur l'effet de serre ne reflètent donc pas la plus grande sobriété énergétique de la filière du recyclage, comme le montrent les résultats de consommation d'énergie primaire.

Par ailleurs, les caractéristiques des données utilisées (disponibles au moment de l'étude) en limitent la validité :

- Les données utilisées pour la transformation des balles de papiers en pâte à papier (source : ADEME-COPACEL 2013) correspondent à la production de pâte à papier pour ramettes de papier. Le recyclage des journaux et magazines est approximé via ces données, alors qu'il est réalisé dans des usines intégrées où la pâte produite est immédiatement transformée en bobines de papier. Les résultats actuels désavantagent le recyclage. ;
- Les données d'inventaire de la régénération du carton (recyclage) et les données de production de carton vierge sont des données issues de moyennes européennes (FEFCO) alors que la part des fibres de récupération, utilisées par les usines papetières en France, a été de 73.6% du tonnage collecté en 2014. Enfin, selon FEDEREC, la part respective de l'utilisation de la biomasse entre les usines consommant des fibres vierges et celles consommant des fibres recyclées n'est pas la même en France que dans certains pays d'Europe, ce qui ne permet pas de mettre en évidence l'éventuelle économie de gaz à effet de serre que pourrait procurer le recyclage de la fibre.
- La filière papier est très sensible aux hypothèses utilisées, le taux de substitution et l'efficacité du procédé de recyclage sont des paramètres influents sur les résultats de la filière. L'analyse de sensibilité montre l'influence du choix de l'inventaire du cycle de vie (ICV) du papier sur les résultats. Derrière ces inventaires, c'est le type d'énergie utilisée par l'industrie du recyclé et l'industrie du vierge qui impacte fortement la contribution de l'un ou l'autre sur l'effet de serre.

Ces données ont le mérite d'exister et de permettre des premières approximations. Elles sont toutefois à considérer avec précaution.

Papier (ramette)

Une analyse de cycle de vie sur les ramettes de papier a été conduite par l'ADEME et la COPACEL en 2013 (réalisation Solinenn).

Cette étude s'est basée sur la méthodologie relative à l'affichage environnemental (BPX 30-323-0). Une revue critique a été effectuée.

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, des données provenant d'usines localisées en France, Brésil, Allemagne et Finlande ont été utilisées.

Une revue critique a été effectuée.

4 catégories de pâte à 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 (hors utilisation et fin de vie)
0,440	0,410	0,400	0,470	2.29

Facteurs d'émission de la pâte à papier selon le type d'essence exprimés en kg CO₂e/kg ou Kg CO₂e/ramette

Un calcul pour déterminer le FE moyen au poids à partir de la ramette moyenne permet d'obtenir la valeur de 0.919 kgCO₂e/kg de papier.

Papier (Autre)

Deux facteurs d'émissions, historiquement au statut discussion depuis leur proposition par des tiers, ont récemment été validés par le COGO dans la Base Carbone® en l'absence de données plus récentes. Ces données permettent de donner un ordre de grandeur.

Ainsi, vous trouverez :

- un facteur d'émission pour un « livre 300g », proposé par Carbone 4
- un facteur d'émissions « Etiquettes papier imprimés » issu du guide sectoriel de l'ADEME "Comptabilisation des émissions de GES - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole"[660](#)

Sources :

[\[610\] FEDEREC / Mars 2017 / Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final](#)

[\[660\] ADEME, Comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole \(Itinéraires n°24\) - juin 2011](#)

5.3.5 Minerais, granulats et autres produits des industries extractives

Description

Ce chapitre propose les facteurs d'émissions des produits des industries extractives :

- Granulats
- Pierres de carrières

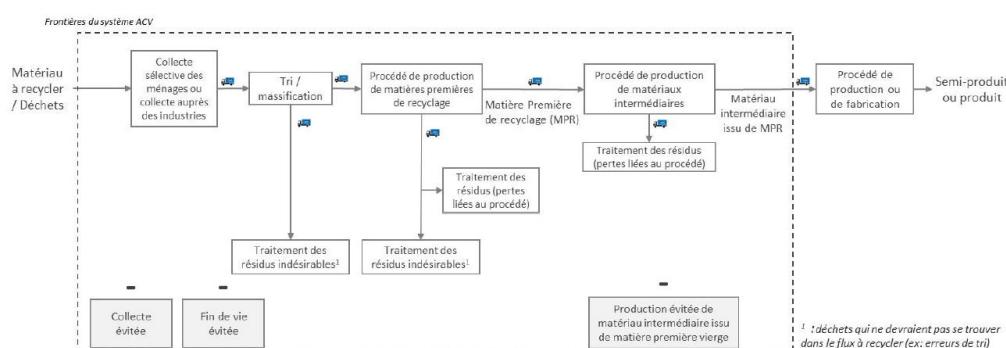
5.3.5.1 Granulats

Description

La Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage (FEDEREC) a réalisé en 2017 le bilan environnemental du recyclage selon la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) pour les filières de recyclage les plus représentatives du marché français dont notamment les déchets du bâtiment.

Pour chaque filière sont quantifiées les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication de produits à partir de matière première « vierge » et « renouvelable ». L'unité fonctionnelle utilisée dans l'étude est « Analyse de la collecte, du tri et de la transformation d'une tonne de déchets afin de produire des matériaux intermédiaires issus de MPR en substitution de matériaux intermédiaires issus de ressources vierges ».

Le périmètre de l'étude, commun à toutes les filières, est présenté sur le schéma suivant⁶¹⁰:



La filière « granulat » comptabilise les déchets de chantiers et gravats issus des ménages et assimilés collectés en déchèterie. Elle est représentée ci-dessous telle que modélisée dans cette étude :

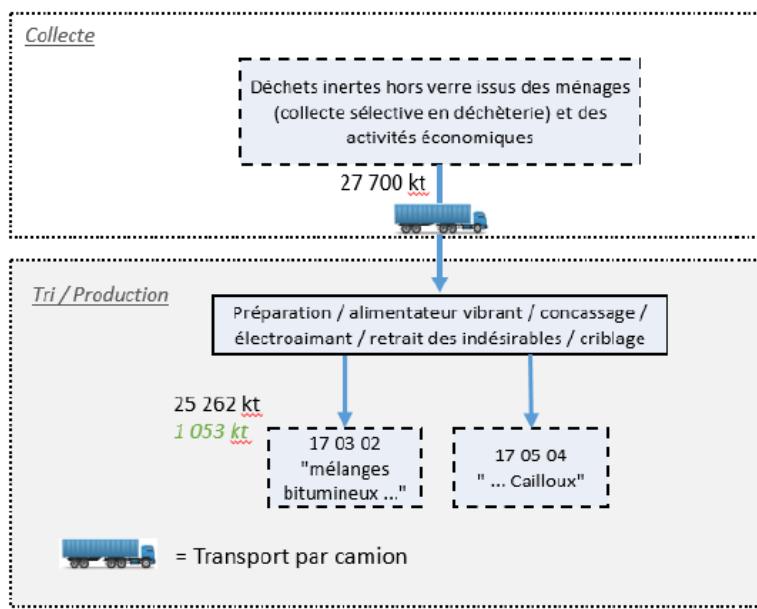


Schéma de la filière granulat étudiée

In fine, la valeur retenue est de 4 kg CO₂e pour les granulats issus de matière primaire « vierge » et de 3 kg CO₂e pour les granulats issus de la filière recyclage.

Résultats par tonne collectée	Matière primaire (kWh)	Matière de recyclage (kWh)	Matière primaire (kg eq. CO ₂)	Matière de recyclage (kg eq. CO ₂)
Granulats	35	29	4	3

Résultat de l'étude FEDEREC (2017)

L'incertitude sur le facteur d'émission est prise égale à 10%.

Sources :

[\[610\] FEDEREC / Mars 2017 / Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final](#)

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 CO₂, méthane, N₂O 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 CO₂, 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 rédhibitoire 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 kgCO₂e par tonne, nous nous trouvons en fait dans une fourchette de 2 050 à 3 080 kgCO₂e 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 affiche des valeurs de l'époque. 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'EPA¹. Les données actuellement en ligne sont basées sur une actualisation de cette étude².

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'APME³ :

Gaz	PRG/CO2	Emissions (g/tonne)	kgCO2e / tonne produite
CO2	1	2 600 000	2 600
CH4	25	9 000	224
Total kg équivalent CO2			2 824

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 _{2e} /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 _{2e} / tonne produite
CO2	1	1 774 000	1775
CH4	25	4 000	99
Total kg équivalent CO2			1874

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'APME⁴ 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 _{2e} / t)	CH4 (kgCO _{2e} / t)	total (kgCO_{2e} / t)
PVC moulé par injection	1899	216	2115
Tuyaux en PVC	2402	249	2651
Feuilles rigides de PVC	2402	209	2611
Films souples en PVC	2402	216	2618

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 cité⁵ fournit pour le PVC 100% ex-recyclé la valeur de 400 kgCO2e par tonne, que nous prendrons comme référence.

Polyéthylène haute densité

Polyéthylène haute densité primaire

Une autre publication de PlasticsEurope⁶ 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/CO2	Emissions (g/tonne)	kgCO2e / tonne produite
CO2	1	1 567 000	1 566
CH4	25	14 000	348
Total équivalent CO2			1 914

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'EPA⁷ fournit comme valeur 202 kgCO2e/tonne (la valeur était de 1000 kgCO2e/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 PlasticsEurope⁸ propose la valeur de 2 094 kgCO2e 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
Total équivalent CO2			2094

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'EPA⁹ 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 2005¹⁰ 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
Total équivalent CO2			3271

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 CO2 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 kgCO2e/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 kgCO2e par tonne, ce qui donne :

- PET qualité bouteille 100% ex-recyclé : 348 kgCO2e par tonne,
- PET en film : 2 460 kgCO2e par tonne (valeur arrondie à 2 chiffres significatifs).

Une interpolation linéaire permettra ici aussi de tenir compte d'un taux de recyclé variable.

Polypropylène

Le facteur d'émission « PP Polypropylène » est issu du guide ADEME "[Comptabilisation des émissions de GES - Application à la filière viti-vinicole](#)". Ce guide sectoriel a été co-construit avec de nombreux organismes tels que l'ADEME et DR Aquitaine, Bourgogne, Champagne et Languedoc Roussillon / IFV / Centres techniques et organismes régionaux (BIVB, CIVB, CIVC) / bureaux d'études (Aventerre, Ajyr, Alain Bonhoure Conseil, Cairn Environnement, ECO2 Initiative, Envyliis) / Groupe ICV (Institut coopératif du vin) / SOCOTEC, le Centre Technique Industriel UNGDA.

La donnée proposée a été déterminée à partir des Eco Profils « Plastics Europe ».

Nylon

Nous donnons, à titre indicatif, les émissions dans l'air associées à la production de Nylon fournies également par l'APME¹¹, 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)	kgCO2e / tonne produite
CO2	1	6 900 000	6900,0
CH4	25	24.000	600,0
N2O	298	740	220,5
Total équivalent CO2			7720,5

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 MIES¹² donne une valeur moyenne pour le plastique de 2 350 kg équivalent CO2 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 kgCO2e par tonne par défaut, en faisant l'hypothèse que le mode largement dominant de recyclage est mécanique.

ources :

US Environment Protection Agency / 1998 / Greenhouse Gas Emissions From Management of Selected Materials in Municipal Waste.

Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks, 3rd Edition, Chapter 3, Source Reduction and Recycling, EPA, 2006

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.

 *Dr. I. Boustead / Mai 1998 / Eco-profiles in the european industry - LCA-reports, Polyvinyl chloride - PVC injection moulding*

Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks, 3rd Edition, Chapter 3, Source Reduction and Recycling, EPA, 2006

Eco-profiles of the European Plastics Industry, HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE), The European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM) & PlasticsEurope, March 2005

Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks, 3rd Edition, Chapter 3, Source Reduction and Recycling, EPA, 2006

Eco-profiles of the European Plastics Industry, LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE), The European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM) & PlasticsEurope, March 2005

- Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks, 3rd Edition, Chapter 3, Source Reduction and Recycling, EPA, 2006*
1. Eco-profiles of the European Plastics Industry, POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) (MORPHOUS GRADE), The European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM) & plasticsEurope, March 2005
1. Dr. I. Boustead / 1999 / Eco-profiles in the european industry. (Année de référence des années 1995)
2. 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 produits chimiques de base
- Les engrais et composés azotés
- Les pesticides et autres produits agrochimiques
- Les peintures et résines
- Les autres produits chimiques

En fonction des contributions à la Base Carbone ®, cette classification pourra être amenée à évoluer.

5.3.6.2.1 Produits chimiques de base

Description

Cette section propose des données issues du guide "[Comptabilisation des émissions de GES - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole](#)"⁶⁶⁰ de 2011 a répertorié près de 80 facteurs d'émissions en lien avec l'activité viticole, compilant diverses sources de données pertinentes pour le secteur (Cairn environnement, AJYR,...). Retrouvez le tableau détaillé pages 22 et 23.

Ce guide sectoriel de l'ADEME a été co-construit avec de nombreux organismes tels que l'ADEME et DR Aquitaine, Bourgogne, Champagne et Languedoc Roussillon / IFV / Centres techniques et organismes régionaux (BIVB, CIVB, CIVC) / bureaux d'études (Aventerre, Ajyr, Alain Bonhoure Conseil, Cairn Environnement, ECO₂ Initiative, Envylis) / Groupe ICV (Institut coopératif du vin) / SOCOTEC, le Centre Technique Industriel UNGDA.

Sources :

[660] ADEME, *Comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole (Itinéraires n°24) - juin 2011*

5.3.6.2.2 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 GESTIM. 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 serre⁵⁵⁰. Les valeurs proposées dans la publication étaient basées sur les PRG de 2001 (CH_4 : 23 et N_2O : 296). Les valeurs proposées ci-dessous ont été actualisées et sont basées sur les PRG de 2013 (CH_4 : 30 et N_2O : 265) sauf pour ceux ayant la mention * qui s'appuie, faute d'accès à l'information primaire sur les PRG 2007 (CH_4 :25 et N_2O : 298).

Type d'intrant	Unité d'élément nutritif	kgCO _{2e} /kg d'élément nutritif
Ammoniaque anhydre	kg N	2,97
Ammonitrat 33,5%		5,86
Ammonitrat calcaire 30% (CAN)		6,09
Solution azotée		5,01
Urée		3,69
Trisuperphosphate (TSP)	kg P ₂ O ₅	0,57
Clorure de Potasse (KCl)	kg K ₂ O	0,45
Engrais ternaire*	kgN	5,29
	kgP ₂ O ₅	0,94
	kg K ₂ O	0,51
Engrais binaire PK	kgP ₂ O ₅	0,57
	kg K ₂ O	0,45
Engrais binaire NK	kg N	2,97
	kg K ₂ O	0,45
Engrais binaire NP	kg N	4,31
Engrais azoté moyen*	kg N	5,34
Engrais phosphaté moyen	kg P ₂ O ₅	0,57
Engrais potassique moyen	kg K ₂ O	0,45

*Emissions de fabrication des engrains en kgCO_{2e} 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 engrains 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_{2e}/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)², en Suisse présente des données complémentaires rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Type d'engrais	Unité	Emissions en mg de gaz/unité		
		CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Nitrate ammoniaque phosphate	kg N	1,41E+06	21	9420
Nitrate d'ammoniaque 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 ³	2,92E+06	98,8	6960

Emissions de gaz à effet de serre par unité dans l'engrais.

Type d'engrais	Unité	Equivalent CO ₂ en kg/unité		
		CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Nitrate amoniaque phosphate	kg N	0,385	0,007	0,235
Nitrate d'ammoniaque 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 ³	0,796	0,029	0,172

Facteurs d'émission de la production d'engrais par unité 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 GESTIM - 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.

5.3.6.2.3 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 parasiticides. Ils s'attaquent respectivement aux insectes ravageurs, aux champignons, aux « mauvaises herbes » et aux vers parasites⁵⁵².

Comme pour les [engrais](#), les mêmes publications de GESTIM⁵⁵⁰ et de la FAT⁵⁵¹ 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 ₂	N ₂ O	CH ₄
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
Terbutylazine	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 GESTIM dont les valeurs par gaz sont présentées ci-dessous.

Intitulé	Kg CO ₂ / kg de matière active	Kg CH ₄ / kg de matière active	Kg N ₂ 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 ₂	N ₂ O	CH ₄
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
Prochloraze	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 GESTIM dont les valeurs par gaz sont présentées ci-dessous .

Intitulé	Kg CO ₂ / kg de matière active	Kg CH ₄ / kg de matière active	Kg N ₂ O/ kg de matière active
Fongicide moyen	5,537	0,01855	0,00015

FE du fongicide moyen

Insecticides

Le guide GESTIM donne les chiffres suivants pour les deux matières actives étudiées:

Intitulé	Kg CO ₂ / kg de matière active	Kg CH ₄ / kg de matière active	Kg N ₂ 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 _{2e} /kg
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	
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 GESTIM donne les chiffres suivants pour les régulateurs de croissance:

Intitulé	Kg CO ₂ / kg de matière active	Kg CH ₄ / kg de matière active	Kg N ₂ 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 CO₂ par tonne de matière active avec un facteur d'incertitude de 30%.

Sources :

- [550] [guide GESTIM - 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>

5.3.6.2.4 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 ®](#) (www.base-impacts.ademe.fr).

Les hypothèses de calculs seront disponible mi 2015 dans le présent document

5.3.6.2.5 Autres produits chimiques

Description

Cette section propose des données issues du guide "[Comptabilisation des émissions de GES - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole](#)"⁶⁶⁰ de 2011 a répertorié près de 80 facteurs d'émissions en lien avec l'activité viticole, compilant diverses sources de données pertinentes pour le secteur (Cairn environnement, AJYR,...). Retrouvez le tableau détaillé pages 22 et 23.

Ce guide sectoriel de l'ADEME a été co-construit avec de nombreux organismes tels que l'ADEME et DR Aquitaine, Bourgogne, Champagne et Languedoc Roussillon / IFV / Centres techniques et organismes régionaux (BIVB, CIVB, CIVC) / bureaux d'études (Aventerre, Ajyr, Alain Bonhoure Conseil, Cairn Environnement, ECO₂ Initiative, Envylis) / Groupe ICV (Institut coopératif du vin) / SOCOTEC, le Centre Technique Industriel UNGDA.

Sources :

[\[660\] ADEME, Comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole \(Itinéraires n°24\) - juin 2011](#)

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.⁵⁵⁵

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 ® 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 ®](#).

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 _{2e} / kg	70%	70%
Verre flotté plat	1,26 kgCO _{2e} / kg	4%	4%
Verre courbé	2,39 kgCO _{2e} / kg	25%	25%
Verre renforcé (verre monocouche de sécurité-ESG) (épaisseur 1 mm; densité 2.5 kg/m ²)	4,56 kgCO _{2e} / kg	10%	10%
Verre de sécurité laminé; RER	3,42 kgCO _{2e} / kg	25%	25%
Cristal/Verre au plomb; RER	1,90 kgCO _{2e} / kg	Non précisé	0%
Verre à motifs; RER	1,16 kgCO _{2e} / 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 présent dans le module d'information environnementale de l'ATILH édité en juin 2011⁵⁸⁰ (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 I a donc un facteur d'émissions de **866 kgCO₂e / tonne de ciment**.

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/m³ [581](#) soit un taux de ferraillage classique. Cette FDES est disponible sur la base INIES et a été réalisé avec BETie.

Résultat

L'impact CO₂ de cette poutre est de 398 kg de CO₂/m³ soit **159 kgCO₂e / tonne de béton** (on a considéré un poids de 2,5 tonnes/m³).

Béton (C25/30CEM II)

Le facteur d'émission « Béton - (C25/30CEM II) » est historiquement issu d'une proposition de Lafarge. Son ordre de grandeur a été confirmé à partir des données issues du guide sectoriel « Travaux Publics »[582](#), le jugeant pertinent pour une première approche, et permettant de valider le facteur d'émissions.

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/m³](#)
- [\[582\] ADEME - FNTP, Réaliser une analyse environnementale dans les Travaux Publics - guide sectoriel 2015](#)

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[590](#) (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 routes⁵⁶⁰.

La seule publication actuellement disponible en France est une étude réalisée par Colas en septembre 2003⁵⁹⁵, 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 CO₂ 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 _{2e} / 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.

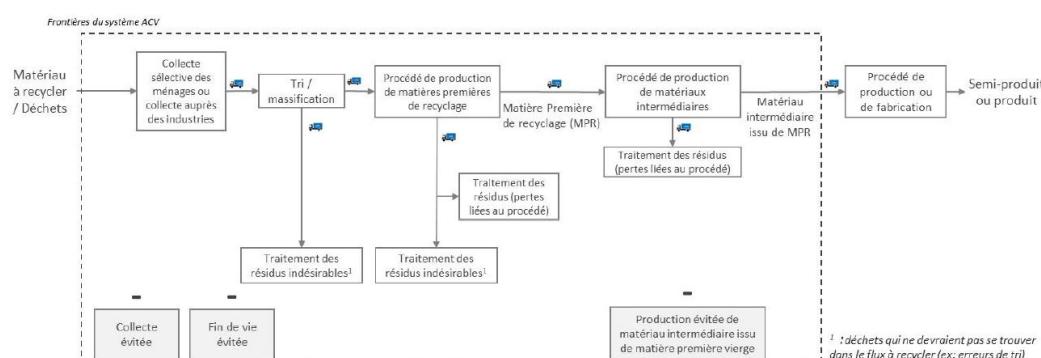
Dans le premier cas de figure, les émissions de CO₂ sont essentiellement engendrées par l'oxydation du carbone (du coke) lors de la réduction du minerai de fer, ainsi que par la combustion du gaz de cokéfaction (qui contient beaucoup de monoxyde de carbone). Dans le deuxième cas de figure, c'est la production de l'électricité utilisée qui compte le plus.

Analyse de Cycle de Vie

La Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage (FEDEREC) a réalisé en 2017 le bilan environnemental du recyclage selon la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) pour les filières de recyclage les plus représentatives du marché français dont notamment les (ferrailles, l'Aluminium, et le Cuivre, papiers, cartons, verre d'emballage, PET, PEhd d'emballage, déchets du bâtiment et les chiffons textiles).

Pour chaque filière sont quantifiées les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication de produits à partir de matière première « vierge » et « renouvelable ». L'unité fonctionnelle utilisée dans l'étude est « Analyse de la collecte, du tri et de la transformation d'une tonne de déchets afin de produire des matériaux intermédiaires issus de MPR en substitution de matériaux intermédiaires issus de ressources vierges ».

Le périmètre de l'étude, commun à toutes les filières, est présenté sur le schéma suivant⁶¹⁰ :



La filière « métaux ferreux » comptabilise les ferrailles apportées par les ménages et assimilés dans les déchèteries ou directement sur les recycleurs de ferrailles, déchets de démolition, déchets industriels, DEEE, VHU et emballages.

In fine, la valeur retenue est de 2211 kg CO_{2e} pour les métaux ferreux issus de matière primaire « vierge » et de 938 kg CO_{2e} pour les métaux ferreux issus de la filière recyclage.

Résultats par tonne collectée	Matière primaire (kWh)	Matière de recyclage (kWh)	Matière primaire (kg eq. CO ₂)	Matière de recyclage (kg eq. CO ₂)
Ferraille/Acier	6 248	3 763	2 211	938

Résultat de l'étude FEDEREC (2017)

L'incertitude sur le facteur d'émission est prise égale à 10%.

Sources :

[\[610\] FEDEREC / Mars 2017 / Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final](#)

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 CF₄) 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.

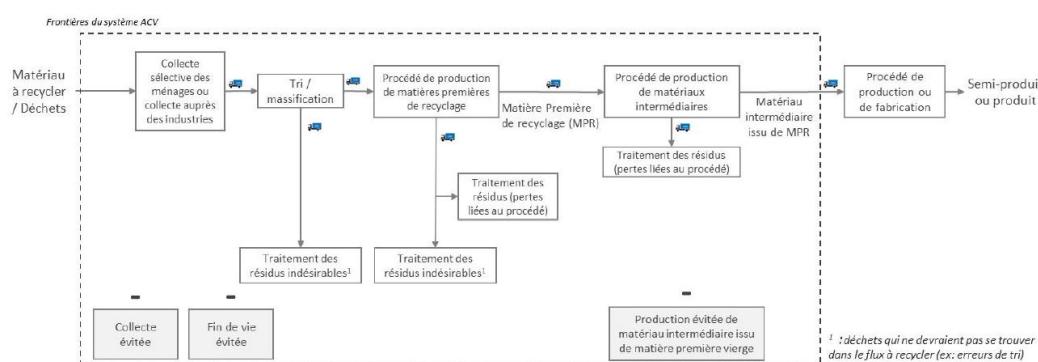
La très importante quantité d'électricité utilisée pour l'électrolyse conduit à une dispersion très forte des résultats selon le pays de production : une publication technique fait ainsi état de valeurs qui vont de 1,7 à 23 tonnes de CO₂ par tonne d'aluminium primaire selon le procédé et la zone de production⁶⁰⁵.

Analyse de Cycle de Vie

La Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage (FEDEREC) a réalisé en 2017 le bilan environnemental du recyclage selon la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) pour les filières de recyclage les plus représentatives du marché français dont notamment les ferrailles, l'Aluminium, et le Cuivre.

Pour chaque filière sont quantifiées les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication de produits à partir de matière première « vierge » et « renouvelable ». L'unité fonctionnelle utilisée dans l'étude est « Analyse de la collecte, du tri et de la transformation d'une tonne de déchets afin de produire des matériaux intermédiaires issus de MPR en substitution de matériaux intermédiaires issus de ressources vierges ».

Le périmètre de l'étude, commun à toutes les filières, est présenté sur le schéma suivant⁶¹⁰ :



La filière « aluminium » comptabilise l'aluminium apportés par les ménages et assimilés dans les déchèteries ou directement sur les recycleurs de ferrailles, déchets de démolition, déchets industriels, DEEE, VHU et emballages aluminium.

In fine , la valeur retenue est de 7803 kg CO₂e pour les métaux ferreux issus de matière primaire « vierge » et de 562 kg CO₂e pour les métaux ferreux issus de la filière recyclage.

Résultats par tonne collectée	Matière primaire (kWh)	Matière de recyclage (kWh)	Matière primaire (kg eq. CO ₂)	Matière de recyclage (kg eq. CO ₂)
Aluminium	43 525	2 656	7 803	562

Résultat de l'étude FEDEREC (2017)

L'incertitude sur le facteur d'émission est prise égale à 30%.

Sources :

[605] Aluminium smelting greenhouse footprint and sustainability, Jeffrey Keniry, Light metals, 2008

[610] FEDEREC / Mars 2017 / Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final

5.3.8.3 Cuivre

Description

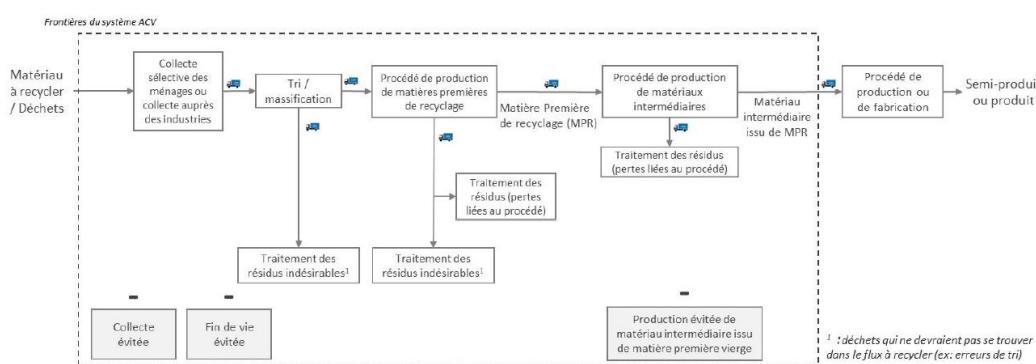
Le cuivre, sous sa forme minérale naturelle, doit passer par une série d'étapes (concentration, fusion, affinage, transformation de la forme) pour pouvoir être utilisé.

Analyse de Cycle de Vie

La Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage (FEDEREC) a réalisé en 2017 le bilan environnemental du recyclage selon la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) pour les filières de recyclage les plus représentatives du marché français dont notamment les ferrailles, l'Aluminium, et le Cuivre.

Pour chaque filière sont quantifiées les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication de produits à partir de matière première « vierge » et « renouvelable ». L'unité fonctionnelle utilisée dans l'étude est « Analyse de la collecte, du tri et de la transformation d'une tonne de déchets afin de produire des matériaux intermédiaires issus de MPR en substitution de matériaux intermédiaires issus de ressources vierges ».

Le périmètre de l'étude, commun à toutes les filières, est présenté sur le schéma suivant⁶¹⁰ :



In fine, la valeur retenue est de 1445 kg CO₂e pour le cuivre issu de matière primaire « vierge » et de 1304 kg CO₂e pour le cuivre issu de la filière recyclage.

Résultats par tonne collectée	Matière primaire (kWh)	Matière de recyclage (kWh)	Matière primaire (kg eq. CO ₂)	Matière de recyclage (kg eq. CO ₂)
Cuivre	7 369	5 695	1 445	1 304

Résultat de l'étude FEDEREC (2017)

L'incertitude sur le facteur d'émission est prise égale à 10%.

Sources :

[\[610\] FEDEREC / Mars 2017 / Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final](#)

5.3.8.4 Autres métaux

Description

Il n'existe pas beaucoup d'analyses de cycle de vie aisément disponibles pour les autres métaux. Une publication australienne⁶⁰⁹ permet d'obtenir les valeurs moyennes suivantes pour divers métaux courants, y compris l'acier, et l'aluminium et le cuivre déjà évalués par ailleurs, mais sur la base d'une électricité entièrement produite au charbon (ce qui correspond à la situation australienne) :

Métal	kgCO _{2e} / 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)⁶¹⁰, 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_{2e} d'émissions de gaz à effet de serre*, et en supposant que chaque kWh d'électricité utilisé engendre des émissions de 0,352 kgCO_{2e} (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 CO₂ 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 ₂ combustibles en tCO _{2e} /tonne	Consommation d'électricité en tep/tonne	Emissions CO ₂ électricité en tCO _{2e} /tonne	Emissions CO ₂ totales en tCO _{2e} /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
27.4M	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

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 _{2e} /tonne
Plomb	1,21
Zinc	2,49
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 MIES⁶⁰⁹ fournit un chiffre pour le cuivre, qui est de 1025 kgCO_{2e} / tonne. Ce même mémento donne également 1600 kgCO_{2e} / tonne d'acier, et 6600 kgCO_{2e} / 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%
Nickel	4,29	11,4	16,1	34%

Récapitulatif des facteurs d'émissions (tCO₂e/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 ₂ e / kg de métal)	Incertitude retenue
Plomb	2,09	30%
Zinc	2,93	20%
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 kgCO₂e / 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 électriques hors électroménager (moteurs, alternateurs, transformateurs...)
- L'informatique et équipements électroniques (photocopieurs, imprimantes, serveurs...)
- L'électroménager

5.3.9.1 Machines industrielles

Valeurs

Pour les machines (et les lignes de production), une valeur par défaut est proposée : elle correspond au facteur d'émission de la fabrication des véhicules, soit 5.5 tCO₂e / tonne de machine.

Cette estimation tient compte de tous les gaz à effet de serre retenus.

Il s'agit d'une approximation grossière qui donne un ordre de grandeur. A noter que, pour une entreprise utilisant des machines industrielles dans ses lignes de production, les émissions carbone liées à l'énergie utilisée pour la fabrication seront souvent prépondérantes par rapport à celles de la fabrication de la machine industrielle utilisée et amortie sur plusieurs années.

5.3.9.2 Équipements électriques (hors électroménager)

Description

La Base Carbone® propose des valeurs pour différents 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
- Autres matériels électriques
- Equipements de bricolage et jardinage

Les appareils électroménager sont présents dans la catégorie « Machine et équipement à Electroménager »

Sources

Les facteurs d'émissions retenus ici sont tirés de la [Base IMPACT ®](#). pour les moteurs, piles cables électriques et autres matériels électriques.

Les facteurs d'émissions des équipements Bricolage et jardinage (perceuse, scie sauteuse, tondeuse à gazon) sont issus de l'étude ADEME de décembre 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »⁶⁴¹

Valeurs

Aimants, piles, câbles

Nom	Périmètre	Valeur
Aimant; NdFeB	Monde	33,1 kgCO _{2e} / kg
Aimant; AlNiCo	Monde	25,8 kgCO _{2e} / kg
Pile AA; alcaline (Zn/MnO ₂ ; 23g)	Asie	0,136 kgCO _{2e} / unité
Pile AAA; alcaline (Zn/MnO ₂ ; 12g)	Asie	0,065 kgCO _{2e} / unité
Câble électrique interne; signal; conducteur cuivre; isolation PE	Monde	0,027 kgCO _{2e} / m
Câble électrique externe; alimentation principale; conducteur cuivre; isolation PE et gaine PVC	Monde	0,382 kgCO _{2e} / m
Câble électrique interne; alimentation; conducteur cuivre; isolation PE	Monde	0,096 kgCO _{2e} / 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.

Equipements de bricolage et jardinage

L'étude ADEME de décembre 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement » propose des impacts carbone sur le cycle de vie d'équipements⁶⁴¹ :

	Durée de vie	Matières Premières	Approvisionnement	Mise En forme	Assemblage	Distribution	Utilisation	Fin De Vie	TOTAL	Impact (cradle-to-gate)
Perceuse-visseuse (sans fil)	9	1,67	0,04	0,12	0,51	0,27	0,36	-0,04	2,93	2,34
Scie sauteuse 720 W	9	2,03	0,08	0,30	0,54	0,57	0,36	-0,36	3,52	2,95
Tondeuse thermique 190 cm ³	10	13,72	0,64	0,97	-0,09	5,39	63,18	-4,91	78,89	1,24
Robot tondeuse (Lithium Ion 3.2 Ah)	10	7,86	0,22	0,95	0,87	0,98	12,24	-1,48	21,65	0,90
Tondeuse électrique 1200 W	10	4,41	0,21	0,43	0,87	1,02	0,42	-0,67	6,70	0,92

Extrait de l'étude 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »

Les valeurs retenues dans la Base Carbone® correspondent à un périmètre « cradle to gate » élargi qui comptabilise les émissions liées à :

- L'extraction des matières premières
- L'approvisionnement

- La mise en forme
- L'assemblage
- La distribution

De même, ne sont comptabilisées que les émissions de CO₂ d'origine fossile. Le carbone d'origine biogénique mobilisé (liés l'utilisation de carton d'emballage par exemple) est, lorsque c'est le cas, affiché dans les détails du facteur d'émission présentés dans la Base Carbone® sans être comptabilisé dans le facteur d'émission global. Plus de détails dans le [§ 5.3.9.4 Electroménager](#).

Autres matériels électriques

Différents facteurs d'émissions, historiquement au statut discussion depuis leur proposition par des tiers, ont été récemment validés par le COGO dans la Base Carbone® en l'absence de données plus récentes. Ces données permettent de donner un ordre de grandeur.

Ainsi, vous trouverez les facteurs d'émission:

- "Groupe électrogène" et "Tableau électrique" FE issus du "[Guide secteur des technologies numériques, information et communication](#)" (source : ECOINVENT / Profil environnemental d'un produit Schneider Electric (donnée constructeur))
- "Moteur électrique" et "Variateur électrique" proposés par Carbone 4

Sources :

[\[641\] ADEME. J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.](#)

5.3.9.3 Informatique et équipement de bureau

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.

Une approche détaillée par composant (ex: circuits imprimés) ou assemblée par unité produite (imprimante, écran, etc.) est proposée.

5.3.9.3.1 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®](#).

Les données sont représentatives de la production en Asie : elles couvrent les besoins pour la consommation française.

Valeurs

Type d'assemblage de circuits imprimés	Valeur	Unité
contrôleurs LCD et cartes mères TV connectées	866	kgCO _{2e} / m ²
carte mère TV basique	444	kgCO _{2e} / m ²
alimentation électrique	352	kgCO _{2e} / m ²

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.

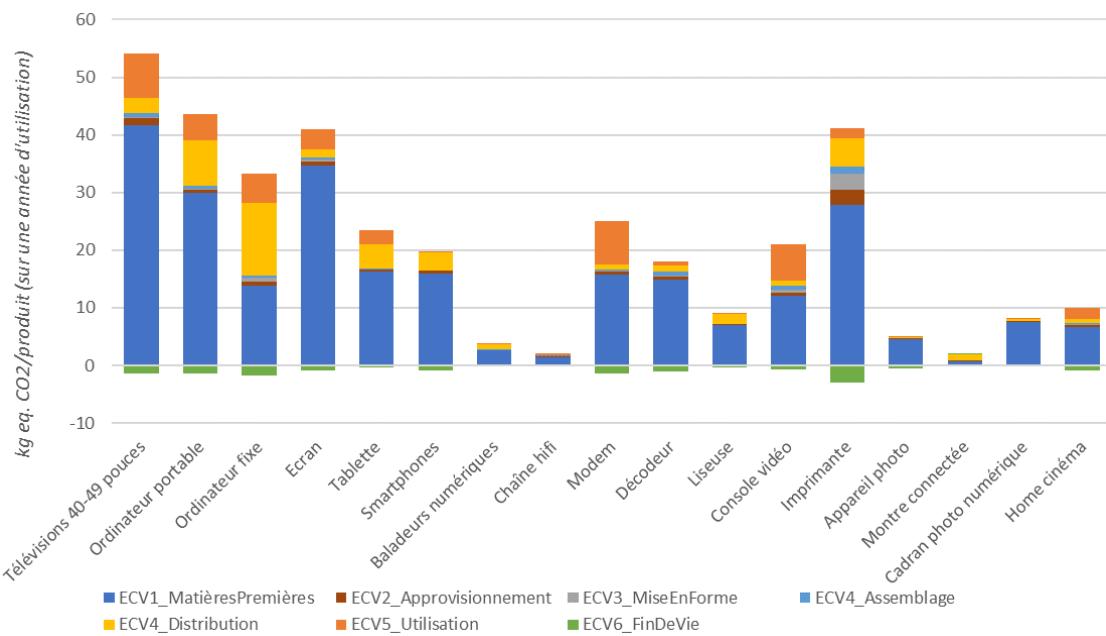
5.3.9.3.2 Ordinateurs et équipements périphériques

Description

L'étude ADEME de 2018 « Modélisation et évaluation ACV des produits de consommation et biens d'équipement » a évalué, selon les recommandations ILCD 2011, l'impact carbone de différents équipements informatiques, audio et vidéo :

Catégorie de produit	Segmentation	SuperB OM (kg / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / an)	Changement climatique cradle-to-gate (kg CO2-eq. / produit)
EEE à forte composante électronique					
Télévision	30-40 pouces	11	371	46	320
	40-49 pouces	11	422	53	350
	>49 pouces	15	568	71	466
Ordinateur portable	Ordinateur portable	2	169	42	124
Ordinateur fixe	Bureautique	6	189	32	94
	Haute performance	11	394	66	169
Ecran	21,5 pouces	5	236	36	211
	23,8 pouces	6	265	40	239
Tablette	Classique (9 à 11 pouces)	0,8	70	23	50
	Mini (<9 pouces)	0,5	48	16	31
	Détachables (10 à 13 pouces)	1,3	86	29	63
Smartphone	Classique (feature phone)	0,2	16	8	14
	Moins de 4,5 pouces	0,3	27	14	24
	5 pouces	0,3	32	16	27
	Plus de 5,5 pouces	0,3	38	19	33
Baladeur numérique	Non tactile	0,04	2	1	1.1
	Tactile	0,08	7	3	6
Chaîne HiFi	Stéréo classique	12	136	27	98
	Enceinte active Bluetooth	0,3	9	2	8
Modem	DSL haut débit	2	83	24	58
	Fibre haut débit	2	115	35	78
Décodeur	Décodeur	2	59	17	57
Liseuse	Non rétro-éclairée	0,3	37	7	29
	Rétro-éclairée	0,3	44	9	36
Console vidéo	De salon	3	102	20	69
	Portable	0,3	31	6	22
Imprimante	Jet d'encre	8	106	21	Documentation Base Carbone 73
	Laser	17	191	38	19.0.0 - vendredi 4 décembre 2020 172
	Multi fonction jet d'encre	6	95	19	76

Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]



Détail des émissions carbone des biens « à forte composante électronique » - Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]

L'étude ADEME de décembre 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »[641](#) est venu compléter l'évaluation environnementale d'équipements supplémentaires à forte composante électronique : écran publicitaire numérique, vidéoprojecteur, enceinte à commande vocale type GAFA

	Durée de vie	Matières Premières	Approvisionnement	Mise en forme	Assemblage	Distribution	Utilisation	Fin de vie	TOTAL	Total (cradle-to-gate)
Vidéo-projecteur	8	15,86	0,09	0,17	1,21	0,77	10,67	-0,28	28,48	17,32
Enceinte à commande vocale	5	2,44	0,06	0,07	0,42	3,11	0,90	-0,02	6,97	2,99
Ecran publicitaire 2m ²	10	119,85	4,74	2,15	0,71	4,44	163,55	-49,78	245,67	127,46
Ecran publicitaire 2m ² (sans casing)	10	99,42	3,26	1,72	0,71	3,02	163,55	-38,11	233,59	105,12

Extrait de l'étude 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »

Le détail complet de l'analyse est disponible (hypothèses, périmètres, etc.) dans le [rapport complet de l'étude 2018 et 2019](#)

Les conclusions de l'étude, montrent que, sur l'ensemble du cycle de vie :

- L'indicateur d'impact potentiel sur le changement climatique est dominé par la phase d'extraction et de production des matières premières et des composants. En effet, les composants électroniques nécessitent pour leur fabrication une grande quantité d'énergie et de matériaux rares dont l'extraction est complexe et génératrice d'impacts. Ainsi, les éléments les plus contributeurs de la phase ECV1 sont les cartes électroniques, comprenant les composants, et les écrans LCD, batteries et autres composants.
- Les transports ainsi que la phase d'utilisation (constituée principalement de la consommation d'électricité des produits) ont un impact non négligeable, voire dans de rare cas majoritaire du fait de transport par avion.

Les résultats retenus dans la Base Carbone® correspondent à un **périmètre** « cradle to gate » **élargi** qui comptabilise les émissions liées à :

- L'extraction des matières premières
- L'approvisionnement
- La mise en forme
- L'assemblage
- La distribution

Afin de compléter cette catégorie, d'autres facteurs d'émissions, issus de la **Base Impact** (2014) et estimés sont proposés dans la Base Carbone® :

■ **Serveurs**

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. 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 $5 \times 513 = 2\,565 \text{ kgCO}_2\text{e}$.

■ **Matériel de reprographie**

Considérant que le matériel de reprographie n'est rien d'autre que du matériel informatique particulier, il ressort qu'un photocopieur a un facteur d'émission moyen de 2 935 kgCO₂e.

* Ces calculs ont été effectués sur la base des coûts moyens comparés par un service achat de grande banque

■ Autres équipements (données historiques)

Les facteurs d'émissions d'équipements complémentaires sont proposés : Racks (baies ou cabinets), Serveurs informatiques, Switch routeur firewall, Vidéo projecteur, Baies de disques.

Ils proviennent du "[Guide secteur des technologies numériques, information et communication](#)"⁶⁵⁰ de 2011, élaboré dans le cadre des travaux sectoriels de l'ADEME. Ont participé différents organismes tels que le Service Climat et Service Bâtiment de l'ADEME, CIGREF, Zen'to, GreenIT.fr, Orange, La Poste, INRIA, CNRS (EcoInfo), Demtech, CLER, Atrium Data, Meta IT, HP, SagemCom, Evea Conseil, et l'APCC.

Ces données sont en l'occurrence issus de différentes sources : Bilan produit 2008, évaluation ACV à partir de données multiples, EcoInvent, ACV constructeur, etc.

Sources :

- [\[640\] ADEME, J.Lhotellier, E.Less, E.Bossanne, S.Pesnel. Mars 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipements – Rapport. 188 pages.](#)
- [\[641\] ADEME, J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.](#)
- [\[650\] ADEME, Technologies numériques, information et communication \(TNIC\). Réalisation d'un Bilan des émissions de gaz à effet de serre - Guide sectoriel 2012](#)

5.3.9.4 Electroménager

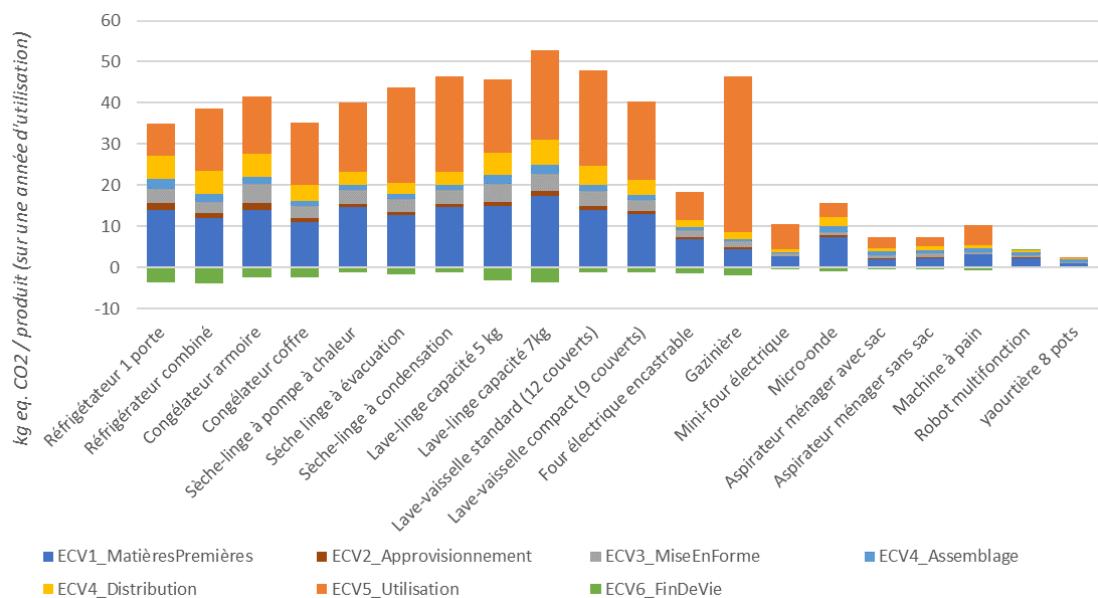
L'étude ADEME de 2018 « Modélisation et évaluation ACV des produits de consommation et biens d'équipement » a évalué, selon les recommandations ILCD 2011, l'impact carbone de différents biens électroménagers :

Catégorie de produit	Segmentation	Super BOM (kg / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / an)	Changement climatique cradle-to-gate (kg CO2-eq. / produit)
EEE à faible composante électronique					
Four	Four électrique encastrable (54 litres)	34	319	17	187
	Four d'une cuisinière à gaz (63 litres)	35	846	45	132

Catégorie de produit	Segmentation	Super BOM (kg / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / an)	Changement climatique cradle-to-gate (kg CO2-eq. / produit)
	Minifour électrique (33 litres)	13	190	10	71
	Four professionnel vapeur combi électrique	155	12 676	667	734
Lave-vaisselle	Lave-vaisselle compact (9 couverts)	44	431	39	193
	Lave-vaisselle standard (12 couverts)	53	513	47	220
	Lave-vaisselle (lave-batterie) professionnel à capot	136	6 365	530	824
Lave-linge	Lave-linge à chargement par le haut (capacité 5 kg)	68	468	43	248
	Lave-linge à chargement frontal (capacité 7 kg)	79	539	49	275
Sèche-linge	Sèche-linge à évacuation (capacité 6 kg)	38	545	42	232
	Sèche-linge à condensation (capacité 6 kg)	43	588	45	260
	Sèche-linge à pompe à chaleur (capacité 8 kg)	43	506	39	260
Réfrigérateur	Réfrigérateur 1 porte (volume utile : 250 litres)	54	343	31	237
	Réfrigérateur combiné (215 litres / 79litres)	56	382	35	196
	Réfrigérateur minibar (volume utile 33 litres)	16	159	13	69
Congélateur	Congélateur coffre (261 litres)	52	492	33	243
	Congélateur armoire (205 litres)	71	587	39	332
Micro-ondes	Four à micro-ondes (mono-fonction)	13	118	15	79
Aspirateur	Aspirateur domestique à traineaux sans sac	7.2	69	6.9	43
	Aspirateur domestique à traineaux avec sac	6.1	67	6.7	39
	Aspirateurs professionnel à traineaux	12	234	23	67
Robot multifonction	Robot pâtissier	4.4	43	4.3	36
Machine à pain	Machine à pain (pains 500 g à 1 kg)	6.4	96	10	46

Catégorie de produit	Segmentation	Super BOM (kg / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / an)	Changement climatique cradle-to-grate (kg CO2-eq. / produit)
Yaourtière	Yaourtière 8 pots	2.5	23	2.3	19

Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]



Détail des émissions carbone des biens « électroménager » - Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]

L'étude ADEME de décembre 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »[641](#) est venu compléter l'évaluation environnementale d'équipements supplémentaires :

- Equipements à faible composante électronique (électroménager) : machine à café, hotte de cuisine, bouilloire électrique, plaque de cuisson, appareil à raclette
- Équipement technique de la maison : radiateur et chauff-eau électrique, climatiseur mobile,

	Durée de vie	Matières Premières	Approvisionnement	Mise En Forme	Assemblyage	Distribution	Utilisation	Fin De Vie	TO TA L	Total (crad le-to-gate)
Machine à café - filtre	5	3,35	0,10	0,29	1,78	0,78	27,18	5,98	39,46	5,52
Machine à café - dosette	5	1,69	0,08	0,26	1,76	0,61	35,16	10,55	50,11	3,79
Machine à café - expresso	5	5,41	0,19	0,64	1,76	1,42	28,05	4,78	42,26	8,01
Bouilloire	6	0,65	0,04	0,10	0,64	0,19	5,27	- 0,11	6,79	1,43
Hotte décorative à extraction	10	4,20	0,18	0,30	0,80	0,53	6,47	- 0,92	11,56	5,48
Hotte visière à recyclage d'air	10	1,65	0,11	0,16	0,80	0,35	5,10	- 0,63	7,54	2,72
Plaques de cuisson à induction 9000W	10	6,39	0,22	0,28	0,75	1,27	18,22	- 1,75	25,37	7,63
Plaques de cuisson vitrocéramiques 9000W	10	4,52	0,16	0,08	0,77	0,96	21,87	- 0,79	27,56	5,53
Plaques de cuisson au gaz 9000W	10	2,94	0,15	0,09	0,57	0,53	90,10	- 1,40	92,98	3,75
Appareil à raclettes 6-8p	11	0,91	0,04	0,06	0,34	0,16	0,36	- 0,35	1,51	1,35
Radiateur électrique 1000 W à inertie	16	4,26	0,17	0,09	0,50	0,82	97,96	- 2,79	101,00	5,01
Radiateur électrique 1000 W à rayonnement	16	1,40	0,06	0,06	0,51	0,29	97,96	- 0,73	99,56	2,04
Ballon électrique chauffe-eau 200L	17	6,57	0,33	0,40	0,51	1,51	237,89	- 2,45	244,77	7,81

Extrait de l'étude 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »

Le détail complet de l'analyse est disponible (hypothèses, périmètres, etc.) dans le [rapport complet de l'étude](#) et [2019](#)

Les conclusions de l'étude, montrent que, sur l'ensemble du cycle de vie :

- Pour les **appareils domestiques**, les deux phases de cycle de vie les plus contributrices sont la phase d'utilisation (entre 23% et 63% hors gazinière à 85% et robot multifonction et yaourtière < 15%) et la phase de production des matières premières (25% à 50% hors gazinière à 10%).
- La contribution élevée de la phase d'utilisation pour la gazinière, par comparaison avec les autres appareils fonctionnant à l'électricité, montre qu'elle dépend du type d'énergie utilisé. En France, le mix électrique étant peu carboné par rapport aux autres pays

européens, la phase d'utilisation y est donc moins contributrice qu'en moyenne en Europe.

- Pour les **appareils professionnels**, hors réfrigérateur mini-bar qui présente le même profil que les appareils domestiques, c'est la phase d'utilisation qui est la phase dominante sur les résultats (de 70% à 93%). Ceci s'explique par l'intensité d'utilisation de ces appareils qui est beaucoup plus grande que les appareils domestiques.
- De manière générale, les procédés contributeurs sont :
 - Le mix électrique en phase d'utilisation,
 - La production des métaux et notamment de l'acier,
 - La production des plastiques (PS, PU, PP, ABS),
 - Le transport en camion pour l'approvisionnement en matières premières et pour la distribution du produit fini,
 - Le recyclage de l'acier (impacts négatifs en raison de la production évitée de matière vierge grâce au recyclage).
- La contribution du circuit imprimé est élevée (8 à 10%) pour les sèche-linge qui ont le plus fort taux de composants électroniques dans la composition des appareils modélisés.
- Pour les **petits appareils** (machine à pain, robot et yaourtière), on remarque que la phase d'assemblage a une importance relative plus élevée que celle des appareils plus volumineux.

Les résultats retenus dans la Base Carbone® correspondent à un **périmètre « cradle to gate » étargi** qui comptabilise les émissions liées à :

- L'extraction des matières premières
- L'approvisionnement
- La mise en forme
- L'assemblage
- La distribution

De même, ne sont comptabilisées que les émissions de CO₂ d'origine fossile. Les éventuels puits carbone (liés à l'immobilisation de carbone d'origine biogénique issu du bois par exemple) sont, lorsque c'est le cas, affichés dans les détails du facteur d'émission présentés dans la Base Carbone® mais ne sont pas comptabilisés dans le facteur d'émission global.

Sources :

[640] ADEME. J.Lhotellier, E.Less, E.Bossanne, S.Pesnel. Mars 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipements – Rapport. 188 pages.

[641] ADEME. J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.

5.3.1 Véhicules automobiles et autres matériels 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 (voitures - camions)

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	
Camionnettes	< 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

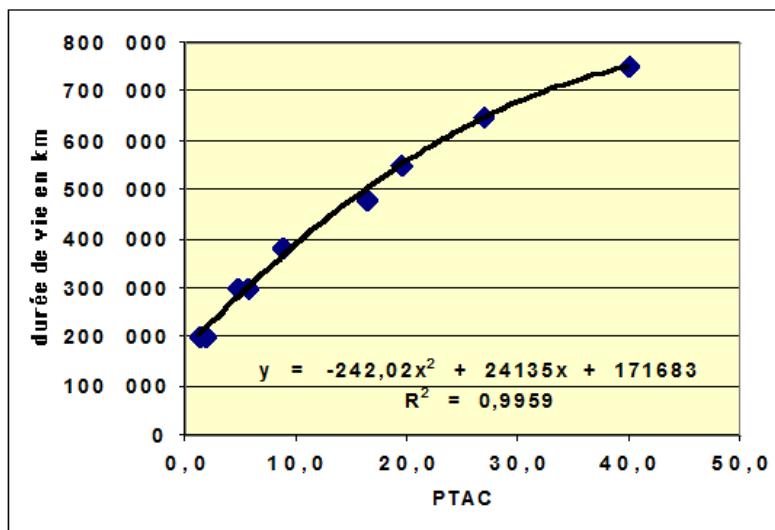
Caractéristiques PTAC

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_{2e} / tonne de camion. Cela étant, l'aluminium (9,5 tCO_{2e} / 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_{2e} / 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 tCO2e	Fabrication gCO2e/km
PTAC 3,5 tonnes	3,5 t	1,3 t	300 000 km	2,2 t	12,1 tCO2e	40,3 gCO2e/km
PTAC 3,5 tonnes	3,5 t	1,3 t	300 000 km	2,2 t	12,1 tCO2e	40,3 gCO2e/km
Porteur PTAC 19 tonnes	19,0 t	10,0 t	550 000 km	9,0 t	49,5 tCO2e	90,0 gCO2e/km
Ensemble articulé 40 tonnes frigorifique	40,0 t	22,0 t	750 000 km	18,0 t	99,0 tCO2e	132,0 gCO2e/km
Porteur PTAC 19 tonnes frigorifique	19,0 t	8,5 t	550 000 km	10,5 t	57,8 tCO2e	105,0 gCO2e/km
Porteur 7,5 t	7,5 t	3,0 t	380 000 km	4,5 t	24,8 tCO2e	65,1 gCO2e/km
Porteur 12 t	12,0 t	6,0 t	480 000 km	6,0 t	33,0 tCO2e	68,8 gCO2e/km
Ensemble articulé 26 tonnes	26,0 t	12,0 t	750 000 km	14,0 t	77,0 tCO2e	102,7 gCO2e/km
Ensemble articulé 35 tonnes	35,0 t	15,0 t	750 000 km	20,0 t	110,0 tCO2e	146,7 gCO2e/km
Ensemble articulé 40 tonnes	40,0 t	25,0 t	750 000 km	15,0 t	82,5 tCO2e	110,0 gCO2e/km
Fourgon 8 m3	3,5 t	8,0 t	250 000 km	2,2 t	12,1 tCO2e	48,4 gCO2e/km
Porteur 45 m3	19,0 t	45,0 t	550 000 km	10,5 t	57,8 tCO2e	105,0 gCO2e/km
Ensemble articulé 90 m3	40,0 t	90,0 t	750 000 km	15,0 t	82,5 tCO2e	110,0 gCO2e/km

Facteurs d'émission de la fabrication des véhicules en fonction de leur classe de PTAC et correspondance OEEET 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 CO₂e à 8,25 tCO₂e / 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).

Fabrication de véhicules (2 roues)

Les facteurs d'émissions des véhicules « 2 roues » sont issus de l'étude ADEME de décembre 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »[641](#)

	Durée de vie	Matières Premières	Approvisionnement	Mise EnForme	Assemblage	Distribution	Utilisation	Fin De Vie	TOTAL	TOC (%)
Trottinette électrique	4	17,67	0,41	0,53	1,22	3,10	2,00	-4,75	20,18	19,82
Hoverboard	4	16,60	0,40	0,52	2,48	3,01	0,15	-2,84	20,23	20,00
Vélo à assistance électrique	12	17,78	2,39	0,41	0,24	0,99	5,57	-4,04	23,32	20,81

Extrait de l'étude 2019 « Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement »

Les valeurs retenues dans la Base Carbone® correspondent à un périmètre « cradle to gate » élargi qui comptabilise les émissions liées à :

- L'extraction des matières premières
- L'approvisionnement
- La mise en forme
- L'assemblage
- La distribution

De même, ne sont comptabilisées que les émissions de CO₂ d'origine fossile. Le carbone d'origine biogénique mobilisé (liés l'utilisation de carton d'emballage par exemple) est, lorsque

c'est le cas, affiché dans les détails du facteur d'émission présentés dans la Base Carbone® sans être comptabilisé dans le facteur d'émission global. Plus de détails dans le § 5.3.9.4 [Electroménager](#).

Sources :

[\[641\] ADEME. J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.](#)

5.3.1 Mobilier

1

Description

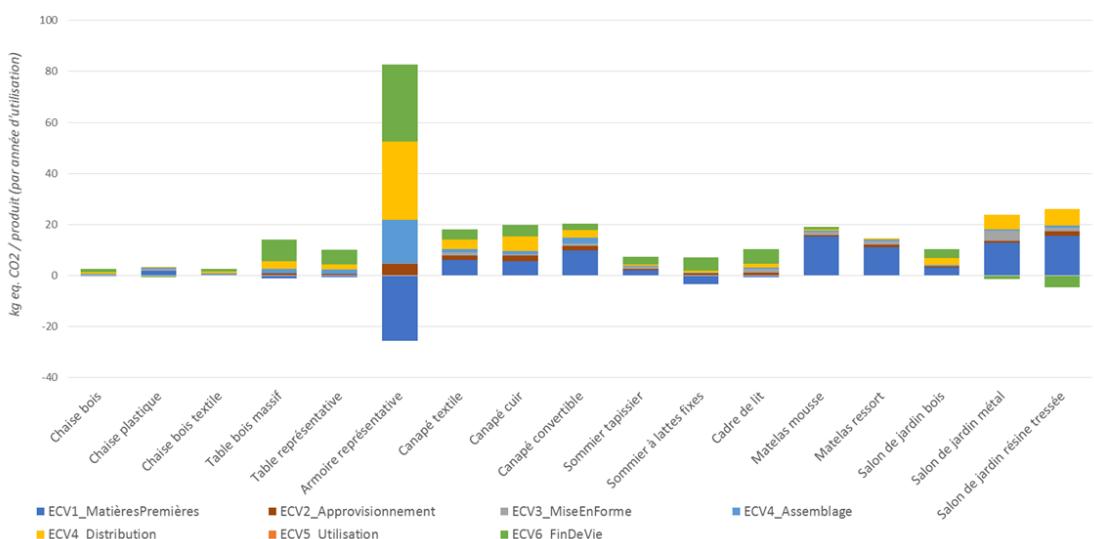
Cette section se focalise sur les équipements mobiliers tels que les :

- Chaise
- Table
- Canapé
- Armoire
- Lit
- Matelas

L'étude ADEME de 2018 « Modélisation et évaluation ACV des produits de consommation et biens d'équipement » a évalué, selon les recommandations ILCD 2011, l'impact carbone de différents types de mobilier :

Catégorie de produit	Segmentation	Super BOM (kg / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / an)	Changement climatique cradle-to-gate (kg CO2-eq. / produit)
Mobiliers					
Chaise	Chaise en bois	9.6	25.2	2.52	4.9
	Chaise en plastique	5.7	28	2.8	30
	Chaise mix (structure bois et revêtement textile)	9.3	12	1.2	7.8
Table	Table en bois 4 places	50	130	13	15
	Table représentative 4 places	34	96	9.6	18
Armoire	Armoire représentative	307	858	57.2	-53
Canapé	Canapé textile	43	180	18	104
	Canapé cuir	69	200	20	96
	Canapé convertible (type clic-clac, BZ)	38	204	20	149
Sommier	Sommier tapissier	26	110	7.36	58.3
	Sommiers à lattes fixes	39	69	4.6	-35
	Cadre de lit	55	147	9.8	39
Matelas	Matelas mousse	34	286	19	262
	Matelas ressort	28	219	15	210
Salon de jardin	Salon de jardin en bois	25	103	10	41
	Salon de jardin en métal	43	224	22	181
	Salon de jardin en résine tressée	47	215	22	196

Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]



Détail des émissions carbone des biens « mobilier » - Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]

Le détail complet de l'analyse est disponible (hypothèses, périmètres, etc.) dans le [rapport complet de l'étude](#).

Les conclusions de l'étude, montrent que, sur l'ensemble du cycle de vie :

- Pour les produits d'ameublement, les trois phases de cycle de vie les plus contributrices sont la phase d'assemblage/distribution, la phase de production des matières premières et la phase de fin de vie. Néanmoins les tendances peuvent être très contrastées d'un produit à l'autre.
- Plus le produit est mono-matériau bois issu de la gestion durable des forêts, plus la contribution relative de la production des matières premières est faible, voire négative si l'on intègre le carbone d'origine biogénique stocké durablement.
- Selon le type de mobilier, la contribution relative des phases de cycle de vie varie :
 - Produits à majorité bois principalement issu de gestion durable : les phases de cycle de vie les plus contributrices sont la fin de vie (40% à 133%) et la distribution (7 à 50%) selon que le produit est fabriqué en France ou à l'import.
 - Produits sans bois (matelas, chaises et salon plastique et métal) : la principale étape contributrice est la mise à disposition des matières premières (entre 60% et 80%).
 - Produits mixte bois et autres matériaux (canapés) : la principale étape contributrice est la mise à disposition des matières premières (entre 30% et 50%), la fin de vie (entre 20% et 30%) et la distribution (entre 10 et 20%).
 - Produits bois issu de gestion non durable : Les phases de cycle de vie les plus contributrices sont la production des matières premières (30%), la distribution depuis l'Asie (30%) et la fin de vie (30%).

Les résultats retenus dans la Base Carbone® correspondent à un **périmètre** « cradle to gate » **élargi** qui comptabilise les émissions liées à :

- L'extraction des matières premières
- L'approvisionnement
- La mise en forme
- L'assemblage
- La distribution

De même, ne sont comptabilisées que les émissions de CO₂ d'origine fossile. Les éventuels puits carbone (liés à l'immobilisation de carbone d'origine biogénique issu du bois par exemple) sont, lorsque c'est le cas, affichés dans les détails du facteur d'émission

présentés dans la Base Carbone® mais ne sont pas comptabilisés dans le facteur d'émission global.

Sources :

[640] ADEME. J.Lhotellier, E.Less, E.Bossanne, S.Pesnel. Mars 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipements – Rapport. 188 pages.

5.3.1 Textile 2

Description

La Base Carbone® propose des valeurs pour différents types de textiles :

- Cuir
- Coton
- Synthétique
- Autre

5.3.12.1 Cuir

Les seules 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®](#).

Valeurs

Nom	Périmètre	Valeur
Finition post-tannage du cuir	Asie	2,62 kgCO _{2e} / kg
Peinture pour cuir (laques PU)	Asie	1,94 kgCO _{2e} / kg
Peinture pour cuir (laques PU)	Europe	1,67 kgCO _{2e} / kg
Tannage du cuir	Asie	1,04 kgCO _{2e} / kg
poncage du cuir	Asie	0,106 kgCO _{2e} / kg
poncage du cuir	Europe	0,0584 kgCO _{2e} / kg

Facteurs d'émission des différents procédés de traitement du cuir

Source : Base IMPACT - PRG AR4

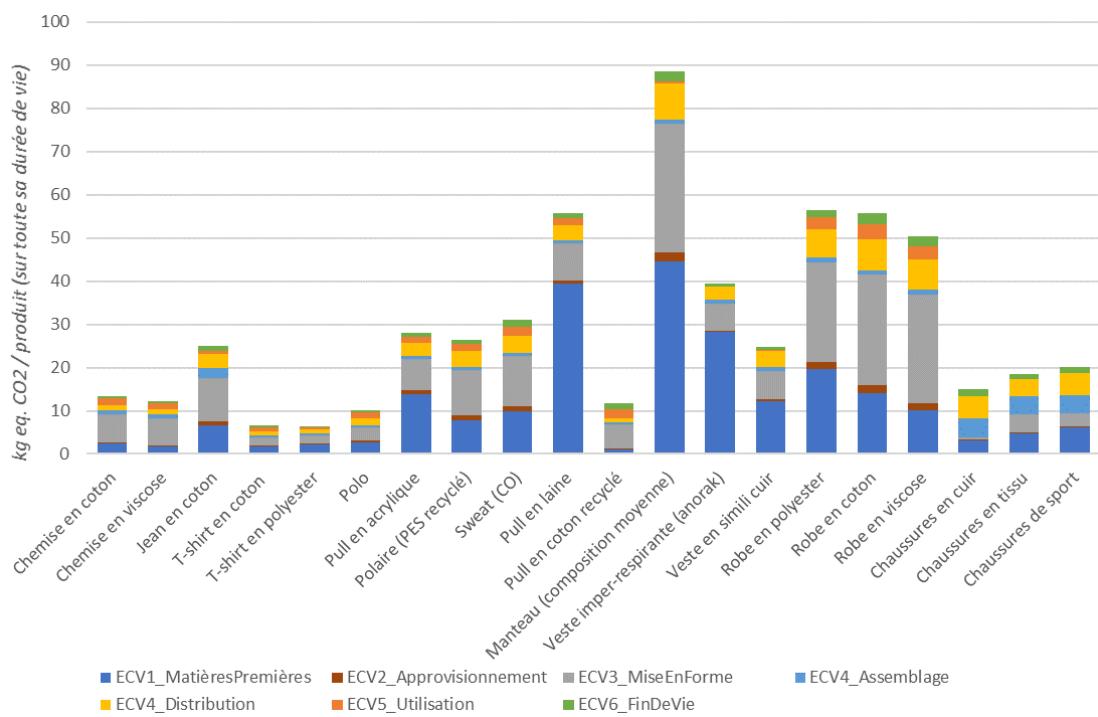
Les PRG utilisés dans la Base Carbone® sont ceux de l'AR5 contrairement à ceux présentés dans cette partie de la documentation qui reste à actualiser. Ainsi, en cas de différence, ce sont bien les valeurs de l'application informatique qu'il convient d'utiliser.

5.3.12.2 Coton, synthétique, autre

L'étude ADEME de 2018 « Modélisation et évaluation ACV des produits de consommation et biens d'équipement » a évalué, selon les recommandations ILCD 2011, l'impact carbone de différents types de textiles, habillement et chaussures:

Catégorie de produit	Segmentation	SuperB OM (kg / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / produit)	Changement climatique cradle-to-grave (kg CO2-eq. / an)	Changement climatique cradle-to-gate (kg CO2-eq. / produit)
Textiles, habillement et chaussures					
Chemise	Chemise coton	0.3	13	13	10
	Chemise viscose	0.3	12	12	9
Jean	Jean coton	0.8	25	25	20
T-shirt	T-shirt coton à usage quotidien	0.2	7	7	4
	Polo	0.3	10	10	7
	T-shirt polyester à usage sportif	0.2	6	6	5
Pull	Pull acrylique	0.7	28	28	23
	Polaire en polyester recyclé	1.0	26	26	20
	Sweat en coton	1.1	31	31	23
	Pull en laine	0.8	56	56	49
	Pull en coton recyclé	0.9	12	12	7
Manteau	Manteau (composition moyenne)	1.9	89	89	77
	Veste imper-respirante (anorak)	0.5	39	39	36
	Veste simili cuir	0.7	25	25	20
Robe	Robe en polyester	1.5	56	56	45
	Robe en coton	1.6	56	56	43
	Robe en viscose	1.6	51	51	38
Chaussures	Chaussures cuir	0.9	15	15	8
	Chaussures tissu	0.7	19	19	13
	Chaussures de sport	0.9	20	20	14

Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]



Détail des émissions carbone des textiles, habillement et chaussures - Extrait de l'étude ACV ADEME sur les produits de consommation et bien d'équipement [640]

Le détail complet de l'analyse est disponible (hypothèses, périmètres, etc.) dans le [rapport complet de l'étude](#).

Les conclusions de l'étude, montrent que, sur l'ensemble du cycle de vie :

- Pour les **articles d'habillement**, les deux phases de cycle de vie les plus contributrices sont la phase de production des matières premières (variation entre 8% pour le pull en coton recyclé et 72% pour l'anorak ; 35% en moyenne) et l'étape de mise en forme (variation entre 15 et 51% ; 36% en moyenne).

Remarque : la phase d'utilisation est évaluée en attribuant 100% des impacts des consommables à l'article d'habillement. Ainsi le scénario de référence est : aucun lavage (pour couvrir aussi bien le lavage machine que le nettoyage à sec), aucun séchage (étape non obligatoire) et aucun repassage (étape non obligatoire).

De manière générale, les procédés contributeurs pour les articles d'habillement sont :

- La production de la matière première textile
- L'électricité consommée pendant la mise en forme. La contribution est fonction des pays de production. Par exemple : la production d'électricité en Inde a plus d'impact qu'en Chine ou au Bangladesh de par le mix électrique utilisé (respectivement 1,60 kg CO₂ eq, 1,00 kg CO₂ eq et 0,78 kg CO₂ eq pour la production d'1 kWh d'électricité en Inde, en Chine et au Bangladesh).
- La vapeur consommée pendant la mise en forme (étapes d'ennoblissement)

- Le transport aérien (il intervient lors de la mise en forme ou lors de la distribution)
 - Le transport par camion (il intervient lors de l'approvisionnement, de la mise en forme ou lors de la distribution)
 - L'utilisation (électricité et/ou détergent) ressort pour les produits comportant 30 ou 50 cycles d'entretien
- Pour les **chaussures**, trois phases du cycle de vie ressortent : la production des matières premières (26% en moyenne), l'assemblage (25% en moyenne) et la distribution (27% en moyenne).

De manière générale, les procédés contributeurs pour les chaussures sont :

- L'électricité consommée pour l'assemblage
- Le transport aérien (étape de distribution)
- La production des matières premières (textiles, plastiques). Pour rappel, dans le cas des chaussures en cuir, la partie élevage ne porte pas d'impact du fait d'une allocation viande/cuir/lait n'imputant rien au cuir dans le référentiel AFNOR. Ainsi la production du cuir n'apparaît pas dans les procédés pertinents.
- L'électricité consommée pendant la mise en forme
- Le transport maritime (distribution)

Les résultats retenus dans la Base Carbone® correspondent à un **périmètre** « cradle to gate » **élargi** qui comptabilise les émissions liées à :

- L'extraction des matières premières
- L'approvisionnement
- La mise en forme
- L'assemblage
- La distribution

Sources :

[\[640\] ADEME. J.Lhotellier, E.Less, E.Bossanne, S.Pesnel. Mars 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipements – Rapport. 188 pages.](#)

5.3.1 Autres produits manufacturés

3

Enter topic text here.

5.3.13.1 Consommables de bureaux

Description

Les facteurs d'émissions « consommables de bureaux » proposés dans la Base Carbone® sont issus de différentes sources.

- Les facteurs d'émissions ramenés à une unité physique de poids ou à un nombre de feuilles (ex : cartouches, encre) sont issus d'une compilation de données réalisée pour l'élaboration du "Guide secteur des technologies numériques, information et communication" de 2011 [650](#). Ce guide de l'ADEME a vu la participation de différents organismes tels que le Service Climat et Service Bâtiment de l'ADEME, CIGREF, Zen'to, GreenIT.fr, Orange, La Poste, INRIA, CNRS (EcoInfo), Demtech, CLER, Atrium Data, Meta IT, HP, SagemCom, Evea Conseil, et l'APCC.
- Les facteurs d'émissions ramenées à une unité monétaire (consommables bureautiques, petites fournitures) proviennent des [ratio monétaires](#)

Sources :

[\[650\] ADEME, Technologies numériques, information et communication \(TNIC\). Réalisation d'un Bilan des émissions de gaz à effet de serre - Guide sectoriel 2012](#)

5.3.13.2 Usage viticulture

Description

Cette section se focalise sur les intrants et consommables utilisés par l'activité viticole tels que :

- Intrants viticulture
- Produits oenologiques
- Autres intrants de vinification
- Produits d'hygiène
- Conditionnement / habillage du vin
- Bouchage / surbouchage

■ Emballage

Le guide "[Comptabilisation des émissions de GES - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole](#)"⁶⁶⁰ de 2011 a répertorié près de 80 facteurs d'émissions en lien avec l'activité viticole, compilant diverses sources de données pertinentes pour le secteur (Cairn environnement, AJYR,...). Retrouvez le tableau détaillé pages 22 et 23.

Ce guide sectoriel de l'ADEME a été co-construit avec de nombreux organismes tels que l'ADEME et DR Aquitaine, Bourgogne, Champagne et Languedoc Roussillon / IFV / Centres techniques et organismes régionaux (BIVB, CIVB, CIVC) / bureaux d'études (Aventerre, Ajyr, Alain Bonhure Conseil, Cairn Environnement, ECO₂ Initiative, Envylis) / Groupe ICV (Institut coopératif du vin) / SOCOTEC, le Centre Technique Industriel UNGDA.

Sources :

[\[660\] ADEME, Comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole \(Itinéraires n°24\) - juin 2011](#)

5.3.1 Eau, traitement et distribution d'eau 4

Enter topic text here.

5.3.14.1 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) 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, ENTD 2008), 1 ETP = 210 J travaillés	5
	24	Eaux usées	Non applicable	0
RATIO TOTAL				132

Emissions par type de source et par m³ (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.

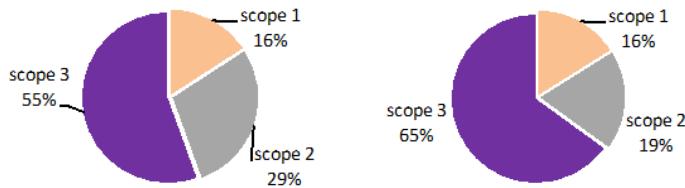
Les numéros de postes d'émission et les descriptions des types de sources peuvent être retrouvés dans l'annexe 1 du guide sectoriel « Quantification des Émissions de Gaz à effet de serre des Services d'Eau et d'Assainissement ».

Scope	Nº 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

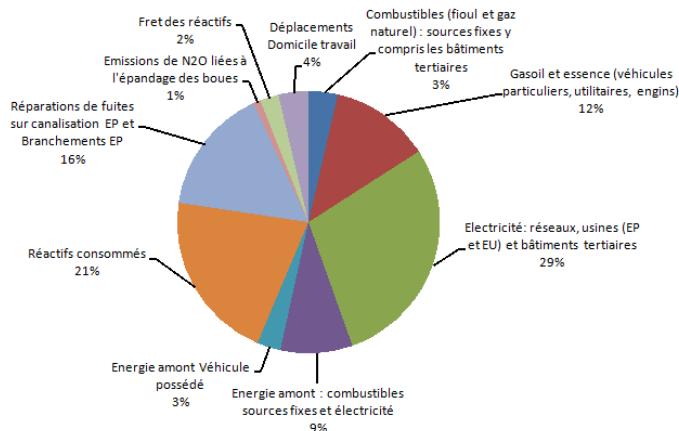
Emissions par type de source (pour le traitement des eaux usées) - PRG AR4

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).

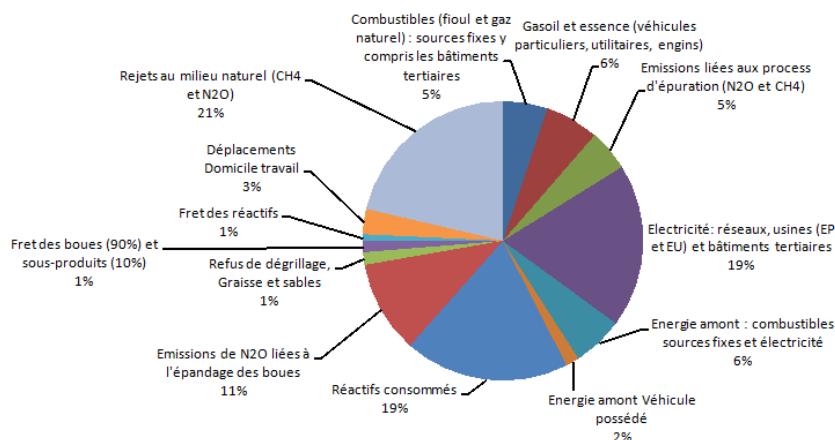
Enfin, conformément au guide sectoriel ASTEE-ADEME, les émissions de GES liées au traitement des boues hors épandage et les émissions de CO₂ biogéniques non quantifiées dans le guide sectoriel ne sont pas prises en compte dans le facteur d'émission pour les eaux usées.



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

5

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

5.3.15.1 Batiments

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 CEREMA⁵⁹¹.

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_HQEPerf_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-dessus, 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	Vale ur	Unité	Remarque
Maisons individuelles	425	kgCO _{2e} / m ² Shon	50% des valeurs sont comprises entre 300 et 500 kgCO _{2e} / m ² Shon
Immeubles de logements collectifs	525	kgCO _{2e} / m ² Shon	50% des valeurs sont comprises entre 425 et 600 kgCO _{2e} / m ² Shon
Bâtiments de bureaux	650	kgCO _{2e} / m ² Shon	50% des valeurs sont comprises entre 550 et 800 kgCO _{2e} / m ² 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 CO₂ fossile.

Une étude a été réalisée par le CNRS (programme ECODEV) en 1998⁵⁹² 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 ² 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 m² des bâtiments construits (tableau ci-dessous).

Type de bâtiment	m ² totaux	m ² métalliques	m ² béton	kep/m ² métal	kep/m ² 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 CO₂ 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_{2e} / 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 _{2e} /tep pour le solde	t CO _{2e} énergie	t CO _{2e} non énergie	total t CO _{2e}
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_{2e} (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_{2e} / tep utilisée dans le bâtiment.

On peut alors assez facilement obtenir des facteurs d'émission par m² à partir des données ci-dessus, en affectant aux "contenus en énergie" du tableau 1 le facteur d'émission de 2,71 tCO_{2e} / tep utilisée dans le bâtiment

Type de bâtiment	kg équivalent CO2 par m ²	
	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 m² 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 vie1.

Dans la Base Carbone ®, seules deux approches ont été conservées : l'approche par les m² 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 m² 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^{[590](#)}. 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 oeuvre 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 extrait de cette base de données et sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Matériaux / Produits	Unités	FE (kgCO ₂ e / unité)
Mur en maçonnerie de blocs en béton	m ²	18,37
Poutrelle en béton précontraint	mL	3,37
Carreaux de plâtre	1 m ² de paroi	16,39
Bardage acier simple peau	1 m ² de paroi	8,51
Tuile béton	1 m ² de toiture	10,49
Complexe de doublage d'isol. Therm	1 m ² de paroi	6,01
Revêtement de sol PVC homogène	1 m ² de sol	6,6
Canalisations PVC	1 mL	2,57
Panneau de plafond suspendu	1 m ²	4,29
Monomur terre cuite	1 m ²	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](#)

5.3.15.2 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 œuvre, 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 Colas⁵⁹⁵ est celle du LCPC*-SETRA**. 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 m² 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 m² 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 _{2e} / m ² selon la structure		
	Béton armé	Semi-rigide	Bitume
TC1	85	40	15
TC2	87	45	20
TC3	92	45	25
TC4	100	54	28
TC5	105	57	32
TC6	115	60	37
TC7	125	65	40

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 _{2e} / m de glissière
TC5	88
TC6	280
TC7	280

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](#)

5.3.1 Hydrogène

6

Description globale

L'hydrogène est un vecteur énergétique obtenu à partir d'une source énergétique « primaire » (ex : gaz naturel) ou « secondaire » (ex : électricité) selon les procédés. On distingue l'hydrogène volontairement produit par un procédé et l'hydrogène coproduit, résultant d'un procédé non dédié à sa production. Les facteurs d'émissions proposés sont exclusivement issus de procédés de production volontaire, étant les plus sujet à évolution selon la demande.

Le procédé de production le plus répandu actuellement est le reformage de gaz naturel, mais des données sont également proposées pour le reformage de biométhane et l'électrolyse de l'eau, technologies appelées à se développer dans le cadre de la transition énergétique.

Méthodologie

Les facteurs d'émission proposés sont issus de l'étude « [Analyse du Cycle de Vie relative à la mobilité hydrogène](#) » - produite en 2020 par l'ADEME, Sphera et Gingko21.

Le périmètre concerne la production d'hydrogène, de l'extraction des ressources nécessaires à sa production (et des infrastructures nécessaires ainsi que leur fin de vie), jusqu'à sa mise à disposition pour le carburant en station.

/!\ Point de vigilance : les données proposées ne prennent pas en compte le transport de l'hydrogène entre son lieu de production et son lieu de distribution. Dans le cas où ceux-ci ne sont pas confondus, l'impact transport doit être ajouté en fonction de la distance entre les deux sites, donné en kgCO₂/kgH₂/100km.

	Mix énergétique utilisé pour la production
Electricité	Réseau FR : Donnée prévisionnelle 2023 issue de la « Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 /2024-2028 » du Ministère de la Transition Ecologique
	Réseau EU : Donnée prévisionnelle 2023 issue de l'AIE
	Source EnR : Rapport « Un mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisations », ADEME, 2015
Gaz naturel	Base GaBi, mix moyen Français
Biométhane	Base Carbone®, mix moyen Français

L'ACV ayant chiffré des facteurs d'émission très proches pour la technologie d'électrolyse alcaline et PEM (Proton Exchange Membrane), la valeur présentée est une moyenne des deux technologies.

Carburant en station

L'unité de valeur pour le carburant en station est **un kg d'hydrogène distribué à 700 bars en station**. Compte tenu du faible impact de la compression dans le bilan et de l'incertitude des données, les valeurs présentées peuvent également être utilisées pour de l'hydrogène distribué à 350 bars.

Les facteurs d'émission pour l'hydrogène distribué en station sont proposés par type de procédé. Pour information, en 2020, le procédé majoritaire reste le vaporeformage de gaz naturel. Il est donc à prendre par défaut en l'absence d'information.

Procédé	Production (kgCO ₂ /kgH ₂)	Compression et station (kgCO ₂ /kgH ₂)	Total (kgCO ₂ /kgH ₂)
Vaporeformage de gaz naturel (SMR)	11,81	0,34	12,15
Vaporeformage de biométhane (SMR biométhane)	2,25	0,34	2,59
Electrolyse réseau France	2,86	0,35	3,21
Electrolyse réseau Europe	20,92	2,36	23,28
Electrolyse EnR	1,61	0,21	1,82

L'impact du transport routier d'hydrogène à 200 bars, la norme actuelle, est de 1,12 kgCO₂/kgH₂/100km. Au vu de l'incertitude de la donnée due à la maturité de la technologie, le facteur d'émission d'un transport d'hydrogène à 500 bars n'est pas disponible dans la Base Carbone®. Cependant, à titre d'information, l'ACV 2020 a estimé que ce type de transport abaisserait l'impact à environ 0,35 kgCO₂/kgH₂/100km.

Production d'hydrogène

L'unité de valeur retenue pour l'hydrogène en tant que vecteur énergétique est un kg d'hydrogène en sortie d'unité de production, respectant la norme de pureté ISO 14687:2019. Ce périmètre est compatible avec la traçabilité de l'hydrogène définie par le décret correspondant.

Les facteurs d'émission pour la production d'hydrogène sont proposés par type de procédé :

Procédé	Production (kgCO ₂ /kgH ₂)
Vaporeformage de gaz naturel (SMR)	11,81
Vaporeformage de biométhane (SMR biométhane)	2,25
Electrolyse réseau France	2,86
Electrolyse réseau Europe	20,92
Electrolyse EnR	1,61

L'impact d'une compression à 200 bars utilisant le réseau Français est de 0,1 kgCO₂/kgH₂.

L'impact du transport routier d'hydrogène à 200 bars, la norme actuelle, est de 1,12 kgCO₂/kgH₂/100km. Au vu de l'incertitude de la donnée due à la maturité de la technologie, le facteur d'émission d'un transport d'hydrogène à 500 bars n'est pas disponible dans la Base Carbone®. Cependant, à titre d'information, l'ACV 2020 a estimé que ce type de transport abaisserait l'impact à environ 0,35 kgCO₂/kgH₂/100km.

Sources :

[170] ADEME, Sphera et Gingko21. "Analyse du Cycle de Vie relative à la mobilité hydrogène" (2020)

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 [chapitre ratio monétaire](#))
- 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_{2e}.

On arrive au fait que 150 000 € de postes et télécoms correspond à l'émission de 16,1 tCO_{2e}, soit environ 0,110 kgCO_{2e} / 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 Ratio monétaires

Description

Un facteur d'émissions monétaire permet d'estimer en ordre de grandeur le contenu carbone d'un produit ou service acheté à partir de son prix. Il est fourni en **kgCO_{2e}/k€ HT**.

Les facteurs d'émissions monétaires proposés dans la Base Carbone peuvent être utilisés :

- Dans le bilan GES organisation pour estimer l'empreinte carbone de la catégorie d'émissions : « achat de biens et services » (ce point est détaillé ci-après)
- Dans le bilan GES de collectivités territoriales pour les catégories d'émissions : « marchés publics » et « subventions »
- Pour estimer l'empreinte carbone d'un citoyen

Les facteurs d'émissions proposés dans la Base Carbone sont basés sur la classification CPA des produits de l'Union Européenne. Ils recouvrent donc de façon exhaustive tous les produits (biens et services) qui sont achetés par les entreprises, les collectivités ou les ménages.

Les facteurs d'émissions monétaires sont en général moins précis que des facteurs d'émissions physiques. Toutefois, ils permettent d'estimer facilement les émissions associées à tous les achats d'une entreprise. Pour certains types d'achats (énergie, matières premières, etc.), il est recommandé de calculer les émissions avec des facteurs d'émissions physiques (facteurs d'émissions par tonne, par kWh, etc.). Pour les achats pour lesquels un calcul à partir de données physiques n'est pas possible, il est recommandé de calculer les émissions avec des facteurs d'émissions monétaires (achats de services, de composants semi-finis, etc.)..

Une note méthodologique détaillée sur le calcul et l'usage des facteurs d'émissions monétaires est proposée ci-dessous.

Évolution des valeurs des FE monétaires

Les 36 nouveaux facteurs d'émissions monétaires créés à travers cette étude viennent remplacer les deux anciens facteurs d'émissions monétaires couramment utilisés : « service faiblement matériel » (36,7 kgCO_{2e}/k€) et « service fortement matériel » (110 kgCO_{2e}/k€).

Ces anciens facteurs monétaires étaient basés sur un calcul d'ordre de grandeur très grossier qui sous-estimait les émissions de ce poste. Ces facteurs d'émissions n'étaient destinés qu'à estimer les émissions des achats de services hors transport.

Les nouveaux facteurs d'émissions sont en revanche basés sur une méthodologie différente, plus rigoureuse, exhaustive et plus fine. Ces nouveaux facteurs d'émissions vont de 100 à 2300 kgCO_{2e}/k€ suivant le type d'achat (biens et services). Pour les services, hors transport, ils vont de 100 à 390 kgCO_{2e}/k€.

Estimer l'empreinte carbone des achats des organisations avec des FE monétaires

Les étapes à suivre pour réaliser cette analyse sont détaillées ci-dessous :

Etape 1 : Obtenir le suivi des montants dépensés

Le **plan comptable général (PCG)** est une réglementation de normalisation comptable en France, édicté par l'Autorité des normes comptables (anciennement Conseil National de la Comptabilité). Le PCG définit les **règles comptables applicables aux entreprises domiciliées en France**, ainsi que la présentation de leurs comptes financiers, bilans, comptes de résultats, rapports et annexes.

Au sein du PCG, les comptes de classe 6 sont les **comptes de charges des entreprises**. Parmi les charges des entreprises, on retrouve leurs achats de biens et services (sauf les immobilisations qui sont enregistrées dans les comptes de classe 2 et pour lesquels l'approche par les facteurs d'émissions monétaires n'est pas adaptée).

Le suivi des comptes de comptables de classe 6 peut être obtenu auprès du service comptabilité de l'organisation. Afin de pouvoir réaliser l'analyse, il faut demander le détail du suivi des achats sur l'année considérée (du 01/01/xx au 31/12/xx), au niveau le plus fin de classification existant (y compris les sous-catégories de classification des achats). Classiquement, il faut demander le niveau de détail à 5 chiffres.

En fonction des systèmes de suivi, cette extraction devrait faire quelques centaines de lignes sur Excel.

L'extraction doit être demandée en euros HT. Dans le cas où les euros HT ne sont pas suivis dans le système des achats, il faut choisir une règle de retraitement simple : la majorité des achats qui seront pris en compte dans le calcul (cf. ci-dessous) sont soumis à une TVA de 20% (*valeur valable début 2016, à mettre à jour en cas d'évolution de la fiscalité*).

Remarque : A défaut d'une extraction des comptes de classe 6, une base de données de suivi des achats peut également être utilisée. Néanmoins, cette base devra être retraitée pour

distinguer les achats immobilisés (correspondant à des amortissements) des achats non immobilisés par l'entreprise.

Etape 2 : Retirer les dépenses non pertinentes et celles déjà comptabilisées ailleurs dans le bilan carbone

Certaines lignes des comptes de classe 6 ne concernent pas directement les achats de biens et services. Ces lignes ne doivent pas être considérés dans le Bilan GES d'une organisation. Il s'agit notamment :

- Des impôts, taxes et versements assimilés (63.)
- Des charges de personnel (64.)
- Les charges financières (66.)
- Les dotations aux amortissements et provisions (68.)
- Certaines autres charges

Ensuite, pour éviter les doubles-comptes, il ne faut pas comptabiliser les achats détaillés ci-dessous dans le poste « Achats de biens et services » du Bilan GES d'une organisation, car les émissions associées sont déjà comptabilisées à partir de données physiques :

- **Dépenses d'énergie** : Déjà comptabilisées dans le poste « Energie » à partir des consommations en kWh
- **Loyers bâtiments** : Déjà comptabilisés dans le poste « Immobilisations »
- **Loyers de location du matériel informatique** : Déjà comptabilisés dans le poste « Immobilisations »
- **Frais de voyage et déplacements, achats de carburant** : Déjà comptabilisés dans le poste « Déplacements professionnels »
- **Indemnités de transport** : Déjà comptabilisées dans le poste « Déplacements professionnels »
- **Frais de gestion des déchets** : les tonnages de déchets sont directement comptabilisés dans le poste « Déchets »
- **Autres achats déjà comptabilisés via des facteurs d'émissions physiques** : Matières premières, etc.

Etape 3 : Classer les dépenses restantes selon la nomenclature des facteurs d'émissions monétaires

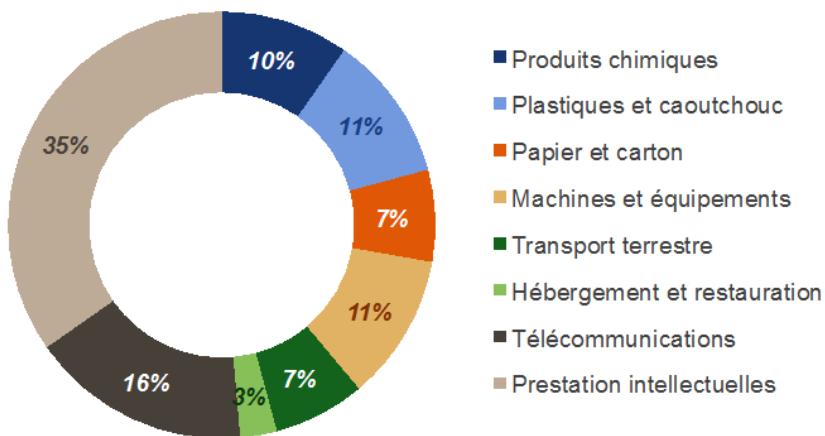
Suite à ce travail sur le périmètre des achats, il est nécessaire de classer les achats restants selon différentes catégories pour lesquels on possède des facteurs d'émissions monétaires. Ces catégories représentent l'ensemble des produits (biens et services) achetables par les entreprises.

Il ne reste alors qu'à multiplier les montants achetés dans chaque catégorie au facteur d'émissions monétaire de la catégorie.

Exemple de traitement des comptes de classe 6

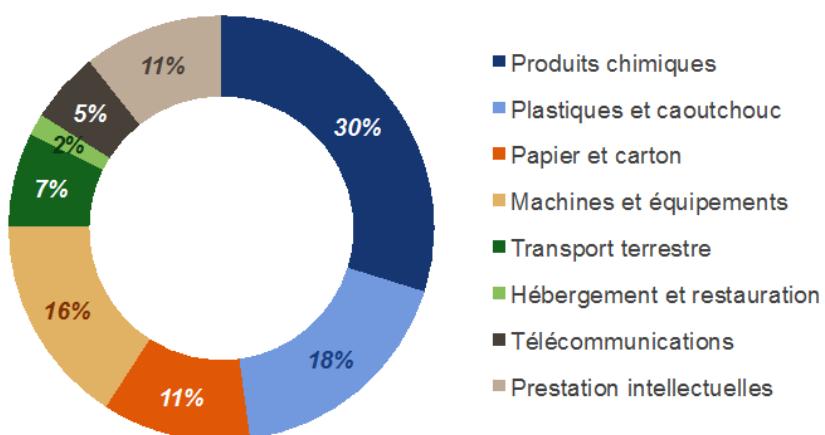
L'exemple ci-dessous illustre la méthode de traitement des comptes de classe 6 : les deux graphiques illustrent, pour une entreprise fictive, la répartition de ses dépenses par type et la répartition des émissions de gaz à effet de serre associées.

Répartition des dépenses d'achats (en € HT)



Exemple d'analyse des émissions associées aux achats de biens et services : répartition des dépenses selon les comptes de classe 6

Répartition des émissions des achats (en kgCO2e)



Exemple d'analyse des émissions associées aux achats de biens et services : répartition des émissions de GES

La méthode de calcul

La méthodologie utilisée pour calculer les facteurs d'émissions monétaires des produits achetés par les entreprises repose sur :

- Les comptes des émissions directes de gaz à effet de serre pour les activités économiques : l'inventaire national des émissions de GES réparti en 62 secteurs
- Les comptes macro-économiques : les **tableaux entrées-sorties (TES)** symétriques de la comptabilité nationale.

Dans la suite, le terme générique facteur d'émissions des produits est remplacé par le terme « intensité carbone des produits ». Une intensité carbone désigne ici un facteur d'émission monétaire.

De façon simplifiée, le calcul de l'intensité carbone des produits achetés en France suit le principe suivant :

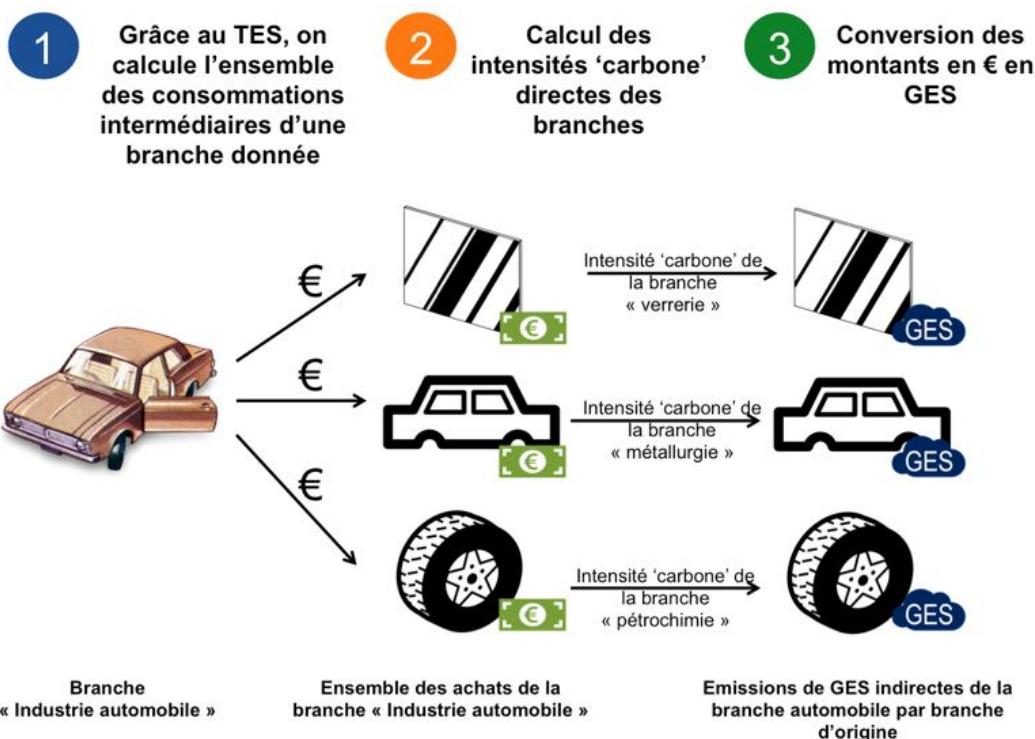


Illustration simplifiée des étapes pour le calcul des facteurs d'émissions monétaires

1. Les tableaux entrées-sorties fournissent pour une branche de l'économie nationale l'ensemble des achats auprès des autres branches de l'économie (produits en France ou à l'étranger). Par exemple, on connaît les montants dépensés sur une année par la branche « industrie automobile » auprès de la branche « métallurgie » (achat des carrosseries, etc.) de la branche « industries pétrochimiques » (achat des équipements en plastiques, des roues, etc.), et de la branche « industrie minérales » (achat des vitres, etc).

2. Eurostats fournit les émissions annuelles directes de gaz à effet de serre de chaque branche de l'économie nationale, ainsi que son chiffre d'affaires. On peut ainsi calculer l'intensité carbone directe de chaque branche de l'économie (émissions directes divisées par le chiffre d'affaires de la branche). Par exemple, si la branche « métallurgie » émet 100 tCO₂e et a un chiffre d'affaire de 1000 k€, son intensité carbone directe sera alors de 0,1 tCO₂e/k€.

On notera toutefois que l'intensité carbone directe d'une branche de l'économie est différente de l'intensité carbone des produits de ce secteur. En effet, l'intensité carbone d'un produit d'un

secteur d'activité inclut l'ensemble des émissions de GES qui ont eu lieu lors de la production de ce produit, sur l'ensemble des étapes de la chaîne de valeur (en France et à l'étranger). L'intensité carbone d'un produit permet ainsi de convertir des montants d'achat en émissions de gaz à effet de serre, en prenant bien en compte les émissions de l'ensemble des fournisseurs (fournisseur de rang 1 au fournisseur de rang n) impliqués dans la production du produit (de l'extraction de minerais à l'assemblage du produit fini).

3. Le passage de l'intensité carbone directe d'un secteur d'activité à l'intensité carbone des produits de ce secteur s'effectue à l'aide de calculs matriciels basés les tableaux entrées-sorties de l'économie nationale. Ces calculs sont détaillés en annexe de ce rapport.

Périmètre des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions monétaires sont des facteurs d'émissions « **du puits à la porte de l'usine** ». Ces facteurs d'émissions incluent toutes les émissions associées à la fabrication des produits : émissions grises des divers composants nécessaires à sa fabrication, transport amont, énergie nécessaire à l'assemblage des composants, etc.

En réalisant l'analogie avec la méthodologie des bilans GES, voici les postes d'émissions inclus dans les facteurs d'émissions monétaires (du point de vue de l'entreprise qui vend le produit) :

	Poste	Dans le périmètre ?
Scope 1	Combustion énergie fossile	Oui
Scope 2	Emissions non énergétiques	Oui
Scope 3	Electricité et réseaux de chaleur / froid	Oui
	Amont de l'énergie	Oui
	Matériaux entrants	Oui
	Fret amont	Oui
	Fret aval	Partiellement
	Déplacements domicile-travail	Non
	Déplacements professionnels	Oui
	Déplacements des visiteurs	Non
	Immobilisations (investissements)	Oui
	Utilisation des produits vendus	Non
	Fin de vie des produits vendus	Non

Postes inclus dans le calcul d'un facteur d'émissions monétaire

Le fret aval est partiellement inclus dans le périmètre : seul le fret directement payé (et donc apparaissant dans les charges) par l'entreprise qui vend le produit sera pris en compte.

Les facteurs d'émissions monétaires

Les facteurs d'émissions à utiliser pour estimer les émissions associées aux achats de biens et services des organisations sont les suivants :

Catégorie d'achat	Valeur	Unité
Assurance, services bancaires, conseil et honoraires	110	kgCO _{2e} / k€ HT
Courrier	130	kgCO _{2e} / k€ HT
Télécommunications	170	kgCO _{2e} / k€ HT
Hébergement et restauration	320	kgCO _{2e} / k€ HT
Services (imprimerie, publicité, architecture et ingénierie, maintenance multi-technique des bâtiments, gardiennage, nettoyage, sécurité, agence de voyage, autres services aux entreprises)	170	kgCO _{2e} / k€ HT
Édition (livres, journaux, revues, etc.)	280	kgCO _{2e} / k€ HT
Réparation et installation de machines et d'équipements	390	kgCO _{2e} / k€ HT
Transport terrestre	560	kgCO _{2e} / k€ HT
Transport fluvial et maritime	590	kgCO _{2e} / k€ HT
Transport aérien	1190	kgCO _{2e} / k€ HT
Entreposage et services auxiliaires des transports	170	kgCO _{2e} / k€ HT
Construction	360	kgCO _{2e} / k€ HT
Produits agricoles et de la mer	2300	kgCO _{2e} / k€ HT
Produit agro-alimentaires transformés	1000	kgCO _{2e} / k€ HT
Produit minéraux (ciment, verre, etc.)	1800	kgCO _{2e} / k€ HT
Plastiques et caoutchouc	800	kgCO _{2e} / k€ HT
Papier et carton	900	kgCO _{2e} / k€ HT
Bois et article en bois	500	kgCO _{2e} / k€ HT
Textile et habillement	600	kgCO _{2e} / k€ HT
Meubles et autres biens manufacturés	500	kgCO _{2e} / k€ HT
Produits chimiques	1600	kgCO _{2e} / k€ HT
Produits pharmaceutiques	500	kgCO _{2e} / k€ HT
Métaux (aluminium, cuivre, acier, etc.)	1700	kgCO _{2e} / k€ HT
Produits métalliques, sauf machines et équipements	600	kgCO _{2e} / k€ HT
Machines et équipements	700	kgCO _{2e} / k€ HT
Produits informatiques, électroniques et optiques	400	kgCO _{2e} / k€ HT
Matériel de transport	700	kgCO _{2e} / k€ HT
Administration publiques et défense, sécurité sociale obligatoire	160	kgCO _{2e} / k€ HT
Enseignement	120	kgCO _{2e} / k€ HT
Recherche et développement	250	kgCO _{2e} / k€ HT
Activités pour la santé humaine	120	kgCO _{2e} / k€ HT
Action sociale	100	kgCO _{2e} / k€ HT
Activités créatives, artistiques et de spectacle; Bibliothèques, archives, musées et autres activités culturelles; Organisation de jeux de hasard et d'argent	210	kgCO _{2e} / k€ HT
Activités sportives, récréatives et de loisirs	270	kgCO _{2e} / k€ HT
Activités des organisations associatives	220	kgCO _{2e} / k€ HT

Incertitude des facteurs d'émissions monétaires

Les facteurs d'émissions monétaires ont intrinsèquement une incertitude élevée. Cette incertitude est plus ou moins importante suivant la catégorie d'achats considérée. Il n'existe pas de méthode rigoureuse pour déterminer l'incertitude de ces facteurs d'émissions monétaires.

L'incertitude augmente :

- Dans les secteurs dont les produits sont très hétérogènes (ex : la chimie)
- Lorsque les dépenses considérées ne concernent qu'un seul produit (ex : achat d'ammoniac)

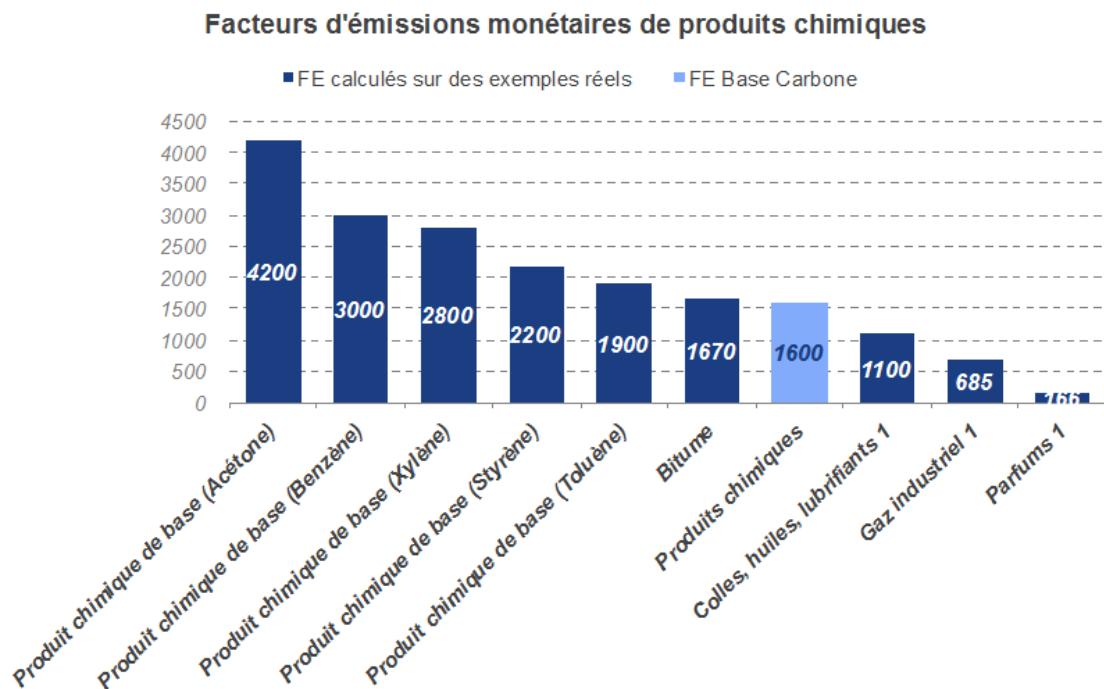
L'incertitude diminue :

- Dans les secteurs dont les produits sont relativement homogènes, par exemple « l'activité de poste et courrier » ou « l'industrie du papier et du carton » et dans les activités tertiaires
- Lorsque l'on considère un portefeuille de produits achetés (ex : les dépenses des ménages en produits ménagers)

A titre illustratif, voici l'intensité carbone de différents produits de l'industrie chimique en $\text{kgCO}_{2\text{e}}/\text{k}\text{\texteuro HT}$. Dans ce cas, la dispersion entre les valeurs réelles et le calcul théorique est importante.

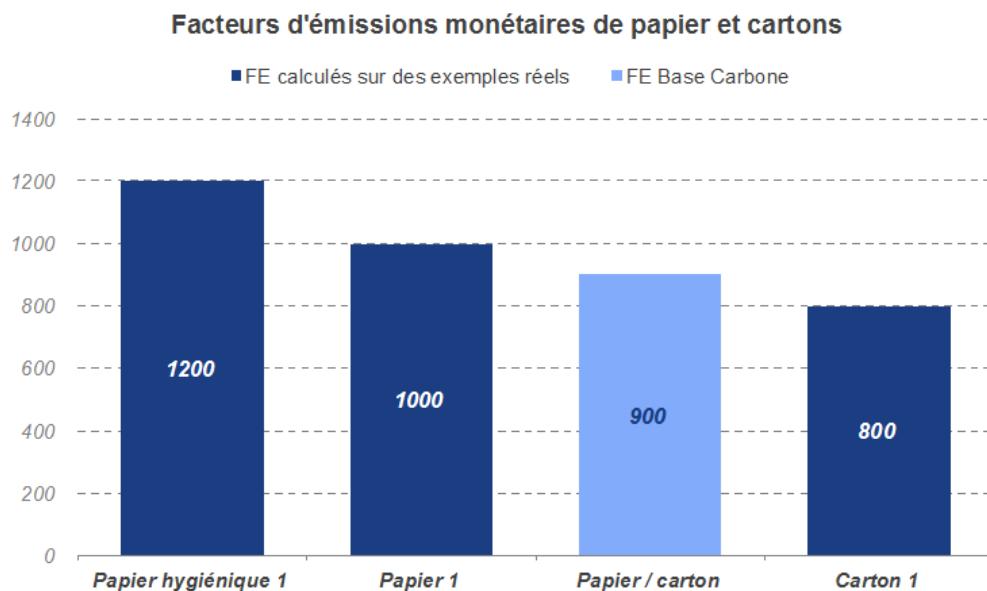
Les produits chimiques de base ont un contenu carbone élevé et un prix faible. Leur facteur d'émissions monétaires associé est donc faible.

En revanche, les parfums ont un prix très élevé par rapport à leur contenu carbone.



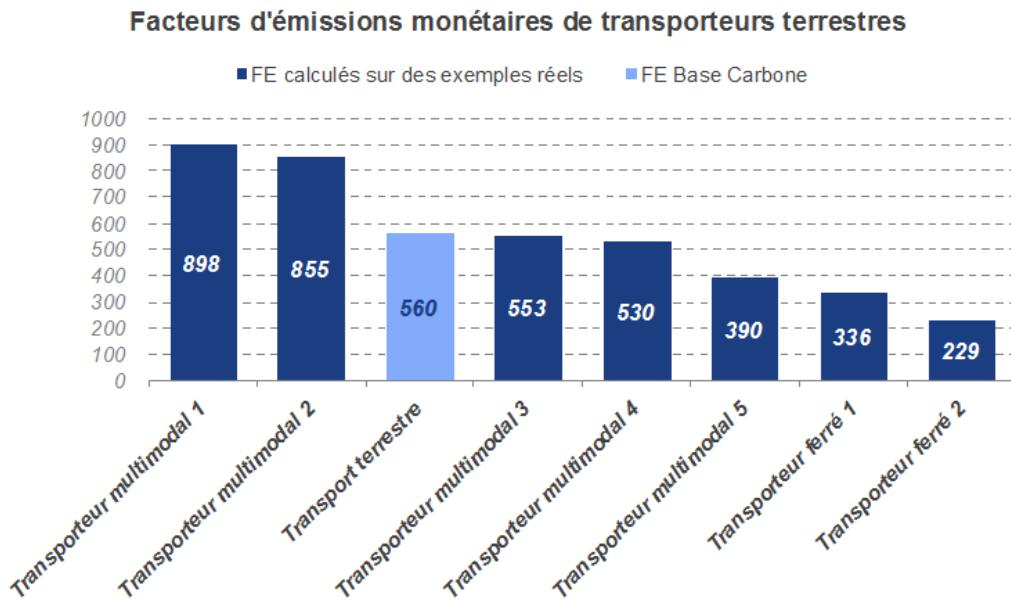
Comparaison du FE monétaire des produits chimiques avec des facteurs d'émissions monétaires calculés pour des produits spécifiques (source Carbone 4)

En revanche des secteurs tels que le secteur « Papier / carton » vendent des produits plus homogènes (en contenu carbone et en prix).



Comparaison du FE monétaire des papiers et cartons avec des facteurs d'émissions monétaires calculés pour des produits spécifiques (source Carbone 4)

Le secteur des transports terrestres quand à lui est moyennement hétérogène.



Comparaison du FE monétaire du transport terrestre avec des facteurs d'émissions monétaires calculés pour des transports spécifiques (source Carbone 4)

Références

- UN (1993), *Comptabilité économique et environnementale intégrée*, Nations Unies, New York, Series F, N° 61, 1993, 182 p.
- UN (2003), *Handbook of National Accounting : Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*, Commission Européenne, FMI, OCDE, ONU, Banque Mondiale, Organisation des Nations Unies, New York, Series F, N° 61, Rev. 1 (ST/ESA/STAT/SER.F/61/Rev.1), 572 p.
- UN (2014), *System of Environmental Economic Accounting – Central Framework*, Commission Européenne, FAO, FMI, OCDE, ONU, Banque Mondiale, Organisation des Nations Unies, New York, http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/CF_trans/F_march2014.pdf
- CGDD/SOeS (2012), *L'empreinte carbone de la consommation des Français : évolution de 1990 à 2007*; Le point sur n° 114, 4 p.
- CGDD/SOeS (août 2010), *CO2 et activités économiques de la France - Tendances 1990-2007 et facteurs d'évolution - Études & documents n° 27*
- CGDD/SOeS, F. Lenglart, C. Lesieur, J.-L. Pasquier (2010), *Les émissions de CO2 du circuit économique en France*
- CGDD/SOeS (2014), *L'empreinte carbone de la demande intérieure*, présentation au Conseil National de l'Information Statistique (CNIS).

5.4.2 Restauration

Repas

Description

La Base Carbone® propose diverses façons 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)

Approche repas moyen français

Il est 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 construisons un facteur d'émission moyen par déjeuner.

Le point de départ est constitué par l'enquête INCA 3, effectuée en 2017 par l'ANSES⁷⁰¹. De cette étude sont tirés les aliments consommés en grammes par personne et par jour ainsi que la proportion d'aliments consommés par les adultes à chaque repas.

Pour chaque ingrédient consommé par un adulte au déjeuner, nous allons ensuite :

- affecter le facteur d'émission correspondant aux aliments ingérés si disponible,
- ou bien construire un facteur d'émission approximatif si la ligne désigne un produit non élémentaire. Par exemple, nous avons considéré que les « Plats à base de pommes de terre, de céréales ou de légumineuses » pouvaient être représentés par le « Gratin Dauphinois » dont le facteur d'émission a été calculé précisément dans le projet FOODGES. La catégorie « Condiments, herbes, épices et sauces » a été décomposée en utilisant les ingrédients possédant des facteurs d'émissions connus (60% sel, 20% moutarde, 20% épices), etc. Dans ce genre d'approche simplifiée, nous faisons implicitement l'hypothèse que les éléments non pris en compte sont compensés par ceux qui le sont.

Cet exercice permet d'arriver au tableau suivant :

Groupe d'aliments	Conso moyen ne (g/j) - INCA 3	% conso journ prise au déjeuner - INCA 3	Conso au déjeuner (g/rep as)	Facteu r Emissio n (gCO2 /g)	gCO2 / déjeuner	Commentaires
Pain et panification sèche raffinés	108,1	31,6 [29,8-33,4]	34,16	1,52	51,92	
Pain et panification sèche complets ou semi-complets	6,3	12,1 [9,1-15,0]	0,76	1,52	1,16	
Céréales pour petit déjeuner et barres céréalières	4,8	0,8 [0,0-1,6]	0,04	0,34	0,01	
Pâtes, riz, blé et autres céréales raffinées	62,7	55,7 [52,4-59,0]	34,92	0,71	24,87	
Pâtes, riz, blé et autres céréales complètes et semi-complètes	1,6	56,3 [45,1-67,5]	0,90	0,71	0,64	
Viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés	57	21,4 [19,0-23,9]	12,20	2,87	35,01	
Laits	75,3	2,3 [1,5-3,1]	1,73	1,22	2,11	
Yaourts et fromages blancs	76,7	38,0 [35,8-40,3]	29,15	2,88	83,94	
Fromages	30,9	43,5 [40,8-46,2]	13,44	4,94	66,40	
Entremets et crèmes desserts	17,2	44,9 [39,0-50,8]	7,72	2,81	21,70	Moyenne "mousse au chocolat", "crème brûlée", "île flottante"
Glaces, desserts glacés et sorbets	5,3	33,8 [27,2-40,4]	1,79	1,51	2,71	
Matières grasses animales	9	30,0 [26,7-33,2]	2,70	9,49	25,62	
Matières grasses végétales	7,5	48,9 [46,0-51,8]	3,67	2,15	7,90	
Œufs et plats à base d'œufs	12,6	37,3 [32,6-42,0]	4,70	2,61	12,27	
Viandes (hors volailles)	47,3	67,3 [64,2-70,3]	31,83	21,78	693,38	
Volailles	26	66,4 [62,6-70,2]	17,26	5,91	102,03	
Charcuterie	27,3	42,8 [39,6-46,0]	11,68	7,00	81,84	
Poissons	23	52,7 [48,6-56,8]	12,12	6,18	74,91	
Crustacés et mollusques	3,7	51,4 [42,0-60,9]	1,90	10,70	20,35	
Abats	2,7	55,4 [43,1-67,7]	1,50	7,36	11,01	
Légumes	130,7	55,3 [53,0-57,5]	72,28	1,29	93,24	
Légumineuses	7,7	65,0 [57,1-72,9]	5,01	0,79	3,97	
Pommes de terre et autres tubercules	45,8	67,8 [64,7-71,0]	31,05	0,60	18,72	
Fruits frais et secs	129,9	41,0 [38,4-43,6]	53,26	0,27	14,22	
Compotes et fruits au sirop	13,6	34,9 [27,8-42,1]	4,75	0,68	3,23	Salade de fruit
Noix, graines et fruits oléagineux	3,1	14,4 [10,8-18,1]	0,45	1,33	0,59	
Confiserie et chocolat	8,6	11,6 [9,6-13,5]	1,00	5,63	5,62	
Sucre et matières sucrantes	19,5	11,3 [9,9-12,8]	2,20	0,68	1,50	

Aliments consommés par les adultes au déjeuner (en grammes par personne et par jour) et facteurs d'émissions associés

Nous retiendrons donc la valeur de 2,035 kgCO_{2e} / 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. Sept menus sont ainsi présentés, ci après. Ceux-ci ont été élaborés de manière à respecter les besoins d'apports journaliers.

Repas Classique

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO _{2e} /kg	gCO _{2e}
Entrée : légumes à la grecque						
légumes de saison	200	60	3	0	267	53,4
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	2600	18,2
Plat principal : poulet au riz						
poulet	150	225	30	10,5	5160	774
riz	60	214	5	1	1410	84,6
beurre	10	76	1	8,4	9490	94,9
Plateau de fromages						
fromage à pâte molle	25	68	5	5	4280	107
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	5600	140
Pain	50	125	4	0,6	1520	76
Total		931	55	40		1350

Repas classique 1 (avec poulet)

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO _{2e} /kg	gCO _{2e}
Entrée : tzatziki						
yaourt	125	75	5	4,4	2880	360
concombre	75		1		1720	129
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	9	2600	18,2
Plat principal : bifteck - frites						
bifteck	150	222	37,5	6	35800	5370
frites	200	228	4,6	7,3	1300	260
Dessert : tarte aux poires						
farine	40	136	4,8	0,8	1170	46,8
poires	100	60	0,4	0	709,5	71
huile (1 c.s.)	15	135	0	15	2153	32,3
Total		919	53,3	42,5		6290

Repas classique 2 (avec bœuf)

Repas végétarien

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO _{2e} /kg	gCO _{2e}
Entrée : soupe de légumes						
200g légumes de saison	200	60	3	0	267	53,4
huile (1/2 c.s.)	7	63	0	7	2153	15,1
Plat principal : omelette aux pommes de terre et aux oignons						
2 œufs	106	195	16	11	2610	276,7
pommes de terre	200	170	3	0,2	77	15,5
huile (1/2 c.s.)	7	63	0	7	2153	17,1
Dessert : salade de fruits						
fruits de saison	200	100	2	0	267	53,4
Pain	50	125	4	0,6	1520	76
Total		776	28	25,8		510

Repas végétarien 1

Repas à dominante végétale

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO _{2e} /kg	gCO _{2e}
Entrée : salade de chou rouge aux pommes						
chou rouge	75	18	1	0	769	57,7
pommes	75	40	0,7	0	267	20
1/2 œuf	27	50	4	3	2610	69,2
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	2600	18,2
Plat principal : riz cantonnais						
riz	70	250	6	1,5	1410	98,7
légumes de saison	125	38	2	0	267	33,4
poulet	60	90	12	4	5160	309,6
1/2 œuf	27	50	4	3	2610	69,2
Dessert : compote de pommes						
pommes	250	124	2,5	0	267	66,8
Pain	40	98	3,5	0,5	1520	60,8
Total		821	35,7	19		800

Repas à dominante végétale 1 (avec poulet)

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO _{2e} /kg	gCO _{2e}
Entrée : salade de betteraves rouges aux pommes						
betteraves rouges	75	78	1	0	231	17,3
pommes	100	50	1	0	267	26,7
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	2600	18,2
Plat principal : tagliatelles sauce bolognaise						
pâtes	80	240	9,6	1	495	39,6
oignons	100	43	1	0	607	60,7
bœuf à bouillir	50	127	14	7,5	35300	1765
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	2600	18,2
Dessert : compote de pommes aux châtaignes						
pommes	200	108	2	0	267	53,4
farine de châtaignes	15	32	1	0	430	6,4
sucré (1/2 c.s.)	7	28	0	0	733	5,1
Total		832	29,6	22,5		2010

Repas à dominante végétale 2 (avec bœuf)

Repas à dominante animale

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO _{2e} /kg	gCO _{2e}
Entrée : melon au jambon fumé						
melon	150	50	1	0	521	78,2
jambon fumé	40	112	11	7,5	5580	223,2
Plat principal : poulet au riz						
poulet	150	225	30	10,5	5160	774
riz	60	214	4,8	1,3	1410	84,6
beurre	10	76	0	8,4	9490	94,9
Plateau de fromages						
fromage à pâte molle	25	68	5	5	4280	107
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	5600	140
Pain	50	123	4	0,6	1520	76
Total		968	61,4	40,8		1580

Repas à dominante animale 1 (avec poulet)

Types de repas	Qte (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	gCO _{2e} /kg	gCO _{2e}
Entrée cornets de jambon aux légumes						
jambon cuit	40	42	7	2	5580	223,2
légumes de saison	100	30	1,5	0	267	26,7
mayonnaise	20	76	0	8	2336	46,7
Plat principal : bifteck - frites						
bifteck	180	266	45	7	35800	6444
frites	150	171	3,5	5,5	1300	195
Plateau de fromages						
Fromage à pâte molle	25	68	5	5	4280	107
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	5600	140
Pain	50	123	4	0,6	1520	76
Total		876	73	35,6		7260

Repas à dominante animale 2 (avec bœuf)

Régime alimentaire

Afin de pouvoir établir l'impact GES d'un changement pérenne d'habitude alimentaire, il est possible de raisonner directement à partir de facteurs d'émissions associés à un « régime alimentaire ».

Régime alimentaire « moyen »

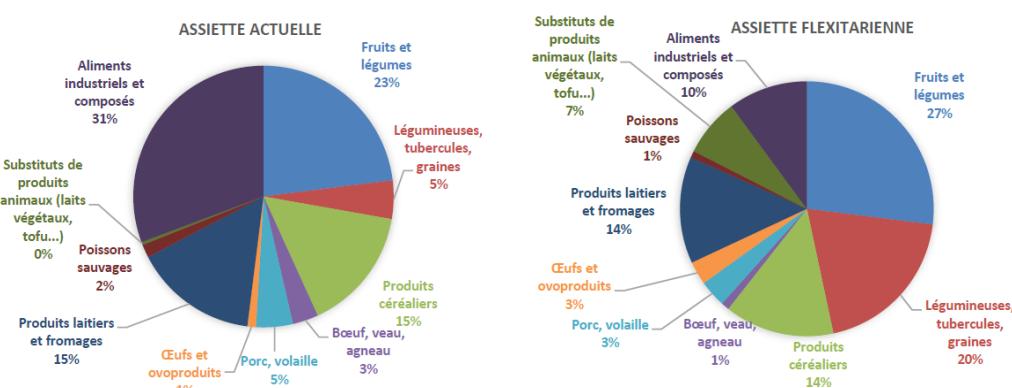
En 2017, une étude de WWF France et Eco2 Initiative⁷⁰² compare différents régimes alimentaires correspondant aux consommations hebdomadaires des ménages français (composés de 2 adultes, 1 adolescent et un enfant de moins de 10 ans) et en évalue **l'impact carbone, le coût et la qualité nutritionnelle**.

Elle s'appuie notamment sur les résultats des études Livewell du WWF, Afterres 2050 de Solagro et INCA3 de l'ANSES pour aboutir sur un facteur d'émission « **Alimentation moyenne journalière** » de 4,474 kgCO2e/j/personne.

Régime alimentaire « flexitarien »

Dans cette même étude, WWF France et Eco2 Initiative ont élaboré un régime « durable » appelé « **flexitarien** » selon différents critères : bas carbone, sain et équilibré d'un point de vue nutritionnel, intégrant des produits labellisés et à un coût acceptable.

« Flexitarien » évoque un mode de consommation qui consiste à réduire fortement la part de protéines animales au profit des protéines végétales. Dans cette étude, l'assiette flexitarienne se compose ainsi de 2/3 de protéines végétales contre 1/3 de protéines animales.



Répartition des catégories d'aliments dans les assiettes INCA3 (actuelle) et Flexitarienne

Cette assiette a été composée à partir de 163 aliments parmi ceux les plus consommés par les Français.

Les principales caractéristiques de cette assiette sont une diminution de la viande (-31% au total, avec -66% de bœuf et de veau) et des poissons sauvages (-40%), une diminution des produits transformés industriels, gras, salés et sucrés (-69%), une diminution des produits à base de farines raffinées (-46%) au profit de farines complètes et une augmentation de la part des légumes, céréales et légumineuses (+95%).

Le facteur d'émission résultant d'une alimentation moyenne journalière est de 2,817 kgCO2e/j/personne.

Bilan

Les valeurs retenues dans la Base Carbone® sont des valeurs mensuelles, permettant de refléter un changement de régime alimentaire :

Type de régime	Valeur	Unité
Régime alimentaire "classique"	136	kgCO2e/personne.mois
Régime alimentaire "flexitarien"	85,7	kgCO2e/personne.mois

Facteurs d'émissions mensuels de différents régimes alimentaires

Sources :

[\[701\] Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 \(INCA 3\) - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective - Juin 2017 Édition scientifique](#)

Base Carbone : facteurs d'émission alimentaire (ingrédients ingérés)

[\[702\] WWF – ECO2 Initiative – Vers une alimentation Bas Carbone, saine et abordable. Etude comparative multidimensionnelle de paniers alimentaires durables : impacts carbone, qualité nutritionnelle et coût. – 47p – 2017.](#)

5.4.3 Autres services informatiques

Description

Les facteurs d'émissions de cette catégorie proviennent du "[Guide secteur des technologies numériques, information et communication](#)" de 2011.

Ce document de l'ADEME a été élaboré dans le cadre de travaux sectoriels. Ont participé différents organismes tels que le Service Climat et Service Bâtiment de l'ADEME, CIGREF, Zen'to, GreenIT.fr, Orange, La Poste, INRIA, CNRS (EcoInfo), Demtech, CLER, Atrium Data, Meta IT, HP, SagemCom, Evea Conseil, et l'APCC.

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 production 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 CO₂ 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_{2b} et méthane biogénique noté CH_{4b}.

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_{2b} et de CH_{4b}. 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 conduits principalement à des émissions de CO_{2b}.

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](#).

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 m³ de biogaz par tonne d'ordures ménagères,
- 60% de CH₄ dans le biogaz produit,

- densité du CH₄ de 0,717 kg par m³ aux conditions ambiantes,
- 0,5% de fuites (hypothèse par défaut).

Avec ces hypothèses nous parvenons à 8 kgCO_{2e} à ce titre. Il convient de rajouter :

- 7 kgCO_{2e} pour le fonctionnement de l'installation,
- 18 kgCO_{2e} pour la collecte

Le facteur d'émission ressort alors à 33 kgCO_{2e} par tonne méthanisée.

Compostage (industriel)

Le compostage vise à fournir des amendements à partir de matière organique fermentée en aérobie.

- les émissions de méthane « accidentnelles », qui concernent de l'ordre de 0,5% du carbone initial selon la littérature
- les émissions de N₂O,
- la collecte des déchets et le fonctionnement du centre de traitement.

Pour le méthane et le N₂O, le CITEPA fournit des valeurs par défaut¹ qui sont :

- 952 g de CH_{4b} émis par tonne de matière brute compostée, soit 26,7 kgCO_{2e},
- 161 g de N₂O émis par tonne de matière brute compostée, soit 43 kgCO_{2e},

Pour la collecte nous conserverons la [valeur par défaut de 18 kgCO_{2e}](#), et pour le fonctionnement du centre les émissions ramenées à la tonne sont de 18 kgCO_{2e}². Cela donne un total de 106 kgCO_{2e} / tonne, décomposée comme suit :

Postes d'émission	kgCO _{2e} /tonne de matière brute
CH ₄	26,7
N ₂ O	43
Collecte	18,3
Fonctionnement	18,3
Total	106,3

Facteur d'émission du compostage. - PRG AR5

Compostage (domestique)

L'étude ADEME « Impact sanitaire et environnementaux du compostage domestique sur les pratiques de compostage » de 2016 a permis de caractériser plusieurs pratiques de compostage :

Cas	Type du composteur	Composition	Brassage	Durée
Cas 1	Bac fermé	Déchets cuisine	1 fois par trimestre	1 an
Cas 2	Tas	Déchets jardin	1 fois par trimestre	1 an
Cas 3	Tas	Déchets cuisine + déchets verts (équilibre 2 :1)	1 fois par trimestre	1 an
Cas 4	Tas	Déchets cuisine + déchets verts (équilibre 2 :1)	non	1 an
Cas 5	Bac fermé	Déchets cuisine + déchets verts (équilibre 2 :1)	1 fois par trimestre Moitié supérieure du bac	1 an
Cas 6	Bac fermé	Déchets cuisine + déchets verts (équilibre 2 :1)	non	1 an

La quantification des impacts environnementaux a été réalisée pour 1 kg de biodéchets utilisés en compostage domestique (tas, bac fermé) en tenant compte des pratiques de brassage.

Résultats impliquant uniquement des déchets de jardin :

- L'inventaire de compostage à domicile se réfère à 1 kg de biodéchets de jardin. Le composteur est en tas.
- 283 kg de déchets de jardin sont utilisés pendant l'expérience. L'expérience a duré 1 an et a abouti à la production de 178 kg de compost.
- Les déchets de jardin (mélange de petites tailles et coupures) sont récupérés sur un compost de plate-forme et broyés à travers un broyeur.
- Le composteur est mélangé trimestriellement (au moment des campagnes d'échantillonnage).
- Le volume des déchets de jardin par semaine est identique (12 litres).
- Selon l'étude ADEME: « Enquête nationale sur la gestion domestique des déchets organiques - 2008 », les personnes qui pratiquent le compostage à domicile produisent environ 200 kg / an / personne de déchets végétaux.

	Unité	Cas 2	Cas 2 (pour 1kg de biodechet)
Composition des déchets en entrée			
Masse de biodéchets en entrée	kg MB	283	1
Masse compost initial	kg MB	8	0,029
H ₂ O déchets	% MB	58,1%	58,1%
MS déchets	% MB	43,4%	43,4%
MO déchets	% MB	36,1%	36,1%
MO déchets	% MS	75,8%	75,8%
C Org déchets	% MS	42,1%	42,1%
N organique déchets	% MS	3,8%	3,8%
Phosphore déchets	% MS	0,7%	0,7%
C/N déchets	-	26,8	26,8
Potassium déchets	% MS	1,2%	1,2%
Calcium déchets	% MS	4,9%	4,9%
Magnesium déchets	% MS	0,7%	0,7%
Sodium déchets	% MS	0,1%	0,1%
Sulfur déchets	% MS	0,7%	0,7%
Emissions lors du compostage			
NH ₃ calculé	mg/kg de déchets	20	20
N ₂ O calculé	mg/kg de déchets	52	52
CH ₄ calculé	mg/kg de déchets	48	48
COV calculé	mg/kg de déchets	68	68
HCNM calculé	mg/kg de déchets	19	19
Composition du compost			
Masse de compost en sortie - masse de compost en entrée	kg MB	178	0,63
H ₂ O déchets	% MB	56%	56%
MS compost	% MB	44%	44%
MO compost	% MS	48%	48%
C Org compost	% MS	24%	24%
N organique compost	% MS	2,0%	2,0%
P compost	% MS	0,8%	0,8%
K compost	% MS	0,5%	0,5%
C/N compost	-	12	12
Calcium compost	% MS	5,00%	5,0%
Magnesium compost	% MS	0,83%	0,83%
Sodium compost	% MS	0,04%	0,04%
Sulfur compost	% MS	0,53%	0,53%
Masse de déchets non compostés	kg MB	11,2	0,040
Emissions CO ₂ non fossiles			
Emissions CO ₂	kg CO ₂ /kg de biodéchets	0,39	0,39

Source : [Impact sanitaire et environnemental du compostage domestique, ADEME, 2015](#)

Résultats impliquant un mélange de déchets de jardin et de déchets verts :

- Les déchets de cuisine sont composés de riz, pâtes, pain, coquilles d'oeufs, filtres à papier, grains de café, à l'exclusion de la viande et du poisson.
- Les déchets verts se composent de coupures et de fleurs.
- 138 kg de biodéchets (115 kg de déchets de cuisine et 19 kg de déchets verts) sont utilisés pendant l'expérience qui a durée 1 an. Ils ont abouti à la production de 59 kg de compost.
- Selon l'étude ADEME: "Enquête nationale sur la gestion domestique des déchets organiques - 2008", les personnes qui pratiquent le compostage domestique produisent environ 200 kg / an / personne de déchets végétaux et 64% des personnes pratiquent le compost en tas et 36% dans des conteneurs fermés.

	Unité	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
		brassé	non brassé	brassé	non brassé
Composition des déchets de cuisine en entrée					
Masse de déchets de cuisine	kg MB	115	115	115	115
Masse de déchets de cuisine	kg MS	19	19	19	19
Masse compost initial	kg MB	8,1	8,1	7,3	7,3
H ₂ O déchets	% MB	83%	83%	83%	83%
MS déchets	% MB	17%	17%	17%	17%
MO déchets	% MB	14%	14%	14%	14%
MO déchets	% MS	83%	83%	83%	83%
C _{Org} déchets	% MS	41%	41%	41%	41%
N organique déchets	% MS	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Phosphore déchets	% MS	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
C/N déchets	-	15	15	15	15
Potassium déchets	% MS	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
Calcium déchets	% MS	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
Magnesium déchets	% MS	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Sodium déchets	% MS	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Sulfur déchets	% MS	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Emissions lors du compostage					
NH ₃	mg/kg de déchets	32,2	32,2	7,1	7,1
N ₂ O	mg/kg de déchets	83,0	83,0	18,3	18,3
CH ₄	mg/kg de déchets	74,6	60,6	16,9	14,7

COV	mg/kg de déchets	100, 6	99,0	23,3	20,4
HCNM	mg/kg de déchets	22,9	31,8	6,2	5,3
Composition des structurants					
Masse de structurants	kg MB	23	23	23	23
Masse de structurants	kg MS	12	12	12	12
H ₂ O structurants	% MB	47%	47%	47%	47%
MO structurants	% MB	31%	31%	31%	31%
MO structurants	% MS	59%	59%	59%	59%
MS structurants	% MB	53%	53%	53%	53%
Masse de structurants	kg MS	12	12	12	12
C org structurant	% MS	34%	34%	34%	34%
N org structurant	% MS	2%	2%	2%	2%
Composition des biodéchets (mélange)					
Masse de biodéchets en entrée (déchets de cuisine + structurants)	kg MB	138	138	138	138
Masse de biodéchets en entrée (déchets de cuisine + structurants)	kg MS	32	32	32	32
H ₂ O déchets	% MB	77%	77%	77%	77%
MS déchets	% MB	23%	23%	23%	23%
MO déchets	% MB	17%	17%	17%	17%
MO déchets	% MS	74%	74%	74%	74%
C _{Org} déchets	% MS	38%	38%	38%	38%
N _{organique} déchets	% MS	2%	2%	2%	2%
Phosphore déchets	% MS	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Potassium déchets	% MS	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
Calcium déchets	% MS	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
Magnesium déchets	% MS	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Sodium déchets	% MS	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Sulfur déchets	% MS	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Composition du compost					
Masse de compost en sortie - Masse de compost initial	kg MB	89	35	84	78
H ₂ O déchets	% MB	52%	53%	55%	60%
MS compost	% MB	48%	47%	45%	40%
MO compost	% MS	46%	49%	49%	55%
C _{Org} compost	% MS	25%	24%	24%	21%
N _{organique} compost	% MS	2,1%	1,7%	1,7%	2,2%
P compost	% MS	1,1%	0,8%	0,8%	0,8%
K compost	% MS	0,8%	1,1%	1,1%	1,7%
C/N compost	-	12	13	13	10
Calcium compost	% MS	6,5%	9,2%	9,2%	14,3%
Magnesium compost	% MS	0,8%	0,8%	0,8%	0,6%

Sodium compost	% MS	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Sulfur compost	% MS	0,6%	0,6%	0,6%	0,5%
Masse de déchets non compostés	kg MB	1,6	1,9	1,4	1,0
Emissions de CO ₂ biogénique					
Emissions CO ₂	kg CO ₂ /kg de biodéchets	0,06	0,24	0,10	0,16

Source : [Impact sanitaire et environnemental du compostage domestique, ADEME, 2015](#)

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 - Polytéréphthalate 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).

Incineration

Les émissions de GES liées à l'incinération des plastiques sont principalement des émissions de CO_{2f}. 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_{2f} des plastiques purs, sans additifs.

Type de plastique	Formule du monomère de base	Pourcentage massique de carbone	kgCO _{2e} /t si combustion à 95%	kgCO _{2e} /t si combustion à 100%
PE	C ₂ H ₂	92,3%	3216	3384
PET	C ₁₀ H ₈ O ₄	62,5%	2178	2292
PVC	C ₂ H ₂ Cl	39,3%	1371	1441
PP	C ₃ H ₆	85,7%	2985	3142
PS	C ₈ H ₈	92,3%	3216	3384

Emissions théoriques de CO₂ 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 RECORD sur les déchet 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 ₂ e par tonne
MODECOM 07	Ordure ménagère	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_{2f}, l'incinération des plastiques génère des émissions de N₂O. Ces émissions sont évaluées à 3 kgC par tonne (soit 11 kgCO₂/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 CO₂).

Cela amène aux facteurs suivants, auxquels il faut rajouter 37 kgCO_{2e} pour la collecte et le fonctionnement de l'incinérateur :

Composé	Incinération Part CO _{2f}	Incinération Part N ₂ O	Collecte	Fonctionnement de l'incinérateur	TOTAL
PE	2867	11	18	18	2916
PET	1947	11	18	18	1996
PS	2867	11	18	18	2916
PVC	1397	11	18	18	1446
PP	2978	11	18	18	3027
Plastique – moyenne	2633	11	18	18	2682
Ordures Ménagères	315	11	18	18	364

Facteurs d'émission des plastiques et ordures ménagères (en kgCO_{2e} / 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 étude⁸⁵⁰ réalisée par la FNADE⁸⁵¹ 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
		Matière	Procédé					
CO ₂ (g)	5 439	110 517	762	760	994	5 073		123 545
CH ₄ (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 CO₂ 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.

Incineration

Incineration 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 CO₂ par tonne incinérée
- 127 g N₂O par tonne incinérée.

Cela amène au calcul suivant

Contribution	Kg émis par tonne	kgCO _{2e} /tonne
CO2	636	636
N2O	0,127	34
Transport		18
Fonctionnement		18
TOTAL		706

Emissions par tonne de DIS incinérée et calcul du facteur d'émission - PRG AR5

Le facteur d'émission agrégé est donc de 706 kgCO_{2e}/t.

Incineration 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 CO₂ par tonne incinérée
- 60 g N₂O par tonne incinérée.

Cela amène au calcul suivant

Contribution	Kg émis par tonne	kgCO _{2e} /tonne
CO ₂	880	880
N ₂ O	0,06	16
Transport		18
Fonctionnement		18
TOTAL		932

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 Déchets bâtiment

Description

Le Syndicat des Entreprises de Déconstruction, Dépollution et Recyclage (SEDDRe) a mené, avec le bureau d'études Crowe – Sustainable Metrics, une étude visant à mieux connaître la composition des déchets du bâtiment à l'échelle de la France métropolitaine et à définir des valeurs moyennes d'émissions de gaz à effet de serre liées à la fin de vie de ces déchets⁸⁶⁰.

Déchets du bâtiment (SEDDRe – Crowe Sustainable Metrics 2018)

Filières étudiées	Production de déchets issus de démolition
Béton	70%
Déchets inertes en mélange (Gravats)	10%
Déchets en mélange (Benne DIB)	9%
Métaux	3%
Bois de classe B (Bois de construction)	4%
Plâtre	1%
Autres déchets - exclus du champ de l'étude	3%

Facteurs d'émissions de fin de vie

L'analyse réalisée a permis de calculer trois types de **facteurs d'émissions** :

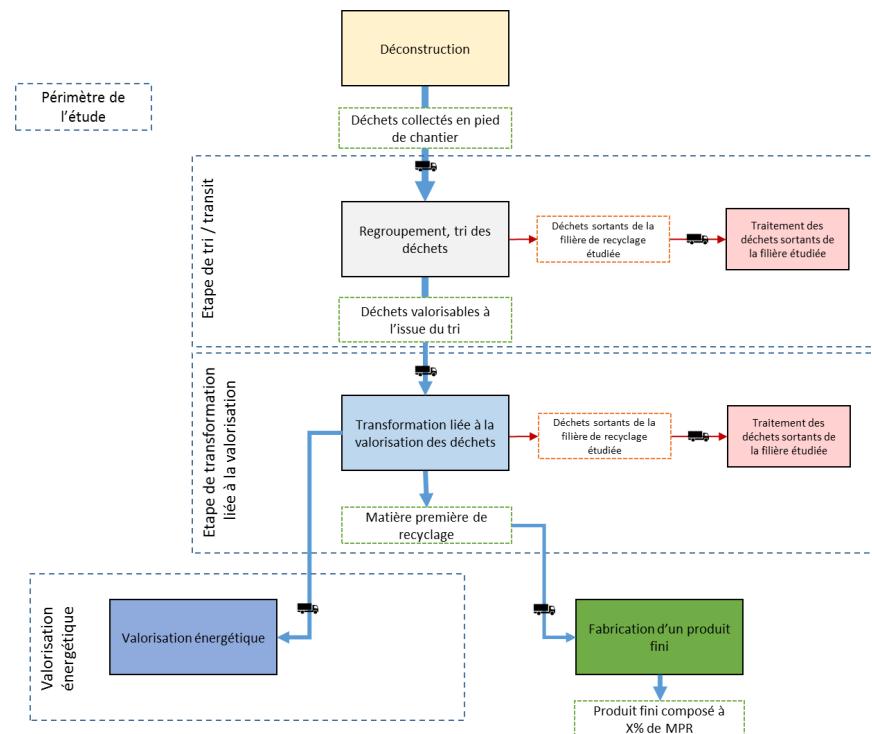
- Facteurs d'émissions liées à la fin de vie des déchets envoyés vers des filières de valorisation (étape de tri/regroupement des déchets) ;
- Facteurs d'émissions relatifs à la production de matières premières de recyclage (étape de transformation liée à la valorisation des déchets) ;
- Facteurs d'émissions relatifs à la production évitée grâce à la valorisation.

Ne sont aujourd'hui intégrés dans la Base Carbone® que les facteurs d'émissions liées à la fin de vie des déchets et à la production de matières premières de recyclage.

Deux **unités fonctionnelles** ont été définies, selon que :

- D'une part, on considère les facteurs d'émissions relatifs à la fin de vie des déchets de chantier envoyés vers des filières de valorisation : « une tonne de déchets collectés en pied de chantier et envoyés vers une filière de valorisation dans le but de produire des matières premières de recyclage en substitution de matériaux vierges » ;
- D'autre part, on considère les facteurs d'émissions relatifs à la production de matière première de recyclage : « une tonne matière première de recyclage ».

Le **périmètre** considéré est défini de la manière suivante :



Sont exclus :

- En amont : les émissions relatives à la déconstruction des bâtiments et à la préparation des déchets sur chantier (dépose des matériaux, remplissage des bennes, etc.) ;

- En aval : la fabrication du produit final (plaque de plâtre, panneau de particules, etc.) et le transport de la matière première de recyclage jusqu'à l'usine de fabrication du produit fini.

Les principaux **résultats** de l'étude mettent en avant deux postes majeurs d'émissions (et donc leviers de réduction des émissions) des filières de valorisation des déchets de chantier :

- Les distances parcourues par les déchets jusqu'aux plateformes de valorisation ;
- Les consommations d'énergie des engins utilisés sur site.

Les facteurs d'émissions relatifs à la fin de vie des déchets de chantier, calculés dans le cadre de l'étude et retenus pour la Base Carbone® sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Facteurs d'émissions relatifs à la fin de vie des principaux flux de déchets du bâtiment envoyés en valorisation⁸⁵⁰

	Béton		Déchets inertes en mélange		Déchets non dangereux en mélange		Bois B		Plâtre		Métaux	
	kgCO2e /t	Incertitude	kgCO2e /t	Incertitude	kgCO2e /t	Incertitude	kgCO2e /t	Incertitude	kgCO2e /t	Incertitude	kgCO2e /t	Incertitude
	Collecte des déchets	0,49	41%	1,00	41%	3,03	41%	2,00	41%	4,81	41%	0,33
Fonctionnement des centres de tri	0,69	19%	3,73	14%	8,57	14%	2,72	14%	8,28	13%	3,98	20%
Mise en décharge	0,04	37%	0,85	44%	10,44	37%	0,39	37%	2,6	47%		
Total de fin de vie	1,21	20%	5,58	14%	22,04	19%	5,12	18%	15,69	16%	4,31	18%

Sources :

[860] SEDDRe – Crowe Sustainable Metrics 2018 - émissions de GES de la valorisation des déchets de chantier

5.5.7 Eaux usées

Voir le [chapitre sur les émissions directes des eaux usées](#).

5.5.8 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

Pour la collecte nous conserverons la valeur par défaut de 18 kgCO₂e utilisée *Facteur d'émission du compostage. - PRG AR5* [002](#).

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 [871](#) aboutit des émissions d'environ 18 kgCO₂e par tonne traitée. Lorsque cela concerne un centre de stockage, la valeur moyenne est de 15 kgCO₂e par tonne traitée.

Ces émissions seront également ajoutées à toutes les émissions calculées ci-dessous.

Sources :

[002] GIEC, AR5 - 5ème rapport (2013)

[871] « Le secteur des déchets ménagers et son rôle dans la lutte contre le changement climatique », FNADE, 2007

5.5.9 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 CO₂ 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 CO2 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 gCO2e/kWh) et pour la chaleur, le mix thermique européen (279 gCO2e/kWh)

Valeurs retenues	kgCO2e/t (Valorisation électrique)	kgCO2e /t (Valorisation thermique)	kgCO2e /t (Valorisation cogénération part Electrique/)	kgCO2e /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 CO₂ 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 CH₄ figurant ci-dessus, et exprimées en kgCH₄/t.
- le contenu énergétique du méthane en kWh PCI par kg de méthane (la valeur est de 13,8 kWh PCI/kg de CH₄)
- 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 ₄ (kgCO ₂ e/t)	kg CH ₄ 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 CO₂ 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 engrains (les émissions de N₂O post épandage sont considérées comme invariantes),
- une fraction du CO₂ 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

Eléments nutritifs	kg d'élément par tonne de compost	Emissions de fabrication en synthèse- kgCO ₂ e/kg nutriment	Total poste (kgCO ₂ e /tonne de compost)
Azote (acide nitrique)	6,2	5,28	32,6
Phosphore (P ₂ O ₅)	2	0,51	1,1
Potassium (K ₂ O)	4,5	0,37	1,8
Total			35,6

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 équ CO₂ par tonne de déchets envoyée en compostage.

Pour la séquestration, nous prenons le chiffre fourni par l'AEA³, qui indique que 8% du CO₂ du compost sera séquestré. Ce dernier contenant en moyenne 660 kgCO₂e de CO₂ à la tonne, l'économie par tonne de déchets envoyée en compostage est donc de $660 \text{ [kgCO}_2\text{e de CO}_2 \text{ par tonne de compost]} * 8\% \div 3,33 \text{ [tonnes de déchets pour une tonne de compost]} = 16 \text{ kgCO}_2\text{e de CO}_2 \text{ environ.}$

Les émissions évitées par tonne de déchets envoyée en compostage s'élèvent alors à $11+16 = 27$ kgCO₂e.

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 engrains 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 CO₂e d'émissions évitées, soit, ramené à 1t de déchets, 44 kgCO₂e/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 kgCO₂e/tonne

Les émissions évitées sont donc de 77 kgCO₂e 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 ₂ e/T)	Emissions de process – Matériaux recyclé (kgCO ₂ e/T)	Emissions évitées liées au recyclage (kgCO ₂ 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 :

$$FE_{\text{des Emissions évitées}} = FE_{ev} = FE_r - FE_{ent} = FE_r - (%vi * FE_{vi} + %r * FE_r) = %v * (FE_r - FE_{vi})$$

Où :

FE_{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/m ² .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 ² .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 m² 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 fioul¹, 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 économies 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 CEREN⁹¹⁰ permet d'aboutir aux données suivantes concernant l'utilisation des diverses énergies de chauffage par les logements:

Energie	Milliers de maisons équipées	%	Milliers d'appartements équipés	%
Gaz	5 178,9	32,2%	6 396,8	52,1%
Fioul	2 971,8	18,5%	627,8	5,1%
GPL	395,3	2,5%	15,8	0,1%
Electricité	6 235,1	38,7%	4 022	32,8%
Bois	1 186,6	7,4%	54	0,4%
Chauffage urbain	67,4	0,4%	1 147	9,3%
Charbon	68,1	0,4%	12,9	0,1%
Ensemble	16 103,2	100%	12 276,5	100%

Mix énergétique français pour le chauffage des logements (au 30 juin 2015)

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 2015, 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 CEREN⁹¹⁰ 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	4 468,1	27,7%	5 823,8	47,4%
Fuel	1 762,7	10,9%	389,7	3,2%
GPL	442,4	2,7%	40,7	0,3%
Électricité	9 268	57,6%	5093	41,5%
Bois	94,9	0,6%	11,6	0,1%
Chauffage urbain	36,1	0,2%	912,3	7,4%
Autre	31	0,2%	5,5	0%
Ensemble	16 103,2	100%	12 276,6	100%

Mix énergétique français pour l'eau chaude sanitaire des logements (Juin 2015)

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.

Sources :

[\[910\] Suivi du parc et des consommations de l'année 2015, CEREN](#)

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 m² chauffés, au besoin évalué avec les moyens du bord, la consommation de chauffage en kWh/m².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 bois⁹²⁰.

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'Energie⁹²¹ (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 ²)
Commerces	197
Bureaux	248
Enseignement	161
Santé - action sociale	292
Autres branches	259

*Consommation moyenne de fioul par m² 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 ² - Gaz naturel				
Branche	Sous-Branche	Chauffage + ECS	Chauffage	ECS
Bureaux	Ensemble	184	177	7
	<1000m ²	198	191	7
	>=1000m ²	170	163	6
Enseignement	Ensemble	120	108	12
	Primaire	174	157	17
	Secondaire	96	86	9
	Supérieur - Recherche	140	127	14
Santé	Ensemble	174	134	41
	Hôpitaux publics	193	148	45
	Cliniques	152	117	35
	Restant	164	126	38
Commerces	Ensemble	152	142	10
	Grandes surfaces **			
	Petits commerces *	278	260	18
	Grands commerces **			
Cafés Hôtels Restaurants	Ensemble	274	220	54
	Restaurants	304	244	60
	Débits de boisson	218	175	43
	Hôtels	253	203	50

Consommation moyenne par m² 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 m²

** 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	Centrale	Champagne-Ardenne	Corse	Franche-Comté	Haute-Normandie	Île-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-Charentes	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'INSEE⁹⁴⁰, 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
Total	26,47	21,27	26,50	20,67	21,97	26,08	16,89	24,93	24,37
<i>Répartition modale en %</i>									
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 période⁹⁴¹.

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 ville⁹⁴².

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 différentiés 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 CO₂ 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 N₂O, via le taux de volatilisation de l'azote (voir chapitre [émission fugitive > agriculture](#)), et les émissions de fabrication des engrains 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 différencierées 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, kgCO2e par ha	Combustion, kgCO2e 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 CO₂ par kWh, on trouve les résultats suivants :

Type de culture	fabrication engins kgCO _{2e} /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 ² et par an	Ecart type	% gaz	% fioul lourd	% butane	% fioul	% vapeur	% charbon	% 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%
Moyenne nationale	321	127	77,3 %	13,8 %	0,4 %	1,2 %	0,5 %	2,6%	2,6 %	1,5%	100 %

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 m² et par énergie, et il suffit d'appliquer les facteurs d'émission par énergie pour obtenir des émissions par m² et par an.

Pour les fraises, l'estimation Solagro est de 25 kWh par m² 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 ² 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%
Moyenne nationale	160	49%	16%	14%	6%	17%	100 %

Ces valeurs permettent aussi d'obtenir simplement des émissions par m² et par an pour les serres horticoles.

6.7 Indicateurs transverses

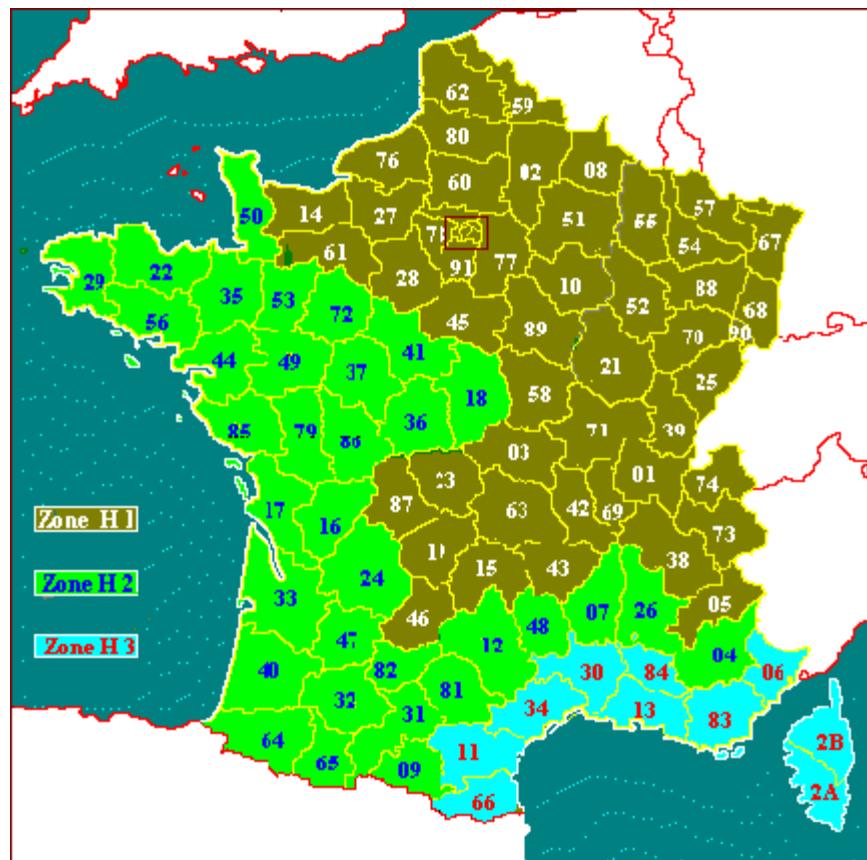
6.7.1 Corrections climatiques

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 _{climat}	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 VIII

7 Annexes

Enter topic text here.

7.1 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 ®.

7.2 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/>

7.3 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](#)
- [005] [Association Bilan Carbone - Tableur Bilan Carbone](#)
- [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 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](#)
- [124] GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY - « Analyse du Cycle de Vie de la chaîne gazière » - 2018
- [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.](#)
- [141] Etude Primagaz, étude GreenFlex / « Proposition de facteurs d'émissions de GES associés au biopropane issu d'huiles végétales hydro-traitées (HVO) à la Base Carbone® de l'ADEME » Sept 2017.

- [142] Evaluation de l'empreinte Carbone du Bio GNL via épuration cryogénique de biogaz - Mars 2016 – ENEA QUANTIS pour SUEZ
[Vargas, M. ; Maurice, E. ; Graveaud, F. ; Faure, M. \(2017\) « Evaluation des impacts GES de l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel - rapport intermédiaire du 16 mai 2017](#)
- [143] Vargas, M. ; Maurice, E. ; Le Gars, L. ; Laffargue, T. « Evaluation des impacts GES de l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel en appliquant une approche d'allocation (2020).
- [144] Circulaire n°9501 du 28 déc 2004
- [150] [Site internet : www.thermexcel.com](#)
- [160] ADEME, Sphera et Gingko21. "Analyse du Cycle de Vie relative à la mobilité hydrogène" (2020)
- [170] [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"](#)
- [200] [Lignes directrices du GIEC sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre, volume 4, chapitre 11 "N2O emissions from manures soils, and CO2 emissions from limes and urea application](#)
- [201] ASTEE - ADEME / Guide méthodologique des émissions de gaz à effet de serre des services de l'eau et de l'assainissement (Guide sectoriel Mis à jour en 2018)
- [210] [Ministère australien de l'environnement / 1997 /A Quick Reference Guide, Estimating Potential Methane Production, Recovery and Use from Waste](#)
- [211] [ADEME - ARMINES, 2011 / Inventaire des émissions des fluides frigorigènes – France – Année 2010](#)
- [212] [INRA / Octobre 2002 / Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?](#)
- [213] [RMQS - Réseau de Mesures de la Qualité des Sols](#)
- [214] [ADEME – Outil ALDO - Estimer la séquestration de CO2 dans les sols et la biomasse](#)
- [215] [AIE - 2013 - CO2 emissions from fuel combustion - hightlights](#)
- [216] [\[320\] Base de données ELCD - Consulté en mars 2015](#)
- [217] Solar resources and carbon footprint of photovoltaic power in different regions in Europe, De Wild-Scholten, SmartGreenScans, 2014
- [218] Impacts environnementaux de l'éolien français, Données 2015, ADEME, 2017
- [219] [Arrêté du 11 juillet 2013 relatif à la mise à jour des contenus en CO2 des réseaux de chaleur et de froid](#)
- [220] [Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine - Article Annexe 7 relatif à la mise à jour des contenus en CO2 des réseaux de chaleur et de froid- Modifié par Arrêté du 22 mars 2017](#)
- [221] [Contenu CO2 des réseaux de chaleur et de froid en France - CEREMA](#)
- [222] [CCTN – Les comptes des transports en 2018 - 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation - Publié le 29/08/2019](#)
- [223] [Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre conformément à l'article L. 229-25du code de l'environnement - Version 4 - Octobre 2016 - MEEM - Annexe - fiche 12, p.49](#)
- [224] [Enquête sur l'utilisation des véhicules de transport routier de marchandises \(TRM\) - Ministère de la Transition écologique et solidaire - 2018](#)

- [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](#)
- [431] [GLEC - The global method for calculation and reporting of logistics emissions - Février 2020](#)
- [432] [BSR - Clean Cargo Working Group Carbon Emissions Accounting Methodology - Juin 2015](#)
- [433] Etude EMEP/EEA « Air pollutant emission inventory. Guidebook 2019 », chapitre 1.A.3.d Navigation (ship-ping), Table 3-7 Percentage of installed Main Engine power by engine type/fuel class (2010 fleet)
- [440] ["Efficacités énergétiques et émissions unitaires de CO2 du transport fluvial de marchandises", l'ADEME et VNF, 2006](#)
- [441] [Efficacité énergétique et environnementale du transport fluvial de marchandises et de personnes - Efficacités énergétiques et émissions unitaires du transport fluvial. Rapport & synthèse - ADEME, VNF, AJBD - Mai 2019](#)
- [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
- [455] Etude Economique, Energétique et Environnementale pour les Technologies du transport routier français – IFP Energie Nouvelle - 2013
- [456] [Bilan transversal de l'impact de l'électrification par segment - Projet E4T- ADEME, IFP Energies Nouvelles -Avril 2018](#)
- [457] UTP, Note technique, Février 2020, "Les services urbains poursuivent leur mue énergétique"
- [470] [Information sur la quantité de gaz à effet de serre émise à l'occasion d'une prestation de transport - Méthodologie générale - Direction Développement Durable SNCF - Version de Mai 2018](#)
- [500] [AGRIBALYSE](#)
- [501] [En 2003, source IFREMER](#)
- [502] Unima ; publication sous presse
- [503] [Colomb V. et al. - "Analyses du Cycle de Vie en agriculture : enseignements du programme AGRIBALYSE®" - Agronomie, Environnement et sociétés - Vol 5 - n°1 - juin 2015](#)
- [504] [Agribalyse 3.0 - Documentation Décembre 2020 - <https://ecolab.gitbook.io/documentation-agribalyse/acces-donnees>](#)
- [510] [site de référence des viandes rouges \(\[www.mhr-viandes.com\]\(http://www.mhr-viandes.com\)\)](#)
- [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](http://fr.wikipedia.org/wiki/Enrob%C3%A9)
- [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
- [582] [ADEME - FNTP, Réaliser une analyse environnementale dans les Travaux Publics - guide sectoriel 2015](#)
- [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](#)
- [610] [FEDEREC - Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final, Mars 2017](#)
- [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
- [632] source EIAJ, année de référence 1997
- [633] source EPA, année de référence 2002
- [640] [ADEME. J.Lhotellier, E.Less, E.Bossanne, S.Pesnel. Mars 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipements – Rapport. 188 pages.](#)
- [641] [ADEME. J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.](#)

- [660] [ADEME, Comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre - Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole \(Itinéraires n°24\) - juin 2011](#)
- [700] enquête INCA, effectuée en 1999 par AFSSA/CRÉDOC/DGAL
- [701] [Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 \(INCA 3\) - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective - Juin 2017 Édition scientifique](#)
- [702] [WWF – ECO2 Initiative – Vers une alimentation Bas Carbone, saine et abordable. Etude comparative multidimensionnelle de paniers alimentaires durables : impacts carbone, qualité nutritionnelle et coût. – 47p –2017.](#)
- [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
- [860] SEDDRe – Crowe Sustainable Metrics 2018 - émissions de GES de la valorisation des déchets de chantier
- [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 2015, 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
- [943] [MEEM - MLHD - Référentiel Bâtiment « Energie-Carbone » - Label E+/C-](#)



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



EXPERTISES

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



www.ademe.fr