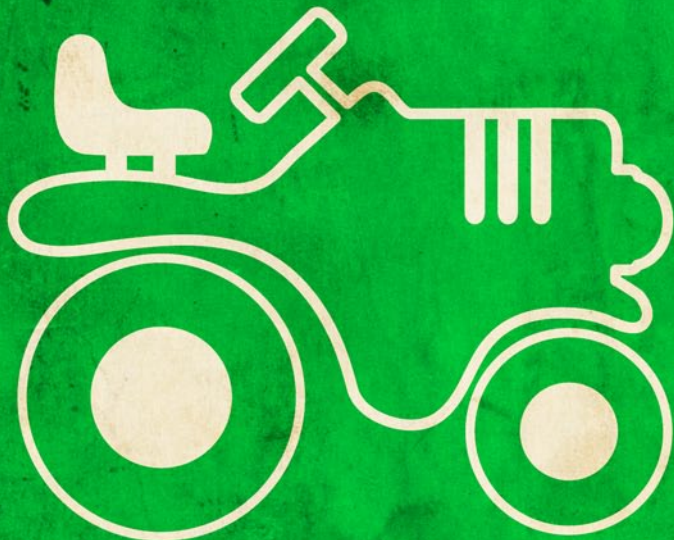




# L'industrie, l'agriculture et les déchets



## CAHIER TECHNIQUE N°5



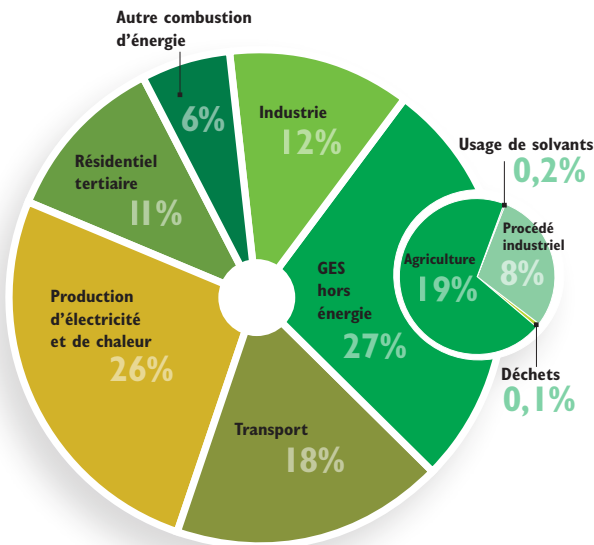


# L'industrie, l'agriculture et les déchets

## sommaire

<b>I. Introduction</b>	<b>3</b>
<b>II. Émissions liées à l'industrie</b>	<b>4</b>
A / Émissions liées aux procédés industriels	4
B / Émissions des gaz fluorés : HFC, PFC, SF <sub>6</sub>	6
C / Émissions d'origine énergétique	7
<b>III. Émissions liées aux activités agricoles</b>	<b>8</b>
A / Émissions de méthane issues de la fermentation entérique	8
B / Émissions de méthane issues de la gestion des déjections animales	9
C / Émissions de protoxyde d'azote imputables aux systèmes de gestion des déjections animales	9
D / Émissions de protoxyde d'azote liées à la culture des sols	9
E / Émissions liées aux consommations de combustible et d'électricité	10
<b>IV. Émissions liées à la gestion des déchets</b>	<b>11</b>
A / Installations de stockage de déchets solides	11
B / Incinération des déchets	12
1. Unité d'incinération des ordures ménagères (UIOM)	12
2. Incinération de boues de traitement des eaux	13
3. Incinération des déchets hospitaliers	13
4. Incinération des déchets industriels	13
5. Feux de déchets agricoles	13
C / Traitement des eaux usées et des boues domestiques et commerciales	14
1. Traitement en fosses septiques	14
2. Traitement en stations d'épuration collective	14
D / Pollution liée au traitement des eaux usées et des boues industrielles	14
E / Compostage et méthanisation	14
<b>V. Émissions liées aux forêts, à l'utilisation et au changement d'affectation des terres</b>	<b>15</b>
A / Évolution du patrimoine forestier et des autres stocks de biomasse ligneuse	15
B / Émissions ou séquestration de CO <sub>2</sub> par le sol dues au changement d'affectation des terres et à leur gestion	15
C / Émissions de CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O liées à la combustion sur site des forêts	16
<b>VI. Annexes</b>	<b>17</b>

# I. Introduction



Répartition des émissions de GES en France, 2007  
Source: Chiffres clés du climat, France et Monde, édition 2010 (SOEs)

Les modes de production et d'utilisation de l'énergie sont à l'origine d'environ 70 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) françaises. Les autres sources d'émissions, constituant 30 % du bilan national, sont d'origine non énergétique. Pour certains secteurs, l'exercice d'estimation des émissions de GES n'a de sens qu'en intégrant l'ensemble des sources d'émissions, au-delà de la combustion d'énergie fossile : les émissions liées aux autres sources constituant une part significative de leur impact.

C'est le cas des secteurs de l'industrie, de l'agriculture et de la gestion des déchets : ces trois secteurs d'activités présentent en effet de forts enjeux liés aux émissions d'origines non énergétiques comme le montre le graphique ci-contre.

Le présent cahier technique vise à fournir les éléments et ressources clés permettant de mener à bien une estimation des émissions de GES des secteurs de l'industrie, de l'agriculture et des déchets au niveau régional. Il s'agit d'un document de base, qui pourra être complété à l'avenir par d'autres publications produites au sein du réseau OTEC.

Les éléments contenus dans ce cahier technique portent sur l'ensemble des six gaz à effet de serre retenus dans le protocole de Kyoto : le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ), certains gaz fluorés (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>).

Pour rappel, la contribution à l'effet de serre est différente pour chacun de ces gaz. L'indicateur utilisé pour comparer les gaz entre eux est le « pouvoir de réchauffement global » (cf. annexe I pour une définition du PRG).

Les exercices de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre issues des secteurs visés par ce cahier présentent un fort degré d'incertitude au niveau local du fait de plusieurs facteurs :

- **la grande diversité des sources d'émissions** rend la collecte de données complexe et nécessite souvent une approche par valeurs moyennes nationales ;
- **les facteurs d'émissions correspondant à ces sources** sont établis au niveau international ou national et ne correspondent pas toujours à la réalité du terrain. Toutefois, en France, une grande partie des données utilisées au niveau national sont basées sur la prise en compte de spécificités de certaines sources/produits. Il peut être judicieux de chercher à se rapprocher de l'organisme chargé des inventaires nationaux (CITEPA) pour examiner les possibilités de réutilisation de données locales déjà prises en compte. De même, d'autres organismes (AASQA) détiennent également des données locales ainsi que l'INS (Inventaire National Spatialisé<sup>1</sup>) prochainement disponible (MEDDTL/DGEC) ou encore des registres tel que l'E-PRTR (cf. MEDDTL/DGPR) y compris pour les émissions des installations sous quotas. L'utilisateur devra rester vigilant car tous ces rapports ont leurs spécificités pouvant créer des écarts entre les résultats affichés (exemple : biomasse, gaz sidérurgiques, etc.).

Par ailleurs, les PRG des gaz à effet de serre hors  $\text{CO}_2$  sont estimés valides à  $\pm 30\%$  par le Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : les résultats d'un bilan des émissions de GES hors énergie doivent par conséquent être considérés comme des ordres de grandeur.

## Documents de référence

Le document de référence pour les méthodologies d'estimation et les facteurs d'émission des différentes sources de GES présentés dans ce cahier technique est la dernière publication du Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : les « Lignes directrices », parues en 2006. Un deuxième document peut être utilisé comme référence au niveau régional : le rapport « Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France » (OMINEA) du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), mis à jour chaque année au 1<sup>er</sup> trimestre. Ce rapport, bien que plus récent, se fonde sur l'adaptation aux caractéristiques nationales des anciennes lignes directrices du GIEC, datant de 1996 car l'application des Lignes Directrices 2006 du GIEC n'est pas encore formellement adoptée par les Nations unies dans le cadre de la Convention et du protocole de Kyoto, en particulier, pour éviter tout artefact méthodologique susceptible de biaiser les engagements souscrits. L'impact des différentes versions de Lignes Directrices est faible au niveau français excepté pour quelques cas (exemple : les sols agricoles) car la France développe très majoritairement des méthodes nationales spécifiques. Les travaux menés au niveau régional, notamment par l'Observatoire Régional de l'Environnement de Bourgogne (OREB) et l'Observatoire Régional de l'Énergie et des Gaz à Effet de Serre de Rhône-Alpes (OREGES RA), alimentent également ce cahier technique.

<sup>1</sup> INS couverture France métropolitaine et DOM, résolution 1 x 1 km<sup>2</sup>, 1 heure



## II. Émissions liées à l'industrie

Cette catégorie regroupe l'ensemble des activités industrielles pour lesquelles le procédé utilisé sera à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre. Les émissions résultant de la combustion d'énergie fossile dans le cadre d'un process industriel sont évoqués dans une troisième partie.

**NB** : conformément aux lignes directrices du **GIEC** et par convention, toutes les émissions de HFC, PFC et SF<sub>6</sub>, y compris celles se produisant dans les secteurs non industriels (fuites de gaz de climatisation par exemple), sont comptabilisées dans le secteur « procédés industriels ». Les émissions liées à la consommation de ces gaz font donc l'objet d'une partie spécifique.

### A / Émissions liées aux procédés industriels

Le tableau ci-dessous présente les branches industrielles dont les procédés de production sont fortement émetteurs de gaz à effet de serre, définies par le GIEC (Volume 3 – Procédés industriels et utilisation des produits). Pour chacune, sont indiquées la méthodologie nationale de calcul des émissions et les sources potentielles d'information existantes au niveau régional.

Ces données collectées par les DREAL auprès de toutes les installations classées<sup>2</sup> sont consolidées dans une base nationale avec accès gratuit au registre des émissions polluantes. Ces informations sont accessibles de différentes manières : par type d'émission, par site, ou par territoire (allant de la commune à la Région), avec possibilité d'exporter les résultats au format Excel. La base de données ne contient que les données des installations classées soumises à autorisation.

Branches Industrielles	Gaz	Méthodologie nationale	Sources d'information au niveau régional
<b>INDUSTRIE MINÉRALE</b>			
Production de ciment (mâchefer)	CO <sub>2</sub>	Émissions de CO <sub>2</sub> calculées au moyen de facteurs d'émission déterminés par la profession et sur la base des statistiques de production nationale. Exemples : FE <sub>ciment</sub> = 0,52 tCO <sub>2</sub> /t <sub>mâchefer</sub> FE <sub>chaux</sub> = 0,75 tCO <sub>2</sub> /t <sub>chaux</sub> FE <sub>verre</sub> = 0,20 tCO <sub>2</sub> /t <sub>verre</sub>	Enquête CO <sub>2</sub> pour l'allocation des quotas d'émissions – (DREAL)
Production de chaux	CO <sub>2</sub>		
Production de verre	CO <sub>2</sub>		
Autres utilisations des carbonates dans les procédés (céramique, autres utilisations de la soude, production non métallurgique de magnésium)	CO <sub>2</sub>		
<b>INDUSTRIE CHIMIQUE</b>			
Production d'ammoniac	CO <sub>2</sub>	Émissions déterminées par une approche « bottom-up » à partir des données communiquées par les industriels ou les DREAL (déclarations annuelles des émissions de polluants) Exemples : FE <sub>ammoniac</sub> = 1,694 tCO <sub>2</sub> /t <sub>ammoniac</sub> (usines modernes, Europe) FE <sub>acide nitrique</sub> = 9 kg N <sub>2</sub> O/t <sub>acide nitrique</sub>	Déclaration annuelle des émissions de polluants – (DREAL)
Production d'acide nitrique	N <sub>2</sub> O		
Production d'acide adipique	N <sub>2</sub> O		
Production de caprolactame, de glyoxal et d'acide glyoxylique'	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O		

<sup>2</sup><http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php>

INDUSTRIE DU MÉTAL																					
Production d'acier et de ferro-alliages	CO <sub>2</sub>	<p>Émissions de CO<sub>2</sub> calculées au moyen de facteurs d'émission déterminés par la profession et sur la base des statistiques de production nationale.</p> <p>Exemples :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">FE (teqCO<sub>2</sub>/t alliage ferreux)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ferro-silicium à 45% de Si</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Ferro-silicium à 65 % de Si</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>Ferro-silicium à 75% de Si</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>Ferro-silicium à 90% de Si</td> <td>4,8</td> </tr> <tr> <td>Ferro-manganèse (7% de C)</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>Ferro-manganèse (1% de C)</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>Sillicomanganèse</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td>Métal de silicium</td> <td>5,0</td> </tr> </tbody> </table>	FE (teqCO <sub>2</sub> /t alliage ferreux)		Ferro-silicium à 45% de Si	2,5	Ferro-silicium à 65 % de Si	3,6	Ferro-silicium à 75% de Si	4,0	Ferro-silicium à 90% de Si	4,8	Ferro-manganèse (7% de C)	1,3	Ferro-manganèse (1% de C)	1,5	Sillicomanganèse	1,4	Métal de silicium	5,0	Enquête CO <sub>2</sub> pour l'allocation des quotas d'émissions – (DREAL)
FE (teqCO <sub>2</sub> /t alliage ferreux)																					
Ferro-silicium à 45% de Si	2,5																				
Ferro-silicium à 65 % de Si	3,6																				
Ferro-silicium à 75% de Si	4,0																				
Ferro-silicium à 90% de Si	4,8																				
Ferro-manganèse (7% de C)	1,3																				
Ferro-manganèse (1% de C)	1,5																				
Sillicomanganèse	1,4																				
Métal de silicium	5,0																				
Production d'aluminium	CO <sub>2</sub> , PFC	<p>Émissions déterminées par une approche « bottom-up » à partir des données communiquées par les industriels ou les DREAL (déclarations de rejets de polluants)</p> <p>Exemple :</p> $FE_{\text{aluminium}} = 1,6 \text{ teqCO}_2/\text{t}_{\text{aluminium}}$ <p>(technologie pré-cuisson)</p>	Déclaration annuelle des émissions de polluants – (DREAL)																		
Production d'autres métaux (magnésium, plomb, zinc)	CO <sub>2</sub>		Enquête CO <sub>2</sub> pour l'allocation des quotas d'émissions – (DREAL)																		
	SF <sub>6</sub>	Des productions notamment au niveau de la combustion mais également parfois du procédé	Actuellement, les émissions de SF <sub>6</sub> ne sont plus à prendre en compte avec l'évolution des procédés, sauf à chercher à déterminer une évolution rétrospective.																		

#### Autres secteurs :

- Certains secteurs agro-alimentaires (production de vin, de pain, de bière) sont à l'origine d'émissions de CO<sub>2</sub> liées à la fermentation de produits agricoles : ces émissions entrent dans le cycle court du carbone et ne sont donc pas comptabilisées dans les inventaires nationaux.
- Les émissions liées à la production des halocarbures et SF<sub>6</sub> : seulement 2 sites de production de HFC et PFC existent en France (Tavaux et Pierre Bénite).

## B / Émissions des gaz fluorés<sup>3</sup> : HFC, PFC, SF<sub>6</sub>

Ces gaz utilisés dans de nombreuses applications industrielles sont également consommés dans d'autres secteurs (exemple : usage de la climatisation dans le tertiaire). Ils seront malgré tout par convention intégrés dans la partie « émissions du secteur industriel » dans le bilan global.

La liste des GES à prendre en compte dans le cadre du protocole de Kyoto n'inclut pas certains gaz frigorigènes (comme les CFC par exemple) qui ont pourtant un impact sur le réchauffement climatique. Ces derniers ne sont pas présentés ici pour des raisons de simplicité ; **il est cependant évident qu'au niveau local un plan d'actions sur les équipements réfrigérants se fera quel que soit le fluide utilisé.**

Les données d'utilisation de ces gaz sont diffuses et difficilement quantifiables au niveau régional : l'estimation se fait en général à partir de ratios nationaux moyens.

### ■ Émissions liées à la consommation de HFC

Les HFC (hydrofluorocarbures) constituent des produits de substitution aux CFC (interdits de production depuis 1995, en raison de leur impact sur la couche d'ozone) : ils sont principalement utilisés dans les aérosols et les systèmes de réfrigération et climatisation.

#### - Usage en réfrigération et climatisation

Pour le **froid domestique**, la répartition peut être faite par défaut (résultat obtenu soumis à une forte marge d'erreur) à partir d'un ratio par habitant : 1 875 gCO<sub>2</sub>e/hab en 2007<sup>4</sup>.

Pour le **froid commercial**, la répartition peut être faite à partir de la part des établissements « grandes surfaces et commerces à prédominance alimentaire et magasins d'alimentation » dans la région par rapport au national (en nombre, en surface ou en chiffre d'affaires, en fonction des données disponibles) : on multiplie cette part par les émissions nationales françaises, estimées en 2007 à 3 130 kt CO<sub>2</sub>e.

Pour les transports frigorifiques, deux sous-secteurs sont concernés :

- le transport maritime : reefers (bateaux frigorifiques) et conteneurs réfrigérés ;
- le transport routier : systèmes frigorifiques poulies-courroies et systèmes frigorifiques autonomes.

On ne traitera ici que des émissions liées aux transports routiers.

Les données suivantes pourront être utilisées<sup>2</sup> : en 2007, les émissions de HFC en France pour le transport routier s'élèvent à 450 kt CO<sub>2</sub>e. Une clé de répartition au prorata de la consommation de carburant pour le transport routier de marchandises de la région par rapport à la consommation nationale pourra être utilisée après réactualisation pour l'année considérée (cette valeur est sensible à divers paramètres dont la nature des composés en fonction de leur PRG).

Pour la **climatisation embarquée** (véhicules personnels, utilitaires légers, véhicules industriels, cars, bus et trains), les émissions de HFC en 2007 s'élèvent à 2 709 kt CO<sub>2</sub>e au niveau national. On peut attribuer les émissions de la région au prorata de sa consommation de carburant par rapport à la consommation nationale.

Pour le **froid industriel**, les émissions s'élèvent en 2007 à 1 740 kt CO<sub>2</sub>e au niveau national. Le froid industriel est dominé par le secteur agroalimentaire (67% des émissions) mais inclut également les procédés industriels (industrie chimique principalement, mais aussi pharmacie, caoutchouc..., 31% des émissions) et les patinoires (2% des émissions). Une clé de répartition pourra être appliquée pour l'estimation des émissions au niveau régional.

Pour la **climatisation du secteur tertiaire**, on distingue la catégorie « climatisation à air » de la catégorie « Groupes Refroidisseurs d'Eau (GRE ou chillers) » (dont on ne considère par convention que 2/3 des émissions, le reste étant comptabilisé dans le secteur industriel). Les émissions de HFC en France en 2007 s'élèvent respectivement à 420 et 313 kt CO<sub>2</sub>e. Là encore un calcul au prorata pourra être établi pour l'estimation des émissions de ce secteur au niveau régional.

Pour les émissions liées aux **systèmes de pompes à chaleur résidentielles** (utilisant des fluides frigorigènes), on pourra se référer aux données nationales et appliquer un ratio par habitant. Selon les dernières estimations (ARMINES), les émissions liées aux PAC pour 2008 s'élèvent à 53 kt eq. CO<sub>2</sub>, 9kt eq.CO<sub>2</sub> étant dues aux HCFC et 44 kt eq.CO<sub>2</sub> aux HFC.

<sup>3</sup>Cette partie reprend la méthodologie utilisée par Alterre Bourgogne et présentée dans le rapport « Les émissions de gaz à effet de serre de la Bourgogne en 2007 : méthodologie et résultats » (septembre 2009).

<sup>4</sup>Source :ADEME, Étude réalisée par Armines pour le compte de l'ADEME, inventaire des émissions des fluides frigorigènes pour l'année 2007 et leurs prévisions d'évolutions jusqu'en 2022, France, février 2010. Synthèse disponible sur [ademe.fr](http://ademe.fr), rubrique médiathèque.

### - Principaux autres usages

En l'absence de source locale, il est possible d'utiliser des ratios nationaux (même si cette méthode fournira des résultats approximatifs). Les ratios suivants (CITEPA/OMINEA 2007) donnés à titre d'exemple font l'objet de mise à jour annuelle :

- aérosols : ratio de 49,8 kg CO<sub>2</sub>e/hab ;
- mousses : ratio de 9 kg CO<sub>2</sub>e/hab ;
- matériel de lutte contre les incendies : ratio de 2 kg CO<sub>2</sub>e/hab ;
- utilisation de solvants : ratio de 249,7 kg CO<sub>2</sub>e/hab.

### ■ Émissions liées à la consommation de SF<sub>6</sub>

Le SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre) est utilisé comme diélectrique et agent de coupure dans le parc électrique RTE (EDF + autres acteurs). Les émissions liées à cette utilisation proviennent de deux sources :

- usage dans le parc installé : on peut utiliser ici un ratio par défaut de 9,1 g CO<sub>2</sub>e/hab (CITEPA 2007).
- charge des équipements en usine : les sites concernés sont connues de la DREAL, qui pourra fournir les données d'émissions de SF<sub>6</sub>.

Le SF<sub>6</sub> peut également être employé lors d'utilisations industrielles spécifiques. La DREAL pourra

éventuellement fournir les sites concernés et leurs données d'émissions de SF<sub>6</sub>.

### ■ Émissions liées à la consommation de PFC

Les PFC (perfluorocarbures) sont utilisés dans l'industrie, principalement pour l'électrolyse de l'aluminium, mais aussi dans l'industrie électronique. Les émissions de PFC liées à la consommation de ces gaz sont disponibles auprès de la DREAL.

## C / Émissions d'origine énergétique

Ces émissions recouvrent deux sources principales :

- l'utilisation directe de combustibles, fossiles ou d'origine organique, pour le chauffage, les procédés industriels, ou la production d'électricité ou de vapeur pour compte propre ;
- l'électricité et la vapeur achetées, y compris pour le chauffage.

Le manuel d'utilisation de l'outil « Bilan Carbone® » Territoire précise les différentes sources de données pouvant être mobilisées pour établir une estimation des émissions de l'industrie d'origine énergétique (cf. tableau ci-dessous).

Source	Nature de l'information disponible	Remarques
Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS)	Données de production et de consommation par grands secteurs d'activités à l'échelle régionale	Les données disponibles à ce jour concernent l'année 2008. Par ailleurs elles ne vont pas en dessous du niveau régional.
DREAL	Base de données nationale avec accès gratuit au registre des émissions polluantes. Ce registre est issu de la consolidation des données fournies aux DRIRE par toutes les installations classées <sup>5</sup> .	Les données sont accessibles de différentes manières : par type d'émission, par site, ou par territoire (allant de la commune à la Région), avec possibilité d'exporter les résultats au format Excel. La BDD ne contient que les données des installations classées soumises à autorisation.
CEREN via les directions régionales de l'ADEME	Pour chacune des régions, les informations suivantes sont disponibles par type d'énergie principale de chauffage, par type de logement (maison individuelle, logement collectif), année de construction et type d'usage (chauffage, ECS, cuisson, électricité spécifique) : <ul style="list-style-type: none"> <li>• nombre de ménages</li> <li>• consommations d'énergie finale en KWh</li> <li>• consommations d'énergie finale unitaire en kWh par mètre carré</li> </ul>	Voir Cahier technique n°2 sur le résidentiel tertiaire
CITEPA	Inventaire régional des émissions de GES (par gaz), mise à jour en avril 2006 <sup>6</sup> . Ces données incluent les émissions liées aux transports, calculées à partir d'un traitement de données INSEE et de l'Équipement.	Les données publiques ne concernent que le niveau régional. Les niveaux inférieurs doivent être commandés.

<sup>5</sup><http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php>

<sup>6</sup>[www.citepa.org](http://www.citepa.org)



# III. Émissions liées aux activités agricoles

La culture des sols et l'élevage sont à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre d'origine non énergétique :

- la culture des sols engendre des émissions principalement dues aux réactions consécutives à l'utilisation de fertilisants ;
- l'élevage se traduit par des émissions liées, d'une part, à la fermentation entérique et, d'autre part, aux réactions chimiques engendrées par les déjections animales.

Plusieurs outils/documents de référence ont été conçus pour calculer spécifiquement les émissions liées aux activités agricoles :

- l'outil Dia'terre®, développé par l'ADEME et ses partenaires agricoles<sup>7</sup>, à destination des exploitations agricoles ;
- l'outil du projet CLIMATERRE (nom provisoire), développé par l'ADEME, à destination des territoires ;
- le guide méthodologique GES'TIM, réalisé par les instituts techniques agricoles des productions animales (Institut de l'élevage, IFIP, ITAVI) et végétales (ARVALIS Institut du Végétal, CETIOM, ITB).

En tout état de cause, le calcul de ces émissions nécessite notamment de collecter les données relatives aux effectifs des différentes catégories de bétail (cheptel) et les données d'assolement, disponibles auprès des directions régionales de l'agriculture et de la forêt (DRAF) et de la statistique agricole annuelle **AGRESTE** du Ministère de l'Agriculture.

## A / Émissions de méthane issues de la fermentation entérique

Dans les différentes espèces animales, les processus digestifs conduisent à l'émission de quantités très variables de méthane, suivant le type d'animal, son âge... Les émissions de méthane dues à la fermentation entérique des animaux d'élevage sont déterminées au moyen de facteurs d'émissions relatifs à chaque espèce animale : les ânes, les caprins, les chevaux, les ovins, les porcs à l'engrais, les truies et les bovins. Au niveau régional, il s'agit donc de collecter des informations relatives aux cheptels pour établir une estimation des émissions de méthane issues de la fermentation entérique.

Au niveau national, les facteurs d'émissions sont tirés des travaux de l'**INRA**, dont la dernière étude remonte à 2008 (VERMOREL, Évaluation quantitative des émissions de méthane entérique par les animaux d'élevage en 2007 en France). Ces facteurs sont mis à jour régulièrement pour tenir compte de l'évolution des espèces et de leur alimentation, notamment des vaches laitières dont la part relative est prépondérante.

**Les valeurs de référence sont les suivantes :**

À noter que pour les volailles, les facteurs d'émissions de CH<sub>4</sub> de la fermentation entérique sont supposés nuls.

\* Valeur moyennes variables selon les années.

Cheptel	Kg CH <sub>4</sub> /tête
Vaches laitières	117,7
Bovins ruminants	68,1*
Ânes	12,1
Caprins	11,9*
Chevaux	21,4
Ovins	7,3*
Porcs à l'engrais	0,86*
Truies	3,01*

<sup>7</sup> Les partenaires ayant contribué à l'élaboration de Dia'terre® (2010) sont les suivants : ADEME, Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, ACTA, AgroSup Dijon, APCA avec les Chambres d'Agriculture, ARVALIS Institut du végétal, CTIFL, FNCIVAM, FNCUMA, IFIP Institut du Porc, IFV, INRA, Institut de l'Élevage, ITAVI, SOLAGRO. Cet outil s'inscrit dans la suite des outils existants, dont PLANETE.



## B / Émissions de méthane issues de la gestion des déjections animales

Les émissions de méthane résultant de la gestion des déjections animales sont dues à la décomposition de celui-ci dans des conditions anaérobies. Elles sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque espèce animale. La formule de calcul proposée par le **GIEC** pour déterminer ces émissions est la suivante :

$$FE = (SV \times 365) \times [Bo \times 0,67 \text{ kg/m}^3 \times \text{somme} (FCM \times SG)]$$

Avec :

- SV : solides volatils excrétés quotidiennement (kg/jour) ;
- Bo : capacité de production maximale de CH<sub>4</sub> (m<sup>3</sup>/kg de SV) ;
- FCM : facteur de conversion en CH<sub>4</sub> du système de gestion du fumier (%) ;
- SG : occurrence des systèmes de gestion des déjections (système liquide, épandage journalier, système solide, pâture et autres) ;
- 0,67 est le facteur de conversion de m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> en kilogrammes de CH<sub>4</sub>.

Les valeurs pour SV, Bo et FCM sont fournies par défaut par le GIEC. Les valeurs de SG sont particulières à chaque pays : en France, le Service central des Enquêtes et Études statistiques fournit ces données à partir de l'enquête « Bâtiments d'élevage ». Les facteurs d'émissions calculés à partir de cette formule sont fournis par le **CITEPA** :

Cheptel	Kg CH <sub>4</sub> /tête
Vaches laitières	18,3
Autres bovins	20,0*
Ânes	1,2
Caprins	0,2
Chevaux	2,1
Ovins	0,3
Porcs à l'engrais	21,2
Poules	0,1
Poulets	0,1
Autres volailles	0,1
Truies	17,2*

\*Le facteur d'émission pour les autres bovins est variable selon la part des génisses dans le cheptel, la valeur donnée correspond à la moyenne pour l'année 2006 (de même le facteur d'émission pour les truies dépend de la part des jeunes truies).

Ces données sont mises à jour chaque année, certaines ne sont pas modifiées tant qu'elles restent pertinentes.

## C / Émissions de protoxyde d'azote imputables aux systèmes de gestion des déjections animales

Outre le méthane, la gestion des déjections animales est également à l'origine d'émissions de protoxyde d'azote. Au niveau national, la méthode utilisée est celle développée par le GIEC. Les émissions sont calculées en multipliant pour chaque type de bétail, la quantité totale d'azote excrété dans chaque système de gestion des effluents par un facteur d'émission approprié.

Le calcul concerne uniquement les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du stockage des déjections (bassins anaérobies, systèmes liquides, stockage des déchets solides et des autres systèmes, avant leur épandage sur le sol). Les émissions imputables à l'épandage des déjections doivent être prises en compte dans la partie relative aux cultures.

Le rapport **OMINEA** du CITEPA ne fournit pas de valeurs correspondant à la méthodologie proposée par le GIEC. On pourra donc se reporter à cette dernière pour réaliser le calcul (cf. références en fin de cahier).

## D / Émissions de protoxyde d'azote liées à la culture des sols

**NB** : de fortes incertitudes pèsent sur les émissions de N<sub>2</sub>O des sols, en raison de l'importante variabilité dans le temps et dans l'espace de ces émissions. Celles-ci dépendent en effet de plusieurs variables : la température, la teneur en eau et en azote minéral des sols, les facteurs climatiques, le fonctionnement microbien des sols, les pratiques agricoles.

Les sols produisent naturellement du N<sub>2</sub>O à la suite des processus microbiens de nitrification et dénitrification. Un certain nombre d'activités agricoles (épandage d'engrais, d'effluents d'élevage, de boues de stations d'épuration, enfouissement des résidus de cultures, pâture du bétail) ajoutent de l'azote dans les sols et augmentent la quantité d'azote disponible pour la nitrification et la dénitrification, et à terme, le volume des émissions de N<sub>2</sub>O. Les émissions de N<sub>2</sub>O liées aux activités agricoles se produisent par **voie directe**, directement après apport d'azote dans les sols et par **voie indirecte**, par volatilisation et dépôt ultérieur, et par lixiviation et écoulement.

La méthodologie utilisée par le GIEC pour déterminer ces émissions est relativement complexe. Des facteurs d'émissions par défaut sont proposés qui pourront être utilisés en première approche (cf. références en fin de cahier).

## E / Émissions liées aux consommations de combustible et d'électricité

Les consommations de combustibles (gaz naturel, fioul, gazole...) et d'électricité du secteur agricole résultent de deux usages principaux :

- L'utilisation des engins agricoles (tracteurs, moissonneuses batteuses, etc.) ;
- Le chauffage des bâtiments et des serres le cas échéant.

Au niveau régional, il est possible de récupérer les consommations énergétiques agricoles annuelles auprès du SOeS<sup>8</sup> : produits pétroliers (ktep), gaz naturel et électricité haute tension (ktep et GWh). Les émissions correspondantes sont obtenues en multipliant ces consommations par les facteurs d'émission de l'ADEME<sup>9</sup> appropriés (notamment par le facteur spécifique utilisé pour l'électricité du secteur agricole).

Énergie	Facteur d'émission	
	Kg CO <sub>2</sub> /tep	g CO <sub>2</sub> /kWh
Produits pétroliers (gazole)	3469	301
Gaz naturel	2698	231
Électricité haute tension (agriculture)	–	38

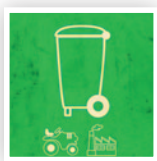
Au niveau infra-régional, on peut utiliser les facteurs d'émissions moyens fournis par le Bilan Carbone<sup>®</sup> de l'ADEME.

Pour les consommations de combustibles des engins agricoles, l'ADEME fournit des facteurs d'émission moyens à partir des pratiques en vigueur pour chaque type de culture (blé dur, blé tendre, colza, tournesol...). En première approche, on pourra donc multiplier ces facteurs par le nombre d'hectares cultivés pour chaque culture.

Les émissions liées à l'utilisation de combustibles pour le chauffage des serres peuvent être estimées grâce à des facteurs d'émission différenciés pour les activités de maraîchage et d'horticulture. Ces facteurs doivent être multipliés par la surface de serres, exprimée en m<sup>2</sup> pour obtenir les émissions. Ces facteurs sont différenciés par grand bassin de production : Bretagne, Val de Loire, Sud-ouest, Bassin Rhône Méditerranée (BRM) pour le maraîchage ; Ouest et Méditerranée pour l'horticulture. Des facteurs moyens nationaux sont disponibles pour la culture des fraises et l'horticulture.

Les données nécessaires à ces calculs (surfaces de cultures, de serres) peuvent être obtenues auprès des organisations agricoles locales, des directions départementales de l'agriculture et de la base AGRESTE, accessible en ligne<sup>10</sup>.

<sup>8</sup>Disponible sur [www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr](http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr) Rubrique Énergie > Statistiques toutes énergies France et régions métropolitaines  
<sup>9</sup>Source : Bilan Carbone v6, 2009  
<sup>10</sup>[www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr)



## IV. Émissions liées à la gestion des déchets

Différents procédés de gestion des déchets peuvent engendrer des émissions de gaz à effet de serre :

- l'enfouissement en installation de stockage de déchets (ISD), couramment appelé décharge ;
- l'incinération ;
- autres traitements (épandage, compostage...).

Ils diffèrent suivant la nature des déchets : les déchets ménagers traités en centres collectifs (centre de stockage, unité d'incinération, plate-forme de compostage, unité de méthanisation), les déchets industriels spéciaux, les eaux usées domestiques et industrielles.

Cette partie présente les méthodes d'estimation des émissions liées aux différents processus de gestion des déchets. Les émissions liées à d'autres activités du secteur de la gestion des déchets ne sont pas intégrées ici, soit parce qu'elles sont négligeables (consommation d'énergie du secteur), soit parce qu'elles sont déjà intégrées dans d'autres cahiers techniques (exemple : la consommation d'énergie liée à la collecte sera comptabilisée, même si difficilement repérable dans le secteur transport).

### Zoom sur la comptabilisation des effets bénéfiques de la valorisation matière des déchets

«La gestion des déchets comporte également certains leviers spécifiques. En effet, les valorisations matière et énergétique de déchets ont également une contribution bénéfique : l'énergie produite par certains dispositifs de gestion de déchets (incinération avec valorisation énergétique, méthanisation, ...) ou les matières premières secondaires (matières extraites de déchets) obtenues à l'issue des étapes de tri et récupération permettent, par substitution et tout en éliminant les déchets, d'éviter le recours à des sources d'énergie « classiques » ou à des procédés de transformations de matières premières vierges.

La quantification de ces bénéfices suppose cependant de comptabiliser des « émissions évitées » liées aux différentes valorisations. Cette approche, qui s'appuie sur des conventions, est largement utilisée dans les analyses de type "cycle de vie" et pour effectuer le bilan global d'actions concernant les déchets. Elle ne s'inscrit cependant pas dans des approches strictement basées sur des quantifications d'émissions et n'est donc pas abordée dans ce cahier.»

### A / Installations de stockage de déchets solides

La dégradation des déchets dans les décharges entraîne un dégagement progressif de méthane (dû aux conditions anaérobies) et, de CO<sub>2</sub><sup>11</sup> (lorsque les déchets ne sont pas compactés) dans l'atmosphère. Elle s'explique par la décomposition de la composante organique fermentescible (carbone organique dégradé, COD) des déchets sur plusieurs décennies.

Si les conditions sont constantes, le taux de production du CH<sub>4</sub> dépend uniquement du volume de carbone résiduel dans les déchets. Par conséquent, les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de déchets déposés dans une décharge, sont plus élevées pendant les premières années de leur dépôt avant de diminuer progressivement au fur et à mesure que le carbone dégradé du déchet est consommé par les bactéries responsables de la décomposition.

<sup>11</sup>Ce CO<sub>2</sub> n'est pas comptabilisé (cycle court) mais il est systématiquement émis.

La méthode d'estimation des émissions correspondante requiert des données historiques sur plusieurs décennies sur la production et les méthodes de gestion des déchets et peut être difficile à mettre en œuvre au niveau régional. Elle est décrite de manière très précise dans le document du CITEPA « Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France » (cf. référence en fin de cahier). L'ADEME a également publié un guide de calcul des émissions de polluants (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) dédié aux exploitants de centre de stockage de déchets ménagers qui pourra être utilisé pour aller plus loin sur ce sujet.

En l'absence des données historiques nécessaires à la méthodologie CITEPA, ou à l'application du guide ADEME, une alternative consiste à suivre la méthodologie fournie par le GIEC, qui repose sur la formule suivante :

$$\text{Émission de méthane (Gg/an)} = (\text{DSM}_d \times \text{COD} \times \text{FCM} \times \text{F} \times 16/13 - \text{R}) \times (1 - \text{OX})$$

La quantité et la nature des déchets solides municipaux (déchets ménagers ou assimilés) mis en décharge (DSM<sub>d</sub>) peuvent être fournies par l'enquête ITOMA de l'ADEME ou bien disponibles auprès de l'Observatoire régional des déchets dans certaines régions.

Le carbone organique dégradable (COD) de ces déchets peut être estimé d'après le facteur national : 99 kg/t.

Cette valeur est ensuite multipliée par le facteur de correction de méthane (FCM). En l'absence de données détaillées, le GIEC propose les valeurs par défaut suivantes : 1 pour les systèmes d'élimination gérés en anaérobie ; 0,5 pour ceux gérés en semi-anaérobie et 0,8 pour les systèmes non gérés profonds (> 5m de déchets). Les professionnels de la gestion des déchets n'utilisent pas couramment cette distinction mais les structures correspondent généralement à du non géré profond ou anaérobie.

Cette masse de COD décomposable est ensuite multipliée par le coefficient de la fraction de CH<sub>4</sub> contenu dans le gaz produit dans les décharges (F), auquel le GIEC attribue la valeur par défaut de 0,5, et le ratio de conversion du carbone en CH<sub>4</sub> : 16/12.

Une fois le volume de méthane produit par la décomposition des déchets calculé, on lui retranche le méthane récupéré pendant l'année (R), soit à travers

les torchères, soit au moyen de procédés de récupération pour des usages énergétiques, et on le multiplie par un facteur (1-OX), OX étant le facteur d'oxydation du méthane.

- Les données sur R peuvent être recueillies auprès des centres d'enfouissement techniques. En règle générale, on considère qu'environ 70% du méthane produit peut être récupéré pour des ISD modernes. Ce taux semble pouvoir monter au-delà (80-90%) pour des décharges exploitées en bioréacteur.
- Au niveau national, un facteur de 0,1 est utilisé pour OX.

Cette méthode par défaut n'est valable que dans des conditions très particulières : quantité et composition des déchets enfouis quasiment constantes au cours du temps, pratiques de stockage (modes d'exploitation, performances de captage, ...) inchangées.

En conséquence, la méthodologie GIEC génère de fortes incertitudes sur le résultat. Il est par conséquent souhaitable, dans un objectif d'amélioration des bilans GES des ISD, de mettre en place un dispositif de suivi des informations nécessaires à l'application de la méthode proposée par le CITEPA.

## B / Incinération des déchets

L'incinération de déchets est à l'origine d'émissions de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O.

### 1. Unité d'incinération des ordures ménagères (UIOM)

**NB** : certaines UIOM sont équipées de systèmes de récupération de l'énergie et sont par convention intégrées dans la comptabilité GES du secteur énergétique dans la méthodologie du CITEPA. Les émissions de ces UIOM (dont les facteurs sont les mêmes que pour les UIOM sans récupération) peuvent également être comptabilisées dans d'autres secteurs, il conviendra de veiller à le définir en amont pour éviter les double comptes.

Les UIOM sont émettrices de CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O. Selon les recommandations du GIEC, les émissions de CO<sub>2</sub> issues de la fraction organique des déchets (papier, déchets alimentaires, bois,...) ne sont pas prises en compte.

Seules les émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'incinération du carbone dans les déchets d'origine fossile (plastiques, certains textiles, caoutchouc, solvants liquides...) sont incluses.

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émissions nationaux présentés dans le rapport **OMINEA** du CITEPA :

- 384 kg CO<sub>2</sub> / tonne d'ordures ménagères incinérées ;
- 31 g N<sub>2</sub>O / tonne d'ordures ménagères incinérées, facteur issu du guide EMEP/**CORINAIR**.

## 2. Incinération de boues de traitement des eaux

Les boues issues du traitement des eaux sont éliminées soit via une valorisation agricole (épandage) soit via incinération. L'incinération des boues est à l'origine d'émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O. Selon les recommandations du GIEC, les émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'incinération des boues ne sont pas prises en compte.

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émissions présentés dans le rapport **OMINEA** du CITEPA et appliqués aux quantités de boues incinérées, disponibles auprès de la DREAL (déclarations rejets industriels) :

- 390 g CH<sub>4</sub>/tonne de boues incinérées ;
- 800 g N<sub>2</sub>O/tonne de boues incinérées ;

## 3. Incinération des déchets hospitaliers

Les émissions de CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O au niveau national sont faibles. En revanche, ces émissions pourront être non négligeables au niveau d'un territoire équipé d'un incinérateur pour ce type de déchets.

Dans le cas où les données relatives aux quantités de déchets sont accessibles, les facteurs d'émissions pouvant être appliqués sont les suivants (source **OMINEA**) :

- 880 kg CO<sub>2</sub>/tonne.
- 60 g N<sub>2</sub>O/tonne.

## 4. Incinération des déchets industriels

Les déchets industriels spéciaux sont incinérés soit dans des centres spécifiques soit in situ par les usines produisant ce type de déchets. L'incinération des déchets industriels est à l'origine d'émissions de CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O. Les quantités incinérées in situ et les émissions correspondantes sont connues annuellement via les déclarations annuelles des émissions de polluants (DRIRE). Les quantités incinérées dans des centres spécifiques sont connues par l'ADEME. Dans le cas où seules les quantités de déchets incinérés sont connues, des facteurs d'émissions sont disponibles dans le rapport **OMINEA** du CITEPA.

**NB** : l'incinération des déchets en cimenterie est prise en compte dans les émissions relatives à la production de ciment.

## 5. Feux de déchets agricoles

Cette catégorie inclut :

- les feux ouverts de déchets agricoles végétaux : ces feux engendrent des émissions de CO<sub>2</sub> non prises en compte car émanant de la biomasse et des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O qui sont négligées au niveau régional étant donné les quantités émises.
- les feux de films agricoles usagés : il s'agit des feux de films agricoles usagés. Les films plastiques sont utilisés pour les applications suivantes : les films de serre, le paillage, l'enrubannage et l'ensilage. La quantité annuelle nationale de films plastiques brûlés étant connue, une répartition selon les cheptels bovins et les activités horticoles (données provenant des statistiques agricoles de l'**AGRESTE**) peut être réalisée afin d'estimer les quantités régionales. Un facteur d'émission de 3 143 kg CO<sub>2</sub>/tonne est ensuite appliqué.

## C / Traitement des eaux usées et des boues domestiques et commerciales

Le traitement des effluents contenant une quantité importante de matière organique peut donner lieu à des émissions importantes de méthane ( $\text{CH}_4$ ). De plus, le relargage de l'azote en aval des stations engendre des émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  par des phénomènes de nitrification – dénitrification.

Les traitements en aérobie sont très peu producteurs de méthane. On suppose donc que seules les eaux usées traitées en anaérobie émettent du méthane.

### Deux processus sont concernés :

- les eaux usées traitées par des fosses septiques individuelles ;
- les eaux usées collectées par un réseau d'assainissement collectif et orientées vers une station d'épuration réalisant un traitement en anaérobie : stations d'épuration par méthanisation, lagunage naturel...

#### 1. Traitement en fosses septiques

La méthodologie proposée par le GIEC consiste à estimer la quantité moyenne de matière organique contenue dans les eaux usées et à lui appliquer un facteur d'émission de  $\text{CH}_4$  et de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Cette méthodologie est appliquée au niveau national ; les détails du calcul sont présentés dans le rapport OMINEA du CITEPA. Un coefficient d'émissions par équivalent habitant est déduit pour la France : il s'élève à 4 599 g  $\text{CH}_4$ /éq habitant et 86 g  $\text{N}_2\text{O}$ /éq habitant en 2007 (ces valeurs évoluent chaque année.)

Ce facteur doit être multiplié par la population raccordée à des fosses septiques individuelles, donnée disponible auprès de l'INSEE.

#### 2. Traitement en stations d'épuration collective

La méthodologie proposée par le GIEC consiste à estimer la quantité moyenne de matière organique contenue dans les eaux usées et à lui appliquer un facteur d'émission de  $\text{CH}_4$ . Cette méthodologie est appliquée au niveau national ; il s'élève à 37,6 g  $\text{N}_2\text{O}$ /équivalent habitant et 70 g  $\text{CH}_4$ /habitant pour l'année 2007.

Ce facteur doit être multiplié par la population raccordée à une station d'épuration, donnée disponible auprès de l'INSEE.

## D / Pollution liée au traitement des eaux usées et des boues industrielles

Les émissions de  $\text{CH}_4$  liées aux effluents industriels traités en stations d'épuration collectives peuvent être considérées comme négligeables dans la mesure où ces rejets sont rarement traités par lagunage.

Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  sont estimées au niveau national (OMINEA du CITEPA) à 17 g  $\text{N}_2\text{O}$ /hab/an en 2007.

## E / Compostage et méthanisation

Le compostage et la méthanisation des déchets sont pris en compte dans les nouvelles lignes directrices du GIEC, mais les travaux du CITEPA fournissent des facteurs d'émission plus simples d'utilisation d'après la composition des déchets nationaux.

Le facteur du  $\text{CH}_4$  est considéré comme fixe quel que soit la catégorie de déchet composté : 952 g de  $\text{CH}_4$  / tonne de déchets compostés. Celui du  $\text{N}_2\text{O}$  évolue en fonction de la nature des déchets compostés ; il était de 189 g de  $\text{N}_2\text{O}$  /tonne de déchets compostés en 2007.

L'inventaire national réalisé par le CITEPA prend en compte les installations de production de biogaz mais pas les digesteurs à la ferme. Le biogaz est produit par un processus de fermentation anaérobie des matières organiques animales ou végétales sous l'action de certaines bactéries. Les émissions diffuses résiduelles liées à une récupération incomplètes sont déterminées à partir des quantités produites, d'hypothèses sur les taux de perte et de la composition du biogaz. Le facteur d'émission pour le  $\text{CH}_4$  est estimé à environ 2 678 g  $\text{CH}_4$ /tonne de déchets méthanisés et correspond à celui des ordures ménagères.



# V. Émissions liées aux forêts, à l'utilisation et au changement d'affectation des terres

L'utilisation des terres, leur changement d'affectation et l'évolution du patrimoine forestier sont à la fois puits et source d'émission de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O.

Ce chapitre couvre la récolte et l'accroissement forestier, la conversion des forêts (défrichage) et des prairies ainsi que les sols dont la composition en carbone est sensible à la nature des activités auxquelles ils sont dédiés (forêt, prairies, terres cultivées,...).

La méthodologie utilisée par le **GIEC** est présentée dans les paragraphes suivants ; elle pourra servir de piste de réflexion pour une application au niveau régional.

## A / Évolution du patrimoine forestier et des autres stocks de biomasse ligneuse

L'évolution du patrimoine forestier ou des autres stocks de biomasse ligneuse est à l'origine d'émission ou d'absorption de carbone.

Au niveau régional, il est proposé d'utiliser la méthodologie dite « gains-pertes » du GIEC. La séquestration nette de carbone est obtenue en estimant la croissance annuelle nette de biomasse : on soustrait à la croissance des plantations et forêts exploitées par l'homme la surface de bois récolté (bois d'œuvre, bois de chauffage...) ou détruit à cause des perturbations.

Dans ses « Lignes Directrices » 2006, le GIEC fournit une valeur par défaut (Europe de l'Ouest, forêt continentale tempérée) de la croissance nette de la biomasse dans les forêts de 4,0 tonnes de matière sèche/hectare. L'accroissement forestier annuel est aussi calculé par l'IFN (Inventaire Forestier National) en m<sup>3</sup> par an.

À cet accroissement, on retranche le volume de bois récolté ou détruit (feux de forêts, perturbations), d'après des données fournies par l'**AGRESTE**.

Enfin, le stockage de carbone est finalement estimé en multipliant ce volume par la teneur en carbone de la biomasse qui est d'après le GIEC de 0,2375 t CO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup> de bois brut (domaine tempéré).

## B / Émissions ou séquestration de CO<sub>2</sub> par le sol dues au changement d'affectation des terres et à leur gestion

En fonction de l'utilisation des sols, la quantité de carbone stockée dans le sol varie. Selon la méthodologie du GIEC, le calcul des changements de stock de carbone dans les sols est réalisé pour une période de 20 ans ; cette période permet de prendre en compte la cinétique du déstockage ou du stockage de carbone dans les sols. Les principales émissions de cette catégorie résultent de la conversion des forêts.

Les données disponibles ne permettent pas d'appliquer la méthodologie préconisée par le GIEC. Les statistiques AGRESTE détaillent la répartition des occupations du sol à des temps distincts mais elles ne contiennent pas de renseignements sur les modalités de passage d'un état à un autre.

L'Agence Alterre Bourgogne, en collaboration avec l'INRA a développé une méthodologie permettant d'estimer les émissions imputables aux changements d'affectation des sols ; celle-ci ne prend cependant pas en compte le fait que les cinétiques de stockage et de déstockage du carbone ne sont pas les mêmes selon le changement d'occupation des sols. Une étude locale (Teruti, 1993-2004) a permis de comparer l'occupation des sols entre deux dates espacées de 20 ans, puis l'écart de stock de carbone dans les sols entre ces deux dates a ensuite été réparti de façon linéaire sur 20 ans pour obtenir une estimation du déstockage annuel de CO<sub>2</sub>.

Des initiatives similaires peuvent être conduites régionalement, si des données d'observation sont disponibles.

L'inventaire des gaz à effet de serre pour la région Poitou-Charentes propose une méthode simplifiée centrée sur la conversion des forêts, qui constitue une des principales sources d'émission pour cette section. Elle consiste en une ventilation par région des résultats de l'inventaire au niveau national en fonction des surfaces forestières départementales.

### C / Émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O liées à la combustion sur site des forêts

La combustion sur site de la forêt est à l'origine d'émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O. La méthodologie proposée par le GIEC est facilement utilisable à partir des données AGRESTE.

Le GIEC propose un facteur d'émission de méthane de 4,7 kg/tonne de matière sèche brûlée (forêt extratropicale). Les émissions de protoxyde d'azote sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 0,26kg/tonne de matière sèche brûlée.





## VI. Annexes

### Annexe I : le Pouvoir de réchauffement global

(source : CITEPA)

Cet indicateur vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de toutes les substances contribuant à l'accroissement de l'effet de serre. Il est disponible pour l'ensemble des gaz à effet de serre mais nous ne présentons ici que les six gaz pris en compte dans le protocole de Kyoto, à savoir le CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub> (méthane), le N<sub>2</sub>O (protoxyde d'azote), les HFC, les PFC (halocarbures) et le SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre).

Cet indicateur est exprimé en « équivalent CO<sub>2</sub> » du fait que par définition l'effet de serre attribué au CO<sub>2</sub> est fixé à 1 et celui des autres substances relativement au CO<sub>2</sub>. Cette façon d'exprimer le PRG (Pouvoir de Réchauffement Global) est source de confusion pour certaines personnes non averties qui rencontrent des données de ce type ou des données relatives au seul CO<sub>2</sub>.

L'indicateur est calculé sur la base d'un horizon fixé à 100 ans afin de tenir compte de la durée de séjour des différentes substances dans l'atmosphère.

**Les PRG de ces différents gaz ont été calculés une première fois en 1995, puis mis à jour par le GIEC en 2007 ; ils sont présentés ci-dessous :**

- CO<sub>2</sub> = 1
- CH<sub>4</sub> = 25
- N<sub>2</sub>O = 298
- HFC = variables de 124 à 14 800 selon les molécules considérées
- PFC = variables de 7 390 à 17 700 selon les molécules considérées
- SF<sub>6</sub> = 22 800

Cependant, dans le cadre du protocole de Kyoto, des valeurs différentes, proposées par le GIEC à l'époque des négociations sur le climat (1996-1997) **sont toujours utilisées (et même obligatoires) dans les inventaires nationaux**. Sans privilégier l'une ou l'autre des approches (PRG mis à jour régulièrement, ou ancrage sur les valeurs 96-97), un arbitrage en fonction de l'objectif recherché doit être fait.

## Annexe 2 : sources d'informations complémentaires

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

- organisation et méthode des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France - février 2010 - en ligne sur [www.citepa.org](http://www.citepa.org)
- inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la convention cadre des Nations-Unis sur les changements climatiques en ligne sur le site [www.citepa.org](http://www.citepa.org) qui fait l'objet d'une actualisation annuelle. Dernière édition à la date de publication de ce document avril 2010.

### GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)

- lignes directrices pour les inventaires des gaz à effet de serre en ligne sur [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
  - version 2006 ;
  - version révisée 1996 : manuel simplifié.
- recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - en ligne sur le site [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

### Ministère de l'Agriculture

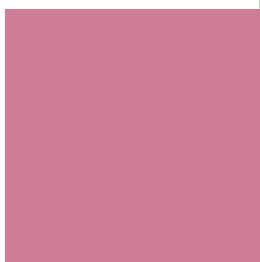
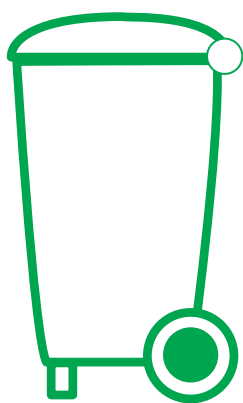
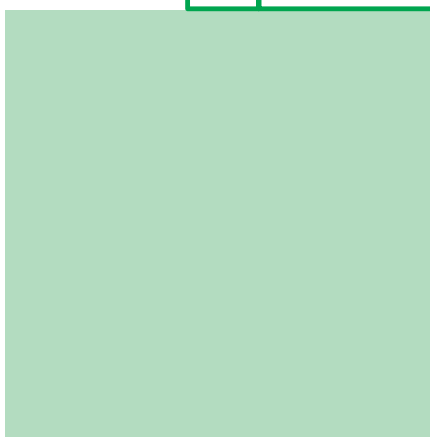
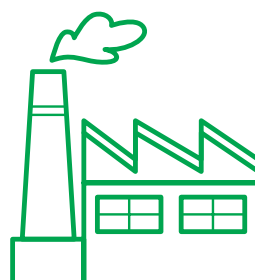
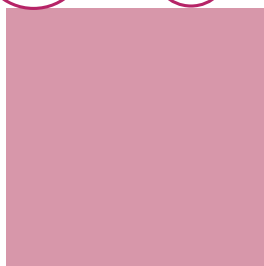
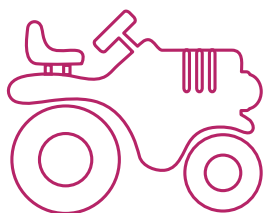
- recueil statistique **AGRESTE** Statistique agricole annuelle - Chiffres et données 2006-2007 définitifs.

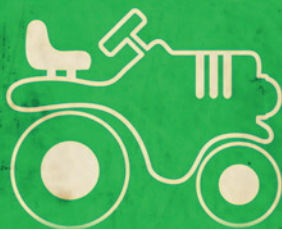
### ADEME

- étude réalisée par Armines pour le compte de l'ADEME, inventaire des émissions des fluides frigorigènes pour l'année 2007 et leurs prévisions d'évolutions jusqu'en 2022, France, février 2010. Synthèse disponible sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr), rubrique médiathèque ;
- enquête annuelle ITOMA, inventaire des installations de traitement des ordures ménagères ;
- guide « Outil de calcul des émissions dans l'air de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> issues des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés », version 0, 2003 (disponible à l'adresse suivante : <https://www.declarationpollution.ecologie.gouv.fr/gerep> dans la section « Guides d'aide à l'estimation des émissions »).

### Observatoires régionaux

- OREB (Bourgogne) : Bilan Régional des Émissions de gaz à effet de serre en Bourgogne en 2007 Rapport Technique - Septembre 2009 - en ligne sur [www.alterre-bourgogne.org](http://www.alterre-bourgogne.org)





## PRÉSENTATION DU RÉSEAU OTEC (OUTILS TERRITORIAUX ENERGIE CLIMAT)

Dans le cadre de la convention RARE-ADEME, un groupe dédié aux outils régionaux d'observation de l'énergie et du climat associant l'ADEME, le Réseau des Agences Régionales de l'Énergie et le SOeS sous direction des statistiques de l'énergie a été initié. Initialement centré sur ces trois acteurs, il s'est aujourd'hui élargi à de nouveaux acteurs tels les DREAL et les CETE pour leur implication dans la gouvernance des observatoires ou pour leur expertise.

Ce groupe s'est fixé pour objectifs de répondre à de nombreux besoins en matière d'aide à la connaissance, dans un premier temps pour l'élaboration de méthodologies d'observation de l'énergie et des gaz à effet de serre, puis pour la constitution d'outils d'aide à la décision pour la planification énergétique locale.

Le principe de fonctionnement du groupe repose sur l'échange et la mise en commun d'expériences des dispositifs d'observation énergie climat en régions.

À l'origine de trois premiers cahiers techniques sur la constitution de bilan énergétique et GES à l'échelle régionale et d'indicateurs régionaux d'efficacité en CO<sub>2</sub> et de développement des EnR, le groupe OTEC s'est orienté en 2009 sur la création d'un dispositif de cahiers pédagogiques couvrant plus largement la fonction d'observation et ouvrant une porte sur les différentes problématiques rencontrées dans cet exercice

“

Les modes de production et d'utilisation de l'énergie sont à l'origine d'environ 70 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) françaises. Les autres sources d'émissions, constituant 30 % du bilan national, sont d'origine non énergétique. Pour certains secteurs, l'exercice d'estimation des émissions de GES n'a de sens qu'en intégrant l'ensemble des sources d'émissions, au-delà de la combustion d'énergie fossile, les émissions liées aux autres sources constituant une part significative de leur impact.

C'est le cas des secteurs de l'industrie, de l'agriculture et de la gestion des déchets : ces trois secteurs d'activités présentent en effet de forts enjeux liés aux émissions d'origines non énergétiques.

”

Ce document a été rédigé avec le concours des personnes suivantes :

- Philippe BAJEAT (ADEME),
- Thomas GOURDON (ADEME),
- Sylvie PADILLA (ADEME),
- Audrey TREVISIOL (ADEME).

L'animation du groupe de travail ainsi que la rédaction des livrables, ont été coordonnées par Thomas BLAIS (ADEME).

La société de conseil I Care Environnement a assuré une co-animation et un appui à la rédaction des livrables de l'ensemble des groupes de travail