

Protocole de quantification
des émissions de gaz à effet de serre
liées à la gestion des déchets

Sommaire

SOMMAIRE	2
REMERCIEMENTS ET CONTACT	5
PREAMBULE	5
PRESENTATION DU SECTEUR DES DECHETS	6
SPECIFICITES DU SECTEUR	6
LES FILIERES DE TRAITEMENT	7
OBJECTIFS ET PRINCIPES	11
OBJECTIFS DU PROTOCOLE	11
PRINCIPES DE COMPTABILISATION DES EMISSIONS DE GES	11
SECTION 1 : PERIMETRE	13
CARACTERISTIQUES DES DONNEES	13
EMISSIONS DIRECTES / INDIRECTES / EVITEES	13
COMPTABILISATION DES EMISSIONS DE GES LORSQUE LE CAPITAL N'EST PAS DETENU A 100 %	16
SECTION 2 : INVENTAIRE ANNUEL	18
DEFINITIONS	18
EXCLUSIONS	19
IDENTIFICATION DE LA LISTE DES SOURCES	19
CALCUL DES EMISSIONS ANNUELLES	19
MODIFICATIONS DE LA LISTE DES TYPES DE SOURCES ET DES EMISSIONS ANNUELLES	19
MODIFICATIONS A EFFECTUER EN CAS DE PERTE DU CONTROLE OPERATIONNEL SUR CERTAINS TYPES DE SOURCE	19
MODIFICATIONS A EFFECTUER EN CAS DE PRISE DE CONTROLE OPERATIONNEL DE CERTAINS TYPES DE SOURCES	19
AJUSTEMENTS DES EMISSIONS HISTORIQUES	19
SECTION 3 : CALCUL DES EMISSIONS	19
APPROCHE / HIERARCHISATION	19
METHODOLOGIE	19
POUVOIRS DE RECHAUFFEMENT GLOBAL	19
OUTIL DE CALCUL	19
CAS PARTICULIER DE LA MODELISATION DES EMISSIONS DES CENTRES DE STOCKAGE DES DECHETS	19
SECTION 4 : EXIGENCES DE REPORTING	19
DONNEES A REPORTER	19
REPORTING DES DONNEES D'ACTIVITE	19
SECTION 5 : GESTION DE L'INCERTITUDE	19
IMPORTANCE DE L'INCERTITUDE DANS LES INVENTAIRES D'EMISSIONS DE GES	19
SOURCES D'INCERTITUDE	19
RECOMMANDATIONS POUR REDUIRE L'INCERTITUDE RESIDUELLE	19
CONTROLES INTERNES	19
VALEURS-TYPES D'INCERTITUDE	19
SECTION 6 : VERIFICATION	19
ETENDUE DE LA VERIFICATION	19
ERREUR MATERIELLE DANS LES EMISSIONS ANNUELLES	19
ANNEXE 1 : POUVOIRS DE RECHAUFFEMENT GLOBAL	19

ANNEXE 2 : ANALYSE COMPARATIVE DES MODELES D'EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DES CSD	19
CONTEXTE – PRESENTATION DES SOURCES D'EMISSION	19
MODELES EXISTANTS.....	19
COMPARAISON DES PRINCIPAUX MODELES	19
CONCLUSIONS.....	19
REFERENCES	19
ANNEXE 3 : BIBLIOGRAPHIE.....	19

Remerciements et Contact

Ce protocole a été développé par le groupe de travail d'Entreprises pour l'Environnement réunissant :

- VEOLIA PROPRETÉ
- SECHE ENVIRONNEMENT
- SUEZ ENVIRONNEMENT



La rédaction des parties de ce protocole concernant spécifiquement les émissions de GES liées aux déchets a été effectuée par Jan LE MOUX et Arnaud HERRMANN (Ernst & Young) sur la base de la version 2 du protocole REGES publié par Entreprises pour l'Environnement.



41, rue des Trois Fontanot
92024 Nanterre Cedex

Tel : 01 55 69 20 75
Fax : 01 55 69 13 30
E-mail : contact@epe-asso.org

<http://www.epe-asso.org>

EpE est partenaire du WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), organisme qui regroupe 170 entreprises internationales afin de promouvoir le rôle de l'entreprise dans le Développement durable. EpE joue, pour la France, un rôle de relais des travaux du WBCSD, à qui il fait part de ses propres réflexions en retour.



Préambule

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont un sujet de préoccupation environnementale majeur. De nombreuses mesures ont été introduites par les pouvoirs publics et les entreprises afin de réduire les émissions des principales sources d'émissions depuis la Convention-cadre des Nations-Unies sur le changement climatique et le Protocole de Kyoto de 1997.

Ainsi, à l'initiative du World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) et du World Resources Institute (WRI), le GhG Protocol¹ a été publié permettant de guider les entreprises dans la comptabilisation de leurs émissions de GES. En Amérique du Nord, une bourse de permis d'émissions de GES, le Chicago Climate Exchange a également vu le jour.

En Europe, la directive IPPC² a impliqué la création du registre EPER³ et la déclaration annuelle par les sites industriels européens de leurs émissions aux autorités. En parallèle un marché de permis d'émissions de GES concernant certains secteurs industriels a été institué le 1er janvier 2005.

En France, l'association Entreprises pour l'Environnement (EpE) a élaboré un protocole de quantification, reporting et vérification des émissions de GES, destiné aux industriels et annexé de 14 protocoles sectoriels. Les 32 sociétés de l'AERES⁴ se sont engagées à réduire ou maîtriser leurs émissions de GES sur les périodes 2003-2004 et 2005-2007; elles utilisent le protocole élaboré par EpE.

Sur la base des données fournies par les Etats au secrétariat de la Convention-cadre des Nations-Unies sur le changement climatique, les émissions du secteur des déchets représentaient, tous gaz à effet de serre confondus, environ 3,3 % des émissions anthropiques mondiales totales en 2002.

Depuis quelques années les entreprises du secteur des déchets ont mis en place des systèmes de reporting de leurs émissions, notamment de leurs émissions de GES. Divers outils de calcul des émissions spécifiques à certaines filières de traitement ont été publiés. Le but de ce protocole est d'homogénéiser les méthodes de calcul et d'obtenir un protocole global de reporting des émissions de gaz à effet de serre s'appliquant à l'ensemble des activités de gestion des déchets.

Un système de QUANTIFICATION, REPORTING et VERIFICATION des émissions est un outil de base indispensable à toute action ou engagement concernant les émissions de gaz à effet de serre. Un tel outil est également le pré requis indispensable devant permettre des comparaisons entre le secteur des déchets et d'autres secteurs industriels, sur la base de principes de reporting comparables. Il vise à accompagner les exploitants d'installations de gestion des déchets dans leur démarche d'inventaire des émissions de GES.

Les sociétés VEOLIA PROPRETÉ, Séché Environnement et Suez Environnement, membres d'Entreprises pour l'Environnement, ont constitué le groupe de travail animé par EpE et y ont apporté leur compétence et leur expertise.

Le présent document constitue, avec le tableur Excel de calcul des émissions, le protocole sectoriel Déchets du protocole général d'EpE.

¹ <http://www.ghgprotocol.org>

² Integrated Pollution Prevention and Control

³ European Pollutant Emission Register

⁴ Association des Entreprises pour la Réduction de l'Effet de Serre

Présentation du secteur des déchets

Spécificités du secteur

L'objectif premier du secteur des déchets est de traiter – voire valoriser – le plus efficacement possible les résidus indésirables des activités anthropiques pour en limiter les impacts sur l'environnement. La particularité principale des entreprises de ce secteur réside dans leur position paradoxale : en tant qu'acteurs de la « fin de vie » des produits, elles **génèrent des impacts environnementaux dont elles ne sont pas à l'origine**, puisqu'elles ne sont pas responsables de la création de ces mêmes déchets.

Dans ce contexte, un des enjeux majeurs est la détermination du périmètre de responsabilité vis-à-vis des impacts engendrés. Que ce soit lors du traitement des déchets à proprement parler ou pendant les phases de transport (collecte, transfert), les **entreprises du secteur génèrent des émissions atmosphériques et ne peuvent agir qu'en liaison avec les producteurs de déchets pour avoir une influence sur la quantité ou la qualité des déchets** qu'ils reçoivent. D'ores et déjà, la mise en place de pré-traitements permet de réduire les émissions atmosphériques des filières de traitement et de valorisation en aval.

Le secteur des déchets fait l'objet d'un suivi réglementaire strict en matière d'impacts environnementaux. De ce fait, les rejets des installations de traitement font l'objet d'un reporting aussi précis que possible de la part des exploitants.

Toutefois, le suivi des émissions de GES présente **une incertitude importante à l'heure actuelle**, en raison de plusieurs facteurs :

- d'une part, un nombre important de filières de traitement de déchets a recours à des processus complexes (notamment biologiques) pour lesquels une quantification des émissions de GES avec la même précision que pour les émissions d'autres activités industrielles est difficile à atteindre,
- d'autre part, les filières de gestion des déchets sont interdépendantes,
- enfin, les déchets traités présentent des compositions très hétérogènes, pour lesquelles une approche statistique est obligatoire, introduisant des biais importants mais inévitables.

Enfin le secteur des déchets est à l'origine de deux définitions d'émissions atmosphériques particulières :

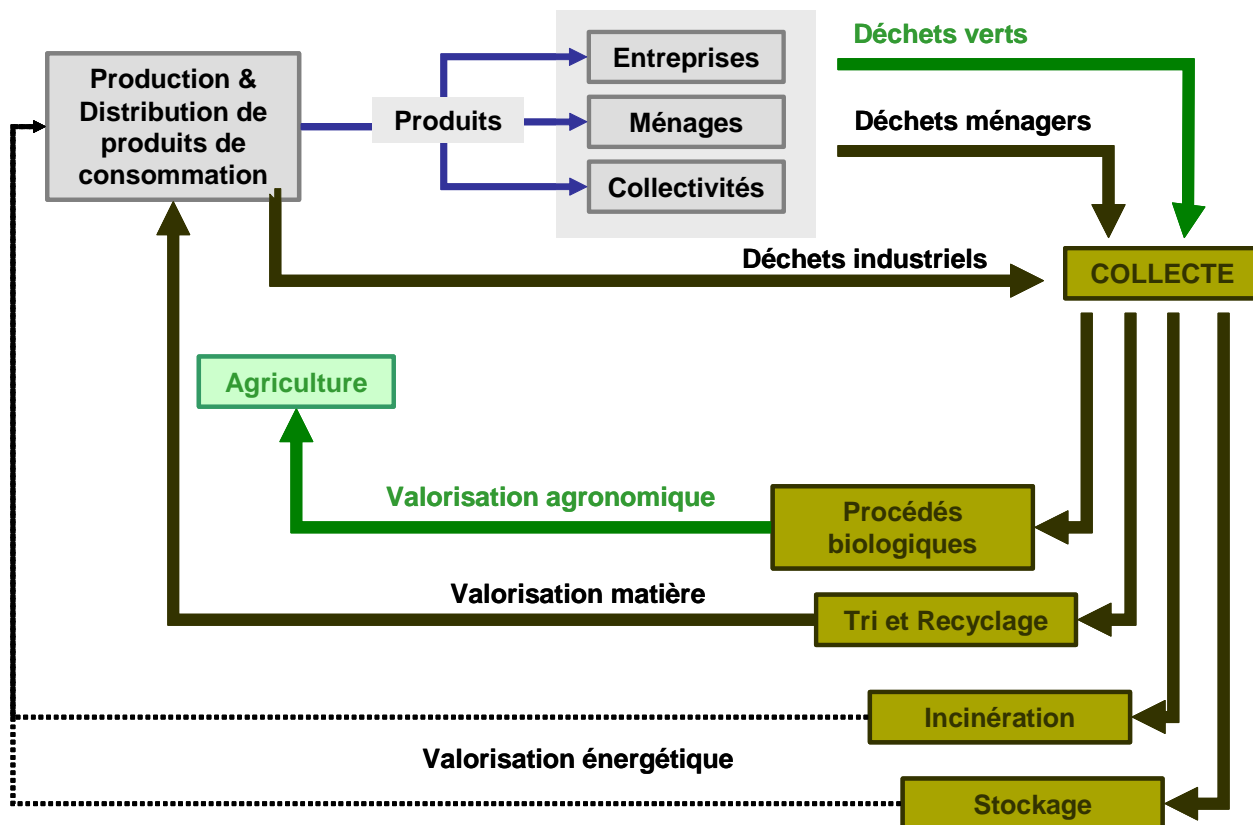
- **Emissions issues de la biomasse** : les produits contenant de la matière végétale ou animale (bois, déchets verts ...) émettent – en se décomposant ou en brûlant – des gaz à effet de serre. Les conventions internationales⁵ admettent que le dioxyde de carbone issu de la biomasse ne doit pas être comptabilisé, celui-ci provenant en premier lieu du carbone capté par les organismes vivants.
- **Emissions évitées** : une des finalités du secteur des déchets est de valoriser au maximum les produits traités, soit sous forme de matière (réutilisation, recyclage, compostage...), soit sous forme d'énergie (récupération de biogaz, incinération avec valorisation énergétique...). Les matériaux / énergies obtenus viennent en substitution de matériaux / énergies dont la production aurait émis des GES. A titre d'exemple, une tonne d'acier issue du tri sélectif peut être réutilisée, évitant ainsi la fabrication

⁵ Voir par exemple l'annexe IV de la Directive 2003/87/CE du Parlement Européen et du Conseil du 13 octobre établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté.

d'une tonne d'acier en aciérie et les émissions atmosphériques associées. Une définition des émissions évitées est donnée au paragraphe 1.15.

Les filières de traitement

Le cycle des déchets est présenté ci-dessous, avec les différentes filières de traitement existantes.



De manière succincte, les différentes étapes du cycle du déchet sont présentées ci-dessous. Les sources d'émissions retenues ici sont les sources d'émissions directes. Leur définition est fournie en section 1.

Collecte

- **Principe**

Première étape du cycle des déchets, la collecte vise à leur regroupement avant traitement et valorisation. La collecte peut se faire en porte-à-porte, au moyen de véhicules dédiés, ou après une étape préalable d'apport volontaire vers des containers spécifiques (emballages, verre, papier). Les déchets ainsi collectés auprès des collectivités, des particuliers ou des entreprises sont ensuite regroupés puis transportés vers leur lieu de traitement et de valorisation.

- **Source d'émission de GES**

Aucune source associée aux déchets en eux-mêmes. Les GES émis proviennent de l'utilisation de carburants utilisés pour leur transport. Le changement de carburant peut permettre de réduire les émissions de GES.

Pré-traitements

- **Principe**

Les déchets peuvent faire l'objet d'un certain nombre de pré-traitements pour faciliter leur valorisation ou recyclage. Les déchets d'équipements électriques et électroniques peuvent être ainsi démontés.

- **Source d'émission de GES**

Cette étape ne génère pas d'émissions directes, mise à part la consommation éventuelle de combustible pour le fonctionnement d'installations. Cette étape permet cependant d'optimiser les filières aval et ainsi de réduire leur impact environnemental.

Tri, recyclage et valorisation matière

- **Principe**

Les déchets sont triés pour séparer les matériaux présents. Les matériaux valorisables sont ensuite recyclés en étant réintroduits dans le cycle de production en substitution partielle ou totale d'un matériau (papier, verre, acier, etc.) ou préparés afin d'obtenir un Combustible Solide de Récupération.

- **Source d'émission de GES**

Aucune source associée aux déchets en eux-mêmes. Les GES émis proviennent des consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement des installations de tri. Le recyclage permet d'éviter l'émission de GES, les produits recyclés venant en substitution de matériaux dont la production aurait généré des émissions de GES.

Traitement physico-chimique

- **Principe**

Traitement mécanique, physique ou chimique des déchets dangereux dans des installations dédiées.

- **Source d'émission de GES**

Aucune source associée aux déchets en eux-mêmes. Les GES émis proviennent de la production de l'électricité consommée ou de la consommation de combustibles sur site.

Traitement biologique (compostage, méthanisation)

- Principe

Ce type de traitement permet de valoriser des déchets fermentescibles au moyen d'une fermentation aérobie/anaérobie pour obtenir un amendement organique valorisable en agriculture. Ce procédé peut être appliqué aux déchets du secteur agro-alimentaire, les biodéchets ainsi qu'aux boues de stations d'épuration.

- Source d'émission de GES

Le compostage permet de stabiliser les déchets au moyen d'une fermentation aérobie. Dans un contexte de bonnes pratiques, les déchets sont aérés régulièrement et leur dégradation ne génère que du dioxyde de carbone. Ce dioxyde de carbone n'est pas pris en compte dans le bilan final car il provient de la biomasse.

Dans le cas de la méthanisation, le contrôle de la fermentation anaérobie des déchets dans un méthaniseur permet de produire du biogaz contenant majoritairement du méthane. Le biogaz produit est capté et brûlé au moyen de torchères ou pour produire de l'énergie thermique ou électrique. Ici aussi, le dioxyde de carbone issu de la combustion n'est pas pris en compte dans le bilan final car il provient de la biomasse.

Au cours de ces traitements, des émissions de N₂O peuvent survenir. Des programmes de recherche sont en cours. Toutefois à l'heure actuelle, il n'existe pas une connaissance suffisante permettant de les mesurer avec précision. Les données disponibles (BREF européen sur la gestion des déchets⁶) laissent penser que ces émissions seraient négligeables.

Stockage de déchets / Mise en décharge

- Principe

Le stockage des déchets, aussi appelé mise en décharge, correspond dans les sites les plus modernes à l'enfouissement des déchets dans des casiers, isolés de leur environnement immédiat, et où les déchets se dégradent naturellement. Dans le cadre des meilleures pratiques, les émissions produites par les déchets en décomposition (gaz et lixiviats) peuvent être récupérées par des drains et traitées. Ces émissions sont variables dans le temps et dépendent de la nature des déchets stockés.

- Source d'émission de GES

La décomposition des déchets organiques produit du biogaz (composé de méthane et de dioxyde de carbone à peu près à parts égales). Une partie de ce biogaz peut être captée et soit détruite au moyen de torchères, soit valorisée pour produire de l'énergie. La combustion transforme le méthane capté en dioxyde de carbone, dont l'impact sur l'effet de serre est 21 fois moindre. En outre, ce dioxyde de carbone provient de la biomasse et n'est de ce fait pas pris en compte dans le bilan final. Toutefois, tout le biogaz produit ne peut pas être capté, et une partie génère des émissions diffuses. Difficiles à mesurer, celles-ci font l'objet de modélisations qui sont évoquées dans ce protocole.

⁶ Reference document on best available techniques for the waste treatments industry (BREF), 08/2005

Incinération

- **Principe**

Les déchets sont dégradés par traitement thermique dans des incinérateurs. L'incinération peut concerner les déchets ménagers, les déchets industriels, et parfois les boues de station d'épuration. La récupération de l'énergie thermique ainsi produite peut alimenter des réseaux de chaleurs et/ou des turbines électriques. Par ailleurs, les résidus solides de combustion (appelés mâchefers) sont valorisés et les ferrailles peuvent être recyclées.

- **Source d'émission de GES**

Comme pour tout procédé de combustion, du dioxyde de carbone et du protoxyde d'azote sont générés. Une portion de ces émissions provient de la biomasse contenue dans les déchets, eux-mêmes de composition variable et dépendant des habitudes des populations.

Pour l'incinération de déchets ménagers, des facteurs d'émissions permettent d'estimer les émissions de GES. Pour l'incinération de déchets dangereux, leur grande variabilité de composition fait que, à l'heure actuelle, leurs émissions sont déterminées par la mesure à la cheminée.

La production d'énergie liée à l'incinération des déchets permet d'éviter la production d'une quantité d'énergie équivalente au moyen de centrales thermiques fonctionnant avec des combustibles fossiles.

Traitement des eaux usées

- **Principe**

Les eaux usées, provenant des entreprises ou des ménages, sont collectées dans un réseau et traitées au sein de stations d'épuration. Elle sont traitées au moyens de procédés successifs (mécaniques, biologiques, chimiques), certains faisant appel à des traitements aérobies ou anaérobie. A l'issue de ce processus, l'eau épurée est rejetée dans le milieu naturel. Des boues d'épuration sont générées qui sont soit valorisées en agriculture, soit traitées dans une des filières présentées ci-dessus.

- **Source d'émission de GES**

Les stations d'épuration nécessitent de l'énergie pour fonctionner. Lorsqu'elles ne sollicitent pas le réseau électrique, elles peuvent avoir recours à des combustibles fossiles (fuel ou gaz naturel) générant des émissions directes.

Au cours du procédé, à part lors d'étapes de méthanisation pendant lesquelles du méthane est produit et capté, il est considéré que, dans un contexte de bonnes pratiques, les émissions de méthane ou de protoxyde d'azote sont négligeables. Toutefois à l'heure actuelle, il n'existe pas une connaissance suffisante permettant de les mesurer et de les comptabiliser. Des programmes de recherche sont en cours.

Objectifs et principes

Objectifs du protocole

L'objectif de ce document est de guider les collectivités et les entreprises dont l'activité est la gestion des déchets ainsi que les entreprises ayant conservé la gestion en propre de l'élimination de leurs déchets, dans la quantification, le reporting et la vérification des émissions de gaz à effet de serre (GES), en vue de l'élaboration d'un inventaire de ces émissions. Il vise à établir les meilleures pratiques pour la réalisation des inventaires annuels d'émissions de GES.

Les données doivent être reportées en cohérence avec les lignes directrices du présent document. Tout écart avec ces lignes directrices doit être décrit de manière détaillée dans le texte qui accompagne les inventaires d'émissions de GES.

Le présent protocole est compatible avec le *Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard – Revised edition*, élaboré par le WBCSD⁷ et le WRI⁸. Il est également compatible avec les projets de normes ISO relatives aux inventaires d'émissions de GES.

Ce protocole est évolutif : il sera amené à être modifié en fonction de l'amélioration des connaissances et des techniques de mesure et de calcul.

Principes de comptabilisation des émissions de GES

Il est essentiel que les données fournies soient aussi complètes et exactes que possible. Les recommandations pour la mise en oeuvre et le reporting d'un inventaire d'émissions de GES, présentées ci-après, sont basées sur les « International financial reporting standards » (IFRS), établis dans le cadre de l'audit et du reporting financiers.

Cohérence :

L'inventaire et le reporting des données doivent être réalisés de telle manière que les comparaisons année par année soient possibles. Toute modification du reporting devra être le fait d'une amélioration continue de la qualité de l'inventaire. Les changements devront être clairement explicités et documentés, afin de permettre les comparaisons d'une année sur l'autre.

Exhaustivité :

Le choix du périmètre et des limites de l'inventaire doit être représentatif des activités de l'entité. Tout type de source qui est situé à l'intérieur du périmètre choisi doit être inclus dans l'inventaire.

Toutefois, dans certains cas, l'entité pourra définir un seuil minimum à partir duquel les émissions sont incluses dans l'inventaire, ou choisir d'exclure certains types de source.

Cela sera possible si l'entité documente et justifie ses choix de manière transparente (cf. Section 2).

⁷ World Business Council for Sustainable Development

⁸ World Resources Institute

Exactitude :

Les entités doivent s'assurer que les erreurs systématiques sont évitées, que les erreurs de compilation sont minimisées grâce à des contrôles efficaces, et que les incertitudes sont quantifiées de manière aussi précise que possible (cf. Section 5). Il est recommandé, autant que possible, d'avoir recours à des facteurs d'émissions spécifiques et reflétant la situation de l'entité. A défaut, des facteurs standard peuvent être utilisés.

Transparence / Vérifiabilité :

Les hypothèses retenues et les méthodes utilisées pour le reporting des données doivent être clairement définies. Des enregistrements doivent être conservés afin de pouvoir fournir une documentation claire et complète lors d'une vérification.

Section 1 : Périmètre

Caractéristiques des données

1.1 Le protocole s'applique aux gaz à effet de serre suivants :

- Dioxyde de carbone (CO₂)
- Méthane (CH₄)
- Oxyde nitreux (N₂O) :

A l'heure actuelle, des facteurs d'émission sont disponibles pour les émissions de N₂O provenant de l'incinération d'ordures ménagères ; celles-ci sont prises en compte dans le présent protocole.

Pour les autres activités du secteur des déchets, des recherches sont en cours, mais il n'y a pas à l'heure actuelle de méthode fiable permettant d'identifier les sources potentielles de N₂O ni de les quantifier. A ce titre, ces émissions ne sont pas prises en compte pour l'instant dans ce protocole.

Il est considéré que les activités de gestion des déchets ne génèrent pas d'hexafluorure de soufre (SF₆), et ne génèrent pas de HFC (hydrofluorocarbones) ou de PFC (perfluorocarbones) dans les conditions de bonne pratique d'exploitation.

1.2 Unité : tonnes équivalent CO₂ (t CO₂-e)

1.3 Période : les émissions de GES sont reportées du 1^{er} janvier au 31 décembre de l'année N.

1.4 Une entité est un groupe, une société, une branche, une collectivité ou un site effectuant l'inventaire annuel de ses émissions de GES.

1.5 Le périmètre de reporting de l'entité correspond à l'ensemble de ses implantations collectant, recevant ou traitant des déchets ou ayant une activité commerciale.

Emissions directes / indirectes / évitées

1.6 Une définition des émissions directes et indirectes de GES est donnée ci-dessous. Il faut souligner que l'expression "émissions directes de GES" s'applique aux sources d'émissions. De même, l'expression "émissions indirectes de GES" ne signifie pas "émissions de gaz à effet de serre indirect" mais bien émissions provenant de sources indirectes.

1.7 ***Emissions directes de GES***: il s'agit d'émissions provenant de process ou d'équipements possédés ou contrôlés par une entité.

Exemple : émissions provenant des installations de combustion, centres de stockage (décharges) ou véhicules de l'entité.

Le présent protocole différencie les **émissions directes brutes et les émissions directes nettes**.

Les émissions directes brutes sont les émissions directes totales générées par l'activité de gestion des déchets ; elles incluent les émissions de GES provenant de la biomasse telles que les émissions de CO₂ liées au torchage du biogaz.

Les émissions directes nettes sont celles finalement retenues dans l'inventaire et le reporting des émissions, après application des conventions concernant la biomasse⁹, selon lesquelles les émissions de GES provenant de la combustion de biomasse sont comptabilisées comme nulles.

La biomasse est définie¹⁰ comme étant la matière organique non fossile et biodégradable provenant de plantes, d'animaux et de micro-organismes. La biomasse comprend également les produits, les sous-produits, les résidus et les déchets de l'agriculture, de l'industrie forestière et des industries associées, ainsi que les fractions organiques non fossiles et biodégradables des déchets industriels et municipaux. Elle inclut en outre les gaz et les liquides récupérés à partir de la décomposition de matières organiques non fossiles biodégradables.

1.8 Emissions indirectes de GES : il s'agit d'émissions liées à l'activité de l'entité, mais provenant de sites ou d'opérations possédés ou contrôlés par une entité autre que celle effectuant le reporting.

Les émissions directes du secteur des déchets correspondent ainsi à une partie des émissions indirectes des producteurs de déchets.

Exemple : émissions provenant des activités suivantes : production de l'électricité, l'énergie thermique, consommés par l'entité mais produits par un tiers, transport de déchets dans des véhicules n'appartenant pas à (ou n'étant pas sous le contrôle opérationnel de) l'entité.

1.9 L'inventaire doit inclure les émissions directes nettes de GES.

Les émissions directes brutes peuvent également être calculées et le calcul conservé.

1.10 Afin d'obtenir un inventaire des émissions de GES aussi exhaustif que possible, les entités peuvent souhaiter reporter également les émissions indirectes de GES dans leur inventaire annuel.

1.11 Le reporting des émissions indirectes dans l'inventaire annuel est recommandé. **Le reporting des émissions directes et indirectes doit être clairement différencié.** Les émissions indirectes seront divisées en deux parties:

- les émissions provenant de l'import et de l'export d'électricité et d'énergie thermique non auto-produites,
- les autres émissions indirectes.

1.12 Emissions indirectes associées à l'import et/ou l'export d'électricité et d'énergie thermique (chaleur...) :

Dans un souci de cohérence avec le *Greenhouse Gas Protocol* du WBCSD/WRI, il est recommandé d'indiquer les quantités d'électricité et d'énergie thermique achetées et consommées.

Les émissions de GES correspondantes doivent alors être renseignées avec la description des facteurs d'émission utilisés et leur source.

En effet, dans le cas de l'électricité par exemple, le facteur d'émissions ne sera pas le même selon que l'électricité est achetée au réseau ou achetée à un cogénérateur externe.

⁹ Voir par exemple l'annexe IV de la Directive 2003/87/CE du Parlement Européen et du Conseil du 13 octobre établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté.

¹⁰ Décision de la Commission Européenne du 29 janvier 2004 concernant l'adoption de 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

1.13 Transport et distribution d'électricité : les émissions de GES associées sont comptabilisées par le producteur d'électricité. Le consommateur d'électricité comptabilise les émissions de GES associées à la quantité d'électricité affichée au compteur.

1.14 La prise en compte des émissions indirectes de GES peut conduire à une double comptabilisation, lorsque deux entités différentes incluent les mêmes émissions dans leurs inventaires respectifs. **La double comptabilisation des émissions doit être évitée.** C'est pourquoi une entité doit clairement différencier dans son reporting les émissions directes des émissions indirectes.

1.15 Emissions évitées :

Les activités liées à la gestion des déchets permettent dans certains cas soit la génération d'énergie, soit la réutilisation de matériau ou de combustible. De ce fait, les émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'une quantité équivalente d'énergie ou de matériau au moyen de matières premières ou d'énergie fossile se trouvent évitées. Les émissions évitées ont lieu dans les cas suivants :

- Production d'énergie électrique et thermique au moyen du biogaz produit par les CSD (centres de stockage des déchets) (décharges) : les émissions évitées correspondent aux émissions de GES qui auraient eu lieu pour la production d'une quantité équivalente d'énergie
- Production d'énergie électrique et thermique lors de l'incinération des déchets : les émissions évitées correspondent aux émissions de CO₂ qui auraient eu lieu pour la production d'une quantité équivalente d'énergie.
- Recyclage des résidus d'incinération (mâchefers, ferrailles) et régénération de solvants : les émissions évitées correspondent aux émissions qui auraient eu lieu pour la production d'une quantité équivalente de matériaux.
- Recyclage des matériaux suivants :
 - Papier / Carton
 - Verre
 - Acier
 - Aluminium
 - Plastiques
 - Autres

Les émissions évitées ne peuvent être déduites des émissions directes ou indirectes calculées par l'entité, et doivent être reportées séparément.

Les émissions évitées par la production d'énergie à partir de biogaz ou lors de l'incinération peuvent être calculées de la même manière que les émissions indirectes liées à l'énergie.

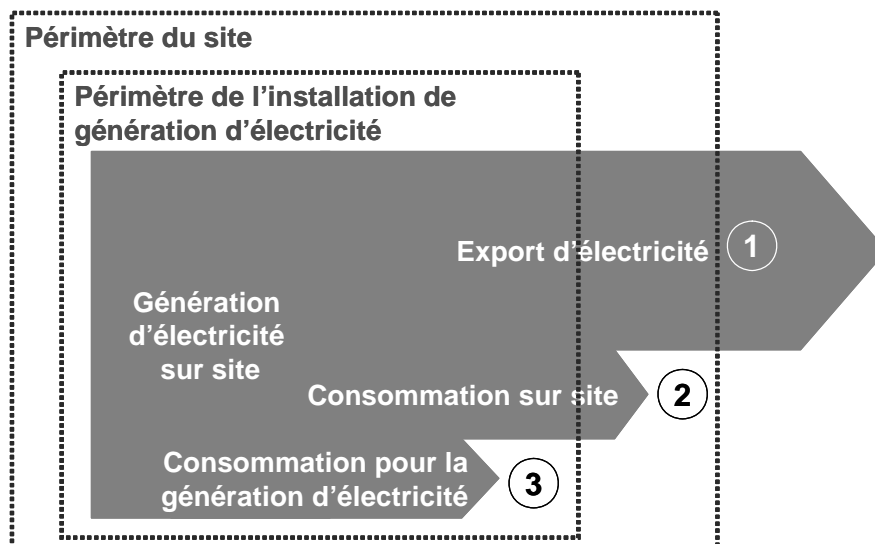
En revanche les émissions évitées par le recyclage ne reposent pas à l'heure actuelle sur une littérature aussi exhaustive. Le module de calcul associé au présent protocole fournit des valeurs permettant de calculer les émissions évitées, à défaut de données plus exhaustives et plus précises. L'entité devra préciser les quantités de matériaux recyclés et documenter les méthodes de calcul et facteurs employés.

Les émissions évitées liées à la génération d'électricité seront prises en compte comme décrit dans le schéma ci-dessous :

① et ② : L'électricité générée sur site, qu'elle soit fournie au réseau ou destinée à d'autres utilisations sur site que l'autoconsommation pour la production d'électricité (utilisations qui auraient nécessité l'achat au réseau en l'absence de génération électrique sur le site) est prise en compte au titre des émissions évitées ;

③ : L'autoconsommation d'électricité liée à la production d'électricité n'est pas prise en compte pour les émissions évitées.

En l'absence d'informations précises sur site (pas de compteur disponible sur le site), seules les émissions ① seront prises en compte au titre des émissions évitées



Comptabilisation des émissions de GES lorsque le capital n'est pas détenu à 100 %

1.16 Contrôle opérationnel : Approche prenant en compte les émissions de GES émanant de types de sources dont l'entité a le contrôle opérationnel.

Une entité a le contrôle opérationnel d'un type de source lorsqu'elle exerce une influence dominante sur les émissions provenant de ce type de source, c'est-à-dire lorsqu'elle a pouvoir de décision sur les procédures opérationnelles à l'origine de ces émissions.

Selon l'approche « contrôle opérationnel », l'entité inclut alors dans son inventaire 100% des émissions de GES du type de source.

1.17 Exemples :

Une entité peut avoir le contrôle opérationnel sur un type de source si une des conditions suivantes est remplie :

- lorsqu'elle détient la majorité des droits de vote au sein du conseil d'administration de l'entité, ou
- lorsqu'elle possède l'autorisation d'exploiter délivrée par l'administration, ou
- lorsqu'elle est en mesure d'imposer ses procédures Hygiène, Sécurité, Environnement (HSE) sur le site considéré, ou
- lorsqu'un pouvoir économique déterminant sur le fonctionnement technique de l'installation lui a été délégué¹¹, ou

¹¹ Directive européenne 2003/87/CE

- en vertu des termes et conditions du contrat régissant le droit d'opérer le type de source concerné.

1.18 C'est l'approche du « contrôle opérationnel » qui est adoptée dans le présent protocole.

Il faut souligner que le fait qu'une entité ait le contrôle opérationnel ne signifie pas qu'elle a nécessairement le pouvoir pour prendre toutes les décisions concernant le type de source. Dans le cas d'investissements significatifs par exemple, l'approbation de tous les partenaires ayant une participation financière sera requise.

Pour certains types de sources, une entité peut avoir un contrôle financier partagé avec d'autres entités, sans avoir le contrôle opérationnel. Dans ce cas l'entité devra consulter les accords contractuels pour déterminer quel partenaire détient le pouvoir pour introduire et mettre en œuvre les procédures opérationnelles et a par conséquent la responsabilité pour reporter les émissions de GES selon la règle du contrôle opérationnel.

1.19 L'approche selon le principe du contrôle opérationnel s'applique également dans le cas des sous-traitants éventuels de l'entité. Ainsi, les émissions de GES des sous-traitants seront intégrées dans le reporting des émissions directes de l'entité si celle-ci conserve le contrôle opérationnel sur les activités qu'elle leur a déléguées, c'est-à-dire si elle a pouvoir de décision sur les procédures opérationnelles à l'origine de ces émissions.

Si l'entité ne conserve pas le contrôle opérationnel sur les activités déléguées, les émissions de GES correspondantes seront intégrées dans les émissions indirectes. Dans tous les cas, l'entité se coordonnera avec son sous-traitant pour s'assurer de la cohérence du chiffre reporté dans leurs inventaires respectifs en tant qu'émissions directes pour l'un et émissions indirectes pour l'autre.

1.20 Consolidation à niveaux multiples : La consolidation des émissions de GES ne sera cohérente que si tous les niveaux de l'organisation suivent la même approche. L'approche « contrôle opérationnel » doit donc être appliquée à tous les niveaux de l'organisation.

Section 2 : Inventaire annuel

Définitions

2.1 Type de source : Il s'agit d'un process ou d'un équipement qui émet des GES dans l'atmosphère. Les types de sources sont caractérisés par une méthodologie identique de calcul des émissions. Les types de source homogènes doivent être additionnés et considérés comme un type de source unique, à l'intérieur du périmètre défini précédemment.

2.2 Le tableau suivant récapitule les types de sources liées à l'activité de gestion des déchets. Parmi les émissions directes, il distingue les émissions directes brutes, c'est-à-dire la totalité des émissions directes de GES, et les émissions directes nettes, qui correspondent aux émissions directes effectivement prises en compte dans l'inventaire du fait des conventions s'appliquant aux émissions de CO₂ d'origine biomasse. Dans le cas de la combustion de biomasse, le facteur d'émission est en effet égal à zéro¹².

Dans ces différents types de sources on prend en compte les émissions canalisées (évents, cheminées, torchères, etc.) ainsi que les émissions dites diffuses (Centres de stockage des déchets / Décharges).

¹² Conformément à l'annexe IV de la Directive 2003/87/CE du Parlement Européen et du Conseil du 13 octobre établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté et modifiant la directive 96/61/CE du Conseil.

Activité	Emissions directes		Emissions indirectes	Emissions évitées	Actions de réduction des émissions
	Emissions brutes	Emissions nettes			
Transport lié à la collecte, au nettoyage, à l'assainissement¹³	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ des carburants 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ des carburants 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié aux véhicules électriques ▪ CO₂ lié au transport sous-traité 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation de véhicules électriques ▪ Utilisation de carburants alternatifs (diester, , biocarburant, etc.)
Centre de stockage des déchets (décharges) en activité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CH₄ du biogaz ▪ CO₂ du biogaz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CH₄ non capté (basé sur l'utilisation de modèles de calcul) ▪ CO₂ de la Consommation des engins 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié à la consommation d'électricité achetée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ évité lié à la production d'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimisation de la captation et de la combustion du CH₄ ▪ Optimisation de la valorisation énergétique
Incinération	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ (provenant des déchets et de l'appoint en énergie fossile) ▪ CO₂ provenant de la décarbonatation lors du traitement des fumées ▪ N₂O 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ provenant des déchets (hors fraction provenant de la biomasse) et des énergies fossiles d'appoint. ▪ Le CO₂ de la décarbonatation est considéré comme négligeable. ▪ N₂O 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié à la consommation d'électricité achetée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ évité lié à la production d'énergie ▪ CO₂ évité lié au recyclage des mâchefers et ferrailles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimisation de la valorisation énergétique

¹³ Cette catégorie inclut les moteurs auxiliaires et les véhicules légers de service et de fonction.

Activité	Emissions directes		Emissions indirectes	Emissions évitées	Actions de réduction des émissions
	Emissions brutes	Emissions nettes			
Valorisation biologique¹⁴	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ d'origine biomasse ▪ CH₄ considéré comme négligeable pour des pratiques normales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CH₄ considéré comme négligeable pour des pratiques normales ▪ CO₂ de la Consommation des engins 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié à la consommation d'électricité achetée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ évité lié à la production d'énergie. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimiser les conditions aérobies pour les process de compostage ▪ Optimiser la valorisation énergétique et/ou matière
Incinération des déchets dangereux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ de la combustion ▪ CO₂ issu de l'incinération des COV, considéré comme négligeable. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ de la combustion 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié à la consommation d'électricité achetée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ évité lié à la production d'énergie. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimisation de la valorisation énergétique
Traitement physico-chimique des déchets			<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié à la consommation d'électricité achetée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ évité lié à la production éventuelle de combustibles de substitution 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ évité lié à la production éventuelle de combustibles de substitution
Tri et Recyclage et valorisation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ provenant des combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ provenant des combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié à la consommation d'électricité achetée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GES évités associés à la production d'une quantité de matériaux équivalents. ▪ CO₂ évité lié à la production éventuelle de combustibles de récupération 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actions en amont de la collecte sélective pour augmenter les taux de tri ▪ Valorisation des refus de tri

¹⁴ Les émissions éventuelles de N₂O ne sont pas prises en compte à l'heure actuelle, en l'absence de méthode fiable de quantification et en l'absence d'études montrant que leurs présences sont significatives. Le protocole sera mis à jour si les émissions sont significatives et si une méthode fiable et reconnue existe.

Activité	Emissions directes		Emissions indirectes	Emissions évitées	Actions de réduction des émissions
	Emissions brutes	Emissions nettes			
Traitement des eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> ▪ N₂O non quantifiable à l'heure actuelle ▪ Autre gaz (CH₄ filière boue) considéré comme négligeable pour des pratiques normales ▪ Il n'existe pas actuellement de méthode fiable et reconnue pour quantifier les émissions de CH₄. ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ N₂O non quantifiable à l'heure actuelle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ lié à la consommation d'électricité achetée 		

Exclusions

2.3 Selon le principe d'exhaustivité défini en introduction, tout type de source qui est situé à l'intérieur du périmètre choisi doit être inclus dans l'inventaire.

Dans la pratique, l'entité peut toutefois rencontrer des obstacles à la quantification de certains types de sources :

- données manquantes,
- Emissions négligeables, référé paragraphe
- coût disproportionné associé à la collecte des données,
- incertitude élevée associée aux données, etc.

L'entité peut alors choisir d'exclure de son inventaire les émissions de certains types de sources, si cela est documenté et justifié de manière transparente.

Le vérificateur externe pourra déterminer l'impact potentiel et la pertinence de l'exclusion.

Le cas échéant (reporting pour plusieurs sites), l'entité effectuant le reporting indiquera dans son reporting le taux de couverture des données, correspondant à la part d'activité ou au chiffres d'affaires couvert par les sites ayant reporté des données ramené au périmètre total faisant l'objet du reporting, exprimé au moyen d'un indicateur pertinent (donnée d'activité, chiffre d'affaires, etc.).

Identification de la Liste des sources

2.4 Liste des sources : Il s'agit de la liste qui décrit les types de sources pris en compte par l'entité pour réaliser l'inventaire, selon le découpage du tableau précédent des pages 19 à 21.

2.5 L'inventaire annuel est constitué des émissions annuelles consolidées des différents types de source. Ainsi, avant de réaliser l'inventaire annuel des émissions, l'entité doit chaque année identifier parmi tous les types de sources, ceux qui seront pris en compte. L'entité doit conserver un enregistrement écrit des décisions prises durant la phase d'identification de la liste des types de sources.

2.6 Pour déterminer sa liste de types de sources, **l'entité doit identifier tous les types de sources sur lesquels elle exerce un contrôle opérationnel.** Cette liste doit être aussi exhaustive, complète et précise que possible.

Calcul des émissions annuelles

2.7 L'entité devra suivre les étapes suivantes :

1. Quantification des émissions annuelles de GES de l'année N pour chaque type de source contenu dans la Liste.
2. Si des types de sources inclus dans l'inventaire annuel ne sont pas couverts par l'outil de calcul annexé à ce protocole, l'entité doit l'indiquer et documenter le protocole spécifique d'estimation qu'elle utilise. Il devra comporter une estimation de l'incertitude induite sur le calcul des émissions.

2.8 Une fois ces deux étapes accomplies, l'entité aura établi son inventaire annuel.

Modifications de la liste des types de sources et des émissions annuelles

- 2.9** Des changements structurels peuvent survenir d'une année sur l'autre à la suite d'acquisition ou de cession d'installations ou d'équipements par exemple. Il s'ensuit que les types de sources de la Liste ne sont pas figés dans le temps.
- 2.10** A chaque fois qu'une entité change son organisation ou ses activités, les ajustements correspondants doivent être effectués dans la Liste, ainsi que dans le calcul des émissions annuelles correspondantes.
- 2.11** Chaque modification de la Liste des types de sources doit être effectuée avant la fin de l'année dans laquelle les changements structurels ou opérationnels se produisent.

Modifications à effectuer en cas de perte du contrôle opérationnel sur certains types de source

- 2.12** Une entité peut perdre le contrôle opérationnel sur certains types de source figurant dans sa liste dans les cas suivants :
- Cession d'activités,
 - Externalisation d'une ou plusieurs activités,
 - Réorganisation du contrôle opérationnel (ex : changement d'une entreprise extérieure contractée),
 - Arrêt d'activité.
- 2.13** Dans le cas où l'entité perd le contrôle opérationnel de types de sources, elle devra ajuster sa Liste de types de sources et les émissions annuelles de GES en conséquence.
- 2.14** Dans le cas de l'arrêt d'une activité, les émissions annuelles de GES seront prises en compte jusqu'à la fermeture.
- 2.15** La méthode utilisée pour prendre en compte les éventuels changements structurels devra être explicitée

Modifications à effectuer en cas de prise de contrôle opérationnel de certains types de sources

- 2.16** Une entité peut prendre le contrôle opérationnel de certains types de sources d'émissions dans les cas suivants :
- Fusion,
 - Acquisition,
 - Internalisation d'une activité,
 - Réorganisation du contrôle opérationnel (ex : changement d'une entreprise extérieure contractée),
 - Démarrage d'une nouvelle activité.
- 2.17** Dans le cas où l'entité prend le contrôle opérationnel sur des types de sources qui ne figuraient pas dans sa Liste, l'entité devra ajuster sa liste de types de sources et les émissions annuelles de GES en conséquence.

- 2.18** Dans le cas du démarrage d'une nouvelle activité, les émissions seront prises en compte dès le démarrage.
- 2.19** La méthode utilisée pour prendre en compte les changements structurels devra être explicitée.

Ajustements des émissions historiques

- 2.20** Les émissions historiques sont modifiées dans les cas suivants :
- changement de la liste des types de sources (fusion, acquisition, cession, externalisation ou internalisation de types de sources),
 - changement de méthode de quantification des émissions,
 - détection d'erreurs dans la quantification des émissions.
- 2.21** **Lorsque l'entité juge que cela a un impact significatif sur l'inventaire, les émissions historiques doivent être recalculés.**
- Le processus doit être documenté et justifié de manière transparente.
- 2.22** **Les émissions historiques ne sont pas ajustées en cas d'arrêt ou de démarrage d'une activité.**
- 2.23** Dans le cas où les données historiques nécessaires ne sont pas disponibles, l'entité doit l'indiquer. Elle peut alors choisir de ne pas ajuster les émissions historiques concernées.

Section 3 : Calcul des émissions

Approche / Hiérarchisation

- 3.1** L'objectif de cette section est de définir une méthodologie et une approche communes pour la quantification des émissions de GES, au moyen de l'outil de calcul Excel associé à ce protocole.
- 3.2** Différents niveaux de précision peuvent être atteints suivant le type de méthodologie utilisée (utilisation de facteurs standards, mesures périodiques, mesures en continu, etc.)
- 3.3** Afin d'assurer une amélioration continue, il est recommandé aux participants d'évoluer vers les méthodes présentant la précision la plus élevée lorsque cela est réalisable. Il est toutefois admis que le choix de la méthode dépendra de l'importance du type de source considéré et de l'incertitude associée à la méthode d'évaluation utilisée. Le niveau d'incertitude résiduelle associé à certaines méthodes représente encore un frein à l'établissement de méthodes universellement acceptées. De plus, même dans le cas de mesures, des techniques de mesure différentes peuvent conduire à des niveaux de précisions différents.
- 3.4** Des mesures réglementaires d'émissions de CO₂ à la cheminée peuvent être utilisées par l'exploitant dans le cas des émissions de GES liées à l'incinération de déchets dangereux, sous réserve qu'il puisse justifier la plus grande précision de cette méthode par rapport à une méthode par le calcul associant une donnée d'activité (par exemple consommation de combustible) et un facteur d'émission.

Dans ce cas, il devra s'assurer du correct fonctionnement de l'analyseur de fumée, et mettre en œuvre un programme de maintenance préventive permettant de prévenir toute déviation dans le fonctionnement de l'instrument. Les documents de suivi de maintenance devront être archivés.

Méthodologie

- 3.5** Il y a dans certains cas plusieurs méthodes possibles.

Dans le cas de mesures en continu, il peut y avoir plus d'un protocole d'échantillonnage utilisable pour obtenir un échantillon représentatif destiné à l'analyse.

De même, pour un même calcul, plusieurs facteurs d'émission issus de sources bibliographiques différentes peuvent être utilisés.

L'entité doit documenter clairement la méthodologie utilisée et les raisons de ses choix.

- 3.6** Le présent document ne recommande aucune technique spécifique d'échantillonnage et de mesure, ni de technique analytique. Toutes les méthodes d'échantillonnage, de mesure et d'analyse employées devront être conformes aux standards nationaux ou internationaux appropriés lorsqu'il en existe. S'il n'en existe pas, une documentation complète concernant les méthodes employées devra être conservée.

Pouvoirs de réchauffement global

- 3.7** Les pouvoirs de réchauffement global sont fournis en Annexe 1 pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Reference Manual - Volume 3).

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, ce sont ces valeurs qui seront utilisées pour la première période 2008-2012.

Ces valeurs seront actualisées en fonction de l'avancement des travaux du GIEC¹⁵ et des discussions de l'UNFCCC¹⁶.

Outil de calcul

3.8 Un outil de calcul sous Excel a été développé par EpE. Il fait partie intégrante du présent protocole.

3.9 Cet outil comporte plusieurs onglets :

- Transport : calcul des émissions liées à la collecte et au transport des déchets. Cet onglet reprend le tableur de calcul des émissions de GES liées aux activités de transport publié par EpE, en focalisant sur les activités de transports pertinentes dans le domaine de la gestion des déchets
- Combustion et émissions indirectes : calcul des émissions liées à la consommation de combustibles fossiles, d'électricité et/ou de chaleur
- Facteurs : onglet récapitulant les facteurs d'émission
- Centre de stockage des déchets (CSD) : onglet présentant les recommandations et exigences concernant le calcul des émissions issues des CSD (décharges) et en particulier la modélisation des émissions diffuses
- Incinération : calcul des émissions liées à l'incinération des déchets (tous types)
- Eaux usées : calcul des émissions liées au traitement des eaux usées
- Évitées : calcul des émissions évitées par la valorisation des déchets selon les principes présentés dans le présent protocole
- Synthèse : onglet récapitulatif de l'inventaire

3.10 L'utilisateur dispose de différents types de champs de saisie :

- Les champs où il doit indiquer les valeurs spécifiques à son site (telles les données d'activité comme les tonnages de déchets incinérés)
- Les champs où sont indiquées des valeurs par défaut (facteur d'émission). Les valeurs par défaut correspondent, lorsqu'elles sont disponibles, à des valeurs reconnues au niveau national ou international. Les sources de ces valeurs sont indiquées dans le tableur. L'utilisateur a la possibilité d'adapter ces valeurs par défaut pour refléter de manière plus précise la situation de son site. Toutefois dans ce cas, les valeurs retenues devront être documentées et justifiées.

3.11 En renseignant le tableur de calcul, l'utilisateur pourra voir apparaître des messages indiquant la manière de remplir l'outil, les précautions à prendre, et certaines recommandations mentionnées dans le présent protocole.

3.12 Cas particulier de l'incinération des déchets dangereux : L'utilisateur pourra déterminer les émissions de GES liées à l'incinération des déchets dangereux soit sur la base d'un calcul associant le tonnage de déchets incinéré et un facteur d'émission, soit au moyen des mesures effectuées à la cheminée, sous réserve de justifier la plus grande précision de cette méthode.

¹⁵ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

¹⁶ United Nations Framework Convention on Climate Change

Dans ce deuxième cas, l'utilisateur devra éviter tout double compte :

- La mise en œuvre d'un calcul basé sur le tonnage incinéré nécessite de remplir l'onglet de l'outil de calcul concernant l'incinération ainsi que l'onglet concernant les combustibles fossiles utilisés en appoint
- Au contraire, la mesure à la cheminée concerne l'ensemble des produits carbonés incinérés. Il n'est donc pas nécessaire de calculer en double les émissions liées aux combustibles d'appoint. En revanche, il est nécessaire de déduire les émissions de CO₂ provenant de la biomasse incinérée.

Cas particulier de la modélisation des émissions des centres de stockage des déchets (décharges)

3.13 La comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre captées dans les Centres de stockage des déchets (CSD) peut être effectuée relativement aisément, au moyen de débitmètres placés sur le réseau de captage du biogaz et d'analyses de sa composition. En revanche, les conditions de terrain rendent difficiles la comptabilisation des émissions diffuses. Pour résoudre cette difficulté, des recherches ont été effectuées afin de modéliser les émissions atmosphériques des CSD.

L'annexe 2 présente une étude comparative des modèles existants. Les conclusions et recommandations que l'on peut en retirer dans le cadre de la réalisation d'un inventaire d'émissions de GES sont reprises ci-dessous :

- L'utilisation de modèles est indispensable pour l'estimation des émissions diffuses ; parmi la diversité de modèles existants, seuls les modèles utilisant des équations d'ordre 1 peuvent à l'heure actuelle prendre en compte les différents facteurs influençant la production de biogaz. L'entité doit donc faire appel à ces modèles, et proscrire l'utilisation de modèles utilisant des équations d'ordre 0 (ou utilisant des facteurs d'émission standard).
- Les différents modèles existants ont été créés pour refléter certaines situations, et s'accompagnent de facteurs standard caractérisant les déchets que l'on peut adapter. Ils présentent chacun leurs avantages et leurs inconvénients et peuvent différer grandement dans leurs résultats numériques. Chaque modèle nécessite une prise en main à ne pas négliger.
- A l'heure actuelle, et de part la nature même de l'exercice de la modélisation, il n'y a de modèle recommandé plutôt qu'un autre. Il est conseillé de faire appel au modèle reconnu par les autorités locales pour les déclarations réglementaires. A défaut, l'entité devra utiliser un modèle publié, reconnu et disponible dans la littérature scientifique et technique (l'outil de calcul associé à ce protocole liste les modèles à privilégier), et les paramètres du modèle utilisé doivent être adaptés pour refléter la situation spécifique du site. Le choix du modèle ainsi que l'adaptation des paramètres devront être documentés et justifiés.
- Le modèle retenu devra tenir compte de la composition des déchets.
- Du fait de la nécessaire adaptation des paramètres du modèle, l'entité effectuant le reporting devra veiller à utiliser le même modèle d'une année sur l'autre, à moins de justifier de l'utilisation d'un autre modèle permettant de représenter de manière plus satisfaisante la situation des CSD.
- La bonne utilisation d'un modèle d'estimation des émissions d'un CSD requiert une réelle compétence (essentiellement en raison de la grande sensibilité aux facteurs d'entrée). La finesse des résultats dépend également éminemment de la connaissance du CSD à modéliser (Taux de carbone biogénique, âge des déchets, efficacité du système de captage), autant que des critères culturels (alimentation,

habitude de trier les déchets). A ce titre, il est recommandé de faire travailler en étroite collaboration les responsables de sites avec le management de l'entité effectuant le reporting, celle-ci devant fournir un support pour fournir des éléments indicatifs pertinents sur les paramètres d'entrée et effectuer un contrôle de la cohérence des données calculées, voire effectuer le calcul au moyen des données transmises par les responsables d'exploitation.

- L'utilisation de ces modèles implique un niveau d'incertitude élevé, qu'il est difficile d'estimer.

Section 4 : Exigences de reporting

4.1 Le processus de reporting doit être détaillé de manière à assurer la transparence et la vérifiabilité des données, pour un contrôle interne et une vérification externe efficaces.

Données à reporter

4.2 Les informations listées ci-dessous doivent figurer dans le *rapport d'inventaire des émissions de GES* :

- lettre de représentation, signée par la direction ou par un représentant désigné de l'entité, attestant que les données reportées sont une représentation sincère et cohérente des émissions de l'entité, et qu'elles sont conformes aux exigences du présent protocole,
- liste des types de sources définis pour l'année N, et modifications apportées à cette Liste durant l'année N (ex : changements structurels),
- émissions annuelles directes nettes de GES, avec le niveau d'incertitude associé et la méthode appliquée,
- données d'activité correspondantes.

4.3 Les *Preuves*, nécessaires pour le contrôle interne et la vérification externe, doivent être constituées au minimum des éléments suivants :

- protocole interne élaboré par l'entité, incluant les méthodes de calcul et de consolidation retenues ainsi que les facteurs d'émissions utilisés. Si une entité utilise une méthode de calcul différente de celle proposée dans le présent protocole, elle doit décrire précisément la méthodologie utilisée et expliquer le choix de cette méthode,
- explication des inclusions et exclusions faites lors de la définition de la Liste des types de sources,
- tout changement de méthodologie pouvant influencer sur la comparabilité des données reportées avec les données de l'année précédente,
- description de tout événement qui a pu avoir un impact sur les données reportées,
- toute autre information nécessaire à l'évaluation de la qualité des données.

4.4 Les informations fournies devront être claires et concises.

4.5 L'entité doit enregistrer de manière systématique (en utilisant par exemple une base de données électronique) à la fois les données et les méthodes qui régissent la collecte et la consolidation des données. Ces enregistrements concernent les émissions annuelles et les émissions de l'année de référence.

Reporting des données d'activité

4.6 *Données d'activité* : Données représentatives de l'importance d'une activité sur une période donnée. Le choix des données d'activités est du libre ressort de l'entité, qui justifiera son choix.

4.7 Il peut s'agir de données liées directement à l'activité, telles que le tonnage de déchets collecté, traité, trié ou recyclé. Toutefois, les données d'activité peuvent différer des tonnages annuels de déchets. Exemple : unité de PIB, chiffre d'affaires.

- 4.8** Les indicateurs sous forme de ratios fournissent en général des informations sur l'efficacité d'une activité, sur l'intensité d'un impact ou sur le niveau d'atteinte d'un objectif.

Des ratios d'intensité peuvent être établis et fournis. Ils sont appelés émissions relatives ou émissions spécifiques, et expriment l'impact GES par unité d'activité ou unité de valeur (ex : tonnes équivalent CO₂ par tonne de déchet traité).

Section 5 : Gestion de l'incertitude

- 5.1** Une méthode simplifiée de calcul d'incertitude globale est fournie dans le protocole général d'EpE sur la quantification, le reporting et la vérification des émissions de GES (section 5 du Protocole « REGES »). L'entité pourra s'y reporter pour effectuer un calcul.
- 5.2** Toutefois, il est difficile de réaliser à ce stade un calcul dont le résultat soit pertinent dans le cas particulier de la gestion des déchets. Le suivi des émissions de GES de ce secteur présente en effet une incertitude importante à l'heure actuelle, en raison de plusieurs facteurs :
- un nombre important de filières de traitement de déchets a recours à des processus complexes (notamment biologiques) pour lesquels une même précision que pour les émissions d'autres activités industrielles est difficile à atteindre;
 - les filières de gestion des déchets sont interdépendantes,
 - certaines émissions sont diffuses et par conséquent sont estimées à partir de modèles théoriques,
 - les déchets traités présentent des compositions très hétérogènes, pour lesquelles une approche statistique est obligatoire, introduisant des biais importants mais inévitables. Des facteurs standard peuvent être employés, dont la précision est inconnue.

Importance de l'incertitude dans les inventaires d'émissions de GES

- 5.3** Par nature, l'inventaire, l'évaluation et la collecte de données sont sources d'incertitude. L'estimation de cette incertitude est un élément essentiel dans le reporting des émissions de GES. Elle ne vise pas à contester la validité des données de l'inventaire mais à les assortir d'un degré de fiabilité. Elle aide en outre à identifier les axes d'amélioration possible dans la précision du reporting, et à orienter les choix méthodologiques.
- 5.4** Les totaux d'émissions reportés par les entités sont généralement fournis sous la forme d'un chiffre unique avec des intervalles de confiance implicites ou explicites. Par exemple, un total d'émissions reporté de 125 000 tonnes équivalent CO₂ peut être exprimé de manière plus précise par la formule "émissions totales comprises entre 115 000 et 135 000 tonnes" ou la formule "les émissions totales sont de 125 000 tonnes à plus ou moins 10%". Le degré d'incertitude variera de manière importante selon les différentes estimations d'émissions, suivant le type de source d'émissions, la méthode de calcul utilisée, et le niveau d'effort fourni pour collecter et valider les données.

Sources d'incertitude

- 5.5** Même lorsque les meilleures méthodes de calcul disponibles sont utilisées, il persiste de nombreuses sources d'incertitude pour le total des émissions de GES :

- estimations faites pour les données manquantes (exemples : installations qui ne font pas de reporting des émissions, factures de consommations de combustibles manquantes),
- mesure imprécise de l'activité émettrice,
- erreurs de calcul ou omissions,
- utilisation de facteurs d'émission applicables aux cas standard mais qui ne sont pas parfaitement adaptés aux circonstances,
- hypothèses qui simplifient l'estimation des émissions pour les procédés trop complexes,
- utilisation de facteurs d'émission approximatifs.

Recommandations pour réduire l'incertitude résiduelle

- 5.6** L'incertitude est inhérente à la réalisation d'un inventaire d'émissions de GES. L'entité devra cependant viser à réduire le plus possible cette incertitude et à maintenir la plus basse possible l'incertitude résiduelle.
- 5.7** Pour cela, les principes ci-dessous devront être appliqués par l'entité. Celle-ci devra notamment :
- s'assurer d'employer les instruments de mesure et d'analyse, ainsi que tout moyen nécessaire à la réalisation de l'inventaire, les plus adaptés et reconnus par la profession,
 - mettre en œuvre une maintenance préventive sur les appareils de mesure et d'analyse, supportée par des procédures de maintenance et des enregistrements permettant de prévenir les déviations éventuelles des instruments. Ces documents devront être conservés et soumis si nécessaire au vérificateur,
 - mettre en œuvre des contrôles internes qui seront formalisés et archivés (voir ci-dessous) ainsi qu'un processus de validation par le management de l'entité effectuant le reporting,
 - veiller à la constance du processus de quantification des émissions de GES et des méthodes employées, ainsi qu'à la cohérence du reporting d'une année sur l'autre.

Contrôles internes

- 5.8** L'entité mettra en œuvre les contrôles internes nécessaires pour réduire le risque d'erreurs significatives à un niveau acceptable. Ces contrôles devront être documentés et formalisés. Il pourra par exemple s'agir :
- du contrôle de la cohérence des valeurs reportées d'une année sur l'autre,
 - du contrôle de l'ordre de grandeur des données reportées,
 - du contrôle de la cohérence des données calculées par rapport aux données d'activité,
 - de la validation du calcul par une personne tierce au sein de l'entité.

Valeurs-types d'incertitude

- 5.9** Un tableau présentant l'incertitude liée aux instruments couramment employés sur des installations de gestion des déchets et entrant dans le calcul des émissions de GES est

fourni ci-dessous. Ce tableau est donné à titre indicatif, sur la base des indications fournies par les experts des sociétés Veolia Propreté, Sécché Environnement et Suez Environnement.

Type d'instrument/mesure	Exemples d'utilisation	Incertitudes-type	Observations
Débitmètre	Mesure de gaz naturel en appoint des incinérateurs	2 %	Mesure commerciale ou faisant l'objet d'une maintenance préventive. La valeur constructeur ne peut être retenue, il est nécessaire de tenir compte des conditions d'utilisation réelles et de maintenance. Il est recommandé d'archiver les certificats d'étalonnage et les documents de suivi de maintenance.
	Mesure de biogaz capté	5 – 10%	Mesure non commerciale et instruments utilisés pour le suivi opérationnel quotidien. Maintenance corrective seulement.
	Mesures des débits à la cheminée des incinérateurs	5 – 10 %	Conditions d'opération difficiles (localisation des instruments, variabilité du débit mesuré) ; risques de pannes.
Pesées	Pont bascule	2 %	Mesure commerciale ou faisant l'objet d'une maintenance préventive. Il est recommandé d'archiver les certificats d'étalonnage et les documents de suivi de maintenance.
Relevé de cuves	Relevé visuel du niveau de cuves de combustibles liquides utilisé en appoint	10%	Incertitude liée à l'imprécision des méthodes de détermination de niveaux dans des cuves de fuel lourd ou domestique.
Analyseurs	Détermination de la teneur en CO ₂ des fumées d'incinération au moyen d'appareils sur site	5% - 10%	Conditions d'opération difficiles (localisation des instruments) ; risques de pannes fréquentes. Toutefois, les analyseurs font l'objet d'un suivi réglementaire strict.
	Détermination de la teneur en carbone de combustibles au moyen d'analyseurs en laboratoire (chromatographie gazeuse)	5%	Appareils faisant l'objet d'une maintenance préventive et d'étalonnage périodique. Il est recommandé d'archiver les documents de suivi de maintenance Il est nécessaire d'adopter une fréquence d'échantillonnage garantissant la représentativité de la valeur, et de documenter le choix de la fréquence retenue.

5.10 Par ailleurs, il est rappelé que les principes d'incertitude s'appliquent à des données provenant de mesures ou d'analyses ; à ce titre, ces dispositions ne peuvent s'appliquer aux modélisations réalisées pour estimer les émissions de méthane des centres de stockage des déchets (décharges).

Section 6 : Vérification

- 6.1** Il est fortement recommandé que les émissions annuelles de GES des entités soient vérifiées par une tierce partie.

Etendue de la vérification

- 6.2** L'objectif de la vérification est d'évaluer :
- qu'un protocole interne a été développé en accord avec les présentes lignes directrices (incluant la vérification de l'exhaustivité des types de sources répertoriés dans la Liste de types de sources),
 - que les données reportées ne présentent pas d'erreurs significatives (validation des émissions de GES et des incertitudes associées pour chaque type de source).

Erreur matérielle dans les émissions annuelles

- 6.3** L'évaluation de la matérialité par le vérificateur prendra en considération à la fois la nature et l'amplitude des erreurs constatées. Par exemple, un oubli ou une erreur peu significatif mais répété fréquemment peut, par accumulation, avoir un impact significatif sur le chiffre total des émissions. Le vérificateur devra évaluer la matérialité de toute erreur individuelle, ainsi que de l'agrégation des erreurs non corrigées.

Pour cela, les vérificateurs prendront en compte toute omission ou erreur qui pourrait conduire à une erreur significative sur les chiffres annuels.

Annexe 1 : Pouvoirs de réchauffement global

<i>Gaz</i>	<i>Pouvoir de réchauffement global¹⁷</i>
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

¹⁷ Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Reference Manual (Volume 3) - <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>

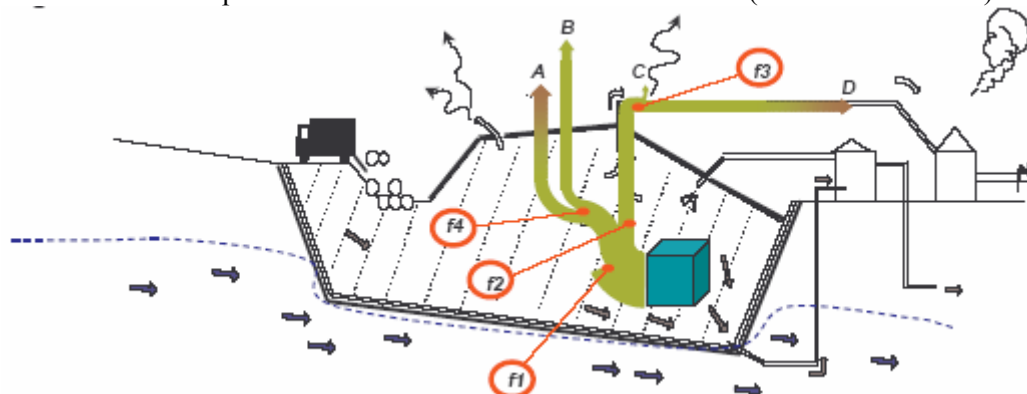
Annexe 2 : Analyse comparative des modèles d'émissions de gaz à effet de serre des CSD

Contexte – présentation des sources d'émission

Les CSD (centres de stockage des déchets) sont une des principales sources d'émission de gaz à effet de serre du secteur des déchets. L'enfouissement de déchets dans des CSD génère en effet du biogaz, lié à leur décomposition. Ce biogaz est composé essentiellement de CO_2 et de CH_4 , ainsi que des éléments à l'état de traces tels que N_2 , O_2 , H_2S , CO , NH_3 , H_2 , COV. Le dioxyde de carbone provient de la décomposition aérobie des composés organiques contenus dans les déchets, le méthane provenant pour sa part de leur décomposition anaérobie.

Sur la majorité des CSD contrôlés sont désormais installés des systèmes de récupération des biogaz produits dans les cellules. Leur efficacité est assez variable, de 10% à plus de 90% de gaz récupéré. Ces gaz sont ensuite soit torchés, soit valorisés afin de produire de l'électricité et/ou de la chaleur. Une partie des gaz produits ne peut toutefois pas être récupérée. Ils donnent naissance à des émissions diffuses, rejoignant l'atmosphère après avoir traversé la couverture des cellules, en subissant une oxydation partielle.

Le schéma suivant représente ces différentes sources d'émissions (source : EAA 2005) :



A : biogaz oxydé au niveau de la couverture et diffusé dans l'atmosphère – CO_2 uniquement

B : biogaz diffusé dans l'atmosphère – CO_2 et CH_4

C : fuite du système de collecte du biogaz – CO_2 et CH_4

D : biogaz torché ou brûlé dans une turbine ou une chaudière – CO_2 uniquement

Il convient également de garder à l'esprit que la vie d'un CSD se découpe en plusieurs phases, pour lesquelles les conditions de formation du biogaz sont différentes :

1. **Cellule en exploitation** : conditions aérobies, pas de récupération de biogaz,
2. **Cellule « remplie », non encore couverte** : conditions aérobie et anaérobie, importante diffusion dans l'atmosphère, récupération du biogaz non optimale,
3. **Cellule couverte** : conditions aérobie et anaérobie, récupération du biogaz optimale, diffusion réduite.

La quantité de biogaz généré par une décharge et sa composition (et par là, la quantité de gaz à effet de serre) dépendent de nombreux critères, dont les principaux sont :

- ❑ La quantité de déchets enfouis,
- ❑ L'âge des déchets enfouis,
- ❑ La composition des déchets enfouis¹⁸,
- ❑ Les conditions physico-chimiques du milieu (humidité, température, pH, etc.),
- ❑ L'efficacité du système de collecte des biogaz,
- ❑ Le type de couverture réalisé.

La comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre captées peut être effectuée relativement aisément, au moyen de débitmètres placés sur le réseau de captage du biogaz (présentant de bons niveaux d'incertitudes) et d'analyses de sa composition. Toutefois, la comptabilisation des émissions diffuses présente une difficulté liée à la difficulté, du fait même des conditions de terrain, de déterminer les quantités de biogaz émises à l'atmosphère. Des mesures des émissions diffuses peuvent en effet être effectuées, mais leur mise en œuvre est complexe, coûteuse, et d'une précision faible.

Pour résoudre cette difficulté, des recherches ont été effectuées afin de modéliser les émissions atmosphériques des décharges. Un inventaire de ces modèles et une analyse comparative des principaux sont présentés ci-dessous. Il apparaît que la modélisation des émissions générées par une décharge est un exercice complexe, qui nécessite obligatoirement de prendre en compte un nombre important de facteurs.

Modèles existants

Diversité des modèles

De nombreux modèles existent pour évaluer les émissions de polluants des CSD, dont les objectifs et la complexité sont très variables. Nous nous intéressons ici à ceux permettant d'estimer la production de biogaz, afin de pouvoir déterminer les émissions de gaz à effet de serre.

Les modèles existants peuvent se découper en 2 grandes catégories :

- ❑ Les modèles basés sur un calcul théorique de la production, nécessitant une connaissance des tonnages enfouis. En fonction de leur précision, on distingue :
 - Les modèles d'**ordre 0** (type *Tier I* du GIEC) : il s'agit en fait de méthodes faisant appel à des facteurs d'émissions et tenant compte des tonnages enfouis l'année du calcul. Ayant recours à des valeurs standards, ils ne prennent pas en compte la complexité de la situation spécifique du CSD et visent plutôt à réaliser des calculs estimatifs, à un niveau régional ou national. Ils ne permettent donc pas d'atteindre la finesse nécessaire au calcul d'émissions devant être reporté dans le cadre du présent protocole.
 - Modèle du **1^{er} ordre** (type *Tier II* du GIEC) : Ces modèles tiennent compte de l'historique de remplissage du CSD ou des apports moyens annuels et la durée d'exploitation du site. Ils sont construits sur des équations cinétiques d'ordre 1, et sont plus ou moins complexes, suivant qu'ils prennent en compte le biogaz récupéré, l'oxydation du méthane à travers la couverture, ou d'autres types de paramètres. Les modèles les plus aboutis (dits multi-phase) distinguent plusieurs types de déchets, suivant la rapidité à laquelle ils se dégradent.

¹⁸ Ce facteur est excessivement variable d'une région à l'autre (habitude alimentaire, tri des déchets, etc.). Il justifie les écarts importants que l'on est susceptible de trouver dans les modèles des différents pays.

Les modèles les plus fréquemment utilisés (plus anciens ou plus aboutis) dans la littérature sont le modèle *Tier II* du GIEC, Landgem (développé par l'US EPA), GasSim (développé par l'administration britannique) et le modèle ADEME en France.

Contexte particulier de l'EPER

La mise en place du Registre Européen des Emission Polluantes (EPER) a accéléré le développement de modèles nationaux d'estimation des émissions de GES pour les CSD.

D'après la décision européenne 2000/479/EC (dite EPER), les activités recensées dans l'Annexe I de la Directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) et dépassant les seuils fixés en Annexe I de la décision EPER doivent déclarer leurs émissions polluantes. Les CSD sont susceptibles de tomber sous le coup de la catégorie 5.4 – Installations pour l'élimination des déchets non dangereux (>50t/j) et décharges (>10t/j) – ou 5.1 – Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h).

Dans le cadre du reporting EPER, les Etats Membres doivent recueillir les données des sites soumis à déclaration et les transmettre au niveau européen. Les Etats Membres sont libres de désigner le modèle à utiliser permettant d'évaluer les émissions. Il est à noter que d'après l'EPER, il subsiste des points d'ombre dans la détermination des émissions atmosphériques diffuses des CSD dans certains pays.

Modèles nationaux utilisés pour l'EPER

Au sein de l'Union Européenne, les modèles utilisés par les états membres sont listés ci-dessous (source : EPER 2004) :

Pays	Modèle utilisé	Description succincte
Allemagne	Modèle national	Ordre 0 – adaptation du modèle tier I du GIEC + quelques éléments du tier II pour les émissions de CH ₄
Autriche	2 modèles (nationaux) suivant que les déchets sont résiduels (méthodologie de Tabasaran et Rettenberger) ou non résiduels (méthodologie de Marticorena)	Ordre 1 – prend en compte les émissions passées Déduit le biogaz capté, l'oxydation dans la couverture – 2 catégories de déchets (demi-vie 1-20 ans et 20-100 ans)
Belgique	Modèle national	Ordre 1, basé sur le tier 2 du GIEC – Déduit le biogaz capté, l'oxydation dans la couverture – 1 seule catégorie de déchet
Danemark	<i>Pas d'information disponible</i>	
Espagne	<i>Pas d'information disponible</i>	
Finlande	Modèle GIEC tier 2 adapté	Modèle GIEC : Ordre 1 avec une modification sur le facteur de correctif du méthane
France	Modèles nationaux (ADEME) – un modèle type tier 2 et un autre basé sur la mesure du biogaz capté	1 ^{er} modèle : ordre 1 – Déduit le biogaz capté, l'oxydation dans la couverture – 3 catégories de déchets et 4 catégories d'âge de déchet 2 ^{ème} modèle : ordre 0 – utilise l'efficacité du système de collecte et la quantité de biogaz capté
Grèce	Modèle GIEC tier 1	Ordre 0
Irlande	LandGem (USEPA)	Ordre 1 – 1 seule catégorie de déchet, prend en compte l'oxydation dans la couverture et une récupération du biogaz – Initialement créé pour estimer la production de biogaz et non les émissions diffuses
Italie	Modèle issu du GIEC tier 2	Ordre 1
Luxembourg	<i>Pas d'information disponible</i>	
Pays Bas	2 modèles nationaux (TNO)	Les 2 modèles sont d'ordre 1- Prend en compte le biogaz capté, l'oxydation dans la couverture. La différence entre les modèles se fait au niveau du nombre de catégorie de déchets : soit 1 soit 3.
Portugal	LandGem (USEPA)	<i>Cf. Irlande</i>
Royaume Uni	Modèle national (GasSim)	Ordre 1 – prend en compte l'oxydation dans la couverture et déduit la récupération à partir des caractéristiques de la couverture – 3 catégories de déchets
Suède	<i>Pas d'information disponible</i>	

En dehors du périmètre de l'EPER, et outre le modèle développé par l'US EPA (voir ci-dessous), la Norvège a également développé un modèle national, d'ordre 1 et tenant compte des différents types de matériaux stockés.

Comparaison des principaux modèles

La comparaison présentée ci-dessous porte sur les modèles auxquels il est fait le plus souvent référence, et qui sont parfois utilisés au-delà des pays où ils ont été conçus :

- ❑ Modèle ADEME (France, modèle national EPER),
- ❑ GasSim (UK, modèle national EPER),
- ❑ LandGem (USA, modèle de l'EPA),
- ❑ Modèle *Tier II* du GIEC (référence internationale).

Méthodologie de modélisation

Tous les modèles étudiés sont basés sur une équation cinétique du premier ordre, de la forme :

$$Q_{CH_4} = L_0 \cdot M \cdot k \cdot e^{-k(t-x)}$$

Où :

Q_{CH_4} : Quantité de méthane produite par an (Nm³ / an)

L_0 : pouvoir méthanogène (Nm³ CH₄ / t de déchets)

M : tonnage de déchets enfouis (t)

k : constante cinétique (an⁻¹)

x : année où les déchets ont été enfouis

t : année de l'inventaire des émissions (t ≥ x)

Cette formule est l'équation de base des modèles. Une sommation sur le nombre d'années x où les déchets ont été enfouis est ensuite effectuée, L_0 et M étant fonctions de x. Le résultat est également parfois détaillé par catégorie de déchet, les paramètres L_0 , M et k étant alors dépendant des catégories de déchets. En fonction des modèles, d'autres paramètres peuvent également être pris en compte, tels que le captage de biogaz, l'oxydation à travers la couverture, des facteurs physico-chimiques, etc.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques techniques (données par défaut ^(*)) des différents modèles (source : Ogor et Guerbois 2005).

	Tier II	LandGem (EPA) (8)	GasSim	ADEME
Type de modèle	Monophasé ⁽¹⁾		Multiphasé (6)	
Données d'entrées	Historique des tonnages de déchets enfouis + % de déchets inertes		Historique des tonnages de déchets enfouis + composition des déchets	
Pouvoir méthanogène L_0	110 (ne prend pas en compte les inertes) (5)	170 (ne prend pas en compte les inertes)	Calcul automatique	⁽²⁾ Rapide : 88 Moyen : 44 Lent : 0
Constante cinétique k	Déterminée par l'utilisateur	0,05	Rapide : 0,116 Moyen : 0,076 Lent : 0,046	Rapide : 0,50 Moyen : 0,10 Lent : 0,04
Efficacité du captage de biogaz	Calculé (ratio captage / production théorique)	Calculé (ratio captage / production théorique) – maximum fixé à 85%	Calculé (ratio captage / production théorique)	⁽³⁾ Moyenne de l'efficacité du captage basé sur le type de couverture au prorata des surfaces
Entrée relative au captage	Débit moyen de méthane capté dans l'année			⁽⁴⁾ Surface de chaque type de couverture
Oxydation (7)	10%	10%	Calculé automatiquement	10%

(*) Dans la majorité des modèles, les facteurs cités ici (L_0 , k, etc.) peuvent être modifiés par l'utilisateur pour être plus représentatif de la réalité des CSD modélisés.

- (1) Les termes multiphase ou monophasé font référence au fait que le modèle prend en compte un seul ou plusieurs types de déchets. Dans le cas de LandGem, il a été fait mention lors des entretiens avec les experts des entreprises de son utilisation en multiphase.
- (2) Prend en compte le fait que l'ADEME estime que la première année, la production de méthane est nulle (condition aérobie) – les facteurs initiaux sont respectivement 100, 50 et 0.
- (3) Les efficacités considérées sont les suivantes : aucun captage (0%), zone en exploitation relié à unité de combustion (35%), couverture semi-perméable (65%), couverture imperméable naturelle (85%) et géomembrane (90%).
- (4) Une deuxième approche a été développée par l'ADEME, qui utilise les mêmes taux de captage que le modèle théorique, mais en partant de la production mesurée.
- (5) La méthodologie Tier 2 ne fixe pas de valeur pour le potentiel méthanogène mais indique une méthode de calcul en fonction de la qualité des déchets enfouis. La valeur reportée dans le tableau ci-dessus et utilisée dans l'étude interne de VEOLIA PROPRIÉTÉ a été calculée à partir d'une hypothèse de composition de 25% de déchets putrescibles et 30% de papiers & textiles, mais doit être adaptée à chaque site.
- (6) 3 catégories de déchets : fortement fermentescibles, moyennement fermentescibles, inertes. Pour les déchets fortement et moyennement fermentescibles, 3 constantes cinétiques sont ensuite considérées (rapide, moyen et lent), associées respectivement à 15, 55 et 30% des déchets.
- (7) Le taux d'oxydation ne s'applique qu'à la part de méthane non captée
- (8) Paramètres AP42. Ces paramètres sont ceux utilisés pour le reporting réglementaire aux USA, avec les paramètres CAA.

Facilité d'utilisation

Tous les modèles présentent une certaine complexité et nécessitent du temps afin d'en avoir une connaissance approfondie pour être utilisés dans les meilleures conditions, et de lui faire refléter exactement les caractéristiques d'un CSD. Les modèles ADEME et GasSim sont considérés comme plus complexes que les autres, car les modèles de l'EPA et Tier2 permettent de ne considérer qu'une seule catégorie de déchets¹⁹. Les codes de calcul sous-tendant les modèles ne sont pas complexes en eux-mêmes. Il faut remarquer que les équations utilisées pour GasSim sont intégrées dans le logiciel de calcul et par conséquent, au contraire des autres outils, inaccessibles aux utilisateurs.

Dans tous les cas, il est ressorti des discussions qu'un modèle tel qu'il est paramétré initialement n'est pas pertinent dans les cas particuliers que rencontre chaque entreprise. Il est donc essentiel de savoir modifier les facteurs clés (composition des déchets et constante cinétique tout particulièrement) du modèle pour les adapter à chaque situation. Ce travail doit s'inscrire dans une démarche de longue haleine, ce qui doit faire préférer la constance dans le choix du modèle.

Par ailleurs, il est certain que toute donnée mesurée disponible (mesure du gaz capté, qui doit être complétée de préférence par des mesures de gaz diffus) constitue une source de fiabilisation et d'affinage du paramétrage du modèle utilisé.

¹⁹ Remarque : le terme « complexe » fait ici référence à la conception et l'utilisation du modèle (données d'entrée nécessaire, types de calculs mis en œuvre, etc.). La complexité d'un modèle et des méthodes de calcul mises en œuvre n'est pas nécessairement liée à la précision des résultats finaux.

Cohérence des résultats

Quelques études ont été réalisées pour comparer les modèles entre eux, et également par rapport à des mesures réalisées sur des CSD étalons. Les résultats de ces études sont très variables, et démontrent bien l'extrême complexité des modélisations (résultats très sensibles à la variation des facteurs, notamment k et L_0). Il faut toutefois aussi noter la difficulté de mesurer le méthane diffus, les différentes méthodes employées dans des études comparatives pouvant présenter des écarts très significatifs.

Pour remédier à cette difficulté méthodologique, le meilleur moyen à notre disposition pour évaluer les performances des modèles réside dans la comparaison des estimations réalisées par chaque modèle de la **production totale** de méthane au sein des cellules par rapport à la **quantité de méthane capté**. Cette comparaison induit inévitablement un biais relatif au biogaz non capté mais, dans le cas de rendement de captage élevé, permet de valider les ordres de grandeurs des résultats des modèles.

Une telle étude montre que :

- ❑ Lorsque les tests sont réalisés sur plusieurs CSD, des tendances nettes se dessinent : certains modèles (EPA, Tier II) prédisent systématiquement des productions plus élevées que d'autres (GasSim, Ademe). Les estimations varient à peu près du **simple au double**, quels que soient les CSD,
- ❑ En revanche, **les estimations de production totale réalisées par les modèles sont parfois inférieures à la quantité de gaz captée** (et par extrapolation de la quantité de biogaz réellement produite).

La comparaison des résultats d'estimation par le **calcul de méthane diffus** avec la **mesure in situ** de ce même méthane s'avère beaucoup plus aléatoire, et des tendances sont difficiles à relever.

- ❑ Suivant le type de mesure réalisé, le résultat portant sur la quantité de méthane diffusé dans l'atmosphère peut varier de 1 à 10 (même s'il est possible d'expliquer en partie ces écarts),
- ❑ Pour les modèles qui soustraient la quantité mesurée de méthane capté à la production estimée, le résultat est parfois négatif, donc incohérent. Le modèle Ademe s'affranchit de ce problème grâce à son approche originale (estimation du rendement du captage), et le modèle EPA définit un seuil de taux de captage fixé à 85%.
- ❑ Dans les cas où les résultats ne sont pas négatifs, il n'est pas possible de dégager des tendances : les résultats des modèles varient de manière très significative, que l'on compare les modèles entre eux ou que l'on compare les modèles et les mesures.
- ❑ L'incertitude pour les émissions mesurées est nettement plus importante que celle de la production théorique.

Conclusions

Conclusion générale

Il ressort de cette étude que, de par sa nature même et à moins de mettre en place des systèmes de mesure d'émissions coûteux et à l'heure actuelle peu fiables, la détermination des émissions diffuses ne peut reposer que sur l'utilisation de modèles d'émission.

L'exercice de la modélisation est difficile, du fait de la diversité de facteurs physiques, chimiques et surtout biologiques gouvernant le processus de dégradation des déchets. Cependant, de nombreux modèles existent, essayant de refléter le mieux possible la réalité.

En conséquence,

- ❑ L'utilisation de modèles est indispensable pour l'estimation des émissions diffuses
- ❑ Parmi la diversité de modèles existants, seuls les modèles d'ordre 1 peuvent à l'heure actuelle prendre en compte les différents facteurs influençant la production de biogaz. Il est donc conseillé de privilégier ces modèles, et de proscrire l'utilisation de modèles d'ordre 0 (ou utilisant des facteurs d'émission standard).
- ❑ Il est nécessaire de garder à l'esprit que l'utilisation de ces outils implique un niveau d'incertitude très élevé, qu'il est difficile d'estimer. Ce niveau d'incertitude n'est pas comparable à celui atteignable lors du calcul d'émission de GES d'autres installations industrielles.
- ❑ Les différents modèles existants ont été créés pour refléter certaines situations, et s'accompagnent de facteurs standard que l'on peut adapter. Ils présentent chacun leurs avantages et leurs inconvénients et peuvent différer grandement dans leurs résultats numériques. Chaque modèle nécessite une prise en main à ne pas négliger. A l'heure actuelle, et de part la nature même de l'exercice de la modélisation, il n'y a pas de sens à recommander un modèle plutôt qu'un autre. Tout au plus peut-on recommander de faire appel au modèle recommandé par les autorités locales pour les déclarations réglementaires. A défaut, les paramètres du modèle utilisé doivent être adaptés pour refléter la situation spécifique du site, les paramètres choisis doivent être documentés et justifiés, et le choix du modèle utilisé doit être justifié.
- ❑ Du fait de la nécessaire adaptation des paramètres du modèle, l'entité effectuant le reporting devra veiller à utiliser le même modèle d'une année à l'autre, à moins de justifier de l'utilisation d'un modèle permettant de représenter de manière plus satisfaisante la situation des CSD.

Validité des modèles

- ❑ En l'état actuel des connaissances, il s'avère impossible de valider les résultats des modèles concernant la quantité de méthane diffus. Il est également vain de proposer une estimation de l'incertitude de ces résultats,
- ❑ Les estimations de production totale de méthane semblent cohérentes, à la fois lorsque l'on compare les modèles entre eux, et par rapport à des mesures de biogaz capté. Une incertitude de +/- 50% est envisageable sur ces résultats,
- ❑ Déterminer un classement basé sur la performance des modèles paraît illusoire, principalement pour deux raisons :
 - Les incertitudes liées à l'ensemble de ces modélisations sont beaucoup trop importantes,
 - La sensibilité des résultats aux facteurs d'entrée (notamment k et L_0) est considérable, de sorte que les résultats obtenus pour un seul modèle peuvent varier sur des plages assez vastes. Par ailleurs, un modèle paramétré « par défaut » ne semble pas pertinent ; il doit davantage être appréhendé comme un outil brut qu'il convient de paramétrer plus finement pour refléter la situation locale,

- ❑ Sur le long terme, le pouvoir méthanogène est un paramètre crucial car il va dicter la production totale cumulée de méthane d'un CSD. Il est donc important de s'assurer que les valeurs de ce paramètre sont cohérentes d'un modèle à l'autre,
- ❑ L'oxydation du méthane à travers la couverture a été fixée à 10% dans quasiment tous les modèles, reflétant la recommandation du GIEC. Il est cependant difficile de valider cette hypothèse avec précision.
- ❑ Il est également recommandé que l'utilisateur convertisse les résultats de production de biogaz en Nm³ afin de disposer d'une base cohérente de comparaison avec d'autres sites.

Recommandations d'utilisation

- ❑ Les modèles multiphasés sont plus fins dans la modélisation des mécanismes biochimiques, et devraient permettre aux sites d'obtenir une restitution plus fidèle de leurs émissions,
- ❑ Le modèle Ademe (dans ses 2 versions) présente l'intérêt non négligeable de proposer dans tous les cas une estimation de la quantité de méthane diffus, contrairement à tous les autres modèles. Ce modèle a été élaboré pour représenter l'évolution d'un CSD à 30 ans.
- ❑ La mesure du biogaz capté reste de loin la donnée la plus fiable. Il peut donc s'avérer intéressant de l'utiliser. Il n'existe cependant pas à l'heure actuelle de méthode d'estimation du rendement du système de collecte (ou l'efficacité de la couverture),
- ❑ La bonne utilisation d'un modèle d'estimation des émissions d'un CSD requiert une réelle compétence (essentiellement en raison de la grande sensibilité aux facteurs d'entrée). La finesse des résultats dépend également éminemment de la connaissance du CSD à modéliser (Taux de carbone biogénique, âge des déchets, efficacité du système de captage), autant que des critères culturels (alimentation, habitude de trier les déchets). A ce titre, il est recommandé de faire travailler en étroite collaboration les responsables de sites avec le management de l'entité effectuant le reporting, celle-ci devant fournir un support pour fournir des éléments indicatifs pertinents sur les paramètres d'entrée et effectuer un contrôle de la cohérence des données calculées, voire effectuer le calcul au moyen des données transmises par les responsables d'exploitation.
- ❑ Le « pilotage » des constantes d'un modèle en fonction des résultats des mesures (biogaz capté et diffus) apparaît comme une source de progression importante dans la fiabilisation des modèles. Mais ce travail doit être réalisé avec une extrême rigueur :
 - Pour ne pas surestimer le rendement du système de captage et réduire ainsi les émissions diffuses (cela conduirait à aligner la production totale de méthane avec la quantité de méthane capté),
 - Sur le plan technique, les mesures de méthane diffus sont incertaines, et doivent être entreprises dans de bonnes conditions pour s'assurer d'un résultat représentatif.
 - Il est également recommandé de les mettre à jour annuellement pour tenir compte de la variation des caractéristiques des déchets.

Références

- ❑ Entretiens avec les experts de l'ADEME, du CITEPA, du European Topic Center for Resources and Waste Management, de VEOLIA PROPRETÉ, SITA et SECHE ENVIRONNEMENT.
- ❑ ADEME : Outil de calcul des émissions dans l'air de CH₄, CO₂, SO_x, NO_x issues des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés – manuel d'utilisation (2003)
- ❑ COWI, 2000, A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste, Final Appendix Report for the European Commission
- ❑ EPER : Supporting Document for the determination of diffuse methane emissions from landfill sites (2004)
- ❑ European Environment Agency : Waste Management in Europe and the Landfill Directive – Background paper from the ETC/RWM to the ETC/ACC workshop 'Inventories and Projections of Greenhouse Gas Emissions from Waste' (2005)
- ❑ GIEC : Tier 2 method, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Emission Greenhouse Gas Inventories – Manuel de reference
- ❑ JACOBS J., SCHARFF H. : Comparison of methane emission models and methane emission measurements (2004)
- ❑ OGOR Y., GUERBOIS M., "Comparison of Landfill Methane Emission Models : a Case Study", Proceedings Sardinia 2005, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 3-7 October 2005
- ❑ UK Environment Agency : GasSIM – landfill gas risk assessment tool (2002)
- ❑ USEPA : LandGEM User's Manual Landfill Gas Emissions Model - Version 2.0 (1998)
- ❑ Workshop on Inventories and Projections of Greenhouse Gas Emissions from Waste – Organisée par l'Agence Européenne pour l'Environnement – Copenhague (Danemark), 2 – 3 mai 2005

http://air-climate.eionet.eu.int/docs/meetings/050502_GHGEm_Waste_WS/meeting050502.html

Annexe 3 : Bibliographie

Bibliographie générale

- The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard – Revised edition - 2004 - WBCSD / WRI – www.ghgprotocol.org
- Revised 1996 IPCC Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories
- 2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories
- Directive du Parlement européen et du Conseil établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté et modifiant la directive 96/61/CE du Conseil
- Directive 96/61/CE du Conseil du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution
- Décision de la Commission du 29 janvier 2004 concernant l'adoption de lignes directrices pour la surveillance et la déclaration des émissions de GES, conformément à la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil
- 2000/479/CE: Décision de la Commission du 17 juillet 2000 concernant la création d'un registre européen des émissions de polluants (EPER) conformément aux dispositions de l'article 15 de la directive 96/61/CE du Conseil relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (IPPC)
- Arrêté du 28 juillet 2005 du MEDD²⁰ relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émissions de GES
- Guide méthodologique relatif au contrôle des déclarations des émissions de gaz à effet de serre, élaboré par le MEDD en avril 2002, en application de l'article 62 de l'arrêté du 02 février 1998 modifié
- ADEME Méthode Bilan Carbone®²¹ : www.ademe.fr/Outils/BilanCarbone
- ISO 14064-1 - Spécification et lignes directrices pour la quantification et l'établissement de rapports sur les émissions de gaz à effet de serre et leur retrait au niveau des organismes
- ISO 14064-2 - Spécification et lignes directrices pour la quantification et l'établissement de rapports sur les réductions d'émission ou l'accroissement des retraits de gaz à effet de serre lors des projets
- ISO 14064-3 - Spécification et lignes directrices pour la validation et la vérification des déclarations de gaz à effet de serre

Bibliographie spécifique au secteur des déchets

- VEOLIA PROPRETÉ, Protocole de Mesure et de Reporting (2004)
- Suez Environnement, Protocole interne
- Séché Environnement, Protocole interne
- IPCC, Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Version révisée 1996 : Manuel simplifié - Module 6 : Déchets (Version 1996 révisée)

²⁰ Ministère de l'Écologie et du Développement Durable

²¹ Le Bilan Carbone® est une marque déposée par l'ADEME.

- UNFCCC, Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities - ACM0001 (2004)
- EPER : Supporting Document for the determination of diffuse methane emissions from landfill sites (2004)
- European Environment Agency : Waste Management in Europe and the Landfill Directive – Background paper from the ETC/RWM to the ETC/ACC workshop ‘Inventories and Projections of Greenhouse Gas Emissions from Waste’ (2005)
- CORINAIR, Emission Inventory Guidebook - Waste incineration (2001)
- AEA Technology, Waste management options and climate change, étude pour la DG Environnement, Commission Européenne (2001)
- COWI, A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste, Final Appendix Report for the European Commission (2000)
- European Commission – Joint Research center, Integrated pollution prevention and control, Reference document on best available techniques for the waste treatments industry (BREF), August 2005
- ADEME, Outil de calcul des émissions dans l'air de CH₄, CO₂, SO_x, NO_x issues des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés (2003)
- FNADE, Guide de remplissage du questionnaire relatif aux rejets annuels de polluants dans l'eau, l'air, les déchets et les sols à destination des exploitants d'incinération de déchets non dangereux et de déchets d'activités de soins à risques infectieux (2004)
- LandGEM, User's Manual Landfill Gas Emissions Model - Version 2.0 (1998)
- Environment Agency, GasSIM - landfill gas risk assessment tool (2002)
- US Environment Protection Agency, Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks (2002)
- ATILH, Mode d'obtention des données annuelles sur les émissions de CO₂ et moyens de contrôle de ces valeurs d'émission (2002)
- P. Bajeat, L'effet de serre dans les filières de gestion des déchets ménagers, colloque de l'Ademe, 21 et 22 novembre 2002.
- Jacobs et Scharff, Comparison of methane emission models and methane emission measurements, ICLRS 2004 Session, Whole site methane emissions
- Gutierrez et al., Nitrous Oxide (N₂O) emissions from waste and biomass to energy plants, Waste manage Res 2005:23:133-147
- Actes du colloque de l'European Topic Center on Air and Climate Change, “Inventories and projections of greenhouse gas emissions from waste”, 2-5 may, 2005, Copenhagen

Des éléments supplémentaires de bibliographie sont disponibles dans l'annexe 2 « Analyse comparative des modèles d'émissions de gaz à effet de serre des CSD »