

Supports de Formation GCE Inventaires Nationaux de Gaz à Effet de Serre

Secteur des déchets

Version du 2 avril 2012



Groupe Consultatif d'Experts (GCE)

Supports de Formation pour les Inventaires Nationaux des Gaz à Effet de Serre

Public cible et objectif des supports de formation

- Ces supports de formation sont adaptés aux personnes ayant un niveau de connaissances **débutant** à **intermédiaire** de l'élaboration des inventaires des Gaz à Effet de Serre nationaux (GES).
- Après avoir lu cette Présentation et les documents associés, le lecteur pourra :
 - a) Détenir une **vue d'ensemble** sur la manière dont les inventaires des émissions sont établis dans le secteur des déchets ;
 - b) Comprendre globalement** les directives de la CCNUCC et du GIEC ;
 - c) Être capable de déterminer **quelles méthodes** sont les mieux adaptées à leur pays ;
 - d) Savoir où trouver **des informations plus détaillées** concernant le sujet traité.
- Ces supports de formation **ont été essentiellement conçus à partir de méthodologies issues du GIEC** ; par conséquent, il est toujours conseillé au lecteur de se référer aux documents d'origine afin d'obtenir des informations plus détaillées sur une question précise.



Acronymes

- **DBO** Demande Biochimique en Oxygène
- **COD** Carbone Organique Dégradable
- **BDFE** Base de Données des Facteurs d'Émission du GIEC
- **GES** Gaz à Effet de Serre
- **GBP** Guide des Bonnes Pratiques
- **DSM** Déchets Solides des Municipalités
- **SEDS** Sites d'Élimination des Déchets Solides



Résumé du plan – secteur des déchets

- Introduction (diapositive 5)
- Définitions (diapositive 7)
- Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC (diapositive 29)
- Guide des Bonnes Pratiques et gestion des incertitudes dans les inventaires nationaux des Gaz à Effet de Serre (diapositive 46)



Introduction

- Les inventaires des GES dans les secteurs de la biologie, notamment des déchets, sont caractérisés par :
 - *Des limites méthodologiques*
 - *Un manqué de données ou de fiabilité des données existantes*
 - *Une importante incertitude.*
- Cette présentation a pour objectif d'assister les Parties hors-Annexe 1 (HAI) dans l'élaboration de leurs inventaires de GES, en utilisant la Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC, en particulier dans le cadre de la décision 17/CP.8 de la CCNUCC, en se concentrant sur :
 - *La nécessité de se reporter au Guide des Bonnes Pratiques du GIEC (2000) et aux autres méthodes/niveaux supérieurs, de façon à réduire l'incertitude*
 - *Une vue d'ensemble complète des outils et méthodes disponibles*
 - *L'utilisation du logiciel d'inventaire et de la BDFE de la CCNUCC*
 - *Le bilan des données sur l'activité et les facteurs d'émission, et des moyens de réduire l'incertitude*
 - *L'utilisation de ressources clés, de méthodologies et d'arbres décisionnels.*



Exemples de Parties HAI

- Examen des communications nationales
- Des inventaires de GES démontrent que le secteur des déchets peut être significatif dans les pays HAI
- Généralement, une source importante de CH₄
- Dans certains cas, une source importante de N₂O
- Des Sites d'Élimination des Déchets Solides (SEDS) qui représentent souvent une source majeure d'émissions de CH₄.



- **Émissions Résiduaire**s – Elles comprennent les émissions de GES résultant de la gestion des déchets (solides et liquides, à l'exception du CO₂ provenant de matières organiques incinérées et/ou utilisées à des fins énergétiques).
- **Source d'émission** – Tout processus ou activité qui rejette des GES dans l'atmosphère (CO₂, N₂O, CH₄...).

- **Données sur l'Activité** – Données relatives à l'ampleur de l'activité humaine, et dont sont issues des émissions au cours d'une période donnée (données sur les quantités de déchets, les systèmes de gestion, les déchets incinérés...).
- **Facteur d'Émission** – Coefficient qui compare les données sur l'activité au composé chimique source d'émissions futures. Les facteurs d'émission sont souvent calculés à partir de simples données de mesures, à partir desquelles on détermine une moyenne, pour établir un taux d'émission représentatif d'un niveau d'activité donné et dans des conditions établies.

Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC et Guide des Bonnes Pratiques de 2000 du GIEC

Démarche et étapes



Émissions issues du traitement des déchets

- Décomposition des substances organiques contenues dans les déchets (carbone et azote).
- Incinération des déchets (ces émissions ne sont pas prises en compte lorsque les déchets sont utilisés à des fins énergétiques).



Décomposition des déchets

- Décomposition par anaérobie des déchets issus de l'activité de l'homme par les bactéries méthanogènes
 - a) Déchets solides
 - Sites d'enfouissement
 - b) Déchets liquides
 - Eaux d'égout
 - Eaux industrielles usées
- Les émissions d'oxyde nitreux dues aux eaux usées sont également produites par la décomposition protéinique.



- Procédé principal d'élimination des déchets solides dans les pays développés
- Produisent principalement du méthane à un taux décroissant, les déchets mettent de nombreuses années à se décomposer intégralement
- Produisent également du dioxyde de carbone et des composants organiques volatiles
- **Le dioxyde de carbone issu de la biomasse n'est ni comptabilisé ni reporté sur un quelconque support.**

Processus de décomposition

- Les substances organiques se transforment en de petites molécules solubles (dont des sucres)
- Elles se décomposent en hydrogène, dioxyde de carbone et différents acides
- Les acides se transforment en acide acétique
- L'acide acétique combiné à l'hydrogène et au dioxyde de carbone correspond au substrat des bactéries méthanogènes.



Méthane produit par les sites d'enfouissement

- Quantités
 - Estimations du méthane provenant des décharges : entre 20 et 70 Tg/an
 - Émissions totales de l'humain : 360 Tg/an
 - Représentent entre 6 et 20 % de la totalité des émissions.
- Autres conséquences
 - Végétation détériorée
 - Odeurs
 - Peut former des mélanges explosifs.



Caractéristiques du processus de fermentation (méthanogènes)

- Très hétérogène
- Cependant, certains faits sont à prendre en compte :
 - Les pratiques en matière de gestion des déchets
 - La composition des déchets
 - Les facteurs physiques.



Traitement aérobie des déchets

- Produit du compost qui peuvent augmenter la concentration du carbone dans les sols
- Pas d'émission de méthane.

Décharges à ciel ouvert

- Courantes dans les pays en développement
- Déchets entassés sur le sol, en vrac, à ciel ouvert
- Aucun contrôle des substances polluantes, des personnes viennent fréquemment fouiller les décharges
- Émissions de méthane anecdotiques
- Un seuil arbitraire de 50 % de décharges contrôlées est fixé.

Décharges contrôlées

- Conçues de manière spécifique
- Contrôle des gaz et des fuites
- Économies d'échelle
- Émission continue de méthane.

- **Les substances organiques dégradables sont variables :**
 - Très putrescibles dans les pays en développement
 - Moins putrescibles dans les pays développés, du fait d'une teneur plus élevée en papier et en carton.

- **Cela affecte l'émission et la stabilisation du méthane :**
 - Pays en développement : entre 10 et 15 ans
 - Pays développés : plus de 20 ans.

L'humidité est essentielle au métabolisme bactérien :

- Facteurs : humidité initiale, infiltration de la surface et des eaux souterraines, processus de décomposition.

Température : 25 à 40°C sont nécessaires pour que l'émission de méthane ait lieu.

Conditions chimiques

- pH optimal pour la production de méthane : entre 6,8 et 7,2
- La production de méthane chute lorsque le pH est inférieur à 6,5
- L'acidité peut retarder le début de la production de méthane.

Conclusion

- Les données disponibles ne sont pas suffisantes pour pouvoir utiliser ces facteurs dans le cadre de l'estimation des émissions de méthane, à l'échelle nationale ou mondiale.

Émissions de méthane

- Elles dépendent de différents facteurs
- Les dépotoirs à ciel ouvert nécessitent une approche différente
- Disponibilité et qualité de données pertinentes.



- Produit du méthane, de l'oxyde nitreux et des composants organiques volatiles non méthaniques
- Peut mener au stockage de carbone par le phénomène d'eutrophisation.

Les Émissions de méthane issues du traitement des eaux usées

- Concernent les émissions issues des processus anaérobies sans récupération du méthane
- Quantités
 - 30 à 40 Tg/an
 - Environ 8 à 11 % proviennent d'émissions anthropiques de méthane
 - Émissions industrielles estimées à environ 26 à 40 Tg/an
 - Émissions domestiques et commerciales estimées à 2 Tg/an.



Facteurs des émissions de méthane

- Demande Biochimique en Oxygène (DBO) (+/+)
- Température (>15°C)
- Temps de rétention
- Entretien du bassin anaérobie ;
 - Profondeur du bassin (>2.5 m, anaérobie totale ; <1 m, théoriquement faible, souvent facultatif ; 1,2 à 2,5 m – 20 % à 30 % de la DBO par anaérobie)



Demande biochimique en oxygène

- Quantité de matières organiques dans les eaux usées (« charge »)
- Représente la quantité d'oxygène consommée par les eaux usées pendant leur décomposition (exprimée en mg/l)
- La mesure conventionnellement utilisée correspond au « test des 5 jours », appelé DBO_5
- Exemples de DBO_5 :
 - Eaux usées municipales : 110 à 400 mg/l
 - Agroalimentaire : 10 000 à 100 000 mg/l.



Sources industrielles majeures

- Agroalimentaire :
 - Usines de transformation (fruits, sucre, viande, etc.)
 - Crèmeries
 - Brasseries
 - Autres.
- Pâte et papier.



- **L'incinération des déchets** peut émettre :
 - Dioxyde de carbone, méthane, monoxyde de carbone, oxydes d'azote, oxyde nitreux et composants organiques volatils non méthaniques
- Elle représente toutefois un faible pourcentage des émissions de GES dans le secteur des déchets.

Émissions issues de l'incinération des déchets

- Seuls les déchets d'origine fossile sont pris en compte pour les émissions de dioxyde de carbone
- Autres gaz difficiles à estimer :
 - Oxyde nitreux, principalement issu des boues d'épuration.



- Le fondement de la méthodologie d'inventaire du secteur des déchets est le suivant :
 - Décomposition des substances organiques
 - Incinération des matières organiques d'origine fossile
- N'inclut pas de calculs concrets pour ce dernier point
- La décomposition des matières organiques comprend :
 - Le méthane des matières organiques, issu des déchets solides et liquides
 - L'oxyde nitreux provenant des eaux d'égout
 - Les émissions des composants organiques volatiles non méthaniques ne sont pas pris en compte.

Catégories par défaut du GIEC

- Émissions de méthane provenant des Sites d'Élimination des Déchets Solides
- Émissions de méthane provenant du traitement des eaux usées :
 - Eaux usées domestiques et commerciales
 - Eaux usées industrielles et provenant des boues d'épuration.
- Oxyde nitreux provenant des eaux d'égout.



- **Étape 1** : Effectuer une analyse du secteur des déchets, pour chaque catégorie d'émission clé des GES :
 - a) *Comparaison de chaque secteur aux autres secteurs émetteurs de GES, notamment les secteurs de l'énergie, l'agriculture, l'UTCATF...*
 - b) *Estimation de la part des déchets de chaque secteur dans l'inventaire total des GES à l'échelle nationale*
 - c) *Adoption de l'identification des secteurs clé d'émission par les Parties qui ont préalablement élaboré une campagne de communication nationale, et qui détiennent des estimations issues de leur inventaire*
 - d) *Les Parties qui n'ont pas encore élaboré de campagne de communication nationale préalable peuvent utiliser les inventaires conçus dans le cadre d'autres programmes ou projets*
 - e) *Les Parties qui n'ont élaboré aucun inventaire sont susceptibles de ne pas pouvoir mener leur analyse des secteurs d'émission clés.*

- **Étape 2** : Sélectionner les catégories

Établissement des inventaires selon la Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC (suite)

- **Étape 3** : Rassembler les données nécessaires sur l'activité en fonction de leur niveau, à partir de bases de données locales, régionales, nationales et mondiales (dont la BDFE)
 - **Étape 4** : Rassembler les facteurs d'émission et d'élimination en fonction de leur niveau, à partir de bases de données locales, régionales, nationales et mondiales (dont la BDFE)
 - **Étape 5** : Sélectionner la méthode d'estimation adéquate en fonction du niveau en question, et chiffrer les émissions et éliminations pour chaque catégorie
 - **Étape 6** : Estimer le degré d'incertitude
 - **Étape 7** : Adopter des procédures de contrôle et d'assurance de la qualité et établir les résultats
 - **Étape 8** : Dévoiler les émissions de GES
 - **Étape 9** : Rapporter toutes les procédures, équations et sources de données utilisées dans le cadre de l'estimation de l'inventaire des GES.
-



- Différentes méthodes concernant les décharges contrôlées :
 - a) Bilan de masse ou émissions théoriques de gaz
 - b) Méthodes cinétiques théoriques de premier ordre
 - c) Méthode de régression.
- Modèles complexes inutilisables à l'échelle régionale ou nationale.
- On estime à 50 % les émissions des décharges à ciel ouvert, mais cela doit être établi séparément.

Bilan de masse ou émissions théoriques de gaz

- Pas de facteur temps
- Rejet immédiat du méthane
- Permet d'établir des estimations acceptables si la quantité et la composition des déchets s'avèrent stables ou peu variables, sans quoi des biais peuvent apparaître.
- Méthodes de calcul :
 - a) Utilisation d'une formule empirique
 - b) Utilisation des matières organiques dégradables



Formule empirique

- Établit que 53 % du carbone se transforme en méthane
- Si la biomasse n'est pas prise en compte, cela entraîne une réduction de la quantité émise
- Les déchets solides humides municipaux produisent 234 m³ de méthane par tonne.



Utilisation des matières organiques dégradables (base du niveau 1)

- Calcul effectué à partir de la moyenne pondérée de la teneur en carbone des différents composants des matières dont sont composés les déchets
- Nécessite une connaissance de :
 - a) La teneur en carbone des matières
 - b) La composition des matières présentes dans les déchets
- Cette méthode est la base des calculs effectués pour le niveau 1.



- **Émissions de méthane =**

Total des déchets solides municipaux (DSM) produits (Gg/an) x

Fraction enfouie en décharge x

Fraction de carbone organique dégradable (COD) dans les DSM x

Fraction de DOC libéré x

0.5 g C fraction de CH₄/g dans les biogaz x

Facteur de conversion (16/12)) – CH₄ récupéré

Hypothèses

- Seules les populations urbaines des pays en développement doivent être prises en compte ; les régions rurales n'émettent pas de quantités significatives.
- La fraction libérée a été estimée à partir d'un modèle théorique dont les résultats varient selon la température ; $0,014T + 0,28$, pour une température constante de 35 °C dans la zone anaérobie de la décharge, ce qui donne un COD libéré de $0,77$.
- Aucun processus aérobie ou d'oxydation n'est inclus.



Exemple

- Déchets produits 235 Gg/an
- % en décharge 80
- % COD 21
- % COD libéré 77
- Quantité récupérée 1,5 Gg/an
- Méthane =

$$(235 \times 0.80 \times 0.21 \times 0.77 \times 0.5 \times 16/12) - 1,5 = 19 \text{ Gg/an}$$



Limites

- Limites principales :
 - a) Pas de facteur temps
 - b) Oxygénation pas prise en compte
- La quantité de COD libéré est trop élevée
- On constate une surestimation des émissions liée à la libération tardive du méthane dans les décharges dont la capacité de remplissage est atteinte
- Le facteur d'oxydation peut atteindre 50 % selon quelques auteurs ; il convient de réduire ce taux de 10 %.



Méthode par défaut – Niveau 1

- a) Comprend un facteur de correction du méthane selon la nature du site (facteur de correction de la gestion des déchets). Les valeurs par défaut varient de 0,4 pour les décharges non-contrôlées peu profondes ($\geq 5\text{m}$) à 0,8 pour les décharges non-contrôlées profondes ($< 5\text{m}$) ; la valeur est de 1 pour les décharges contrôlées. Un facteur de correction de 0,6 est établi pour les décharges hors catégorie.

- b) Le COD libéré diminue d'une valeur de 0,77 à 0,5 ou 0,6 du fait de la présence de lignine.



- La fraction de méthane des gaz issus de décharges est passé de 0,5 à une valeur de 0,4 – 0,6, de manière à tenir compte de nombreux facteurs, dont la composition des déchets.
- Comprend un facteur d'oxydation. La valeur par défaut de 0,1 est applicable aux décharges faisant l'objet d'un contrôle satisfaisant.
- Il est essentiel de ne pas oublier de retrancher le méthane récupéré avant d'appliquer un facteur d'oxydation.

- **Émissions de méthane (Gg/an) = $[(DSM_T * DSM_F * L_0) - R] * (1 - OX)$**

avec :

DSM_T = Total des déchets solides municipaux

DSM_F = Fraction des DSM entreposés en SEDS

L_0 = Potentiel de production de méthane

R = Méthane récupéré (Gg/an)

OX = Facteur d'oxydation (fraction)

Potentiel de production de méthane

$$L_0 = (FCM * COD * COD_F * F * 16/12 \text{ (GgCH}_4\text{/Gg de déchets)})$$

avec :

FCM = Facteur de correction du méthane (fraction)

COD = Carbone organique dégradable

COD_F = Fraction de CDO libéré

F = Fraction de méthane présent dans les gaz de décharge (en volume)

16/12 = Conversion du C en CH₄



- Intégrer une fraction de résidus secs dans l'équation
- Prendre en compte un taux de production de déchets (1 kg par habitant et par jour pour les pays développés ; la moitié pour les pays en développement)
- Utiliser le produit intérieur brut (PIB) en tant qu'indicateur des taux de production de déchets.

Guide des Bonnes Pratiques du GIEC - Approche



Méthode cinétique théorique de premier ordre (Niveau 2)

- Le niveau 2 tient compte de la longue durée de la décomposition des matières organiques et de la production du méthane.
- Facteurs principaux :
 - a) Production et composition des déchets
 - b) Variables environnementales (humidité, pH, température et nutriments disponibles)
 - c) Âge, nature et temps écoulé depuis la fermeture de la décharge.



Équation de Base

- $Q_{\text{CH}_4} = L_0 R (e^{-kc} - e^{-kt})$

Q_{CH_4} = taux de production de méthane au cours de l'année t (m³/an)

L_0 = Carbone organique dégradable disponible pour la production de méthane (m³/tonnes de déchets)

R = quantité de déchets dans la décharge (tonnes)

k = constante du taux de production de méthane (an⁻¹)

c = temps écoulé depuis la fermeture de la décharge (années)

t = temps écoulé depuis le stockage initial des déchets (années)



- La valeur temps est à remplacer par t-x, un coefficient de normalisation qui permet de corriger le fait qu'une unique année est une donnée temporelle discrète, alors qu'une donnée temporelle continue est nécessaire.
- **Méthane émis au cours d'une année t (Gg/an) =**
$$\sum x [(A \cdot k \cdot \text{DSM}_T(x) \cdot \text{DSM}_F(x) \cdot L_0(x)) \cdot e^{-k(t-x)}]$$
 avec x = année initiale jusqu'à t
- Additionner les résultats obtenus pour toutes les années (x).

Pratiques recommandées dans l'utilisation de l'équation (suite)

- Avec :

t = année de l'inventaire

x = nombre d'années pour lesquelles des données doivent être intégrées

$A = (1 - e^{-k})/k$; coefficient de normalisation qui corrige la somme

k = constante du taux de production du méthane

$DSM_T(x)$ = total des déchets solides municipaux produits au cours de l'année x

(proportionnel à la population totale ou urbaine s'il n'existe pas de collecte des déchets en zone rurale)

$L_0(x)$ = potentiel de production du méthane



Constante du taux de production du méthane

- La constante du taux de production du méthane, appelée k , correspond au temps nécessaire au COD des déchets pour se dégrader jusqu'à représenter la moitié de sa masse initiale (demi-vie)
- $k = \ln 2 / t_{1/2}$
- Cela nécessite des données existantes. Il faut disposer de données sur 3 à 5 demi-vies pour être en mesure d'obtenir un résultat acceptable. Les changements dans les pratiques de gestion doivent être pris en compte.



Constante du taux de production du méthane

- Déterminée par la nature des déchets et leurs conditions de stockage
- Les mesures indiquent des valeurs allant de 0,03 à 0,2 par an, l'équivalent de demi-vies d'environ 23 à 3 ans.
- Plus la matière est dégradable et l'humidité importante, moins la demi-vie est longue.
- Valeur par défaut : 0,05 par an, soit une demi-vie de 14 ans.



$$L_0(x) = (FCM(x) * COD(x) * COD_F * F * 16/12 \text{ (GgCH}_4\text{/Gg de déchets)})$$

Avec :

FCM(x) = Facteur de correction du méthane pour l'année x (fraction)

COD (x) = Carbone organique dégradable pour l'année x

COD_F = Fraction du COD qui est libéré

F = Fraction du méthane dans les gaz de la décharge (en volume)

16/12 = Conversion du C en CH₄

- = Méthane émis moins méthane récupéré et non oxydé

- Équation:

Méthane émis au cours de l'année t (Gg/an) =

(Méthane produit au cours de l'année t (Gg/an) - R(t))*(1 - Ox)

Avec :

R(t) = Méthane récupéré au cours de l'année t (Gg/an)

Ox = Facteur d'oxydation (fraction)

- Base à utiliser dans le cadre de l'approche du Niveau 2
- Déjà appliquée dans les pays suivants :
 - a) Royaume-Uni
 - b) Pays-Bas
 - c) Canada.

- À partir de modèles empiriques
- Une analyse statistique et de régression s'applique ici.

Incertitudes liées aux Calculs

- Production réelle de méthane :
 - Les anciennes décharges sont-elles prises en compte ?
- Quantité et composition des déchets en décharge :
 - Possédons-nous des données historiques au sujet de la composition des déchets ?
- Production réelle de méthane :
 - Les pratiques de gestion relatives aux décharges et aux déchets sont-elles connues ?



Calcul des émissions issues du traitement des eaux usées

- Les calculs relatifs aux eaux usées industrielles, domestiques et commerciales sont basés sur la charge de la demande biochimique en oxygène (DBO)
- Un facteur de conversion du méthane standard d'une valeur de 0.22 Gg CH₄/Gg de DBO est recommandé.
- Concernant l'oxyde nitreux et le méthane, il est possible de baser les calculs sur le total des solides volatiles et d'appliquer la méthode simple utilisée dans le secteur agricole.



Méthane provenant des eaux usées domestiques et commerciales

- Méthode simplifiée
- Données :
 - a) DBO exprimée en Gg pour 1000 habitants (valeurs par défaut)
 - b) Population des pays en milliers d'habitants
 - c) Fraction du total des eaux usées traitées par anaérobie (valeur par défaut : 0,1–0,15)
 - d) Facteur d'émission du méthane (valeur par défaut : 0.22 Gg CH₄/Gg de DBO)
 - e) Retrancher le méthane récupéré.



Équation

- **Émission de méthane =**
Population (10^3) x Gg DBO₅/1000 individus x Fraction traitée par
anaérobie x 0.22 Gg CH₄/Gg DBO – Méthane récupéré



- **$ME = P \cdot D \cdot FDD \cdot FE \cdot FTA \cdot 365 \cdot 10^{-12}$**

- Avec :

ME = émissions annuelles de méthane issues des eaux usées domestiques

P = population (totale ou urbaine dans les pays en développement)

D = charge organique (valeur par défaut : 60 g de DBO/personne/jour)

FDD = fraction de la DBO qui se décante facilement, valeur par défaut : 0,5

FE = facteur d'émission (g CH₄/ g BOD), valeur par défaut :

0,6 ou 0,25 g CH₄/ g de DCO (demande chimique en oxygène) lorsque la DCO est utilisée

FTA = fraction de la DBO dégradée par anaérobie, valeur par défaut : 0,8



- La FDD correspond à la DBO issue de particules solides non dissoutes, qui représentent plus de 50 % de la DBO. Les bassins de décantation en éliminent 33 %, d'autres méthodes 50 %.
- La fraction de la DBO présente dans la boue qui se dégrade par anaérobie (FTA) se rapporte aux traitements, par aérobie ou anaérobie. Le traitement par aérobie et les procédés relatifs aux boues qui n'émettent pas de méthane peuvent résulter en une FTA nulle.

Fondements de la méthode de vérification

- Le facteur d'émission est exprimé en DBO ; à noter toutefois que la DCO est aussi utilisée dans de nombreux cas.
- La DCO est 2 à 2,5 fois plus élevée que la DBO, les valeurs par défaut sont donc 0,6 g CH₄/ de DBO ou 0,25 g CH₄/ g de DCO
- Le facteur d'émission est calculé à partir du facteur de production de méthane précédemment mentionné et de la moyenne pondérée du facteur de conversion du méthane (FCM).



Facteur de production du méthane

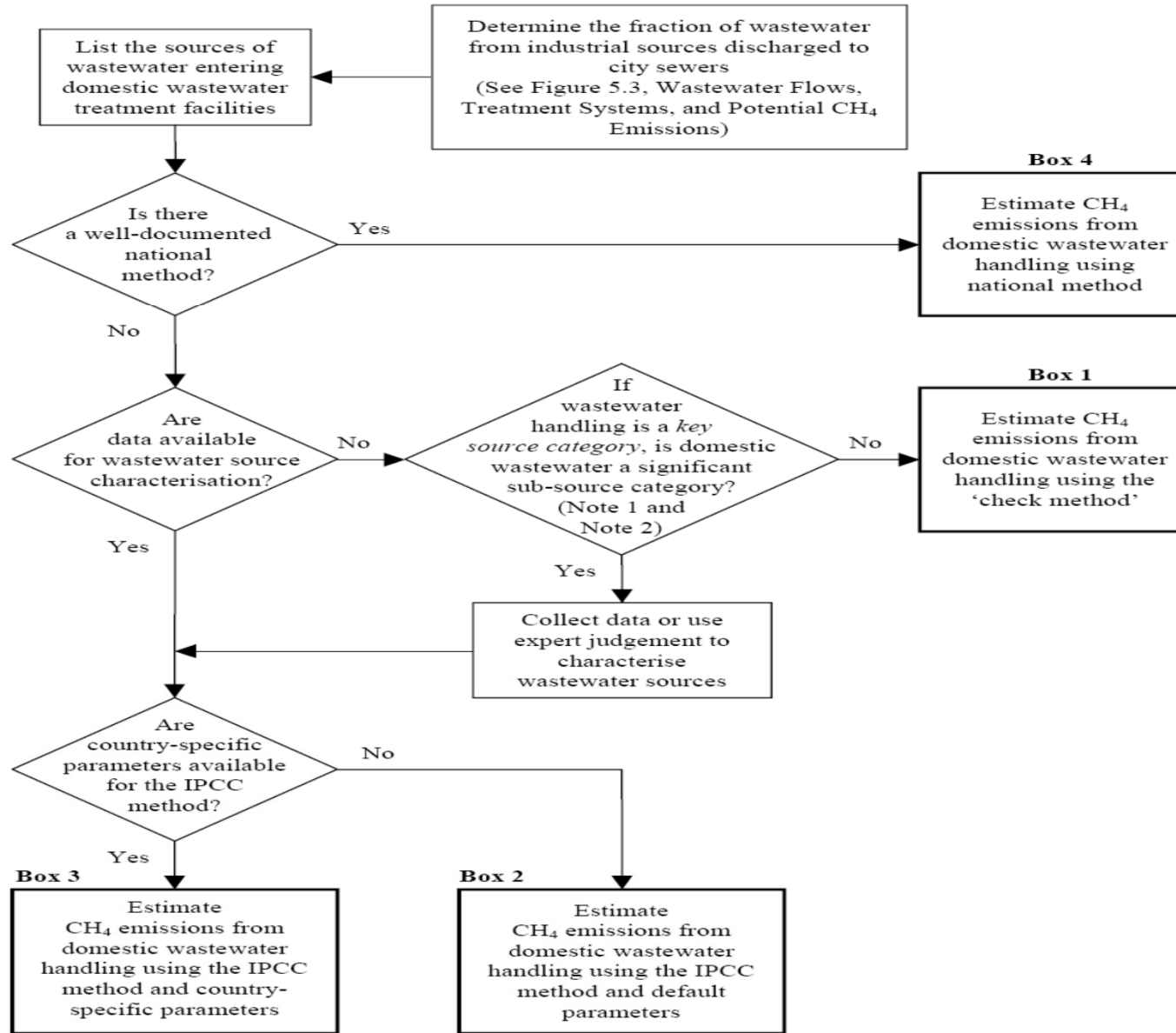
- Les Lignes Directrices du GIEC recommandent d'effectuer des calculs distincts pour les eaux usées et les boues. Cela a une influence sur les calculs de la méthode approfondie.
- Cela n'est toutefois nécessaire que pour les boues mises en décharges ou utilisées à des fins agricoles.
- Si l'on ne dispose pas de données, il est possible de faire appel à des experts en génie sanitaire. FCM pondérée = Fraction de la BDO dégradée par anaérobie.



- Prend en considération deux facteurs supplémentaires :
 - a) Les différentes méthodes de traitement et le total des eaux usées traitées par chaque méthode
 - b) La FCM pour chaque type de traitement.
- Le résultat final correspond à la somme des fractions calculées à partir de la méthode simplifiée, dont on retranche le méthane récupéré.

- **Émissions des eaux usées domestiques et commerciales =**
(\sum_i Méthane calculé à partir de la méthode simplifiée x
Fraction des eaux usées traitées avec la méthode i x FCM pour la méthode i) -
méthane récupéré

Figure 5.2 Decision Tree for CH₄ Emissions from Domestic Wastewater Handling



Émissions issues des eaux usées industrielles

- Les eaux usées industrielles peuvent être traitées sur place ou grâce aux réseaux d'égouts domestiques
- Cette partie ne portera que sur les calculs relatifs au traitement sur site ; les eaux industrielles traitées par les égouts doivent être ajoutées aux eaux usées domestiques.
- La plupart des estimations s'appliquent à des sources ponctuelles.
- Il est nécessaire de mettre l'accent sur les industries clés ; des valeurs par défaut sont fournies.



- **Méthode simplifiée :**
 - Déterminer les secteurs industriels pertinents (vin, bière, aliments, papier...)
 - Estimer le volume d'eaux usées (par tonne de produit, ou valeur par défaut)
 - Estimer la concentration de DBO₅ (ou valeur par défaut)
 - Estimer la fraction traitée
 - Estimer le facteur d'émission du méthane (valeur par défaut : 0,22 Gg CH₄/Gg DBO)
 - Retrancher le méthane récupéré.

Équation

- **Émissions d'eaux usées industrielles =**
(\sum_i eaux usées industrielles (Ml/an) x kg DBO₅/l x
Fraction des eaux usées traitées par anaérobie x 0.22)
- Méthane récupéré



- Similaire à la méthode utilisée pour l'estimation des émissions de méthane issues des eaux usées domestiques et commerciales.
- Nécessite la connaissance :
 - a) Des traitements spécifiques des eaux usées
 - b) De la FCM de chaque facteur.

Équation

- **Émissions issues des eaux usées industrielles =**
($\sum_i W$ Eaux usées industrielles (Ml/yan) x kg DBO₅/l x
Fraction des eaux usées traitées avec la méthode i x FCM pour la méthode i)
- Méthane récupéré



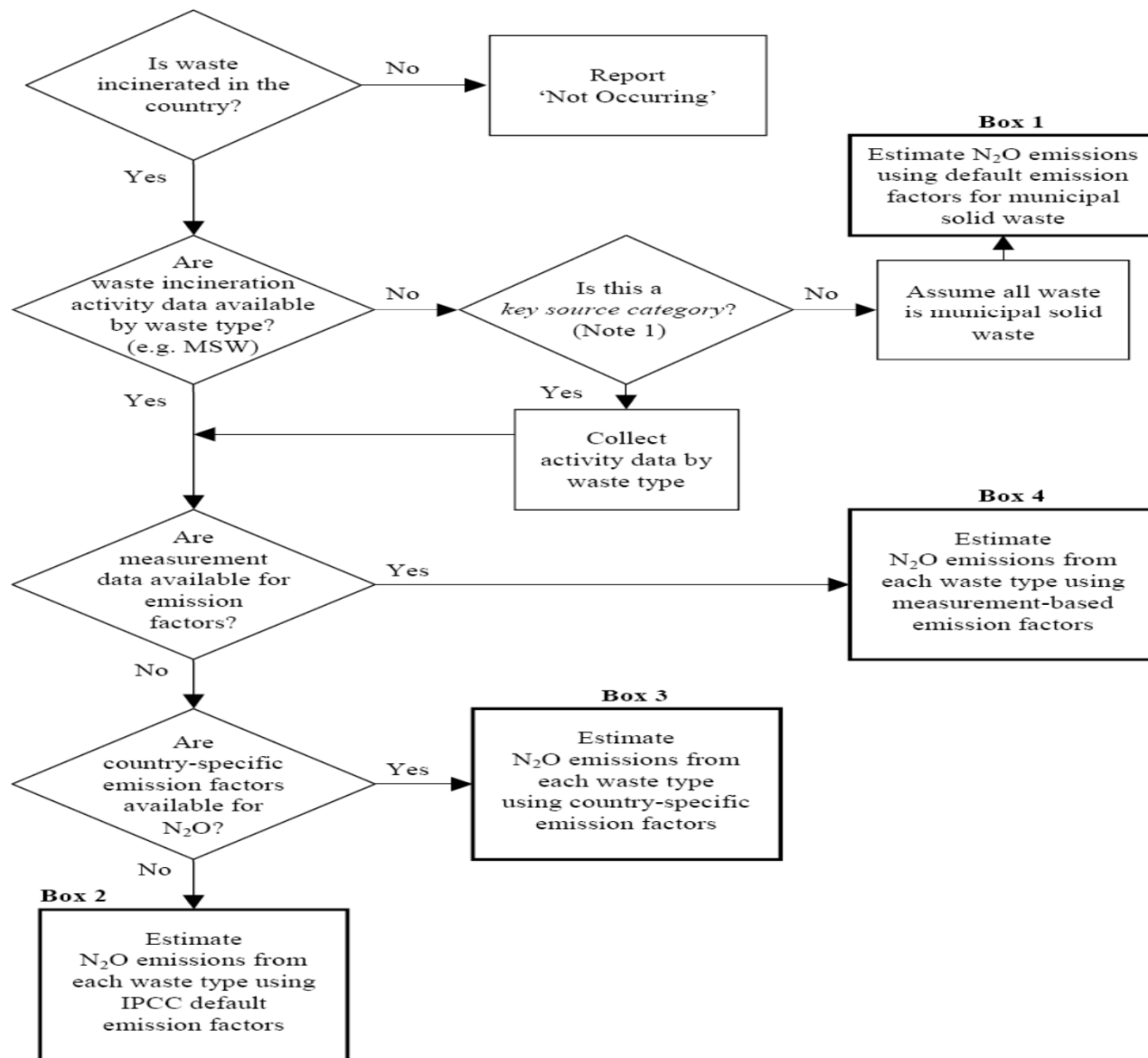
- a) Manque d'informations relatives aux volumes, aux traitements et au recyclage
- b) Déversement dans les eaux de surface :
 - Non anaérobie (valeur par défaut : 0 %)
 - Anaérobie (valeur par défaut : 50 %)
- c) Fosses septiques (temps de rétention prolongé : plus de 6 mois)
 - Rétention longue des corps solides (valeur par défaut : 50 %)
 - Rétention brève des corps solides (valeur par défaut : 10 %)
- d) Fosses à ciel ouvert et latrines (valeur par défaut : 20 %)
- e) Autres limites : DBO, température, pH et temps de rétention.

Émissions issues de l'incinération des déchets

- Concernant le dioxyde de carbone, seule la fraction fossile est prise en compte, la biomasse ne l'est pas.
- Comptabilisées uniquement dans le secteur des déchets, lorsqu'il n'y a pas de récupération d'énergie.
- Le Guide des Bonnes Pratiques comprend une méthode simplifiée :
 - a) Il est recommandé de classer les déchets en différentes catégories et de prendre en compte l'efficacité de la combustion de l'incinérateur.



Figure 5.6 Decision Tree for N₂O Emissions from Waste Incineration



Équation pour le Dioxyde de Carbone

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ (Gg/an)} = \sum_i (DI_i * TCD_i * FCF_i * Ef_i * 44/12)$$

Avec :

i = MSW, HW, CW, SS

DSM : Déchets solides municipaux ; DD : Déchets dangereux ; DM : Déchets médicaux ; BE : boue d'épuration

DI_i = Quantité de déchets incinérés de type i

TCD_i = Teneur en carbone des déchets de type i

FCF_i = Fraction de carbone fossile dans les déchets de type i

EF = Efficacité de la combustion des incinérateurs pour les déchets de type i
(fraction)

$44/12$ = Conversion du carbone en CO_2



Équation relative à l'oxyde nitreux

Émissions de N₂O (Gg/an) = $\Sigma_i(DI_i * Ef_i) * 10^{-6}$ avec :

DI_i = Quantité de déchets incinérés de type i (Gg/an)

EF_i = Total du facteur d'émission pour les déchets de type i (kg N₂O/Gg)

ou

Émissions de N₂O (Gg/an) = $\Sigma_i(DI_i * CE_i * VGC_i) * 10^{-9}$

DI_i = Quantité de déchets incinérés de type i (Gg/an)

CE_i = Concentration des émissions de N₂O dans les gaz de combustion pour les déchets de type i (mg N₂O /Mg)

VGC_i = Volume des gaz de combustion par quantité de déchets incinérés de type i (m³/Mg)



- **La teneur en carbone est variable** : boues d'épuration, 30 % ; déchets solides municipaux, 40 % ; déchets dangereux, 50 % ; déchets médicaux, 60 %.
- On estime qu'il y a très peu << voire pas du tout >> de **carbone fossile** dans les boues d'épuration, 0 % ; forte teneur dans les déchets médicaux et municipaux, 40 %, très forte teneur dans les déchets dangereux, 90 %.
- **L'efficacité de la combustion** est de 95 % pour tous les types de déchets, hormis pour les déchets dangereux où elle s'élève à 99,5 %.

- Les facteurs d'émissions varient selon le type de déchets et d'installation
- Des facteurs par défaut peuvent être utilisés
- Des facteurs cohérents et comparables sont difficiles à obtenir du fait de la nature variable des déchets selon les pays.

- Il est **recommandé** de réunir et d'archiver toutes les informations nécessaires à l'élaboration des estimations de l'inventaire national.
- Voir le Guide des Bonnes Pratiques, Chapitre 8, Assurance Qualité et Contrôle Qualité, Section 8,10,1, Documentation Interne et archivage
- Il est important d'assurer la transparence des données sur l'activité et la possibilité de reconstituer les calculs.

- La **transparence** peut être améliorée grâce à une documentation et des explication claires :
 - a) Analyser l'utilisation des différentes méthodes
 - b) Vérifier la cohérences des facteurs d'émission
 - c) Vérifier les valeurs par défaut, les données d'enquêtes et la préparation des données secondaires pour les données sur l'activité
 - d) Effectuer des recoupements avec d'autres pays.
- Faire appel à des experts industriels et gouvernementaux dans les processus d'examen.

Présentation des données relatives au méthane émis par les sites d'élimination des déchets solides

- a) Lorsque le Niveau 2 s'applique, les données historiques et les valeurs k doivent être renseignées, et les décharges fermées doivent être prises en compte
- b) La répartition des déchets (issus de décharges contrôlées et non-contrôlées) pour le FCM doivent être renseignés
- c) Il est recommandé d'étudier les décharges de manière exhaustive, y compris les décharges industrielles, d'élimination des boues, de déchets de construction et de démolition.



- Si la récupération du méthane est renseignée, l'élaboration d'un inventaire est recommandée. Le torchage et la récupération de l'énergie doivent être renseignés séparément.
- Les modifications des paramètres doivent être expliqués et référencés.
- La même méthodologie doit être appliquée aux séries chronologiques ; si certains changements surviennent, il est nécessaire de recalculer l'intégralité des séries chronologiques pour permettre la pertinence des tendances (voir le Guide des Bonnes Pratiques, Chapitre 7, 7.3.2.2, techniques alternatives de recalcul).

Présentation des données relatives au méthane issu du traitement des eaux usées domestiques

- Fonction de la population humaine et de la production de déchets par personne, exprimées à travers la demande biochimique en oxygène
- En zone rurale, ne sont pris en compte que les sites d'élimination par aérobie ; seule la population urbaine est comptabilisée.
- $DCO \times 2,5 = DBO$
- Recalculer la totalité des séries chronologiques
- Les calculs doivent être reconstitués, en particulier s'il y a des changements au niveau des FCM.



- Les estimations industrielles sont acceptées si elles sont claires et cohérentes avec l'AQ/CQ
- Les recalculs doivent être cohérents dans le temps
- Les données par défaut concernant les eaux usées industrielles sont fournies dans le Guide des Bonnes Pratiques, Chapitre 5, Tableau 5.4
- Des tableaux par secteur et un rapport d'inventaire détaillé sont requis, dans un souci de transparence des données.

- Basée sur la Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC, Chapitre 4, Agriculture, Section 4.8, émissions indirectes de N₂O issues de l'azote utilisé dans le secteur agricole
- À l'avenir, il sera nécessaire d'entreprendre des travaux au niveau des données, des méthodes et des calculs.

Présentation des données relatives à l'incinération des déchets

- Toutes les incinérations de déchets doivent être prises en compte
- Il faut éviter le double comptage des déchets incinérés et de la récupération d'énergie, même lorsque les déchets sont utilisés en tant que combustible de remplacement (par exemple pour la production de ciment et de briques)
- Les plages par défaut utilisées pour l'estimation des émissions sont fournies dans le Guide des Bonnes Pratiques, Chapitre 5, Tableaux 5.6 et 5.7
- Les combustibles de remplacement, souvent peu importants, doivent être renseignés dans le secteur Énergie ; cela peut s'avérer important pour les déchets dangereux.



Comparaison entre la Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC et le Guide des Bonnes Pratiques du GIEC

Guide des Bonnes Pratiques du GIEC	Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC – Méthode par défaut
Méthode de décomposition de premier ordre pour les Sites d'Élimination des Déchets Solides, basée sur des conditions réelles de décomposition	Basée sur les quantités de déchets mis en décharge au cours de la dernière année. Elle n'offre une bonne approximation que dans des conditions stables à long-terme. La décomposition de premier ordre est mentionnée sans calculs spécifiques.
Comprend une « méthode de vérification » pour les pays qui éprouvent des difficultés dans le calcul des émissions liées au traitement des eaux usées domestiques	Elle distingue : <ul style="list-style-type: none"> • les eaux usées domestiques • les eaux usées industrielles
Les eaux d'égout sont évoquées en tant que secteur nécessitant un développement ultérieur, et aucune amélioration par rapport aux Lignes Directrices du GIEC (1996) n'est présentée	Les calculs sont effectués sur la base d'une approximation destinée au secteur agricole (voir le chapitre sur le secteur agricole)
La nouvelle section comprenant les émissions liées à l'incinération des déchets inclut : <ul style="list-style-type: none"> • les émissions de CO₂ • les émissions de N₂O 	Ne comprend pas de méthodologies détaillées



Comparaison des données requises en termes de facteurs d'émission

Guide des Bonnes Pratiques du GIEC	Version Révisée de 1996 des Lignes Directrices du GIEC – Méthode par défaut
<ul style="list-style-type: none">• Activité d'élimination des déchets solides sur plusieurs années• Moins de données nécessaires avec la méthode de vérification des émissions de CH₄ issues des eaux usées domestiques• Un ajustement des Lignes Directrices de 1996 du GIEC est recommandé du fait de coûts élevés• Quantités incinérées, composition (teneur en carbone et fraction fossile) nécessaires pour le CO₂• Mesures d'émissions recommandées pour le N₂O	<ul style="list-style-type: none">• Activité d'élimination pour l'année en cours, valeurs par défaut ou données par habitant• Données requises concernant les flux d'eaux usées et leur traitement• Données spécifiques à l'industrie et très précises• Pas de méthodologie particulière



La plupart des facteurs d'émissions sont communs aux deux méthodes :

- Potentiel de production de méthane pour les SEDS
- Facteur de conversion des eaux d'égout
- Facteur de conversion de méthane.

Nouveaux facteurs d'émission relatifs à :

- Niveau 2 pour les SEDS, notamment la valeur k
- Incinération des déchets (absence de certaines valeurs par défaut).

- Le Guide des Bonnes Pratiques utilise les mêmes tableaux que les Lignes Directrices de 1996 du GIEC, pour des catégories identiques.

Problèmes rencontrés

- Problèmes rencontrés par des experts des HAI au cours de l'utilisation des Lignes Directrices de 1996 du GIEC.
- Problèmes classés par catégories :
 - Questions méthodologiques
 - Données sur l'activité
 - Facteurs d'émission.
- Le Guide des Bonnes Pratiques évoque certaines faiblesses des Lignes Directrices du GIEC :
 - Stratégies relatives à l'amélioration de la méthodologie, aux données de l'activité et aux facteurs d'émission
 - Stratégie relative aux données sur l'activité et aux facteurs d'émission – approche par niveau
 - Sources de données pour les facteurs d'émission et les données sur l'activité, y compris la BDFE.



Certaines méthodologies ne sont pas renseignées concernant :

- L'épandage des boues et le compostage
- L'utilisation du brûlage dans des conditions qui ne sont pas correctement reprises dans la section relative à l'incinération des déchets
- Les conditions tropicales de nombreuses Parties HAI, conditions qui influent sur la production de méthane
- L'utilisation de dépotoirs à ciel ouvert plutôt que de véritables décharges
- L'absence d'une méthode concrète de calcul pour les eaux d'égout, dans le cas des pays insulaires ou des pays à population majoritairement côtière, et la complexité de la méthodologie en question.

Manque de méthodologies relatives aux déchets et fidèles aux conditions de chaque pays

Guide des Bonnes Pratiques du GIEC	Améliorations suggérées
<ul style="list-style-type: none">- Le Guide des Bonnes Pratiques n'aborde pas le compostage et l'épandage des boues, qui sont des pratiques courantes dans les pays visés à l'Annexe 1- Le brûlage et les dépotoirs ne sont pas suffisamment pris en considération par le Guide des Bonnes Pratiques, alors qu'il s'agit d'usages courants dans les pays visés à l'Annexe 1.	<ul style="list-style-type: none">- Mener des études sur le terrain pour concevoir des méthodologies, ou utiliser les approches proposées par les pays visés à l'Annexe 1 pour ces catégories.- Poursuivre le travail des sections en question, de façon à ce qu'elles représentent les conditions réelles de nombreux pays visés à l'Annexe 1.



Autres faiblesses des méthodologies

Guide des Bonnes Pratiques du GIEC	Améliorations suggérées
<ul style="list-style-type: none">- Le Guide des Bonnes Pratiques n'aborde pas la questions des conditions de certains pays tropicaux et les pratiques de gestion pour les eaux usées et les déchets solides- L'approximation utilisée dans le cadre du Guide des Bonnes Pratiques pour calculer l'oxyde nitreux issu des eaux d'égout (approximation identique à celle des Lignes Directrices de 1996 du GIEC) ne reflète pas correctement la situation des régions côtières/insulaires.	<ul style="list-style-type: none">- Mener des études pour compléter la méthodologie existante- Adopter les méthodologies proposées dans le chapitre relatif à l'agriculture et conformément aux différences de conditions géographiques.



Complexité de la méthodologie

Guide des Bonnes Pratiques du GIEC	Améliorations suggérées
<ul style="list-style-type: none">- Les méthodologies proposées pour les Sites d'Élimination des Déchets Solides et l'Incinération des Déchets requierent des données difficilement accessibles dans les pays visés à l'Annexe 1.	<ul style="list-style-type: none">- Des méthodes similaires à la Méthode de Vérification pour les eaux usées devraient être fournies afin de permettre aux rapports d'être exhaustifs.



- Insuffisance des données concernant la production de déchets solides
- Insuffisance des données chronologiques concernant la production de déchets
- Indisponibilité de données ventilées
- Insuffisance des données concernant la composition des déchets solides
- Insuffisance des données concernant les conditions d'oxydation
- Extrapolations basées sur des données passées, utilisées pour la production de CH₄ issu des Sites d'Élimination des Déchets Solides de Niveau 2
- Manque de fiabilité et grande incertitude concernant certaines données

- Valeurs par défaut inadéquates dans les Lignes Directrices de 1996 du GIEC
- Valeurs par défaut inadaptées aux conditions nationales
- Manque de facteurs d'émission mené à des niveaux désagrégés
- Manque de disponibilité des facteurs de conversion du méthane pour certaines régions visées à l'Annexe 1
- Manque de fiabilité et grande incertitude concernant certaines données
- Manque de facteurs d'émission dans les Lignes Directrices de 1996 du GIEC concernant l'incinération des déchets (abordés par le Guide des Bonnes Pratiques)
- Valeurs par défaut souvent surestimées, ce qui fausse les résultats

Liste des problèmes par catégorie



Questions méthodologiques :

- Utilisation de dépotoirs ou de pratiques d'incinération à ciel ouvert
- Recyclage, généralement du bois et du papier, mais aussi des déchets organiques.

Données sur l'activité et facteurs d'émission

- Manque de données sur l'activité, actuelles comme relatives aux séries chronologiques requises, et concernant les flux de déchets et leur composition
- Données par défaut sur l'activité uniquement disponibles pour 10 pays visés par l'Annexe 1
- Les valeurs fournies pour le paramètre k dans le cadre de l'application de la méthode de premier ordre ne reflètent pas les températures et le taux d'humidité des pays tropicaux. La valeur de k la plus élevée fournie dans le Guide des Bonnes Pratiques est de 0,2, et celle proposée dans les Lignes Directrices de 1996 du GIEC est de 0,4.
- Le Facteur de Correction du Méthane proposé, même lorsque l'on utilise sa valeur la moins élevée (0,4), peut mener à des surestimations en raison de la faible profondeur et du brûlage fréquemment effectué en tant que traitement préalable des sites d'élimination.



Questions méthodologiques

- En ce qui concerne les émissions de CH₄ issues du traitement des eaux usées domestiques, le Guide des Bonnes Pratiques propose une méthode simplifiée appelée « méthode de vérification », qui permet d'éviter les complexités des Lignes Directrices de 1996 du GIEC.
- Dans les pays visés par l'Annexe 1, les méthodes, paramètres et parfois les données sur l'activité sont parfois rarement disponibles.
- Concernant les émissions de CH₄ issues du traitement des eaux usées industrielles, le Guide des Bonnes Pratiques présente la « meilleure méthode » pour les cas où ces émissions représentent une source clé, en recommandant la sélection de 3 ou 4 industries clés.
- Concernant les émissions de N₂O issues des eaux d'égout, aucune amélioration n'a été apportée aux Lignes Directrices de 1996 du GIEC par le Guide des Bonnes Pratiques. Cette méthodologie a toutefois plusieurs limites, qui l'ont rendue inapplicable pour de nombreux pays visés à l'Annexe 1.



Données sur l'activité et facteurs d'émission

- En ce qui concerne les émissions de CH₄ issues des eaux usées domestiques, les données sur l'activité et les facteurs d'émission sont souvent peu disponibles dans les pays visés par l'Annexe 1 : la « méthode de vérification » permet de remédier à cette difficulté. En tout état de cause, le Guide des Bonnes Pratiques apporte une amélioration en ce qu'il permet d'identifier les émissions potentielles de CH₄.
- Concernant les émissions de CH₄ issues des eaux usées industrielles, il est possible de ne prendre en compte que les industries les plus importantes lorsqu'une source clé est identifiée.
- Concernant les émissions de N₂O issues des eaux d'égout, les données sur l'activité requises sont relativement faciles à obtenir.



Questions méthodologiques

- Cette catégorie de sources est brièvement présentée dans les Lignes Directrices de 1996 du GIEC, et est développée plus en détail dans le Guide des Bonnes Pratiques.
- Dans les pays visés par l'Annexe 1, l'incinération des déchets (hormis les déchets médicaux) est peu courante en raison de coûts élevés.
- Le CO₂ et le N₂O sont différenciés, car le premier est calculé grâce à la méthode du bilan massique alors que le deuxième dépend des conditions d'exploitation.

- Le Guide des Bonnes Pratiques reconnaît qu'il est difficile de trouver des données sur l'activité permettant de différencier les quatre catégories proposées (déchets municipaux, dangereux, médicaux et boues d'épuration).
- Il n'est pas nécessaire d'effectuer cette différenciation si les données ne sont pas disponibles et qu'il ne s'agit pas d'une catégorie clé.

La méthode du Guide des Bonnes Pratiques nécessite des estimations exactes des inventaires des GES.

- *Les estimations ne doivent être ni sous-estimées ni sur-estimées.*

Les causes d'incertitude peuvent provenir de :

- *Sources non identifiées*
- *Manque de données*
- *Mauvaise qualité des données*
- *Manque de transparence.*

- **Sources majeures d'incertitude :**
 - Données sur l'activité (total des déchets municipaux DSM_T et fraction de déchets mis en décharge MSW_F)
 - Facteurs d'émission (constante du taux de production du méthane).
- **Autres facteurs mentionnés dans le Guide des Bonnes Pratiques, Tableau 5.2 :**
 - Carbone organique dégradable, fraction de carbone organique dégradable, facteur de correction du méthane, fraction de méthane dans les gaz de décharge
 - Parfois la récupération de méthane et le facteur d'oxydation.

Estimation et réduction de l'incertitude

- Les incertitudes sont liées à la DBO/personne, la capacité maximale de production de méthane et la fraction traitée par anaérobie (les données relatives à la population sont assez fiables (± 5 % d'incertitude)).
- Les plages par défaut sont les suivantes :
 - DBO/personne et capacité maximale de production de méthane (± 30 %).
- L'avis d'experts est recommandé pour la fraction traitée par anaérobie.



- Les incertitudes sont liées à la production industrielle, à la DCO/eaux usées unitaires (de -50 % à +100 %), la capacité maximale de production de méthane et la fraction traitée par anaérobie.
- Les plages par défaut sont les suivantes :
 - Production industrielle (± 25 %)
 - Capacité maximale de production de méthane (± 30 %).
- L'avis d'experts est recommandé pour la fraction traitée par anaérobie.

Rapport des incertitudes liées à l'incinération des déchets

- L'incertitude liée aux données sur l'activité concernant les quantités de déchets incinérés est considérée comme faible ($\pm 5\%$) dans les pays développés. Pour certains déchets, notamment les déchets médicaux, l'incertitude peut être plus élevée.
- La source principale d'incertitude concernant le CO_2 est la fraction de carbone fossile.
- L'incertitude atteint 100 % pour les valeurs par défaut du N_2O .



Merci !

