

Matériels de Formation du GCE
Inventaires Nationaux de Gaz à Effet de Serre
Secteur de l'Energie – Combustion de
Combustibles

Version du 2 avril 2012



Auditoire Cible et Objectif des Matériels de Formation

- Ces matériels de formation s'adressent aux personnes ayant des connaissances de l'élaboration d'inventaires de gaz à effet de serre (GES) aux **niveaux débutant à intermédiaire**.
- Après avoir lu cette présentation, en liaison avec la documentation qui s'y rapporte, le lecteur doit :
 - a) Avoir une **vue d'ensemble** de la façon dont les inventaires des émissions sont élaborés pour le secteur de l'énergie (combustion de combustibles) ;
 - b) Avoir **généralement compris** les méthodes à disposition, de même que les principaux défis à relever dans ce domaine particulier ;
 - c) Etre capable de **déterminer quelles sont les méthodes** qui son les mieux adaptées à la situation de son pays ;
 - d) Savoir où **trouver des informations plus détaillées** sur le thème traité.
- Ces matériels de formation **ont été élaborés essentiellement sur la base de méthodologies développées par le GIEC** ; ainsi, le lecteur est **toujours invité à se reporter aux documents d'origine**, afin d'obtenir des informations complémentaires détaillées sur une question particulière.



Acronymes

- **BDFE** Base de Données des Facteurs d'Émissions du GIEC
- **GPG** Recommandations en matière de Bonnes Pratiques
- **PRG** Potentiel de Réchauffement du Globe
- **IEA** International Energy Agency (Agence Internationale de l'Énergie - AIE)



- **Combustion de combustibles**
 - Références (Diapositive 7)
 - Etapes de base pour l'estimation des émissions (Diapositive 23)
 - Relations avec d'autres sources et secteurs (Diapositive 41)
 - Contrôle de la qualité et complétude (Diapositive 43)



- **Emissions fugitives**
 - Introduction
 - Exploitation et manutention du charbon
 - Systèmes de pétrole et de gaz naturel
 - Questions relatives aux données
 - Références



Sondage ...

- Qui a préparé un inventaire national pour votre pays ?
- Qui a travaillé sur le secteur de l'énergie ?

Partagez ...

- Les problèmes que vous avez rencontrés dans la préparation d'estimations pour le secteur de l'énergie
- Vos plans pour l'avenir, pour améliorer votre inventaire.



Matériels de Référence

- **CCNUCC** (décisions de la CdP, lignes directrices sur la communication des données, etc.)
- **GIEC**
 - Version révisée 1996 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de GES
 - Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de GES
 - Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie
 - Base de Données des Facteurs d'Emissions du GIEC (BDFE)
 - Rapports d'Evaluation du Groupe de Travail I du GIEC
 - Utiliser, pour la communication des données, les « anciennes » valeurs sur le Potentiel de Réchauffement du Globe (PRG) du Deuxième Rapport d'Evaluation (DRE)
- **International Energy Agency (IEA) (Agence Internationale de l'Energie - AIE)**



- Méthodes fondamentales définies dans la **Version révisée 1996 des Lignes directrices du GIEC**
- Les **Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques** clarifient certaines questions (p. ex. les combustibles de soutes internationales) et fournissent quelques facteurs mis à jour ...
- ... mais il n'y a pas eu de changements majeurs pour la combustion de combustibles !
- Les Lignes Directrices 2006 du GIEC apportent des informations nouvelles quant à l'utilisation non énergétique, la nouvelle méthode de Niveau 2 pour les émissions fugitives de systèmes pétroliers, des recommandations concernant les mines de charbon abandonnées, etc.



Analyse des Catégories Clefs

- **Evaluation des niveaux**, sur la base de la part des émissions nationales totales pour chaque catégorie de sources.

EQUATION 7.1

Source Category Level Assessment = Source Category Estimate / Total Estimate

$$L_{x,t} = E_{x,t} / E_t$$

- **Evaluation des tendances**, sur la base de la contribution de la catégorie aux évolutions des tendances des émissions.

EQUATION 7.2²

Source Category Trend Assessment = (Source Category Level Assessment)

• | (Source Category Trend – Total Trend) |

$$T_{x,t} = L_{x,t} \bullet | \{ [(E_{x,t} - E_{x,0}) / E_{x,t}] - [(E_t - E_0) / E_t] \} |$$

- **Critères qualitatifs**



Analyse des Catégories Clefs (suite)

- Idée des **sources clefs, sur la base d'une mesure** devant permettre de déterminer les sources qui contribuent à l'incertitude de l'inventaire.
- **La majeure partie des catégories de sources, sinon toutes les catégories de sources** du secteur de l'énergie seront des catégories de sources clefs.
- L'analyse est fonction de la qualité des données d'origine sur les émissions.
- Vous connaissez probablement déjà vos catégories clefs.

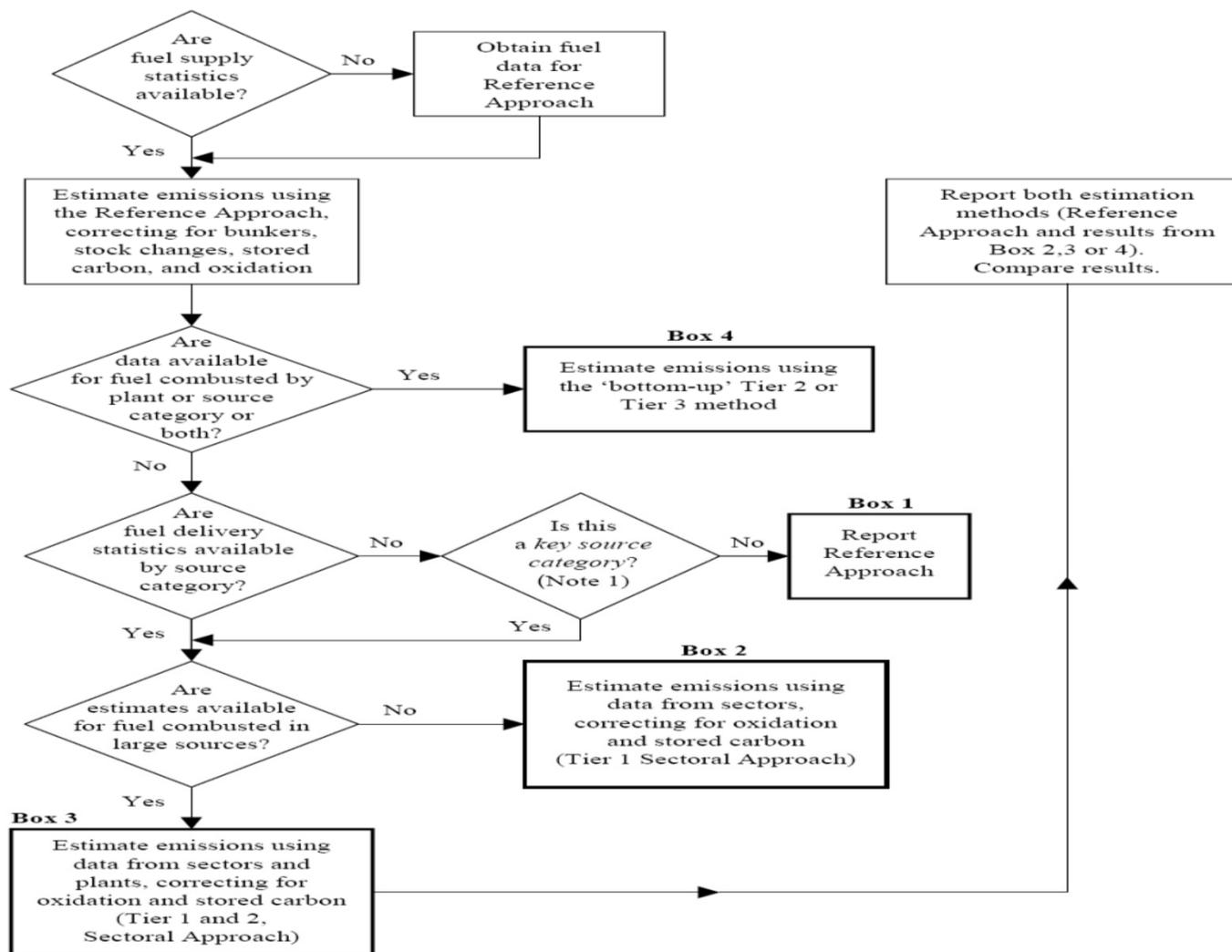


- **Industries de l’Energie**
 - Extraction, production et transformation
 - Génération d’électricité, raffinage du pétrole
 - Autoproduction d’électricité
- **Industries manufacturières et construction**
 - Production de fer et d’acier
 - Production de métaux non-ferreux
 - Fabrication de produits chimiques
 - Pâte, papier et imprimerie
 - Agro-alimentaire, boissons et tabac
- **Commercial/institutionnel**
- **Résidentiel**
- **Agriculture/foresterie/pêche**



Exemple d'Arborescence de Décisions

Figure 2.1 Decision Tree for Selecting the Method for Estimation of CO₂ Emissions from Stationary Combustion



BOX 3 AUTOPRODUCERS

An autoproducer of electricity or heat is an enterprise which generates electricity or sells heat as a secondary activity, i.e., not as its main business. This should be contrasted with main power producers who generate electricity or who sell heat as their main business (primary activity) and may be publicly or privately owned. Supplies from main power producers are referred to as "Public" electricity and heat supply although an increasing part of public supply is being met by autoproducers.

Source : Version révisée 1996 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de GES, Manuel de Référence – Volume 3, p. 1.32.

- **Aviation civile**
- **Transport routier**
 - Voitures
 - Véhicules utilitaires légers
 - Véhicules utilitaires lourds et bus
 - Motocycles
- **Transport ferroviaire**
- **Navigation**
- **Les combustibles de soutes internationales sont répertoriés séparément.**



Emissions de Dioxyde de Carbone (CO₂)

- La méthodologie de calcul est **basée sur le bilan massique**.
- **L'oxydation** du carbone présent dans les combustibles s'effectue pendant la **combustion**.
- Dans des conditions de combustion parfaites, la teneur totale en carbone des combustibles serait convertie en CO₂.
- Les **processus de combustion réels** donnent lieu à de petites quantités de carbone partiellement oxydé et non oxydé.



- **La majeure partie du carbone est immédiatement émise sous forme de CO₂.**
- **Une petite fraction est émise sous forme de gaz non CO₂ :**
 - CH₄, CO, composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM)
 - Finit par s'oxyder en CO₂ dans l'atmosphère
 - Est intégrée dans le calcul global des émissions de CO₂
 - Chaque atome de carbone a deux temps de séjour dans l'atmosphère
- **La partie restante du carbone présent dans les combustibles est imbrûlée :**
 - Supposée rester sous la forme solide (cendres et suies)
 - Comptabilisée par utilisation de facteurs d'oxydation.

- **Gaz à effet de serre directs :**
 - Méthane (CH₄)
 - Oxyde nitreux (N₂O).
- **Précurseurs et SO₂ :**
 - Oxydes d'azote (NO_x)
 - Monoxyde de carbone (CO)
 - Composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM)
 - Dioxyde de soufre (SO₂).

Les Emissions Non CO₂ Nécessitent des Informations Détaillées sur les Procédés

- Conditions de combustion
- Taille et âge de la technologie de combustion
- Entretien
- Pratiques opérationnelles
- Dispositifs de contrôle des émissions
- Caractéristiques des combustibles.



Méthane (CH₄)

- Les émissions sont une **fonction** :
 - de la teneur en méthane du combustible
 - des hydrocarbures traversant le moteur sans brûler
 - du type de moteur
 - des contrôles post-combustion.
- Dépend de la température à l'intérieur de la chaudière/du four/de l'étuve.
- Les émissions les plus importantes sont enregistrées dans les applications résidentielles (p. ex. les petites étuves, le brûlage de biomasse à l'air libre, la production de charbon de bois).



Oxyde Nitreux (N₂O)

- Des températures de combustion plus basse ont tendance à conduire à des émissions de N₂O plus importantes.
- Les dispositifs de contrôle des émissions (pots catalytiques) installés sur les véhicules peuvent augmenter le taux de génération de N₂O, en fonction :
 - des pratiques de conduite (c'est-à-dire du nombre de démarrages à froid)
 - du type et de l'âge du pot catalytique.
- Emissions importantes pour les pays où la pénétration des véhicules comportant des pots catalytiques est forte :

<http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/inf03.pdf>



- **Approche de Référence (Niveau 1) :**
 - Estimations basées sur le bilan énergétique national (production + importations - exportations) par type de combustible, sans informations sur les activités
 - Rapides à réaliser si l'on dispose du bilan énergétique de base
 - Moyen de comparer les estimations des émissions de CO₂ avec l'approche sectorielle.
- **Approche sectorielle (Niveau 1) :**
 - Estimations basées sur les données sur la consommation de combustibles, par activité sectorielle.
- **Approches ascendantes (Niveau 2 ou 3) :**
 - Des données plus détaillées sur les activités et les combustibles sont nécessaires.

Emissions par Catégories de Sources - Equation Fondamentale

$$\begin{aligned} & \text{carbon emissions} \\ & = \\ & \sum \text{fuel consumption expressed in energy units (TJ) for each sector} \\ & \quad \times \text{carbon emission factor} \\ & \quad - \text{carbon stored} \\ & \quad \times \text{fraction oxidised} \end{aligned}$$

Source : Version révisée 1996 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de GES, Manuel de Référence – Volume 3, p. 1.30.



Six Etapes de Base pour l'Estimation du CO₂

1. Collecter les données sur la consommation de combustibles.
2. Convertir les données sur les combustibles en une unité d'énergie commune.
3. Sélectionner les facteurs de teneur en carbone pour chaque combustible fossile/type de produit, et estimer la teneur totale en carbone des combustibles consommés.
4. Soustraire la quantité de carbone stockée dans les produits pendant de longues périodes.
5. Multiplier par un facteur d'oxydation.
6. Convertir le carbone en masse moléculaire totale de CO₂ et faire la somme de tous les combustibles.



Etape 1. Collecte des Données sur la Consommation

- **Approche de référence**
 - Estimer la consommation apparente de combustibles dans le pays.
- **Approche sectorielle**
 - Collecter des statistiques sur la consommation réelle, par type de combustible et par secteur économique.
- **Niveau 2 ou 3**
 - Collecter des statistiques sur la consommation réelle de combustibles, par type de combustible, par secteur économique et par type de technologie de combustion.



Etape 1. Collecte des Données sur la Consommation - Questions Relatives à la Collecte des Données

- **L'approche sectorielle du GIEC** peut encore utilisée, même si les données sur l'énergie ne sont pas collectées par utilisation des mêmes catégories de secteur :
 - Se concentrer sur la **complétude** et faire appel au **jugement** ou utiliser des **données de substitution** pour l'attribution aux différents sous-secteurs.
- Les **données sur la combustion de biomasse** ne sont pas nécessaires pour l'estimation de CO₂, mais elles sont communiquées à des fins d'information.
- **L'utilisation de combustibles du secteur informel** constitue un problème important si elle n'est pas saisie dans des statistiques sur l'énergie :
 - L'utilisation de kérosène domestique peut être déduite sur la base d'un avis d'expert ou de données de substitution.



Etape 2. Unité d'Energie Commune

- Convertir :
 - Les données sur les combustibles en une unité d'énergie commune
 - La production et la consommation de combustibles solides et de combustibles liquides, en tonnes
 - Les combustibles gazeux en mètres cubes
 - Les unités d'origine en unités d'énergie, par utilisation de valeurs calorifiques (c'est-à-dire du pouvoir calorifique).
- Approche de référence : utiliser des valeurs calorifiques différentes pour la production, les importations et les exportations.
- Les valeurs calorifiques utilisées doivent être communiquées.



Etape 3. Estimation de la Teneur Totale en Carbone des Combustibles Consommés

Gaz naturel

- Dépend de la composition (méthane, éthane, propane, butane et hydrocarbures plus lourds)
- Le gaz naturel brûlé à la torche sur le site de production sera habituellement « humide », c'est-à-dire que le facteur de sa teneur en carbone sera différent
- En général : 15 à 17 tonnes C/TJ .

Pétrole

- Teneur en carbone plus faible pour les produits pétroliers raffinés légers tels que l'essence
- Teneur plus importante pour les produits plus lourds tels que le fioul résiduel
- En général, pour le pétrole brut : 20 tonnes C/TJ.

Charbon

- Dépend du rang du charbon et de la composition en hydrogène, soufre, cendres, oxygène et azote
- Plages types : de 25 à 28 tonnes C/TJ.



Etape 4. Soustraction des Utilisations Non Energétiques

- **Raffineries de pétrole** : asphalte et bitume pour la construction de routes, naphthas, lubrifiants et plastiques
 - **Gaz naturel** : pour la production d'ammoniac
 - **Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)** : solvants et caoutchouc synthétique
 - **Cokéfaction** : industrie des métaux .
-
- Essayer **d'utiliser les données spécifiques au pays**, plutôt que les facteurs de stockage du carbone par défaut du GIEC.

$$\begin{aligned} \text{Total Carbon Stored (Gg C)} = & \\ & \text{Non-Energy Use (10}^3 \text{ t)} \\ & \times \text{Conversion Factor (TJ/10}^3 \text{ t)} \\ & \times \text{Emission Factor (t C/TJ)} \\ & \times \text{Fraction Carbon Stored} \\ & \times 10^{-3} \end{aligned}$$

Source : Version révisée 1996 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de GES, Manuel de Référence – Volume 3, p. 1.26.



Etape 5. Multiplication par un Facteur d'Oxydation

- Multiplier par un facteur d'oxydation pour tenir compte de la petite quantité de carbone non oxydé qui demeure sous forme de cendres ou de suies.
- La quantité de carbone restant non oxydée doit être faible pour la combustion de pétrole et de gaz naturel ...
- ...mais elle peut être plus importante et plus variable pour la combustion du charbon.
- Lorsque des facteurs d'oxydation nationaux ne sont pas disponibles, utiliser les facteurs par défaut du GIEC.

Coal ^(a)	0.98
Oil and Oil Products	0.99
Gas	0.995
Peat for electricity generation ^(b)	0.99
(a) This figure is a global average but varies for different types of coal, and can be as low as 0.91.	
(b) The fraction for peat used in households may be much lower.	



Etape 5. (suite) – Valeurs des Facteurs d'Oxydation

Gaz naturel

- Moins de 1% reste imbrûlé
- Reste sous forme de suies dans le brûleur, la cheminée ou environnement
- Facteur d'oxydation par défaut du GIEC = 99,5%
- Plus élevé pour les torches de l'industrie du pétrole et du gaz
- Se rapproche de 100% pour les turbines efficaces.

Pétrole

- 1,5 ± 1 pour cent reste imbrûlé
- Facteur d'oxydation par défaut du GIEC = 99%
- Des travaux de recherche récents ont indiqué 100% dans les automobiles.



Etape 5. (suite) - Valeurs des Facteurs d'Oxydation

Charbon

- Plage de 0,6% to 6,6% d'imbrûlé
- Essentiellement sous la forme de mâchefer et de cendres volantes
- Facteur d'oxydation par défaut du GIEC = 98%.

Biomasse

- Peut varier largement, en particulier pour la combustion à l'air libre
- Pour la combustion à l'intérieur (p. ex. chaudière), la plage va de 1% à 10%
- Pas de valeur par défaut du GIEC.



Etape 6. Conversion en Masse Moléculaire Totale et Somme

- Convertir le carbone en masse moléculaire totale de CO₂ et faire la somme de tous les combustibles.
- Pour exprimer les résultats sous forme de CO₂, multiplier la quantité de carbone oxydé par le coefficient de masse moléculaire du CO₂ par rapport au C (44:12).



Etape 6. (suite) - Combustibles de Soutes Internationales

- Emissions de CO₂ provenant des combustibles utilisés dans les navires ou les avions pour le transport international, **ne doivent pas être comptabilisées dans le total national.**
- Les combustibles livrés dans les **soutes internationales** et consommées par celles-ci **doivent être soustraites de l'approvisionnement en combustibles du pays.**
- Les émissions de combustibles de soutes doivent être mentionnées **pour mémoire** dans un tableau séparé.
- Voir **Arborescences de décisions du GIEC** concernant l'attribution des émissions provenant des transports maritime et aérien.



Etape 6. (suite) – Combustibles à Base de Biomasse

- Les émissions de CO₂ provenant des combustibles à base de biomasse **ne doivent pas être incluses dans les émissions nationales totales provenant de la combustion de combustibles.**
- **Communication à titre d'information seulement ...**
 - Bois de chauffage domestique
 - Ethanol et biodiesel pour le transport.
- Tenir compte des **combustibles mixtes** (p. ex. les mélanges d'éthanol).
- **Emissions nettes de CO₂ prises en compte implicitement dans le secteur UTCATF**
- Les émissions non CO₂ provenant de la combustion de biomasse **doivent** être estimées et communiquées dans le secteur de l'énergie !



Niveau 1

- Multiplier le combustible consommé par un facteur d'émission moyen :
 - Ne nécessite pas de données détaillées sur les activités
 - S'en remettre aux données concernant l'approvisionnement en combustibles qui sont faciles à obtenir et qui supposent l'utilisation d'une technologie de combustion moyenne.

Niveaux 2/3

- Multiplier le combustible consommé par le type de combustible détaillé et des facteurs d'émissions spécifiques à la technologie :
 - Les méthodes de **Niveau 2** utilisent des données qui sont désagrégées selon les types de technologies
 - Les méthodes de **Niveau 3** estiment les émissions en fonction des types d'activités (km parcourus ou tonnes-km transportées) et de l'efficacité spécifique des combustibles ou des taux de combustibles.

Utiliser les facteurs d'émissions spécifiques à la technologie et spécifiques au pays les plus désagrégés dont on dispose.



Equation Fondamentale

$$\text{Emissions} = \Sigma(\text{Facteur d'Emission}_{abc} \cdot \text{Consommation de Combustible}_{abc})$$

Où :

a = type de combustible

b = secteur d'activité

c = type de technologie, y compris les dispositifs de contrôle des émissions.



- Les **facteurs d'émissions par défaut** pour le **CH₄**, le **N₂O**, le **NO_x**, le **CO** et les **COVNM**, par technologie et par type de combustibles principaux, sont présentés dans les Lignes Directrices du GIEC.
- **Les émissions les plus importantes** : les émissions de **CH₄** provenant du brûlage à l'air libre et de la combustion de biomasse.
- La **production de charbon de bois** est susceptible de produire des émissions de méthane à un taux de plusieurs ordres de grandeur supérieur à celui d'autres processus de combustion.

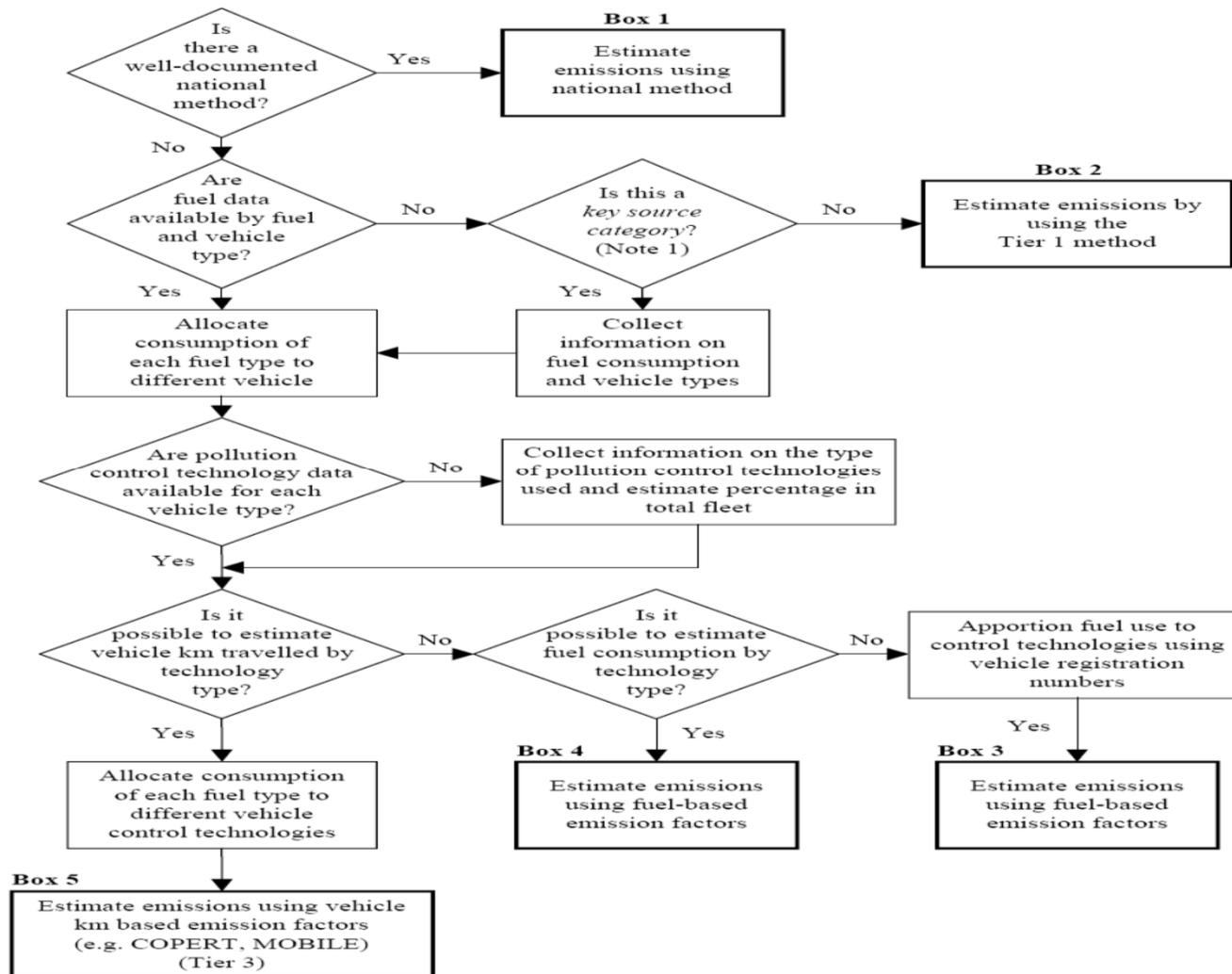
- Activité de transport principale (transport routier, aérien, ferroviaire et naval).
- **Les émissions les plus importantes** : les émissions de **N₂O** provenant du transport routier, influencées par le type de technologies de contrôle des émissions.
- Les Parties non visées à l'Annexe I doivent concentrer leurs efforts sur la collecte de données concernant le nombre de véhicules équipés de dispositifs de contrôle catalytique des émissions en fonctionnement dans leur pays.

Données sur les activités de transport routier :

- Considérer la vaste majorité de l'essence automobile utilisée pour le transport
- Vérifier les données avec les décomptes d'équipements ou les données sur les ventes/importations/exportations de véhicules
- Baser les hypothèses de type de véhicules et de technologie de contrôle des émissions sur les données relatives à l'âge des véhicules (c'est-à-dire millésime) et le niveau d'activité supposé (c'est-à-dire km véhicules parcourus/véhicule)
- Prendre en compte les standards d'émissions nationaux, la prédominance de l'essence au plomb et la conformité aux standards.

Exemple d'Arborescence de Décisions

Figure 2.5 Decision Tree for CH₄ and N₂O Emissions from Road Vehicles



Secteur des Procédés Industriels :

- Il se peut que les données sur les matières premières à base de combustibles fossiles non énergétiques, si elles sont disponibles, ne soient pas fiables
- Les « matières premières » pétrochimiques peuvent réellement être utilisées pour l'énergie
- Le charbon acheté par l'industrie du fer et de l'acier peut être utilisé pour fabriquer du coke
- Se concentrer sur l'industrie pétrochimique et la production de métaux (p. ex. fer et acier)
- Estimation prudente : considérer les plastiques, l'asphalte et certains lubrifiants stockés
- Soustraire la teneur en carbone de ces produits.

Secteur des Déchets :

- Combustion de déchets à des fins énergétiques incluse dans le secteur de l'énergie
- Incinération de plastiques.

Secteur UTCATF :

- Carbone de biomasse implicitement pris en compte.

Autoproduction d'électricité

Utilisation de combustibles à des fins militaires

Sources mobiles dans l'agriculture



- Tous les gaz (**CO₂**, **CH₄** et **N₂O**)
- Toutes les catégories de sources et de sous-sources
- Tous les territoires nationaux traités
- Combustibles de soutes et opérations militaires
- Toutes les centrales électriques alimentées aux combustibles fossiles
- Hauts-fourneaux et production de coke
- Combustion de déchets avec récupération d'énergie
- Combustibles au marché noir
- Utilisation de combustible non mesuré pour les pipelines par les stations de compression.



Incertitude

- L'incertitude, au niveau de la teneur en carbone et des valeurs calorifiques des combustibles, est liée à la **variabilité de la composition des combustibles et à la fréquence des mesures réelles**. Susceptible d'être faible pour tous les pays.
- Pour la plupart des Parties non visées à l'Annexe I, **l'incertitude au niveau des données sur les activités** (c'est-à-dire les données sur la consommation de combustibles) constituera le problème dominant !
 - L'effort devra être concentré sur la collecte de données sur la consommation de combustibles
 - Il est improbable que les facteurs de la teneur en carbone spécifiques au pays améliorent sensiblement les estimations de CO₂.
- Il est important de **documenter les causes probables d'incertitude** et de discuter des mesures prises pour réduire les incertitudes .



Merci

