

CHAPITRE 3

COMBUSTION MOBILE

Auteurs

Aperçu

Christina Davies Waldron (États-Unis)

Jochen Harnisch (Allemagne), Oswaldo Lucon (Brésil), R. Scott Mckibbon (Canada), Sharon B. Saile (États-Unis), Fabian Wagner (Allemagne), et Michael P. Walsh (États-Unis)

Transport hors route

Christina Davies Waldron (États-Unis)

Jochen Harnisch (Allemagne), Oswaldo Lucon (Brésil), R. Scott Mckibbon (Canada), Sharon B. Saile (États-Unis), Fabian Wagner (Allemagne), et Michael P. Walsh (États-Unis)

Chemins de fer

Christina Davies Waldron (États-Unis)

Jochen Harnisch (Allemagne), Oswaldo Lucon (Brésil), R. Scott Mckibbon (Canada), Sharon B. Saile (États-Unis), Fabian Wagner (Allemagne), et Michael P. Walsh (États-Unis)

Navigation

Lourdes Q. Maurice (États-Unis)

Leif Hockstad (États-Unis), Niklas Höhne (Allemagne), Jane Hupe (OACI), David S. Lee (Royaume-Uni), et Kristin Rypdal (Norvège)

Aviation civile

Lourdes Q. Maurice (États-Unis)

Leif Hockstad (États-Unis), Niklas Höhne (Allemagne), Jane Hupe (OACI), David S. Lee (Royaume-Uni), et Kristin Rypdal (Norvège)

Contributeurs

Transport routier, transport hors route et chemins de fer

Manmohan Kapshe (Inde)

Navigation et aviation civile

Daniel M. Allyn (États-Unis), Maryalice Locke (États-Unis), Stephen Lukachko (États-Unis), et Stylianos Pesmajoglou (CCNUCC)

Table des matières

3	Combustion mobile.....	3.8
3.1	Aperçu.....	3.8
3.2	Transport routier.....	3.10
3.2.1	Questions méthodologiques.....	3.10
3.2.1.1	Choix de la méthode.....	3.10
3.2.1.2	Choix des facteurs d'émission.....	3.17
3.2.1.3	Choix des données sur les activités.....	3.27
3.2.1.4	Exhaustivité.....	3.31
3.2.1.5	Développement de séries temporelles cohérentes.....	3.32
3.2.2	Évaluation des incertitudes.....	3.32
3.2.3	Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires.....	3.34
3.2.4	Présentation et documentation.....	3.35
3.2.5	Tableaux de présentation et feuilles de travail.....	3.35
3.3	Transport hors route.....	3.35
3.3.1	Questions méthodologiques.....	3.36
3.3.1.1	Choix de la méthode.....	3.36
3.3.1.2	Choix des facteurs d'émissions.....	3.39
3.3.1.3	Choix des données sur les activités.....	3.40
3.3.1.4	Exhaustivité.....	3.41
3.3.1.5	Développement de séries temporelles cohérentes.....	3.41
3.3.2	Évaluation des incertitudes.....	3.42
3.3.2.1	Incertitudes des données sur les activités.....	3.43
3.3.3	Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires.....	3.43
3.3.4	Présentation et documentation.....	3.43
3.3.5	Tableaux de présentation et feuilles de travail.....	3.44
3.4	Chemins de fer.....	3.44
3.4.1	Questions méthodologiques.....	3.44
3.4.1.1	Choix de la méthode.....	3.44
3.4.1.2	Choix des facteurs d'émission.....	3.48
3.4.1.3	Choix des données sur les activités.....	3.50
3.4.1.4	Exhaustivité.....	3.51
3.4.1.5	Développement de séries temporelles cohérentes.....	3.52
3.4.1.6	Évaluation des incertitudes.....	3.52
3.4.2	Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires.....	3.52
3.4.3	Présentation et documentation.....	3.53
3.4.4	Tableaux de présentation et feuilles de travail.....	3.53
3.5	Navigation.....	3.53

3.5.1	Questions méthodologiques.....	3.53
3.5.1.1	Choix de la méthode.....	3.54
3.5.1.2	Choix des facteurs d'émission.....	3.57
3.5.1.3	Choix des données sur les activités.....	3.58
3.5.1.4	Navigation militaire.....	3.60
3.5.1.5	Exhaustivité.....	3.61
3.5.1.6	Développement de séries temporelles cohérentes.....	3.61
3.5.1.7	Évaluation des incertitudes.....	3.61
3.5.2	Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires.....	3.62
3.5.3	Présentation et documentation.....	3.62
3.5.4	Tableaux de présentation et feuilles de travail.....	3.63
3.5.5	Définitions de termes spécialisés.....	3.64
3.6	Aviation civile.....	3.64
3.6.1	Questions méthodologiques.....	3.65
3.6.1.1	Choix de la méthode.....	3.65
3.6.1.2	Choix des facteurs d'émission.....	3.73
3.6.1.3	Choix des données sur les activités.....	3.74
3.6.1.4	Aviation militaire.....	3.76
3.6.1.5	Exhaustivité.....	3.78
3.6.1.6	Développement de séries temporelles cohérentes.....	3.78
3.6.1.7	Évaluation des incertitudes.....	3.79
3.6.2	Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires.....	3.80
3.6.3	Présentation et documentation.....	3.85
3.6.4	Tableaux de présentation et feuilles de travail.....	3.86
3.6.5	Définitions de termes spécialisés.....	3.86
	Références.....	3.88

Équations

Équation 3.2.1 CO ₂ imputable au transport routier	3.12
Équation 3.2.2 Émissions de CO ₂ des convertisseurs catalytiques a urée.....	3.13
Équation 3.2.3 Émissions de Niveau 1 de ch ₄ et de n ₂ O	3.14
Équation 3.2.4 Émissions de Niveau 2 de ch ₄ et de n ₂ O	3.14
Équation 3.2.5 Émissions de Niveau 3 de ch ₄ et de n ₂ O	3.16
Équation 3.2.6 Validation de la consommation du carburant.....	3.28
Équation 3.3.1 Estimation des émissions de Niveau 1	3.36
Équation 3.3.2 Estimation des émissions de Niveau 2	3.37
Équation 3.3.3 Estimation de Niveau 3 des émissions	3.39
Équation 3.3.4 Émissions des convertisseurs catalytiques a urée	3.39
Équation 3.4.1 Méthode générale pour les émissions imputables aux locomotives	3.46
Équation 3.4.2 Méthode de Niveau 2 pour les émissions de ch ₄ et n ₂ O imputables aux locomotives	3.47
Équation 3.4.3 Exemple d'une méthode de Niveau 3 pour les émissions de ch ₄ et n ₂ O imputables aux locomotives	3.47
Équation 3.4.4 Pondération des facteurs d'émission de ch ₄ et n ₂ O pour des technologies spécifiques.....	3.49
Équation 3.4.5 Estimations de la consommation de carburant des locomotives de triage	3.51
Équation 3.5.1 Équation liée à la navigation.....	3.54
Équation 3.6.1 (Équation 1 de l'aviation)	3.68
Équation 3.6.2 (Équation 2 de l'aviation)	3.68
Équation 3.6.3 (Équation 3 de l'aviation)	3.68
Équation 3.6.4 (Équation 4 de l'aviation)	3.68
Équation 3.6.5 (Équation 5 de l'aviation)	3.68

Figures

Figure 3.2.1 Étapes dans l'estimation des émissions imputables au transport routier.....	3.11
Figure 3.2.2 Diagramme décisionnel pour les émissions de CO ₂ imputables à la combustion de carburant dans les véhicules routiers.....	3.12
Figure 3.2.3 Diagramme décisionnel pour estimer les émissions de CH ₄ et N ₂ O imputables aux véhicules routiers.....	3.15
Figure 3.3.1 Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions imputables aux véhicules en service hors route	3.38
Figure 3.4.1 Diagramme décisionnel pour estimer les émissions de CO ₂ imputables aux chemins de fer.....	3.45
Figure 3.4.2 Diagramme décisionnel pour estimer les émissions de CH ₄ et N ₂ O imputables aux chemins de fer.....	3.46
Figure 3.5.1 Diagramme décisionnel pour les émissions imputables à la navigation	3.56
Figure 3.6.1 Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions liées à l'aviation (appliqué à chaque gaz à effet de serre).....	3.69
Figure 3.6.2 Estimations des émissions imputables à l'aviation avec une méthode de Niveau 2	3.71

Tableaux

Tableau 3.1.1	Séparation détaillée du secteur pour le secteur du transport	3.8
Tableau 3.2.1	Facteurs d'émission par défaut du CO ₂ et plages d'incertitude pour le transport routier.....	3.18
Tableau 3.2.2	Facteurs d'émission par défaut et plages d'incertitude pour le N ₂ O et le CH ₄ pour le transport routier	3.23
Tableau 3.2.3	Facteurs d'émission de N ₂ O et CH ₄ pour les véhicules à essence et diesel aux États-Unis.....	3.24
Tableau 3.2.4	Facteurs d'émission pour des véhicules à carburant alternatif	3.25
Tableau 3.2.5	Facteurs d'émission pour les véhicules européens à essence et au diesel (mg/km), modèle COPERT IV	3.26
Tableau 3.3.1	facteurs d'émission par défaut pour les sources mobiles et les machines hors route ^(a)	3.40
Tableau 3.4.1	Facteurs d'émission par défaut pour les carburants les plus courants utilisés dans le transport par voie de chemin de fer.....	3.49
Tableau 3.4.2	Facteurs de pondération des polluants comme fonctions des paramètres de conception des moteurs pour les moteurs non contrôlés (non dimensionnel).....	3.49
Tableau 3.5.1	Structure des catégories de source	3.55
Tableau 3.5.2	Facteurs d'émission du CO ₂	3.57
Tableau 3.5.3	Facteurs d'émission par défaut liés à la navigation pour le CH ₄ et le N ₂ O	3.57
Tableau 3.5.4	Critères pour la définition du transport maritime international ou intérieur (S'applique à chaque segment d'un voyage faisant escale à plus de deux ports).....	3.58
Tableau 3.5.5	Consommation moyenne en carburant par type de moteur (navires >500 grt).....	3.59
Tableau 3.5.6	Facteurs de consommation de carburant, à pleine puissance	3.60
Tableau 3.6.1	Catégories de source	3.67
Tableau 3.6.2	Besoins de données pour les différents niveaux.....	3.67
Tableau 3.6.3	Correspondance entre les types représentatifs d'avions et les autres types d'avions	3.72
Tableau 3.6.4	Facteurs d'émission du CO ₂	3.73
Tableau 3.6.5	Facteurs d'émission pour les gaz autres que le CO ₂	3.73
Tableau 3.6.6	Critères pour définir les vols domestiques et internationaux (S'appliquent aux étapes individuelles des vols avec plus d'un décollage et atterrissage)	3.74
Tableau 3.6.7	Facteurs de consommation de carburant pour les avions militaires	3.77
Tableau 3.6.8	Consommation de carburant par heure de vol pour les avions militaires.....	3.77
Tableau 3.6.9	Facteurs d'émission AD pour les avions types	3.81
Tableau 3.6.10	Facteurs d'émission de NO _x pour différents avions en croisière	3.84

Encadrés

Encadré 3.2.1 Exemples d'utilisation de biocarburant dans le transport routier.....	3.20
Encadré 3.2.2 Affinage des facteurs d'émission pour les sources mobiles dans les pays en développement ...	3.22
Encadré 3.2.3 Courbes de détérioration (mise à la casse) des véhicules.....	3.30
Encadré 3.2.4 Les lubrifiants dans la combustion mobile.....	3.32
Encadré 3.3.1 Modèle d'émission Nonroad (USEPA).....	3.41
Encadré 3.3.2 Expérience canadienne avec le modèle hors route.....	3.42
Encadré 3.4.1 Exemple d'une approche de Niveau 3	3.50

3 COMBUSTION MOBILE

3.1 APERÇU

Les sources mobiles produisent des émissions directes de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) imputables à la combustion de divers types de carburant, ainsi que divers autres polluants tels que le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), le dioxyde de soufre (SO₂), les particules et les oxydes de nitrate (NO_x), qui provoquent ou contribuent à la pollution atmosphérique locale ou régionale. Le présent chapitre présente les *bonnes pratiques* pour développer les estimations des émissions de gaz à effet de serre directs : le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Pour les gaz à effet de serre indirects et les précurseurs (CO, COVNM, SO₂, particules et NO_x), veuillez vous référer au Chapitre 7 du Volume 1. Ce chapitre ne traite pas les émissions non énergétiques imputables au conditionnement d'air mobile qui est couvert dans le volume PIUP (Chapitre 7, Volume 3).

Les émissions de gaz à effet de serre imputables à la combustion mobile sont le plus facilement estimées par les principales activités de transport : transport routier et hors route, transport aérien, chemins de fer et navigation. La description des sources (Tableau 3.1.1) montre la diversité des sources mobiles et les différentes caractéristiques qui affectent les facteurs d'émission. De récents travaux ont mis à jour et consolidé les données. Malgré ces progrès, des travaux sont encore nécessaires pour combler les lacunes dans la connaissance des émissions imputables à certains types de véhicules et sur les effets du vieillissement sur le contrôle catalytique des émissions dues aux véhicules routiers. De même, les informations sur les facteurs d'émission appropriés pour le transport routier dans les pays en voie de développement peuvent devoir être consolidées, lorsque l'âge du parc automobile, l'entretien, la teneur en soufre du carburant et les modèles d'utilisation sont différents de ceux des pays industrialisés.

Code et dénomination		Explications	
1 A 3	<i>TRANSPORT</i>	Émissions imputables à la combustion et l'évaporation des carburants utilisés pour toutes les activités de transport (à l'exception du transport militaire), quel que soit le secteur, et spécifiées par sous-catégories ci-dessous. Dans la mesure du possible, les émissions imputables aux carburants vendus à tout engin aérien ou marin engagé dans le transport international (1 A 3 a i et 1 A 3 d i) doivent être exclues des totaux et sous-totaux dans cette catégorie et rapportées séparément.	
1 A 3	a	Aviation civile	
1 A 3	a	i	<i>Aviation internationale (Soutes internationales)</i>
1 A 3	a	i	<i>Vols intérieurs</i>
1 A 3	b	Transport routier	
1 A 3	b	i	<i>Automobiles</i>
1 A 3	b	i	1 Véhicules avec catalyseurs à 3 voies
1 A 3	b	i	2 Véhicules sans catalyseurs à 3 voies

TABLEAU 3.1.1 (SUITE)
SEPARATION DETAILLEE DU SECTEUR POUR LE SECTEUR DU TRANSPORT

Code et dénomination				Explications
1 A 3	b	ii	<i>Véhicules utilitaires légers</i>	Émissions imputables aux véhicules ainsi désignés dans le pays d'immatriculation du véhicule principalement pour le transport de cargaison à déplacement léger ou équipés de caractéristiques spéciales telles que la transmission à quatre roues motrices pour les opérations hors route. Le poids brut du véhicule atteint normalement 3500-3900 kg ou moins.
1 A 3	b	ii	1 <i>Véhicules utilitaires légers avec catalyseurs à 3 voies</i>	Émissions imputables aux véhicules utilitaires légers avec catalyseurs à 3 voies.
1 A 3	b	ii	2 <i>Véhicules utilitaires légers sans catalyseurs à 3 voies</i>	Émissions imputables aux véhicules utilitaires légers sans catalyseurs à 3 voies.
1 A 3	b	iii	<i>Camions lourds et bus</i>	Émissions imputables aux véhicules ainsi désignés dans le pays d'immatriculation du véhicule. Normalement le poids brut du véhicule varie de 3500 à 3900 kg ou plus pour les camions lourds et les bus sont classés pour transporter plus de 12 personnes.
1 A 3	b	iv	<i>Motocycles</i>	Émissions imputables à tout véhicule automobile conçu pour voyager avec maximum trois roues sur le sol et pesant moins de 680 kg.
1 A 3	b	v	<i>Émissions évaporatives provenant des véhicules</i>	Sont incluses ici les émissions évaporatives imputables aux véhicules (suintements chauds, pertes en opération, par exemple). Les émissions dues au chargement en carburant des véhicules sont exclues.
1 A 3	b	vi	<i>Catalyseurs à urée</i>	Émissions de CO ₂ provenant de l'utilisation d'additifs à base d'urée dans les pots catalytiques (émissions non comburantes).
1 A 3	c		Chemins de fer	Émissions imputables au transport ferroviaire de passagers et de marchandises.
1 A 3	d		Navigation	Émissions imputables aux carburants utilisés pour faire avancer les navires, y compris les aéroglisseurs et les hydroptères, mais excepté les bateaux de pêche. La distinction entre navigation internationale et nationale doit être déterminée sur base des ports de départ et d'arrivée, et non par le drapeau ou la nationalité du navire.
1 A 3	d	i	<i>Navigation internationale (soutes internationales)</i>	Émissions imputables aux carburants utilisés par les navires de tout pavillon engagés dans la navigation internationale. La navigation internationale peut avoir lieu en mer, sur les lacs et les voies d'eau intérieures et dans les eaux côtières. Inclut les émissions imputables aux voyages d'un navire qui part d'un pays et arrive dans un pays différent. N'inclut pas la consommation par les bateaux de pêche (voir « autre secteur – Pêche »). Les émissions imputables à la navigation militaire internationale peuvent être incluses comme sous-catégorie distincte de la navigation internationale pour autant que la même distinction s'applique quant à la définition et que des données soient disponibles pour soutenir celle-ci.
1 A 3	d	ii	<i>Navigation nationale</i>	Émissions imputables aux carburants utilisés par les navires de tout pavillon qui démarrent et arrivent dans le même pays (excepté la pêche qui doit être rapportée dans la catégorie 1 A 4 c iii, et la navigation militaire, qui doit être rapportée dans la catégorie 1 A 5 b). Noter que cela peut inclure des voyages d'une distance relativement importante entre deux ports dans un pays (San Francisco à Honolulu, par exemple).
1 A 3	e		Autres moyens de transport	Émissions de combustion imputables à toutes les autres activités de transport y compris le transport par pipeline, les activités au sol dans les aéroports et les ports et les activités hors route non rapportées dans la catégorie 1 A 4 c Agriculture ou 1 A 2. Industries manufacturières et construction. Le transport militaire doit être rapporté dans la catégorie 1 A 5 (voir 1 A 5 Non spécifiés).
1 A 3	e	i	<i>Transport par pipeline</i>	Émissions liées à la combustion imputables aux opérations des stations de pompage et l'entretien des pipelines. Le transport par pipelines inclut le transport des gaz, des liquides, des boues et autres produits via pipelines. La distribution de gaz naturel ou fabriqué, d'eau ou de vapeur du distributeur aux utilisateurs finaux est exclue et doit être rapportée dans la catégorie 1 A 1 c ii ou 1 A 4 a.
1 A 3	e	ii	<i>Hors route</i>	Émissions de combustion dues à d'autres moyens de transport, excepté le transport par pipeline.
1 A 4	c	iii	<i>Pêche (combustion mobile)</i>	Émissions imputables aux carburants utilisés dans la pêche continentale, la pêche côtière et la pêche hauturière. La pêche doit couvrir les navires de tout pavillon qui se sont ravitaillés en carburant dans le pays (y compris la pêche internationale).

TABLEAU 3.1.1 (SUITE)
SEPARATION DETAILLEE DU SECTEUR POUR LE SECTEUR DU TRANSPORT

Code et dénomination				Explications
1 A 5	a		<i>Sources stationnaires non spécifiées</i>	Émissions imputables à la combustion de carburant dans les sources stationnaires et non spécifiées dans une autre catégorie.
1 A 5	b		<i>Sources mobiles non spécifiées</i>	Émissions mobiles imputables aux véhicules et autres machines, la marine et l'aviation (non incluses sous 1 A 4 c ii ou ailleurs). Inclut les émissions imputables au carburant livré aux forces armées dans le pays, ainsi que le carburant livré dans le pays mais utilisé par les forces armées d'autres pays qui ne sont pas engagées dans des opérations multilatérales.
			Opérations multilatérales (Élément pour mémoire)	Opérations multilatérales. Émissions imputables aux carburants utilisés pour l'aviation et la navigation dans le cadre d'opérations multilatérales conformément à la Charte des Nations Unies, y compris les émissions imputables aux carburants livrés aux forces armées dans le pays et aux forces armées d'autres pays.

3.2 TRANSPORT ROUTIER

La catégorie de source mobile « Transport routier » inclut tous les types de véhicules utilitaires légers tels que les automobiles et les camions légers, les véhicules utilitaires lourds tels que les tracteurs semi-remorques et les bus, et les motocycles sur route (y compris les cyclomoteurs, les scooters et les trois roues). Ces véhicules fonctionnent à de nombreux types de carburants gazeux et liquides. En plus des émissions imputables à la combustion de carburant, les émissions associées à l'utilisation d'un convertisseur catalytique dans les véhicules routiers (émissions de CO₂ imputables aux convertisseurs catalytiques à base d'urée, par exemple)¹ sont également abordées dans cette section.

3.2.1 Questions méthodologiques

Les méthodologies fondamentales pour l'estimation des émissions de gaz à effet de serre imputables aux véhicules routiers, présentées à la Section 3.2.1.1, n'ont pas changé depuis la publication des *Lignes directrices 1996 du GIEC* et le rapport *GPG2000*, excepté le fait que, comme indiqué à la Section 3.2.1.2, les facteurs d'émission partent à présent du principe d'une oxydation complète du carburant. Ceci est nécessaire à la cohérence avec le chapitre relatif à la combustion stationnaire du présent volume. La méthode pour estimer les émissions de CO₂ imputables aux convertisseurs catalytiques à base d'urée, une source d'émissions, n'a pas été abordée précédemment.

Les émissions estimées imputables au transport routier peuvent être basées sur deux ensembles de données indépendants : les ventes de carburant (voir Section 3.2.1.3) et le nombre de kilomètres parcourus par les véhicules. Si ces deux ensembles de données sont disponibles, il est important de vérifier qu'ils sont comparables sans quoi les estimations de différents gaz peuvent présenter des incohérences. Cette phase de validation (Figure 3.2.1) est décrite dans les Sections 3.2.1.3 et 3.2.3. Les *bonnes pratiques* recommandent de réaliser cette validation si les données sur les kilomètres parcourus sont disponibles.

3.2.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Les émissions peuvent être estimées sur base soit des carburants consommés (représentés par les carburants vendus) ou la distance parcourue par les véhicules. En général, la première approche (carburants vendus) est appropriée pour le CO₂ et la seconde (distance parcourue par type de véhicule et par type de route) est appropriée pour le CH₄ et le N₂O.

¹ La consommation d'urée pour les convertisseurs catalytiques dans les véhicules est directement liée à la consommation en carburant du véhicule et à la technologie du véhicule.

ÉMISSIONS DE CO₂

Les émissions de CO₂ sont mieux calculées sur base de la quantité et du type de carburant consommé (qui doit être égal à la quantité de carburants vendus, voir Section 3.2.1.3) et sa teneur en carbone. La Figure 3.2.2 montre le diagramme décisionnel pour le CO₂ qui guide le choix d'une méthode de Niveau 1 ou de Niveau 2. Chaque méthode est définie ci-dessous.

Figure 3.2.1 Étapes dans l'estimation des émissions imputables au transport routier

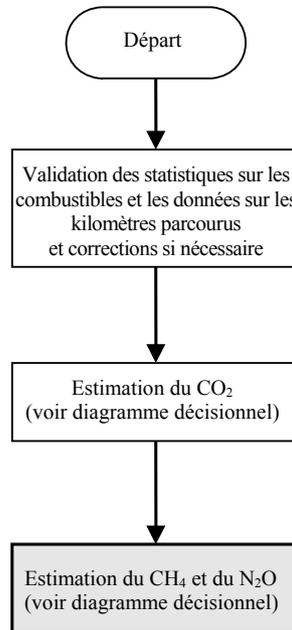
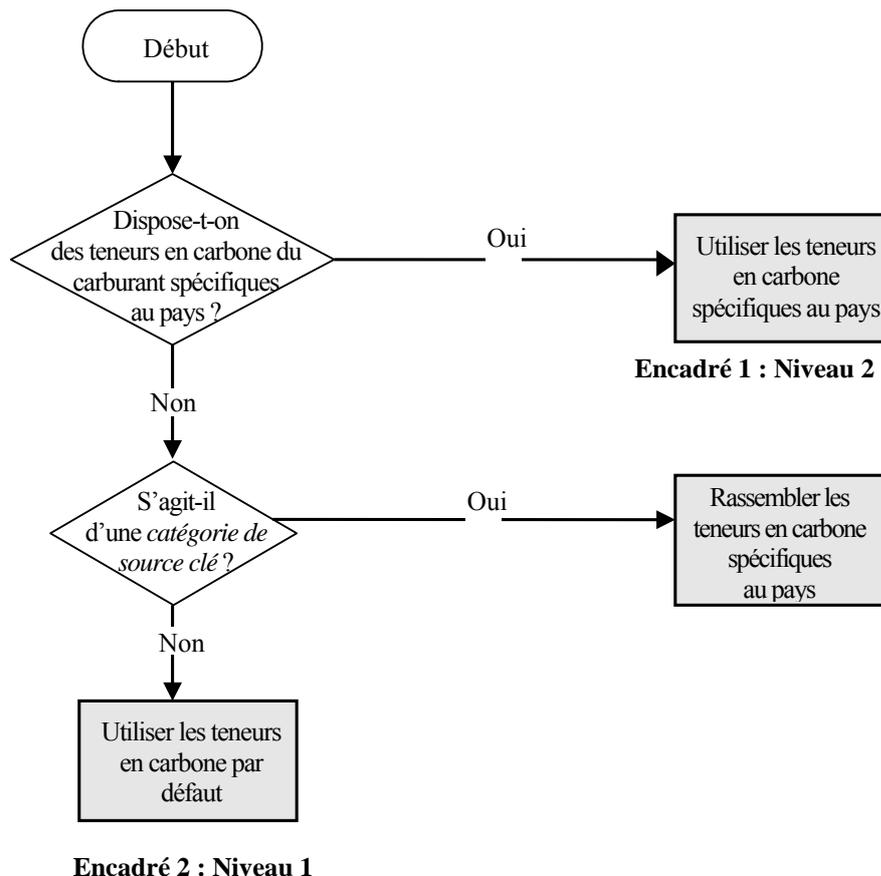


Figure 3.2.2 Diagramme décisionnel pour les émissions de CO₂ imputables à la combustion de carburant dans les véhicules routiers



Note Voir le Chapitre 4 du Volume 1, « Choix méthodologique et catégories de source clés » (dont la Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour des informations sur les *catégories de source clés* et l'utilisation des diagrammes décisionnels.

L'approche de Niveau 1 calcule les émissions de CO₂ en multipliant la quantité estimée de carburant vendu par un facteur d'émission par défaut du CO₂. Cette approche est représentée par l'Équation 3.2.1.

ÉQUATION 3.2.1
CO₂ IMPUTABLE AU TRANSPORT ROUTIER

$$Emission = \sum_a [Carburant_a \bullet EF_a]$$

Où :

Émission Émissions de CO₂ (kg)

Carburant_a = carburants vendus (TJ)

FE_a = facteur d'émission (kg/TJ). Il est égal à la teneur en carbone du carburant multipliée par 44/12.

a = type de carburant (par exemple, essence, diesel, gaz naturel, LPG, etc.)

Le facteur d'émission du CO₂ prend en compte tout le carbone du carburant y compris celui émis comme CO₂, CH₄, CO, COVMN et particules². Tout carbone dans le carburant obtenu de la biomasse devrait être rapporté

² La recherche sur les bilans massiques de carbone pour les voitures et camions utilitaires légers à essence aux Etats-Unis indique que la « fraction de carbone (non oxydé) solide est négligeable ». USEPA (2004a). Cette recherche n'a pas examiné les moteurs à deux temps ou les types de carburant autres que l'essence. Des informations supplémentaires sur l'hypothèse d'une oxydation à 100 pour cent sont incluses à la Section 1.4.2.1 de l'introduction du Volume Energie.

comme élément pour information et non inclus dans les totaux sectoriels ou nationaux pour éviter un double comptage étant donné que les émissions nettes imputables à la biomasse sont déjà prises en compte dans le secteur AFAT (voir Section 3.2.1.4 Exhaustivité).

L'approche de Niveau 2 est identique à l'approche de Niveau 1 excepté que des teneurs en carbone spécifiques au pays du carburant vendu dans le transport routier sont utilisées. L'Équation 3.2.1 s'applique toujours mais le facteur d'émission est basé sur la teneur réelle du carbone des carburants consommés (représentés par les carburants vendus) dans le pays durant l'année de l'inventaire. Au niveau 2, les facteurs d'émission du CO₂ peuvent être ajustés pour tenir compte du carbone non oxydé ou du carbone émis comme gaz autre que le CO₂.

Il n'y a pas de méthode de Niveau 3 étant donné qu'il n'est pas possible de produire de résultats nettement meilleurs pour le CO₂ autrement qu'avec la méthode de Niveau 2. Afin de réduire les incertitudes, il faut concentrer les efforts sur la teneur en carbone et l'amélioration des données sur les carburants vendus. Un autre composant important de l'incertitude est l'utilisation des carburants liés au transport à des fins autres que la route.

ÉMISSIONS DE CO₂ IMPUTABLES AUX CATALYSEURS A URÉE

Pour estimer les émissions de CO₂ imputables aux additifs à base d'urée des convertisseurs catalytiques (émissions non combustives), les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser l'Équation 3.2.2 :

ÉQUATION 3.2.2 ÉMISSIONS DE CO₂ DES CONVERTISSEURS CATALYTIQUES A UREE

$$Emission = Activité \cdot \frac{12}{60} \cdot Pureté \cdot \frac{44}{12}$$

Où :

- Émissions = Émissions de CO₂ imputables aux additifs à base d'urée des convertisseurs catalytiques (Gg CO₂)
- Activité = quantité d'additifs à base d'urée consommés dans les convertisseurs catalytiques (Gg)
- Pureté = la fraction de masse (= pourcentage divisé par 100) d'urée dans les additifs à base d'urée

Le facteur (12/60) capture la conversion stœchiométrique de l'urée (CO(NH₂)₂) en carbone, alors que le facteur (44/12) convertit le carbone en CO₂. En moyenne, le niveau d'activité est de 1 à 3 pour cent de la consommation de diesel du véhicule. 32,5 pour cent peut être considéré comme la pureté par défaut au cas où des valeurs spécifiques au pays ne sont pas disponibles (Peckham, 2003). Étant donné que ceci est basé sur les propriétés des matériaux utilisés, il n'y a pas de niveaux pour cette source.

ÉMISSIONS DE CH₄ ET DE N₂O

Les émissions de CH₄ et de N₂O sont plus difficiles à estimer avec précision que les émissions de CO₂ car les facteurs d'émission dépendent de la technologie automobile, des caractéristiques du carburant et de fonctionnement. Les données basées sur la distance (véhicules-kilomètres parcourus, par exemple) et la consommation de carburant désagrégée peuvent être bien moins certaine que celles sur la consommation totale de carburant.

Les émissions de CH₄ et de N₂O dépendent principalement de la distribution des technologies de contrôle d'émissions dans les parcs de véhicules. C'est pourquoi les niveaux supérieurs utilisent une approche tenant compte des populations de différents types de véhicule et leurs différentes technologies de contrôle de la pollution.

Bien que les émissions de CO₂ imputables au carbone biogénique ne soient pas incluses dans les totaux nationaux, la combustion des biocarburants dans les sources mobiles produit du CH₄ et du N₂O anthropique qui doivent être calculés et rapportés dans les estimations des émissions.

Le diagramme décisionnel à la Figure 3.2.3 présente le choix de la méthode pour calculer les émissions de CH₄ et de N₂O. L'organisme chargé de l'inventaire doit choisir la méthode sur base de l'existence et de la qualité des données. Les niveaux sont définis dans les équations correspondantes 3.2.3 à 3.2.5 ci-dessous.

Trois approches peuvent être utilisées pour estimer les émissions de CH₄ et de N₂O imputables aux véhicules routiers : la première est basée sur les véhicules-kilomètres parcourus et les deux autres sont basées sur la consommation de carburant. L'approche de Niveau 3 nécessite des données détaillées et spécifiques au pays pour produire des facteurs d'émission basés sur l'activité pour les sous-catégories de véhicule et peut impliquer des modèles nationaux. La méthode de Niveau 3 calcule les émissions en multipliant les facteurs d'émission par les niveaux d'activité du véhicule (véhicules-kilomètres parcourus, par exemple) pour chaque sous-catégorie de véhicule et le type de route possible. Les sous-catégories de véhicule sont basées sur le type et l'âge du véhicule, et la technologie de contrôle d'émissions. L'approche de Niveau 2 utilise des facteurs d'émission basés sur le

carburant spécifiques aux sous-catégories de véhicule. Le niveau 1, qui utilise des facteurs d'émission basés sur le carburant, peut être utilisé s'il n'est pas possible d'estimer la consommation de carburant par type de véhicule.

L'équation pour la méthode de Niveau 1 pour l'estimation du CH₄ et du N₂O des véhicules routier peut être exprimée comme suit :

$$\begin{aligned} & \text{ÉQUATION 3.2.3} \\ & \text{ÉMISSIONS DE NIVEAU 1 DE CH}_4 \text{ ET DE N}_2\text{O} \\ & \text{Emission} = \sum_a [\text{Carburant}_a \cdot \text{FE}_a] \end{aligned}$$

Où :

- Émissions = émissions en kg
- FE_a = facteur d'émission (kg/TJ).
- Carburant_a = carburant consommé, (TJ) (tel que représenté par la quantité de carburant vendue)
- a = type de carburant a (par exemple, diesel, essence, gaz naturel, LPG)

L'équation 3.2.3 pour la méthode de Niveau 1 implique les étapes suivantes :

- Étape 1 : Déterminer la quantité de carburant consommé par type de carburant pour le transport routier en utilisant les données nationales ou, alternativement, les sources de données internationales de l'AIE ou de l'ONU (toutes les valeurs devraient être présentées en térajoules).
- Étape 2 : Pour chaque type de carburant, multiplier la quantité de carburant consommé par les facteurs d'émission par défaut du CH₄ et du N₂O appropriés. Les facteurs d'émission par défaut sont disponibles dans la section suivante, Section 3.2.1.2 (Facteurs d'émission).
- Étape 3 : Les émissions de chaque polluant sont résumées pour tous les types de carburant.

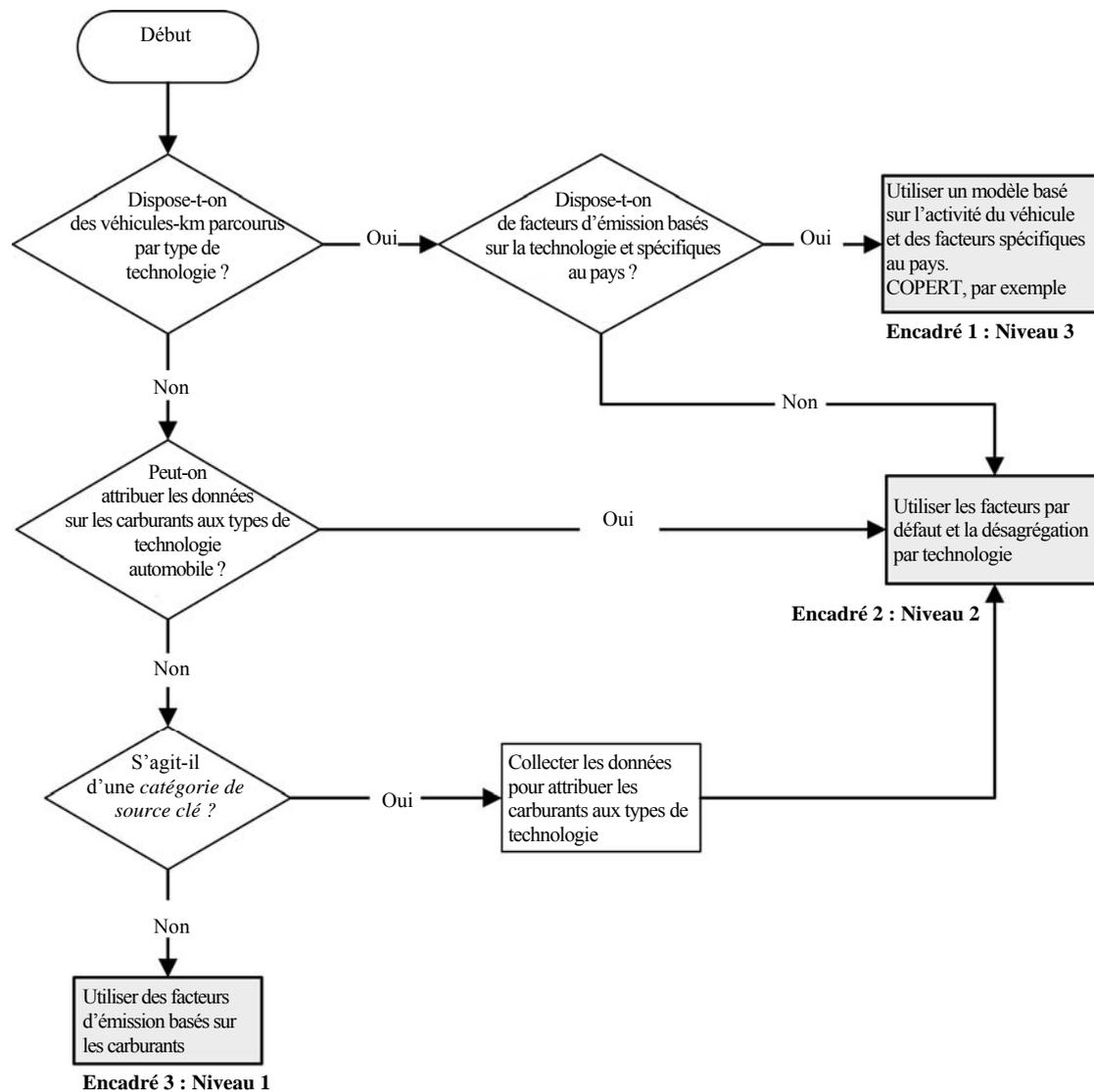
L'équation des émissions pour le Niveau 2 est :

$$\begin{aligned} & \text{ÉQUATION 3.2.4} \\ & \text{ÉMISSIONS DE NIVEAU 2 DE CH}_4 \text{ ET DE N}_2\text{O} \\ & \text{Emission} = \sum_{a,b,c} [\text{Carburant}_{a,b,c} \cdot \text{FE}_{a,b,c}] \end{aligned}$$

Où :

- Émission = émission en kg
- FE_{a,b,c} = facteur d'émission (kg/TJ).
- Carburant_{a,b,c} = carburant consommé (TJ) (tel que représenté par la quantité de carburant vendue) pour une activité de source mobile donnée
- a = type de carburant (par exemple, diesel, essence, gaz naturel, LPG)
- b = type de véhicule
- c = technologie de contrôle d'émissions (par exemple, non contrôlé, convertisseur catalytique, etc.)

Figure 3.2.3 Diagramme décisionnel pour estimer les émissions de CH₄ et N₂O imputables aux véhicules routiers



Notes :

1. Voir le Chapitre 4 du Volume 1, « Choix méthodologique et catégories de source clés » (dont la Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour des informations sur les *catégories de source clés* et l'utilisation des diagrammes décisionnels.

Le diagramme décisionnel et la détermination des *catégories de sources clés* devraient être appliqués aux émissions de méthane et d'oxyde nitreux séparément.

Le type de véhicule devrait suivre la classification de présentation 1.A.3.b (i à iv) (c'est-à-dire automobiles, véhicules utilitaires légers ou lourds, motos) et, de préférence, être également répartis par âge (jusqu'à 3 ans, de 3 à 8 ans et plus de 8 ans, par exemple) pour permettre de classer les véhicules par technologie de contrôle (en inférant l'adoption d'une technologie en fonction de l'année de mise en œuvre de la politique, par exemple). Si possible, les carburants devraient être répartis selon leur teneur en soufre pour permettre de classer les catégories de véhicules selon le système de contrôle des émissions. En effet, le fonctionnement du système de contrôle des émissions dépend de l'utilisation de carburant à faible teneur en soufre durant toute la durée de vie du système³. Sans tenir compte de cet aspect, le CH₄ peut être sous-estimé. Ceci s'applique aux Niveaux 2 et 3.

L'équation des émissions pour le Niveau 3 est :

ÉQUATION 3.2.5
ÉMISSIONS DE NIVEAU 3 DE CH₄ ET DE N₂O

$$Emission = \sum_{a,b,c,d} [Distance_{a,b,c,d} \cdot FE_{a,b,c,d}] + \sum_{a,b,c,d} C_{a,b,c,d}$$

Où :

- Émission = émission de CH₄ ou N₂O (kg)
- FE_{a,b,c,d} = facteur d'émission (kg/km)
- Distance_{a,b,c,d} = distance parcourue durant la phase de fonctionnement du moteur thermostabilisé pour une activité de source mobile donnée (km)
- C_{a,b,c,d} = émissions durant la phase de réchauffage (démarrage à froid du moteur) (kg)
- a = type de carburant (par exemple, diesel, essence, gaz naturel, LPG)
- b = type de véhicule
- c = technologie de contrôle d'émissions (par exemple, non contrôlé, convertisseur catalytique, etc.)
- d = conditions de fonctionnement (par exemple, type de route urbaine ou rurale, climat ou autres facteurs environnementaux)

Il peut ne pas être possible de faire une distinction par type de route auquel cas ceci peut être ignoré. Des modèles d'émissions tels qu'USEPA MOVES ou MOBILE, ou le modèle COPERT de l'AEE seront souvent utilisés (respectivement USEPA 2005a, USEPA 2005b, AEE 2005). Ceux-ci incluent des modèles détaillés de parc automobile qui permettent d'examiner une variété de types de véhicule et de technologies de contrôle ainsi que des modèles de parc automobile pour estimer les véhicules-kilomètres parcourus par ces types de véhicule. Des modèles d'émissions peuvent aider à assurer la cohérence et la transparence car les procédures de calcul peuvent être fixées dans des progiciels qui peuvent être utilisés. Les *bonnes pratiques* recommandent de clairement documenter toute modification aux modèles normalisés.

Des émissions supplémentaires se produisent lorsque les moteurs sont froids, ce qui peut contribuer de manière importante aux émissions totales imputables aux véhicules routiers. Celles-ci devraient être incluses dans les modèles de Niveau 3. Les émissions totales sont calculées en additionnant les émissions qui se produisent lors des différentes phases, à savoir la phase de fonctionnement du moteur thermostabilisé (chaud) et la phase de réchauffage (démarrage à froid du moteur) – Éq 3.2.5 ci-dessus. Le démarrage à froid du moteur est le démarrage du moteur à une température inférieure à celle du catalyseur au démarrage (seuil d'allumage, environ 300°C) ou, pour les véhicules non équipés de catalyseur, avant que le moteur n'atteigne sa température normale de fonctionnement. Ceux-ci ont des émissions de CH₄ (et CO et HC) plus élevées. Des études ont montré que la durée moyenne approximative du mode de démarrage à froid du moteur est 180-240 secondes. Les facteurs d'émission du démarrage à froid devraient dès lors n'être appliqués que pour cette fraction initiale du trajet d'un véhicule (jusqu'à environ 3 km) suite à quoi les facteurs d'émission de roulement devraient être appliqués. Veuillez vous référer à USEPA (2004b) et AEE (2005a) pour davantage de détails. Les émissions liées au démarrage à froid peuvent être quantifiées de différentes manières. Le Tableau 3.2.3 (USEPA 2004b) donne des

³ Ceci s'applique particulièrement aux pays où des carburants avec différentes teneurs en soufre sont vendus (diesel « métropolitain », par exemple). Certains systèmes de contrôle (convertisseurs catalytiques à échappement diesel, par exemple) requièrent des carburants à teneur en soufre très faible (diesel avec 50 ppm ou moins) pour fonctionner. Des niveaux de soufre plus élevés détériorent de tels systèmes, augmentant les émissions de CH₄ ainsi que les oxydes d'azote, les particules et les hydrocarbures. Les catalyseurs détériorés ne convertissent pas de manière efficace les oxydes d'azote en N₂, ce qui peut causer des variations du taux d'émission de N₂O. Ceci peut également être dû à une alimentation incorrecte et irrégulière en carburant avec une teneur élevée en soufre.

émissions additionnelles par démarrage. Celles-ci sont ajoutées aux émissions en marche et nécessitent donc de connaître le nombre de démarrages par véhicule par an⁴. Ceci peut être obtenu sur base de la connaissance de la longueur moyenne du trajet. Le modèle européen COPERT propose des corrections liées à la température plus complexes pour le démarrage à froid (AEE 2000) pour le méthane.

Les Équations 3.2.4 et 3.2.5 pour les méthodes de Niveau 2 et de Niveau 3 impliquent les étapes suivantes :

- Étape 1 : Obtenir ou estimer la quantité de carburant consommée par type de carburant pour le transport routier à l'aide de données nationales (toutes les valeurs devraient être rapportées en térajoules ; veuillez également consulter la Section 3.2.1.3.)
- Étape 2 : S'assurer que les données sur le carburant ou les kilomètres-véhicules parcourus sont répartis selon les catégories de véhicule et de carburant requises. Il convient de tenir compte du fait que, généralement, les émissions et la distance parcourue chaque année varient selon l'âge du véhicule ; les véhicules plus âgés ayant tendance à voyager moins mais pouvant émettre davantage de CH₄ par unité d'activité. Certains véhicules peuvent avoir été convertis pour fonctionner avec un type de carburant autre que celui prévu d'origine.
- Étape 3 : Multiplier la quantité de carburant consommé (Niveau 2), ou la distance parcourue (Niveau 3) par chaque type de véhicule ou de technologie de contrôle/véhicule, par le facteur d'émission approprié pour celui-ci. Les facteurs d'émission présentés dans la base de données EFDB ou les Tableaux 3.2.3 à 3.2.5 peuvent être utilisés comme point de départ. Cependant, l'organisme chargé de l'inventaire est encouragé à consulter d'autres sources de données présentées dans le présent chapitre ou des données disponibles localement avant de déterminer les facteurs d'émission nationaux appropriés pour une sous-catégorie spécifique. Des programmes établis d'inspection et de maintenance peuvent être une bonne source de données locale.
- Étape 4 : Pour les approches de Niveau 3, estimer les émissions liées au démarrage à froid.
- Étape 5 : Additionner les émissions pour tous les types de carburant et de véhicule, y compris pour tous les niveaux de contrôle des émissions, pour déterminer les émissions totales imputables au transport routier.

3.2.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Les organismes chargés des inventaires doivent choisir des facteurs d'émission par défaut (Niveau 1) ou spécifiques au pays (Niveau 2 et Niveau 3) sur base de l'application des diagrammes décisionnels qui examinent le type et le niveau de désagrégation des données sur les activités disponibles pour leur pays.

ÉMISSIONS DE CO₂

Les facteurs d'émission du CO₂ se basent sur la teneur en carbone du carburant et devraient représenter une oxydation à 100 pour cent du carbone du carburant. Les *bonnes pratiques* recommandent de suivre cette approche en utilisant des pouvoirs calorifiques nets (PCN) spécifiques au pays et des données sur les facteurs d'émission du CO₂ si possible. Les PCN par défaut des carburants et les facteurs d'émission du CO₂ (Tableau 3.2.1 ci-dessous) sont présentés aux Tableaux 1.2 et 1.4, respectivement, de l'Introduction du présent volume et peuvent être utilisés lorsque des données spécifiques au pays ne sont pas disponibles. Les organismes chargés des inventaires sont encouragés à consulter la base de données des facteurs d'émission (EFBD) du GIEC (voir Volume 1) pour des facteurs d'émission applicables. Les *bonnes pratiques* recommandent d'assurer que les facteurs d'émission par défaut, s'ils sont sélectionnés, sont appropriés par rapport à la qualité et à la composition du carburant local.

⁴ Cette méthode simple qui consiste à ajouter le démarrage à froid aux émissions liées à la marche du véhicule (= nombre de démarrages • facteur lié au démarrage à froid) suppose que chaque trajet est plus long que 4 km.

TABLEAU 3.2.1			
FACTEURS D'ÉMISSION PAR DÉFAUT DU CO₂ ET PLAGES D'INCERTITUDE POUR LE TRANSPORT ROUTIER			
Type de carburant	Valeur par défaut (kg/TJ)	Limite inférieure	Limite supérieure
Essence automobile	69 300	67 500	73 000
Gasoil / Diesel	74 100	72 600	74 800
Gaz de pétrole liquéfiés	63 100	61 600	65 600
Kérosène	71 900	70 800	73 700
Lubrifiants ^b	73 300	71 900	75 200
Gaz naturel pour véhicules	56 100	54 300	58 300
Gaz naturel liquéfié	56 100	54 300	58 300
Source : Tableau 1.4 du chapitre Introduction du Volume Énergie.			
Notes :			
^a Les valeurs représentent une oxydation à 100 pour cent de la teneur en carbone du carburant.			
^b Voir Encadré 3.2.4 Lubrifiants dans la combustion mobile pour des recommandations sur l'utilisation des lubrifiants.			

Au Niveau 1, les facteurs d'émission devraient supposer que 100 pour cent du carbone présent dans le carburant est oxydé durant ou immédiatement après le procédé de combustion (pour tous les types de carburant dans tous les véhicules) que le CO₂ ait été émis comme CO₂, CH₄, CO ou COVNM ou comme particules. Aux niveaux plus élevés, les facteurs d'émission du CO₂ peuvent être ajustés pour tenir compte du carbone non oxydé ou du carbone émis comme gaz autre que le CO₂.

ÉMISSIONS DE CO₂ IMPUTABLES AUX BIOCARBURANTS

L'utilisation de biocarburants liquides et gazeux a été observée dans des applications de combustion mobile (voir Encadré 3.2.1). Afin d'aborder correctement les émissions associées imputables à la combustion de biocarburants dans le transport routier, des facteurs d'émission spécifiques aux biocarburants devraient être utilisés, lorsque des données sur les activités liées à l'utilisation de biocarburant sont disponibles. Les émissions de CO₂ imputables à la combustion du carbone biogénique de ces carburants sont abordées dans le secteur AFAT et devraient être rapportées séparément comme éléments pour information. Pour éviter le double comptage, l'organisme chargé de l'inventaire devrait déterminer les proportions de carbone fossile et de carbone biogénique présentes dans chaque mélange de carburant disponible dans le commerce et devant dès lors être inclus dans l'inventaire.

Il existe un certain nombre d'options différentes pour l'utilisation de biocarburants liquides et gazeux dans la combustion mobile (voir Tableau 1.1 de l'Introduction du présent volume pour les définitions des biocarburants). Certains biocarburants sont très commercialisés dans certains pays avec des politiques spécifiques. Les biocarburants peuvent soit être utilisés comme carburant pur, soit être utilisés comme additifs ajoutés aux carburants fossiles commerciaux classiques. Cette seconde approche permet généralement d'éviter de modifier les moteurs ou de re-certifier les moteurs existants pour de nouveaux carburants.

Afin d'éviter le double comptage, une surestimation ou une sous-estimation des émissions de CO₂, il est important d'évaluer l'origine du biocarburant afin d'identifier et de séparer les intermédiaires fossiles des intermédiaires biogéniques⁵. En effet, les émissions de CO₂ imputables aux biocarburants seront rapportées séparément comme éléments pour information pour éviter le double comptage étant donné qu'elles sont déjà présentées dans le volume AFAT. La part de carbone biogénique dans le carburant peut être prise en compte soit en affinant les données sur les activités (en soustrayant la quantité d'entrées non fossiles du biocarburant brûlé

⁵ Par exemple, le biodiesel fabriqué à base de méthane de charbon avec des intermédiaires animaux a une fraction de carburant fossile non nulle et n'est dès lors pas totalement carbone neutre. L'éthanol imputable à la fermentation des produits agricoles sera généralement purement biogénique (carbone neutre), excepté dans quelques cas comme le méthanol obtenu de carburants fossiles. Les produits qui ont subi une transformation chimique supplémentaire peuvent contenir des quantités substantielles de carbone fossile de l'ordre d'environ 5 à 10 pour cent dans le méthanol fossile utilisé pour la production de biodiesel jusqu'à 46 pour cent dans l'oxyde de t-butyle et de méthyle de l'isobutylène fossile (ADEME/DIREM, 2002). Certains procédés peuvent produire des sous-produits biogéniques tels que le glycol ou la glycérine, qui peuvent ensuite être utilisés ailleurs.

ou du mélange de biocarburant, par exemple) ou les facteurs d'émission (en multipliant le facteur d'émission du carburant fossile par sa fraction dans le biocarburant brûlé ou le mélange de biocarburant, pour obtenir un nouveau facteur d'émission, par exemple), mais pas les deux simultanément. Si la consommation nationale de ces carburants est commercialement importante, les courants de carbone biogénique et fossile doivent être correctement pris en compte pour éviter le double comptage avec les procédés de raffinage et pétrochimiques ou le secteur des déchets (possibilité de double comptage ou d'omission, par exemple, des gaz de décharge ou des huiles de cuisson résiduelles comme biocarburant). Il convient d'éviter le double comptage ou l'omission des gaz de décharge des huiles de cuisson résiduelles utilisées comme biocarburant.

ÉMISSIONS DE CH₄ ET DE N₂O

Les taux d'émission de CH₄ et de N₂O dépendent principalement de la combustion et des technologies de contrôle des émissions présentes dans les véhicules. C'est pourquoi les facteurs d'émission par défaut basés sur le carburant qui ne spécifient pas la technologie du véhicule présentent une incertitude élevée. Même si les données nationales sur les distances parcourues par type de véhicule ne sont pas disponibles, les organismes chargés des inventaires sont invités à utiliser des facteurs d'émission de niveau supérieur et de calculer les données relatives aux distances parcourues sur base des données sur l'utilisation du carburant pour le transport routier national et une valeur d'économie de carburant présumée (voir 3.2.1.3 Choix des données sur les activités).

Si les émissions de CH₄ et de N₂O imputables aux sources mobiles ne sont pas des *catégories de source clés*, les facteurs d'émissions par défaut de CH₄ et de N₂O présentés au Tableau 3.2.2 peuvent être utilisés lorsque les données nationales ne sont pas disponibles. Lors de l'utilisation de ces valeurs par défaut, les organismes chargés des inventaires devraient indiquer les valeurs d'économie de carburant présumées qui ont été utilisées pour les conversions des unités et les catégories de véhicule représentatives utilisées comme base des facteurs par défaut (voir les notes en bas de tableau pour des hypothèses spécifiques).

Les *bonnes pratiques* recommandent d'assurer que les facteurs d'émission par défaut, s'ils ont été choisis, représentent le mieux la qualité/composition du carburant local et la technologie de contrôle des émissions ou de combustion. Si les biocarburants sont inclus dans les estimations sur l'utilisation des carburants dans le transport routier national, des facteurs d'émission spécifiques aux biocarburants devraient être utilisés et les émissions associées de CH₄ et de N₂O devraient être incluses dans les totaux nationaux.

Étant donné que les taux d'émission de CH₄ et de N₂O dépendent très fort de la technologie de contrôle des émissions et de la combustion présente, des facteurs d'émission spécifiques à la technologie devraient être utilisés, si les émissions de CH₄ et de N₂O imputables aux sources mobiles sont des *catégories de source clés*. Les Tableaux 3.2.3 et 3.2.5 donnent des facteurs d'émission de Niveau 2 et de Niveau 3 potentiellement applicables obtenus, respectivement, sur base de données américaines et européennes. En outre, les États-Unis ont développé des facteurs d'émission pour certains véhicules utilisant des carburants de remplacement (Tableau 3.2.4). La base de données EFDB du GIEC et la littérature scientifique peuvent également fournir des facteurs d'émission (ou des modèles normalisés d'estimation des émissions) que les organismes chargés des inventaires peuvent utiliser, s'ils sont pertinents dans le contexte national.

ENCADRE 3.2.1

EXEMPLES D'UTILISATION DE BIOCARBURANT DANS LE TRANSPORT ROUTIER

Des exemples de l'utilisation de biocarburant dans le transport routier sont indiqués ci-après :

- L'éthanol est généralement produit par fermentation de la canne à sucre, des betteraves, des céréales, du maïs ou des pommes de terre. Il peut être utilisé sec (100 pour cent, Brésil) ou mélangé à de l'essence en quantités différentes (5 à 12 pour cent en Europe et en Amérique du Nord, 10 pour cent en Inde, ou 25 pour cent au Brésil). La portion biogénique de l'éthanol pur est 100 pour cent.
- Le biodiesel est un carburant fabriqué par transestérification d'huiles végétales (navettes, soya, moutarde, tournesol, par exemple), de graisses animales ou d'huiles de cuisson recyclées. Il est non toxique, biodégradable et principalement sans soufre et peut être utilisé dans tout moteur diesel soit sous sa forme pure (B100 ou Biodiesel pur) ou mélangé avec du diesel de pétrole (B2 et B20, qui contiennent 2 et 20 pour cent de biodiesel par volume). Le B100 peut contenir 10 pour cent du carbone fossile du méthanol (fabriqué à partir du gaz naturel) utilisé dans le procédé d'estérification.
- L'oxyde de t-butyle et de méthyle est utilisé comme composant riche en octane de l'essence (teneur jusqu'à 15% dans les mélanges en France et en Espagne). La source la plus commune est l'éthérisation de l'éthanol produit par fermentation de la canne à sucre, des céréales et des pommes de terre avec de l'isobutylène fossile.
- La biomasse gazeuse (gaz des décharges, gaz d'eaux résiduaires et autres biogaz) produite par la digestion anaérobie de matières organiques est occasionnellement utilisée dans certains pays européens (Suède et Suisse, par exemple). Les gaz des décharges et les gaz d'eaux résiduaires sont actuellement des sources courantes de biomasse gazeuse.

D'autres biocarburants commerciaux futurs possibles pour utilisation dans la combustion mobile incluent ceux qui proviennent de la biomasse lignocellulosique. Les intermédiaires lignocellulosiques incluent la paille de céréales, la biomasse ligneuse, la paille de maïs (pousses et tiges séchées) ou des cultures similaires liées à l'énergie. Une série de divers procédés d'extraction et de transformation permet de produire des carburants biogéniques supplémentaires (méthanol, oxyde de méthyle et tétrahydrofurane de méthyle).

Les *bonnes pratiques* recommandent de sélectionner ou de développer un facteur d'émission basé sur tous les critères suivants :

- Le type de carburant (par exemple, essence, diesel, gaz naturel) en examinant, si possible, la composition du carburant (des études ont montré que diminuer le niveau de soufre du carburant permet d'obtenir des réductions importantes des émissions de N₂O⁶)
- Le type de véhicule (c'est-à-dire automobiles, véhicules utilitaires légers, véhicules utilitaires lourds et motocycles)
- La technologie de contrôle des émissions compte tenu de la présence et de la performance (en fonction de l'âge, par exemple) des convertisseurs catalytiques (les convertisseurs catalytiques typiques convertissent les oxydes d'azote en N₂ et le CH₄ en CO₂, par exemple). Díaz *et al* (2001) présentent une efficacité de conversion du catalyseur pour le total des hydrocarbures (THC), dont le CH₄ est un composant, de 92 (+/- 6) % pour un parc automobile de 1993-1995. Une détérioration importante des catalyseurs avec une accumulation de kilométrage relativement élevée ; de manière spécifique, les niveaux d'hydrocarbures totaux sont restés stables jusqu'à environ 60 000 kilomètres, et ont ensuite augmenté de 33 % de 60 000 à 100 000 kilomètres.
- L'impact des conditions de fonctionnement (vitesse, conditions de route et modèle de conduite, par exemple, qui affectent tous l'économie de carburant et la performance du système du véhicule)⁷

⁶ (CCNUCC, 2004).

⁷ Lipman et Delucchi (2002) fournissent des informations et une explication de l'impact des conditions de fonctionnement sur les émissions de CH₄ et N₂O.

- La prise en compte du fait que toute estimation alternative de facteurs d'émission liés au carburant tend à avoir un degré élevé d'incertitude, étant donné le nombre élevé de technologies de moteur et les petites tailles des échantillons associés aux études existantes⁸.

La section qui suit présente une méthode pour développer les facteurs d'émission de CH₄ sur base des valeurs des hydrocarbures totaux. Des programmes d'inspection et de maintenance (I/M) bien menés et documentés peuvent fournir une source de données nationales pour les facteurs d'émission par carburant, modèle et année ainsi que des taux d'accumulation de kilométrage annuels. Bien que certains programmes I/M ne disposent de facteurs d'émission que pour des nouveaux véhicules et des polluants atmosphériques locaux, (quelquefois appelés polluants régulés, NO_x, particules, COVNM, hydrocarbures totaux, par exemple), il peut être possible d'obtenir des facteurs d'émission de CH₄ ou de N₂O à partir de ces données. Un facteur d'émission de CH₄ peut être calculé comme la différence entre les facteurs d'émission pour les hydrocarbures totaux et les COVNM. Dans de nombreux pays, les émissions de CH₄ imputables aux véhicules ne sont pas directement mesurées. Elles sont une fraction des hydrocarbures totaux, plus généralement obtenus à l'aide de mesures en laboratoire. L'USEPA (1997), Borsari (2005) et le CETESB (2004 & 2005) présentent des facteurs de conversion pour rapporter les émissions d'hydrocarbures sous différentes formes. Sur base de ces sources, les rapports suivants entre le CH₄ et les hydrocarbures totaux peuvent être utilisés pour développer des facteurs d'émission de CH₄ sur base de données sur les hydrocarbures totaux spécifiques au pays

- Essence à deux temps : 0,9 pour cent,
- Essence à quatre temps : 10 à 25 pour cent,
- Diesel : 1,6 pour cent,
- LPG : 29,6 pour cent,
- Véhicules au gaz naturel : 88,0 à 95,2 pour cent,
- Essence-alcool E22 : 24,3 à 25,5 pour cent, et
- Éthanol hydraté E100 : 26,0 à 27,2 pour cent.

Certains programmes I/M peuvent collecter des données sur les vapeurs de carburant, qui peuvent être considérées comme identiques aux COVNM.¹⁰ Des études récentes et actuelles ont examiné le rapport entre les émissions de N₂O et de NO_x. Ces études peuvent donner des données utiles¹¹.

Des affinages plus poussés des facteurs peuvent être réalisés si des données locales supplémentaires (vitesse de conduite moyenne, climat, altitude, dispositifs de contrôle de la pollution ou conditions de route, par exemple) sont disponibles. Ceux-ci peuvent avoir lieu en ajustant les facteurs d'émission pour refléter le contexte national en multipliant par un facteur d'ajustement (congestion du trafic ou chargement important, par exemple). Des facteurs d'émission pour le CH₄ et le N₂O sont établis non seulement durant un test de conduite de conformité représentatif, mais également testés spécifiquement dans des conditions de marche et des conditions de démarrage à froid. Par conséquent, des données sur les modèles de conduite d'un pays (basés sur le rapport entre les démarrages et les distances parcourues) peuvent être utilisées pour ajuster les facteurs d'émission pour le CH₄ et le N₂O. Bien qu'il ait été montré que la température ambiante a un impact sur les polluants atmosphériques locaux, peu d'études ont été réalisées sur les effets de la température sur le CH₄ et le N₂O (USEPA 2004b). Voir Encadré 3.2.2 pour des informations sur l'affinage des facteurs d'émission pour les sources mobiles dans les pays en développement.

⁸ On peut trouver des références utiles sur les biocarburants dans Beer *et al* (2000), CONCAWE (2002).

⁹ Gamas *et. al.* (1999) et Díaz, *et.al* (2001) présentent des données mesurées sur les hydrocarbures totaux pour une série de véhicules d'âge différent et de types de carburant.

¹⁰ GIEC (1997).

¹¹ Pour les véhicules légers à moteur et les voitures particulières, les rapports N₂O/NO_x obtenus sont de l'ordre d'environ 0,10-0,25 (Lipmann et Delucchi, 2002 et Behrentz, 2003).

ENCADRE 3.2.2**AFFINAGE DES FACTEURS D'EMISSION POUR LES SOURCES MOBILES DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT**

Dans certains pays en développement, les taux d'émission estimés par kilomètre parcouru peuvent devoir être modifiés pour s'adapter au contexte national, qui peut inclure :

- Changements de technologie – Dans de nombreux cas, étant donné les altérations des systèmes de contrôle des émissions, l'adultération des carburants ou simplement l'âge du véhicule, certains véhicules peuvent fonctionner sans un convertisseur catalytique en état de marche. Par conséquent, les émissions de N₂O peuvent être faibles et celles de CH₄ peuvent être élevées lorsque les convertisseurs catalytiques ne sont pas présents ou ne fonctionnent pas correctement. Diaz *et al* (2001) donnent des informations sur les valeurs d'hydrocarbures totaux (HCT) pour Mexico City et sur l'efficacité du convertisseur catalytique en fonction de l'âge et du kilométrage. Le présent chapitre présente également des recommandations sur le développement de facteurs de CH₄ sur base des données de HCT.
- Chargement du moteur – étant donné la densité du trafic ou la topographie difficile, le nombre d'accélération et de décélération d'un véhicule local peut être beaucoup plus important que pour un voyage équivalent dans des pays où les facteurs d'émission ont été développés. Ceci se produit lorsque ces pays ont un réseau routier et un réseau de contrôle du trafic bien développés. Un chargement du moteur accru peut corrélérer avec des émissions de CH₄ et de N₂O plus élevées.
- Composition du carburant – Un carburant de mauvaise qualité et une teneur en soufre élevée ou fluctuante peut affecter négativement la performance des moteurs et l'efficacité de conversion des dispositifs de contrôle des émissions post-combustion tels les convertisseurs catalytiques. Par exemple, on a montré que les taux d'émission de N₂O augmentent avec la teneur en soufre des carburants (CCNUCC, 2004). Les effets de la teneur en soufre sur les émissions de CH₄ ne sont pas connus. Les données liées à la raffinerie peuvent indiquer les quantités de production à l'échelle nationale.

La Section 3.2.2, Évaluation des incertitudes, présente des informations permettant de développer des estimations des incertitudes pour les facteurs d'émission pour le transport routier.

On trouve plus d'informations sur les facteurs d'émission pour les pays en développement dans Mitra *et al.* (2004).

TABLEAU 3.2.2
FACTEURS D'ÉMISSION PAR DÉFAUT ET PLAGES D'INCERTITUDE POUR LE N₂O ET LE CH₄ POUR LE TRANSPORT ROUTIER ^(A)

Type de carburant/catégorie représentative de véhicule	CH ₄ (kg/TJ)			N ₂ O (kg/TJ)		
	Valeur par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure	Valeur par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure
Essence automobile – non contrôlé ^(b)	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Essence automobile –Catalyseur à oxydation ^(c)	25	7,5	86	8,0	2,6	24
Essence automobile – véhicule utilitaire léger à faible kilométrage de 1995 ou plus tard ^(d)	3,8	1,1	13	5,7	1,9	17
Gasol/Diesel ^(e)	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Gaz naturel ^(f)	92	50	1 540	3	1	77
Gaz de pétrole liquéfiés ^(g)	62	na	na	0,2	na	na
Éthanol, camions, États-Unis ^(h)	260	77	880	41	13	123
Éthanol, voitures, Brésil ⁽ⁱ⁾	18	13	84	na	na	na

Sources : USEPA (2004b), AEE (2005a), TNO (2003) et Borsari (2005), CETESB (2004 & 2005) avec les hypothèses données ci-dessous. Les plages d'incertitude sont obtenues à partir de données de Lipman et Delucchi (2002), excepté pour l'éthanol dans les voitures.

(a) À l'exception des voitures LPG ou à éthanol, les valeurs par défaut sont obtenues des sources indiquées en utilisant les valeurs des pouvoirs calorifiques nets rapportées dans l'Introduction du Volume Énergie ; des valeurs de densité rapportées par l'Agence gouvernementale américaine d'information sur l'énergie ; et les valeurs de consommation de carburant représentatives présumées suivantes : 10 km/l pour les véhicules à essence automobile; 5 km/l pour les véhicules diesel; 9 km/l pour les véhicules au gaz naturel (présupposés identiques aux véhicules à essence); 9 km/l pour les véhicules à éthanol. Si des valeurs d'économie de carburant représentatives actuelles sont disponibles, il est recommandé de les utiliser avec les données totales sur l'utilisation du carburant pour estimer les données sur la distance totale parcourue, qui devront ensuite être multipliées par les facteurs d'émission de Niveau 2 pour le N₂O et le CH₄.

La valeur par défaut non contrôlée des essences automobile est basée sur la valeur pour un véhicule utilitaire léger à essence aux États-Unis (voiture) de l'USEPA (2004b) – non contrôlé, converti en utilisant les valeurs et les hypothèses décrites dans les notes au tableau (a). Si les motocycles représentent une partie importante de l'ensemble des véhicules à l'échelle nationale, l'organisme chargé de l'inventaire doit ajuster le facteur d'émission par défaut donné vers le bas.

(c) Essence moteur – la valeur par défaut du catalyseur d'oxydation du véhicule utilitaire léger est basée sur la valeur de l'USEPA (2004b) pour un véhicule utilitaire léger à essence aux États-Unis – Catalyseur d'oxydation, converti en utilisant les valeurs et les hypothèses décrites dans les notes au tableau (a). Si les motocycles représentent une partie importante de l'ensemble des véhicules à l'échelle nationale, l'organisme chargé de l'inventaire doit ajuster le facteur d'émission par défaut donné vers le bas.

Essence moteur – la valeur par défaut du véhicule utilitaire léger de 1995 ou plus tard est basée sur la valeur de l'USEPA (2004b) pour un véhicule utilitaire léger à essence aux États-Unis – Niveau 1, converti en utilisant les valeurs et les hypothèses décrites dans les notes au tableau (a). Si les motocycles représentent une partie importante de l'ensemble des véhicules à l'échelle nationale, l'organisme chargé de l'inventaire doit ajuster le facteur d'émission par défaut donné vers le bas.

La valeur par défaut du diesel est basée sur la valeur de l'AEE (2005a) pour un camion utilitaire lourd diesel européen, converti en utilisant les valeurs et les hypothèses décrites dans les notes au tableau (a).

(f) Les valeurs par défaut et inférieures pour le gaz naturel se sont basées sur une étude de TNO (2003), menée en utilisant des véhicules européens et des cycles de test aux Pays-Bas. Les incertitudes sont élevées pour N₂O. L'USEPA (2004b) a une valeur par défaut de 350 kg CH₄/TJ et de 28 kg N₂O/TJ pour une voiture américaine au gaz naturel pour véhicule (GNV), convertie en utilisant les valeurs et les hypothèses décrites dans les notes au tableau (a). Les limites supérieures et inférieures proviennent également de l'USEPA (2004b)

(g) La valeur par défaut pour les émissions de méthane imputables au LPG, étant donné le pouvoir énergétique faible de 50 MJ/kg et les 3,1 g CH₄/kg que le LPG a obtenu de TNO (2003). Les plages d'incertitude ne sont pas fournies.

(h) La valeur par défaut de l'éthanol est basée sur la valeur USEPA (2004b) pour un camion utilitaire lourd éthanol aux États-Unis, converti en utilisant les valeurs et les hypothèses décrites dans les notes au tableau (a).

(i) Les données ont été obtenues dans des véhicules brésiliens par Borsari (2005) et CETESB (2004 & 2005). Pour les nouveaux modèles 2003, le meilleur cas est : 51,3 kg HCT/TJ carburant et 26,0 pour cent CH₄ dans les HCT. Pour les véhicules de 5 ans : 67 kg HCT/TJ carburant et 27,2 pour cent CH₄ dans les HCT. Pour les véhicules de 10 ans : 308 kg HCT/TJ carburant et 27,2 pour cent CH₄ dans les HCT.

TABLEAU 3.2.3
FACTEURS D'ÉMISSION DE N₂O ET CH₄ POUR LES VÉHICULES A ESSENCE ET DIESEL AUX ÉTATS-UNIS

Type de véhicule	Technologie de contrôle des émissions	N ₂ O		CH ₄	
		Marche (chaud)	Démarrage à froid	Marche (chaud)	Démarrage à froid
		mg/km	mg/démarrage	mg/km	mg/démarrage
Véhicule utilitaire léger à essence (automobile)	Véhicule à faibles émissions	0	90	6	32
	Conv. catalytiques à trois voies avancés	9	113	7	55
	Premiers conv. catalytiques à trois voies	26	92	39	34
	Catalyseur d'oxydation	20	72	82	9
	Catalyseur sans oxydation	8	28	96	59
	Non contrôlé	8	28	101	62
Véhicule utilitaire léger au diesel (automobile)	Avancé	1	0	1	-3
	Modéré	1	0	1	-3
	Non contrôlé	1	-1	1	-3
Camion utilitaire léger à essence	Véhicule à faibles émissions	1	59	7	46
	Conv. catalytiques à trois voies avancés	25	200	14	82
	Premiers conv. catalytiques à trois voies	43	153	39	72
	Catalyseur d'oxydation	26	93	81	99
	Catalyseur sans oxydation	9	32	109	67
	Non contrôlé	9	32	116	71
Camion utilitaire léger au diesel	Avancé et modéré	1	-1	1	-4
	Non contrôlé	1	-1	1	-4
Véhicule utilitaire lourd à essence	Véhicule à faibles émissions	1	120	14	94
	Conv. catalytiques à trois voies avancés	52	409	15	163
	Premiers conv. catalytiques à trois voies	88	313	121	183
	Catalyseur d'oxydation	55	194	111	215
	Catalyseur sans oxydation	20	70	239	147
	Véhicule utilitaire lourd à essence – non contrôlé	21	74	263	162
Véhicule utilitaire lourd au diesel	Avancé, modéré ou non contrôlé	3	-2	4	-11
Motocycles	Catalyseur sans oxydation	3	12	40	24
	Non contrôlé	4	15	53	33

Source : USEPA (2004).

Notes :

^a Ces données ont été arrondies à l'unité entière.

^b Des facteurs d'émission négatifs indiquent qu'un véhicule qui démarre à froid produit moins d'émissions qu'un véhicule qui démarre à chaud ou qui chauffe en roulant.

^c Une base de données de facteurs d'émission dépendant de la technologie basés sur des données européennes est disponible dans l'outil COPERT à l'adresse <http://vergina.eng.auth.gr/mech0/lat/copert/copert.htm>.

^d Étant donné les limites concernant les hydrocarbures totaux en Europe, les émissions de CH₄ des véhicules européens peuvent être plus faibles que les valeurs indiquées pour les États-Unis (Heeb, et. al., 2003)

^e Ces « démarrages à froid » ont été mesurés à une température ambiante de 68°F à 86°F (20°C à 30°C).

TABLEAU 3.2.4		
FACTEURS D'EMISSION POUR DES VEHICULES A CARBURANT ALTERNATIF ()		
Type de véhicule Technologie de contrôle du véhicule	Facteur d'émission de N₂O	Facteur d'émission de CH₄
Véhicules utilitaires légers		
Méthanol	39	9
GNV	27 - 70	215 - 725
LPG	5	24
Éthanol	12 - 47	27 - 45
Véhicules utilitaires lourds		
Méthanol	135	401
GNV	185	5 983
LNG	274	4 261
LPG	93	67
Éthanol	191	1227
Bus		
Méthanol	135	401
GNV	101	7 715
Éthanol	226	1 292
Sources : USEPA 2004c, et Borsari (2005) CETESB (2004 & 2005).		

TABLEAU 3.2.5
FACTEURS D'ÉMISSION POUR LES VÉHICULES EUROPÉENS À ESSENCE ET AU DIESEL (MG/KM), MODELE COPERT IV

Type de véhicule	Carburant	Technologie / classe du véhicule	Facteurs d'émission de N ₂ O (mg/km)				Facteurs d'émission de CH ₄ (mg/km)				
			Urbain		Rural	Autoroute	Urbain		Rural	Autoroute	
			Froid	Chaud			Froid	Chaud			
Véhicule pour passagers	Essence	pre-Euro	10	10	6,5	6,5	201	131	86	41	
		Euro 1	38	22	17	8,0	45	26	16	14	
		Euro 2	24	11	4,5	2,5	94	17	13	11	
		Euro 3	12	3	2,0	1,5	83	3	2	4	
		Euro 4	6	2	0,8	0,7	57	2	2	0	
	Diesel	pre-Euro	0	0	0	0	22	28	12	8	
		Euro 1	0	2	4	4	18	11	9	3	
		Euro 2	3	4	6	6	6	7	3	2	
		Euro 3	15	9	4	4	7	3	0	0	
		Euro 4	15	9	4	4	0	0	0	0	
	LPG	pre-CEE	0	0	0	0	80	35	25		
		Euro 1	38	21	13	8					
		Euro 2	23	13	3	2					
Euro 3 et après		9	5	2	1						
Véhicules utilitaires légers	Essence	pre-Euro	10	10	6,5	6,5	201	131	86	41	
		Euro 1	122	52	52	52	45	26	16	14	
		Euro 2	62	22	22	22	94	17	13	11	
		Euro 3	36	5	5	5	83	3	2	4	
		Euro 4	16	2	2	2	57	2	2	0	
	Diesel	pre-Euro	0	0	0	0	22	28	12	8	
		Euro 1	0	2	4	4	18	11	9	3	
		Euro 2	3	4	6	6	6	7	3	2	
		Euro 3	15	9	4	4	7	3	0	0	
		Euro 4	15	9	4	4	0	0	0	0	
	Camions et bus utilitaires lourds	Essence	Toutes technologies	6		6	6	140		110	70
			GVW<16t	30		30	30	85		23	20
		Diesel	GVW>16t	30		30	30	175		80	70
Bus et autocars urbains			30		30	30	175		80	70	
GNV		pre-Euro 4	n.a				5400				
	Euro 4 et après (y compris EEV)	n.a				900					
Deux-roues à moteur	Essence	<50 cm ³	1	1	1	219		219	219		
		>50 cm ³ 2 temps	2	2	2	150		150	150		
		>50 cm ³ 4 temps	2	2	2	200		200	200		

Notes :

¹ Communication personnelle : Ntziachristos, L., et Samaras, Z., (2005), LAT (2005) et TNO (2002).

² Le facteur d'émission urbain est divisé en froid et chaud pour les voitures pour passagers et les camions utilitaires légers. Le facteur d'émission froid est pertinent pour les trajets qui démarrent avec un moteur à température ambiante. Une attribution typique du kilométrage annuel d'une automobile selon les différents états de marche pourrait être : 0,3/0,1/0,3/0,3 pour le froid urbain, le chaud urbain, le rural et l'autoroute, respectivement.

³ Les facteurs d'émission pour les voitures pour passagers sont également proposés aux véhicules utilitaires légers lorsque des informations plus détaillées n'existent plus.

⁴ La teneur en soufre de l'essence a à la fois un effet cumulatif et immédiat sur les émissions de N₂O. Les facteurs d'émission pour les voitures pour passagers à essence correspondent aux carburants au moment de l'enregistrement des différentes technologies et un parc automobile de kilométrage moyen d'environ 50 000 km.

⁵ Les facteurs d'émission de N₂O et CH₄ des véhicules utilitaires légers et des deux-roues à moteur devraient

également dépendre de la technologie du véhicule. Il n'existe cependant pas d'information expérimentale adéquate pour quantifier cet effet.

⁶ Des facteurs d'émission de N₂O pour les véhicules pour passagers au diesel et au LPG sont proposés par TNO (2002). Une augmentation des émissions de N₂O-diesel alors que la technologie s'améliore peut être assez incertaine mais est également cohérente avec les développements des systèmes après-traitement utilisés dans les moteurs diesel (nouveaux catalyseurs, RCS-DeNO_x).

3.2.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités peuvent être obtenues soit à l'aide de la consommation de carburant ou des véhicules-kilomètres parcourus (VKP). L'utilisation de données pertinentes sur les VKP peut être utilisée pour vérifier les inventaires descendants.

CONSOMMATION DE CARBURANT

Les émissions imputables aux véhicules routiers devraient être attribuées au pays où le carburant est vendu. Aussi les données relatives à la consommation de carburant devraient-elles refléter le carburant vendu dans les territoires du pays. De telles données sur l'énergie sont typiquement disponibles auprès de l'agence nationale de statistiques. En plus des données sur les ventes de carburant collectées au niveau national, les organismes chargés des inventaires devraient collecter des données sur les activités sur d'autres carburants utilisés dans ce pays et dont les distributions moins importantes ne sont pas englobées dans les statistiques nationales (des carburants qui ne sont pas largement consommés, y compris ceux dans des marchés niche tels que le gaz naturel comprimé ou les biocarburants, par exemple). Ces données sont également souvent disponibles auprès de l'agence nationale des statistiques ou elles peuvent être prises en compte dans des procédés distincts de recouvrement des impôts. Pour les méthodes de Niveau 3, les modèles MOBILE ou COPERT peuvent aider à développer des données sur les activités.

Les *bonnes pratiques* recommandent de vérifier, au minimum, les facteurs suivants avant d'utiliser les données sur les ventes de carburant :

- Les données sur les carburants sont-elles liées aux véhicules routiers uniquement ou également aux véhicules hors route ? Des statistiques nationales peuvent présenter le total du carburant lié au transport sans spécifier la quantité de carburant consommée par des activités sur route et hors route. Il est important de s'assurer que les données sur l'utilisation du carburant pour les véhicules routiers excluent le carburant utilisé pour service hors route de véhicules et de machines (Voir Transport hors route, Section 3.3). Les carburants peuvent être taxés différemment selon leur utilisation prévue. Une étude sur les taxes sur le carburant routier permet d'obtenir une indication de la quantité de carburant vendu à des fins d'utilisation sur route. Généralement, le parc automobile routier et les ventes de carburant qui y sont liées sont mieux documentés que les véhicules et les activités hors route. Il faut considérer ce facteur lors de l'estimation des émissions.
- L'utilisation de carburant à des fins agricoles est-elle incluse ? Une telle utilisation pourra être en partie stationnaire et en partie pour des sources mobiles. Cependant, une grande partie sera une utilisation pour service hors route et ne devrait pas être incluse ici.
- Le carburant vendu pour le transport sera-t-il utilisé à d'autres fins (comme carburant pour une chaudière stationnaire, par exemple), ou vice versa ? Par exemple, dans les pays où le kérosène est subsidié pour diminuer son prix pour le chauffage résidentiel et la cuisine, les statistiques nationales peuvent attribuer la consommation de kérosène associée au secteur résidentiel même si des quantités importantes de kérosène peuvent avoir été mélangées et consommées avec des carburants pour le transport.
- Comment les biocarburants sont-ils pris en compte ?
- Comment les carburants mélangés sont-ils présentés et pris en compte ? La prise en compte de mélanges officiels (ajout de 25 % d'éthanol dans l'essence, par exemple) dans les données sur les activités est évidente. Cependant, si l'adultération ou l'altération de carburant (solvants usés dans l'essence, kérosène dans le carburant diesel, par exemple) sont répandues dans un pays, des ajustements appropriés doivent être appliqués aux données sur les carburants, en prenant soin d'éviter un double comptage.
- Les statistiques sont-elles affectées par le carburant-tourisme ?
- Y a-t-il une contrebande de carburant importante ?
- Comment les lubrifiants utilisés comme additifs dans les carburants à 2 temps sont-ils rapportés ? Ils peuvent être inclus dans l'utilisation de carburant pour le transport routier ou peuvent être rapportés séparément comme lubrifiants (voir Encadré 3.2.4.).

Deux approches alternatives sont suggérées pour distinguer l'utilisation de carburant par les véhicules routiers et l'utilisation de carburant par les véhicules pour service hors route :

(1) Pour chaque type important de carburant, il convient d'estimer le carburant utilisé par chaque type de véhicule routier sur base des données sur les véhicules-kilomètres parcourus. La différence entre le total de véhicules routiers et la consommation apparente est affectée au secteur hors route ; ou

(2) La même estimation du carburant utilisé par chaque type de véhicule routier en (1) est accompagnée d'une estimation ascendante de l'utilisation de carburant pour le secteur hors route structurée de la même manière sur base de la connaissance des types d'équipement hors route et de leur utilisation. La consommation apparente dans le secteur du transport est ensuite affectée aux types de véhicule et au secteur hors route proportionnellement aux estimations ascendantes.

Selon le contexte national, les organismes chargés des inventaires peuvent devoir ajuster les statistiques nationales sur l'utilisation du carburant pour le transport routier afin d'éviter une sous-évaluation ou une surévaluation des émissions imputables aux véhicules routiers. Les *bonnes pratiques* recommandent d'ajuster les statistiques nationales sur les ventes de carburant pour s'assurer que les données utilisées ne reflètent que l'utilisation routière du carburant. Lorsque cet ajustement est nécessaire, les *bonnes pratiques* recommandent de procéder à une vérification par recoupement avec les autres secteurs pertinents pour s'assurer que tout carburant retiré des statistiques sur l'utilisation routière de carburant est ajouté au secteur approprié, ou vice versa.

À titre de validation, et si les données sur la distance parcourue sont disponibles (voir les véhicules-kilomètres parcourus ci-dessus), les *bonnes pratiques* recommandent d'estimer l'utilisation du carburant sur base de ces données. La première étape (Équation 3.2.6) consiste à estimer le carburant consommé par type de véhicule i et par type de carburant j .

ÉQUATION 3.2.6
VALIDATION DE LA CONSOMMATION DU CARBURANT

$$\text{Carburant estimé} = \sum_{i,j,t} [\text{Véhicules}_{i,j,t} \cdot \text{Distance}_{i,j,t} \cdot \text{Consommation}_{i,j,t}]$$

Où :

Carburant estimé = utilisation totale du carburant estimée sur base des données sur la distance (véhicules-kilomètres) parcourue (l)

Véhicules _{i,j,t} = nombre de véhicules de type i et utilisant le carburant j sur des routes de type t

Distance _{i,j,t} = kilomètres annuels parcourus par les véhicules de type i et utilisant le carburant j sur des routes de type t (km)

Consommation _{i,j,t} = consommation moyenne de carburant (l/km) par les véhicules de type i et utilisant le carburant j sur des routes de type t

i = type de véhicule (voiture, bus, par exemple)

j = type de carburant (essence automobile, diesel, gaz naturel, LPG, par exemple)

t = type de route (urbaine, rurale, par exemple)

Si l'on ne dispose pas de données sur les distances parcourues sur différents types de route, cette équation doit être simplifiée en retirant « t », le type de route. Des estimations plus détaillées sont également possibles en incluant le carburant additionnel utilisé lors de la phase de démarrage à froid. Les *bonnes pratiques* recommandent de comparer les statistiques relatives aux ventes de carburant utilisées dans l'approche de Niveau 1 avec le résultat de l'équation 3.2.6. Les *bonnes pratiques* recommandent d'examiner toute différence et de déterminer quelles données sont de meilleure qualité. Excepté dans de rares cas (quantités importantes de carburant vendues pour des utilisations hors route, importante contrebande de carburant, par exemple), les statistiques sur les ventes de carburant seront probablement plus fiables. Ceci représente un contrôle de qualité important. Des différences significatives entre les résultats des deux approches peuvent indiquer qu'un ou les deux ensembles de statistiques contiennent des erreurs et qu'une analyse complémentaire est nécessaire. Les domaines à examiner lorsque l'on compare les statistiques sur les ventes de carburant et les données sur les véhicules-kilomètres parcourus sont présentés à la Section 3 2.3, Assurance de la qualité / Contrôle de la qualité (AC/CQ) de l'inventaire.

Les données sur la distance parcourue selon le type de véhicule et le type de carburant sont des fondements importants pour les calculs de niveau supérieur des émissions de CH₄ et de N₂O imputables au transport routier. Aussi peut-il être nécessaire d'ajuster les données sur la distance parcourue afin d'être cohérent avec les données sur les ventes de carburant avant de commencer à estimer les émissions de CH₄ et de N₂O. Ceci est

particulièrement important lorsque les différences entre la consommation estimée de carburant (Équation 3.2.6) et les statistiques sur les ventes de carburant sont importantes par rapport aux incertitudes liées aux statistiques sur le carburant vendu. Les organismes chargés des inventaires devront faire preuve de jugement pour déterminer le meilleur moyen d'ajuster les données sur la distance parcourue. Ceci peut se faire au prorata en appliquant le même facteur d'ajustement à tous les types de véhicule et à tous les types de route ou, lorsque certaines données sont considérées comme plus exactes, des ajustements différents peuvent être appliqués à différents types de véhicule et de route. Ceci peut se passer, par exemple, lorsque l'on estime les données sur le trafic sur le réseau autoroutier assez bien connues alors que, d'un autre côté, le trafic rural est mal mesuré. Dans tous les cas, les ajustements réalisés en raison du choix du facteur d'ajustement et des données de référence ainsi que toute autre vérification doivent être bien documentés et revus.

VEHICULES-KILOMETRES PARCOURUS (VKP)

Alors que des données sur le carburant peuvent être utilisées au Niveau 1 pour le CH₄ et le N₂O, les niveaux supérieurs ont également besoin des véhicules-kilomètres parcourus (VKP) par type de véhicule, par type de carburant et, si possible, également par type de route.

De nombreux pays collectent, mesurent ou estiment les VKP. Ceci est souvent réalisé au moyen d'enquêtes par échantillon en comptant le nombre de véhicule passant à des points fixés. Ces enquêtes peuvent être automatiques ou manuelles et comptent le nombre de véhicule par type de véhicule. Il peut y avoir des différences entre la classification des véhicules utilisée dans ces dénombrements et les autres données (les catégories fiscales, par exemple) qui donnent également des informations sur le nombre de véhicule. En outre, il est peu probable que ces enquêtes permettent de différencier les véhicules similaires utilisant des carburants différents (voitures à essence et diesel, par exemple). Quelquefois des informations plus détaillées sont également collectées (vitesse et nombre des véhicules, par exemple), en particulier lorsqu'une planification du trafic plus détaillée a été faite. Ceci peut n'être disponible que pour une municipalité plutôt que pour tout le pays. À partir de ces informations sur le trafic, les autorités de transport peuvent estimer le total des véhicules-kilomètres parcourus dans un pays. D'autres moyens de déterminer le kilométrage sont les enquêtes directes auprès des propriétaires des véhicules (privés et commerciaux) et l'utilisation de documents administratifs pour les véhicules commerciaux, en prenant soin de rendre compte des immatriculations périmées pour les véhicules mis à la ferraille (L'encadré 3.2.3 donne une méthode pour estimer le parc automobile restant).

Lorsque les VKP sont estimés dans un pays, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser ces données, en particulier pour valider les données sur le carburant vendu (voir Section 3.2.1.4).

AUTRES PARAMÈTRES

Si les émissions de CH₄ ou N₂O imputables au transport routier sont une *catégorie de source clé*, les *bonnes pratiques* recommandent d'obtenir plus d'informations sur les paramètres qui influencent les facteurs d'émission pour s'assurer que les données sur les activités sont compatibles avec le facteur d'émission applicable de Niveau 2 ou de Niveau 3. Ceci nécessitera des données sur les activités plus désagrégées de façon à mettre en œuvre l'Équation 3.2.3 ou 3.2.5 :

- La quantité de carburant consommé (en térajoules) par type de carburant (tous les niveaux) ;
- Pour chaque type de carburant, la quantité de carburant (ou les VKP) consommée par chaque type de véhicule représentatif (voitures particulières, véhicules utilitaires légers ou lourds, par exemple) de préférence avec la catégorie d'âge (Niveaux 2 et 3) ; et
- La technologie de contrôle des émissions (convertisseurs catalytiques à trois voies, par exemple) (Niveaux 2 et 3).
- Il peut également être possible de collecter des données sur les VKP par type de route (route urbaine ou rurale, autoroute, par exemple).

Si on ne connaît pas la distribution de la consommation de carburant par type de véhicule et par type de carburant, elle peut être estimée sur base du nombre de véhicules de chaque type. Si on ne connaît pas le nombre de véhicules par type de véhicule et par type de carburant, il peut être estimé sur base des statistiques nationales (voir ci-dessous).

La technologie du véhicule, directement liée au modèle et à l'année du véhicule, affecte les émissions de CH₄ et de N₂O. Aussi, pour les méthodes de Niveau 2 et de Niveau 3, les données sur les activités devraient-elles être groupées en fonction des technologies de contrôle des émissions des équipementiers adaptées aux types de véhicule du parc automobile. La distribution par âge des véhicules du parc automobile aide à stratifier le parc automobile selon l'âge et ensuite la technologie. Si l'on ne dispose pas d'une telle distribution, des courbes de détérioration des véhicules peuvent être utilisées pour estimer la durée de vie des véhicules et, de là, le nombre de véhicules encore en service sur base des données chiffrées introduites annuellement (voir Encadré 3.2.3).

En outre, il faut, si possible, déterminer (à l'aide d'estimations ou sur base de statistiques nationales) la distance totale parcourue (VKP, par exemple) par chaque type de technologie de véhicule (Niveau 3). Si l'on ne dispose pas de données sur les VKP, ils peuvent être estimés sur base de la consommation de carburant et des valeurs d'économie de carburant nationales présumées. Pour estimer les VKP à l'aide des données sur la consommation de carburant pour le trafic routier, il faut convertir les données sur le carburant en unités de volume (litres) et multiplier ensuite le total par type de carburant par une valeur d'économie de carburant présumée représentative de la population nationale des véhicules pour ce type de carburant (km/l).

Si l'on utilise la méthode de Niveau 3 et que l'on dispose de statistiques nationales sur les VKP, la consommation de carburant associée à ces chiffres relatifs à la distance parcourue devrait être calculée et agrégée par carburant pour être comparée aux chiffres des bilans énergétiques nationaux. Comme pour la méthode de Niveau 2, il est suggéré pour le Niveau 3 de sous-diviser davantage chaque type de véhicule en classes de technologie de contrôle des émissions incontrôlées et clés. Il convient de tenir compte du fait que, généralement, les émissions et la distance parcourue chaque année varient selon l'âge du véhicule ; les véhicules plus âgés ayant tendance à voyager moins mais pouvant émettre davantage de CH₄ et de N₂O par unité d'activité. Certains véhicules, en particulier dans les pays en développement, peuvent avoir été convertis pour fonctionner avec un type de carburant autre que celui prévu d'origine.

Pour mettre en œuvre une méthode de Niveau 2 ou 3, des données sur les activités peuvent être obtenues de diverses sources possibles. Là où ils sont mis en œuvre, des programmes d'inspection et de maintenance (I/M) des véhicules peuvent donner une idée des taux d'accumulation de kilométrage annuels. Les données nationales concernant les permis de circulation des véhicules permettent d'obtenir des informations sur le parc automobile (nombre de véhicules par modèle et par an, par région) et permettent même de consigner le kilométrage entre les renouvellements de permis. D'autres sources permettant de développer des données sur les activités incluent les ventes de véhicule, les données sur les importations et les exportations.

Alternativement, les stocks de véhicules peuvent être estimés sur base des importations de nouveaux véhicules et des ventes selon le type, le carburant et l'année de modèle. Les populations de véhicules restant en service peuvent être estimées en appliquant des courbes de mise à la casse ou d'attrition.

Des méthodes de niveau supérieur impliquant une estimation des émissions liées au démarrage à froid requièrent de connaître le nombre de démarrages. Cette information peut être obtenue à partir de la distance totale parcourue et de la longueur moyenne du trajet. Généralement, de telles informations sont obtenues sur base d'enquêtes sur le trafic. Ces données sont souvent collectées pour des études locales ou des études du trafic pour la planification du transport.

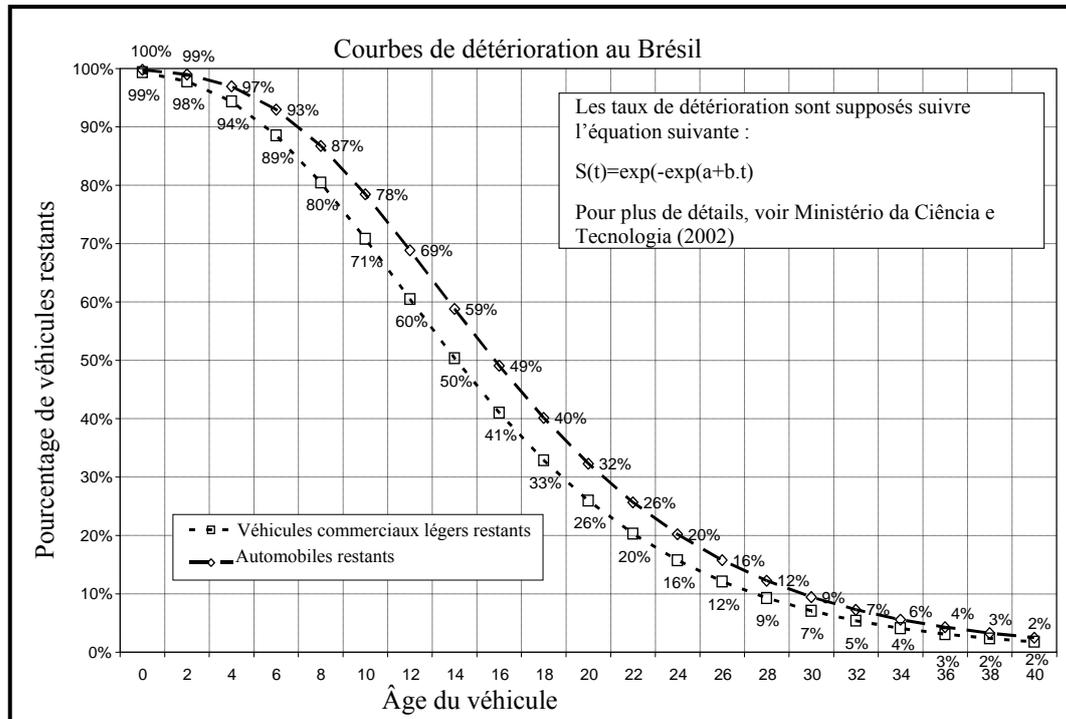
ENCADRE 3.2.3

COURBES DE DETERIORATION (MISE A LA CASSE) DES VEHICULES

Les courbes de détérioration (mise à la casse) peuvent être utilisées pour ajuster les données des statistiques sur le parc automobile qui se basent sur les plaques d'immatriculation, étant donné que de vieux véhicules ne sont plus en service mais sont toujours présents dans les registres officiels, causant ainsi une surestimation des émissions. Elles sont « lissées » par les fonctions de Gompertz qui limitent l'âge maximum du véhicule.

Dans le cas du Brésil, on a utilisé un âge maximum de 40 ans pour le véhicule dans la Communication nationale sur les gaz à effet de serre était de 40 ans (MCT,2002 et http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/veicul03.htm) en utilisant la courbe de détérioration de Gompertz en forme de « S » illustrée dans cet encadré, Fonction de détérioration des véhicules. Cette courbe a été fournie par Petrobras, et est actuellement utilisée par des agences environnementales pour les inventaires des émissions des gaz à effet de serre. La part de véhicules mis à la casse d'âge t est définie par l'équation $S(t) = \exp[-\exp(a + b(t))]$; où (t) est l'âge du véhicule (en années) et S(t) est la fraction de véhicules mis à la casse d'âge t. En 1994, des valeurs nationales étaient fournies pour les automobiles (a = 1,798 et b= -0,137) et pour les véhicules commerciaux légers (a= 1,618 et b= -0,141).

(Ministério da Ciencia e Tecnologia (2002), Primeiro Inventário Brasileiro De Emissões Antrópicas De Gases De Efeito Estufa Relatórios De Referência Emissões De Gases De Efeito Por Fontes Móveis, No Setor Energético. Brasília, Brésil 2002)



3.2.1.4 EXHAUSTIVITE

En examinant l'exhaustivité, il convient de suivre les recommandations suivantes :

- Lorsque des transferts transfrontaliers ont lieu dans les réservoirs des véhicules, les émissions imputables aux véhicules routiers devraient être attribuées au pays où le carburant a été chargé.
- Les émissions de carbone imputables aux carburants oxygénés et aux autres agents de mélange obtenus de la biomasse doivent être estimées et rapportées comme éléments pour information pour éviter un double comptage, comme indiqué au Volume 1. Pour plus d'informations sur les biocarburants, voir Section 3.2.1.2.
- Assurer la fiabilité des données sur les ventes de carburant en suivant les recommandations de la Section 3.2.1.3.
- Les émissions imputables aux lubrifiants intentionnellement mélangés avec du carburant et brûlés dans les véhicules routiers doivent être considérées comme des émissions imputables à des sources mobiles. Pour plus d'informations sur la combustion des lubrifiants, voir l'Encadré 3.2.4

ENCADRE 3.2.4**LES LUBRIFIANTS DANS LA COMBUSTION MOBILE**

La lubrification d'un moteur essence à deux temps est assez différente dans son concept de celle d'un moteur à quatre temps, étant donné qu'il n'est pas possible d'avoir un carter d'huile de lubrification séparé. Un moteur essence à deux temps doit être lubrifié avec un mélange d'huile de lubrification et d'essence dans une proportion acceptable selon les recommandations du fabricant. Selon le type de moteur, des mélanges de 1:25, 1:33 et 1:50 sont courants.

Dans la dernière génération de moteurs à deux temps, l'huile de lubrification est directement injectée par un dispositif de mesure précis depuis un réservoir séparé dans l'essence dans des quantités qui dépendent de la vitesse et de la charge du moteur. Des moteurs à deux temps plus anciens ou peu coûteux recevront le lubrifiant dans le mélange de carburant. Ces mélanges sont souvent préparés par le fournisseur de carburant et livrés au dépôt d'essence mais quelquefois, le propriétaire du véhicule ajoutera l'huile à la station-service. Dans certains pays, les moteurs à deux temps ont été historiquement très importants dès les années 1990 (Europe de l'est, par exemple) ou sont toujours très importants (Inde et certaines parties du Sud-est de l'Asie, par exemple).

La classification de ces lubrifiants dans les statistiques sur l'énergie comme lubrifiant ou carburant peut varier. Les organismes chargés des inventaires doivent s'assurer que ces lubrifiants sont attribués à l'utilisation finale de manière appropriée, correctement pris en compte, et qu'il n'y aura pas de double comptage ou d'omission de ces émissions (comparer le traitement des lubrifiants au Volume 3 du Chapitre 5 : Utilisation des carburants comme produit non énergétique et intermédiaire). Les lubrifiants intentionnellement mélangés avec du carburant et brûlés dans les véhicules routiers doivent être rapportés comme énergie et les émissions associées calculées conformément aux recommandations sur les sources mobiles. Lorsque les données sur les activités choisies pour les moteurs à deux temps sont basées sur les kilomètres parcourus, les lubrifiants ajoutés doivent être considérés dans l'économie de carburant, comme une partie du mélange de carburant.

3.2.1.5 DEVELOPPEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Dans le cas de la révision des procédures relatives à la collecte des données et à la comptabilité, des méthodologies d'estimation des émissions ou des modèles, les *bonnes pratiques* consistent à recalculer les séries temporelles complètes. Il peut être difficile d'obtenir une série temporelle cohérente par rapport à la collecte initiale de données technologiques relatives au parc automobile. Dans ce cas, une extrapolation, peut-être basée sur l'utilisation de données indirectes, sera nécessaire pour les premières années. L'organisme chargé de l'inventaire pourra obtenir des conseils généraux en se référant aux informations figurant au Chapitre 5 du Volume 1, Cohérence des séries temporelles.

Étant donné que le présent chapitre contient de nombreux facteurs d'émission actualisés, pour le CO₂ (représentant une oxydation complète à 100 %), le CH₄ et le N₂O, les organismes chargés des inventaires doivent assurer la cohérence des séries temporelles. Une série temporelle cohérente doit prendre en compte les changements technologiques des véhicules et de leurs systèmes de contrôle des catalyseurs. La série temporelle doit tenir compte la reprise graduelle parmi les parcs automobiles, qui est dirigée par la législation et les forces du marché. La cohérence peut être maintenue avec des données exactes sur la distribution du parc selon le moteur et la technologie du système de contrôle, la maintenance, l'obsolescence de la technologie de contrôle et le type de carburant. Si les VKP ne sont pas disponibles pour toute la série temporelle mais pour une année récente, il convient d'avoir recours aux recommandations du Volume 1 (Chapitre 5 : Cohérence des séries temporelles) pour choisir une méthode de raccord.

3.2.2 Évaluation des incertitudes

En général, le CO₂, le N₂O et le CH₄ constituent environ 97, 2-3 et 1 pour cent des émissions équivalents CO₂ imputables au secteur des transports, respectivement. Aussi, bien que les incertitudes liées aux estimations des émissions de N₂O et de CH₄ soient bien plus élevées, le CO₂ domine les émissions dues au transport routier. L'utilisation de données estimées localement réduira les incertitudes, en particulier pour la méthode ascendante.

Incertitudes des facteurs d'émission

Pour le CO₂, l'incertitude du facteur d'émission est généralement moins de 2 pour cent lorsque les valeurs nationales sont utilisées (voir Tableau 1.4 de l'Introduction du présent volume). Les facteurs d'émission par défaut pour le CO₂ du Tableau 3.2.1., Facteurs d'émission par défaut du dioxyde de carbone pour le transport

roulier, ont une incertitude de 2-5 pour cent en raison de l'incertitude dans la composition du carburant. L'utilisation de mélanges de carburant, avec des biocarburants, par exemple, ou de carburants adultérés peut augmenter l'incertitude des facteurs d'émission si la composition du mélange est incertaine.

Les incertitudes des facteurs d'émission pour CH₄ et N₂O sont généralement assez élevées (en particulier pour N₂O) et sont probablement d'un facteur de 2-3. Elles dépendent :

- Des incertitudes liées à la composition du carburant (y compris la possibilité d'adultération du carburant) et la teneur en soufre ;
- Des incertitudes dans la distribution par âge du parc automobile et d'autres caractéristiques du stock de véhicule, y compris les effets transfrontaliers – les caractéristiques techniques des véhicules d'un autre pays qui fait le plein de carburant peuvent être couvertes par des modèles de technologie ;
- Des incertitudes dans les modèles de maintenance du stock de véhicule ;
- Des incertitudes dans les conditions de combustion (climat, altitude) et les pratiques de conduite, telles que la vitesse, la proportion de la distance d'acheminement par rapport aux démarrages à froid, ou les facteurs de charge (CH₄ et N₂O) ;
- Des incertitudes dans les taux d'application des technologies de contrôle des émissions post-combustion (convertisseur catalytique à trois voies, par exemple) ;
- Des incertitudes dans l'utilisation d'additifs pour minimiser les effets du vieillissement des convertisseurs catalytiques ;
- Des incertitudes dans les températures de fonctionnement (N₂O) ; et
- Des incertitudes liées aux équipements de contrôle et aux équipements de mesure des émissions.

Les *bonnes pratiques* recommandent d'estimer les incertitudes sur base d'études publiées à partir desquelles ont été obtenus les facteurs d'émission. Au moins les types d'incertitudes suivantes peuvent être discutés dans des sources publiées et doivent être considérés dans le développement des facteurs d'émission nationaux à partir de données empiriques :

- Une plage dans le facteur d'émission d'un véhicule individuel, représentée comme un écart dans les mesures, due à des émissions variables dans des conditions de fonctionnement différentes (vitesse, température, par exemple) ; et
- Des incertitudes liées à la moyenne des facteurs d'émission des véhicules dans la même classe de véhicule.

En outre, l'échantillon de véhicules mesuré peut avoir été assez limité, ou même un échantillon plus solide de mesures peut ne pas être représentatif du parc national. Les cycles de conduite d'essai ne peuvent refléter complètement les vrais comportements de conduite, donc au moins certaines études des facteurs d'émission étudient à présent les émissions lors des essais de démarrage à froid séparément des émissions liées à la marche du véhicule. Ainsi les pays peuvent mettre en place des ajustements spécifiques au pays, bien que ceux-ci nécessitent eux-mêmes plus de données avec leurs incertitudes.

Une autre source d'incertitude peut être la conversion du facteur d'émission en unités dans laquelle sont données les données sur les activités (de kg/GJ en g/km, par exemple) étant donné que cette conversion implique des hypothèses supplémentaires sur d'autres paramètres, comme l'économie de carburant, qui ont également une incertitude.

L'incertitude du facteur d'émission peut être réduite en classifiant plus en avant les parcs automobiles par technologie, par âge et par conditions de conduite.

Incertitudes des données sur les activités

Les données sur les activités sont la principale source d'incertitude dans les estimations des émissions. Les données sur les activités sont données soit en unités d'énergie (TJ, par exemple) ou en autres unités pour différentes raisons comme personne- ou tonne-kilomètre, les stocks de véhicule, les distributions de longueur de trajet, les rendements de carburant, etc. Des sources possibles d'incertitude, qui sont généralement de +/-5 pour cent, incluent :

- Des incertitudes dans les enquêtes nationales sur l'énergie et les retours de données ;
- Des transferts transfrontaliers non consignés ;
- Une mauvaise classification des carburants ;
- Une mauvaise classification du stock de véhicule ;

- Un manque d'exhaustivité (du carburant non consigné dans d'autres catégories de source peut être utilisé à des fins de transport ; et
- L'incertitude du facteur d'émission d'un ensemble de données sur les activités à un autre (des données de consommation de carburant en personne- ou tonne-kilomètre ou vice-versa, par exemple. Voir ci-dessus).

La classification des données sur les activités peut réduire l'incertitude, si elles peuvent être connectées aux résultats d'une approche de l'utilisation du carburant descendante.

Pour estimer les émissions de CH₄ et N₂O, un autre niveau, et donc différents ensembles de données sur les activités, peuvent être utilisés. Les *bonnes pratiques* recommandent de s'assurer que les approches descendante et ascendante correspondent, et de documenter et expliquer tout écart si ce n'est pas le cas (voir aussi Section 3.2.1.4, Exhaustivité). Pour ces gaz, l'incertitude du facteur d'émission dominera et l'incertitude des données sur les activités peut être considérée comme étant la même que celle du CO₂.

Davantage de recommandations sont disponibles sur les estimations de l'incertitude des données sur les activités dans le Volume 1, Chapitre 3 : Incertitudes.

3.2.3 Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 6 du Volume 1 : Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification, et à évaluer les estimations d'émissions. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les procédures de Niveau 2 au Chapitre 6 du Volume 1, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent également être pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour déterminer les émissions imputables à cette catégorie de source. L'organisme chargé de l'inventaire est invité à utiliser des mesures de AQ/CQ de niveau supérieur pour les catégories de source clé, identifiées au Chapitre 4 du Volume 1, Choix méthodologique et identification des catégories de source clés.

Outre les recommandations figurant aux chapitres mentionnés, des procédures spécifiques appropriées pour cette catégorie de source sont présentées ci-dessous :

Comparaison des estimations des émissions à l'aide de méthodes différentes

Pour les émissions de CO₂, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations à l'aide des statistiques sur le carburant et des données sur les véhicules-kilomètres parcourus. Toute anomalie entre les estimations d'émissions devra être examinée et expliquée. Les résultats de ces comparaisons seront consignés à titre de documentation interne. La révision des hypothèses suivantes peut permettre de réduire un écart observé entre les méthodes :

- Utilisation de carburant pour véhicules en service hors route/à des fins autres que le transport ;
- Kilométrage annuel moyen des véhicules ;
- Consommation de carburant des véhicules ;
- Distribution des véhicules, par type, technologie, âge, etc. ;
- Utilisation de carburants oxygénés/biocarburants/autres additifs ;
- Statistiques sur l'utilisation des carburants ;
- Carburant vendu/utilisé.

Examen des facteurs d'émission

Dans le cas de l'utilisation de facteurs par défaut du GIEC, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer qu'ils sont applicables et pertinents pour toutes les catégories. Si possible, les facteurs par défaut du GIEC devront être comparés aux données locales afin d'obtenir des indications supplémentaires de la pertinence des facteurs.

Pour les émissions de CH₄ et N₂O, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que la source de données originale pour les facteurs locaux est applicable à la catégorie et qu'il y a eu contrôle de la précision pour les acquisitions de données et les calculs. Si possible, les facteurs par défaut du GIEC devront être comparés aux facteurs locaux. Si les facteurs par défaut du GIEC ont été utilisés pour estimer les émissions de N₂O, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que les facteurs d'émission révisés figurant au Tableau 3.2.3 ont été utilisés pour le calcul.

Vérification des données sur les activités

L'organisme chargé de l'inventaire devra examiner la source des données sur les activités pour vérifier son applicabilité et sa pertinence pour la catégorie. La Section 3.2.1.3 présente les *bonnes pratiques* pour vérifier les données sur les activités. L'organisme chargé de l'inventaire devra, si possible, comparer les données aux données sur les activités historiques ou aux rendements modèles pour rechercher les anomalies. Il devra s'assurer de la fiabilité des données sur les activités pour les carburants à faible distribution, les carburants utilisés à d'autres fins, le trafic routier et hors route, et les importations et exportations illégales de carburant dans le pays. Il devra veiller à éviter le double comptage des véhicules agricoles et pour service hors route.

Examen externe

L'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer un examen indépendant et objectif des calculs, hypothèses et documentation de l'inventaire d'émissions pour évaluer l'efficacité du programme de contrôle de la qualité. Ce contrôle par des tiers experts sera effectué par un (des) expert(s) connaissant bien la catégorie de source et conscient(s) des exigences des inventaires. L'établissement de facteurs d'émission pour le CH₄ et le N₂O est particulièrement important en raison des incertitudes importantes associées aux facteurs par défaut.

3.2.4 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux.

Il n'est pas possible d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire devra inclure des résumés des méthodes utilisées et des références aux données de base pour que les estimations d'émissions présentées soient transparentes et que l'on puisse retracer les étapes de leur calcul. Ceci s'applique tout particulièrement aux modèles nationaux utilisés pour estimer les émissions imputables au transport routier, et aux travaux réalisés afin de mieux connaître les facteurs d'émission spécifiques à la technologie pour l'oxyde nitreux et le méthane, où les incertitudes sont particulièrement importantes. Ce type d'information doit être inclus dans la base de données EFDB, pour autant que la documentation soit claire.

La confidentialité ne sera probablement pas un problème majeur pour les émissions routières, bien que dans certains pays on constate que l'utilisation de carburant à des fins militaires est confidentielle. La composition de certains additifs est confidentielle, mais cela n'a d'importance que si cela influe sur les émissions de gaz à effet de serre.

Lorsqu'on utilise un modèle tel que le modèle USEPA MOVES, le modèle MOBILE ou le modèle COPERT de l'AEE (EPA 2005a, EPA 2005b, AEE 2005, respectivement), des données complètes sur toutes les données d'entrée doivent être conservées. De même, toute hypothèse spécifique qui a été faite et toute modification au modèle doivent être documentées.

3.2.5 Tableaux de présentation et feuilles de travail

Voir les quatre pages des feuilles de travail (Annexe 1) pour l'approche sectorielle de Niveau I à compléter pour chaque catégorie de source. Les tableaux de présentation sont disponibles au Chapitre 8 du Volume 1.

3.3 TRANSPORT HORS ROUTE

La catégorie du transport hors route (1 A 3 e ii) dans le Tableau 3.1.1 inclut les véhicules et machines mobiles utilisées dans l'agriculture, la foresterie, l'industrie (y compris la construction et la maintenance), le secteur résidentiel et des secteurs tels que les équipements de soutien au sol dans les aéroports, les tracteurs agricoles, les scies à chaîne, les chariots élévateurs à fourche et les motoneiges. Pour une courte description des types courants

de véhicules et d'équipements hors route, et le type de moteur et de puissance fournis typiquement par ceux-ci, veuillez consulter AEE 2005. Une répartition par secteur est également disponible auprès de l'USEPA, 2005b¹²

Les moteurs généralement utilisés dans ces équipements hors route sont les moteurs (diesel) à allumage par compression, les moteurs (essence) à allumage commandé, les moteurs à 2 temps et les moteurs essence à 4 temps.

3.3.1 Questions méthodologiques

Les émissions imputables aux véhicules en service hors route sont estimées à l'aide des mêmes méthodologies que celles utilisées pour les sources mobiles, comme présenté à la section 3.2. Celles-ci n'ont pas changé depuis la publication des *Lignes directrices 1996 du GIEC et le GPG2000*, si ce n'est que, comme indiqué à la Section 3.2.1.2, les facteurs d'émission partent à présent du principe de l'oxydation complète du carburant. Ceci est nécessaire à la cohérence avec le chapitre relatif à la combustion stationnaire du présent volume. Ces recommandations comportent également une méthode pour estimer les émissions de CO₂ imputables aux convertisseurs catalytiques à base d'urée, une source d'émissions non abordée précédemment.

3.3.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Il existe trois options méthodologiques pour estimer les émissions de CO₂, CH₄, et N₂O imputables à la combustion liées aux sources mobiles hors route : Le Niveau 1, le Niveau 2 et le Niveau 3. La Figure 3.3.1, le diagramme décisionnel pour estimer les émissions imputables aux véhicules en service hors route donne des critères pour choisir la méthode appropriée. La méthode préférée pour déterminer les émissions de CO₂ est d'utiliser la consommation de carburant pour chaque type de carburant sur une base nationale. Cependant, il peut y avoir des difficultés avec les données sur les activités étant donné le nombre et la diversité des types d'équipement, les lieux et les modèles d'utilisation associés aux véhicules et aux machines hors route. En outre, des données statistiques sur la consommation de carburant par les véhicules hors route sont rarement collectées et publiées. Dans ce cas, des méthodes de niveau supérieur seront nécessaires pour le CO₂ et sont nécessaires pour les gaz autres que le CO₂ étant donné que ceux-ci sont beaucoup plus dépendants de la technologie et des conditions de fonctionnement.

Une seule méthode est donnée pour l'estimation des émissions de CO₂ imputables aux convertisseurs catalytiques à base d'urée. De nombreux types de véhicules hors route n'auront pas de convertisseur catalytique mais les contrôles des émissions seront probablement de plus en plus utilisés pour certaines catégories de véhicules hors route, en particulier ceux présents dans les zones urbaines (les équipements de soutien au sol des aéroports et des ports, par exemple) des pays développés. Si les convertisseurs catalytiques fonctionnant à l'urée sont utilisés dans les véhicules hors route, il convient d'estimer les émissions de CO₂ associées.

La méthode générale pour l'estimation des émissions de gaz à effet de serre imputables aux sources énergétiques peut être décrite comme suit :

ÉQUATION 3.3.1
ESTIMATION DES EMISSIONS DE NIVEAU 1

$$Emissions = \sum_j [Carburant_j \cdot FE_j]$$

Où :

Émissions	= émissions (kg)
Carburant _j	= carburant consommé (tel que représenté par la quantité de carburant vendue) (TJ)
FE _j	= facteur d'émission (kg/TJ).
j	= type de carburant

¹² L'Appendice B de cette référence présente des codes de classification de source et des définitions pour : (a) les véhicules de plaisance ; (b) les équipements de construction ; (c) les équipements industriels ; (d) les tondeuses à gazon et équipements de jardin ; (e) les équipements agricoles ; (f) les équipements commerciaux ; (g) les équipements liés à l'exploitation forestière ; (h) les équipements liés au soutien au sol/à l'exploitation minière souterraine/aux champs pétrolifères ; (i) les équipements marins de plaisance et ; (j) la maintenance des chemins de fer.

Pour le Niveau 1, les émissions sont estimées à l'aide de facteurs d'émission par défaut spécifiques au carburant indiqués au Tableau 3.3.1, en supposant que pour chaque type de carburant, le total du carburant est consommé par une seule catégorie de source hors route.

Pour le Niveau 2, les émissions sont estimées à l'aide de facteurs d'émission spécifiques au pays et au carburant spécifiques, s'ils sont disponibles, à un type général de véhicule ou de machine. L'utilisation d'une méthode supérieure au Niveau 2 pour estimer les émissions de CO₂ présente peu ou pas d'avantage, pour autant que des données fiables sur la consommation de carburant soient disponibles.

ÉQUATION 3.3.2
ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE NIVEAU 2

$$Emissions = \sum (Carburant_{ij} \cdot FE_{ij})$$

Où :

Émissions = émissions (kg)

Carburant_{i,j} = carburant consommé (tel que représenté par la quantité de carburant vendue) (TJ)

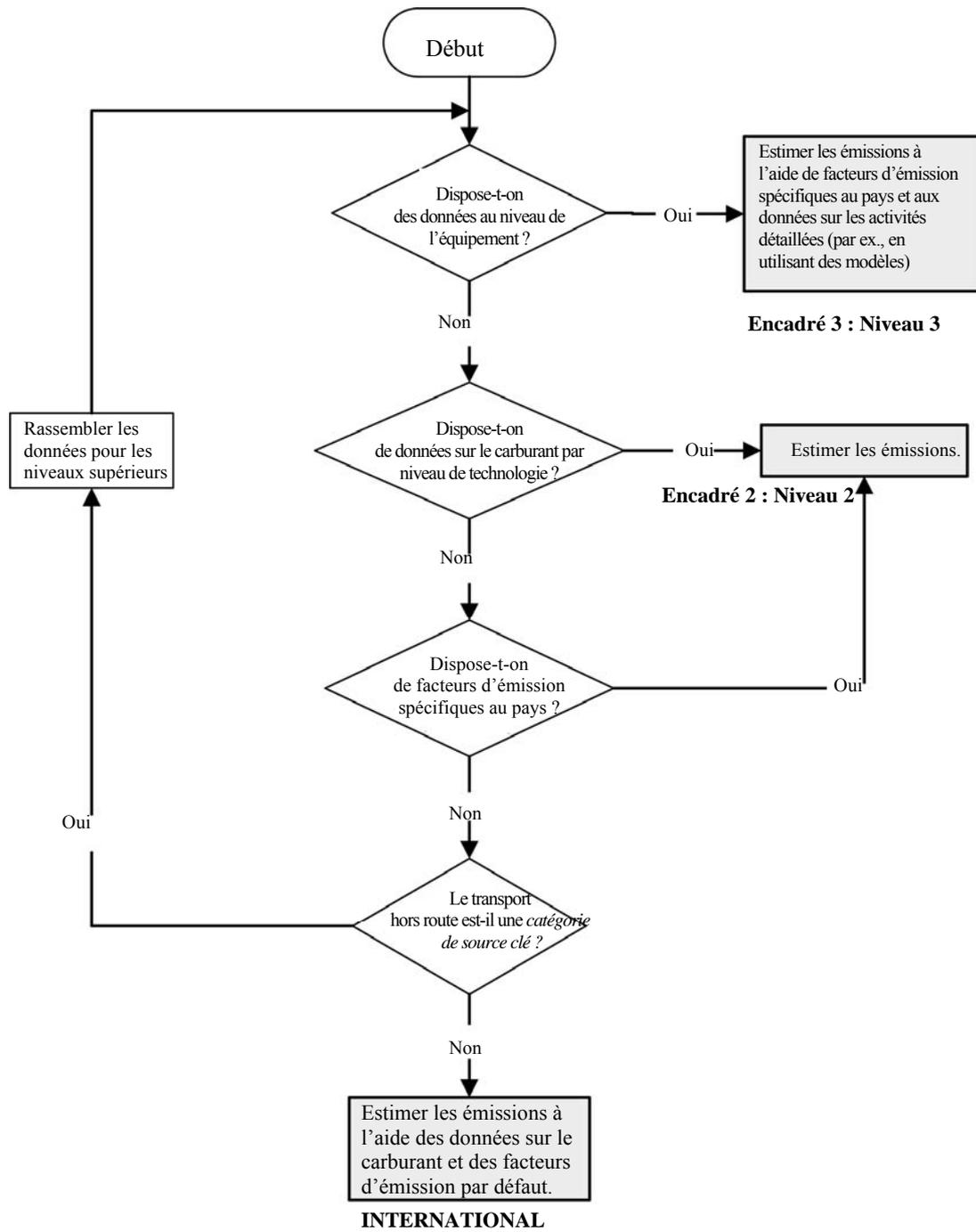
FE_{i,j} = facteur d'émission (kg/TJ).

i = type de véhicule/d'équipement

j = type de carburant

Pour le Niveau 3, si les données sont disponibles, les émissions peuvent être estimées sur base des heures d'utilisation annuelles et des paramètres spécifiques à l'équipement, tels que la puissance nominale, le facteur de charge, et les facteurs d'émission basés sur l'utilisation de la puissance. Pour les véhicules hors route, ces données peuvent ne pas être systématiquement collectées, publiées ou disponibles de manière assez détaillée. Par ailleurs, elles peuvent devoir être estimées à l'aide d'une combinaison de données et d'hypothèses.

Figure 3.3.1 Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions imputables aux véhicules en service hors route



Note : Voir le Chapitre 4 du Volume 1, « Choix méthodologique et catégories de source clés » (dont la Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour des informations sur les *catégories de source clés* et l'utilisation des diagrammes décisionnels.

L'Équation 3.3.3 représente la méthodologie de Niveau 3, où l'équation de base suivante est appliquée pour calculer les émissions (en Gg):

$$\text{ÉQUATION 3.3.3}$$

$$\text{ESTIMATION DE NIVEAU 3 DES EMISSIONS}$$

$$Emission = \sum_{ij} (N_{ij} \cdot H_{ij} \cdot P_{ij} \cdot FC_{ij} \cdot FE_{ij})$$

Où :

- Émission = émission en kg
- N_{ij} = population de source
- H_{ij} = heures annuelles d'utilisation du véhicule i (h)
- P_{ij} = puissance nominale moyenne du véhicule i (kW)
- LF_{ij} = facteur de charge type du véhicule i (fraction entre 0 et 1)
- FE_{ij} = facteur d'émission moyen pour utiliser le carburant j dans le véhicule i (kg/kWh)
- i = type de véhicule hors route
- j = type de carburant

L'Équation 3.3.3 peut être classifiée en facteurs tels que l'âge, l'ancienneté technologique ou le modèle d'utilisation, ce qui améliorera l'exactitude des estimations à conditions que des ensembles auto-cohérents de paramètres H, P, FC et FE soient disponibles pour soutenir la classification, (AEE 2005D'autres instruments détaillés de modélisation sont disponibles pour estimer les émissions hors route à l'aide d'une méthodologie de Niveau 3 (par exemple, NONROAD (USEPA 2005a) et COPERT (Ntziachristos 2000)).

Pour estimer les émissions de CO₂ imputables aux additifs à base d'urée des convertisseurs catalytiques (émissions non combustives), on utilise l'Équation 3.3.4 :

$$\text{ÉQUATION 3.3.4}$$

$$\text{ÉMISSIONS DES CONVERTISSEURS CATALYTIQUES A UREE}$$

$$Emissions = Activité \cdot \left(\frac{12}{60}\right) \cdot \text{Facteur de pureté} \cdot \left(\frac{44}{12}\right)$$

Où :

- Émissions = Émissions de CO₂ (kg)
- Activité = Masse (kg) d'additifs à base d'urée consommés dans les convertisseurs catalytiques
- Facteur de pureté = Fraction d'urée dans les additifs à base d'urée (si pour cent, diviser par 100)

Le facteur (12/60) capture la conversion stœchiométrique de l'urée (CO(NH₂)₂) en carbone, alors que le facteur (44/12) convertit le carbone en CO₂.

3.3.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSIONS

Les facteurs d'émission par défaut du CO₂ présument que 100% du carbone du carburant est oxydé en CO₂, que le carbone soit initialement émis sous forme de CO₂, CO, COVNM ou particules.

Les données de PCN et FEC spécifiques au pays devraient être utilisées pour les Niveaux 2 et 3. Les organismes chargés des inventaires peuvent vouloir consulter CORINAIR 2004 ou la base de données EFDB pour des facteurs d'émission, tout en notant qu'ils restent responsables de s'assurer que les facteurs d'émission de la base EFDB s'appliquent au contexte national.

Pour un exemple d'approche de Niveau 3, consulter l'Encadré 3.3.1 qui donnent plus d'informations sur l'adaptation du modèle d'émission NONROAD à l'aide de données spécifiques au pays ainsi que sur le modèle permettant d'améliorer les facteurs d'émission nationaux.

Les facteurs d'émission par défaut du CO₂ et leurs plages d'incertitude, et les facteurs d'émission par défaut de CH₄ et N₂O pour le Niveau 1 sont indiqués au Tableau 3.3.1. Pour estimer les émissions de CO₂, les organismes chargés des inventaires ont également la possibilité d'utiliser des facteurs d'émission basés sur la consommation de carburant par les véhicules hors route spécifique au pays.

TABLEAU 3.3.1									
FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAUT POUR LES SOURCES MOBILES ET LES MACHINES HORS ROUTE ^(A)									
Source hors route	CO ₂			CH ₄ ^(b)			N ₂ O ^(c)		
	Valeur par défaut (kg/TJ)	Limite inférieure	Limite supérieure	Valeur par défaut (kg/TJ)	Limite inférieure	Limite supérieure	Valeur par défaut (kg/TJ)	Limite inférieure	Limite supérieure
Diesel									
Agriculture	74 100	72 600	74 800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Foresterie	74 100	72 600	74 800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Industrie	74 100	72 600	74 800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Foyers	74 100	72 600	74 800	4,15	1,67	10,4	28,6	14,3	85,8
Essence 4 temps									
Agriculture	69 300	67 500	73 000	80	32	200	2	1	6
Foresterie	69 300	67 500	73 000						
Industrie	69 300	67 500	73 000	50	20	125	2	1	6
Foyers	69 300	67 500	73 000	120	48	300	2	1	6
Essence 2 temps									
Agriculture	69 300	67 500	73 000	140	56	350	0,4	0,2	1,2
Foresterie	69 300	67 500	73 000	170	68	425	0,4	0,2	1,2
Industrie	69 300	67 500	73 000	130	52	325	0,4	0,2	1,2
Foyers	69 300	67 500	73 000	180	72	450	0,4	0,2	1,2

Source : AEE 2005.

Note : Les valeurs de facteur d'émission du CO₂ représentent la teneur en carbone totale.

^a Les données indiquées au Tableau 3.3.1 sont basées sur les sources mobiles et la machinerie hors route européennes. Pour l'essence, au cas où la consommation de carburant par secteur n'est pas différenciée, des valeurs par défaut peuvent être obtenues selon le contexte national, prévalence d'un secteur donné ou pondération par activité, par exemple.

^b Y compris pertes diurnes, pertes par imprégnation et pertes en opération.

^c En général, les véhicules hors route n'ont pas de catalyseurs pour le contrôle des émissions (il peut y avoir des exceptions parmi les véhicules hors route dans les zones urbaines, comme les équipements de soutien au sol utilisés dans les aéroports et les ports urbains). Des catalyseurs fonctionnant correctement convertissent les oxydes d'azote en N₂O et le CH₄ en CO₂. Cependant, une exposition des catalyseurs à des carburants riches en soufre ou au plomb, même une seule fois, cause une détérioration permanente (Walsh, 2003). Cet effet, s'il s'applique, doit être examiné lorsqu'on ajuste les facteurs d'émission.

3.3.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Des données sur les activités descendantes complètes sur les véhicules hors route sont rarement disponibles, et lorsqu'elles le sont des études statistiques seront nécessaires pour estimer la part du carburant de transport utilisée par les véhicules hors route. La conception des études est discutée au Chapitre 2 du Vol.1 (Approches à la collecte de données). Les études devraient être au niveau de désagrégation indiqué au Tableau 3.3.1 pour utiliser les données par défaut sur les facteurs d'émission, et être plus détaillées pour les niveaux supérieurs. Pour l'approche de Niveau 3, des instruments de modélisation sont disponibles pour estimer la quantité de carburant consommé par chaque sous-catégorie d'équipement. L'Encadré 3.3.1 donne des informations sur l'utilisation du modèle d'émissions NONROAD. Ce modèle peut également être développé pour incorporer des modifications spécifiques au pays (voir Encadré 3.3.2 pour l'expérience canadienne).

ENCADRE 3.3.1
MODELE D'EMISSION NONROAD (USEPA)

NONROAD 2005 est un modèle mathématique mis au point par l'USEPA et peut être utilisé pour estimer et prévoir les émissions des secteurs du transport hors route. Le modèle lui-même et toute la documentation disponible y afférent sont accessibles sur le site de l'EPA (<http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>). Ce modèle estime les émissions de six gaz d'échappement : les hydrocarbures (HC), NOX, le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂), les oxydes de soufre (SOX), et les particules. L'utilisateur choisit parmi cinq types différents de rapports pour les HC – comme les hydrocarbures totaux (HCT), les gaz organiques totaux (GOT), les gaz organiques autres que le méthane, les hydrocarbures non méthaniques, et les composés organiques volatils (COV).

Généralement ce modèle peut réaliser une estimation ascendante des émissions imputables à des sources définies en utilisant des paramètres spécifiques d'équipement tels que : (i) les types de moteur; (ii) les heures d'utilisation annuelles; (iii) la puissance nominale (cheval-vapeur); (iv) le facteur de charge (pourcentage de cycle de charge et de cycle de service), et la consommation de carburant spécifique au frein (carburant consommé par cheval-vapeur par heure). La fonction calculera la quantité de carburant consommée par sous catégorie d'équipement. Par la suite, les facteurs d'émission spécifiques au sous-secteur (technologie/carburant) peuvent alors être utilisés pour développer les estimations d'émission. Le modèle est sensible aux paramètres choisis mais peut être utilisé pour ventiler les estimations d'émission développées à l'aide d'une approche descendante.

Il n'est pas inhabituel que les résultats d'une approche ascendante utilisant ce modèle devienne par rapport aux résultats d'une approche descendante similaire par un facteur de 2 (100%). Par conséquent, les utilisateurs sont avertis de revoir la documentation pour les zones où cette différence peut être réduite par un ajustement prudent de leurs propres intrants. Ils doivent donc avoir une certaine connaissance des types de moteur et de la composition carburant/technologie de la région évaluée. Cependant des ajustements raisonnables peuvent être établis sur base de : des niveaux nationaux de fabrication, des données sur l'import/export, du temps de vie estimé et des fonctions de démolition. Les fonctions de démolition tentent de définir le taux d'attrition de l'équipement et peuvent aider à illustrer les types de moteur en circulation actuellement sur base des inventaires d'équipement historiques (voir Encadré 3.2.3. de la Section 3.2 du présent volume).

3.3.1.4 EXHAUSTIVITE

Il conviendra d'éviter une duplication des données sur les activités liées au transport hors route et au transport routier. La validation de la consommation du carburant devra suivre les principes indiqués à la Section 3.2.1.3. Les lubrifiants devront être comptabilisés en fonction de leur utilisation dans les véhicules hors route. Les lubrifiants qui sont mélangés avec de l'essence moteur et brûlés devront être inclus avec les données sur la consommation de carburant. Les autres utilisations de lubrifiants sont couvertes dans le Volume 3 : PIUP, au Chapitre 5.

Les quantités de carbone imputables à la biomasse, par exemple, les biodiesels, les carburants oxygénés et quelques autres agents de mélange, doivent être estimés séparément, et présentés comme élément pour information pour éviter le double comptage étant donné que ces émissions sont déjà prises en compte dans le secteur AFAT.

3.3.1.5 DEVELOPPEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les *bonnes pratiques* consistent à déterminer les données sur les activités (la consommation de carburant, par exemple) à l'aide de la même méthode pour toutes les années. Si cela n'est pas possible, les données collectées doivent se recouper suffisamment pour permettre la vérification de la cohérence des méthodes employées. S'il n'est pas possible de rassembler des données pour l'année de référence (1990, par exemple), il peut être approprié d'extrapoler les données rétroactivement en utilisant les tendances liées à d'autres données sur les activités.

Les émissions de CH₄ et de N₂O dépendront du type de moteur et de la technologie. Sauf si l'on dispose de facteurs d'émission spécifiques à la technologie, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser les mêmes ensembles de facteurs d'émission spécifiques au carburant pour toutes les années.

Les mesures d'atténuation modifiant la consommation de carburant totale seront aisément reflétées dans les estimations des émissions si l'on collecte des données de combustion de carburant directes. Mais les mesures d'atténuation modifiant les facteurs d'émission ne pourront être reflétées que par l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques aux moteurs, ou par l'adoption d'hypothèses sur la technologie de contrôle. Les variations temporelles des facteurs d'émission doivent être bien documentées.

Pour des informations supplémentaires pour déterminer les émissions de l'année de référence et pour assurer la cohérence des séries temporelles, voir Volume 1, Chapitre 5, Cohérence des séries temporelles.

ENCADRE 3.3.2

EXPERIENCE CANADIENNE AVEC LE MODELE HORS ROUTE

Utilisation du modèle pour améliorer les facteurs d'émission nationaux :

NONROAD se base initialement sur des données provenant des États-Unis mais peut être modifié pour une région donnée ou Partie en ajustant simplement les paramètres encodés présumés pour s'adapter aux situations locales. Les Parties peuvent vouloir définir leur région comme identique à l'une des régions des USA pour mieux imiter le climat saisonnier. Cependant un régime de température défini à l'avance peut aussi être encodé ailleurs. Le modèle NONROAD est donc prédéfini avec des données locales par défaut pour les USA, permettant par conséquent à leurs constituants de l'interroger immédiatement.

Le Canada a commencé à ajuster ce modèle en débutant des études nationales pour mieux évaluer les populations de moteurs spécifiques au pays, les technologies disponibles, les facteurs de charges et les valeurs de consommation de carburant spécifique au frein uniques à la région canadienne. Ces nouvelles informations faciliteront la création de fichiers d'entrées spécifiques au Canada et par conséquent ne modifieront pas l'algorithme de base du programme de l'EPA mais permettront l'exploitation complète des forces du programme en fournissant des populations plus représentatives et des définitions de fonctionnement. Via l'introduction de données d'entrée à l'incertitude plus faible, le modèle peut être utilisé en combinaison avec des statistiques nationales sur la consommation de carburant pour arriver à une estimation des émissions raisonnable et désagrégée. Lorsqu'elle se base sur un modèle sur route (« On-Road ») construit de manière similaire et pour lequel les paramètres de fonctionnement sont mieux compris, une estimation ascendante complète et « apparente » de la consommation de carburant peut être mise à l'échelle des ventes nationales totales de carburant. Le pays a utilisé ce concept de modélisation pour aider à améliorer les facteurs d'émission spécifiques au pays pour la consommation de carburant hors route. La consommation totale de carburant est estimée par type de carburant pour chacun des secteurs d'équipement hautement agrégés : (i) moteur à 2 temps *versus* moteurs à 4 temps ; (ii) les sous-secteurs suivants : agriculture, forêt, industrie, ménages et sous-secteur récréationnel ; (iii) essence *versus* diesel (allumage par étincelle *vs.* par compression). Une fois que le modèle rapporte la quantité totale de carburants consommés selon cette matrice, un facteur d'émission composite est élaboré sur base des moyennes pondérées des sous-secteurs participants et leurs facteurs d'émission uniques. Les proportions des 2 temps par rapport aux 4 temps contribueront à un FE d'essence hors route moyen alors que le FE du diesel est déterminé directement. Les facteurs d'émission liés à la plupart des gaz à PRG ne sont actuellement pas bien étudiés et documentés en Amérique du Nord et par conséquent, le Canada a utilisé historiquement les facteurs d'émission CORINAIR applicable pour ces secteurs d'équipement agrégés. Les similitudes entre les technologies précédentes présentes en Europe et en Amérique du Nord permettent cette utilisation sans introduire une incertitude irraisonnable.

3.3.2 Évaluation des incertitudes

Les émissions de gaz à effet de serre imputables aux sources hors route sont généralement beaucoup moins élevées que celles imputables au transport routier, mais les activités dans cette catégorie sont diverses et sont donc généralement associées à des incertitudes plus élevées étant donné l'incertitude supplémentaire des données sur les activités.

Ces types d'équipement et leurs conditions de fonctionnement sont généralement plus variés que ceux du transport routier, ce qui peut amener une variation plus importante des facteurs d'émission et donc des incertitudes plus élevées. Cependant, l'estimation de l'incertitude sera probablement dominée par les données sur les activités. Il est donc raisonnable d'estimer que les valeurs de la Section 3.2.1.2 s'appliqueront comme valeurs par défaut. En outre, les contrôles des émissions, s'ils sont en place, ne seront probablement pas mis en œuvre en

raison d'une panne de catalyseur (par exemple due à une exposition à un carburant riche en soufre). Aussi les émissions de N_2O et CH_4 seront-elles plus étroitement liées aux facteurs liés à la combustion tels que les carburants et la technologie moteur plutôt qu'aux systèmes de contrôle des émissions.

3.3.2.1 INCERTITUDES DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

L'incertitude des données sur les activités est déterminée par l'exactitude des enquêtes ou des modèles ascendants sur lesquels sont basées les estimations de l'utilisation de carburant par source hors route et par type de carburant (voir Tableau 3.3.1 pour une classification par défaut). Cela sera très spécifique au cas, mais des incertitudes de facteur 2 sont certainement possibles, à moins que le plan d'échantillonnage ne montre le contraire.

3.3.3 Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires

Les *bonnes pratiques* recommandent d'effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 6 du Volume 1, un examen d'experts des estimations des émissions, ainsi que des vérifications supplémentaires si des méthodes de niveau supérieur sont utilisées.

Outre les recommandations ci-dessus, des procédures spécifiques appropriées pour cette catégorie de source sont indiquées ci-dessous.

Examen des facteurs d'émission

L'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que la source de données originale pour les facteurs nationaux est applicable à chaque catégorie et que des contrôles de précision sur les acquisitions de données et les calculs ont été effectués. Pour les facteurs par défaut, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que les facteurs sont applicables et pertinents à la catégorie. Si possible, les facteurs par défaut du GIEC devront être comparés aux facteurs nationaux afin d'obtenir des indications supplémentaires de la pertinence des facteurs.

Vérification des données sur les activités

La source des données sur les activités devra être examinée pour vérifier son applicabilité et sa pertinence pour cette catégorie de source. Si possible, les données devront être comparées aux données sur les activités historiques ou aux rendements modèles pour rechercher les anomalies. Lorsque des données d'enquête ont été utilisées, la somme de l'utilisation du carburant sur route et hors route devra être cohérente avec les données sur le total de carburant utilisé dans le pays. En outre, une évaluation de l'exhaustivité devra être effectuée, comme indiqué à la Section 3.3.1.4.

Examen externe

L'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer un examen indépendant et objectif des calculs, hypothèses et documentation de l'inventaire d'émissions pour évaluer l'efficacité du programme de contrôle de la qualité. Ce contrôle par des tiers experts sera effectué par un (des) expert(s) connaissant bien la catégorie de source et conscient(s) des exigences des inventaires.

3.3.4 Présentation et documentation

Il est conforme aux *bonnes pratiques* de documenter et d'archiver toute l'information requise pour produire les estimations d'inventaire national d'émissions, comme souligné au Chapitre 8 du Volume 1.

Il n'est pas possible d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire devra inclure des résumés des méthodes utilisées et des références aux données de base pour que les estimations d'émissions présentées soient transparentes et que l'on puisse retracer les étapes de leur calcul.

Quelques exemples de documentation spécifique et d'établissement de rapports pertinents pour cette catégorie source sont fournis ci-dessous.

En plus des rapports sur les émissions, les *bonnes pratiques* recommandent d'indiquer :

- La source des carburants et autres données ;
- Les facteurs d'émission utilisés et leurs références connexes ;
- L'analyse des incertitudes ou la sensibilité des résultats ou les deux par rapport aux variations des données d'entrée et des hypothèses.

- La base de la conception de l'enquête, lorsqu'une enquête est utilisée pour déterminer les données sur les activités.
- Des références aux modèles utilisés pour élaborer les estimations.

3.3.5 Tableaux de présentation et feuilles de travail

Voir les quatre pages des feuilles de travail (Annexe 1) pour l'approche sectorielle de Niveau 1 à compléter pour chaque catégorie de source. Les tableaux de présentation sont disponibles au Chapitre 8 du Volume 1.

3.4 CHEMINS DE FER

Les locomotives de chemins de fer sont généralement d'un de ces trois types : diesel, électrique ou à vapeur. Les locomotives diesel ont généralement des moteurs diesel en combinaison avec un alternateur ou une génératrice pour produire l'électricité nécessaire pour alimenter leurs moteurs de traction.

Les locomotives diesel sont de trois types principaux : locomotives de manœuvre ou de triage, autorails et locomotives de grande distance. Les locomotives de manœuvre sont équipées d'un moteur diesel avec une puissance utile d'environ 200 à 2000 kW. Les autorails sont principalement utilisés pour une traction ferroviaire de courte distance, trafic urbain/suburbain, par exemple. Ils sont équipés d'un moteur diesel avec une puissance utile d'environ 150 à 1000 kW. Les locomotives de grande distance sont utilisées pour une traction ferroviaire de grande distance – à la fois pour des marchandises et des passagers. Ils sont équipés d'un moteur diesel avec une puissance utile d'environ 400 à 4000 kW (AEE, 2005).

Les locomotives électriques sont alimentées en électricité produite dans les centrales électriques stationnaires, ainsi que d'autres sources. Les émissions liées sont abordées dans le chapitre sur la combustion stationnaire du présent volume.

À l'heure actuelle, les locomotives à vapeur sont généralement utilisées pour des opérations très localisées, principalement des attractions touristiques. Leur contribution aux émissions de gaz à effet de serre est donc faible. Cependant, le charbon a été utilisé dans une part importante des locomotives dans quelques pays, jusqu'aux années 1990. À des fins d'exhaustivité, ces émissions doivent être estimées à l'aide d'une approche similaire à celle utilisées pour les chaudières à vapeur conventionnelles, couvertes dans le chapitre sur la combustion stationnaire.

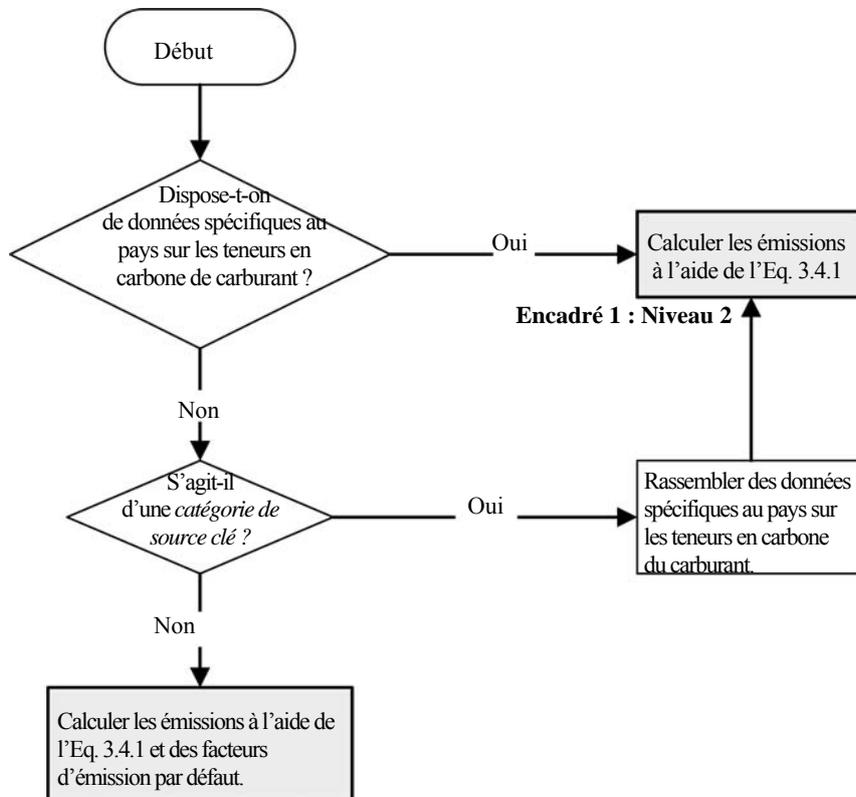
3.4.1 Questions méthodologiques

Les méthodologies utilisées pour estimer les gaz à effet de serre imputables aux véhicules de chemin de fer (Section 3.4.1.1) n'ont pas fondamentalement changé depuis la publication des *Lignes directrices 1996 du GIEC* et le *GPG2000*. Cependant, pour rester cohérent avec le chapitre relatif à la combustion stationnaire, les émissions de CO₂ sont à présent estimées sur base de la teneur en carbone totale du carburant. Le présent chapitre présente les *bonnes pratiques* pour développer les estimations des émissions de gaz à effet de serre directs : le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Pour les gaz précurseurs, ou les gaz à effet de serre indirects tels que CO, COVNM, SO₂, les particules et NO_x, veuillez consulter le Guide EMEP/Corinair (AEE, 2005) pour d'autres sources mobiles).

3.4.1.1 CHOIX DE LA METHODE

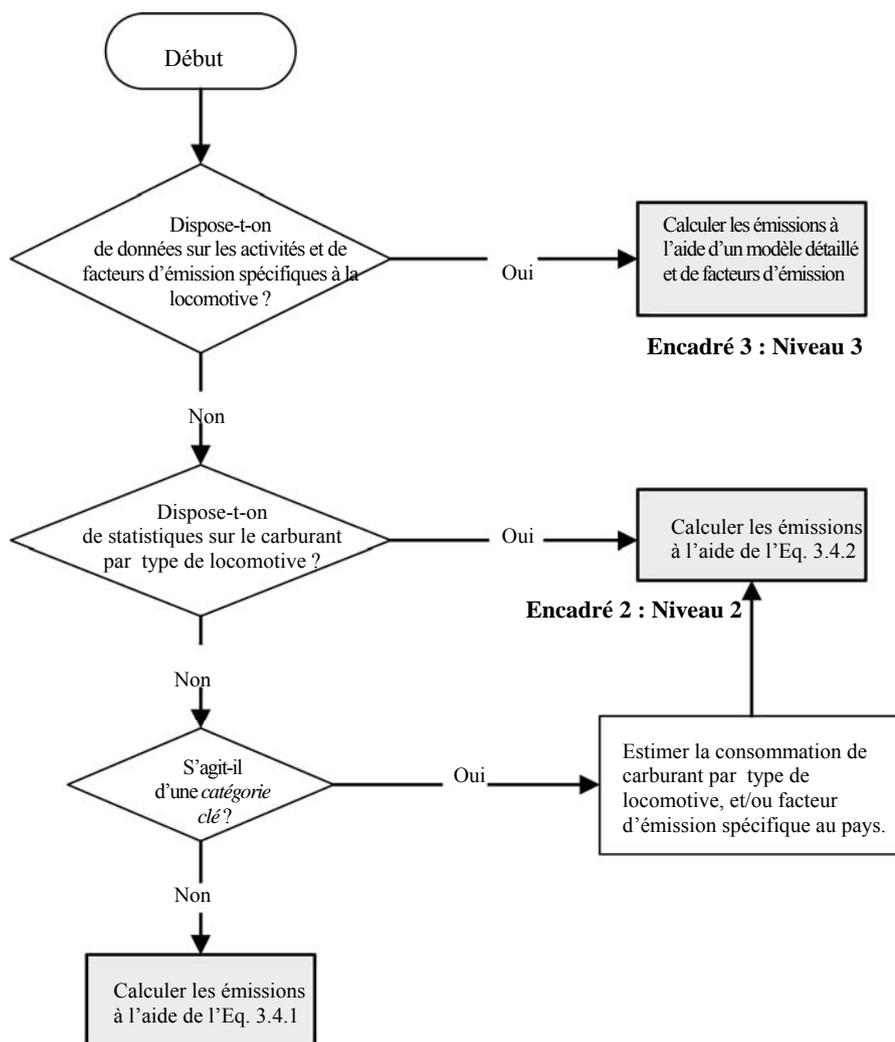
Il existe trois options méthodologiques pour estimer les émissions de CO₂, CH₄, et N₂O imputables aux chemins de fer. Les diagrammes décisionnels aux Figures 3.4.1 et 3.4.2 présentent les critères pour le choix de la méthodologie.

Figure 3.4.1 Diagramme décisionnel pour estimer les émissions de CO₂ imputables aux chemins de fer



Note : Voir le Chapitre 4 du Volume 1, « Choix méthodologique et catégories de source clés » (dont la Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour des informations sur les *catégories de source clés* et l'utilisation des diagrammes décisionnels.

Figure 3.4.2 Diagramme décisionnel pour estimer les émissions de CH₄ et N₂O imputables aux chemins de fer



Note : Voir le Chapitre 4 du Volume 1, « Choix méthodologique et catégories de source clés » (dont la Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour des informations sur les *catégories de source clés* et l'utilisation des diagrammes décisionnels.

Les trois niveaux des méthodologies d'estimation des émissions sont des variantes d'une même équation fondamentale :

ÉQUATION 3.4.1
METHODE GENERALE POUR LES EMISSIONS IMPUTABLES AUX LOCOMOTIVES

$$Emissions = \sum_j (Carburant_j \cdot FE_j)$$

Où :

Émissions = émissions (kg)

Carburant_j = type de carburant j consommé (tel que représenté par la quantité de carburant vendue) en (TJ)

FE_j = facteur d'émission pour le type de carburant j, (kg/TJ)

j = type de carburant

Au Niveau 1, les émissions sont estimées à l'aide des facteurs d'émission par défaut spécifiques au carburant indiqués au Tableau 3.4.1, en supposant que pour chaque type de carburant le carburant total est consommé par un seul type de locomotive. Pour le CO₂, le Niveau 2 utilise de nouveau l'Équation 3.4.1 avec des données spécifiques au pays sur la teneur en carbone du carburant. Il y a peu ou pas d'avantage à utiliser une méthode supérieure au Niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO₂.

En ce qui concerne le Niveau 2 pour le CH₄ et le N₂O, les émissions sont estimées à l'aide des facteurs d'émission spécifiques au pays et au carburant de l'Équation 3.4.2. S'ils sont disponibles, les facteurs d'émission devraient être spécifiques au type de technologie utilisée dans les locomotives.

ÉQUATION 3.4.2
METHODE DE NIVEAU 2 POUR LES EMISSIONS DE CH₄ ET N₂O IMPUTABLES AUX LOCOMOTIVES

$$Emissions = \sum_i (Carburant_i \bullet FE_i)$$

Où :

Émissions = émissions (kg)

Carburant_i = carburant consommé (tel que représenté par la quantité de carburant vendue) par type de locomotive i, (TJ)

FE_i = facteur d'émission pour le type de locomotive i, (kg/TJ)

i = type de locomotive

Si les données sont disponibles, les méthodes de Niveau 3 utilisent une modélisation plus détaillée de l'utilisation de chaque type de moteur et de train, ce qui affectera les émissions par la dépendance des facteurs d'émission à la charge. Les données nécessaires incluent la consommation de carburant qui peut être davantage classifiée selon le type de trajet (locomotive à marchandises, interville, régional, par exemple) et les kilomètres parcourus par type de train. Ce type de données peut être rassemblé à d'autres fins (les émissions de polluants atmosphériques selon la vitesse et la géographie, ou pour la gestion des chemins de fer, par exemple).

L'Équation 3.4.3 est un exemple d'une méthodologie plus détaillée (Niveau 3), principalement basée sur la méthode USEPA pour l'estimation des émissions hors route (USEPA 2005 a & b). Elle utilise la formule de base suivante pour calculer les émissions (en Gg) :

ÉQUATION 3.4.3
EXEMPLE D'UNE METHODE DE NIVEAU 3 POUR LES EMISSIONS DE CH₄ ET N₂O IMPUTABLES AUX LOCOMOTIVES

$$Emission = \sum_i (N_i \bullet H_i \bullet P_i \bullet FC_i \bullet FE_i)$$

Où :

Émission = émission de CH₄ ou N₂O (kg)

N_i = nombre de locomotives de type i

H_i = heures annuelles d'utilisation de la locomotive i (h)

P_i = puissance nominale moyenne de la locomotive i (kW)

FC_i = facteur de charge typique de la locomotive i (fraction entre 0 et 1)

FE_i = facteur d'émission moyen pour la locomotive i [kg/kWh]

i = type de locomotive et type de trajet

Dans cette méthodologie, les paramètres H, P, FC et FE peuvent être sous-divisés. Par exemple, H peut être sous-divisé en modèle d'utilisation dépendant de l'âge (AEE, 2005). Des instruments de modélisation détaillés sont disponibles pour estimer les émissions imputables aux locomotives à l'aide de méthodologies de Niveau 3 (RAILI (VTT 2003); NONROAD (USEPA 2005a et b); COST 319 (Jorgensen & Sorenson, 1997), par exemple). Veuillez consulter l'Encadré 3.4.1 pour un exemple d'une approche de Niveau 3.

3.4.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Les facteurs d'émission par défaut pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O et leurs plages d'incertitude pour le Niveau 1 sont indiqués au Tableau 3.4.1. Pour estimer les émissions de CH₄ et de N₂O, les organismes chargés des inventaires sont encouragés à utiliser des facteurs d'émissions spécifiques au pays pour les locomotives, si ceux-ci sont disponibles.

Gaz	Diesel (kg/TJ)			Charbon sous-bitumineux (kg/TJ)		
	Valeur par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure	Valeur par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure
CO ₂	74 100	72 600	74 800	96 100	72 800	100 000
CH ₄ ⁽¹⁾	4,15	1,67	10,4	2	0,6	6
N ₂ O ₍₁₎	28,6	14,3	85,8	1,5	0,5	5

Notes :

¹ Pour une consommation de carburant moyenne de 0,35 litre par bhp-hr (puissance au frein-heure) pour une locomotive de 4000 CV (0,47 litre par kWh pour une locomotive de 2983 kW). (Dunn, 2001).

² Les facteurs d'émission pour le diesel sont obtenus de (AEE, 2005) (Tableau 8-1), et du Tableau 2.2 du chapitre sur la combustion stationnaire.

Ces facteurs d'émission par défaut peuvent, pour des gaz autres que le CO₂, être modifiés en fonction des paramètres de conception du moteur et conformément à l'Équation 3.4.4, à l'aide des facteurs de pondération des polluants indiqués au Tableau 3.4.2

<p>ÉQUATION 3.4.4</p> <p>PONDERATION DES FACTEURS D'ÉMISSION DE CH₄ ET N₂O</p> <p>POUR DES TECHNOLOGIES SPÉCIFIQUES</p> $FE_{i,diesel} = FPP_i \cdot FE_{défaut,diesel}$

Où :

- $FE_{i,diesel}$ = facteur d'émission spécifique au moteur pour le type de locomotive i, (kg/TJ)
- FPP_i = facteur de pondération des polluants pour une locomotive de type i [sans dimension]
- $FE_{défaut,diesel}$ = facteur d'émission par défaut pour le diesel (s'applique à CH₄, N₂O) (kg/TJ)

Type de moteur	CH ₄	N ₂ O
Injection directe naturellement aspirée	0,8	1,0
Injection directe et turbocompresseur / Injection directe et turbocompresseur avec échangeur d'air	0,8	1,0
Injection pré-chambre naturellement aspirée	1,0	1,0
Injection pré-chambre et turbocompresseur	0,95	1,0
Injection pré-chambre et turbocompresseur avec échangeur d'air	0,9	1,0

Source : AEE 2005 (Tableau 8-9);

Pour prendre en compte l'augmentation des émissions de CH₄ et N₂O avec l'âge, les facteurs d'émission par défaut de CH₄ peuvent être augmentés de 1,5 pour cent par an alors que la détérioration pour N₂O est négligeable (AEE, 2005).

ENCADRE 3.4.1
EXEMPLE D'UNE APPROCHE DE NIVEAU 3

Les réglementations de l'EPA (Agence de protection de l'environnement) de 1998 sur les moteurs diesel hors route sont structurées selon une progression à 3 niveaux (USEPA, 1998). Chaque niveau implique une mise en place (par puissance nominale) sur plusieurs années. Les normes de l'USEPA de Niveau 0 ont été introduites jusqu'en 2001. Les normes de l'USEPA de Niveau 1 les plus rigoureuses ont été mises en oeuvre de 2002 à 2004, et les normes de l'USEPA de Niveau 2, encore plus rigoureuses, ont été introduites à partir de 2005 et au-delà. Les améliorations principales concernent les émissions de NO_x et de particules dans les niveaux USEPA. L'utilisation de diesel amélioré avec une teneur en soufre plus faible contribue à réduire les émissions de SO₂. Le tableau ci-dessous donne des facteurs d'émission par niveau de technologie générale pour celles-ci et pour d'autres locomotives de plus de 3000 CV. Les facteurs d'émission peuvent également être donnés en g/passager-kilomètre pour les niveaux supérieurs si l'on dispose d'informations spécifiques au pays (Hahn, 1989 ; UNECE 2002, par exemple).

FACTEURS D'EMISSION PAR NIVEAU DE TECHNOLOGIE GENERALE								
Modèle	Moteur	Puissance		Consommation de carburant diesel spécifique au frein (kg/kWh)	Niveaux d'émission rapportés (g/kWh)			
		CV	kW		NO _x	CO	HC	CO ₂
EMD SD-40	645E3B	3000	2237	0,246	15,82	2,01	0,36	440
EMD SD-60	710G3	3800	2834	0,219	13,81	2,68	0,35	391
EMD SD-70	710G3C	4000	2983	0,213	17,43	0,80	0,38	380
EMD SD-75	710G3EC	4300	3207	0,206	17,84	1,34	0,40	367
GE Dash 8	7FDL	3800	2834	0,219	16,63	6,44	0,64	391
GE Dash 9	7FDL	4400	3281	0,215	15,15	1,88	0,28	383
GE Dash 9	7FDL (Tier 0)	4400	3281	0,215	12,74	1,88	0,28	383
Evolution	GEVO 12	4400	3281	NA	10,86	1,21	0,40	NA
2TE116	1A-5Д49	6035	2●2250	0,214	16,05	10,70	4,07	382
2TE10M	10Д100	5900	2●2200	0,226	15,82	10,62	4,07	403
TEП60	11Д45	2950	2200	0,236	16,05	10,62	3,84	421
TEП70	2A-5Д49	3420	2550	0,211	15,83	10,55	4,01	377
2M62	14Д40	3943	2●1470	0,231	13,40	9,01	3,23	412

Sources:

¹ Informations sur les locomotives EMD et GE obtenues de Dunn, 2001. Estimations de faible niveau pour CO et HC pour les locomotives de grande distance sont 6,7 g/kWh et 1,3 g/kWh respectivement.

² Pour les modèles TE et 2M62, les estimations sont basées sur GSTU 1994.

3.4.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Des données sur la consommation de carburant au niveau national sont nécessaires pour estimer les émissions de CO₂ pour les approches de Niveau 1 et de Niveau 2. Pour estimer les émissions de CH₄ et N₂O à l'aide d'un Niveau 2, des données sur le niveau de catégorie des locomotives sont nécessaires. Les approches de Niveau 3 requièrent des données sur les activités pour les opérations (tonne-kilomètre brute et cycles de fonctionnement, par exemple) à un niveau de locomotive de grande distance spécifique. Ces méthodes nécessitent également d'autres informations spécifiques à la locomotive, comme la population de source (avec âge et plage de puissance), le kilométrage par tonnage de train, les heures annuelles d'utilisation et les modèles d'utilisation dépendants de l'âge, la puissance nominale moyenne (avec une distribution de puissance individuelle dans des plages de puissance données), le facteur de charge, des informations sur les sections (comme la topographie du terrain et la vitesse des trains). Il existe d'autres approches de modélisation pour les estimations de Niveau 3 (VTT 2003; AEE 2005).

Les compagnies de chemin de fer ou de locomotives, ou les autorités de transport pertinentes, peuvent être capables de fournir des données sur la consommation de carburant pour les locomotives longue distance et de triage. Il est probable que la contribution des locomotives de triage soit très faible pour presque tous les pays. Si la consommation annuelle de carburant n'est pas fournie séparément pour les locomotives de triage, il peut être possible d'estimer la consommation de carburant si l'on dispose de données types sur leur utilisation et l'utilisation de carburant quotidienne, selon l'Équation suivante :

ÉQUATION 3.4.5

ESTIMATIONS DE LA CONSOMMATION DE CARBURANT DES LOCOMOTIVES DE TRIAGE

Consommation de carburant de l'inventaire = Nombre de locomotives de triage • Consommation de carburant moyenne par locomotive et par jour • Nombre moyen de jours de fonctionnement par locomotive dans l'année

Le nombre de locomotives peut être obtenu des compagnies de chemins de fer ou des autorités de transport. Si la consommation de carburant moyenne par jour est inconnue, une valeur de 863 litres par jour peut être utilisée (USEPA, 2005a). Le nombre de jour de fonctionnement est généralement 365. Si l'on peut obtenir des données sur le nombre de locomotives de triage, l'inventaire des émissions peut être établi de manière approximative en supposant que tout le carburant est consommé par des locomotives grande distance.

Si les données sur la consommation de carburant sont disponibles pour la juridiction (État ou territoire) dans son ensemble, un double comptage peut se produire lorsque des locomotives d'une compagnie passent par la juridiction d'une autre compagnie. Ce problème peut être résolu à des niveaux supérieurs à l'aide de données de fonctionnement.

Lorsque des approches de niveau supérieur sont utilisées, il faut vérifier que les données sur la consommation de carburant utilisées pour le CO₂ soient cohérentes avec les données sur les activités utilisées pour CH₄ et N₂O.

3.4.1.4 EXHAUSTIVITE

Le carburant diesel est le type de carburant le plus utilisé dans les chemins de fer. Toutefois, les organismes chargés des inventaires devraient faire attention à ne pas omettre ou compter deux fois les autres carburants qui pourraient être utilisés dans les locomotives diesel à des fins de traction. Ceux-ci peuvent être mélangés avec du diesel et peuvent comprendre des carburants pétroliers (comme des fiouls résiduels, des fiouls ou d'autres distillats), des biocarburants (esters d'huile provenant de graine de colza, soja, tournesol, Jatropha, huile de Karanjia, ou graisses végétales et animales de récupération), et carburants synthétiques. Les biocarburants peuvent être utilisés dans tous les moteurs diesel avec peu ou pas de modification. Un mélange avec du diesel conventionnel est possible. Les carburants synthétiques incluent des distillats moyens synthétiques et de l'oxyde de méthyle, qui sont produits à partir de différents intermédiaires carbonés, y compris le gaz naturel, le fioul résiduel, les pétroles bruts lourds et le charbon via la production de gaz de synthèse. Le mélange varie et est actuellement de 2 à 5 pour cent de biocarburant, le reste étant du diesel de pétrole. On considère que les émissions de ces carburants présentent les mêmes caractéristiques que celles des carburants utilisés dans le secteur du transport routier. Les émissions de CO₂ imputables aux carburants obtenus de la biomasse doivent être rapportées comme éléments pour information et non incluses dans les totaux nationaux pour éviter un double comptage.

Les locomotives diesel peuvent brûler du gaz naturel ou du charbon pour chauffer les wagons. Bien que ces sources d'énergie puissent être « mobiles », les méthodes pour l'estimation des émissions imputables à la combustion de carburant pour le chauffage sont couvertes dans la section liée à la combustion stationnaire du présent volume. Les organismes chargés des inventaires doivent faire attention à éviter toute omission ou double comptage des émissions imputables à l'énergie utilisée pour le chauffage des wagons dans les chemins de fer.

Les locomotives diesel consomment également d'importantes quantités d'huiles lubrifiantes. Les émissions y afférentes sont traitées au Chapitre 5 du Volume PIUP.

Des chevauchements sont possibles avec d'autres secteurs de source. De nombreuses données statistiques n'incluront pas dans l'utilisation du carburant pour les chemins de fer le carburant utilisé dans d'autres activités comme les sources de chemins de fer stationnaires, les machines et les véhicules hors route, et les machines sur la voie. Leurs émissions ne doivent pas être incluses dans cette section mais dans les catégories pertinentes autres que les chemins de fer comme les sources stationnaires, hors route, etc. Si cela n'est pas le cas et il est impossible de séparer ces autres utilisations des locomotives, alors les *bonnes pratiques* recommandent de consigner ce fait dans toute présentation de l'inventaire ou dans les tableaux de présentation des émissions.

3.4.1.5 DEVELOPPEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les émissions de CH₄ et de N₂O dépendront du type de moteur et de la technologie. Sauf si l'on dispose de facteurs d'émission spécifiques à la technologie, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser les mêmes ensembles de facteurs d'émission spécifiques au carburant pour toutes les années.

Mais les mesures d'atténuation modifiant les facteurs d'émission ne pourront être reflétées que par l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques au moteur, ou par l'adoption d'hypothèses sur la technologie de contrôle. Ces changements devront être documentés de manière appropriée.

Pour des informations supplémentaires pour déterminer les émissions de l'année de référence et pour assurer la cohérence des séries temporelles, voir Volume 5, Chapitre 1, Cohérence des séries temporelles.

3.4.1.6 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Les émissions de gaz à effet de serre imputables aux chemins de fer sont généralement beaucoup plus faibles que celles dues au transport routier étant donné que les quantités de carburant consommées sont moindres, et également parce qu'ils fonctionnent souvent sur des lignes électrifiées. Dans ce cas, les émissions associées à l'utilisation de l'énergie dans les chemins de fer seront rapportées dans la catégorie production d'énergie et dépendront des caractéristiques de ce secteur.

Afin de réduire les incertitudes, une approche complète est nécessaire à la fois pour les facteurs d'émission et pour les données sur les activités, en particulier lorsque des données sur les activités ascendantes sont utilisées. L'utilisation de données représentatives estimées localement améliorera probablement la précision des estimations bien que des incertitudes restent importantes. Les *bonnes pratiques* recommandent de documenter les incertitudes à la fois des facteurs d'émission et des données sur les activités. Des recommandations supplémentaires sur les estimations de l'incertitude des facteurs d'émission sont disponibles au Chapitre 3 du Volume 1 : Incertitudes.

Incertitudes des facteurs d'émission

Le Tableau 3.4.1 donne des plages indiquant les incertitudes associées au carburant diesel. En l'absence d'informations spécifiques, la relation de pourcentage entre les valeurs limites supérieures et inférieures et l'estimation centrale peut être utilisée pour obtenir des plages d'incertitude par défaut associées aux facteurs d'émission pour les additifs.

Incertitudes des données sur les activités

L'incertitude des données sur les activités (utilisation du carburant) descendantes est probablement de l'ordre de 5 pour cent. L'incertitude des données désagrégées pour les estimations ascendantes (utilisation par type de train et utilisation de carburant par type de train) sera probablement supérieure à 10 pour cent et pourrait être plusieurs fois supérieure, en fonction de la qualité des études statistiques sous-jacentes. Les estimations ascendantes sont cependant nécessaires pour estimer les gaz autres que le CO₂ à des niveaux supérieurs. Ces calculs à des niveaux supérieurs pourraient également produire des estimations de CO₂, mais celles-ci seraient probablement plus incertaines qu'un Niveau 1 ou 2. Donc, lorsque les chemins de fer sont une *catégorie de source clé*, il convient d'utiliser une estimation descendante pour le CO₂ avec des teneurs en carbone du carburant spécifiques au pays, et des estimations de niveau plus élevé pour les autres gaz. Une estimation ascendante du CO₂ peut alors être utilisée pour des vérifications AQ/CQ.

Des recommandations supplémentaires sur les estimations de l'incertitude des données sur les activités sont disponibles au Chapitre 3 du Volume 1 : Incertitudes.

3.4.2 Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 6 du Volume 1 : Assurance de la qualité / Contrôle de la qualité et vérification.

Des vérifications additionnelles du contrôle de la qualité, expliquées dans les procédures de Niveau 2 du Chapitre 6 du Volume 1 peuvent aussi être applicables, en particulier si des méthodes de niveau supérieur sont utilisées pour déterminer les émissions imputables à cette catégorie de source. Les organismes chargés des inventaires sont invités à utiliser des AQ/CQ de niveau supérieur pour les *catégories de source clés*, comme indiqué au Chapitre 4 du Volume 1 : Choix méthodologique et identification des catégories de source clés. Outre

les recommandations ci-dessus, des procédures spécifiques appropriées pour cette catégorie de source sont indiquées ci-dessous.

Examen des facteurs d'émission

L'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que la source de données originale pour les facteurs nationaux est applicable à chaque catégorie et que des contrôles de précision sur les acquisitions de données et les calculs ont été effectués. Pour les facteurs du GIEC par défaut, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que les facteurs sont applicables et pertinents à la catégorie. Si possible, les facteurs par défaut du GIEC devront être comparés aux facteurs nationaux afin d'obtenir des indications supplémentaires de la pertinence des facteurs.

Vérification des données sur les activités

La source des données sur les activités devra être examinée pour vérifier son applicabilité et sa pertinence pour cette catégorie de source. Si possible, les données devront être comparées aux données sur les activités historiques ou aux rendements modèles pour rechercher les anomalies. Les données peuvent être vérifiées à l'aide d'indicateurs de productivité tels que le carburant par unité de rendement de distance des chemins de fer (marchandises- et voyageurs-kilomètres), comparés avec d'autres pays et pour différentes années.

3.4.3 Présentation et documentation

Il est conforme aux *bonnes pratiques* de documenter et d'archiver toutes les informations requises pour produire les estimations d'émission d'un inventaire national, comme souligné au Chapitre 8 du Volume 1, Directives sur l'établissement des rapports et tableaux.

En plus des rapports sur les émissions, les *bonnes pratiques* recommandent d'indiquer :

- Comment les informations détaillées nécessaires pour les estimations ascendantes ont-elles été obtenues et quelles incertitudes doivent être estimées ;
- Comment les méthodes ascendantes d'utilisation du carburant sont-elles comparées aux statistiques descendantes sur l'utilisation du carburant.
- Les facteurs d'émission utilisés et leurs références associées, en particulier pour les additifs ;
- Comment les composants des biocarburants ont été identifiés.

L'inclusion possible des carburants utilisés pour des utilisations autres que dans les locomotives (voir Section 3.4.1.2 ci-dessus).

3.4.4 Tableaux de présentation et feuilles de travail

Voir les quatre pages des feuilles de travail (Annexe 1) pour l'approche sectorielle de Niveau I à compléter pour chaque catégorie de source. Les tableaux de présentation sont disponibles à la Section 8 du Volume 1.

3.5 NAVIGATION

Cette catégorie de source inclut tout le transport depuis les embarcations de plaisance jusqu'aux grands navires de charge de haute mer qui sont le plus souvent équipés de gros moteurs diesel marins, à vitesse moyenne et lente, et quelquefois de turbine à gaz et à vapeur. Elle inclut les aéroglisseurs et les hydroptères. La navigation produit des émissions de dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄) et oxyde nitreux (N₂O), ainsi que du monoxyde de carbone (CO), des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), du dioxyde de soufre (SO₂), des particules et des oxydes d'azote (NO_x).

La Section 3.5.5 contient des définitions des termes spécialisés qui peuvent être utiles à l'organisme chargé de l'inventaire.

3.5.1 Questions méthodologiques

La présente section porte particulièrement sur les gaz à effet de serre directs CO₂, CH₄, et N₂O. La catégorie de source est présentée en détail au Tableau 3.5.1. Les méthodes discutées peuvent également être utilisées pour estimer les émissions imputables à la navigation militaire (voir Section 3.5.1.4). Pour l'inventaire des émissions, une distinction est faite entre la navigation nationale et internationale. Toute émission fugitive imputable au

transport de carburants fossiles (par pétrolier, par exemple) devrait être estimée et rapportée dans la catégorie « émissions fugitives » tel qu'indiqué au chapitre 4 du présent volume.

3.5.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Les *Lignes directrices* présentent deux niveaux méthodologiques pour l'estimation des émissions de CO₂, CH₄ et N₂O imputables à la navigation. Les méthodes de Niveau 1 et de Niveau 2 reposent sur l'application de facteurs d'émission aux données sur la consommation de carburants. Le diagramme décisionnel présenté à la Figure 3.5.1 permet de choisir entre les deux niveaux. Les émissions sont estimées séparément pour la navigation nationale et internationale.

Niveau 1

La méthode de Niveau 1 est la plus simple et peut être appliquée soit avec des valeurs par défaut soit avec des informations spécifiques au pays. Les données et les facteurs d'émission liés à la consommation de carburant dans la méthode de Niveau 1 sont spécifiques au type de carburant et devraient être appliqués aux données sur les activités correspondantes (par exemple gasoil/diesel utilisé pour la navigation). Le calcul est basé sur la quantité de carburant consommé et sur les facteurs d'émission pour le CO₂, le CH₄, et le N₂O. Le calcul est indiqué à l'Équation 3.5.1 et les facteurs d'émission sont donnés au Tableaux 3.5.2 et 3.5.3

<p>ÉQUATION 3.5.1 ÉQUATION LIEE A LA NAVIGATION</p> $Emissions = \sum (Carburant\ consommé_{ab} \cdot Facteur\ d'\ emission_{ab})$

Où :

a = type de carburant (diesel, essence, LPG, soutes, etc.)

b = type de navigation (type de navire ou de bateau, et éventuellement type de moteur, par exemple) (Le carburant utilisé n'est différent selon le type de navire qu'avec l'approche de Niveau 2. b peut donc être ignoré au Niveau 1)

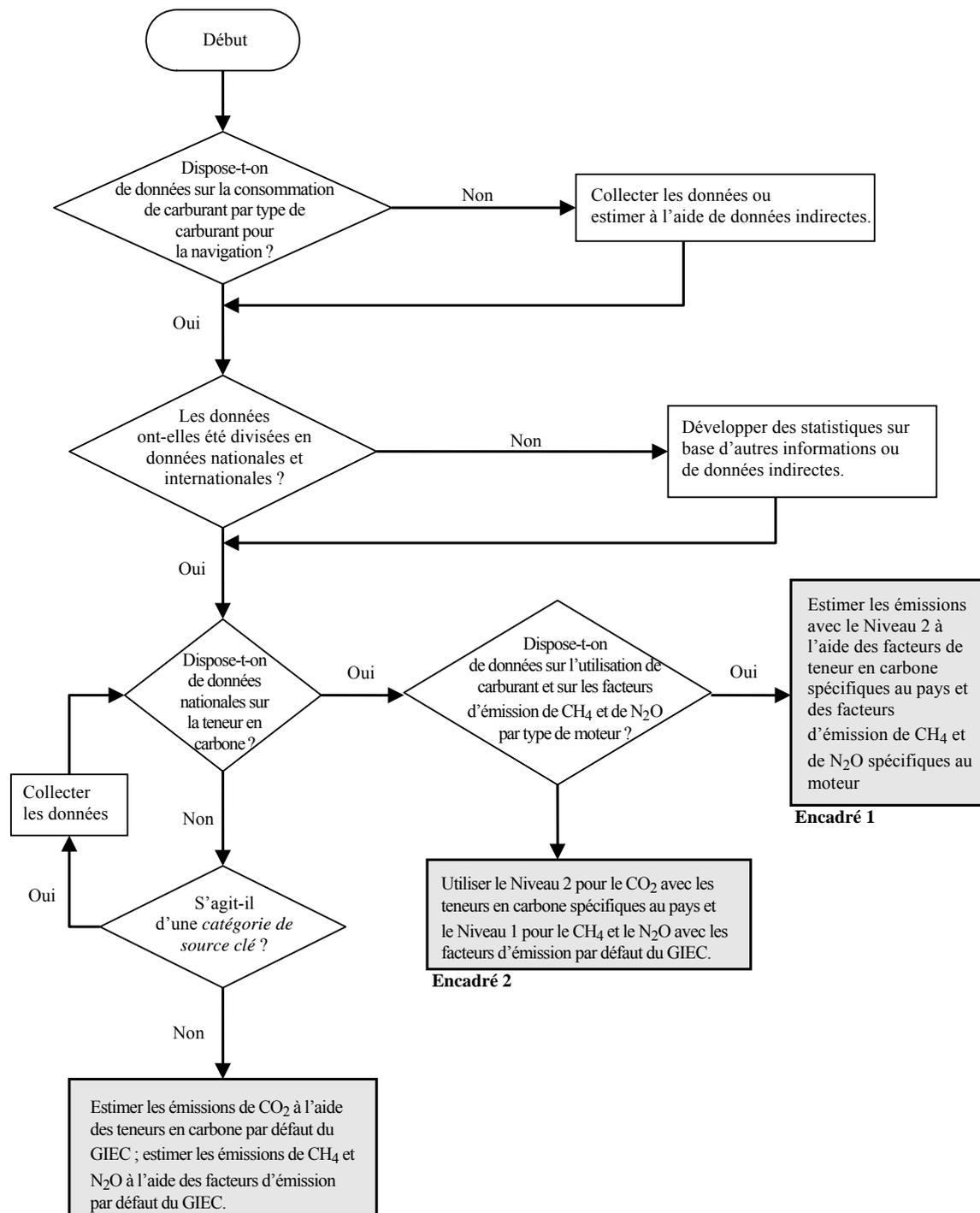
Niveau 2

La méthode de Niveau 2 utilise également la consommation de carburant par type de carburant, mais nécessite des facteurs d'émission spécifiques au pays avec une plus grande spécificité dans la classification des modes (navires et bateaux de haute mer, par exemple), type de carburant (fioul, par exemple), et même le type de moteur (diesel, par exemple) (Équation 3.5.1). En appliquant le Niveau 2, les organismes chargés de l'inventaire devraient noter que le Guide d'Inventaires des Émissions EMEP/CORINAIR (EEA, 2005) propose une méthodologie détaillée pour l'estimation des émissions des navires selon le type de moteur et de navire et des données sur les mouvements des navires. La méthodologie des mouvements des navires peut être utilisée lorsque des données détaillées sur les mouvements des navires et des informations techniques détaillées sur les navires seront disponibles et pourront être utilisées pour différencier les émissions dues à la navigation nationale et à la navigation internationale.

TABLEAU 3.5.1
STRUCTURE DES CATEGORIES DE SOURCE

Catégorie de source	Champ d'application
1 A 3 d Navigation	Émissions imputables aux carburants utilisés pour faire avancer les navires, y compris les aéroglisseurs et les hydroptères, mais excepté les bateaux de pêche. La distinction entre navigation internationale et nationale doit être déterminée sur base des ports de départ et d'arrivée, et non par le drapeau ou la nationalité du navire.
1 A 3 d i <i>Navigation internationale (Soutes internationales)</i>	Émissions imputables aux carburants utilisés par les navires de tout pavillon engagés dans la navigation internationale. La navigation internationale peut avoir lieu en mer, sur les lacs et les voies d'eau intérieurs et dans les eaux côtières. Inclut les émissions imputables aux voyages d'un navire qui part d'un pays et arrive dans un pays différent. N'inclut pas la consommation par les bateaux de pêche (voir « autre secteur – Pêche »). Les émissions imputables à la navigation militaire internationale peuvent être incluses comme sous-catégorie distincte de la navigation internationale pour autant que la même distinction s'applique quant à la définition et que des données soient disponibles pour soutenir celle-ci.
1 A 3 d ii <i>Navigation nationale</i>	Émissions imputables aux carburants utilisés par les navires de tout pavillon qui démarrent et arrivent dans le même pays (excepté la pêche qui doit être rapportée dans la catégorie 1 A 4 c iii, et la navigation militaire, qui doit être rapportée dans la catégorie 1 A 5 b). Noter que cela peut inclure des voyages d'une distance relativement importante entre deux ports dans un pays (San Francisco à Honolulu, par exemple).
1 A 4 c iii <i>Pêche (combustion mobile)</i>	Émissions imputables aux carburants utilisés dans la pêche continentale, la pêche côtière et la pêche hauturière. La pêche doit couvrir les navires de tout pavillon qui se sont ravitaillés en carburant dans le pays (y compris la pêche internationale).
1 A 5 b Sources mobiles (<i>composants de la navigation</i>)	Toutes les autres émissions mobiles liées à la navigation imputables à la combustion de carburant non spécifiées dans une autre catégorie. Inclut les émissions imputables à la navigation militaire imputables au carburant livré aux forces armées du pays non incluses séparément dans la catégorie 1 A 3 d i ainsi que le carburant livré dans le pays mais utilisé par les forces armées d'autres pays qui ne sont pas engagées dans des opérations multilatérales.
Opérations multilatérales (<i>composants de la navigation</i>)	Émissions imputables aux carburants utilisés pour la navigation dans le cadre d'opérations multilatérales conformément à la Charte des Nations Unies, y compris les émissions imputables aux carburants livrés aux forces armées dans le pays et aux forces armées d'autres pays.

Figure 3.5.1 Diagramme décisionnel pour les émissions imputables à la navigation



Note : Voir le Chapitre 4 du Volume 1, « Choix méthodologique et catégories de source clés » (dont la Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour des informations sur les *catégories de source clés* et l'utilisation des diagrammes décisionnels.

3.5.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

NIVEAU 1

Les facteurs d'émission par défaut pour le dioxyde de carbone (Tableau 3.5.2) sont basés sur le type de carburant et la teneur en carbone, et tiennent compte de la fraction de carbone oxydé (100 pour cent), comme décrit au Chapitre 1, Introduction, du présent volume et u Tableau 1.4).

TABLEAU 3.5.2 FACTEURS D'EMISSION DU CO ₂			
kg/TJ			
Carburant	Valeur par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure
Essence	69 300	67 500	73 000
Autres kérosènes	71 900	70 800	73 600
Gasoil / Diesel	74 100	72 600	74 800
Fiouls résiduels	77 400	75 500	78 800
Gaz de pétrole liquéfiés	63 100	61 600	65 600
Autres pétroles	Gaz de raffinerie	57 600	48 200
	Cires de pétrole	73 300	72 200
	White spirit et SBP	73 300	72 200
	Autres produits pétroliers	73 300	72 200
Gaz naturel	56 100	54 300	58 300

Pour les gaz autres que le CO₂, les facteurs d'émission par défaut de Niveau 1 sont indiqués à un niveau très général au Tableau 3.5.3.

TABLEAU 3.5.3 FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAUT LIES A LA NAVIGATION POUR LE CH ₄ ET LE N ₂ O		
	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Navires de haute mer *	7 ± 50%	2 +140% -40%
*Valeurs par défaut obtenues pour les moteurs diesel utilisant du fioul lourd. Source : Registre Lloyd's (1995) et CE (2002)		

NIVEAU 2

Les facteurs d'émission de Niveau 2 devraient être spécifiques au pays et, si possible, obtenus à partir de tests nationaux sur les carburants et les moteurs à combustion utilisés dans la navigation. Les sources des facteurs d'émission devraient être documentées conformément aux recommandations des présentes *Lignes directrices*. Le Guide d'inventaire des émissions EMEP/CORINAIR (EEA 2005) peut être une source pour les facteurs d'émission de NO_x, de CO et des COVM à la fois pour les calculs de Niveau 1 et de Niveau 2.

3.5.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

L'estimation des émissions requiert des données sur la consommation de carburant par type de carburant et (pour N₂O et CH₄) et par type de moteur. De plus, conformément aux procédures de présentation actuelles, les émissions imputables à la navigation intérieure sont présentées séparément de celles résultant de la navigation internationale qui nécessitent une désagrégation des données sur les activités. Par souci de cohérence, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser les mêmes définitions des activités nationales et internationales pour les estimations relatives à l'aviation et à la navigation. Ces définitions sont présentées au Tableau 3.5.4 et sont indépendantes de la nationalité ou du pavillon du transporteur. Dans certains cas, les statistiques nationales sur l'énergie ne permettent pas d'obtenir des données conformes à cette définition. Les *bonnes pratiques* recommandent aux pays de séparer les données sur les activités conformes à cette définition. Dans la plupart des pays, des taxes et des droits douaniers sont imposés sur les soutes pour la consommation nationale et les soutes pour la consommation internationale sont exemptes de tels droits. En l'absence de sources de données plus directes, les informations sur les taxes nationales peuvent être utilisées pour distinguer la consommation de carburant nationale de la consommation internationale. Dans tous les cas, un pays doit clairement définir les méthodologies et les hypothèses adoptées¹³.

TABLEAU 3.5.4 CRITERES POUR LA DEFINITION DU TRANSPORT MARITIME INTERNATIONAL OU INTERIEUR (S'APPLIQUE A CHAQUE SEGMENT D'UN VOYAGE FAISANT ESCALE A PLUS DE DEUX PORTS)*		
Type de voyage	Domestique	International
Point de départ et point d'arrivée dans le même pays	Oui	Non
Point de départ dans un pays et point d'arrivée dans un autre pays	Non	Oui
* La plupart des données sur les mouvements des navires sont collectées sur base de segments de voyage individuels (depuis un point de départ jusqu'à la prochaine arrivée) et ne font pas la différence entre différents types d'arrêts intermédiaires (comme demandé dans <i>GPG 2000</i>). Baser la distinction sur des données relatives à des segments individuels est dès lors plus simple et est susceptible de réduire les incertitudes. Il est très peu probable que cette modification entraîne un changement significatif des estimations des émissions. Cela ne change pas la manière dont les émissions imputables aux voyages internationaux sont rapportées comme éléments pour information et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux.		

Plusieurs méthodes permettent d'obtenir des données sur la consommation de carburant. La méthode la plus pratique dépendra du contexte national, certaines options fournissant des résultats plus exacts que d'autres. Plusieurs sources probables de données directes ou indirectes sur la consommation de carburant sont indiquées ci-après, par ordre décroissant de fiabilité :

- Statistiques nationales sur l'énergie fournies par les agences chargées de l'énergie ou des statistiques ;
- Statistiques de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) ;
- Études effectuées par les sociétés de transport maritimes (y compris traversier et fret) ;
- Études effectuées par les fournisseurs de carburant (quantités de carburant marins livrés à des installations portuaires, par exemple) ;
- Études effectuées par des autorités portuaires individuelles ou des autorités maritimes ;
- Études effectuées par des pêcheries ;
- Recensement des équipements, en particulier pour les petites embarcations de pêche et de plaisance à petits moteurs à essence ;
- Données sur les importations/exportations ;
- Données sur les mouvements des navires et les listes standards de transport de passagers et de fret ;

¹³ Les *bonnes pratiques* recommandent aux pays d'expliquer et de justifier clairement leur raisonnement s'ils choisissent d'utiliser les définitions du *GPG2000*.

- Décompte des passagers et données sur le tonnage des cargaisons ;
- Organisation maritime internationale (OMI), constructeurs de moteurs, ou base de données Jane's Military Ships ;
- Données sur les mouvements des navires du registre Lloyds

On devra peut-être combiner et comparer ces sources de données pour couvrir l'ensemble des activités de transport maritime.

Les moteurs diesel marins sont le principal groupe motopropulseur utilisé dans l'industrie maritime à la fois pour la propulsion et la production de puissance auxiliaire. Certains navires sont alimentés par des chaufferies (AEE 2005). La navigation devrait également tenir compte des carburants qui peuvent être utilisés pour le fonctionnement des moteurs auxiliaires, les installations de réfrigération et les pompes de cargaison, par exemple, ainsi que pour les chaudières à bord des navires. De nombreux pétroliers à vapeur fonctionnent toujours. Ils consomment plus de carburant par jour pour le fonctionnement des pompes lors du déchargement de la cargaison dans un port qu'ils n'en consomment pour l'entraînement à la vapeur dans les grands fonds. Le Tableau 3.5.5 présente le pourcentage moyen de carburant consommé à la fois par les moteurs principaux et auxiliaires du carburant total consommé par les types de navire dans la navigation. Ceci permet à l'organisme chargé de l'inventaire d'appliquer les facteurs d'émission appropriés, si ceux-ci sont disponibles, étant donné que ces facteurs peuvent être différents pour les moteurs principaux et pour les moteurs auxiliaires. Le Tableau 3.5.6 indique les facteurs de consommation en carburant pour divers types de navires, si la flotte maritime est collectée par tonnage et par catégorie.

Type de navire	Consommation du moteur principal (%)	Nombre moyen de moteurs aux. par navire	Consommation du moteur auxiliaire (%)
Vraquiers	98 %	1,5	2 %
Navires combinés	99 %	1,5	1 %
Navires porte-conteneurs	99 %	2	1 %
Navires de charge	95 %	1,5	5 %
Navires hauturiers	98 %	1	2 %
Traversiers/navires à passagers	98 %	2	2 %
Navires frigorifiques	97 %	2	3 %
Rouliers	99 %	1,5	1 %
Pétroliers	99 %	1,5	1 %
Divers navires	98 %	1	2 %
Totaux	98 %		2 %

Source : Base de données de navires Fairplay, 2004. GRT = tonnage brut

TABLEAU 3.5.6
FACTEURS DE CONSOMMATION DE CARBURANT, A PLEINE PUISSANCE

Type de navire	Consommation moyenne (tonne/jour)	Consommation à pleine puissance (tonne/jour) en fonction du tonnage brut (GRT)
Vraquiers		
Vrac solide	33,8	20,186 + 0,00049*GRT
Vrac liquide	41,8	14,685 + 0,00079*GRT
Marchandises diverses	21,3	9,8197 + 0,00143*GRT
Conteneurs	65,9	8,0552 + 0,00235*GRT
Passager/roulage/chargement	32,3	12,834 + 0,00156*GRT
Passager	70,2	16,904 + 0,00198*GRT
Traversier à grande vitesse	80,4	39,483 + 0,00972*GRT
Chargement intérieur	21,3	9,8197 + 0,00143*GRT
Voiliers	3,4	0,4268 + 0,00100*GRT
Remorqueurs	14,4	5,6511 + 0,01048*GRT
Pêche	5,5	1,9387 + 0,00448*GRT
Autres navires	26,4	9,7126 + 0,00091*GRT
Tous navires	32,8	16,263 + 0,
Source : Techne (1997)		

De plus, bien que les gaz imputables à la vaporisation de la cargaison (principalement récupération de GNL ou de COV) puissent être utilisés comme carburant sur les navires, les quantités sont généralement faibles par rapport à la quantité totale de carburant consommée. Étant donné la faible contribution, il n'est pas requis de prendre ceci en compte dans l'inventaire.

3.5.1.4 NAVIGATION MILITAIRE

Les *Lignes directrices 2006 du GIEC* ne proposent pas une méthode séparée pour calculer les émissions imputables à la navigation militaire. Les émissions imputables à la consommation de carburant pour la navigation militaire peuvent être calculées à l'aide de l'équation 3.5.1 et le même calcul est recommandé pour le transport maritime non militaire. Étant donné les caractéristiques spéciales des opérations, situations et technologies (porte-aéronefs, groupes motopropulseurs très grands, et types de moteur inhabituels, par exemple) associées à la navigation militaire, une méthode plus détaillée d'analyse des données est encouragée lorsque les données sont disponibles. Les organismes chargés des inventaires devraient donc consulter des experts militaires pour déterminer les facteurs d'émission les plus appropriés pour la navigation militaire du pays.

En raison de problèmes de confidentialité (voir Exhaustivité et Présentation), de nombreux organismes chargés des inventaires peuvent rencontrer des difficultés quant à l'obtention de données sur la consommation de carburant pour la navigation militaire. On entend par activités militaires les activités utilisant du carburant acheté par les autorités militaires nationales ou fournies à celles-ci. Les *bonnes pratiques* consistent à appliquer les définitions des opérations de navigation civiles nationales et internationales aux opérations militaires lorsqu'elles sont disponibles et comparables. On peut obtenir des données sur la consommation de carburant pour l'aviation militaire auprès des institutions militaires gouvernementales ou des fournisseurs de carburant. Si l'on ne dispose pas de données sous-divisées sur le carburant, la totalité du carburant vendu à des fins d'activités militaires devra être affectée à la catégorie « domestique ».

Les émissions résultant d'opérations multilatérales dans le cadre de la Charte des Nations Unies ne doivent pas être incluses dans les totaux nationaux, mais présentées séparément. Les autres émissions liées aux opérations doivent être incluses dans les totaux nationaux des émissions d'une ou plusieurs Parties impliquées. Les calculs nationaux doivent tenir compte des carburants livrés aux forces armées du pays, ainsi que des carburants livrés dans ce pays mais utilisés par les forces armées d'autres pays. Les autres émissions liées aux opérations (équipements de soutien au sol hors route, par exemple) devraient être incluses dans les totaux nationaux des émissions dans la catégorie de source appropriée.

3.5.1.5 EXHAUSTIVITE

Pour les émissions imputables à la navigation, les méthodes sont basées sur la consommation totale de carburant. Étant donné qu'en général les pays utilisent des systèmes de comptabilité efficaces pour mesurer la consommation totale de carburant, le plus grand risque de couverture incomplète pour cette catégorie de source est probablement celui associé à l'affectation erronée des émissions dues à la navigation à une autre catégorie de source. Par exemple, pour les petites embarcations à moteurs à essence, il peut être difficile d'obtenir des données complètes sur la consommation de carburant et certaines émissions peuvent être présentées avec les émissions industrielles (dans le cas de l'utilisation de petites embarcations par des entreprises industrielles), ou associées à une production d'énergie non routière mobile ou fixe. Les estimations des émissions imputables à la navigation devront inclure non seulement le carburant pour le transport maritime, mais également les navires à passagers, les traversiers, les embarcations de loisirs, les embarcations pour voies d'eaux intérieures et autres embarcations à moteur à essence. Une affectation incorrecte n'aura pas de répercussions sur l'exhaustivité de l'inventaire des émissions totales de CO₂ mais aura des répercussions sur l'exhaustivité de l'inventaire des émissions totales de gaz autres que le CO₂, car les facteurs d'émission autres que le CO₂ sont différents selon les catégories de source.

Les émissions fugitives imputables au transport de carburants fossiles devraient être estimées et rapportées dans la catégorie « Émissions fugitives ». La plupart des émissions fugitives ont lieu lors du chargement et du déchargement et sont dès lors rapportées dans cette catégorie. Les émissions se produisant au cours du trajet sont considérées peu importantes.

L'exhaustivité peut également présenter un problème dans le cas de données militaires confidentielles, sauf si la consommation de carburant à des fins militaires est ajoutée à une autre catégorie de source.

D'autres difficultés existent pour ce qui est de la distinction entre les émissions nationales et internationales. Les sources de données pour chaque pays étant uniques pour cette catégorie, on ne peut pas énoncer de règle générale expliquant comment effectuer une affectation en l'absence de données précises. Les *bonnes pratiques* consistent à bien préciser les hypothèses utilisées afin de permettre d'évaluer l'exhaustivité des données.

3.5.1.6 DEVELOPPEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les *bonnes pratiques* consistent à calculer la consommation de carburant à l'aide de la même méthode pour toutes les années. Si cela n'est pas possible, les données collectées doivent se recouper suffisamment pour permettre la vérification de la cohérence des méthodes employées.

Les émissions de CH₄ et de N₂O dépendront du type de moteur et de la technologie. Sauf si l'on dispose de facteurs d'émission spécifiques à la technologie, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser les mêmes ensembles de facteurs d'émission spécifiques au carburant pour toutes les années.

Les mesures d'atténuation modifiant la consommation de carburant totale seront aisément reflétées dans les estimations des émissions si l'on collecte des données de combustion de carburant directes. Mais les mesures d'atténuation modifiant les facteurs d'émission ne pourront être reflétées que par l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques aux moteurs, ou par l'adoption d'hypothèses sur la technologie de contrôle. Les variations temporelles des facteurs d'émission doivent être bien documentées.

Le carburant diesel et le fioul lourd marins sont les carburants principalement utilisés pour les sources importantes dans la navigation. Étant donné que les teneurs en carbone de ces carburants peuvent varier au cours des séries temporelles, la source des facteurs d'émission du CO₂ devrait être clairement indiquée, ainsi que les dates auxquelles les carburants ont été testés.

3.5.1.7 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Facteurs d'émission

Selon les experts, les facteurs d'émission de CO₂ pour les carburants sont généralement bien déterminés car ils dépendent essentiellement de la teneur en carbone du carburant (EPA, 2004). Par exemple, la valeur par défaut de l'incertitude pour le carburant diesel est environ $\pm 1,5$ pour cent et ± 3 pour cent pour le fioul résiduel. Par contre, les incertitudes pour les émissions de gaz autres que le CO₂ sont beaucoup plus grandes. L'incertitude du facteur d'émission de CH₄ peut atteindre jusqu'à 50 pour cent. Les incertitudes relatives au facteur d'émission de N₂O peuvent aller de 40 pour cent en-dessous à environ 140 pour cent au-dessus de la valeur par défaut (Watterson, 2004).

Données sur les activités

Une grande partie des incertitudes relatives aux estimations des émissions est liée à la difficulté de distinguer entre la consommation de carburant nationale et internationale. Ces incertitudes peuvent être faibles (\pm -5 pour cent) dans le cas de données d'études complètes, mais peuvent être importantes dans le cas d'estimations ou d'études incomplètes (\pm -50 pour cent). Les incertitudes varieront considérablement d'un pays à l'autre et il est difficile de généraliser. L'utilisation d'ensembles de données globales peut être utile dans ce domaine, et on prévoit des améliorations de la présentation pour cette catégorie à l'avenir.

3.5.2 Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires

Les *bonnes pratiques* recommandent d'effectuer des contrôles de la qualité. Des procédures spécifiques pertinentes pour cette catégorie de source sont détaillées ci-dessous.

Comparaison des estimations des émissions à l'aide de méthodes différentes

Si possible, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations établies pour la navigation à l'aide des méthodes de Niveau 1 et de Niveau 2. Il devra examiner et expliquer toute anomalie entre les estimations d'émissions et consigner les résultats de ces comparaisons.

Examen des facteurs d'émission

L'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que la source de données originale pour les facteurs nationaux est applicable à chaque catégorie et que des contrôles de précision sur les acquisitions de données et les calculs ont été effectués. Si les facteurs d'émission nationaux sont disponibles, ils doivent être utilisés pour autant qu'ils soient bien documentés. Pour les facteurs par défaut, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que les facteurs sont applicables et pertinents à la catégorie.

Dans le cas d'estimations des émissions imputables aux activités militaires à l'aide de données autres que les facteurs par défaut, l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier l'exactitude des calculs et l'applicabilité et la pertinence de ces données.

Vérification des données sur les activités

La source des données sur les activités devra être examinée pour vérifier son applicabilité et sa pertinence pour cette catégorie de source. Si possible, les données devront être comparées aux données sur les activités historiques ou aux rendements modèles pour rechercher les anomalies. Les données pourront être vérifiées par rapport aux indicateurs de productivité tels que le carburant par unité de performance de trafic maritime comparés à d'autres pays. L'Agence européenne pour l'environnement donne un ensemble de données utile, http://air-climate.eionet.eu.int/databases/TRENDS/TRENDS_EU15_data_Sep03.xls, qui présente les émissions et le volume de passager/fret pour chaque mode de transport en Europe. Les informations sur le transport maritime sont très détaillées. De tels indicateurs sont, par exemple, 0,09 à 0,16 kg CO₂/tonne-km pour les navires de moins de 3000 TB ; entre 0,04 et 0,14 pour les navires plus grands ; et pour les transporteurs de passagers, les facteurs varient entre 0,1-0,5 kg/passager-km.

Examen externe

L'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer un examen indépendant et objectif des calculs, hypothèses et documentation de l'inventaire d'émissions pour évaluer l'efficacité du programme de contrôle de la qualité. Ce contrôle par des tiers experts devra être effectué par un (des) expert(s) (autorités de transport, sociétés de transport maritime et personnel militaire, par exemple) connaissant bien la catégorie de source et conscient(s) des exigences de l'inventaire.

3.5.3 Présentation et documentation

Les émissions liées à la navigation sont présentées dans différentes catégories selon leur nature. Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser les catégories suivantes :

- Navigation domestique ;
- Navigation internationale (soutes internationales) ;
- Pêche (combustion mobile) ;
- Sources mobiles (navigation militaire) ;

- Sources mobiles non spécifiées (véhicules et autres machines)

Les émissions imputables à la navigation internationale doivent être présentées séparément de celles de la navigation intérieure et ne doivent pas être incluses dans le total national.

Les émissions liées aux pêcheries commerciales ne sont pas présentées dans la catégorie Navigation, mais dans la catégorie Agriculture/Foresterie/Pêche dans le secteur Énergie. Par définition, tout le carburant fourni pour les pêcheries commerciales nationales dans le pays effectuant la présentation est considéré comme étant national, et il n'y a pas de catégorie de carburant de soutes internationales pour les pêcheries commerciales, quel que soit le lieu de pêche.

Les émissions marines militaires doivent être bien précisées afin d'améliorer la transparence des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. (voir Section 3.5.1.4).

En plus des rapports sur les émissions, les *bonnes pratiques* recommandent d'indiquer :

- La source des carburants et autres données ;
- Les méthodes utilisées pour séparer la navigation intérieure et internationale ;
- Les facteurs d'émission utilisés et leurs références connexes ;
- L'analyse des incertitudes ou la sensibilité des résultats ou les deux par rapport aux variations des données d'entrée et des hypothèses.

3.5.4 Tableaux de présentation et feuilles de travail

Il convient de compléter les quatre pages des feuilles de travail (Annexe 1) pour l'approche sectorielle de Niveau 1 pour chaque catégorie de source indiquée au Tableau 3.5.1. Les tableaux de présentation sont disponibles au Chapitre 8 du Volume 1.

3.5.5 Définitions de termes spécialisés

DÉFINITIONS

Vraquiers – Navires utilisés pour transporter d’importantes quantités de marchandises en vrac comme le pétrole, le bois, les céréales, les minerais, les produits chimiques, etc. Identifiable par les écoutes qui dépassent du pont et couvrent les grandes cales à marchandise.

Navires combinés – Navires utilisés pour le transport, en vrac, de pétrole ou, alternativement, pour le transport de fret solide.

Navires porte-conteneurs – Navires utilisés pour transporter de larges boîtes de métal rectangulaires contenant généralement des biens fabriqués.

Navires de charge – Navires utilisés pour le transport de fret non liquide et qui ne nécessite normalement pas de contrôle de température.

Transporteurs/navires à passagers – Navires utilisés pour effectuer de courts voyages pour passagers, voitures et véhicules commerciaux. La plupart de ces navires sont des rouliers (navires ro-ro), sur lesquels les véhicules peuvent monter et descendre en roulant. Les navires à passagers incluent également les navires de croisière.

Navires hauturiers – Navires engagés dans une série d’opérations de soutien à des navires plus grands. Peut inclure des navires ravitailleurs en haute mer, des navires manipulateurs d’ancres, des remorqueurs, des bateaux plateformes (c’est-à-dire des barge-ponts), des bateaux de relève, des navires de support de plongée et des navires sismiques.

Navires frigorifiques – Navires avec des cales à marchandises réfrigérées dans lesquelles des biens périssables et autres cargaisons à température contrôlée sont chargés en vrac.

Navires rouliers – Navires avec des espaces de fret ou des espaces de catégorie spéciale Ro-Ro (de l’anglais *roll-on/roll-off* signifiant littéralement « roule dedans, roule dehors »), qui permettent aux véhicules à roue d’être chargés et déchargés sans grues.

Pétroliers – Navires utilisés pour transporter le pétrole brut, les produits chimiques et les produits pétroliers. Les pétroliers peuvent paraître semblables aux vraqueurs mais le pont est ras et couvert de pipelines et d’aérateurs.

3.6 AVIATION CIVILE

Les émissions imputables à l’aviation proviennent de la combustion du carburéacteur (kérosène pour carburéacteur et essence pour carburéacteur) et de l’essence aviation¹⁴. Les émissions des moteurs des avions sont à peu près composées d’environ 70 % de CO₂, un peu moins de 30 % de H₂O, et moins de 1 % de chacun des suivants : NO_x, CO, SO_x, COVNM, particules et autres composants dont des polluants atmosphériques dangereux. Peu ou pas d’émissions de N₂O sont imputables aux turbines à gaz modernes (GIEC, 1999). Du méthane (CH₄) peut être émis par les turbines à gaz lorsqu’un véhicule roule au ralenti ou par des moteurs dont la technologie est plus ancienne, mais des données récentes suggèrent que peu ou pas de CH₄ est émis par les moteurs modernes.

Les émissions dépendent du nombre et du type d’activité des avions ; des types de moteur des avions et de leur rendement ; du carburant utilisé ; de la longueur du vol ; du réglage de poussée réacteur ; du temps passé à chaque étape du vol ; et, dans une moindre mesure, de l’altitude à laquelle les gaz d’échappement sont émis.

Pour les présentes recommandations, les opérations des avions sont divisées en (1) *Cycle de décollage et d’atterrissage (AD)* et (2) *Croisière*. Généralement, environ 10 pour cent des émissions de tout type imputables aux avions, à l’exception des hydrocarbures et du CO, sont produites lors des opérations au sol dans les aéroports et lors du cycle AD¹⁵. L’essentiel des émissions imputables aux avions (90 pour cent) se produit à des altitudes

¹⁴ Un carburant uniquement utilisé dans les petits avions à moteur alternatif et qui représente généralement moins de 1 pour cent du carburant utilisé dans l’aviation.

¹⁵ Le cycle AD est défini par l’OACI, 1993. Si les pays ont des données plus spécifiques sur les temps en mode, celles-ci peuvent être utilisées pour affiner les calculs dans les méthodes de niveau supérieur.

élevées. Pour les hydrocarbures et le CO, le partage est plutôt de 30% d'émissions locales et 70% d'émissions à haute altitude, (FAA, 2004a).

La Section 3.6.5 contient des définitions des termes spécialisés qui peuvent être utiles à l'organisme chargé de l'inventaire.

3.6.1 Questions méthodologiques

La catégorie de source du GIEC pour l'aviation civile inclut les émissions imputables à toutes les utilisations commerciales civiles d'avions, y compris l'aviation civile et générale (avions agricoles, avions ou hélicoptères privés, etc.). Les méthodes décrites dans la présente section peuvent aussi servir à estimer les émissions dues à l'aviation militaire, mais ces émissions doivent être présentées dans la catégorie 1A 5 « Autres » ou dans les éléments pour mémoire « Opérations multilatérales ».

Pour l'inventaire des émissions, on distingue l'aviation nationale et internationale et les *bonnes pratiques* recommandent de rapporter les émissions dans les catégories de source présentées au Tableau 3.6.1.

Toutes les émissions imputables aux carburants utilisés dans l'aviation internationale (soutes) et les opérations multilatérales dans le cadre de la Charte des Nations Unies sont exclues des totaux nationaux et doivent être rapportées séparément comme éléments pour mémoire.

3.6.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Les *Lignes directrices* présentent trois niveaux méthodologiques pour l'estimation des émissions de CO₂, CH₄ et N₂O imputables à l'aviation. Les méthodes de Niveau 1 et de Niveau 2 utilisent les données sur la consommation de carburant. La méthode de Niveau 1 est basée exclusivement sur le carburant, alors que la méthode de Niveau 2 est basée sur le nombre de cycles d'atterrissages/décollages (AD) et la consommation de carburant. Le Niveau 3 utilise les données sur les mouvements¹⁶ des vols individuels.

Tous les niveaux font la distinction entre les vols nationaux et internationaux. Cependant, les statistiques sur l'énergie utilisées dans le Niveau 1 permettent rarement de faire une nette distinction entre l'utilisation du carburant pour l'aviation nationale ou internationale ou entre les catégories de source individuelles, comme défini au Tableau 3.6.1. Les Niveaux 2 et 3 offrent des méthodologies plus exactes pour faire ces distinctions.

Le choix de la méthodologie dépend du type de carburant, des données disponibles et de l'importance relative des émissions liées à l'aviation. Pour l'essence aviation, bien que des facteurs d'émission spécifiques au pays puissent être disponibles, le nombre de cycle AD n'est généralement pas disponible. C'est pourquoi le Niveau 1 et ses facteurs d'émission par défaut seraient probablement utilisés pour l'essence aviation. Tous les niveaux peuvent être utilisés pour les opérations qui utilisent du carburant pour carburateur, étant donné que des facteurs d'émission pertinents sont disponibles pour le carburant pour carburateur. Le Tableau 3.6.2 donne un aperçu des données requises pour les différents niveaux :

Le diagramme décisionnel de la Figure 3.6.1 devrait aider à choisir la méthode appropriée. Les besoins en ressources pour les divers niveaux dépendent en partie du nombre de mouvements de trafic aérien. Le Niveau 1 ne devrait pas nécessiter des ressources considérables. Le Niveau 2, basé sur des avions individuels, et le Niveau 3A, basé sur des paires origine-destination (OD) peuvent utiliser incrémentalement plus de ressources. Le Niveau 3B, qui nécessite une modélisation sophistiquée, exige les ressources les plus importantes.

Étant donné les limites des connaissances actuelles sur les facteurs d'émission de CH₄ et de N₂O, des méthodes plus détaillées ne réduiront pas de manière importante les incertitudes liées aux émissions de CH₄ et N₂O. Cependant, si l'aviation est une *catégorie de source clé*, il est alors recommandé d'utiliser des approches de Niveau 2 ou de Niveau 3, étant donné que des niveaux supérieurs font mieux la différence entre l'aviation nationale et internationale et permettront d'estimer plus facilement les effets des changements dans les technologies (et dès lors des facteurs d'émission) à l'avenir.

Les estimations concernant la phase de croisière deviennent plus correctes lorsqu'on utilise une méthodologie de Niveau 3A ou des modèles de Niveau 3B. De plus, étant donné que les méthodes de Niveau 3 utilisent des données sur les mouvements de trafic aérien au lieu de données sur l'utilisation du carburant, elles permettent de distinguer plus exactement les vols nationaux et les vols internationaux. Les données peuvent être disponibles auprès des opérateurs des modèles de Niveau 3 (tels que les modèles SAGE, (Kim, 2005a et b; Malwitz, 2005) et AERO2K (Eyers, 2004). D'autres méthodes pour différencier l'utilisation du carburant pour des vol nationaux et

¹⁶ Les données sur les mouvements réfèrent, au minimum, aux informations sur l'origine et la destination, le type d'avion et la date des vols individuels.

internationaux telles que l'examen des données sur les AD ou des données passagers-kilomètres, le partage en pourcentage basé sur les horaires de vol (données du Guide officiel de l'aviation (OAG), statistiques de l'OACI sur les tonnes-kilomètres réalisés par les pays) sont des raccourcis. Ces méthodes peuvent être utilisées si aucune autre méthode ou donnée n'est disponible.

TABLEAU 3.6.1
CATEGORIES DE SOURCE

Catégorie de source	Champ d'application
1 A 3 a Aviation civile	Les émissions imputables à l'aviation civile internationale et domestique, y compris les décollages et atterrissages. Comprend l'utilisation civile commerciale des avions, y compris : trafic régulier et charter pour le transport des passagers et des marchandises, taxi aérien et aviation générale. La distinction entre trafic international et domestique doit se faire sur base des lieux de départ et d'arrivée à chaque étape du voyage et non pas selon la nationalité de la ligne aérienne. Cette catégorie n'inclut pas l'utilisation de carburants pour le transport au sol dans les aéroports qui est rapportée sous 1 A 3 e « Autres moyens de transport ». Exclut également les carburants destinés à la combustion stationnaire dans les aéroports. Cette information doit être rapportée dans la catégorie appropriée de combustion stationnaire.
1 A 3 a i Aviation internationale (Soutes internationales)	Les émissions imputables aux vols qui partent d'un pays et arrivent dans un pays différent. Inclut les décollages et atterrissages pour les différentes étapes de ces vols. Les émissions imputables à l'aviation militaire internationale peuvent être incluses comme sous-catégorie distincte de l'aviation internationale pour autant que la même distinction s'applique quant à la définition et que des données soient disponibles pour soutenir celle-ci.
1 A 3 a ii Vols intérieurs	Les émissions imputables au trafic civil domestique de passagers et de marchandises qui part et arrive dans le même pays (commercial, privé, agricole, etc.), y compris les décollages et atterrissages liés à ces vols. Noter que cela peut inclure des voyages d'une distance relativement importante entre deux aéroports dans un pays (San Francisco à Honolulu, par exemple). Exclut l'aviation militaire qui doit être rapporté sous 1 A 5 b.
1 A 5 b Sources mobiles (<i>composants de l'aviation</i>)	Toutes les autres émissions liées à l'aviation imputables à la combustion de carburant non spécifiées dans une autre catégorie. Inclut les émissions imputables au carburant livré aux forces armées dans le pays et non incluses séparément sous la rubrique 1 A3 a i ainsi que le carburant livré dans ce pays mais utilisé par les forces armées d'autres pays qui ne sont pas engagés dans des opérations multilatérales.
1.A.5 c Opérations multilatérales (<i>composants de l'aviation</i>)	Émissions imputables aux carburants utilisés dans le cadre d'opérations multilatérales conformément à la Charte des Nations Unies. y compris les émissions imputables aux carburants livrés aux forces armées dans le pays et aux forces armées d'autres pays.

TABLEAU 3.6.2
BESOINS DE DONNEES POUR LES DIFFERENTS NIVEAUX

Données, à la fois nationales et internationales	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3A	Niveau 3B
Consommation d'essence aviation	X			
Consommation de carburant pour carburéacteur	X	X		
AD totaux				
AD par type d'avion		X		
Origine et destination (OD) par type d'avion			X	
Mouvements complets du trafic aérien avec données sur les avions et les moteurs				X

D'autres raisons de choisir une méthode de niveau supérieur sont, entre autres, l'estimation des émissions conjointement avec d'autres polluants (NO_x, par exemple) et l'harmonisation des méthodes avec d'autres inventaires. Dans le Niveau 2 (et au-delà), les émissions relatives aux cycles AD et de croisière sont estimées séparément, afin de s'harmoniser avec les méthodes qui ont été développées pour les programmes de lutte contre la pollution atmosphérique qui ne couvrent que les émissions sous 914 mètres (3 000 pieds). Il peut y avoir des différences importantes entre les résultats d'une approche ascendante et d'une approche descendante basée sur le carburant pour les avions. Daggett *et al.* présentent un exemple (1999).

MÉTHODE DE NIVEAU 1

La méthode de Niveau 1 est basée sur la valeur d'ensemble de consommation de carburant pour l'aviation (AD et croisière) multipliée par des facteurs d'émission moyens. La moyenne des facteurs d'émission du méthane a été obtenue pour toutes les phases de vol, à partir de l'hypothèse selon laquelle 10 pour cent du carburant est utilisé dans la phase d'atterrissage/décollage du vol. Les émissions sont calculées à l'aide de l'Équation 3.6.1 :

ÉQUATION 3.6.1
(ÉQUATION 1 DE L'AVIATION)

$$\text{Émissions} = \text{Consommation de carburant} \bullet \text{Facteur d'émission}$$

La méthode de Niveau 1 doit être utilisée pour estimer les émissions imputables aux avions qui utilisent de l'essence aviation uniquement utilisée dans des petits avions et représentant généralement moins d'1% de la consommation de carburant dans l'aviation. La méthode de Niveau 1 est également utilisée pour les activités des avions alimentés au carburacteur lorsqu'on ne dispose pas de données sur l'utilisation opérationnelle des avions.

Les émissions nationales et internationales doivent être estimées séparément à l'aide de l'équation ci-dessus, en utilisant une des méthodes décrites dans la Section 3.6.1.3 pour attribuer le carburant au trafic aérien national ou international.

MÉTHODE DE NIVEAU 2

La méthode de Niveau 2 ne s'applique qu'à la consommation de carburant par les carburacteurs. Les opérations des avions sont divisées en phases AD et phases de croisière. Pour utiliser la méthode de Niveau 2, le nombre d'opérations d'atterrissage/décollage doit être connu à la fois pour l'aviation nationale et internationale, de préférence par type d'avion. La méthode de Niveau 2 distingue entre les émissions au-dessous et au-dessus de 914 m (3000 pieds); c'est-à-dire les émissions produites lors des phases AD et de croisière du vol.

La méthode de Niveau 2 divise le calcul des émissions imputables à l'aviation en différentes étapes :

Estimer la consommation totale de carburant nationale et internationale pour l'aviation.

Estimer la consommation de carburant à AD pour les opérations nationales et internationales.

Estimer la consommation de carburant en croisière pour les opérations nationales et internationales.

Estimer les émissions pour les phases AD et de croisière pour l'aviation nationale et internationale.

L'approche de Niveau 2 utilise les Équations 3.6.2 à 3.6.5 pour l'estimation des émissions :

ÉQUATION 3.6.2
(ÉQUATION 2 DE L'AVIATION)

$$\text{Émissions totales} = \text{Émissions à AD} + \text{Émissions en croisière}$$

Où :

ÉQUATION 3.6.3
(ÉQUATION 3 DE L'AVIATION)

$$\text{Émissions à AD} = \text{Nombre d'AD} \bullet \text{Facteur d'émission AD}$$

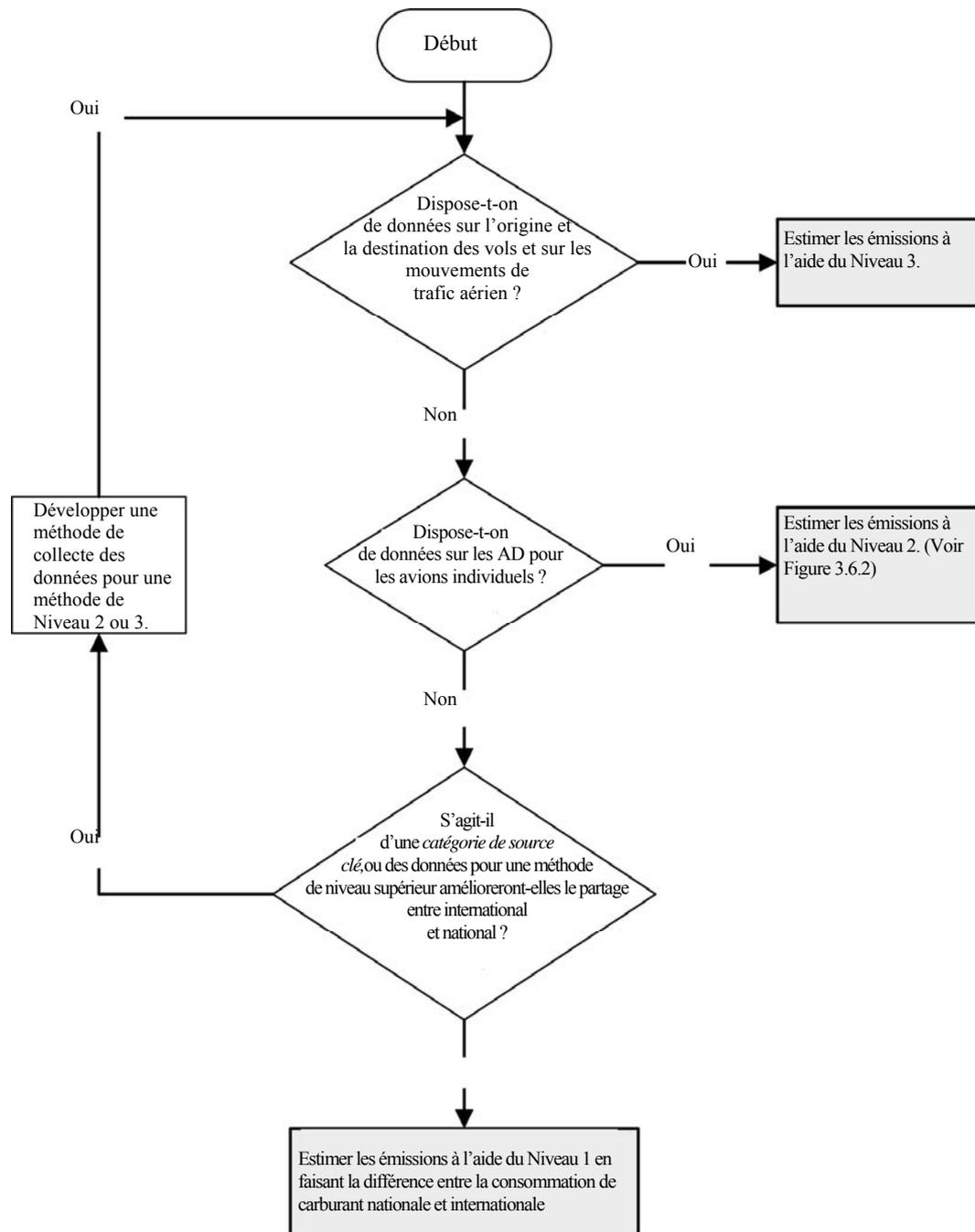
ÉQUATION 3.6.4
(ÉQUATION 4 DE L'AVIATION)

$$\text{Consommation de carburant (CC) à AD} = \text{Nombre d'AD} \bullet \text{CC par AD}$$

ÉQUATION 3.6.5
(ÉQUATION 5 DE L'AVIATION)

$$\text{Émissions en croisière} = (\text{CC totale} - \text{CC à AD}) \bullet \text{Facteur d'émission croisière}$$

Figure 3.6.1 Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions liées à l'aviation (appliqué à chaque gaz à effet de serre)



Note : Voir le Chapitre 4 du Volume 1, « Choix méthodologique et catégories de source clés » (dont la Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour des informations sur les *catégories de source clés* et l'utilisation des diagrammes décisionnels.

La base de la méthodologie recommandée de Niveau 2 est présentée schématiquement à la Figure 3.6.2.

Dans la méthode de Niveau 2, la consommation de carburant dans la phase de croisière est calculée en soustrayant de la consommation de carburant totale la consommation de carburant pour la phase d'atterrissage/décollage du vol (Équation 3.6.5). La consommation de carburant est estimée pour l'aviation nationale et internationale séparément. On multiplie l'estimation de consommation de carburant en croisière par

des facteurs d'émission groupés (moyenne ou par type d'avion) pour obtenir des estimations d'émissions de CO₂ et de NO_x en croisière.¹⁷ Les émissions et le carburant utilisé dans la phase d'atterrissage/décollage sont estimés à l'aide de statistiques sur le nombre d'atterrissages/décollages (statistiques globales ou par type d'avion) et de facteurs d'émissions par défaut ou de facteurs de consommation de carburant par cycle d'atterrissage/décollage (moyenne ou par type d'avion).

La méthode de Niveau 2 examine les données sur les activités au niveau des types d'avion individuel et nécessite donc des données sur le nombre d'AD domestiques et internationaux par type d'avion. L'estimation doit inclure tous les types d'avion fréquemment utilisés pour l'aviation domestique et internationale. Le Tableau 3.6.3 indique la correspondance entre les avions réels et les avions représentatifs. La méthode de Niveau 2 ne propose pas des facteurs d'émission en croisière pour des émissions autres que le NO_x. Pour estimer ces émissions en croisière, il faut utiliser soit des facteurs d'émission nationaux soit les facteurs d'émission par défaut de ce niveau.

MÉTHODE DE NIVEAU 3

Les méthodes de Niveau sont basées sur les données relatives aux mouvements réels du trafic aérien, soit : L'origine et la destination (OD) pour le Niveau 3A ou des informations sur la trajectoire du vol complet pour le Niveau 3B. Les méthodes de Niveau 3 peuvent être utilisées si elles sont bien documentées et ont été revues sur base des recommandations du Chapitre 6 (AQ/CQ) du Volume 1. Pour faciliter l'examen des données, les pays qui ont recours à la méthodologie de Niveau 3 pourraient présenter séparément les émissions liées aux activités aériennes commerciales régulières et celles liées aux autres activités des avions à réaction.

Le Niveau 3A tient compte des émissions en croisière pour différentes distances de vol. Des détails sur les aéroports d'origine (départ) et de destination (arrivée) et les types d'avion sont nécessaires pour utiliser une méthode de Niveau 3A, à la fois pour les vols domestiques et internationaux. Au Niveau 3A, les inventaires sont modélisés à l'aide de données sur la consommation de carburant et les émissions moyennes pour la phase d'AD et diverses longueurs de phase de croisière, pour un tableau des catégories d'avion représentatives.

Les données utilisées dans la méthodologie de Niveau 3A prennent en compte le fait que la quantité d'émissions produites varie selon les phases de vol. La méthodologie tient également compte de la relation entre le carburant consommé et la distance de vol, tout en reconnaissant que le carburant consommé peut être plus élevé sur des distances relativement courtes que sur des routes plus longues. Ceci est dû au fait que les avions utilisent plus de carburant par distance pendant le cycle d'AD que pendant la phase de croisière.

Le Guide des inventaires des émissions EMEP/CORINAIR (EEA 2002) donne un exemple d'une méthode de Niveau 3A pour calculer les émissions imputables à l'aviation. Le Guide des inventaires des émissions EMEP/CORINAIR est continuellement affiné et est publié électroniquement sur le site internet de l'Agence Européenne de l'Environnement. EMEP/CORINAIR présente des tableaux des émissions par distance de vol.

(Il convient de noter qu'il existe trois méthodes EMEP/CORINAIR pour le calcul des émissions dues aux avions ; toutefois, seule la méthodologie détaillée développée par CORINAIR est d'un Niveau 3A).

La méthodologie de Niveau 3B se distingue du Niveau 3A par le calcul du carburant consommé et des émissions tout au long de la trajectoire entière de chaque segment de vol à l'aide d'informations sur la performance aérodynamique spécifique à l'avion et au moteur. Pour utiliser le Niveau 3B, des modèles informatiques sophistiqués sont nécessaires pour traiter les variables liés à l'équipement, la performance et la trajectoire et les calculs pour tous les vols dans une année donnée. Les modèles utilisés pour le Niveau 3B peuvent généralement spécifier les sorties selon l'avion, le moteur, l'aéroport, la région et les totaux globaux, ainsi que par latitude, longitude, altitude et temps, pour le carburant consommé et les émissions de CO, hydrocarbures (HC), CO₂, H₂O, NO_x, et SO_x. Pour être utilisé dans la préparation des soumissions des inventaires annuels, le modèle de Niveau 3B doit calculer les émissions des avions sur base des données d'entrée qui tiennent compte des changements dans le trafic aérien, des changements d'équipement des avions ou de tout changement de variable. Les composants des modèles de Niveau 3B sont idéalement inclus de manière à pouvoir être facilement actualisés. Ainsi les modèles sont dynamiques et peuvent rester à jour avec les données et les méthodologies qui évoluent. Des exemples de modèles incluent le système d'évaluation des émissions globales dues à l'aviation (SAGE), de l'Administration fédérale de l'aviation des Etats-Unis (Kim, 2005 a et b; Malwitz, 2005), et AERO2k, (Eyers, 2004), de la Commission européenne.

¹⁷ Les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas à d'autres gaz (N₂O et CH₄, par exemple) d'être inclus dans le calcul des émissions en croisière. (GIEC, 1999).

Figure 3.6.2 Estimations des émissions imputables à l'aviation avec une méthode de Niveau 2

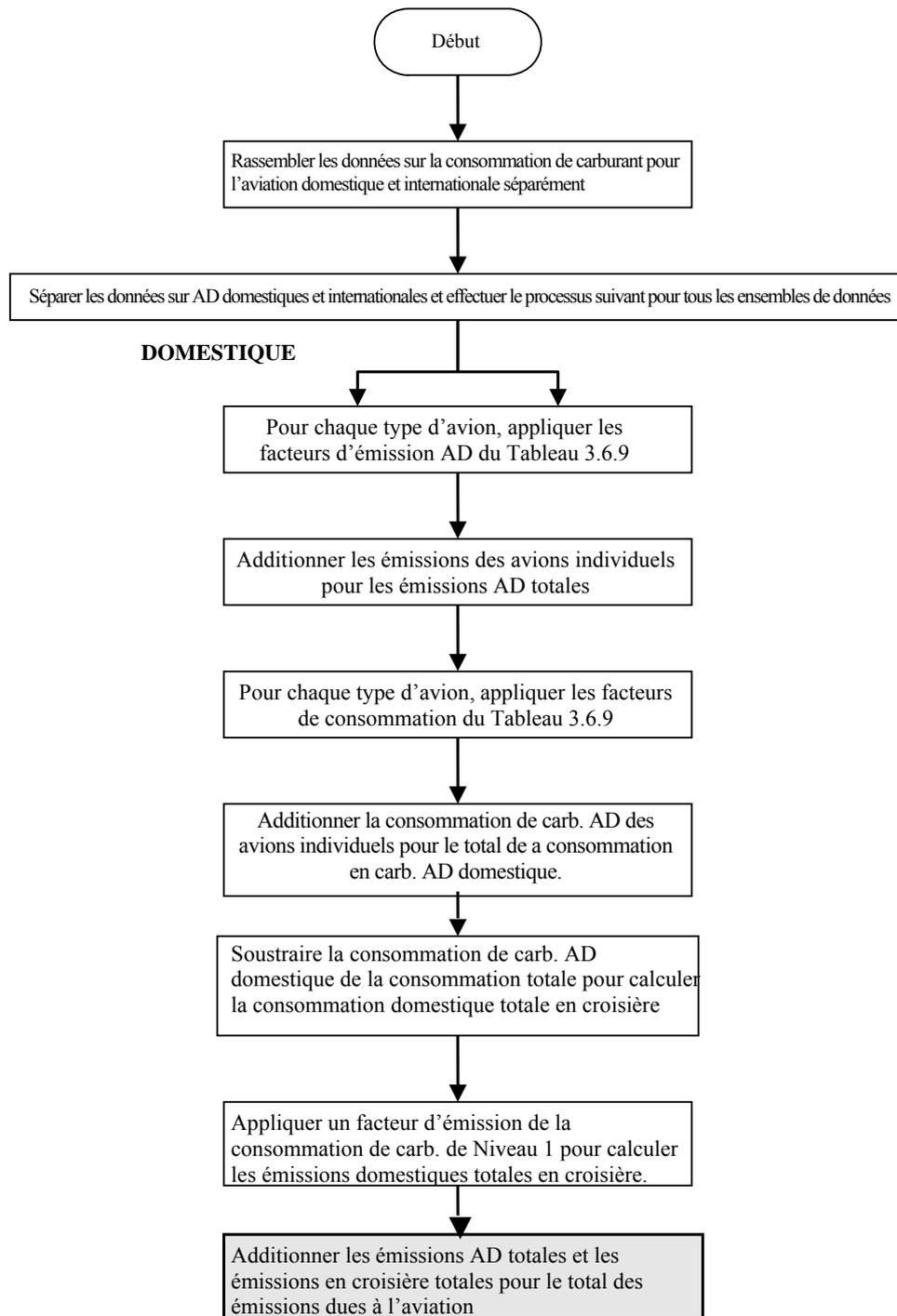


TABLEAU 3.6.3										
CORRESPONDANCE ENTRE LES TYPES REPRESENTATIFS D'AVIONS ET LES AUTRES TYPES D'AVIONS										
Type d'avion générique	OACI	Avion IATA dans le groupe	Type d'avion générique	OACI	Avion IATA dans le groupe	Type d'avion générique	OACI	Avion IATA dans le groupe		
Airbus A300	A30B	AB3	Boeing 737-700	B737	73G	Douglas DC-9	DC9	DC9		
	A306	AB4			73W		DC91	D91		
		AB6	Boeing 737-800	B738	738		DC92	D92		
		ABF			73H		DC93	D93		
		ABX	Boeing 737-900	B739	739		DC94	D94		
ABY					DC95	D95				
Airbus A310	A310	310	Boeing 747-100	B741	74T	L101	L101	D9C		
		312			N74S			74L	D9F	
		313			B74R			74R	D9X	
		31F			B74R			74V	L10	
		31X	Boeing 747-200	B742	742	L11				
31Y	74C	L15								
Airbus A319	A319	319			74X			L1F		
Airbus A320	A318	318	Boeing 747-300	B743	743	McDonnell Douglas MD11	MD11	M11		
	A320	320			74D			M1F		
Airbus A321	A320	32S	Boeing 747-400	B744	747	McDonnell Douglas MD80	MD80	M80		
	A321	321			744			MD81	M81	
Airbus A330-200	A321	321			74E			MD82	M82	
Airbus A330-300	A330	330			74F			MD83	M83	
Airbus A330-300	A332	332			74J			MD87	M87	
Airbus A340-200	A330	330			74M			MD88	MD88	
Airbus A340-300	A333	333			74Y					
Airbus A340-500	A342	342							757	McDonnell Douglas MD90
Airbus A340-600	A340	340	Boeing 757-200	B752	75F	Tupolev Tu134	T134	TU3		
	A343	343			75M	Tupolev Tu154	T154	TU5		
Airbus A340-500	A345	345	Boeing 757-300	B753	753	Avro RJ85	RJ85	AR8		
Airbus A340-600	A346	346	Boeing 767-200	B762	762	BAe 146	B463	ARJ		
Boeing 707	B703	703	Boeing 767-300	B763	76X			B461	141	
		707			767			B462	142	
		70F			76F				143	
		70M			763				146	
Boeing 717	B712	717	Boeing 767-400	B764	764				14F	
Boeing 727-100	B721	721	Boeing 777-200	B772	777			Embraer ERJ145	E145	14X
Boeing 727-200	B722	72M	Boeing 777-300	B773	772					F100
		722			773	F70	ERJ			
		727	Douglas DC-10	DC10	D10	Fokker 100/70/28	F28			F21
		72C			D11					F22
		72B			D1C					F23
72F	D1F	F24								
72S	D1M	D1X	F28							
Boeing 737-100	B731	731			D1Y	BAC 111	BA11	B11		
Boeing 737-200	B732	732	Douglas DC-8	DC85	D8F	Donier Do 328	D328	D38		
		73M			DC86			D8L		
Boeing 737-300	B733	73X			D8M	Gulfstream IV/V		GRJ		
		737			D8Q					
		73F			D8T					
		733			D8X					
Boeing 737-400	B734	737			D8Y	Yakovlev Yak 42	YK42	YK2		
		734								
Boeing 737-500	B735	737								
		735								
Boeing 737-600	B736	736								

3.6.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

NIVEAU 1

Les facteurs d'émission pour le dioxyde de carbone sont basés sur le type de carburant et la teneur en carbone. Les facteurs d'émission nationaux pour le CO₂ ne devraient pas être très différents des valeurs par défaut étant donné que la qualité du carburateur est bien définie. Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser les facteurs d'émission par défaut pour le CO₂ indiqués dans le Tableau 3.6.4 pour le Niveau 1 (Voir le Chapitre 1, Introduction, du présent volume et le Tableau 1.4). Si elle est disponible, la teneur en carbone nationale pourrait être utilisée. Le CO₂ devrait être estimé sur base de la teneur totale en carbone du carburant.

Carburant	Valeur par défaut (kg/TJ)	Limite inférieure	Limite supérieure
Essence aviation	69 300	67 500	73 000
Kérosène pour carburateur	71 500	69 800	74 400

Les valeurs par défaut pour les émissions de CH₄ et de N₂O imputables aux avions sont indiquées au Tableau 3.6.5. Différents types d'avion combinés à différents moteurs présentent des facteurs d'émission spécifiques qui peuvent également changer selon la distance volée. Le Niveau 1 suppose que tous les avions ont les mêmes facteurs d'émission pour le CH₄ et le N₂O basés sur le taux de consommation du carburant. Cette hypothèse a été adoptée car on ne dispose pas de facteurs d'émission plus désagrégés à ce niveau d'agrégation.

Carburant	Facteurs (non contrôlés) par défaut pour le CH ₄ (en kg/TJ)	Facteurs (non contrôlés) par défaut pour le N ₂ O (en kg/TJ)	Facteurs (non contrôlés) par défaut pour le NO _x (en kg/TJ)
Tous les carburants	0,5 ^a (-57%/+100%) ^b	2 (-70%/+150%) ^b	250 ±25% ^c
<p>^a En mode de croisière, les émissions de CH₄ sont supposées être négligeables (Wiesen <i>et al.</i>, 1994). Pour les cycles de décollage et d'atterrissage uniquement, (c'est-à-dire sous une altitude de 914 mètres (3000 pieds)) le facteur d'émission est 5 kg/TJ (10% du facteur total pour les COV). (Olivier, 1991). Étant donné que, globalement, environ 10% du carburant total est consommé dans les cycles de décollage et d'atterrissage (Olivier, 1995), le facteur moyenné résultant pour le parc automobile est 0,5 kg/TJ.</p> <p>^b GIEC, 1999.</p> <p>^c Opinion d'experts.</p> <p>Les facteurs d'émission pour les autres gaz (CO et COVNM) et la teneur en carbone qui ont été inclus dans les Lignes directrices 1996 du GIEC sont disponibles dans la base de données EFDB.</p>			

NIVEAU 2

Pour la méthode de Niveau 2, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser les facteurs d'émission du Tableau 3.6.9 (ou les mises à jour reflétées dans la base de données EFDB) pour les émissions imputables au cycle de décollage et d'atterrissage. Pour les calculs en croisière, seules les émissions de NO_x peuvent être calculées directement sur base des facteurs d'émission spécifiques (Tableau 3.6.10) et celles de N₂O peuvent être calculées indirectement sur base des émissions de NO_x¹⁸. Les émissions de CO₂ en croisière sont calculées à l'aide des facteurs d'émission de CO₂ de Niveau 1 (Tableau 3.6.4). Les émissions de CH₄ sont négligeables et sont supposées nulles à moins que de nouvelles informations ne deviennent disponibles. Il convient de constater qu'il existe des informations limitées sur les facteurs d'émission pour le CH₄ et le N₂O imputables aux avions, et les valeurs par défaut indiquées au Tableau 3.6.5 sont identiques aux valeurs disponibles dans la littérature.

¹⁸ Les pays utilisent des méthodes différentes pour convertir les émissions de NO_x en N₂O

NIVEAU 3

Les facteurs d'émission de Niveau 3A sont disponibles dans le Guide d'inventaire des émissions EMEP/CORINAIR, alors que le Niveau 3B utilise les facteurs d'émission des modèles nécessaires pour utiliser cette technologie. Les organismes chargés des inventaires devraient vérifier que ces facteurs d'émission sont en réalité appropriés.

3.6.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Étant donné que les émissions imputables à l'aviation domestique sont présentées séparément de celles imputables à l'aviation internationale, on doit diviser les données sur les activités en composants domestiques et internationaux. À cette fin, on appliquera les définitions suivantes indépendamment de la nationalité du transporteur (Tableau 3.6.6). Par souci de cohérence, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser les mêmes définitions des activités nationales et internationales pour les estimations relatives à l'aviation et à la navigation. Dans certains cas, les statistiques nationales sur l'énergie ne permettent pas d'obtenir des données conformes à cette définition. Les *bonnes pratiques* recommandent aux pays de séparer les données sur les activités conformes à cette définition. Dans tous les cas, un pays doit clairement définir les méthodologies et les hypothèses adoptées.

TABLEAU 3.6.6 CRITERES POUR DEFINIR LES VOLS DOMESTIQUES ET INTERNATIONAUX (S'APPLIQUENT AUX ETAPES INDIVIDUELLES DES VOLS AVEC PLUS D'UN DECOLLAGE ET ATERRISSAGE)		
Type de voyage entre deux aéroports	Domestique	International
Point de départ et point d'arrivée dans le même pays	Oui	Non
Point de départ dans un pays et point d'arrivée dans un autre pays	Non	Oui

La compilation des inventaires des émissions imputables à l'aviation précédents a permis d'identifier des difficultés liées à la distribution entre aviation internationale et domestique. Il est particulièrement difficile d'obtenir des informations sur l'embarquement/débarquement des passagers et le chargement/déchargement du fret lors d'arrêts dans un même pays et qui étaient exigées par les *Lignes directrices 1996 du GIEC/GPG2000* (Compte rendu analytique de la réunion d'experts OACI/CCNUCC, avril 2004). La plupart des données relatives aux vols sont obtenues sur base de segments de vol individuels (depuis le décollage jusqu'au prochain atterrissage) et ne distinguent pas les différents types d'arrêts intermédiaires (comme demandé dans le *GPG2000*). Baser la distinction sur des données relatives aux segments de vol est dès lors plus simple et est susceptible de réduire les incertitudes. Il est très peu probable que cette modification entraîne un changement significatif des estimations des émissions.¹⁹ Cela ne change pas la manière dont les émissions imputables aux vols internationaux sont rapportées comme éléments pour information et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux.

Des améliorations technologiques et l'optimisation des pratiques de fonctionnement des compagnies aériennes ont considérablement réduit le besoin d'arrêts techniques intermédiaires. Un arrêt technique intermédiaire ne déterminerait pas non plus le caractère national ou international d'un vol. Par exemple, si l'on dispose de données explicites, les pays peuvent définir un segment de vol international comme étant un segment de vol partant d'un pays avec un autre pays comme destination, avec un arrêt technique intermédiaire. Un arrêt technique a simplement comme objectif de faire le plein de carburant ou résoudre un problème technique, mais non pour un échange de passagers ou de chargement.

Si des statistiques nationales sur l'énergie ne fournissent pas encore de données cohérentes avec cette définition, les pays devraient estimer la consommation de carburant au niveau national et au niveau international conformément à la définition, à l'aide des approches expliquées ci-dessous.

¹⁹ Les *bonnes pratiques* recommandent aux pays d'expliquer et de justifier clairement leur raisonnement s'ils choisissent d'utiliser les définitions du *GPG2000*.

Des données descendantes peuvent être obtenues des autorités fiscales lorsque le carburant vendu pour l'utilisation domestique est soumis à la taxation ; mais non celui pour la consommation internationale. Des données sur la livraison de kérosène aviation et d'essence aviation pour les vols intérieurs ou internationaux peuvent être obtenues des aéroports ou des fournisseurs de carburant. Dans la plupart des pays, des taxes et des droits douaniers sont imposés sur les carburants destinés à la consommation nationale, alors que les carburants pour la consommation internationale (soutes) sont exempts de tels droits. En l'absence de sources de données plus directes, les informations sur les taxes nationales peuvent être utilisées pour distinguer la consommation de carburant nationale de la consommation internationale.

Des données *ascendantes* peuvent être obtenues par des enquêtes auprès de compagnies aériennes sur l'utilisation de carburant pour les vols intérieurs et internationaux, ou des estimations des données sur les mouvements des avions et des tableaux standards sur le carburant consommé ou les deux. Les facteurs de consommation du carburant pour les avions (carburant utilisé par atterrissage-décollage (AD) et par mille marin) peuvent être utilisés pour les estimations et peuvent être obtenus des compagnies aériennes.

Des exemples de sources pour des données ascendantes, y compris les mouvements des avions, sont :

- Les agences de statistiques ou les ministères des transports participant à l'élaboration de statistiques nationales ;
- Les données consignées par les aéroports ;
- Les données sur le contrôle aérien du trafic, par exemple, EUROCONTROL ;
- Les horaires des mouvements de trafic de passagers et de fret, ainsi que des données sur les vols réguliers, publiés mensuellement par l'OAG (Guide officiel des compagnies aériennes). Il ne contient pas de données sur les vols non réguliers ;

Certaines de ces sources ne couvrent pas tous les vols (les vols affrétés peuvent être exclus). Par ailleurs, les données relatives aux horaires des mouvements peuvent inclure des vols comptés deux fois étant donné que des compagnies aériennes peuvent partager des codes de vol ou dupliquer des numéros de vol. Des méthodes ont été développées pour détecter et retirer ces duplicats. (Baughcum *et al.*, 1996; Sutkus *et al.*, 2001).

Les types d'avion présentés au Tableau 3.6.9, Facteurs d'émission liés à l'AD, ont été définis sur base des hypothèses indiquées ci-dessous. Les avions ont été répartis en quatre groupes principaux pour refléter et indiquer la source de données distincte pour chaque groupe :

Ce groupe inclut les avions qui reflètent la flotte en opération en 2004 et certains types d'avion pour compatibilité arrière, identifiés par un modèle secondaire. Cette méthode a été considérée comme celle permettant de refléter le plus exactement les émissions dues aux opérations de la flotte aérienne. Pour minimiser la taille du tableau, certains modèles secondaires d'avion ont été regroupés lorsque leurs facteurs d'émission AD étaient similaires. La source de données des facteurs d'émission AD pour le groupe des gros avions commerciaux est la banque de données des émissions d'échappement des moteurs de l'OACI (OACI, 2004a).

Avions à réaction régionaux : Ce groupe inclut les avions représentatifs de la flotte opérationnelle des avions régionaux de 2004. Les avions régionaux représentatifs ont été sélectionnés sur base de l'apport d'une série appropriée d'avions régionaux avec des facteurs d'émission AD disponibles. La source de données des facteurs d'émission AD pour le groupe des avions régionaux est la banque de données des émissions d'échappement de moteur de l'OACI (OACI, 2004a).

Avions à réaction à faible poussée : Dans certains pays, les avions à faible poussée (moteurs avec une poussée inférieure à 26,7 kN) représentent un nombre non négligeable des mouvements et devraient donc être inclus dans les inventaires. Cependant, les moteurs de ces avions ne doivent pas satisfaire aux normes d'émission des moteurs de l'OACI, aussi les données sur les facteurs d'émission AD ne sont pas incluses dans la banque de données des émissions d'échappement de moteur de l'OACI et sont difficiles à obtenir. Aussi, il y a un seul avion représentatif avec des émissions types pour les avions de ce groupe. La source de données des facteurs d'émission AD pour le groupe des avions à réaction à faible poussée est le système de modélisation des émissions et de la dispersion (EDMS) de l'Administration fédérale de l'aviation (FAA 2004b).

Ce groupe inclut les avions représentatifs de la flotte d'avions à turbopropulseurs de 2004, qui peut être représentée par trois tailles d'avion typiques sur base de la puissance sur l'arbre en chevaux du moteur. La source de données des facteurs d'émission AD pour le groupe des avions à turbopropulseurs est la base de données des émissions AD de l'Institut aéronautique suédois (FOI).

Des données similaires pourraient être obtenues d'autres sources (AEE, 2002, par exemple). Les données équivalentes pour les avions à turbopropulseurs et les avions à moteur à pistons doivent être obtenues d'autres sources. Les relations entre les véritables avions et les avions représentatifs sont données au Tableau 3.6.3.

Des données sur la flotte aérienne peuvent être obtenues de diverses sources. L'OACI rassemble des données sur la flotte aérienne à l'aide de deux de ses sous-programmes statistiques : la flotte des transporteurs aériens commerciaux, où les États rapportent leurs transporteurs aériens commerciaux, et le registre des avions civils, dans lequel les États rapportent les avions civils immatriculés au 31 décembre (OACI 2004b).

Certains États de l'OACI ne participent pas à cette collecte de données, en partie en raison de la difficulté de séparer la flotte aérienne en entités commerciales et non commerciales. C'est pourquoi l'OACI a également recours à d'autres sources externes. Une de ces sources est le Registre international de l'aviation civile, 2004, publié par le Bureau Veritas (France), l'Administration de l'aéronautique civile (CAA, Royaume-Uni) et l'Autorité nationale de l'aviation civile (ENAC, Italie) en coopération avec l'OACI. Cette base de données contient les informations des registres de l'aviation civile de quelques 45 États (y compris les États-Unis) et couvre plus de 450 000 avions.

En outre, l'OACI peut également utiliser des bases de données commerciales. Aucune d'entre elles ne couvre la flotte entière étant donné leurs limites en ce qui concerne le champ d'application et la taille de l'avion. Parmi celles-ci, on trouve les bases de données de BACK Aviation Solutions (avions à voilure fixe de plus de 30 places), la base de données CASE publiée par AirClaims (avions commerciaux à réaction et à turbopropulseurs à voilure fixe), la base JP Airline Fleet publiée par BUCHAir (qui couvre à la fois les avions à voilure fixe et à voilure tournante). D'autres sociétés comme AvSoft peuvent également disposer d'informations pertinentes. Des informations supplémentaires sont disponibles sur les sites internet de ces sociétés.

3.6.1.4 AVIATION MILITAIRE

On entend par activités militaires les activités utilisant du carburant acheté par les autorités militaires nationales ou fournies à celles-ci. Les émissions imputables à la consommation de carburant pour l'aviation peuvent être estimées à l'aide de l'équation 3.6.1 et cette même méthode de calcul est recommandée pour l'aviation civile. Certains types d'avions et d'hélicoptères de transport militaire présentent des caractéristiques d'émissions semblables à celles des avions civils. On utilisera donc les facteurs d'émission par défaut des avions civils pour l'aviation militaire sauf si l'on dispose de meilleures données. Alternativement, la consommation de carburant pourra être estimée à partir des heures en opération. Les facteurs de consommation de carburant par défaut pour les avions militaires sont présentés aux Tableaux 3.6.7 et 3.6.8. Pour les facteurs de consommation de carburant, voir la Section 3.6.1.3 « Choix des données sur les activités ».

Groupe	Sous-groupe	Type représentatif	Flux de carburant (kg/heure)
Combat	Avion à réaction rapide – forte poussée	F16	3 283
	Avion à réaction rapide – faible poussée	Tiger F-5E	2 100
Entraînement	Avion d'entraînement à réaction	Hawk	720
	Avions d'entraînement à turbopropulseurs	PC-7	120
Ravitaillement/transport	Gros ravitaillement/transport	C-130	2 225
	Petit transport	ATP	499
Autre	Avions de patrouille maritime	C-130	2 225
Sources : Tableaux 3.1 et 3.2 de Gardner <i>et. al</i> 1998 USEPA, 2005)			

TYPE D'AVION	Description de l'avion	CONSOMMATION DE CARBURANT (LITRES/HEURE)
A-10A	Bombardier léger bi-moteur	2 331
B-1B	Bombardiers stratégiques quadri-moteur à long rayon d'action. Uniquement utilisé par les États-Unis	13 959
B-52H	Bombardiers stratégiques 8 moteurs à long rayon d'action. Uniquement utilisé par les États-Unis.	12 833
C-12J	Avion de transport léger bi-turbopropulseur. Variante du Beech King Air.	398
C-130E	Avion de transport quadri-turbopropulseur. Utilisé par de nombreux pays.	2 956
C-141B	Avion de transport quadri-moteur à long rayon d'action. Uniquement utilisé par les États-Unis	7 849
C-5B	Avion de transport lourd quadri-moteur à long rayon d'action. Uniquement utilisé par les États-Unis	13 473
C-9C	Avion de transport bi-moteur. Variante militaire du DC-9.	3 745
E-4B	Avion de transport quadri-moteur. Variante militaire du Boeing 747.	17 339
F-15D	Chasseur bi-moteur.	5 825
F-15E	Chasseur-bombardier bi-moteur	6 951
F-16C	Chasseur monomoteur. Utilisé par de nombreux pays.	3 252
KC-10A	Avion ravitailleur tri-moteur. Variante militaire du DC-10.	10 002
KC-135E	Avion ravitailleur quadri-moteur. Variante militaire du Boeing 707.	7 134
KC-135R	Avion ravitailleur quadri-moteur à moteurs plus récents. Variante du Boeing 707.	6 064
T-37B	Avion d'entraînement à réaction bi-moteur.	694
T-38A	Avion d'entraînement à réaction bi-moteur. Semblable au F-5.	262

Les avions militaires (avions de transport, hélicoptères et chasseurs) peuvent ne pas avoir d'équivalent civil. Dès lors, une méthode d'analyse des données plus détaillée est encouragée lorsque les données sont disponibles. Les organismes chargés des inventaires devraient donc consulter des experts militaires pour déterminer les facteurs d'émission les plus appropriés pour l'aviation militaire du pays.

En raison de problèmes de confidentialité (voir Exhaustivité et Présentation), de nombreux organismes chargés des inventaires peuvent rencontrer des difficultés pour obtenir des données sur la consommation de carburant pour l'aviation militaire. On entend par activités militaires les activités utilisant du carburant acheté par les autorités militaires nationales ou fournies à celles-ci. Les pays peuvent appliquer les règles définissant les opérations d'aviation civiles domestiques et internationales aux opérations militaires lorsque les données nécessaires à l'application de ces règles sont comparables et disponibles. Dans ce cas, les émissions internationales imputables à l'aviation militaire peuvent être rapportées dans la catégorie « Aviation internationale (Soutes internationales) », mais doivent ensuite être montrées séparément. On peut obtenir des données sur la consommation de carburant pour l'aviation militaire auprès des institutions militaires gouvernementales ou des fournisseurs de carburant. Si l'on ne dispose pas de données subdivisées sur le carburant, la totalité du carburant vendu à des fins d'activités militaires devra être affectée à la catégorie « domestique ».

Les émissions résultant d'opérations multilatérales dans le cadre de la Charte des Nations Unies ne doivent pas être incluses dans les totaux nationaux. Les autres émissions liées aux opérations doivent être incluses dans les totaux nationaux des émissions d'une ou plusieurs Parties impliquées. Les calculs nationaux doivent tenir compte des carburants livrés aux forces armées du pays, ainsi que des carburants livrés dans ce pays mais utilisés par les forces armées d'autres pays. Les autres émissions liées aux opérations (équipements de soutien au sol hors route, par exemple) devraient être incluses dans les totaux nationaux des émissions dans la catégorie de source appropriée.

Il convient de traiter ces données avec précaution étant donné que le contexte national peut varier de celui supposé dans ce Tableau. En particulier, les distances parcourues et la consommation de carburant peuvent être affectées par les structures nationales des routes, la congestion des aéroports et les pratiques de contrôle du trafic aérien.

3.6.1.5 EXHAUSTIVITE

Quelle que soit la méthode, il est important de rendre compte de la totalité du carburant vendu au secteur de l'aviation dans le pays. Les méthodes sont basées sur la consommation totale de carburant, et doivent couvrir complètement les émissions de CO₂. Cependant, l'attribution entre le cycle décollage/atterrissage et le vol en croisière ne sera pas réalisée pour la méthode de Niveau 2 tant que les statistiques sur les décollages/atterrissages ne seront pas complètes. De plus, les méthodes de Niveau sont axées sur les vols réguliers et affrétés de transport de passagers et de fret, et non pas sur toutes les opérations d'aviation. De plus, elles n'incluent pas automatiquement les vols non réguliers et l'aviation générale, telles que les avions agricoles, les avions et les hélicoptères privés, lesquels doivent être ajoutés si la quantité de carburant est significative. Il peut y avoir également un problème au niveau de l'exhaustivité si les données militaires sont confidentielles. Dans ces cas, les *bonnes pratiques* recommandent de présenter l'utilisation de carburant par le secteur militaire avec une autre catégorie de source.

D'autres activités liées à l'aviation et qui produisent des émissions incluent : l'avitaillement et la manipulation de carburant en général, la maintenance des moteurs des avions et la vidange en vol du carburant pour éviter les accidents. En hiver, l'antigivrage et le dégivrage des ailes et de l'avion sont une source d'émission dans les aéroports. Nombre des matières utilisées dans ces traitements coulent des ailes lorsque les avions tournent au ralenti, roulent au sol et décollent, et elles s'évaporent ensuite. Ces émissions sont cependant très faibles et des méthodes spécifiques pour les estimer ne sont pas incluses.

D'autres difficultés existent pour ce qui est de la distinction entre les émissions nationales et internationales. Les sources de données pour chaque pays étant uniques pour cette catégorie, on ne peut pas énoncer de règle générale expliquant comment effectuer une affectation en l'absence de données précises. Les *bonnes pratiques* consistent à bien préciser les hypothèses utilisées afin de permettre d'évaluer l'exhaustivité des données.

3.6.1.6 DEVELOPPEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Le Chapitre 5, Cohérence des séries temporelles et recalcul, du Volume 1 des *Lignes directrices 2006 du GIEC* contient des informations supplémentaires sur la façon d'obtenir des estimations d'émissions lorsqu'on ne peut pas utiliser les mêmes données ou les mêmes méthodes pour chaque année de la série temporelle. En l'absence de données sur les activités pour l'année de référence (1990, par exemple), on peut extrapoler les données pour

cette année en utilisant les tendances relatives aux kilométrages du transport de fret et de passagers, au carburant total consommé ou fourni ou au nombre d'AD (mouvements d'avions).

Les tendances des émissions de CH₄ et NO_x (et donc de N₂O) dépendront de la technologie relative aux moteurs d'avions et des changements de la composition de la flotte nationale. On devra peut-être tenir compte des futurs changements de la composition de la flotte et, à cet effet, il est recommandé d'utiliser les méthodes de Niveau 2 et 3B basées sur les types d'avions individuels pour 1990 et les années suivantes. Si la composition de la flotte est inchangée, on devra utiliser le même ensemble de facteurs d'émission pour toutes les années.

Chaque méthode doit pouvoir refléter avec précision les effets des mesures d'atténuation qui influent sur la consommation de carburant. Cependant, seules les méthodes de Niveau 2 et 3B, basées sur des avions individuels, peuvent refléter les effets des mesures d'atténuation qui produisent des facteurs d'émission plus faibles.

Le Niveau 2 a été revu pour prendre en compte les émissions de NO_x dans la phase de montée, qui sont très différentes de celles se produisant en croisière. Les différences de quantité de NO_x calculée durant cette phase pourraient être de l'ordre d'environ 15 à 20 pour cent, en raison de la poussée/puissance nécessaire dans cette phase et de sa relation avec la production plus importante de NO_x. Il convient de faire particulièrement attention à développer une série temporelle cohérente si un Niveau 2 est utilisé.

3.6.1.7 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

FACTEURS D'ÉMISSION

Les facteurs d'émission de CO₂ devront être dans une fourchette de ± 5 pour cent, car ils dépendent uniquement de la teneur en carbone du carburant et de la fraction oxydée. Cependant, une importante incertitude est inhérente au calcul de CO₂ basé sur les incertitudes des données sur les activités discutées ci-dessous. Pour le Niveau 1, l'incertitude du facteur d'émission de CH₄ peut être dans une fourchette entre -57 et +100 pour cent. L'incertitude du facteur d'émission de N₂O peut être dans une fourchette entre -70 et +150 pour cent. En outre, les facteurs d'émission de CH₄ et N₂O varient avec la technologie et l'utilisation d'un seul facteur d'émission pour l'aviation en général constitue une simplification importante.

Des informations aidant au calcul des incertitudes associées aux facteurs d'émission AD indiqués au Tableau 3.6.9 sont disponibles dans Lister et Norman, 2003; et l'OACI, 1993. Des informations aidant au calcul des incertitudes associées aux facteurs d'émission en croisière indiqués au Tableau 3.6.10 sont disponibles dans : Baughcum *et al*, 1996. Sutkus, *et al*, 2001; Evers *et al*, 2004; Kim, 2005 a et b; Malwitz, 2005. Si l'on ne dispose pas de ressources pour calculer les incertitudes, des bandes d'incertitude peuvent être utilisées comme définies comme facteurs par défaut à la Section 3.6.1.2.

Une attention particulière devra être accordée aux facteurs d'émission en croisière de NO_x pour le Niveau 2 indiqués au Tableau 3.6.10. Ces facteurs d'émission ont été mis à jour depuis les Lignes directrices 1996 pour refléter le fait que les émissions en phase de montée sont très différentes de celles en croisière. Le calcul des facteurs d'émission de NO_x est basé sur deux ensembles de données, un de 1 km à 9 km, et le second de 9 km à 13 km. Les différences de quantité de NO_x calculée durant cette phase pourraient être de l'ordre d'environ 15 à 20 pour cent, en raison de la poussée/puissance nécessaire dans cette phase et de sa relation avec la production plus importante de NO_x. Il convient de faire particulièrement attention à développer une série temporelle cohérente si un Niveau 2 est utilisé (voir Section 3.6.1.6 et Volume 1, Chapitre 5).

DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Les incertitudes associées à la présentation seront fortement influencées par la précision des données sur l'aviation domestique collectées séparément de celles sur l'aviation internationale. Dans le cas de données complètes, les incertitudes pourront être très faibles (moins de 5 pour cent) alors que dans le cas d'estimations ou de données incomplètes, les incertitudes pourront être conséquentes, atteignant même un facteur de deux pour l'aviation domestique. Les plages d'incertitude citées représentent une consultation informelle d'experts visant à se rapprocher de l'intervalle de confiance de 95 pour cent autour de l'estimation centrale. Les incertitudes varieront considérablement d'un pays à l'autre et il est difficile de généraliser. L'utilisation d'ensembles de données globales, appuyés par des radars, peut être utile dans ce domaine, et on prévoit des améliorations de la présentation pour cette catégorie à l'avenir.

3.6.2 Assurance de la qualité / contrôle de la qualité (AQ/CQ) des inventaires

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Tableau « Procédures de CQ pour inventaire général de Niveau 1 », au Chapitre 6 du Volume 1, Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification. Les *bonnes pratiques* recommandent également d'effectuer un examen par des tiers experts des estimations des émissions lorsqu'une méthode de Niveau 2 ou 3 est utilisée. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les procédures de Niveau 2 au Chapitre 6 du Volume 1, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent également être pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour déterminer les émissions imputables à cette catégorie de source. L'organisme chargé de l'inventaire est invité à utiliser des AQ/CQ de niveau supérieur pour les *catégories de source clés*, comme indiqué au Chapitre 4 du Volume 1.

Des procédures spécifiques pertinentes à cette catégorie de source sont indiquées ci-dessous.

Comparaison des estimations des émissions à l'aide de méthodes différentes

Si des approches de niveau supérieur sont utilisées, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les inventaires et des estimations établies à l'aide de niveaux inférieurs. Toute anomalie entre les estimations d'émissions devra être examinée et expliquée. Les résultats de ces comparaisons seront consignés à titre de documentation interne.

Examen des facteurs d'émission

Si l'on utilise des facteurs nationaux plutôt que les valeurs par défaut, il convient de référencer directement l'examen de contrôle de la qualité associé à la publication des facteurs d'émission, et d'inclure cet examen dans la documentation AQ/CQ pour garantir la conformité des procédures avec les *bonnes pratiques*. Si possible, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les valeurs par défaut du GIEC aux facteurs nationaux à titre de contrôle supplémentaire de la pertinence des facteurs. Dans le cas d'estimations des émissions imputables aux activités militaires à l'aide de données autres que les facteurs par défaut, l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier l'exactitude des calculs et l'applicabilité et la pertinence de ces données.

TABLEAU 3.6.9
FACTEURS D'EMISSION AD POUR LES AVIONS TYPES

	AVION	Facteurs d'émission AD (kg/AD) ⁽¹²⁾							CONSUMMATION DE CARBURANT AD (KG/AD)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NO _x	CO	COVNM ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
Gros avions commerciaux ⁽¹⁾⁽²⁾	A300	5450	0,12	0,2	25,86	14,80	1,12	1,72	1720
	A310	4760	0,63	0,2	19,46	28,30	5,67	1,51	1510
	A319	2310	0,06	0,1	8,73	6,35	0,54	0,73	730
	A320	2440	0,06	0,1	9,01	6,19	0,51	0,77	770
	A321	3020	0,14	0,1	16,72	7,55	1,27	0,96	960
	A330-200/300	7050	0,13	0,2	35,57	16,20	1,15	2,23	2230
	A340-200	5890	0,42	0,2	28,31	26,19	3,78	1,86	1860
	A340-300	6380	0,39	0,2	34,81	25,23	3,51	2,02	2020
	A340-500/600	10660	0,01	0,3	64,45	15,31	0,13	3,37	3370
	707	5890	9,75	0,2	10,96	92,37	87,71	1,86	1860
	717	2140	0,01	0,1	6,68	6,78	0,05	0,68	680
	727-100	3970	0,69	0,1	9,23	24,44	6,25	1,26	1260
	727-200	4610	0,81	0,1	11,97	27,16	7,32	1,46	1460
	737-100/200	2740	0,45	0,1	6,74	16,04	4,06	0,87	870
	737-300/400/500	2480	0,08	0,1	7,19	13,03	0,75	0,78	780
	737-600	2280	0,10	0,1	7,66	8,65	0,91	0,72	720
	737-700	2460	0,09	0,1	9,12	8,00	0,78	0,78	780
	737-800/900	2780	0,07	0,1	12,30	7,07	0,65	0,88	880
	747-100	10140	4,84	0,3	49,17	114,59	43,59	3,21	3210
	747-200	11370	1,82	0,4	49,52	79,78	16,41	3,60	3600
	747-300	11080	0,27	0,4	65,00	17,84	2,46	3,51	3510
	747-400	10240	0,22	0,3	42,88	26,72	2,02	3,24	3240
	757-200	4320	0,02	0,1	23,43	8,08	0,20	1,37	1370
	757-300	4630	0,01	0,1	17,85	11,62	0,10	1,46	1460
	767-200	4620	0,33	0,1	23,76	14,80	2,99	1,46	1460
	767-300	5610	0,12	0,2	28,19	14,47	1,07	1,77	1780
	767-400	5520	0,10	0,2	24,80	12,37	0,88	1,75	1750
	777-200/300	8100	0,07	0,3	52,81	12,76	0,59	2,56	2560
	DC-10	7290	0,24	0,2	35,65	20,59	2,13	2,31	2310
	DC-8-50/60/70	5360	0,15	0,2	15,62	26,31	1,36	1,70	1700
DC-9	2650	0,46	0,1	6,16	16,29	4,17	0,84	840	
L-1011	7300	7,40	0,2	31,64	103,33	66,56	2,31	2310	

TABLEAU 3.6.9 (SUITE)									
FACTEURS D'ÉMISSION AD POUR LES AVIONS TYPES									
	AVION	Facteurs d'émission AD (kg/AD) ⁽¹²⁾							CONSOMMATION DE CARBURANT AD (KG/AD)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NO _x	CO	COVNM ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
	MD-11	7290	0,24	0,2	35,65	20,59	2,13	2,31	2310
	MD-80	3180	0,19	0,1	11,97	6,46	1,69	1,01	1010
	MD-90	2760	0,01	0,1	10,76	5,53	0,06	0,87	870
	TU-134	2930	1,80	0,1	8,68	27,98	16,19	0,93	930
	TU-154-M	5960	1,32	0,2	12,00	82,88	11,85	1,89	1890
	TU-154-B	7030	11,90	0,2	14,33	143,05	107,13	2,22	2230
Avions à réaction régionaux	RJ-RJ85	1910	0,13	0,1	4,34	11,21	1,21	0,60	600
	BAE 146	1800	0,14	0,1	4,07	11,18	1,27	0,57	570
	CRJ-100ER	1060	0,06	0,03	2,27	6,70	0,56	0,33	330
	ERJ-145	990	0,06	0,03	2,69	6,18	0,50	0,31	310
	Fokker 100/70/28	2390	0,14	0,1	5,75	13,84	1,29	0,76	760
	BAC111	2520	0,15	0,1	7,40	13,07	1,36	0,80	800
	Dornier 328 Jet	870	0,06	0,03	2,99	5,35	0,52	0,27	280
	Gulfstream IV	2160	0,14	0,1	5,63	8,88	1,23	0,68	680
	Gulfstream V	1890	0,03	0,1	5,58	8,42	0,28	0,60	600
	Yak-42M	2880	0,25	0,1	10,66	10,22	2,27	0,91	910
Avions à réaction à faible poussée ⁽³⁾ (Fn < 26,7 kN)	Cessna 525/560	1070	0,33	0,03	0,74	34,07	3,01	0,34	340
Avions à turbopropulseur ⁽⁶⁾	Beech King Air	230	0,06	0,01	0,30	2,97	0,58	0,07	70
	DHC8-100 ⁽⁶⁾	640	0,00	0,02	1,51	2,24	0,00	0,20	200
	ATR72-500 ⁽⁷⁾	620	0,03	0,02	1,82	2,33	0,26	0,20	200

Notes :

- (1) Banque de données des émissions d'échappement de moteur de l'OACI (OACI, 2004) sur base des données mesurées moyennes. Les facteurs d'émission ne s'appliquent qu'à l'atterrissage/décollage.
- Les types de moteur pour chaque avion ont été choisis sur une base cohérente de moteurs avec le plus d'AD. Pour certains types de moteur, cette approche peut sous-estimer (ou surestimer) les émissions de la flotte aérienne qui ne sont pas directement associées à la consommation de carburant (NO_x, CO, HC, par exemple).
- (3) Système de modélisation des émissions et de la dispersion (EDMS) (FAA 2004b)
- (4) Base de données des émissions AD des avions à turbopropulseurs de l'Agence de recherche suédoise de défense (FOI)
- (5) Représentatif des avions à turbopropulseurs avec une puissance sur l'arbre en chevaux supérieure à 1000 shp/moteur
- (6) Représentatif des avions à turbopropulseurs avec une puissance sur l'arbre en chevaux de 1000 à 2000 shp/moteur
- (7) Représentatif des avions à turbopropulseurs avec une puissance sur l'arbre en chevaux supérieure à 2000 shp/moteur
- (8) En supposant que 10% des émissions totales de COV dans les cycles AD sont des émissions de méthane (Olivier, 1991) (comme dans les *Lignes directrices 1996 du GIEC*).
- (9) Estimations basées sur des valeurs par défaut de Niveau 1 (ID FE 11053) (comme dans les *Lignes directrices 1996 du GIEC*).
- (10) La teneur en soufre du carburant est supposée être 0,05% (comme dans les *Lignes directrices 1996 du GIEC*).
- (11) Le CO₂ pour chaque avion sur base des 3,16 kg de CO₂ produits pour chaque kg de carburant utilisé, ensuite arrondi au 10 kg les plus proches.
- (12) Des informations concernant les incertitudes associées à ces données sont disponibles dans : Lister et Norman, 2003; OACI, 1993.

Un Tableau préparé avec les mises à jour de 2005 sera disponible dans la Base de données des facteurs d'émission.

TABLEAU 3.6.10
FACTEURS D'ÉMISSION DE NO_x POUR DIFFÉRENTS AVIONS EN CROISIÈRE

	Avion	Facteur d'émission de NO_x (g/kg) ^{(1) (5)}
Gros avions commerciaux	A300	14,8
	A310	12,2
	A319	11,6
	A320	12,9
	A321	16,1
	A330-200/300	13,8
	A340-200	14,5
	A340-300	14,6
	A340-500/600	13,0 ⁽²⁾
	707	5,9
	717	11,5 ⁽³⁾
	727-100	8,7
	727-200	9,5
	737-100/200	8,7
	737-300/400/500	11,0
	737-600	12,8
	737-700	12,4
	737-800/900	14,0
	747-100	15,5
	747-200	12,8
	747-300	15,2
	747-400	12,4
	757-200	11,8
	757-300	9,8 ⁽³⁾
	767-200	13,3
	767-300	14,3
	767-400	13,7 ⁽³⁾
	777-200/300	14,1
	DC-10	13,9
	DC-8-50/60/70	10,8
	DC-9	9,1
	L-1011	15,7
MD-11	13,2	
MD-80	12,4	
MD-90	14,2	
TU-134	8,5	
TU-154-M	9,1	
TU-154-B	9,1	
Avions à réaction régionaux	RJ-RJ85	15,6
	BAE 146	8,4
	CRJ-100ER	8,0
	ERJ-145	7,9
	Fokker 100/70/28	8,4
	BAC111	12,0
	Dornier 328 Jet	14,8 ⁽²⁾
	Gulfstream IV	8,0 ⁽²⁾
	Gulfstream V	9,5 ⁽²⁾
	Yak-42M	15,6 ⁽⁴⁾
Avions à réaction à faible poussée ⁽³⁾ (Fn < 26,7 kN)	Cessna 525/560	7,2 ⁽⁴⁾
Avions à turbopropulseurs	Beech King Air	8,5
	DHC8-100	12,8
	ATR72-500	14,2

Notes :

(1) Sutkus *et al* 2001, sauf si indiqué autrement.

(2) Données du modèle SAGE, Kim, 2005 a et b; Malwitz, 2005

(3) Sutkus, Baughcum, DuBois, 2003

(4) Moyenne des données de SAGE (Kim, 2005 a et b; Malwitz, 2005) et AERO2k (Eyers *et al*, 2004)

(5) Des informations permettant de calculer les incertitudes peuvent être trouvées dans : Baughcum *et al*, 1996; Sutkus, *et al*, 2001; Eyers *et al*, 2004; Kim, 2005 a et b; Malwitz, 2005.

Vérification des données sur les activités

L'organisme chargé de l'inventaire devra examiner la source des données sur les activités pour vérifier son applicabilité et sa pertinence pour la catégorie. Si possible, il devra comparer les données aux données sur les activités historiques ou aux rendements modèles pour rechercher les anomalies. Pour la préparation des estimations, il devra vérifier la fiabilité des données sur les activités utilisées pour diviser les émissions entre aviation internationale et aviation domestique.

Les données pourront être vérifiées par rapport aux indicateurs de productivité tels que le carburant par unité de performance du trafic (passagers-kilomètres ou tonnes-kilomètres). Lorsque les données seront comparées entre pays, la série de données devra rester faible. L'Agence européenne pour l'environnement présente un ensemble de données utile²⁰ qui présente les émissions et le volume de passager/fret pour chaque mode de transport en Europe. Par exemple, la Norvège estime que les émissions pour l'aviation domestique sont 0,22 kg CO₂/passager-km. Cependant, il convient de noter que la flotte aérienne mondiale inclut de nombreux petits avions avec un rendement énergétique relativement faible. Le Ministère des transports américain estime l'intensité énergétique moyenne de la flotte aérienne des États-Unis à 3666 Btu/passager-mille (2403 kJ/passager-km). L'Association internationale du transport aérien estime qu'un avion moyen consomme 3,5 litres de carburateur par 100 passager-km (67 passager-mille par gallon américain).

Se fier aux opérations régulières pour les données sur les activités peut introduire des incertitudes plus élevées que de se fier simplement à l'utilisation du carburant pour le CO₂. Cependant, les pertes de carburant et l'utilisation de carburateur pour d'autres activités résulteront en une surestimation des contributions de l'aviation.

Examen externe

L'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer un examen indépendant et objectif des calculs, hypothèses et documentation de l'inventaire d'émissions pour évaluer l'efficacité du programme de contrôle de la qualité. Ce contrôle par des tiers experts devra être effectué par un (des) expert(s) (autorités de l'aviation, compagnies aériennes et personnel militaire, par exemple) connaissant bien la catégorie de source et conscient(s) des exigences de l'inventaire.

3.6.3 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux, comme indiqué au Chapitre 8 du Volume 1 des *Lignes directrices 2006 du GIEC*. Certains exemples de documentation spécifique et d'établissement de rapports spécifiques à cette catégorie de source sont indiqués ci-après.

Les *Lignes directrices du GIEC* demandent aux organismes chargés des inventaires de présenter les émissions imputables à l'aviation internationale séparément de celles imputables à l'aviation domestique, et d'exclure l'aviation internationale des totaux nationaux. Tous les pays sont supposés avoir des activités d'aviation et devront donc présenter des estimations d'émissions pour cette catégorie de source. Même si des pays peu étendus n'ont pas d'aviation domestique, ils doivent présenter les émissions imputables à l'aviation internationale. Les organismes chargés des inventaires doivent expliquer comment ils ont appliqué la définition d'aviation nationale et internationale dans les Lignes directrices.

La présentation des émissions des AD séparément de celles de la phase de croisière des vols permettra d'améliorer la transparence des inventaires. Les émissions dues à l'aviation militaire devront être bien précisées afin d'améliorer la transparence des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Outre les informations numériques présentées dans les tableaux standards, la présentation des données suivantes devrait améliorer la transparence :

- Sources de données sur le carburant et autres données essentielles (facteurs de consommation de carburant, par exemple) en fonction de la méthode utilisée ;
- Nombre de mouvements d'avions, répartis en mouvements domestiques et internationaux ;
- Facteurs d'émission utilisés, s'ils diffèrent des valeurs par défaut. Les sources de données devront être référencées.
- Si une méthode de niveau 3 est utilisée, les émissions seront présentées séparément pour l'aviation commerciale régulière et les autres activités des avions à réaction.

²⁰ Voir http://air-climate.eionet.eu.int/databases/TRENDS/TRENDS_EU15_data_Sep03.xls

Il peut y avoir un problème de confidentialité si seulement une ou deux compagnies aériennes assurent l'aviation domestique dans un pays. La confidentialité peut également être un problème pour la transparence de la présentation de données sur l'aviation militaire.

3.6.4 Tableaux de présentation et feuilles de travail

Il convient de compléter les quatre pages des feuilles de travail (Annexe 1) pour l'approche sectorielle de Niveau 1 pour chaque catégorie de source indiquée au Tableau 3.6.1. Les tableaux de présentation sont disponibles au Chapitre 8 du Volume 1.

3.6.5 Définitions de termes spécialisés

Essence aviation - Un carburant uniquement utilisé dans les petits avions à moteur à pistons et qui représente généralement moins d'1 % du carburant utilisé dans l'aviation

Montée - La partie du vol d'un avion qui suit le décollage dès 914 mètres (3000 pieds) au-dessus du sol. Lors de la montée, l'avion atteint l'altitude de croisière souhaitée.

Vols commerciaux réguliers - Toutes les opérations d'avions commerciaux dont les horaires sont disponibles au public (par exemple, dans le Guide officiel de l'aviation, OAG 2006), principalement destinées aux services aux passagers. Cette définition ne concerne pas les activités dont les horaires ne sont pas disponibles au public comme les opérations des avions cargo non réguliers, le transport non régulier des voyageurs, le taxi aérien et les interventions d'urgence. Note : *L'aviation commerciale régulière* est considérée comme un sous-ensemble des opérations d'aviation alimentées au carburant pour carburateur.

Croisière - Toutes les activités des avions qui ont lieu à une altitude supérieure à 914 mètres (3000 pieds) y compris toute montée ou descente supplémentaire au-delà de cette altitude. Il n'y a pas de limite supérieure.

Moteurs à turbines à gaz - Moteurs rotatifs qui extraient l'énergie d'un flux de gaz de combustion. L'énergie est ajoutée au courant de gaz dans la chambre de combustion, où l'air est mélangé au carburant et s'enflamme. La combustion augmente la température et le volume du flux de gaz. Celui-ci est dirigé à travers une buse d'éjection au-dessus des pales d'une turbine, mettant la turbine en rotation et alimentant la chambre de combustion. Pour un avion, l'énergie est extraite soit sous forme de poussée ou par une turbine qui commande un ventilateur ou un propulseur.

Références

TRANSPORT ROUTIER

- ADEME/DIREM (2002). Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, La direction des ressources énergétiques et minérales, Ecobilan, PricewaterhouseCoopers, 'Energy and greenhouse gas balances of biofuels' production chains in France.' December, www.ademe.fr/partenaaires/agrice/publications/ocuments_anglais/synthesis_energy_and_greenhouse_english.pdf
- ARB (2004). 'Technical Support Document for Staff Proposal Regarding Reduction of greenhouse gas Émissions from motor vehicles, climate change Émissions inventory'. California Air Resources Board (August 6 2004)
- Ballantyne, V. F., Howes, P., and Stephanson, L. (1994). 'Nitrous oxide Émissions from light duty vehicles.' SAE Tech. Paper Series (#940304), 67-75.
- Beer, T., Grant, T., Brown, R., Edwards, J., Nelson, P., Watson, H., Williams, D., (2000). 'Life-cycle Émissions analysis of alternative fuels for heavy vehicles'. CSIRO Atmospheric Research Report C/0411/1.1/F2 to the Australian Greenhouse Office, Australia. (March 2000)
- Behrentz, E. (2003). 'Measurements of nitrous oxide Émissions from light-duty motor vehicles: analysis of important variables and implications for California's greenhouse gas Émission Inventory.' Dissertation Prospectus University of California, USA, (2003). See <http://ebehrent.bol.ucla.edu/N2O.pdf>
- Borsari, V. (2005). 'As emissões veiculares e os gases de efeito estufa.' SAE - Brazilian Society of Automotive Engineers

- CETESB (2004). Air Quality Report (Relatório de Qualidade do Ar 2003, in Portuguese, (Air Quality Report 2003), available at <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/Relatorios/RelatorioAr2003.zip> and
- CETESB (2005). Personal communication with Oswaldo Lucon, São Paulo State Environment Agency, Mobile Sources Division. Information based on measurements conducted by Renato Linke, Vanderlei Borsari and Marcelo Bales, (Vehicle Inspection Division, ph. +5511 3030 6000). Partially published.
- CONCAWE Report 2/02 Brussels, Belgium, (April 2002). 'Energy and greenhouse gas balance of biofuels for Europe - an update.'
- Díaz, L. et.al (2001). 'Long-term efficiency of catalytic converters operating in Mexico City.' Air & Waste Management Association, ISSN 1047-3289, Vol 51, pp.725-732,
- EEA (2000). European Environment Agency (EEA). 'COPERT III computer programme to calculate Émissions from road transport, methodology and Émission factors report.' (Version 2.1), Copenhagen, Denmark November 2000. (For more details see <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>)
- EEA (2005a). EMEP/CORINAIR. Émission Inventory Guidebook – 2005 European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005). Available from web site: <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>
- EEA (2005b). European Environment Agency (EEA), Computer programme to calculate Émissions from road transport (COPERT), <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>
- Gamas, D.J., Diaz, L., Rodriguez, R., López-Salinas, E., Schifter, I., (1999). 'Exhaust Émissions from gasoline and LPG-powered vehicles operating at the altitude of Mexico City.' in Journal of the Air & Waste Management Association, October 1999.
- Heeb, Norbert., et al (2003). 'Methane, benzene and alkyl benzene cold start Émission data of gasoline-driven passenger cars representing the vehicle technology of the last two decades.' Atmospheric Environment 37 (2003) 5185-5195.
- IEA (2004). 'Bioenergy; biofuels for transport: an overview.' IEA Bioenergy.' T39:2004:01 (Task 39); March 2004,
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, J.T. Houghton *et al.*, IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- LAT (2005). 'Émission factors of N₂O and NH₃ from road vehicles.' LAT Report 0507 (in Greek), Laboratory of Applied Thermodynamics, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- Lipman, T. and Delucchi, M (2002). Lipman, Timothy, University of California-Berkeley; and Mark Delucchi, University of California-Davis (2002). 'Émissions of nitrous oxide and methane from conventional and alternative fuel motor vehicles.' Climate Change, 53(4), 477-516, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- MCT (2002). 'Greenhouse gas Émissions inventory from mobile sources in the energy sector.' (in Portuguese: Emissões de gases de efeito estufa por fontes móveis, no setor energético). Brazilian Ministry of Science and Technology, Brasília, 2002, pp. 25-26.
- Mitra, A. P., Sharma, Subodh K., Bhattacharya, S., Garg, A., Devotta, S. and Sen, Kalyan (Eds.), (2004). 'Climate Change and India: Uncertainty reduction in GHG inventories.' Universities Press (India) Pvt Ltd, Hyderabad.
- Ntziachristos, L and Samaras, Z (2005). Personal Communication Leonidas Ntziachristos and Zisis Samaras based on draft COPERT IV. Laboratory of Applied Thermodynamics, Aristotle University Thessaloniki, PO Box 458, GR 54124, Thessaloniki, GREECE,
- Peckham, J. (2003). 'Europe's 'AdBlue' urea-SCR project starts to recruit major refiners - selective catalytic reduction'. Diesel Fuel News, July 7, 2003.
- TNO (2002). 'N₂O formation in vehicles catalysts.' Report # 02.OR.VM.017.1/NG. Nederlandse Organisatie voor toegepastnatuurwetenschappelijk onderzoek (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research), Delft, Netherlands.
- TNO (2003). 'Evaluation of the environmental impact of modern passenger cars on petrol, diesel and automotive LPG, and CNG.'
- Report. 03.OR.VM.055.1/PHE. Nederlandse Organisatie voor toegepastnatuurwetenschappelijk onderzoek (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) December 24 2003.

- UNFCCC (2004). 'Estimation of Émissions from road transport.' United Nations Framework Convention on Climate Change, FCCC/SBSTA/2004/INF.3, June 2004
- USEPA (1997). 'Conversion factors for hydrocarbon Émission components.' prepared by Christian E Lindhjem, USEPA Office of Mobile Sources, Report Number NR-002, November 24.
- USEPA (2004a). 'Update of carbon oxidation fraction for GHG calculations.' prepared by ICF Consulting for US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.
- USEPA (2004b). 'Update of methane and nitrous oxide Émission factors for on-highway vehicles.' Report Number EPA420-P-04-016, US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA .November 2004
- USEPA (2004c). 'Inventory of greenhouse gas Émissions and sinks: 1990-2002'. (April 2004) USEPA #430-R-04-003. Table 3-19 , US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.
- USEPA (2005a). U.S. Environmental Protection Agency, 'Motor Vehicle Émission Simulator (MOVES).' See website: <http://www.epa.gov/otaq/ngm.htm>.
- USEPA (2005b). U.S. Environmental Protection Agency: 'MOBILE Model (on-road vehicles).'
- See website: <http://www.epa.gov/otaq/mobile.htm>.
- Wenzel, T., Singer, B., Slott, R., (2000). 'Some issues in the statistical analysis of vehicle Émissions'. Journal of Transportation and Statistics. pages 1-14, Volume 3, Number 2, September 2000, ISSN 1094-8848

TRANSPORT HORS ROUTE

- EEA (2005). EMEP/CORINAIR. Émission Inventory Guidebook – 2005, European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005). Available from web site: <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>
- Ntziachristos, L., Samaras, Z., Eggleston, S., Gorißen, N., Hassel, D., Hickman, A.J., Joumard, R., Rijkeboer, R., White, L., and Zierock, K. H. (2000). 'COPERT III computer programme to calculate Émissions from road transport methodology and Émission factors.' (Version 2.1) European Environment Agency, Technical report No 49. Copenhagen, Denmark, (November 2000). Software available from web site: <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>
- USEPA (2005a). NONROAD 2005 Model, For software, data and information, see website: <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>.
- USEPA (2005b). User's Guide for the Final NONROAD2005 Model. Environment Protection Agency, Report EPA420-R-05-0, 13 December 2005, Washington, DC, USA. (December 2005)
- Walsh, M. (2003). 'Vehicle Émissions trends and forecasts: The lessons of the past 50 years, blue sky in the 21st century conference, Seoul, Korea.' May 2003, see the website: http://www.walshcarlines.com/pdf/vehicle_trends_lesson.cf9.pdf

CHEMINS DE FER

- Dunn, R. (2001). 'Diesel fuel quality and locomotive Émissions in Canada'. Transport Canada Publication Number Tp 13783e (Table 8).
- EEA (2005). EMEP/CORINAIR. 'Émission Inventory Guidebook – 2005 European Environment Agency.' Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005). Available from web site: <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>
- GSTU (1994). 32.001-94. 'Émissions of pollution gases with exhaust gases from diesel locomotive.' Rates and definition methods (GSTU, 32.001-94) – in Russian (ГСТУ 32.001-94. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами тепловозных дизелей. Нормы и методы определения).
- Hahn, J. (1989). Eisenbahntechnische Rundschau, № 6, S. 377 - 384.
- ISO 8178-4 (1996). 'Reciprocating internal combustion engines – Exhaust Émission measurement – Part 4: Test cycles for different engine applications.'
- Jorgensen, M.W. and. Sorenson, S.C (1997). 'Estimating Émission from railway traffic.' DTU report, N°ET-EO-97-03, Dept of Energy Eng.' Lyngby, Denmark, 135 p.

- VTT (2003). RAILI (2003). 'Calculation system for Finnish railway traffic Émissions VTT building and transport, Finland.' For information see web site <http://lipasto.vtt.fi/lipastoe/railie/>
- TRANS/SC.2/2002/14/Add.1 13 AUGUST (2002). Economic Commission for Europe. inland Transport Committee. Working Party on rail transport. – Productivity in rail transport. Transmitted by the International Union of Railways (UIC).
- UNECE (2002). 'Productivity in rail transport UN Economic Commission For Europe, Inland Transport Committee Working Party on Rail Transport.' (Fifty-sixth session, 16-18 October 2002, agenda item 15) Transmitted by the International Union of Railways (UIC) TRANS/SC.2/2002/14/Add.1
- USEPA (1998) <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1998/October/Day-23/a24836.htm>
- USEPA (2005a). NONROAD 2005 Model, For software, data and information. see website: <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>.
- USEPA (2005b). User's Guide for the Final NONROAD2005 Model. Environment Protection Agency, Report EPA420-R-05-0, 13 December 2005, Washington DC, USA.

NAVIGATION

- Baggott, S.L., Brown, L., Cardenas, L., Downes, M.K., Garnett, E., Hobson, M., Jackson, J., Milne, R., Mobbs, D.C., Passant, N., Thistlethwaite, G., Thomson, A. and Watterson, J.D. (2004). 'UK Greenhouse gas inventory 1990 to 2002: Annual report for submission under the Framework Convention on Climate Change.' United Kingdom Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- EC (2002). 'Quantification of Émissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community.' Final Report Entec UK Limited (July 2002), page 12. Available from EU web site http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/chapter2_ship_Émissions.pdf
- EEA (2005). EMEP/CORINAIR. Émission Inventory Guidebook – 2005 European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005). Available from web site See: <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>
- Gunner, T., (2004). E-mail Correspondence containing estimates of total fuel consumption of the world fleet of ships of 500 gross tons and over, as found in the Fairplay Database of Ships, November 2004. See <http://www.fairplay.co.uk>
- Lloyd's Register (1995). 'Marine exhaust Émissions research programme.' Lloyd's Register House, Croydon, England.
- Trozzi, C., Vaccaro, R., (1997): 'Methodologies for estimating air pollutant Émissions from ships'. MEET Deliverable No. 19. European Commission DG VII, June 1997. Techne (1997).
- U.S. EPA, (2004). 'Inventory of U.S. greenhouse gas Émissions and sinks: 1990-2002.' United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

AVIATION CIVILE

- Baughcum, S.L., Tritz, T.G., Henderson, S.C. and Pickett, D.C. (1996). 'Scheduled civil aircraft Émission inventories for 1992: database development and analysis.' NASA/CR-4700, National Aeronautics and Space Administration, NASA Center for AeroSpace Information, 7121 Standard Drive, Hanover, USA.
- Daggett, D.L., Sutkus, D.J., Dubois, D.P. and. Baughcum, S.L. (1999). 'An evaluation of aircraft Émissions inventory methodology by comparisons with reported airline data.' NASA/CR-1999-209480, National Aeronautics and Space Administration, NASA Center for AeroSpace Information, 7121 Standard Drive, Hanover, USA, September 1999.
- EEA (2002).EMEP/CORINAIR Émission Inventory Guidebook, 3rd edition (October 2002 Update) EEA Technical Report No 30, Copenhagen, Denmark, 2002.
- Eyers, C.J., Norman, P., Plohr, M., Michot, S., Atkinson, K., and Christou, R.A., (2004). 'AERO2k Global aviation Émissions inventories for 2002 and 2025.' QINEYIQ/04/01113 UK, December 2004.
- FAA (2004a). 'Aviation Émissions: a primer.' Federal Aviation Administration, USA, 2004.
- FAA (2004b) 'Émissions and dispersion modelling system'. (EDMS) User's Manual FAA-AEE-04-02 (Rev. 1 – 10/28/04) Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy, Washington, DC September 2004. Additional information is available from the FAA web site: www.faa.gov.

- Kim, B., Fleming, G., Balasubramanian, S., Malwitz, A., Lee, J., Ruggiero, J., Waitz, I., Klima, K., Stouffer, V., Long, D., Kostiuk, P., Locke, M., Holsclaw, C., Morales, A., McQueen, E., Gillett, W., (2005a). 'SAGE: The system for assessing aviation's global Émissions'. FAA-EE-2005-01, (September 2005).
- Kim, B., Fleming, G., Balasubramanian, S., Malwitz, A., Lee, J., Waitz, I., Klima, K., Locke, M., Holsclaw, C., Morales, A., McQueen, E., Gillette, W., (2005b), 'SAGE: Global aviation Émissions inventories for 2000 through 2004'. FAA-EE-2005-02 (September 2005).
- Malwitz, A., Kim, B., Fleming, G., Lee, J., Balasubramanian, S., Waitz, I., Klima, K., Locke, M., Holsclaw, C., Morales, A., McQueen, E., Gillette, W., (2005), 'SAGE: Validation assessment, model assumptions and uncertainties FAA-EE-2005-03, (September 2005)'.
- Gardner, R. M., Adams, J. K., Cook, T., Larson, L. G., Falk, R., Fleuit, S. E., Förtsch, W., Lecht, M., Lee, D. S., Leech, M. V., Lister, D. H. Massé, B., Morris, K., Newton, P. J., Owen, A., Parker, E., Schmitt, A., ten Have, H., Vandenberghe, C. (1998). 'ANCAT/EC2 aircraft Émissions inventories for 1991/1992 and 2015'. Final Report., Report by the ECAC/ANCAT and EC working group. EUR No: 18179, ISBN No: 92-828-2914-6.
- ICAO (1993). 'International Standards and Recommended Practices Environmental Protection - Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation.' - Volume II Aircraft Engine Émissions, 2nd edition (1993) International Civil Aviation Organisation, Montreal.
- ICAO (2004a). 'Engine exhaust Émissions data bank.' Issue 13 (Doc 9646), ICAO, Montreal, Canada. 1995. Subsequent updates are available from the ICAO web site www.icao.int
- ICAO (2004b). 'Statistics data series collection - Montreal, Canada'. For details and access see ICAO web site at <http://www.icao.int/icao/en/atb/sea/DataDescription.pdf>.
- International Register of Civil Aircraft, (2004). For information and access see <http://www.aviation-register.com/english/>.
- IPCC (1999). 'Aviation and the global atmosphere.' Eds: Penner, J.E., Lister, D.H., Griggs, D.J., Dokken, D.J., MsFarland, M., Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press 1999.
- Lister, D.H., Norman, P.D. (2003). EC-NEPAir: Work Package 1 'Aircraft engine Émissions certification – a review of the development of ICAO Annex 16.' Volume II, QinetiQ/FST/CR030440, UK (September 2003)
- OAG (2006). OAG Flight Guide – 'Worldwide airline flights schedules'. See web site www.oag.com
- Olivier, J.G.J. (1991). 'Inventory of aircraft Émissions: a review of recent literature'. RIVM Rapport 736301008, Bilthoven, The Netherlands, 1991.
- Olivier, J.G.J. (1995). 'Scenarios for global Émissions from air traffic'. Report No. 773 002 003, RIVM, Bilthoven, The Netherlands, 1995
- Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. & Tanabe, K. (2000). 'Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Hayama: Intergovernmental Panel on Climate Change.' (IPCC). ISBN 4-88788-000-6.
- Sutkus, D.J., Baughcum, S.L., DuBois, D.P.,(2001) 'Scheduled civil aircraft Émission inventories for 1999: database development and Analysis.' NASA/CR—2001-211216, National Aeronautics and Space Administration, Glenn Research Center, USA, October 2001.
- Sutkus, D.J., Baughcum, S.L., DuBois, D.P., (2003). 'Commercial aircraft Émission scenario for 2020: Database Development and Analysis.' NASA/CR—2003-212331, National Aeronautics and Space Administration, Glenn Research Center, USA May 2003
- US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, National Transportation Statistics (2002). (BTS 02-08), Table 4-20: Energy Intensity of Passenger Modes (Btu per passenger-mile), page 281, http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/2002/pdf/entire.pdf.
- USEPA (2005). 'Inventory of U.S. greenhouse gas Émissions and sinks: 1990-2003 U.S'. Environmental Protection Agency, Washington, U.S.A.
- Wiesen, P., Kleffmann, J., Kortenbach, R. and Becker, K.H (1994). 'Nitrous oxide and methane Émissions from aero engines.' *Geophys. Res. Lett.* 21:18 2027-2030.