

3

PROCÉDÉS INDUSTRIELS

COPRÉSIDENTS, ÉDITEURS ET EXPERTS

s de la réunion d'experts sur les émissions imputables à des procédés industriels et aux nouveaux gaz

Wei Zhihong (Chine) et Steve Seidel (États-Unis)

CHEF DE REVISION

Audun Rosland (Norvège)

Groupe d'experts : Émissions de CO₂ imputables à l'industrie

COPRESIDENT

Milos Tichy (République tchèque)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

David Conneely (États-Unis), Michael Gibbs (États-Unis), et P. Soyka (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Wiley Barbour (États-Unis), Stanislav Bogdanov (Bulgarie), Marvin Branscome (États-Unis), Michael Gibbs (États-Unis), Virginia Gorsevski (États-Unis), Taka Hiraishi (Japon), Heike Mainhardt (États-Unis), Joe Mangino (États-Unis), Katharina Mareckova (GIEC/OCDE), Julia Martínez (Mexique), Michael Miller (États-Unis), Jos Olivier (Pays-Bas), Astrid Olsson (Suède), Hendrik van Oss (États-Unis), Newton Paciornik (Brésil), Kristin Rypdal (Norvège), Arthur Rypinski (États-Unis), Michael Strogies (Allemagne), Pieter du Toit (Afrique du Sud), et Matthew Williamson (États-Unis)

Groupe d'experts : Émissions de N₂O imputables à la production d'acide adipique et d'acide nitrique

COPRESIDENT

Mack McFarland (États-Unis)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Heike Mainhardt (États-Unis) and Ron Reimer (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Wiley Barbour (États-Unis), Stanislav Bogdanov (Bulgarie), Taka Hiraishi (Japon), Joe Mangino (États-Unis), Jos Olivier (Pays-Bas), Astrid Olsson (Suède), Michael Strogies (Allemagne), Milos Tichy (République tchèque), et Matt Williamson (États-Unis)

Groupe d'experts : Émissions de PFC imputables à la production d'aluminium

COPRESIDENTS

Michael Atkinson (Australie) et William Agyemang-Bonsu (Ghana)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Vikram Bakshi (États-Unis), Eric J. Dolin (États-Unis), Michael J. Gibbs (États-Unis), Karen Lawson, et Diana Pape (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Vikram Bakshi (États-Unis), Willy Bjerke (Royaume-Uni), Guy Bouchard (Canada), Eric Dolin (États-Unis), Jochen Harnisch (Allemagne), Purushottam Kunwar (Népal), Bernard Leber (États-Unis), Philippe Levavasseur (France), Petra Mahrenholz (Allemagne), Jerry Marks (États-Unis), John Pullen (Australie), Sally Rand (États-

Unis), Emmanuel Rivière (France), Kristin Rypdal (Norvège), Deborah Ottinger-Schaefer (États-Unis), et Kiyoto Tanabe (Japon)

Groupe d'experts : Émissions de SF₆ imputables à la production de magnésium

COPRESIDENTS

Bill Palmer (Canada) et Pieter de Toit (Afrique du Sud)

AUTEUR DU RAPPORT DE REFERENCE

Bill Palmer (Canada)

CONTRIBUTEURS

Kay Abel (Australie), Scott Bartos (États-Unis), Lowell Brothers (États-Unis), Kathryn Ellerton (États-Unis), William Irving (États-Unis), Toshiaki Ohgita (Japon), Natalya Parasyuk (Ukraine), Takuya Suizu (Japon), Tom Tripp (États-Unis), et Chen Zhenlin (Chine)

Groupe d'experts : Émissions de SF₆ imputables au matériel électrique et à d'autres sources

COPRESIDENTS

Jos Olivier (Pays-Bas) et Newton Paciornik (Brésil)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Jos G.J. Olivier (Pays-Bas) et Joost Bakker (Pays-Bas)

CONTRIBUTEURS

Rainer Bitsch (Allemagne), Lowell Brothers (États-Unis), Eric Dolin (États-Unis), Kathryn Ellerton (États-Unis), Jochen Harnisch (Allemagne), Petra Mahrenholtz (Allemagne), Bill Palmer (Canada), Natalya Parasyuk (Ukraine), Ewald Preisegger (Allemagne), Michael Strogies (Allemagne), Takuya Suizu (Japon), et Chen Zhenlin (Chine)

Groupe d'experts : Émissions de PFC, HFC et SF₆ imputables à la fabrication de semi-conducteurs

COPRESIDENTS

Alexey Kokorin (Fédération russe) et Sally Rand (États-Unis)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Scott Bartos (États-Unis) et C. Shepherd Burton (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Kenneth Aitchison (États-Unis), Scott Bartos (États-Unis), Laurie Beu (États-Unis), Shepherd Burton (États-Unis), David Green (États-Unis), Philippe Levavasseur (France), Michael Mocella (États-Unis), Jerry Meyers (États-Unis), Toshiaki Ohgita (Japon), Emmanuel Rivière (France), Deborah Ottinger Schaefer (États-Unis), et Pieter du Toit (Afrique du Sud)

Groupe d'experts : Émissions de produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (produits de remplacement des SAO)

COPRESIDENTS

Archie McCulloch (Royaume-Uni) et Reynaldo Forte Jr. (États-Unis)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Reynaldo Forte, Jr. (États-Unis), Archie McCulloch (Royaume-Uni), et Pauline Midgley (Royaume-Uni)

CONTRIBUTEURS

Radhy Agarwal (Inde), Paul Ashford (Royaume-Uni), Ward Atkinson (États-Unis), James Baker (États-Unis), Pierre Boileau (Canada), Marvin Branscome (États-Unis), Margreet van Brummelen (Pays-Bas), Nick Campbell (Royaume-Uni), Anita Cicero (États-Unis), Denis Clodic (France), Yuichi Fujimoto (Japon), Francis Grunchar (Belgique), Toshio Hirata (Japon), Niklas Höhne (Secrétariat de la CCNUCC), Eliisa Irpola (Finlande), Mike Jeffs (Belgique), Fred Keller (États-Unis), Alexey Kokorin (Fédération russe), Candido Lomba (Brésil), Julia Martínez (Mexique), Thomas Martinsen (GIEC/OCDE), Arthur Naujock (États-Unis), Yutaka Obata (Japon), John Owens (États-Unis), Christophe Petitjean (France), Marit Viktoria Pettersen (Norvège), Ewald Preisegger (Allemagne), Erik Rasmussen (Danemark), Masataka Saburi (Japon), Deborah Ottinger Schaefer (États-Unis), Stephen Seidel (États-Unis), Len Swatkowski (États-Unis), Dwayne Taylor (États-Unis), Gary Taylor (Canada), Daniel Verdonik (États-Unis), et Duncan Yellen (Royaume-Uni).

Groupe d'experts : Estimation des émissions de HFC-23 imputables à la fabrication de HCFC-22**COPRESIDENTS**

Nick Campbell (Royaume-Uni) and Julia Martínez (Mexique)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Marvin Branscome (États-Unis) et William Irving (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Marvin Branscome (États-Unis), Mark Christmas (États-Unis), Taka Hiraishi (Japon), William Irving (États-Unis), Stephen Seidel (États-Unis), Matthew Williamson (États-Unis), et Wei Zhihong (Chine)

Table des matières

3 PROCEDES INDUSTRIELS

VUE D'ENSEMBLE	3.9
3.1 EMISSIONS DE CO ₂ IMPUTABLES A L'INDUSTRIE.....	3.10
3.1.1 Production de ciment.....	3.10
Appendice 3.1.1A.1 Définitions des types de ciment	3.18
3.1.2 Production de chaux.....	3.20
3.1.3 Sidérurgie.....	3.25
3.2 EMISSIONS DE N ₂ O IMPUTABLES A LA PRODUCTION D'ACIDE ADIPIQUE ET D'ACIDE NITRIQUE	3.32
3.2.1 Méthodologie	3.32
3.2.2 Présentation et documentation	3.38
3.2.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire	3.38
3.3 EMISSIONS DE PFC IMPUTABLES A LA PRODUCTION D'ALUMINIUM	3.40
3.3.1 Méthodologie	3.40
3.3.2 Présentation et documentation	3.47
3.3.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire.....	3.48
3.4 ÉMISSIONS DE SF ₆ IMPUTABLES A LA PRODUCTION DE MAGNESIUM.....	3.49
3.4.1 Méthodologie	3.49
3.4.2 Présentation et documentation	3.52
3.4.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire.....	3.52
3.5 EMISSIONS DE SF ₆ IMPUTABLES AU MATERIEL ELECTRIQUE ET A D'AUTRES SOURCES.....	3.54
3.5.1 Matériel électrique.....	3.54
3.5.2 Autres sources de SF ₆	3.64
3.5.3 Production de SF ₆	3.70
3.6 EMISSIONS DE PFC, HFC, ET SF ₆ IMPUTABLES A LA FABRICATION DE SEMI- CONDUCTEURS	3.72
3.6.1 Méthodologie	3.72
3.6.2 Présentation et documentation	3.80
3.6.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire	3.81
3.7 EMISSIONS DE PRODUITS DE REMPLACEMENT DES SUBSTANCES QUI APPAUVRISSENT LA COUCHE D'OZONE (PRODUITS DE REMPLACEMENT DES SAO)..	3.83
Vue d'ensemble (3.7.1 à 3.7.7).....	3.83
Méthodologie générale pour toutes les sous-catégories de source de produits de remplacement des SAO	3.83
Présentation et documentation pour toutes les sous-catégories de source de produits de remplacement des SAO	3.89

Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire pour toutes les sous-catégories de source de produits de remplacement des SAO.....	3.89
3.7.1 Sous-catégorie de source Aérosols.....	3.91
3.7.2 Sous-catégorie de source Solvants	3.95
3.7.3 Sous-catégorie de source Mousses.....	3.99
3.7.4 Sous-catégorie de source Réfrigération fixe	3.106
3.7.5 Sous-catégorie de source Climatisation automobile.....	3.115
3.7.6 Sous-catégorie de source Protection incendie.....	3.124
3.7.7 Sous-catégorie de source Autres applications.....	3.128
3.8 ESTIMATION DES EMISSIONS DE HFC-23 IMPUTABLES A LA FABRICATION DE HCFC-22	3.132
3.8.1 Méthodologie	3.132
3.8.2 Présentation et documentation	3.135
3.8.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire.....	3.135
REFERENCES.....	3.137

Figures

Figure 3.1 Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions de CO ₂ imputables à la production de ciment	3.11
Figure 3.2 Diagramme décisionnel pour la production de chaux	3.21
Figure 3.3 Diagramme décisionnel pour la sidérurgie.....	3.28
Figure 3.4 Diagramme décisionnel pour les émissions de N ₂ O imputables à la production d'acide adipique et d'acide nitrique	3.33
Figure 3.5 Diagramme décisionnel pour les émissions de PFC imputables à la production d'aluminium	3.41
Figure 3.6 Diagramme décisionnel pour les émissions de SF ₆ imputables à la production de magnésium	3.50
Figure 3.7 Diagramme décisionnel les émissions de SF ₆ imputables au matériel électrique.....	3.55
Figure 3.8 Diagramme décisionnel pour d'autres utilisations de SF ₆	3.66
Figure 3.9 Diagramme décisionnel pour la production de SF ₆	3.71
Figure 3.10 Diagramme décisionnel pour les émissions de FC imputables à la fabrication de semi-conducteurs.....	3.73
Figure 3.11 Diagramme décisionnel général pour tous les produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.....	3.85
Figure 3.12 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Aérosols	3.92
Figure 3.13 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Solvants.....	3.96
Figure 3.14 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Mousses.....	3.101

Figure 3.15	Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Réfrigération	3.108
Figure 3.16	Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Climatisation automobile	3.116
Figure 3.17	Diagramme décisionnel pour les émissions de produits de remplacement des SAO imputables à la sous-catégorie de source Protection incendie.....	3.125
Figure 3.18	Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables aux sous-catégories de source Autres applications	3.129
Figure 3.19	Diagramme décisionnel pour les émissions de HFC-23 imputables à la production de HCFC-22	3.133

Tableaux

Tableau 3.1	Pourcentage de clinker dans la production de ciment composé	3.14
Tableau 3.2	Exemple d'estimation des incertitudes des calculs des émissions de CO ₂ imputables à la production de ciment basés sur les étapes à la Figure 3.1	3.15
Tableau 3.3A	Exemples de fraction de clinker dans des « recettes » de ciments composés (basés sur des normes États-Unis).....	3.18
Tableau 3.3B	Classification des types de ciment (basé sur des normes européennes (DIN 1164, partie 1)).....	3.18
Tableau 3.4	Paramètres de base pour le calcul des facteurs d'émission pour la production de chaux.....	3.22
Tableau 3.5	Correction des données sur les activités pour la chaux hydratée	3.23
Tableau 3.6	Facteurs d'émission de CO ₂ pour la production de métal (tonne de CO ₂ /tonne de réducteur)	3.29
Tableau 3.7	Facteurs par défaut pour la production d'acide adipique	3.35
Tableau 3.8	Facteurs par défaut pour la production d'acide nitrique.....	3.36
Tableau 3.9	Coefficients par défaut pour le calcul des émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (Méthodes de Niveau 2)	3.45
Tableau 3.10	Facteurs d'émission par défaut et plages d'incertitude pour le calcul des émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (par type de technologie)	3.45
Tableau 3.11	Données de présentation conformes aux bonnes pratiques pour les émissions de PFC imputables à la production d'aluminium par Niveau	3.47
Tableau 3.12	Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de SF ₆ imputables au matériel électrique – Niveau 2 (fraction de SF ₆ /an)	3.59
Tableau 3.13	Incertitudes des facteurs d'émission par défaut pour les émissions de SF ₆ imputables au matériel électrique	3.62
Tableau 3.14	Informations sur la présentation conforme aux bonnes pratiques pour les émissions de SF ₆ imputables au matériel électrique (par Niveau)	3.63
Tableau 3.15	Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de HFC, PFC et SF ₆ imputables à la fabrication de semi-conducteurs	3.77
Tableau 3.16	Information nécessaire à la transparence totale des estimations des émissions imputables à la fabrication de semi-conducteurs.....	3.81
Tableau 3.17	Facteurs d'émission par défaut pour HFC/PFC imputables aux mousses à alvéoles fermés	3.102

Tableau 3.18	Facteurs d'émission par défaut pour les applications à HFC-134a (sous-catégorie de source Mousses) (dérivés de l'information existante sur CFC/HFC accumulée au terme de recherches nationales/internationales)	3.102
Tableau 3.19	Facteurs d'émission par défaut pour les applications à HFC-245a/HFC-365mfc (sous-catégorie de source Mousses) (dérivés de l'information existante sur CFC/HFC accumulée au terme de recherches nationales/internationales)	3.103
Tableau 3.20	Utilisation des produits de remplacement des SAO dans l'industrie d'extrusion des mousses (émissions par les produits en mousses par gaz – Produits de remplacement des SAO).....	3.104
Tableau 3.21	Documentation conforme aux bonnes pratiques pour la réfrigération fixe	3.113
Tableau 3.22	Meilleures estimations (opinion d'experts) pour la charge, la durée de vie et les facteurs d'émission pour le matériel de réfrigération fixe.....	3.114
Tableau 3.23	Paramètres d'émission par défaut pour les produits de remplacement des SAO imputables à la sous-catégorie de source Climatisation automobile (Méthode ascendante)	3.119
Tableau 3.24	Paramètres d'émission par défaut pour les produits de remplacement des SAO imputables à la sous-catégorie de source Climatisation automobile (Méthode descendante)	3.121
Tableau 3.25	Documentation conforme aux bonnes pratiques pour la climatisation automobile	3.123
Tableau 3.26	Paramètres d'émission par défaut du GIEC pour la sous-catégorie de source Protection incendie (Méthode ascendante).....	3.126
Tableau 3.27	Paramètres d'émission par défaut du GIEC pour les applications limitées (sous-catégorie de source Autres applications)	3.130

3 PROCÉDES INDUSTRIELS

VUE D'ENSEMBLE

Le présent chapitre traite des catégories de source constituées par les procédés industriels et décrites dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996 (Lignes directrices du GIEC)*. Ces *Recommandations en matière de bonnes pratiques* sont présentées pour les principales catégories de source d'émissions : production de ciment, production de chaux, sidérurgie, production d'acide adipique et d'acide nitrique, production d'aluminium, production de magnésium, émissions d'hexafluorure de soufre (SF₆) imputables au matériel électrique et à d'autres sources, émissions de perfluorocarbures (PFC), hydrofluorocarbures (HFC) et d'hexafluorure de soufre (SF₆) imputables à la fabrication de semi-conducteurs, émissions imputables aux produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (produits de remplacement des SAO) y compris sept sous-catégories de source, et fabrication de HCFC-22.

Il n'existe pas encore de *recommandations en matière de bonnes pratiques* pour les catégories de source suivantes décrites dans les *Lignes directrices du GIEC*, Chapitre 2, *Procédés industriels* : utilisation de calcaire et de dolomite (y compris leur utilisation dans la sidérurgie), production et utilisation de carbonate de sodium, production et utilisation de divers produits minéraux, production d'ammoniac, production de carbure, production d'autres produits chimiques, ferro-alliages, émissions de CO₂ dues à l'aluminium, production d'autres métaux, SF₆ utilisé dans les fonderies d'aluminium et de magnésium ; industries de la pâte et du papier ; et industrie des produits alimentaires et des boissons. L'organisme chargé de l'inventaire devra, bien sûr, continuer à utiliser les *Lignes directrices du GIEC* pour ces catégories de source. Les généralités des *Recommandations en matière de bonnes pratiques* présentées aux Chapitres 6 à 8, et dans les Appendices peuvent être appliquées à ces catégories de source.

Conformément aux *Lignes directrices du GIEC*, toutes les émissions de HFC, PFC et SF₆—y compris celles qui se produisent dans des secteurs non industriels—devront être incluses dans le Secteur Procédés industriels (voir les recommandations aux Sections 3.3 à 3.8). La « quantité détruite » devra être examinée dans chaque équation d'émissions. Bien qu'à l'heure actuelle, un très petit nombre de traitements détruisent les HFC, les PFC ou le SF₆, à l'avenir, des traitements de destruction seront peut-être développés en vue de diminuer les émissions.

Par souci de clarté, dans le présent chapitre, des valeurs de Niveaux remplacent quelquefois des noms de méthodes qui sont décrites dans les *Lignes directrices du GIEC* mais qui ne précisent pas de niveaux. Par ailleurs, dans certains cas, la définition des *Recommandations en matière de bonnes pratiques* décrit d'autres niveaux pour une catégorie de source particulière. Pour les procédés industriels, la méthode par Niveau, telle qu'elle est décrite dans les sections et les diagrammes décisionnels, devra être interprétée comme suit. (Voir les recommandations au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés nationales*.)

- Si la catégorie de source n'est pas une *catégorie de source clé*, mais si l'organisme chargé de l'inventaire dispose de données et de ressources qui lui permettent de calculer les émissions par des méthodes de Niveau 2 ou supérieurs, il est, bien entendu, invité à le faire (au lieu d'utiliser une méthode de Niveau 1).
- Si la catégorie de source est une *catégorie de source clé*, mais si l'organisme chargé de l'inventaire ne peut pas obtenir les données et utiliser la méthode (ou le Niveau) recommandé par les *bonnes pratiques*, conformément aux *bonnes pratiques*, il devra utiliser la méthode de Niveau 1 pour le calcul des émissions et documenter les raisons de ce choix.

3.1 EMISSIONS DE CO₂ IMPUTABLES A L'INDUSTRIE

Dans les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.1, *Vue d'ensemble des Procédés industriels*, la séparation des utilisations à des fins d'alimentation industrielle et d'énergie, et l'identification de tout sous-produit des combustibles dû aux procédés ont été identifiés comme un élément particulièrement difficile des statistiques sur l'énergie. Pour prévenir le risque de double comptage ou d'omission du dioxyde de carbone (CO₂), les compilateurs des émissions liées à l'énergie et à l'industrie devront travailler en étroite collaboration et comparer leurs données de base sur l'utilisation des combustibles. Cette collaboration est particulièrement importante pour la sidérurgie où, conformément aux *Lignes directrices du GIEC*, la consommation de coke (ou de charbon) est considérée comme industrielle, le but principal de l'oxydation du coke (ou du charbon) étant la production de fonte brute, et non de chaleur industrielle. Le risque de double comptage existe également pour les « émissions de CO₂ imputables à l'utilisation de calcaire et de dolomite » qui devront être présentées dans la section appropriée (*Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.5, *Utilisation de calcaire et de dolomite*), et non pas dans les autres catégories de source des « Procédés industriels » des *Lignes directrices du GIEC* qui mentionnent leur utilisation, telles que la sous-catégorie Sidérurgie.

3.1.1 Production de ciment

3.1.1.1 Méthodologie

Des émissions de CO₂ se produisent pendant la production du *clinker* qui est un composant intermédiaire dans la fabrication du ciment. Pendant la production de clinker, le calcaire, composé principalement (95 pour cent) de carbonate de calcium (CaCO₃), est chauffé (calciné) pour produire de la chaux (CaO) et du CO₂ comme sous-produit. La chaux (CaO) réagit avec la silice, l'aluminium et les oxydes de fer dans les matériaux bruts pour donner les minéraux de clinker (composés en majorité de silicates de calcium hydraulique), mais ces réactions ne produisent pas d'autres émissions de CO₂. La variabilité de la fraction de clinker dans le ciment et la teneur en CaO du clinker est la principale difficulté pour ce qui est de l'estimation des émissions de CO₂ imputables à la production de ciment.

CHOIX DE LA METHODE

Le diagramme décisionnel à la Figure 3.1, *Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions de CO₂ imputables à la production de ciment*, décrit les *bonnes pratiques* pour le choix de la méthode la plus appropriée. Étant donné que les émissions de CO₂ se produisent pendant la production intermédiaire de clinker, conformément aux *bonnes pratiques*, on estimera les émissions de CO₂ à partir de données sur la production de clinker et la teneur en CaO du clinker, avec correction pour les pertes de poussière de four à ciment (PF) (Niveau 2). S'il n'est pas possible d'obtenir des données directes sur la production de clinker, on calculera la production de clinker à partir de la production de ciment, avec correction pour la prise en compte des statistiques d'importations et exportations de clinker (Niveau 1). Après estimation de la production de clinker, la méthode de Niveau 1 estime les émissions de CO₂ par un processus semblable à la méthode de Niveau 2. La méthode simple décrite dans les *Lignes directrices du GIEC*, consistant à multiplier un facteur d'émission par défaut basé sur le ciment par la production de ciment, sans correction pour l'importation/exportation de clinker, n'est pas considérée comme une méthode conforme aux *bonnes pratiques*.

Méthode de Niveau 2 : Utilisation de données sur la production de clinker

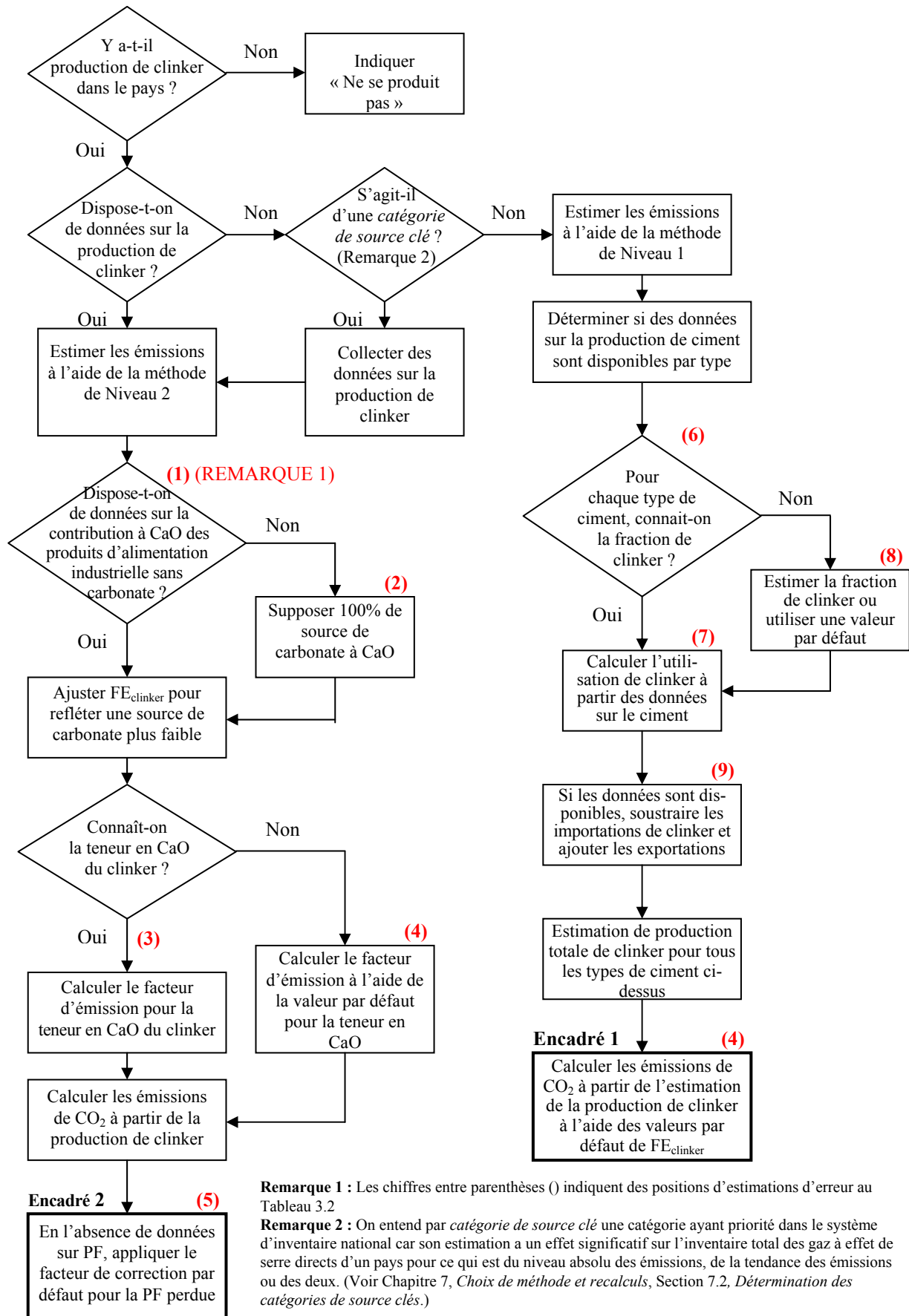
La méthode la plus conforme aux *bonnes pratiques* utilise des données de production de clinker agrégées spécifiques à l'usine ou au pays, et des données sur la teneur en CaO du clinker, exprimée par un facteur d'émission (FE), dans l'Équation 3.1 :

ÉQUATION 3.1

$$\text{Émissions} = \text{FE}_{\text{clinker}} \cdot \text{Production de clinker} \cdot \text{Facteur de correction pour PF}$$

Cette méthode suppose que la totalité de la CaO provient d'une source de carbonate (CaCO₃ dans le calcaire, par exemple). Si l'on dispose de données sur des sources sans carbonate, le facteur d'émission FE_{clinker} devra être ajusté (diminué).

Figure 3.1 Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions de CO₂ imputables à la production de ciment



La poussière de four à ciment (PF) est de la poussière non calcinée ou totalement calcinée produite dans le four.¹ Cette poussière peut être partiellement ou complètement recyclée dans le four, et toute PF non recyclée peut être considérée comme perdue pour le système en ce qui concerne les émissions de CO₂. Conformément aux *bonnes pratiques*, on apportera une correction pour tenir compte du CO₂ présent dans la PF calcinée non recyclée (perdue) car ce CO₂ ne sera pas pris en compte dans le clinker produit. La quantité de CO₂ perdue est variable, mais, en général, est de 1,5 pour cent environ pour une usine moderne, à 8 pour cent environ pour une usine à pertes élevées de PF fortement calcinée (van Oss, 1998). Étant donné la rareté des données sur la PF, le facteur de correction par défaut pour la PF est de 1,02 (pour ajouter 2 pour cent au CO₂ calculé pour le clinker). Si l'on estime qu'il n'y a pas de perte de PF calcinée, on utilisera un facteur de correction de 1 (van Oss, 1998).

Méthode de Niveau 1 : Utilisation de données sur la production de ciment

Comme mentionné précédemment, le calcul direct des émissions de CO₂ à partir de la production de ciment (c'est-à-dire avec un facteur d'émission fixe basé sur le ciment) n'est pas conforme aux *bonnes pratiques*. En l'absence de données nationales sur la production de clinker, on pourra utiliser des données sur la production de ciment pour estimer la production de clinker, en tenant compte des types de ciment produits et en apportant une correction pour le commerce international de clinker (exportations, importations), s'il y a lieu, comme indiqué à l'Équation 3.2 :

ÉQUATION 3.2

$$\text{Estimation de production de clinker} = \text{Production de ciment} \cdot \text{Fraction de clinker} \\ - \text{Clinker importé} + \text{Clinker exporté}$$

Si leur collecte ne pose pas problème, on recueillera des données spécifiques à l'usine pour la fraction de clinker ; sinon, on pourra utiliser une valeur par défaut pour cette fraction. Si la production de ciment ne peut pas être ventilée par type et si l'on pense qu'il y a production de ciment Portland et de ciment composé, conformément aux *bonnes pratiques*, on supposera une fraction de clinker de 75 pour cent. Si l'on sait que la production de ciment est composée pour l'essentiel de ciment Portland, on utilisera une valeur par défaut de 95 pour cent de clinker. La valeur par défaut de 98,3 pour cent proposée dans les *Lignes directrices du GIEC* est trop élevée.²

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Les deux Niveaux nécessitent des facteurs d'émission pour le clinker basés sur la stœchiométrie, comme indiqué à l'Équation 3.3 :

ÉQUATION 3.3

$$FE_{\text{clinker}} = 0,785 \cdot \text{Teneur en CaO (Fraction du poids) du clinker}$$

Le facteur de multiplication (0,785) est le rapport du poids moléculaire de CO₂ et CaO dans la calcite minérale de la matière première (CaCO₃), d'où provient la majorité ou la totalité de la CaO du clinker. La teneur en CaO peut varier selon les pays et les usines.

¹ Dans une certaine mesure, tous les fours à ciment produisent de la poussière de four à ciment (PF), composée essentiellement de matières premières calcinées et non calcinées et de clinker. Il existe un petit nombre de données sur la production totale de PF, sa composition ou son élimination, lesquelles dépendent des technologies des usines et peuvent varier dans le temps. En général, on peut estimer la quantité de PF produite à environ 1,5 à 2 pour cent du poids de la production de clinker (van Oss, 1998). La PF peut être recyclée directement ou être récupérée par précipitation électrostatique ou filtration (filtres à manches) dans les cheminées d'échappement (elle ne sera émise à l'air libre que par des usines basiques dans des pays en développement). La PF récupérée peut être recyclée dans le four en tant que matière première, utilisée à d'autres fins ou envoyée dans une décharge. Le recyclage en tant que matière première peut être limité par le fait que la PF a tendance à accumuler des contaminants (alcalis, etc.). Toute PF non recyclée dans le four est « perdue » pour le système de production de ciment pour ce qui est des émissions de CO₂. La fraction de carbonate totalement ou partiellement calcinée de la PF perdue représente une génération de CO₂ due à la calcination qui n'est pas prise en compte par la quantité de clinker produite. Pour un pays développé doté d'usines modernes effectuant un recyclage moyen dans les fours, ce CO₂ supplémentaire équivaut probablement à environ 1,5 à 2 pour cent du CO₂ calculé pour le clinker (van Oss, 1998). Pour les usines à faible recyclage, le pourcentage sera un peu plus élevé, (3 pour cent, par exemple), et si la PF perdue est essentiellement un produit calciné, le CO₂ supplémentaire pourra être plus élevé (6 à 8 pour cent, par exemple). Pour la plupart des pays, il est probable que le CO₂ supplémentaire maximum pratique ne dépassera pas 5 pour cent du CO₂ du clinker (van Oss, 1998).

² Ce rapport a été calculé à partir de la valeur par défaut de la teneur en CaO du ciment (63,5 pour cent) et la valeur par défaut de la fraction de CaO du clinker (64,6 pour cent), et donne un rapport clinker-ciment plus élevé que le rapport pour la plupart des ciments Portland purs.

Méthode de Niveau 2

Avec la méthode de Niveau 2, les *bonnes pratiques* consistent à estimer la teneur en CaO du clinker à partir de données fournies par des usines ou des entreprises individuelles. Sachant, qu'en général, la teneur en CaO moyenne du clinker ne varie pas significativement annuellement, on peut effectuer une estimation périodique (tous les 5 ans, par exemple,) dans chaque pays.³ Si l'on ne peut pas obtenir de données spécifiques au pays pour la teneur en CaO, on peut utiliser une fraction du poids par défaut de 0,65 (voir les *Lignes directrices du GIEC*, Vol.3, Section 2.3, *Production de ciment*).⁴

L'Équation 3.3 suppose que la totalité de la CaO du clinker provient du CaCO₃. Le calcaire et les matériaux contenant du carbonate associés sont la source principale de CaO pour le clinker, bien qu'il puisse y avoir d'autres sources de CaO (laitiers ferreux, par exemple) dans certaines usines. En général, cette supposition ne produit qu'une faible erreur au plus, mais si l'on sait que d'autres sources de CaO représentent des quantités importantes de produits d'alimentation des fours, la contribution de CaO à ces produits d'alimentation doivent être soustraits du clinker. Mais, en général, il n'y aura pas de données quantitatives sur les matières premières utilisées pour la production de clinker.

Méthode de Niveau 1

Au Niveau 1, conformément aux *bonnes pratiques*, comme au Niveau 2, on utilisera la même valeur par défaut de 65 pour cent pour la teneur en CaO, donnant un facteur d'émission de 0,51 tonne de CO₂ par tonne de clinker. Cependant, si l'on dispose de suffisamment de données sur la teneur en CaO du clinker, on pourra estimer le facteur d'émission de CO₂ comme décrit pour le Niveau 2 (voir Figure 3.1, *Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions de CO₂ imputables à la production de ciment*).

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Méthode de Niveau 2 : Données sur la production de clinker

La collecte des données sur les activités pour cette catégorie de source doit permettre d'obtenir une valeur pour la production de clinker. Conformément aux *bonnes pratiques*, les données sur la production de clinker seront obtenues directement à partir des statistiques nationales ou, de préférence, auprès d'usines individuelles. Les données fournies par les usines peuvent inclure des informations sur la teneur en CaO du clinker et peut-être sur les sources de CaO sans carbonate.

Méthode de Niveau 1 : Données sur la production de ciment

Si l'on ne dispose pas de données nationales sur la production de clinker et s'il n'est pas possible de les obtenir, la meilleure solution dans ce cas est d'estimer la production de clinker à partir des données sur la production de ciment. On devra connaître pour cela la production de ciment nationale, et la composition du ciment et du clinker. L'utilisation de la production de ciment et la supposition d'une fraction par défaut pour le clinker peuvent produire une erreur conséquente dans le calcul des émissions.

Il convient d'examiner plusieurs points lors de l'estimation de la production de clinker.

Premièrement, le choix entre une méthode descendante ou ascendante pour la collecte de données est un point important.⁵ La collecte de données auprès de producteurs individuels plutôt que l'utilisation de totaux nationaux augmentera l'exactitude de l'estimation, car ces données tiendront compte des variations des conditions au niveau de l'usine. Ceci est particulièrement important pour déterminer des différences de la composition du ciment et des variations de la production annuelle (utilisation occasionnelle du clinker pour l'alimentation industrielle plutôt que pour la production).

Deuxièmement, on devra examiner la teneur en ciment du clinker et la teneur en CaO du clinker. Conformément aux *bonnes pratiques*, on recueillera des données sur la production de ciment ventilées par type de ciment, en raison de la différence de la fraction de clinker de chaque type de ciment. Cette fraction varie selon les pays, et on doit s'assurer qu'elle correspond à la définition locale des types de ciment (voir Tableau 3.1, *Pourcentage de*

³ La teneur en CaO moyenne du clinker utilisé dans un pays est la moyenne pondérée de la teneur en CaO du clinker fournie par des centres de production, les pondérations étant les niveaux de production présumés (c'est-à-dire multipliés par leur facteur de correction de PF). Cette moyenne pour le pays doit être présentée à titre de comparaison et pour AQ/CQ.

⁴ Bien que la teneur en CaO pour un type de ciment spécifique soit généralement rigoureusement contrôlée (à 1-3 pour cent près) par l'usine, la teneur en CaO du clinker peut varier selon le type de ciment produit.

⁵ Dans le contexte de la production de ciment, cela signifie une comptabilité au niveau du pays par rapport à une comptabilité au niveau de l'usine.

clinker dans la production de ciment composé, Tableau 3.3A, *Exemples de fraction de clinker dans des « recettes » de ciments composés (Basés sur des normes États-Unis)*, et Tableau 3.3B, *Classification des types de ciment (Basée sur des normes européennes) (DIN 1164, partie 1)*. La détermination des types de ciment produits ou inclus dans les données sur la production de ciment est de la plus haute importance car les statistiques sur le ciment peuvent inclure plusieurs autres types de ciment, en plus du ciment Portland. Dans ces types de ciment, les fractions de clinker peuvent être très différentes. La teneur en CaO du clinker pour divers types de ciment produits peut varier, mais pour un type de ciment donné, cette teneur sera probablement relativement constante d'une année à l'autre. Si l'on dispose de données spécifiques à l'usine pour la fraction de clinker et la teneur en CaO, elles pourront être utilisées pour calculer une moyenne pour l'usine ou pour le pays.

Troisièmement, s'il n'est pas possible de ventiler la production par type de ciment et d'estimer avec fiabilité la fraction de clinker, on peut utiliser des valeurs par défaut pour le rapport clinker/ciment et sa fraction de CaO. Comme indiqué au Tableau 3.1, *Pourcentage de clinker dans la production de ciment composé*, la valeur par défaut de 98,3 pour cent proposée dans les *Lignes directrices du GIEC* conduira en général à une surestimation des émissions de CO₂. Un grand nombre d'organismes chargés des inventaires présentent des données sur la production de ciment hydraulique, mais ce terme peut inclure plusieurs types de ciment, et la supposition d'une production composée à 100 pour cent de ciment Portland peut conduire à des surestimations. La fraction de clinker peut aller d'une valeur élevée de 95 à 97 pour cent pour un ciment Portland ordinaire, à 25 pour cent ou moins pour un ciment au laitier (voir Tableau 3.3A, *Exemples de fraction de clinker dans des « recettes » de ciments composés*, et Tableau 3.3B, *Classification des types de ciment*. Par conséquent, si la production de ciment ne peut pas être ventilée par types, et que l'on pense qu'il y a production de ciments composés et de ciments Portland, conformément aux *bonnes pratiques*, on supposera une fraction de clinker de 75 pour cent. Si l'on sait que la production est essentiellement du ciment Portland, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera une valeur par défaut de 95 pour cent de clinker. Dans les deux cas, la valeur par défaut pour le clinker est supposée avoir une teneur en CaO de 65 pour cent.

TABLEAU 3.1 POURCENTAGE DE CLINKER DANS LA PRODUCTION DE CIMENT COMPOSE					
Éventail de production du pays (CP/composé) ^a	Pourcentage d'additifs (Pouzzolane + Laitier) dans le ciment composé ^b				
	10%	20%	30%	40%	75%
0/100	85	76	66	57	24
15/85	87	79	71	63	26
25/75	88	81	74	66	42
30/70	88	82	75	68	45
40/60	89	84	78	72	52
50/50	90	85	81	76	60
60/40	91	87	84	80	66
70/30	92	89	86	84	74
75/25	93	90	88	85	77
85/15	94	92	91	89	84
100/0	Ciment Portland ordinaire à 95 pour cent de clinker				

^a Éventail de production du pays signifie l'éventail de produits d'un pays. « 75/25 » signifie que 75 pour cent de la production totale est du ciment Portland et le reste est du ciment composé. On suppose que tout le ciment est Portland ou composé, ou les deux, ou pur pouzzolane. Un ciment de maçonnerie correspondrait approximativement à un mélange de 60/40 à 70/30 de Portland et de composé pour la colonne additive de 75 pour cent. On suppose qu'il n'y a pas d'autres ciments hydrauliques (alumineux, etc.).

^b L'inclusion du laitier permet une base pour le composé de Portland ou le ciment au laitier Portland ou des deux. Tout le ciment Portland dans le ciment composé est supposé être 95 pour cent de clinker. Valeurs calculées comme suit : % CP • 95% + % Composé • [100 – additif%] • 95%.

Source : Calculé par van Oss (1998).

EXHAUSTIVITE

Dans chaque pays, la production des usines de clinker est en général importante et bien documentée. En conséquence, les données sur la production de clinker peuvent figurer dans les bases de données statistiques nationales, ou être facilement obtenues, même lorsqu'elles n'ont pas été publiées dans des statistiques nationales. Les données sur la production de ciment ou de clinker obtenues à partir des statistiques nationales

peuvent être incomplètes dans certains pays où une grande partie de la production est assurée par un grand nombre de petits fours, en particulier des fours à axe vertical, pour lesquels il est difficile d'obtenir des données.

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

Les *bonnes pratiques* consistent à calculer des émissions imputables à la production de clinker à l'aide de la même méthode pour chaque année de la série temporelle. Si les données ne sont pas disponibles pour permettre une méthode plus rigoureuse pour toutes les années de la série, conformément aux *bonnes pratiques*, on recalculera ces données manquantes conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et Recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Si des données sur le clinker sont disponibles, l'incertitude du facteur d'émission est égale à l'incertitude de la fraction de CaO, en supposant qu'elle est complètement dérivée de CaCO₃. Étant donné que l'analyse chimique a une incertitude de 1 à 2 pour cent, ceci représente également l'incertitude du facteur d'émission. L'incertitude des données sur la production de clinker est d'environ 1 à 2 pour cent. Si l'on estime la production de clinker à partir de la production de ciment, l'erreur est de l'ordre de 35 pour cent (Tableau 3.2, *Exemple d'estimation des incertitudes des calculs des émissions de CO₂ basés sur les étapes à la Figure 3.1*). À titre d'exemple, on a essayé d'estimer les erreurs à chaque étape des estimations d'émissions (voir Figure 3.1, *Diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions de CO₂ imputables à la production de ciment*, numéros (1)-(9)). Les résultats sont présentés au Tableau 3.2 et donnent une indication de l'ordre de grandeur de l'erreur introduite lors de l'utilisation de niveaux différents.

Les incertitudes des composants au Tableau 3.2 ci-dessous ont été combinées comme s'il s'agissait d'erreurs maximum-minimum symétriques. Cette méthode a été adoptée car un grand nombre d'incertitudes sont non gaussiennes et certaines peuvent être systématiques. Cette analyse conclut que les estimations des émissions à partir de données sur la production de ciment donnent une erreur qui ne dépasse pas 20 à 40 pour cent (selon le point de vue adopté au sujet des plages de valeurs au Tableau 3.2). L'estimation à partir des données directes sur la production de clinker diminue l'erreur de 10 pour cent environ. Ces plages doivent être traitées comme des erreurs systématiques lors de l'application des méthodes décrites au Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*.

Étape	Erreur ^a	Observation	Méthode
(1)	1-2%	Incertitude des données d'usine. En général, les usines ne pondèrent pas le clinker mieux que ça. Suppose une présentation des données complète.	Niveau 2
(2)	1-3%	Erreur associée à la supposition selon laquelle la totalité de la CaO du clinker provient du carbonate de calcium.	Niveau 2
(3)	1-2%	Incertitude des données d'usine sur la teneur en CaO du clinker. Il s'agit de l'erreur dans le cas le plus favorable de l'analyse chimique sur la base de la production.	Niveau 2
(4)	4-8%	Erreur relative à la supposition d'une teneur moyenne en CaO du clinker de 65% (La CaO est en général de 60 à 67%).	Niveau 1, 2
(5)	5%	Erreur dans le cas le plus favorable supposant que la pondération et la composition de la poussière de four à ciment (PF) sont connues.	Niveau 2
(6)	1-2%	En général les usines ne pondèrent pas la production de ciment mieux que ça. Suppose une présentation des données complète.	Niveau 1
(7)	20%	Erreur due à une présentation erronée ou à des formules de ciment composés qui ne sont pas uniques.	Niveau 1
(8)	35%	« Le cas le plus défavorable » suppose une recette de 70% de ciment composé à 50% sans clinker.	Niveau 1
(9)	5%	Erreur de présentation des données, mais plus exacte que pour le ciment (le numéro de tarif du clinker a une portée moins étendue).	Niveau 1
Récapitulatif des erreurs d'estimations des émissions (voir Chapitre 6, <i>Quantification des incertitudes en pratique</i>)			
	20-40%	Erreur de Niveau 1 supposant que les données sur la production de clinker étaient obtenues à partir des données sur la production de ciment (avec exclusion d'erreurs supplémentaires pour la correction du commerce international de clinker résultant de tout besoin d'estimer le niveau national de production de clinker à partir de la production de ciment).	
	5-10%	Erreur de Niveau 2 supposant une dérivation à partir des données sur la production de clinker.	
^a Les numéros renvoient à la Figure 3.1 et sont l'erreur « maximum » – c'est-à-dire la supposition de la fonction de répartition rectangulaire la plus probable. L'erreur estimée à chaque étape, et certaines sommes de celle-ci, sont basées sur l'expérience en matière de collecte et de calculs des données. Source : van Oss (1998).			

3.1.1.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations requises pour produire les estimations d'inventaire national d'émissions, comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation interne et archivage*. Des exemples de documentation et présentation spécifiques à cette catégorie de source sont présentés ci-dessous :

METHODE DE NIVEAU 2

Il conviendra d'inclure les données suivantes :

- (i) Production de clinker et teneur en CaO du clinker ;
- (ii) Données sur les produits d'alimentation de fours sans carbonate ;
- (iii) Pertes en poussière de fours à ciment (indiquer s'il y a eu utilisation de valeurs par défaut).

METHODE DE NIVEAU 1

Il conviendra d'inclure les données suivantes :

- (i) Production de ciment par type ;
- (ii) Importations/exportations de clinker ;
- (iii) Rapport clinker/ciment par type de ciment (indiquer s'il y a eu utilisation de valeurs par défaut) ;
- (iv) Teneur en CaO du clinker (indiquer s'il y a eu utilisation de valeurs par défaut) ;
- (v) Pertes en poussière de four à ciment (indiquer s'il y a eu utilisation de valeurs par défaut).

De plus, pour le deux niveaux, on devra :

- (i) Préciser clairement la nature des données utilisées : valeurs par défaut du GIEC ou données spécifiques au pays ;
- (ii) Fournir toute l'information nécessaire à la reproduction de l'estimation, et fournir une documentation des procédures AQ/CQ ;
- (iii) Recalculer les émissions pour la totalité de l'année de référence (de 1990 à l'année courante) pour préserver la cohérence interne d'une série temporelle des émissions, chaque fois qu'il y a eu changement des méthodes nationales ; ce qui nécessitera une documentation supplémentaire et une explication des changements ;
- (iv) Si la question de confidentialité se pose au sujet de données sur les types de production, agréger les estimations au minimum pour préserver la confidentialité.

Remarque : Le calcul des émissions de CO₂ imputables à la combustion de combustibles (*Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Chapitre 1, *Énergie*) doit tenir compte des combustibles issus des déchets dans les fours à ciment (pneus, huiles usées, peintures, etc.) qui peuvent ne pas être inclus dans le bilan énergétique. Ces émissions ne doivent pas être comptabilisées et présentées avec les émissions imputables aux procédés industriels.

3.1.1.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué à la Section 8.7, *Procédures CQ spécifiques à la source* (Niveau 2) au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations figurant au Chapitre 8, des procédures spécifiques appropriées pour cette catégorie de source sont indiquées ci-dessous.

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

S'il utilise la méthode ascendante pour collecter des données sur les activités, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations d'émissions aux estimations calculées à partir de données nationales sur la production de ciment ou de clinker (méthode descendante). Les résultats de ces comparaisons devront être consignés à titre de documentation interne, avec explications en cas de différences.

Examen des facteurs d'émission

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer des facteurs d'émission nationaux agrégés aux facteurs par défaut du GIEC afin de déterminer si le facteur national est raisonnable. Les différences entre les deux types de facteurs devront être expliquées et documentées, en particulier si elles sont représentatives de circonstances particulières.

Si on utilise la méthode d'agrégation descendante, mais si les données spécifiques à l'usine sont limitées, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les facteurs spécifiques à l'usine ou au site au facteur agrégé utilisé pour l'estimation nationale. Le résultat de cette comparaison donnera une indication du caractère raisonnable et de la représentativité.

Vérification des données sur les activités spécifiques au site

Pour des données spécifiques au site, l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier les divergences entre les données des sites afin de déterminer si elles reflètent des erreurs, des techniques de mesure différentes ou des différences réelles des émissions, des conditions d'exploitation ou des technologies. Pour la production de ciment, il devra comparer les données de l'usine (teneur en CaO du clinker, teneur en clinker du ciment) à celles d'autres centres.

L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier que les facteurs d'émission et les données sur les activités ont été obtenus par des méthodes de mesure internationales reconnues et prouvées. Si les mesures ne satisfont pas à ce critère, il devra évaluer soigneusement l'utilisation de ces données sur les émissions ou les activités, ré-examiner les estimations d'incertitudes et documenter les observations. Si la qualité des mesures est élevée, et si des procédures AQ/CQ sont en place dans la majorité des usines, l'incertitude des estimations d'émissions pourra être révisée à la baisse.

Examen par des tiers experts⁶

Des organisations industrielles clés associées à la production de ciment et de clinker devront participer à un examen de l'inventaire. Cet examen devra commencer au début de l'élaboration de l'inventaire afin de fournir des données utiles au développement et à l'examen des méthodes et à l'acquisition des données. Cet examen par des tiers experts est particulièrement important en ce qui concerne la teneur en CaO du clinker, les sources de CaO, les différences de composition du ciment, et les variations de la production annuelle.

Des examens par des tiers experts sont également utiles pour cette catégorie de source, en particulier pour ce qui est de l'acquisition des données initiales, des mesures, de la transcription, des calculs et de la documentation.

⁶ Les types d'examen par des tiers experts sont examinés au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, et incluent des examens par des tiers experts et des audits. Dans le présent chapitre, le terme *examen par des experts* couvre tous les aspects des examens, y compris les vérifications par audits.

APPENDICE 3.1.1A.1 DEFINITIONS DES TYPES DE CIMENT

Les données sur le ciment incluent en général toutes les formes de ciment hydraulique, et peuvent inclure des variétés telles que le ciment au laitier avec peu de clinker et donc peu d'émissions de CO₂ dues à la calcination. Les ciments composés et les ciments au laitier ou les ciments à la pouzzolane sont produits et utilisés dans nombre de pays. Les Tableaux 3.3A, *Exemples de fraction de clinker dans des « recettes » de ciments composés (Basés sur des normes États-Unis)* et 3.3B, *Classification des types de ciment (Basée sur des normes européennes) (DIN 1164, partie 1)*, présentent des données sur certains types de ciment les plus courants aux États-Unis et en Europe, respectivement.

Nom du ciment	Symbole	Recette	% de Clinker	Remarques
Portland	'CP'	100% CP	95-97	
Maçonnerie	'CM'	2/3 CP	64	La recette varie considérablement
Portland au laitier	I(L)	laitier < 25%	>70-93	
Portland au laitier de haut-fourneau	ILHF	laitier 25-70%	28-70	
Portland pouzzolanique	IP et P	pouzz 15-40%	28-79/81	À base de CP ou ILHF
Portland à la pouzzolane	I(PP)	pouzz < 15%	28-93/95	À base de CP ou ILHF
Ciment au laitier	L	laitier 70%	<28/29	La chaux peut remplacer le clinker

Source: van Oss (1998) basé sur ASTM (1996a).

Nom du ciment	Symbole	Composition	% de clinker
Portland	CEM I	–	95-97
Portland au laitier	CEM II/A-S	laitier 6-20%	77-90
	CEM II/B-S	laitier 21-35%	62-76
Portland pouzzolanique	CEM II/A-P	pouzzolane 6-20%	77-90
	CEM II/B-P	pouzzolane 21-35%	62-76
Portland aux cendres volantes	CEM II/A-V	cendres volantes 6-20%	77-90
Portland aux schistes	CEM II/A-T	schistes 6-20%	77-90
	CEM II/B-T	schistes 21-35%	62-76
Portland au calcaire	CEM II/A-L	calcaire 6-20%	77-90
Portland aux cendres volantes et au laitier	CEM II/A-SV	cendres volantes 10-20%	77-86
	CEM II/B-SV	laitier 10-21%	76-86
Portland au laitier de haut fourneau	CEM III/A	laitier de haut fourneau 36-65%	34-61
	CEM III/B	laitier de haut fourneau 66-80%	19-33

Source: DIN (1994).

Les types de ciment peuvent être caractérisés comme suit :

- **Ciment hydraulique** : tout ciment qui prend et durcit dans l'eau.
- Le **ciment Portland** est un mélange de clinker et de gypse, avec une teneur en clinker d'environ 95 à 97 pour cent du poids total du ciment (95 pour cent de clinker est une valeur par défaut courante). De

nombreux pays autorisent une faible (1-5 pour cent) proportion de liants inertes ou à base de ciment. Certaines données sur la production pour le « ciment Portland » peuvent inclure des ciments composés.

- **Les ciments composés** sont des composés (quelquefois co-broyé) de ciment Portland ou de son clinker, et d'additifs tels que du laitier de haut fourneau granulé broyé et de la pouzzolane (cendres volantes, fumées de silice, schistes calcinés, etc.). Le pourcentage d'additifs est variable et non spécifique, en général de l'ordre de 15 à 40 pour cent, le clinker représentant donc jusqu'à 57 à 81 pour cent.
- **Les ciments au laitier** contiennent une proportion élevée (> 70 pour cent) de laitier granulé de haut fourneau granulé broyé, et de ciment Portland (ou de clinker) ou de chaux, ou des deux. Certains ciments au laitier ne contiennent pas de ciment Portland. Le laitier de haut fourneau granulé est lui-même un ciment en puissance (en tant que matériau liant), a des propriétés hydrauliques moyennes, mais présente de meilleures propriétés de liant lorsqu'il est en interaction avec la chaux libre (et l'eau).
- Les « recettes » des **ciments de maçonnerie** varient, mais sont en général 2/3 de ciment Portland ou de son clinker, et 1/3 d'additifs, tels que la chaux ou le calcaire.
- **Les ciments alumineux** sont des ciments hydrauliques obtenus par combustion d'un mélange de calcaire et de bauxite. En général, les ciments alumineux contiennent environ 30 à 42 pour cent de CaO, ou environ 45 à 65 pour cent de la teneur de CaO du clinker de ciment Portland.
- Le terme **ciment pouzzolanique** peut indiquer un ciment composé contenant un pourcentage élevé de pouzzolane, mais, plus correctement, un ciment composé principalement de pouzzolane et d'un activateur – tel que la chaux – qui fournit de la CaO, mais ne comprend pas de pourcentage important de ciment Portland ou de clinker de ciment Portland.
- **La pouzzolane** est un matériau siliceux qui en lui-même n'est pas liant, mais qui développe des propriétés de ciment hydraulique en réaction avec la chaux libre (CaO) et l'eau. La pouzzolane naturelle (certaines cendres ou tufs volcaniques, certaines terres à diatomées, des argiles et des schistes calcinés, etc.) et la pouzzolane synthétique (fumées de silice, cendres volantes, etc.) sont des exemples courants de pouzzolane.

3.1.2 Production de chaux

3.1.2.1 Méthodologie

La production de chaux⁷ produit du CO₂ par décomposition thermique (calcination) du carbonate de calcium (CaCO₃) en calcaire pour produire de la chaux vive (CaO), ou par décomposition de la dolomite⁸ (CaCO₃·MgCO₃) pour produire de la chaux « vive » dolomitique (CaO·MgO). Les *bonnes pratiques* pour l'estimation des émissions imputables à la production de chaux consistent à déterminer la production complète de CaO et de CaO·MgO à partir des données sur la production de chaux. L'exactitude est fonction de l'utilisation de statistiques complètes sur la production de chaux et du calcul de la proportion des divers types de chaux. Les *Lignes directrices du GIEC* examinent ces deux points brièvement, et proposent un facteur d'émission supérieur en tant que valeur par défaut pour prévenir le risque d'une sous-estimation des émissions.

CHOIX DE LA METHODE

Les *Lignes directrices du GIEC* proposent l'équation suivante pour l'estimation des émissions :

<p>ÉQUATION 3.4</p> $\text{Émissions de CO}_2 = \text{Facteur d'émission (FE)} \cdot \text{production de chaux}$

où :

FE = 785 kg de CO₂ par tonne de chaux vive à haute teneur en calcium, et
913 kg de CO₂ par tonne de chaux vive dolomitique

L'Équation 3.4 peut être utilisée avec des statistiques nationales ou spécifiques au producteur. Conformément aux *bonnes pratiques*, on vérifiera l'exhaustivité des statistiques nationales, ainsi que le rapport entre le calcaire et la dolomite utilisés pour la production de chaux. Les industries utilisatrices et productrices de chaux figurent sur la liste présentée à la section sur l'exhaustivité. Les données collectées devront porter sur les quantités produites et la composition moyenne. Le choix de méthodes conformes aux *bonnes pratiques* dépend des circonstances nationales (comme indiqué à la Figure 3.2, *Diagramme décisionnel pour la production de chaux*).

CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Les facteurs d'émission par défaut proposés dans les *Lignes directrices du GIEC* et mentionnés pour l'Équation 3.4 correspondent à 100 pour cent de CaO (ou de CaO·MgO) dans la chaux (rapport stœchiométrique) et peuvent conduire à une surestimation des émissions étant donné que la teneur en CaO et (s'il est présent) en MgO peut être inférieure à 100 pour cent. Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser l'Équation 3.5A ou l'Équation 3.5B, ou les deux, pour ajuster les facteurs d'émission et prendre en compte la teneur en CaO ou en CaO·MgO (voir Tableau 3.4, *Paramètres de base pour le calcul des facteurs d'émission pour la production de chaux*) :

<p>ÉQUATION 3.5A</p> $FE_1 = \text{Rapport stœchiométrique (CO}_2 / \text{CaO)} \cdot \text{Teneur en CaO}$
--

où : FE₁ = facteur d'émission pour la chaux vive

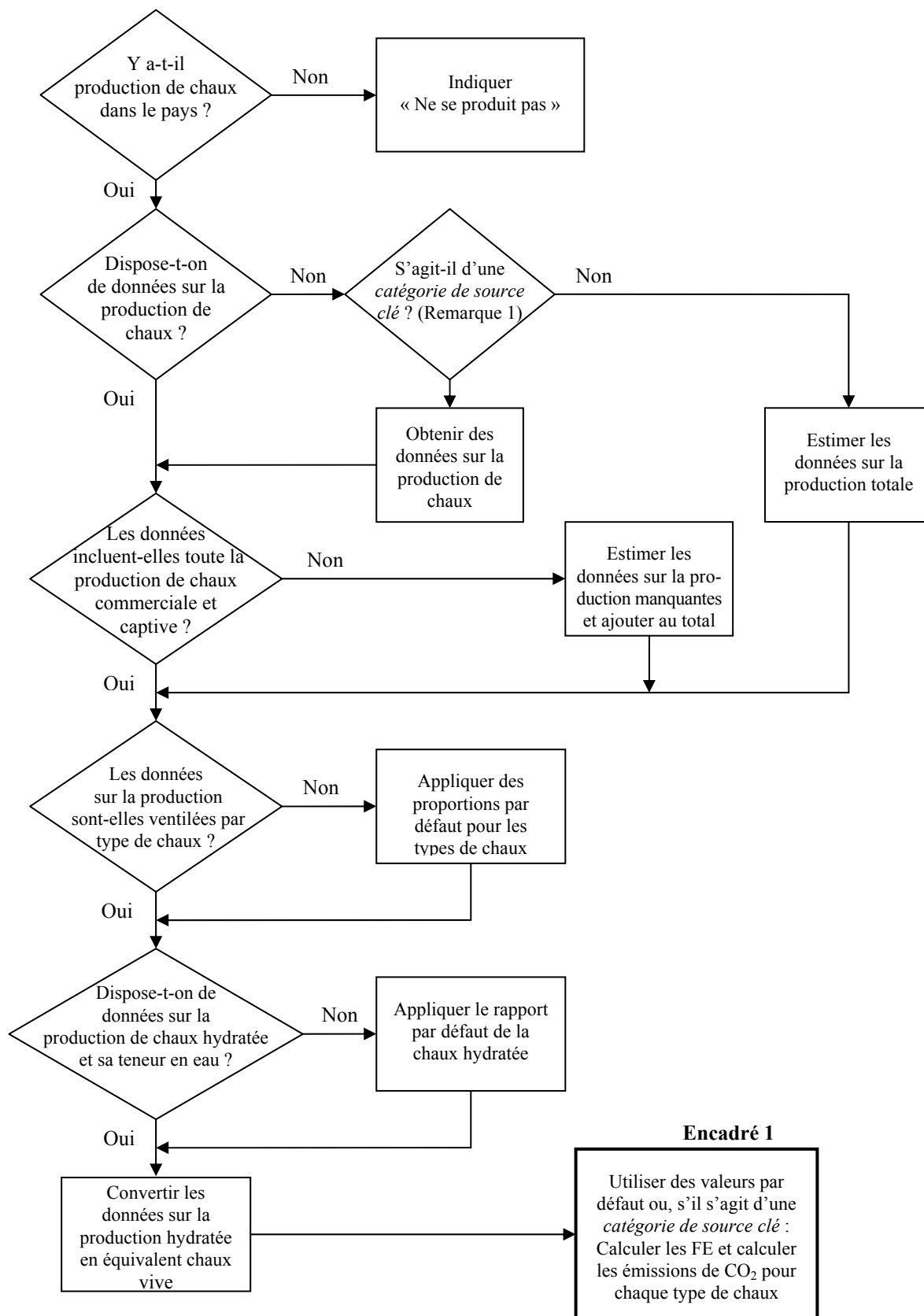
<p>ÉQUATION 3.5B</p> $FE_2 = \text{Rapport stœchiométrique (CO}_2 / \text{CaO} \cdot \text{MgO)} \cdot \text{Teneur en (CaO} \cdot \text{MgO)}$
--

où : FE₂ = facteur d'émission pour la chaux vive dolomitique

⁷ Les émissions imputables au calcaire sont également examinées séparément dans les *Lignes directrices du GIEC*, mais les *recommandations en matière de bonnes pratiques* pour cette catégorie de source et certaines catégories connexes ne sont pas présentées ici. Des *recommandations en matière de bonnes pratiques* n'ont pas encore été établies car les émissions imputables à ces catégories de source sont supposées faibles et on ne dispose pas de données correspondantes.

⁸ Les composés chimiques non stœchiométriques, tels que les mélanges cristallins isomorphes entre Ca et Mg dans leurs composés formant des oxydes et des carbonates, sont exprimés en général par la formule chimique CaO·MgO et CaCO₃·MgCO₃, respectivement.

Figure 3.2 Diagramme décisionnel pour la production de chaux



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Le Tableau 3.4, *Paramètres de base pour le calcul des facteurs d'émission pour la production de chaux*, présente des données sur le rapport stœchiométrique, les plages des teneurs en CaO et CaO·MgO et les facteurs d'émission par défaut obtenus, pour les principaux types de chaux produits. Il existe trois principaux types de chaux :

- Chaux à haute teneur en calcium (CaO + impuretés) ;
- Chaux dolomitique (CaO·MgO + impuretés) ;
- Chaux hydraulique (CaO + silicates de calcium) qui est une substance entre la chaux et le ciment.

La distinction entre ces types est due principalement au fait que les deux premiers ont des rapports stœchiométriques différents, et le troisième a une teneur en CaO beaucoup plus faible. Il n'y a pas de formule chimique exacte pour chaque type de chaux car la chimie de la chaux est déterminée par la chimie du calcaire ou de la dolomite utilisés pour fabriquer la chaux.

Les estimations d'émissions seront plus exactes si l'on tient compte des types de chaux. Par conséquent, lors de la détermination de la composition de la chaux, conformément aux *bonnes pratiques*, on vérifiera les deux éléments suivants : (1) la proportion des trois types de chaux, et (2) la proportion de chaux hydratée dans la production.

En l'absence de données non ventilées pour les types de chaux, la valeur par défaut pour la chaux à haute teneur en calcium/dolomitique est 85/15 (Miller, 1999) et on peut supposer une proportion de chaux hydratée nulle, sauf indication contraire.

Type de chaux	Rapport stœchiométrique (1)	Plage de teneur en CaO [%]	Plage de teneur en MgO [%]	Valeur par défaut pour la teneur en CaO/CaO·MgO (2)	Facteur d'émission par défaut (1) • (2)	Estimation de l'incertitude des estimations d'émissions
Chaux à haute teneur en calcium ^a	0,79	93-98	0,3-2,5	0,95	0,75	±2%
Chaux dolomitique ^b	0,91	55-57	38-41	0,95 ou 0,85 ^c	0,86 ou 0,77 ^c	±2%
Chaux hydraulique ^b	0,79	65-92		0,75	0,59	±15%

Source :
^a Miller (1999b) d'après ASTM (1996b) et Schwarzkopf (1995).
^b Miller (1999a) d'après Boynton (1980).
^c Cette valeur dépend de la technologie utilisée pour la production de chaux. La valeur supérieure est suggérée pour les pays développés, la valeur inférieure pour les pays en développement.

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Des données complètes sur les activités incluent des données sur la production de chaux et sur la structure de la chaux (y compris les types de chaux et la proportion de chaux hydratée).

Correction pour la proportion de chaux hydratée : La chaux à haute teneur en calcium et la chaux dolomitique peuvent être hydratées et transformées en chaux hydratée, à savoir Ca(OH)₂ ou Ca(OH)₂·Mg(OH)₂.⁹

Si x est la proportion de chaux hydratée et y sa teneur en eau, conformément aux *bonnes pratiques*, on multipliera la production par un facteur de correction de $1 - (x \cdot y)$. Le Tableau 3.5, *Correction des données sur les activités pour la chaux hydratée*, ci-dessous, présente des plages pour la teneur en eau (y) des types of chaux. Les valeurs par défaut sont $x = 0,10$, $y = 0,28$, ce qui donne un facteur de correction de 0,97 (Miller, 1999).

⁹ Le terme « chaux éteinte » peut signifier de la chaux sèche hydratée, de la pâte de chaux ou une solution aqueuse. En supposant une hydratation complète et 100 pour cent de chaux vive pure, l'eau pour l'hydratation pour la chaux à haute teneur en calcium est 24 pour cent et 27 pour cent pour la chaux dolomitique. Dans la pratique, une teneur en eau supérieure à la teneur théorique est nécessaire pour une hydratation complète (Miller, 1999).

TABLEAU 3.5
CORRECTION DES DONNEES SUR LES ACTIVITES POUR LA CHAUX HYDRATEE

Type de chaux	Teneur en eau théorique de la chaux hydratée [%]	Teneur en eau de la chaux hydratée commerciale [%]	Facteur de correction par défaut pour la teneur en eau
Chaux à haute teneur en calcium	24,3	26-28	0,28
Chaux dolomitique	27,2	17-31	0,28
Chaux hydraulique	–	–	–

Source : Miller (1999b) d'après ASTM (1996) et Schwarzkopf (1995).

EXHAUSTIVITE

L'exhaustivité des données sur les activités (production de chaux, etc.) est un élément crucial des *bonnes pratiques*. En général, la production présentée n'est que partiellement représentative de la production réelle, si l'on entend par production de chaux le produit qui est commercialisé. L'utilisation ou la production de chaux en tant qu'intermédiaire non commercialisé est mal prise en compte ou mal présentée. Par exemple, un grand nombre d'usines productrices d'acier, de soude synthétique, de carbure de calcium,¹⁰ de magnésie et de magnésium métallique, ainsi que des fonderies de cuivre et des sucreries, produisent de la chaux mais ne le déclarent pas aux organismes nationaux. Par ailleurs, les industries qui régénèrent la chaux provenant des déchets au carbonate de calcium (usines de pâte à papier et de papier, par exemple) ne déclareront probablement pas leur production de chaux. L'omission de ces données peut conduire à une sous-estimation de la production de chaux pour un pays par un facteur de deux ou plus.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les *bonnes pratiques* consistent à calculer des émissions imputables à la production de chaux à l'aide de la même méthode pour chaque année de la série temporelle. Si les données ne sont pas disponibles pour permettre une méthode plus rigoureuse pour toutes les années de la série, conformément aux *bonnes pratiques*, on recalculera ces données manquantes selon les recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Le rapport stœchiométrique est un nombre exact et, par conséquent, l'incertitude du facteur d'émission est l'incertitude de la composition de la chaux, en particulier la proportion de chaux hydraulique qui a une incertitude de 15 pour cent dans le facteur d'émission (2 pour cent d'incertitude pour les autres types). L'incertitude totale est donc de 15 pour cent au plus (voir Tableau 3.4, *Paramètres de base pour le calcul des facteurs d'émission pour la production de chaux*).

L'incertitude pour les données sur les activités sera probablement beaucoup plus élevée que pour les facteurs d'émission, si l'on se réfère à l'expérience de l'acquisition des données (voir section sur l'exhaustivité ci-dessus). L'omission de la production de chaux non commercialisée peut donner lieu à une erreur de +100 pour cent ou plus. En général, la correction pour la chaux hydratée ajoute environ ± 5 pour cent à l'incertitude.

3.1.2.2 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 à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*. Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le

¹⁰ Certains producteurs de carbures peuvent régénérer la chaux à partir de leurs sous-produits d'hydroxydes de calcium, sans génération de CO₂. Pour la fabrication de carbure de calcium, la chaux vive est mélangée au coke et chauffée dans des fours électriques. Avec ce procédé, la régénération de la chaux s'effectue en utilisant des déchets contenant de l'hydroxyde de calcium (chaux hydratée) $[\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2]$, et non pas du carbonate de calcium $[\text{CaCO}_3]$. L'hydroxyde de calcium est chauffé dans le four uniquement pour éliminer l'eau $[\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{chaleur} \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}]$ et il n'y a pas d'émission de CO₂ dans l'atmosphère.

rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

Pour préserver la cohérence interne d'une série temporelle, en cas de changements méthodologiques, conformément aux *bonnes pratiques* on recalculera la totalité de la série temporelle. Si la confidentialité est un problème pour un type de production, les estimations peuvent être agrégées au minimum pour préserver la confidentialité.

3.1.2.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à évaluer les estimations d'émissions. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué à la Section 8.7 *Procédures de CQ de Niveau 2* au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations figurant au Chapitre 8, des procédures spécifiques appropriées pour cette catégorie de source sont indiquées ci-dessous.

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

S'il utilise la méthode ascendante pour collecter des données sur les activités, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations d'émissions aux estimations calculées à partir de données nationales sur la production de chaux (méthode descendante). Les résultats de ces comparaisons devront être consignés à titre de documentation interne, avec explications en cas de différences.

Vérification des données sur les activités

L'organisme chargé de l'inventaire devra confirmer les définitions correctes des types de chaux produite dans le pays (c'est-à-dire la teneur en CaO et en MgO, la chaux vive à haute teneur en calcium (CaO), et la chaux vive dolomitique (CaO·MgO)). Il devra vérifier l'exhaustivité des statistiques sur l'utilisation de calcaire, de chaux et de dolomite en les comparant à la liste par défaut des industries utilisatrices de calcaire présentée dans les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, p. 2.9).

3.1.3 Sidérurgie

3.1.3.1 Méthodologie

Le fer brut est produit par la réduction des minerais d'oxyde de fer, principalement dans les hauts fourneaux, avec, en général, utilisation du carbone dans le coke ou le charbon de bois (avec, quelquefois, apport de charbon ou de pétrole) comme combustible et réducteur. Dans la plupart des fours de fusion, la réduction est facilitée par l'utilisation de flux carbonatés (calcaire). D'autres émissions se produisent parallèlement aux émissions de CO₂ par les flux de calcaire ou de dolomite pendant la réduction de la fonte brute dans le haut fourneau, mais cette catégorie de source est incluse dans les émissions imputables à l'utilisation de calcaire (voir les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.5, *Utilisation de calcaire et de dolomite*). À l'exception d'une petite quantité de carbone qui demeure dans le fer brut, tout le carbone présent dans le coke et dans les flux est émis comme produit de combustion et calcination. Des émissions bien moins importantes se produisent également pendant la production de l'acier, laquelle consiste essentiellement à éliminer (normalement par oxydation) la majorité du carbone dans le fer brut.

Le carbone est à la fois un combustible et un réducteur. Il est important de ne pas effectuer de double comptage du carbone imputable à la consommation de coke ou d'autres réducteurs s'il est déjà inclus dans la consommation de combustible dans le Secteur Énergie. Sachant que le but principal de l'oxydation du carbone est de réduire le minerai d'oxyde de fer en fer brut ou en fonte brute (le carbone est utilisé comme réducteur), on estime que les émissions sont des émissions imputables aux procédés industriels, et devront être présentées, de préférence, dans cette catégorie. Si ce n'est pas le cas, il convient de l'indiquer clairement dans l'inventaire. Cette catégorie de source devrait inclure les émissions de CO₂ résultant de l'utilisation des gaz de hauts fourneaux en tant que combustible si les émissions sont présentées dans le Secteur Procédés industriels.

CHOIX DE LA METHODE

Les *Lignes directrices du GIEC* présentent plusieurs méthodes pour le calcul des émissions de CO₂ imputables à la sidérurgie. Le choix d'une méthode en accord avec les *bonnes pratiques* dépend des circonstances nationales, comme indiqué au diagramme décisionnel à la Figure 3.3, *Diagramme décisionnel pour la sidérurgie*. La méthode de Niveau 1 calcule les émissions dues à la consommation du réducteur (coke de charbon, charbon, coke de pétrole, etc.), à l'aide de facteurs d'émission semblables à ceux utilisés pour estimer les émissions dues à la combustion. La méthode de Niveau 1 est relativement simple et surestime légèrement les émissions. La méthode de Niveau 2 est semblable à celle de Niveau 1 mais inclut une correction pour le carbone stocké dans les métaux produits. Les *Lignes directrices du GIEC* proposent également une autre méthode très simple, qui consiste à multiplier la production sidérurgique par un facteur d'émission basé sur la production. Mais cette méthode n'est pas jugée conforme aux *bonnes pratiques*.

Les émissions de CO₂ résultant de l'utilisation du calcaire comme « flux » pour la réduction ne sont pas incluses car elles sont prises en compte dans les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.5, *Utilisation du calcaire et de la dolomite*.¹¹

Méthode de Niveau 2

La méthode de Niveau 2 est basée sur le suivi du carbone pendant le processus de production. Plus exacte que la méthode de Niveau 1, elle nécessite davantage de données. L'estimation des émissions sur la base de données spécifiques à l'usine pour le Niveau 1 et le Niveau 2 préviendra le risque de double comptage ou d'omission des émissions. Avec la méthode de Niveau 2, les émissions imputables à la production de fer et à la production d'acier sont calculées séparément. Pour obtenir l'exactitude la plus élevée, conformément aux *bonnes pratiques*, on calculera des estimations d'émissions spécifiques à l'usine car les usines peuvent utiliser des technologies très différentes. En l'absence de données spécifiques à l'usine, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera des données de production compilées au plan national pour la production sidérurgique, qui seront soustraites du Secteur Combustion de combustibles. Par conséquent, une connaissance détaillée des conventions utilisées pour les statistiques nationales sur l'énergie et de l'inventaire sera nécessaire pour prévenir le risque de double comptage ou d'omissions.

Fer : Conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera l'équation suivante présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* :

¹¹ Les fours de fusion utilisent du calcaire beaucoup plus pur que le calcaire utilisé pour la production de clinker (ciment). Les *Lignes directrices du GIEC* citent une référence de l'USEPA qui suppose l'utilisation de 250 kg de chaux par tonne de fer. Mais cette valeur varie avec la pureté du minerai et le type de haut fourneau.

ÉQUATION 3.6A

$$\text{Émissions}_{\text{fonte brute}} = \text{Facteur d'émission}_{\text{réducteur}} \bullet \text{Masse de réducteur} + (\text{Masse de carbone dans le minerai} - \text{Masse de carbone dans le fer brut}) \bullet 44 / 12$$

Les réducteurs peuvent être du coke, du charbon, ou du coke de charbon de bois et de pétrole. Le Tableau 3.6, *Facteurs d'émission de CO₂ pour la production de métal* (tonne de CO₂/tonne de réducteur), présente des facteurs d'émission par défaut, fournis par les *Lignes directrices du GIEC* (Vol. 3, Tableau 2-12, *Facteurs d'émission de CO₂ pour la production de métal en général* (tonne de CO₂/tonne de réducteur)) pour les réducteurs les plus courants. Des techniques de réduction directes utilisent d'autres réducteurs, tels que CO, H₂ ou du gaz naturel. Dans ces cas, on devra utiliser des facteurs d'émission spécifiques à l'usine ou au pays. Conformément aux *Lignes directrices du GIEC*, les émissions de CO₂ imputables au flux de calcaire sont présentées avec les émissions résultant de l'utilisation de calcaire et de dolomite (voir les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.5, *Utilisation de calcaire et de dolomite*).

La quantité de carbone dans le minerai est pratiquement nulle et le fer brut contient environ 4 pour cent de carbone.

Acier : Les émissions imputables à la production d'acier (utilisant un convertisseur à oxygène (CO), un four à sole (FS) ou des fours à arc électrique (FAE)) sont basées sur la différence entre les teneurs en carbone du fer (3-5 pour cent) et de l'acier (0,5-2 pour cent). De plus, pour l'acier produit dans les fours à arc électrique, conformément aux *bonnes pratiques*, on ajoutera aux émissions le carbone émis par la combustion des électrodes (environ 1-1,5 kg de carbone par tonne d'acier)¹²

ÉQUATION 3.6B

$$\begin{aligned} \text{Émissions}_{\text{acier brut}} = & (\text{Masse de carbone dans le fer brut utilisé pour la production d'acier brut} \\ & - \text{Masse de carbone dans l'acier brut}) \bullet 44 / 12 \\ & + \text{Facteur d'émission}_{\text{FAE}} \bullet \text{Masse de l'acier produit dans FAE} \end{aligned}$$

Les émissions totales imputables à la sidérurgie sont la somme des deux Équations 3.6A et 3.6B précédentes :

ÉQUATION 3.7

$$\text{Émissions totales} = \text{Émissions}_{\text{fonte brute}} + \text{Émissions}_{\text{acier brut}}$$

Méthode de Niveau 1

Avec la méthode de Niveau 1, le stockage de carbone dans la fonte brute et l'acier brut produits n'est pas inclus comme dans le cas de la méthode de Niveau 2. Cela simplifie les calculs en ceci qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des données sur la teneur en carbone des métaux produits. Avec la méthode de Niveau 1, conformément aux *bonnes pratiques*, on calculera les émissions comme suit :

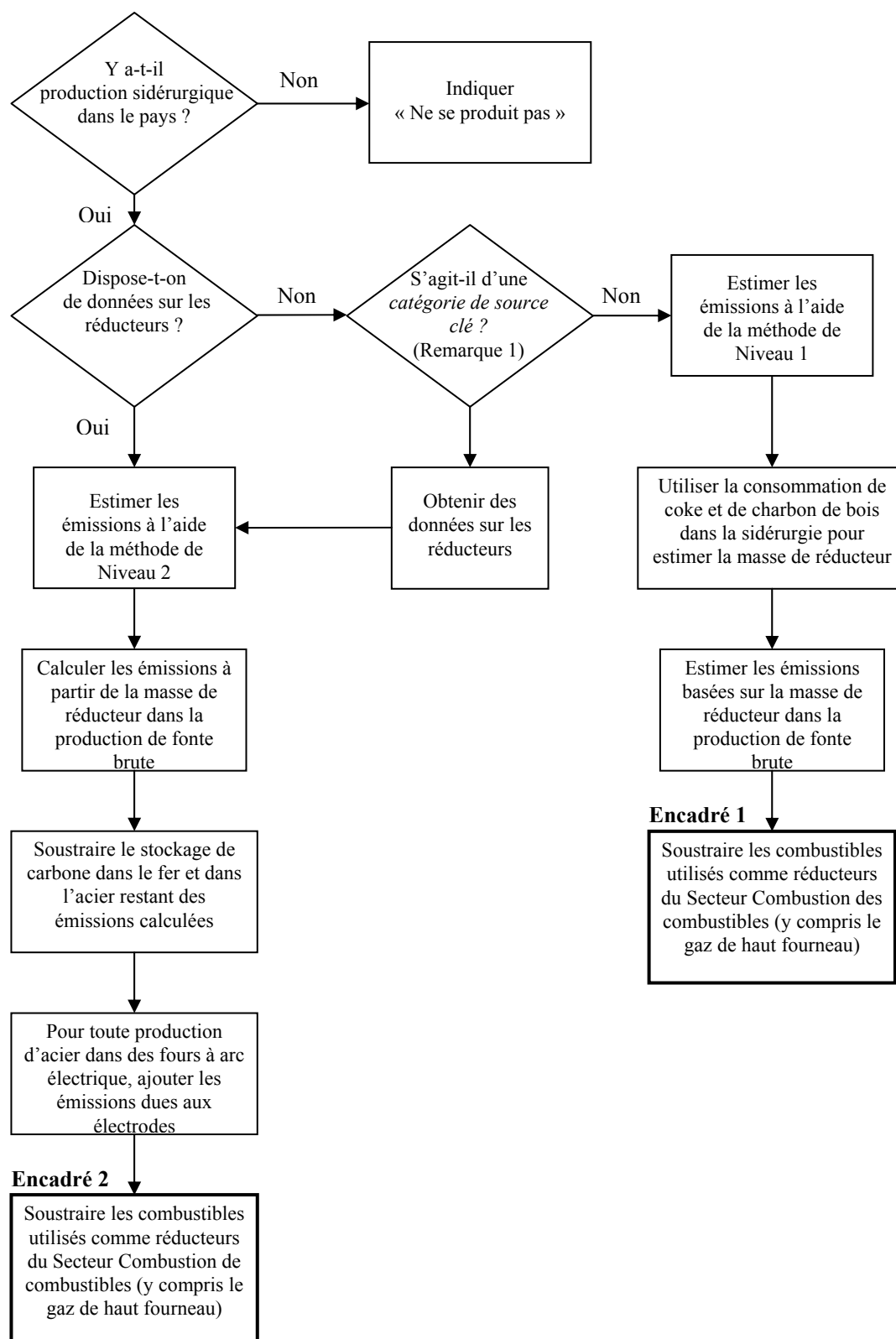
ÉQUATION 3.8

$$\text{Émissions} = \text{Masse de réducteur} \bullet \text{Facteur d'émissions}_{\text{réducteur}}$$

Les données sur la consommation de coke et de charbon de bois dans la sidérurgie peuvent permettre d'estimer la masse des réducteurs, si l'on ne dispose pas de données spécifiques à l'usine sur les combustibles utilisés

¹² La chaux est ajoutée aux fours à arc électrique (FAE) et ses émissions de CO₂ devront être présentées dans la section Utilisation de chaux (voir les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.5). Le facteur d'émission de carbone est basé sur les pertes de carbone provenant de l'électrode, en tant que valeur moyenne pour le procédé suivant : Dans le FAE, les électrodes sont en carbone – graphite ou revêtement Søderberg. Lorsque les électrodes sont maintenues au-dessus de l'acier fondu (liquide), l'arc électrique oxyde le carbone en CO ou CO₂. Le taux de production de gaz variera selon le type d'électrode et d'autres facteurs. En outre, la chaleur cause l'oxydation du carbone dans le liquide, et le réduit de 4 pour cent environ pour le fer brut à 2 pour cent ou moins (en général moins de 1 pour cent) pour l'acier. Quelquefois, l'électrode est immergée dans le liquide pour augmenter la teneur en carbone de l'acier, au cas où la teneur en carbone du liquide serait devenue trop basse. Dans ce cas, le carbone est enlevé de l'électrode, mais peut ou non produire du CO₂. Si le FAE est réglé correctement, la corrosion de l'électrode sera juste suffisante pour restaurer la teneur en carbone de l'acier au niveau requis. Si le FAE n'est pas réglé correctement, il y aura érosion excessive de l'électrode, l'électrode ne sera plus immergée et l'excès de carbone dans le liquide sera éliminé par combustion.

comme réducteurs (avec soustraction de cette quantité du secteur Combustion des combustibles). Cette étape ne concerne que l'affectation sectorielle des émissions de CO₂, et non la quantité totale. Si le terme « stockage de carbone » du Niveau 2 n'est pas pris en compte, l'erreur sera de 1 à 5 pour cent si toute la fonte brute produite est utilisée pour la production d'acier brut et au plus 10 pour cent si la totalité de la fonte brute est utilisée à d'autres fins (dans les fonderies, etc). Par conséquent, cette méthode donnera lieu à une légère surestimation de la source.

Figure 3.3 Diagramme décisionnel pour la sidérurgie

Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Remarque 2 : Les émissions de CO₂ dues au calcaire utilisé comme « flux » pour la réduction ne sont pas incluses ici étant donné qu'elles sont présentées dans les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, section 2.5, sur les émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de calcaire et de dolomite.

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

En l'absence de données spécifiques au pays, au niveau de l'usine, on peut utiliser les facteurs d'émission par défaut pour les réducteurs dans la production de fonte brute proposés dans les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Tableau 2-12 (voir Tableau 3.6, *Facteurs d'émission de CO₂ pour la production de métal (tonne de CO₂/tonne de réducteur)*).

Réducteur	Facteur d'émission ^a
Charbon ^b	2,5
Coke de charbon ^b	3,1
Coke de pétrole	3,6

^a Si l'on ne dispose pas de meilleures informations sur la teneur en carbone réelle au plan national ou si l'on ne peut pas calculer cette teneur à partir des données des *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Chapitre 1.
^b Dérivé de données des *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Chapitre 1.
 Source : *Lignes directrices du GIEC*, Manuel de référence, Tableau 2-12.

Des techniques de réduction directes utilisent d'autres réducteurs, tels que CO, H₂ ou gaz naturel, ayant chacun un facteur d'émission spécifique. Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser des facteurs d'émission spécifiques à l'usine pour l'acier produit dans un FAE. Si ces données ne sont pas disponibles, on utilisera un facteur d'émission par défaut pour l'oxydation de l'électrode. Pour la méthode de Niveau 2, on utilisera un facteur d'émission par défaut de 5 kg de CO₂ par tonne d'acier produit dans les FAE pour la combustion de l'électrode pour l'acier produit dans les fours à arc électrique (facteur d'émission_{FAE}) (Tichy, 1999).

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Méthode de Niveau 2

Les données sur les activités devront être collectées au niveau de l'usine. La quantité de réducteur utilisée pour la production de fer est l'information la plus importante. S'il ne s'agit pas d'une *catégorie de source clé* et si l'on ne dispose pas de données spécifiques à l'usine, on pourra estimer la masse de réducteur par la méthode de Niveau 1 (voir ci-dessous). De plus, on devra obtenir des données sur la quantité de fonte brute produite, ainsi que les quantités utilisées pour la production d'acier brut, et leurs teneurs en carbone, de même que des données sur la quantité d'acier brut produit dans les FAE et la quantité de fer dans le minerai et sa teneur en carbone.

Méthode de Niveau 1

La méthode de Niveau 1 ne nécessite que des données sur la quantité de réducteur utilisée pour la production de fer. En l'absence de données spécifiques à l'usine, on peut estimer cette quantité en soustrayant la quantité de combustible utilisée dans la sidérurgie (ISIC, 1990) pour la réduction du minerai de fer de la consommation de combustible présentée au Secteur Énergie. On peut calculer le combustible utilisé pour la réduction à partir du bilan massique de la formule chimique pour la réduction du minerai de fer. Cette estimation sommaire ne concerne que l'affectation des émissions de CO₂ aux secteurs Procédés industriels et Énergie.

EXHAUSTIVITE

Lors de l'estimation des émissions imputables à cette catégorie de source, il existe un risque de double comptage ou d'omission dans les secteurs Procédés industriels ou Énergie. Sachant que le but principal de l'oxydation du coke est de produire de la fonte brute, on estime que les émissions sont imputables aux procédés industriels, et devront être présentées dans cette catégorie. Si ce n'est pas le cas, il convient de l'indiquer clairement dans l'inventaire. L'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer une vérification à propos du double comptage et de l'exhaustivité, ce qui exigera une connaissance approfondie de l'inventaire pour cette catégorie de source.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les *bonnes pratiques* consistent à calculer des émissions imputables à la sidérurgie à l'aide de la même méthode pour chaque année de la série temporelle. Si les données ne sont pas disponibles pour permettre une méthode plus rigoureuse pour toutes les années de la série, conformément aux *bonnes pratiques*, on recalculera ces données manquantes conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Pour le Niveau 1 et le Niveau 2, la quantité de réducteur utilisée pour la production de fer est l'information la plus importante en matière de données sur les activités. Comme indiqué au Chapitre 2, *Énergie*, les données sur l'énergie ont une incertitude typique d'environ 5 pour cent (environ 10 pour cent pour les pays dont les statistiques sur l'énergie sont moins complètes). Pour le calcul du terme « stockage de carbone », le Niveau 2 nécessite d'autres données sur la production nette de fonte brute et d'acier brut, qui ont, en général, une incertitude de quelques pour cent. Le Niveau 2 nécessite également des données sur la teneur en carbone de la fonte brute, de l'acier brut et du minerai de fer, lesquelles peuvent avoir une incertitude de 5 pour cent s'il s'agit de données spécifiques à l'usine. Sinon, l'incertitude de la teneur en carbone peut être de 25 à 50 pour cent. Enfin, l'incertitude des facteurs d'émission pour le réducteur (coke, etc.) est en général de 5 pour cent (voir Section 2.1.1.6, *Émissions de CO₂ imputables à la combustion fixe, Évaluation de l'incertitude*).

L'erreur systématique faite pour les estimations des émissions par la méthode de Niveau 1 par omission du terme stockage de carbone du Niveau 2 sera de 1 à 5 pour cent si la totalité de la fonte brute produite est utilisée pour la production d'acier brut, et de 10 pour cent au maximum si la totalité de la fonte brute est utilisée à d'autres fins, c'est-à-dire dans les fonderies. Cette méthode donnera lieu à une légère surestimation de la source.

3.1.3.2 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 à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*. Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

Méthode de Niveau 2

Conformément aux *bonnes pratiques*, on documentera les émissions, toutes les données sur les activités (réducteurs, carbone stocké, acier produit dans les FAE, électrodes), en plus des facteurs d'émission correspondants et de leurs hypothèses sous-jacentes. On expliquera le lien avec l'estimation du sous-secteur Combustion de combustibles pour démontrer l'absence de double comptage ou d'omissions d'émissions.

Méthode de Niveau 1

Outre les émissions, conformément aux *bonnes pratiques*, on présentera des données sur les quantités de réducteurs et leurs facteurs d'émission. Dans le tableau correspondant, les émissions présentées ne sont qu'une partie des émissions totales et les autres émissions sont présentées ailleurs (Section Combustion de combustibles).

Pour les deux niveaux, l'organisme chargé de l'inventaire devra également documenter toute information nécessaire à la reproduction de l'estimation, ainsi que les procédures AQ/CQ.

3.1.3.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à évaluer les estimations d'émissions. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué à la Section 8.7 *Procédures de CQ de Niveau 2*, au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations figurant au Chapitre 8, des procédures spécifiques appropriées pour cette catégorie de source sont indiquées ci-dessous.

Vérification des données sur les activités

Pour la méthode de Niveau 2, l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier les données par rapport à la catégorie Combustion de combustibles, comme indiqué à la Section 2.1.1.4, pour s'assurer qu'il n'y a pas eu double comptage ou omission des émissions imputables à la combustion/aux réducteurs (charbon, coke, gaz naturel etc.).

L'organisme chargé de l'inventaire devra examiner toute divergence entre les données des usines afin de déterminer si elles reflètent des erreurs, des techniques de mesure différentes ou des différences réelles des émissions, des conditions d'exploitation ou des technologies. Ceci est particulièrement important pour les estimations de la masse de réducteur spécifiques à l'usine.

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations agrégées au niveau de l'usine et les totaux de l'industrie pour la consommation de carbone et de calcaire, si ces données commerciales sont disponibles.

3.2 EMISSIONS DE N₂O IMPUTABLES A LA PRODUCTION D'ACIDE ADIPIQUE ET D'ACIDE NITRIQUE

3.2.1 Méthodologie

L'oxyde nitreux (N₂O) est un sous-produit non intentionnel de la production d'acide adipique et d'acide nitrique (HNO₃), et de nombreux procédés industriels utilisant des oxydes d'azote ou des acides nitriques comme produits d'alimentation industriels (fabrication de caprolactame, glyoxal, et retraitement des combustibles nucléaires, etc.). S'ils ne font pas l'objet de mesures de réduction, l'acide adipique et l'acide nitrique sont des sources importantes de N₂O atmosphériques.¹³ Les émissions de N₂O par ces procédés dépendent de la quantité produite par le procédé de production spécifique et de la quantité détruite par toute mesure de réduction ultérieure. La réduction de N₂O peut être intentionnelle, par l'utilisation de matériel destiné spécifiquement à la destruction du N₂O dans les usines d'acide adipique, ou non intentionnelle, par l'intermédiaire de systèmes conçus pour réduire d'autres émissions, telles que les émissions d'oxydes d'azote (NO_x). Pour une information plus détaillée à ce propos, voir le Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* (Sections 2.9 et 2.10, Production d'acide nitrique et Production d'acide adipique).

CHOIX DE LA METHODE

Le choix de méthodes conformes aux *bonnes pratiques* dépend des circonstances nationales. Le diagramme décisionnel à la Figure 3.4, Diagramme décisionnel pour les émissions de N₂O imputables à la production d'acide adipique et d'acide nitrique, décrit les *bonnes pratiques* recommandées pour adapter les méthodes proposées dans les *Lignes directrices du GIEC* aux circonstances nationales. Le diagramme décisionnel devra être appliqué séparément pour la production d'acide adipique et d'acide nitrique.

Les *Lignes directrices du GIEC* présentent une équation de base pour l'estimation des émissions de N₂O dans laquelle les données sur la production sont multipliées par un facteur d'émission. Étant donné l'utilisation actuelle et future des technologies de réduction des émissions de N₂O, en particulier dans les usines d'acide adipique, les *bonnes pratiques* consistent à inclure un terme supplémentaire dans l'équation, comme suit :

ÉQUATION 3.9

$$\text{Émissions de N}_2\text{O} = \text{Facteur d'émission spécifique} \cdot \text{Niveau de production} \cdot [1 - (\text{Facteur de destruction de N}_2\text{O} \cdot \text{Facteur d'utilisation du système de réduction})]$$

Le facteur de destruction de N₂O doit être multiplié par un facteur d'utilisation du système de réduction pour prendre en compte tout temps d'arrêt du matériel de réduction des émissions (c'est-à-dire le temps pendant lequel le matériel ne fonctionne pas).

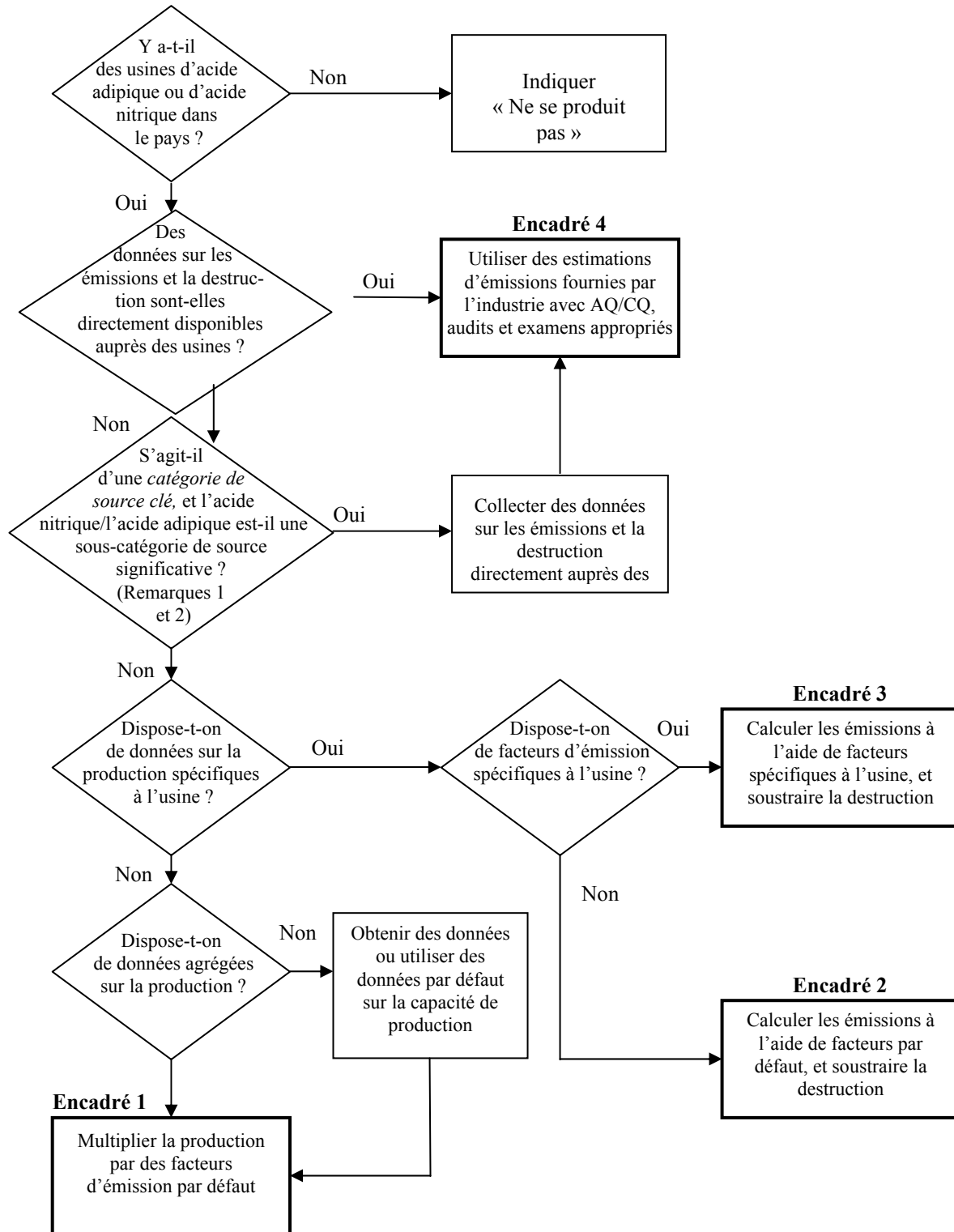
Pour obtenir l'exactitude la plus élevée, conformément aux *bonnes pratiques*, on appliquera cette équation au niveau de l'usine, en utilisant des facteurs de génération et de destruction de N₂O établis à partir de données de mesures spécifiques à l'usine. Dans ce cas, le total national est égal à la somme des totaux des usines. Si l'on ne dispose pas de données spécifiques à l'usine, les *bonnes pratiques* recommandent des valeurs par défaut pour les facteurs de génération et de destruction de N₂O, comme indiqué aux Tableaux 3.7, Facteurs par défaut pour la production d'acide adipique, et 3.8, Facteurs par défaut pour la production d'acide nitrique, basés sur les types d'usines et les technologies de réduction mises en œuvre.

Étant donné le nombre relativement faible d'usines d'acide adipique (environ 23 dans le monde, Choe *et al.*, 1993), la collecte de données spécifiques à l'usine nécessite peu de ressources supplémentaires. Par contre, le nombre d'usines d'acide nitrique est plus élevé (les estimations varient de 255 à 600 usines, selon Choe *et al.*, 1993, Bockman et Granli, 1994) avec une variation beaucoup plus grande des facteurs de génération de N₂O suivant les types d'usines. Par conséquent, des facteurs par défaut seront peut-être plus souvent nécessaires pour les estimations d'émissions de N₂O dues à l'acide nitrique. Si l'on utilise des valeurs par défaut pour estimer les

¹³ En général, l'industrie chimique et d'autres industries incluses dans cette section ne sont pas liées, si ce n'est que l'acide nitrique entre dans la fabrication de l'acide adipique. Les technologies de fabrication et les technologies applicables pour la réduction de N₂O sont très différentes pour chaque industrie.

émissions liées à la production d'acide nitrique, les *bonnes pratiques* consistent à classer les usines par types et à utiliser un facteur de génération de N₂O approprié.

Figure 3.4 Diagramme décisionnel pour les émissions de N₂O imputables à la production d'acide adipique et d'acide nitrique



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Remarque 2 : En règle générale, une sous-catégorie de source est significative si elle représente 25-30 pour cent des émissions de la catégorie de source.

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Les mesures effectuées par les usines fournissent les données les plus rigoureuses pour le calcul des émissions nettes (c'est-à-dire facteurs de génération et de destruction de N_2O). La surveillance des émissions de N_2O dues à la production d'acide adipique et d'acide nitrique est pratique car il s'agit de sources ponctuelles et d'un nombre fini d'usines. Étant donné la technologie actuelle, les instruments d'échantillonnage et de surveillance des taux d'émissions ne limitent pas la précision ou l'exactitude des mesures générales. En général, la fréquence et la programmation de l'échantillonnage suffisent pour prévenir les erreurs systématiques et obtenir l'exactitude recherchée. En règle générale, les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des échantillonnages et des analyses chaque fois qu'une usine modifie ses procédés—modification qui pourrait influencer sur le taux d'émission de N_2O —et, sinon, assez souvent pour garantir des conditions de fonctionnement constantes. On consultera également les responsables de l'usine annuellement pour obtenir des informations sur les technologies de destruction spécifiques à l'usine et confirmer leur mise en œuvre, étant donné que les technologies peuvent changer avec le temps. La mesure précise des taux d'émissions et de l'efficacité des réductions nécessite la mesure du débit de sortie et du débit non régulé. Si l'on ne dispose de données que pour le débit de sortie, conformément aux *bonnes pratiques*, on basera les émissions sur ces données, auquel cas les estimations de l'efficacité des réductions seront fournies uniquement à titre d'information et non pas pour le calcul des émissions.

En l'absence de facteurs spécifiques à l'usine, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera des facteurs par défaut, lesquels représentent souvent des valeurs moyennes des ensembles de données (déterminées par analyses par des experts). On ignore dans quelle mesure ces valeurs représentent un taux d'émission spécifique à l'usine. Ces valeurs par défaut ne devront être utilisées qu'en l'absence de mesures spécifiques à l'usine.

Le Tableau 3.7, *Facteurs par défaut pour la production d'acide adipique*, présente des valeurs par défaut des facteurs d'émission pour la production d'acide adipique, et pour la destruction de N_2O pour les technologies de réduction les plus courantes, et des incertitudes associées. Ce Tableau complète les valeurs par défaut des *Lignes directrices du GIEC* avec des informations sur les technologies de réduction de N_2O . Il y a risque de surestimation des émissions si l'on ne parvient pas à déterminer s'il y a utilisation de technologies de réduction.

Le Tableau 3.8, *Facteurs par défaut pour la production d'acide nitrique*, complète les facteurs d'émission pour la production d'acide nitrique présentés dans les *Lignes directrices du GIEC* (Vol. 3, Section 2.9, Tableau 2-7, *Facteurs d'émission pour le N_2O imputable à la production d'acide nitrique*). Il inclut également des facteurs d'émission et de destruction supplémentaires pour les technologies de réduction de NO_x , et des incertitudes associées. Les facteurs d'émission indiqués au Tableau 3.8 pour des usines utilisant une réduction catalytique non sélective (RCNS) intègrent déjà les effets des mesures de réduction. Le facteur de destruction de N_2O pour RCNS au Tableau 3.8 est fourni uniquement à titre d'information et ne doit pas être appliqué à une estimation d'émissions utilisant le facteur d'émission par défaut de RCNS car il y aurait alors double comptage de la destruction.

TABLEAU 3.7 FACTEURS PAR DÉFAUT POUR LA PRODUCTION D'ACIDE ADIPIQUE		
Procédé de production	Facteur de génération de N₂O^{a,d}	Estimation de l'incertitude
Oxydation de l'acide nitrique	300 kg/tonne d'acide adipique	± 10% (basé sur l'opinion d'experts). La plage de 300 kg ± 10% inclut la variabilité pour les produits d'alimentation industriels allant du cétone pur à l'alcool pur, la plupart des fabricants se situant vers le milieu. ^a
Technologie de réduction	Facteur de destruction de N₂O^b	Estimations de l'incertitude (distinct des plages de facteurs de destruction)
Destruction catalytique	90-95%	± 5% (basé sur l'opinion d'experts). Les fabricants connus pour utiliser cette technologie incluent : BASF (Scott, 1998) et DuPont (Reimer, 1999b).
Destruction thermique	98-99%	± 5% (basé sur l'opinion d'experts). Les fabricants connus pour utiliser cette technologie incluent : Asahi, DuPont, Bayer, et Solutia (Scott, 1998).
Recyclage comme produit d'alimentation industriel pour le phénol	98-99%	± 5% (basé sur l'opinion d'experts). Les fabricants connus pour utiliser cette technologie incluent : Alsachemie (Scott, 1998).
Recyclage comme produit d'alimentation industriel pour l'acide adipique	90-98%	± 5% (basé sur l'opinion d'experts). Solutia mettra en œuvre cette technologie vers 2002 (Scott, 1998).
Système de réduction	Facteur d'utilisation^c	
Destruction catalytique	80-98%	Voir Remarque c
Destruction thermique	95-99%	Voir Remarque c
Recyclage pour l'acide nitrique	90-98%	Voir Remarque c
Recyclage pour l'acide adipique	80-98%	Voir Remarque c

^a Pour ce qui est de la valeur de la Japan Environment Agency (264 kg de N₂O/tonne d'acide adipique) présentée dans les *Lignes directrices du GIEC*, on pense que ce fabricant utilise l'oxydation du cyclohexanol (alcool) pur, au lieu d'un composé cétone - alcool (Reimer, 1999). C'est, semble-t-il, la seule usine qui utilise cette méthode.

^b Le facteur de destruction (qui représente l'efficacité de la technologie de réduction) devra être multiplié par un facteur d'utilisation du système de réduction. On notera que cette plage n'est pas une estimation de l'incertitude.

^c On notera que ces valeurs par défaut sont basées sur l'opinion d'experts et ne sont pas des données fournies par l'industrie ou des mesures spécifiques à l'usine. Dans les premiers 1 à 5 ans de la mise en œuvre de technologie de réduction, le facteur d'utilisation se situe en général dans la partie inférieure de la plage. Normalement, des valeurs inférieures sont dues à la nécessité de l'apprentissage du fonctionnement du système de réduction et à la fréquence des problèmes de maintenance pendant la phase initiale. Après cette période de 1 à 5 ans, le fonctionnement est mieux maîtrisé et le facteur d'utilisation se situe en général dans la partie supérieure de la plage.

Source :

^d Thiemans et Trogler, 1991.

^e Reimer, 1999b.

TABLEAU 3.8
FACTEURS PAR DÉFAUT POUR LA PRODUCTION D'ACIDE NITRIQUE

Procédé de production	Facteur de génération de N₂O (kg de N₂O/tonne d'acide nitrique)	Observations
Canada – usines sans RCNS ^a – usines utilisant RCNS	8,5 <2	Basé sur un taux d'émissions moyen pour des usines de conception européenne (Collis, 1999) Le facteur de génération de N ₂ O tient compte de la destruction de N ₂ O par RCNS. Incertitude = ± 10% (basé sur l'opinion d'experts – Collis, 1999).
États-Unis – usines sans RCNS – usines utilisant RCNS	9,5 2	On estime que 80% des usines d'acide nitrique (HNO ₃) n'utilisent pas de systèmes RCNS (Choe <i>et al.</i> , 1993). Le facteur de génération de N ₂ O tient compte de la destruction de N ₂ O par RCNS. L'industrie indique une plage de 1,12 à 2,5 kg de N ₂ O/tonne de HNO ₃ ; les experts sur le terrain ont indiqué que la partie inférieure de la plage est plus exacte (Choe <i>et al.</i> , 1993, Collis, 1999). Un facteur de 2 a été choisi comme défaut prudent. On estime que 20% des usines de HNO ₃ utilisent des systèmes RCNS (Choe <i>et al.</i> , 1993). Incertitude = ± 10% (basé sur l'opinion d'experts).
Norvège – destruction de N ₂ O intégrée aux procédés – usine à pression atmosphérique (basse pression) – usine à moyenne pression	<2 4-5 6-7,5	Norsk Hydro a développé un type de réacteur ultra sophistiqué dans lequel la réduction des émissions de N ₂ O est intégrée aux procédés (Norsk Hydro, 1996). Une seule usine de ce type est opérationnelle (Oonk, 1999). (Norsk Hydro, 1996) (Norsk Hydro, 1996)
Japon	2,2-5,7	(Japan Environment Agency, 1995)
Autres pays – usines à double pression, et double absorption, de conception européenne – usines plus anciennes (avant 1975), sans RCNS	8-10 10-19	Des facteurs d'émission pouvant atteindre 19 kg de N ₂ O/tonne d'acide nitrique ont été indiqués pour des usines sans technologie RCNS (Choe <i>et al.</i> , 1993, EFMA, 1995). Un taux d'émission aussi élevé indique probablement des usines de type obsolète (Choe 1993, Cook 1999).
Technologie de réduction de NO_x	Facteur de destruction de N₂O (%)	Remarques
Réduction catalytique non sélective (RCNS)	80-90	Incertitude = ± 10% (basé sur l'opinion d'experts). La technologie RCNS est un traitement typique des gaz résiduels aux États-Unis et au Canada et est utilisé moins fréquemment dans le reste du monde.
Réduction catalytique sélective (RCS)	0	RCS avec l'ammoniac ne réduit pas le N ₂ O.
Absorption renforcée	0	
^a Réduction catalytique non sélective (RCNS)		

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les *bonnes pratiques* consistent à obtenir des données sur les activités (production) à un niveau de détail correspondant à celui des données sur la génération et la destruction. Si l'on utilise des facteurs d'émission spécifiques à l'usine, les *bonnes pratiques* consistent à obtenir des données sur la production spécifiques à l'usine. En général, ces données sont exactes à ± 2 pour cent près en raison de la valeur économique d'une information exacte. Si ces données ne sont pas disponibles, on peut utiliser des données sur la production nationale. Cependant, pour la catégorie de source « Acide nitrique », ces statistiques peuvent omettre en moyenne la moitié d'un total national (pour plus de détails, voir la section Exhaustivité).

En l'absence de toute donnée sur les activités, on peut utiliser les informations disponibles sur la capacité de production. Les *bonnes pratiques* consistent à multiplier la capacité de production nationale totale par un facteur d'utilisation de capacité de 80 pour cent \pm 20 pour cent (soit une plage de 60 à 100 pour cent).

EXHAUSTIVITE

La couverture complète pour la catégorie de source « Acide adipique » ne pose pas de problème, mais les statistiques de production d'acide nitrique compilées au plan national peuvent omettre en moyenne la moitié du total. Selon des comparaisons effectuées entre des statistiques mondiales établies à partir de données nationales sur la production d'acide nitrique et d'estimations de la production mondiale fournies par l'industrie, il semblerait que les statistiques nationales ne tiennent compte que de 50 à 70 pour cent du total (Bouwman *et al.*, 1995, Olivier, 1999). Ceci est dû probablement à la production d'acide nitrique qui est intégrée à des procédés de production plus importants, où l'acide nitrique n'est jamais commercialisé et n'est pas comptabilisé dans les statistiques nationales. Dans le cas, par exemple, de la fabrication de caprolactame, des oxydes d'azote produits par oxydation de l'ammoniac sont utilisés directement dans le procédé, sans conversion préalable en acide nitrique. L'exhaustivité des données pourra être améliorée par la prise en compte de sources, par exemple par identification sur des registres nationaux d'émissions de NO_x, autre sous-produit non intentionnel de la production de l'acide nitrique.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les émissions de N₂O devront être recalculées pour toutes les années pour chaque changement méthodologique du calcul des émissions (si l'organisme chargé de l'inventaire remplace l'utilisation de valeurs par défaut par celle de valeurs réelles obtenues par l'usine, par exemple). Si l'on ne dispose pas de données spécifiques à l'usine pour toutes les années de la série temporelle, on devra examiner comment utiliser les mesures courantes effectuées par l'usine pour recalculer les émissions pour les années antérieures. On pourra peut-être appliquer les facteurs d'émission courants spécifiques à l'usine aux données sur la production pour des années antérieures, à condition qu'il n'y ait pas eu de changements considérables des conditions de fonctionnement de l'usine. Ce recalcul est nécessaire pour s'assurer que tout changement des tendances d'émissions est réel et n'est pas un phénomène secondaire associé aux changements de procédures. Conformément aux *bonnes pratiques* on recalculera la série temporelle conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les incertitudes des valeurs par défaut sont des estimations basées sur l'opinion d'experts. En général, les facteurs d'émission par défaut pour l'acide adipique sont plus certains que ceux pour l'acide nitrique car ils sont obtenus à partir de la stœchiométrie d'une réaction chimique prévue (oxydation de l'acide nitrique) et de systèmes de réduction spécifiques au N₂O. L'incertitude du facteur d'émission pour l'acide adipique représente une variabilité de la génération de N₂O en raison des différences de la composition des produits d'alimentation du cyclohexanone et du cyclohexanol (à savoir, cétone et alcool) utilisés par les fabricants. Une teneur en cétone plus élevée augmente la génération de N₂O, alors qu'une teneur en alcool plus élevée diminue la génération de N₂O (Reimer, 1999a). Une usine individuelle doit pouvoir calculer la production de N₂O (à partir de la consommation de HNO₃) à 1 pour cent près. Par contre, les valeurs par défaut pour la production d'acide nitrique sont beaucoup plus incertaines. D'une part, N₂O peut être généré, comme sous-produit non intentionnel, dans le réacteur à membrane du système de production d'acide nitrique (Cook, 1999). D'autre part, il peut ne pas y avoir de traitement du gaz d'échappement pour le contrôle du NO_x, et le système de réduction de NO_x peut ne pas réduire (ou peut même augmenter) la concentration de N₂O du gaz traité.¹⁴

En dépit de l'incertitude supérieure associée aux valeurs de l'acide nitrique, les émissions de N₂O potentielles par tonne métrique produite sont beaucoup plus élevées pour la production d'acide adipique. Par conséquent, l'incertitude associée à la production d'acide adipique peut être plus significative lorsqu'elle est convertie en

¹⁴ Dans certains cas, des procédés visant à réduire les émissions de NO_x peuvent augmenter la génération de N₂O. Des concentrations plus élevées de N₂O dues à la technologie de réduction du NO_x ont été mesurées dans des usines utilisant une réduction non catalytique pour le NO_x (Cook, 1999). Comme le prouve au moins une usine d'acide nitrique, on sait que le contrôle du NO_x a entraîné une augmentation des émissions de N₂O (Burtscher, 1999).

émissions de N₂O. Un système de surveillance étalonné et entretenu correctement peut déterminer des émissions à l'aide de l'Équation 3.9 ci-dessus à ±5 pour cent près au niveau de confiance de 95 pour cent.

3.2.2 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 à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation interne et archivage*.

Des exemples de documentation et de présentation spécifiques à cette catégorie de source sont présentés ci-dessous :

- Description de la méthode utilisée ;
- Nombre d'usines d'acide adipique et d'acide nitrique, respectivement ;
- Facteurs d'émission ;
- Données sur la production ;
- Capacité de production ;
- Nombre d'usines utilisant des technologies de réduction ;
- Type de technologie de réduction, efficacité de la destruction, et utilisation ;
- Toute autre hypothèse.

Les responsables de l'usine devront fournir cette information à l'organisme chargé de l'inventaire à des fins de compilation, et devront également archiver l'information sur place. Ils devront également consigner et archiver la fréquence des mesures et l'étalonnage des instruments dans le cas de mesures effectuées par l'usine.

S'il n'y a qu'un ou deux producteurs dans un pays, ce qui est souvent le cas pour la production d'acide adipique, il est possible que les données sur les activités soient jugées confidentielles. Dans ce cas, les responsables de l'usine et l'organisme chargé de l'inventaire devront déterminer le niveau d'agrégation qui permettra la présentation des données et le respect de la confidentialité. Des informations détaillées, dont des données sur les instruments de mesure, devront toujours être archivées par l'usine.

Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

3.2.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué à la Section 8.7, *Procédures CQ spécifiques à la source (Niveau 2)*, au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations figurant au Chapitre 8, des procédures spécifiques appropriées pour cette catégorie de source sont indiquées ci-dessous.

ENCADRE 3.1

AUTRES SOURCES INDUSTRIELLES POTENTIELLES DE N₂O

Le Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* identifie plusieurs autres catégories de sources potentielles de N₂O, d'ampleur inconnue mais jugée faible. Ces sous-catégories de sources industrielles sans combustion incluent : la production de caprolactame, la production d'urée, la production pétrochimique, les agents propulseurs et les agents d'expansion, les vapeurs d'explosifs, la production d'acide dodénoïque (DDDA ou 3DA), et les flux de vapeurs des réservoirs d'acide adipique et d'acide nitrique. Si l'organisme chargé de l'inventaire quantifie ces catégories de source, il devra présenter les données dans l'inventaire et documenter sa méthode. Cette information pourrait servir de base à des révisions ultérieures des *Lignes directrices du GIEC*.

COMPARAISON DES ESTIMATIONS D'ÉMISSIONS A L'AIDE DE METHODES DIFFERENTES

Si le calcul des émissions est basé sur des données fournies par des usines d'acide adipique et d'acide nitrique (méthode ascendante), l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations d'émissions aux estimations calculées à partir de données nationales sur la production (méthode descendante). Il devra consigner les résultats et examiner toute divergence inexplicée.

Les catégories de source de N₂O étant relativement peu importantes par rapport à d'autres sources anthropiques et naturelles, on ne peut pas comparer les émissions à des tendances mesurées des concentrations atmosphériques de N₂O.

Données spécifiques à l'usine

L'organisme chargé de l'inventaire devra archiver assez d'information pour permettre un examen indépendant de la série temporelle des émissions à partir de l'année de référence, et pour expliquer les tendances des émissions lors de comparaisons historiques. Ceci est particulièrement important lorsque des recalculs sont nécessaires, par exemple, lorsque l'organisme chargé de l'inventaire cesse d'utiliser des valeurs par défaut et utilise des valeurs réelles spécifiques à l'usine.

Révision de mesures directes des émissions

S'il dispose de données de mesures spécifiques à l'usine, l'organisme chargé de l'inventaire devra confirmer l'utilisation de méthodes type reconnues internationalement. Si les méthodes de mesures ne satisfont pas à ce critère, il devra évaluer l'utilisation de ces données. Il devra également examiner les estimations de l'incertitude à la lumière des résultats des procédures AQ/CQ.

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les facteurs spécifiques à l'usine aux valeurs par défaut du GIEC pour vérifier si les facteurs spécifiques sont raisonnables. Il devra expliquer et documenter toute divergence entre les deux types de facteurs, en particulier toute différence au niveau des caractéristiques de l'usine susceptibles d'expliquer ces divergences.

3.3 EMISSIONS DE PFC IMPUTABLES A LA PRODUCTION D'ALUMINIUM

3.3.1 Méthodologie

La fusion de l'aluminium primaire produit deux PFC, à savoir du tétrafluorométhane (CF₄), et de l'hexafluoroéthane (C₂F₆). Ces PFC sont le résultat du phénomène dit effet d'anode (EA), lorsque la concentration d'oxyde d'aluminium dans l'électrolyte de la cuve d'électrolyse est basse.

CHOIX DE LA METHODE

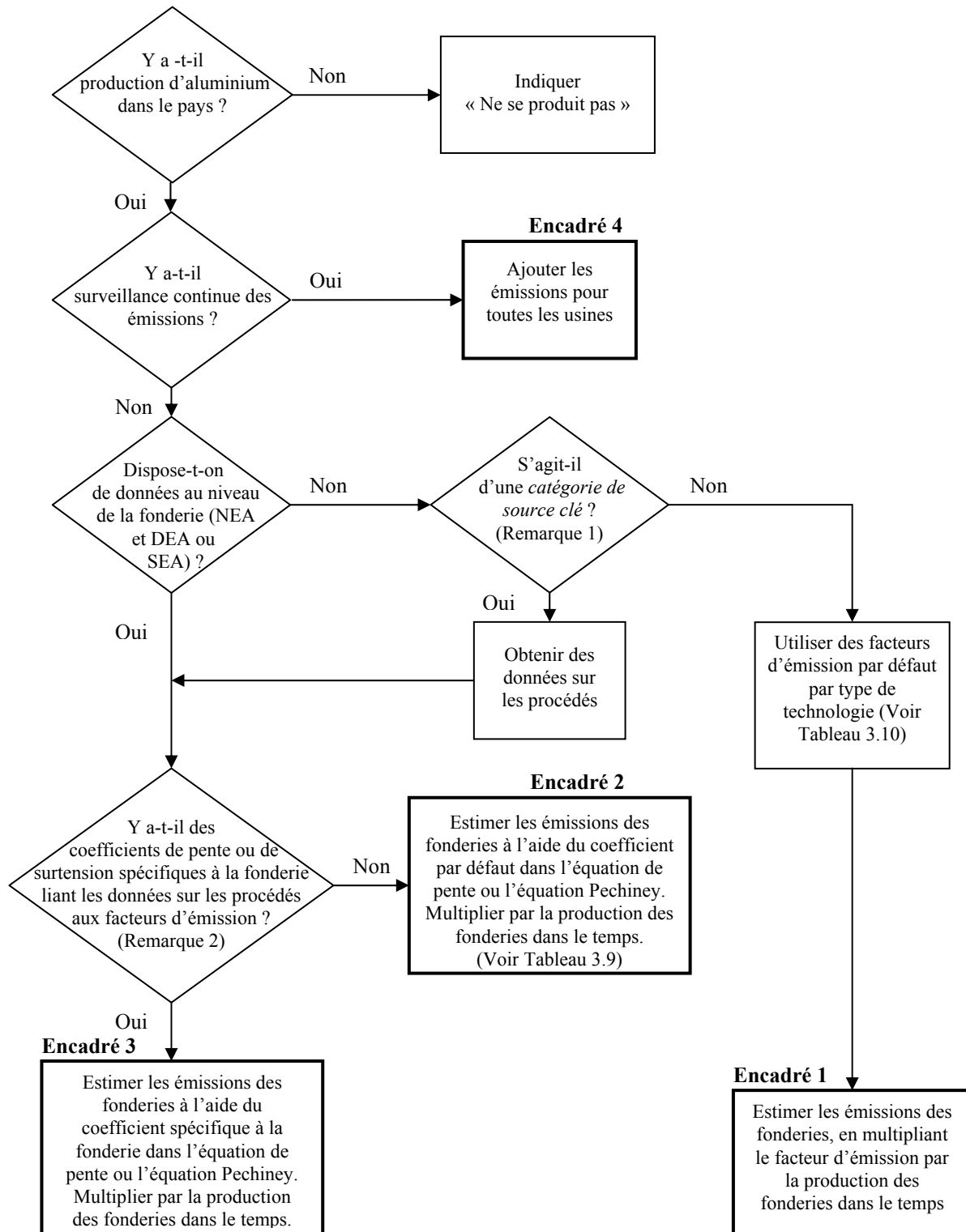
Le choix d'une méthode conforme aux *bonnes pratiques* dépendra des circonstances nationales. Le diagramme décisionnel à Figure 3.5, *Diagramme décisionnel pour les émissions de PFC imputables à la production d'aluminium*, décrit les *bonnes pratiques* en matière d'adaptation des méthodes présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* aux circonstances spécifiques au pays. Le diagramme décisionnel devra être appliqué séparément pour l'estimation des émissions de CF₄ et de C₂F₆.

Les *Lignes directrices du GIEC* décrivent trois méthodes générales pour estimer les émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (Vol. 3, Section 2.13.6, *Émissions de PFC imputables à la production d'aluminium*). Ces trois méthodes correspondent à des Niveaux, mais ne sont pas identifiées en tant que telles. À des fins de cohérence avec les autres sections des *Lignes directrices du GIEC* et des *Recommandations en matière de bonnes pratiques*, les méthodes présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* sont décrites en tant que Niveaux dans la présente section.

La méthode la plus exacte consiste à surveiller de façon continue les émissions des fonderies (Niveau 3a) ou à établir une relation à long terme spécifique à la fonderie entre des émissions mesurées et des paramètres d'exploitation et à appliquer cette relation à l'aide de données sur les activités (Niveau 3b). La méthode de Niveau 3b nécessite des mesures complètes pour l'établissement de la relation spécifique à la fonderie et la collecte continue de données sur les paramètres d'exploitation (fréquence et durée des effets d'anode et surtension d'effet d'anode, par exemple¹⁵) et de données sur la production. Si l'on n'établit pas de relation spécifique à la fonderie, mais si l'on dispose d'informations sur les paramètres d'exploitation et sur la production, on peut utiliser des coefficients par défaut pour la pente et la surtension spécifiques à la technologie (Niveau 2). Si on ne connaît que la production annuelle d'aluminium, on peut utiliser des facteurs d'émission par défaut par type de technologie (Niveau 1). Le niveau d'incertitude dans la méthode de Niveau 1 sera beaucoup plus élevé que celui des estimations obtenues avec les méthodes de Niveau 3 ou de Niveau 2.

¹⁵ La surtension d'effet d'anode indique la variation de tension qui se produit pendant l'effet d'anode.

Figure 3.5 Diagramme décisionnel pour les émissions de PFC imputables à la production d'aluminium



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Remarque 2 : Lorsqu'une fonderie a plusieurs technologies d'électrolyse distinctes, elle doit mesurer/utiliser des coefficients d'émission spécifiques à chaque technologie.

Méthode de Niveau 3a – Surveillance continue des émissions

La surveillance continue des émissions est possible et représente la façon la plus exacte de déterminer les émissions. Cependant, étant donné les coûts probables et d'autres considérations en matière de ressources, elle n'est pas requise par les *bonnes pratiques*. Pour des informations détaillées sur les techniques de mesures directes, voir l'Encadré 3.2, *Techniques de mesures directes*, ci-dessous.

ENCADRE 3.2 TECHNIQUES DE MESURES DIRECTES

L'échantillonnage et les mesures doivent être effectués conformément à un niveau de *bonnes pratiques* pour assurer l'exactitude des données, ce qui signifie que :

- Les mesures des PFC dans les fonderies doivent prendre en compte les émissions retenues par la hotte de la cuve d'électrolyse et extraites par la conduite d'échappement des vapeurs, ainsi que les émissions fugitives émises dans le hall d'électrolyse.¹⁶ Théoriquement, on peut obtenir ces données par des mesures directes des PFC dans la conduite et dans les émissions fugitives. On peut également mesurer directement les PFC dans les émissions dans la conduite, ou mesurer soigneusement l'efficacité de la hotte de la cuve, ce qui permet le calcul des émissions fugitives.
- La technologie d'analyse employée doit pouvoir mesurer simultanément le CF₄ et le C₂F₆, et il existe plusieurs technologies d'analyse appropriées. La technologie choisie doit avoir une plage dynamique adaptée à la mesure des concentrations prévues des émissions dans la conduite et dans les émissions fugitives. La sensibilité de la détection doit permettre des mesures fiables aux niveaux prévus les plus bas dans les conduites d'échappement des cuves d'électrolyse et pour les émissions fugitives lorsque celles-ci représentent 5 pour cent ou plus des émissions de PFC totales. La plage dynamique du dispositif de mesure doit permettre des mesures fiables de la plus haute concentration à mesurer. Pour les émissions dans les conduites, ceci signifie une plage de mesure de concentration entre 0 et 1000 ppmv (partie par million par volume). Les mesures devront être standardisées pour la température et la pression, et les conditions de mesure devront être présentées et consignées avec les mesures des concentrations qui seront utilisées pour le calcul des émissions totales.
- Les mesures des débits de gaz dans les conduites devront être effectuées conformément à des normes nationales ou internationales reconnues. Les mesures des débits de gaz devront être effectuées dans le cadre du programme de mesures des concentrations, à des intervalles suffisants pour assurer une représentation exacte des débits de gaz. Les mesures devront être standardisées pour la température et la pression, et les conditions de mesure devront être présentées et consignées avec les mesures des concentrations qui seront utilisées pour le calcul des émissions totales.
- L'étalonnage des instruments d'analyse devra être effectué périodiquement pendant le programme de mesures. Le programme requis pour l'étalonnage variera en fonction du type et de la stabilité connue des instruments d'analyse, mais devra pouvoir limiter les effets de la dérive de l'étalonnage des instruments de mesure. Les résultats de tous les étalonnages devront être présentés et consignés avec les mesures des concentrations. Les mesures pour lesquelles il existe une dérive ne seront pas incluses dans les estimations d'émission. Les gaz d'étalonnage devront être conformes à des normes nationales ou internationales reconnues. La méthode d'étalonnage devra être complètement documentée et consignée avec les mesures des émissions. Le Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, présente des recommandations générales sur la représentativité de l'échantillonnage.

¹⁶ « Hall d'électrolyse » est le terme standard utilisé par l'industrie pour la grande salle contenant les cuves d'électrolyse. Les cuves d'électrolyse sont dotées de hottes dont l'efficacité d'extraction de vapeurs est variable, en fonction du type, de l'âge de la fonderie, etc. La vapeur extraite est transférée par des conduites jusqu'à un épurateur de vapeurs qui élimine d'autres polluants. Les vapeurs s'échappant de la hotte peuvent être recueillies dans un collecteur de vapeurs et transférées jusqu'à l'épurateur de vapeurs ou évacuées à l'extérieur par le toit du hall d'électrolyse. Les halls d'électrolyse pouvant mesurer 1 kilomètre de long sur 20 mètres ou plus de large, on peut ne pas pouvoir obtenir de mesures exactes des émissions fugitives. Il est donc nécessaire de mesurer les PFC dans les vapeurs recueillies et les vapeurs fugitives, ou de mesurer les vapeurs recueillies, et de bien comprendre l'efficacité de l'extraction de vapeurs, pour s'assurer que les PFC captés par l'épurateur et les émissions fugitives sont inclus dans les estimations.

Méthode de Niveau 3b – Relation spécifique à la fonderie entre les émissions et les paramètres d'exploitation, basée sur des mesures sur le terrain

Cette méthode utilise des mesures périodiques pour établir une relation spécifique à la fonderie entre les paramètres d'exploitation (c'est-à-dire la fréquence et la durée des effets d'anode ou la surtension d'effet d'anode) et les émissions de CF₄ et C₂F₆. Une fois établie, la relation peut être utilisée en conjonction avec des données sur les procédés collectées de façon continue pour estimer les facteurs d'émission dans le temps. On estime les émissions de la fonderie en multipliant ces facteurs d'émission par la production spécifique à la fonderie (tonnes). On obtient l'estimation des émissions nationales en ajoutant les estimations d'émissions pour toutes les fonderies.

On peut utiliser la relation d'estimation suivante :

Méthode par pente : Cette méthode utilise une relation linéaire des moindres carrés entre les minutes d'effet d'anode (EA) par jourcuve¹⁷ et les émissions, exprimée sous forme de facteur d'émission (FE) :

ÉQUATION 3.10

$$FE \text{ (kg de CF}_4 \text{ ou C}_2\text{F}_6 \text{ par tonne d'Al)} = \text{Pente} \bullet \text{EA min/ jourcuve}$$

Pour estimer la pente avec exactitude, on doit obtenir des mesures simultanées des émissions et obtenir des données sur l'effet d'anode pour une durée appropriée. La méthode par pente est une variante de la **Méthode de Tabereaux** décrite dans les *Lignes directrices du GIEC* :

ENCADRE 3.3

METHODE DE TABEREAUX

$$\text{Pente} = 1,698 \bullet (p / EC) \text{ et } \text{EA min / jourcuve} = \text{NEA} \bullet \text{DEA}$$

Où :

p = Fraction moyenne de CF₄ dans le gaz de cuve pendant les effets d'anode pour la pente de CF₄

ou

Fraction moyenne de C₂F₆ dans le gaz de cuve pendant les effets d'anode pour la pente de C₂F₆

EC = Efficacité du courant pour le procédé de production d'aluminium, exprimé sous forme de fraction plutôt que sous forme de pourcentage

NEA= Nombre d'effets d'anode par jourcuve

DEA= Durée de l'effet d'anode, en minutes

Méthode de surtension de Pechiney : Cette méthode utilise la surtension d'effet d'anode comme paramètre de procédé. La surtension d'effet d'anode est la tension supplémentaire de la cuve, supérieure à 8V, due aux effets d'anode, moyennée sur 24 heures (mV/jour). La formule de corrélation a été obtenue à partir de mesures d'émissions de PFC dans des fonderies utilisant une technologie Pechiney, exprimée sous forme d'un facteur d'émission (FE) :

ÉQUATION 3.11

$$FE \text{ (kg de CF}_4 \text{ ou C}_2\text{F}_6 \text{ par tonne d'Al)} = \text{Coefficient de surtension} \bullet \text{SEA/ EC}$$

où :

SEA = Surtension d'effet d'anode, en mV/jourcuve

EC = Efficacité du courant du procédé de production d'aluminium, exprimé sous forme de pourcentage

¹⁷ Le terme « jourcuve » signifie réellement le « nombre de cuves en fonctionnement multiplié par le nombre de jours de fonctionnement ». Dans une fonderie, ceci serait normalement calculé (pour une période donnée, par exemple, un mois ou une année) à l'aide du « nombre moyen de cuves fonctionnant dans la fonderie pendant une période donnée multiplié par le nombre de jours de la période ».

Méthode de Niveau 2 – Relation spécifique à la fonderie entre les émissions et les paramètres d'exploitation, basée sur des coefficients de pente et de surtension par défaut basés sur la technologie

En l'absence de données de mesures permettant de déterminer des coefficients de pente ou de surtension spécifiques à la fonderie, on peut utiliser des coefficients par défaut avec des paramètres d'exploitation spécifiques à la fonderie. Conformément aux *bonnes pratiques*, les coefficients par défaut sont indiqués au Tableau 3.9, *Coefficients par défaut pour le calcul des émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (Méthodes de Niveau 2)*.

Méthode de Niveau 1 – Facteurs d'émission basés sur la production

La méthode d'estimation la plus simple consiste à multiplier des facteurs d'émission par défaut par la production d'aluminium. Lorsqu'on ne dispose que de statistiques de production de métal comme données sur les activités spécifiques à la fonderie, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera des facteurs d'émission par défaut (voir Choix des facteurs d'émission).

Des valeurs par défaut pour les coefficients de pente (Méthode de Niveau 2) et des facteurs d'émission (Méthode de Niveau 1) ont été calculées à partir des données fournies par des enquêtes du International Primary Aluminum Institute (IPAI) et d'autres données de mesures sur le terrain (Bouzat *et al.*, 1996, Leber *et al.*, 1998, Marks, 1998, Roberts *et al.*, 1994a et 1994b, Kimmerle *et al.*, 1998, Marks *et al.*, 2000). En raison du caractère limité de certaines données, on a dû consulter des experts quant à l'utilisation possible de certains ensembles de mesures. Par exemple, les facteurs d'émission par défaut pour la méthode de Niveau 1 à goujons horizontaux Søderberg (GHS) ont été calculés avec des données pour 1991, et non pas avec des données pour 1990.

Dans la mesure du possible, on utilisera la cohérence des données de mesures effectuées sur des périodes différentes et dans différentes fonderies, pour confirmer un niveau significatif de confiance au sujet de l'ampleur et de la tendance des facteurs d'émission et des coefficients.

CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Méthode de Niveau 3b

Pour cette méthode, les *bonnes pratiques* consistent à déterminer les coefficients des modèles en utilisant des *mesures spécifiques à la fonderie*. Les coefficients spécifiques à la fonderie devront être basés sur des mesures complètes des émissions de CF₄ et de C₂F₆, avec collecte simultanée de données sur les procédés. De la sorte, les facteurs d'émission refléteront les conditions spécifiques d'une usine et les technologies utilisées. Les facteurs d'émission devront être mesurés sur une période donnée reflétant la variabilité du procédé et prenant en compte les émissions retenues par le collecteur de vapeurs et les émissions fugitives (si cette sous-catégorie de source est significative par rapport aux émissions retenues par le système de contrôle des vapeurs). L'Encadré 3.2, *Techniques de mesures directes*, présente des recommandations à ce propos. Conformément aux *bonnes pratiques*, on tiendra compte de ces recommandations lors de la mise en œuvre d'un programme d'échantillonnage et de mesures.¹⁸

Méthode de Niveau 2

En l'absence de mesures spécifiques à la fonderie, on pourra utiliser des coefficients par défaut. Ces coefficients sont fournis par type de technologie au Tableau 3.9, *Coefficients par défaut pour le calcul des émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (Méthodes de Niveau 2)*.¹⁹ Ils devront être appliqués par type de technologie dans chaque fonderie. Si une fonderie utilise plusieurs types de technologies, les coefficients par défaut appropriés devront être appliqués séparément pour chaque secteur technologique.

¹⁸ D'autres méthodes peuvent intégrer un facteur explicite représentant la contribution de cuves d'électrolyse nouvellement opérationnelles. Les coefficients de pente spécifiques à la fonderie calculés avec le Niveau 3b intégreront ces émissions.

¹⁹ Les programmes de mesures actuels améliorent la quantité et la qualité des données disponibles. Ces données devraient être disponibles début 2000, et pourront remplacer les valeurs indiquées au Tableau 3.9.

Technologie ^a	Pente ^{b,d} [(kg de PFC/t _{Al}) / (Minutes-EA/jourcuve)]				Coefficient de surtension ^b [(kg de PFC/t _{Al}) / (mV/jourcuve)]	
	CF ₄	Incertitude	C ₂ F ₆	Incertitude	CF ₄	C ₂ F ₆
PC	0,14	±0,009	0,018	±0,004	1,9	ND
PL	0,29	±0,02	0,029 ^c	±0,01	1,9	ND
GVS	0,068 ^g	±0,02	0,003 ^g	±0,001	Voir remarque e	–
GHS	0.18 ^f		0,018		–	–

^a Précuit Central (PC), Précuit Latéral (PL), Goujons verticaux Søderberg (GVS), Goujons horizontaux Søderberg (GHS).
^b Source : IPAI, mesures sur le terrain de l'EPA et mesures d'autres fonderies.
^c Il n'y a pas assez de données pour établir un coefficient de pente pour les émissions de C₂F₆ imputables aux cuves PL basées sur des données de mesures ; par conséquent, une valeur par défaut d'un dixième du coefficient de CF₄ est conforme aux *bonnes pratiques*, et en accord avec les *Lignes directrices du GIEC*.
^d Chaque coefficient de pente intègre un pouvoir de séparation supposé pour les émissions comme suit : PC 95 pour cent, PL 90 pour cent, GVS 85 pour cent, GHS 90 pour cent. Ces pouvoirs de séparation sont basés sur l'opinion d'experts. En dépit de la variation du pouvoir de séparation pour les cuves GHS, les données de mesures de la fonderie utilisées pour le calcul de ces coefficients sont en accord avec un pouvoir de séparation minimum de 90 pour cent.
^e Les coefficients de surtension ne sont pas pertinents pour les technologies GVS et GHS.
^f Les coefficients de pente GHS sont basés sur des données d'enquête de l'IPAI 1991.
^g D'autres recherches sur la mesure des émissions et l'analyse des incertitudes sont nécessaires pour VSS. Ces coefficients par défaut sont basés sur un petit nombre de données, et, semble-t-il, l'incertitude sera peut-être plus élevée que pour d'autres coefficients (Bjerke, 1999a, et Bjerke *et al.*, 1999b).
 ND = non disponible.

Méthode de Niveau 1

La méthode la plus simple consiste à multiplier des facteurs d'émission par défaut par la production d'aluminium. Des valeurs par défaut pour les facteurs d'émission par type de technologie sont présentées dans les *Lignes directrices du GIEC*. Conformément aux *bonnes pratiques*, on basera ces facteurs sur des mesures actualisées récemment ; des facteurs d'émission par défaut révisés et des plages d'incertitude associées sont présentés au Tableau 3.10, *Facteurs d'émission par défaut et plages d'incertitude pour le calcul des émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (par type de technologie)*, ci-dessous. Étant donné que la méthode de Niveau 1 est la plus incertaine, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser des facteurs d'émission par défaut en dernier recours, si l'on ne dispose que de statistiques sur la production de métal.

Technologie	CF ₄		C ₂ F ₆	
	kg/tonne d'Al ^e	Plage d'incertitude ^a	kg/tonne Al ^e	Plage d'incertitude ^a
PC	0,31	0,0003-1,3	0,04	0,00004-0,2
PL	1,7	0,8-3.8	0,17 ^b	0,08-0,4
GVS	0,61 ^c	0,4-1,1	0,061 ^c	0,04-0,1
GHS	0,6 ^d	0,0006-1,4	0,06 ^d	0,00006-0,13

^a L'incertitude a été estimée par le groupe de la réunion d'experts du GEIC à Washington à un intervalle de confiance de 95 pour cent sur la base de la variance des données sur les minutes d'effet d'anode fournies par les Données de l'enquête de l'IPAI pour 1990 (ou pour 1991 pour GHS) pour chaque type de technologie.
^b Il n'y a pas assez de données pour établir un coefficient de pente pour les émissions de C₂F₆ imputables aux cuves PL basés sur des données de mesures ; par conséquent, une valeur par défaut d'un dixième du coefficient de CF₄ est conforme aux *bonnes pratiques*, et en accord avec les *Lignes directrices du GIEC*.
^c Les facteurs d'émission par défaut pour GVS sont basés sur des mesures sur le terrain de l'IPAI, l'EPA et des mesures de 1990 d'autres fonderies. Ces facteurs par défaut sont basés sur un petit nombre de données, et, semble-t-il, l'incertitude sera peut-être plus élevée que pour d'autres facteurs (Bjerke, 1999a, et Bjerke *et al.*, 1999b).
^d Les facteurs d'émission par défaut pour GHS sont basés sur des données de l'enquête 1991 de l'IPAI.
^e Source : Mesures sur le terrain de l'IPAI, l'EPA, et autres données de mesures 1990 de fonderies, sauf pour GHS qui est basé sur les données 1991 (Bjerke, 1999a, et Bjerke *et al.*, 1999b).

Les *bonnes pratiques* consistent à appliquer les facteurs d'émission par défaut qui sont basés sur des données 1990 (ou 1991 pour GHS) sur la fréquence et la durée de l'effet d'anode moyen, pour toutes les années pour lesquelles il n'y a pas de données sur les procédés (effet d'anode), sauf si on peut justifier l'application d'autres facteurs.

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les *bonnes pratiques* consistent à consigner l'information nécessaire pour les méthodes de Niveau 3b et de Niveau 2 sur la fréquence et la durée des effets d'anode et la surtension d'effet d'anode et des données sur la production spécifiques à l'usine. On consultera des entreprises ou des groupes industriels pour s'assurer que les données sont disponibles sous une forme permettant leur utilisation pour les estimations d'inventaires. Pour la méthode de Niveau 1, les données sur les activités consistent en statistiques de production qui peuvent être fournies par les entreprises au niveau des usines individuelles. Dans la plupart des pays, l'incertitude des données sur la production (tonnes d'aluminium) sera probablement peu élevée. Étant donné la disponibilité universelle des données sur la production, on utilisera les données sur la capacité de production uniquement pour vérifier les statistiques de production.

EXHAUSTIVITE

En principe, toutes les fonderies pourront fournir des statistiques de production. Conformément aux *bonnes pratiques*, on agrègera les estimations d'émissions de chaque fonderie pour obtenir l'estimation de la totalité des émissions nationales. Tous les membres de l'IPAI (qui représentait 60 pour cent de la capacité mondiale en 1999) communiquent des données sur la production. En l'absence de données spécifiques à la fonderie, on peut utiliser des données sur la capacité de la fonderie, ainsi que la production nationale agrégée, pour estimer la production de la fonderie. Tous les organismes chargés des inventaires devront pouvoir appliquer la méthode de Niveau 1 au niveau minimum et garantir l'exhaustivité des données. Il est inutile de présenter les termes ND (non disponibles) et NE (non estimé) pour cette catégorie de source. Lorsque des émissions sont mesurées par surveillance continue ou pour calculer des coefficients d'émission ou des facteurs d'émission, la couverture complète des émissions au niveau de la fonderie pour cette catégorie de source nécessite l'estimation des émissions de CF_4 et de C_2F_6 par les conduites d'échappement et le toit du hall d'électrolyse ou une connaissance exacte du pouvoir de séparation.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Si toutes les données historiques nécessaires (statistiques sur la production, DEA et NEA ou SEA) sont disponibles, on peut estimer les émissions pour toute la série temporelle à l'aide de la méthode appropriée conforme aux bonnes pratiques.

En l'absence de certaines données historiques, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser des mesures spécifiques à l'usine pour établir une relation acceptable entre les émissions et les données sur les activités pour l'année de référence. L'établissement rétroactif d'une relation nécessite l'existence de données sur le procédé. Sauf quelques exceptions régionales, la plupart des fonderies devraient avoir des archives sur ces données de procédés. Outre ces données historiques, chaque fonderie doit pouvoir prouver que la relation à établir rétrospectivement est applicable à ses conditions de fonctionnement pour les années antérieures (c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu de changements technologiques ou opérationnels significatifs).²⁰ Pour assurer la cohérence dans le temps, dans le cas du changement de la méthode d'estimation pour une fonderie, conformément aux *bonnes pratiques*, on recalculera les estimations d'émissions avec la méthode antérieure et avec la nouvelle méthode pour s'assurer que toute tendance des émissions est réelle et ne résulte pas d'un changement des méthodologies d'estimations. Ces recalculs devront être effectués selon les recommandations présentées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*, et toutes les hypothèses devront être documentées clairement.

ÉVALUATION DES INCERTITUDES

On peut appliquer des méthodes statistiques quantitatives classiques pour estimer les plages d'incertitude pour les méthodes de Niveau 1, Niveau 2 et Niveau 3. Les Tableaux 3.9, *Coefficients par défaut pour le calcul des émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (Méthodes de Niveau 2)*, et 3.10, *Facteurs d'émission par défaut et plages d'incertitude pour le calcul des émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (par type de technologie)*, présentent des estimations d'incertitude associées aux facteurs d'émission pour les méthodes de Niveau 1 et de Niveau 2. Les méthodes utilisées pour obtenir ces valeurs associent des statistiques classiques (estimations deux sigma) et l'opinion d'experts. L'incertitude pour les facteurs par défaut de la méthode de Niveau 1 est sensiblement plus élevée que pour les méthodes de Niveau 3 et de Niveau 2 car ces estimations ne reflètent pas des conditions de fonctionnement spécifiques à la fonderie.

²⁰ Si l'on utilise la méthode de Niveau 3b, on consultera des experts pour déterminer si un changement significatif du fonctionnement ou des technologies dans une fonderie nécessite le calcul d'un nouveau coefficient de pente spécifique à la fonderie.

Si elle est mesurée, l'incertitude associée à NEA et DEA ou SEA devrait être faible, mais dépendra des vitesses de balayage des ordinateurs (des vitesses élevées entraîneront des incertitudes plus élevées) et des systèmes de collecte des données pour chaque site.

3.3.2 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, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation interne et archivage*.

Des exemples de documentation spécifique et de présentation des données pertinentes pour cette catégorie de source sont présentés ci-dessous.

Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

Pour améliorer la transparence, conformément aux *bonnes pratiques*, on présentera les estimations d'émissions pour les PFC imputables à la production d'aluminium séparément des autres catégories de source, et on présentera les émissions de CF₄ et de C₂F₆ séparément, sur une *base massique*, ainsi que sous forme d'équivalent CO₂.²¹

Les méthodes conformes aux *bonnes pratiques* nécessitent des données exactes sur la fréquence des effets d'anode (FEA) et sur la durée des effets d'anode (DEA) pour tous les types de cuves d'électrolyse, sauf pour la technologie Pechiney qui nécessite des données exactes sur la surtension (SEA). On devra présenter des estimations d'erreur statistique pour NEA et DEA, ou SEA.

Les *bonnes pratiques* consistent à archiver au niveau de l'entreprise les informations suivantes sur le système de contrôle informatisé qui seront incluses dans les estimations d'erreur statistique :

- (i) Tension de déclenchement d'EA ; la tension qui définit le début d'un EA ;
- (ii) Tension d'arrêt d'EA ; la tension qui définit la fin d'un EA ;
- (iii) Taux de balayage ; la fréquence de la mesure de la tension de la cuve d'électrolyse ;
- (iv) Période de moyenne de la tension ; la période utilisée pour le calcul de la tension moyenne qui est comparée aux tensions de déclenchement et d'arrêt.

La documentation justificative nécessaire à la transparence des estimations d'émissions présentées figure au Tableau 3.11, *Données de présentation conformes aux bonnes pratiques pour les émissions de PFC imputables à la production d'aluminium par Niveau*, ci-dessous.

Une grande partie des données sur la production et les procédés est jugée confidentielle par les fabricants, en particulier s'il n'y a qu'une seule fonderie dans le pays. Conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera des techniques appropriées, y compris l'agrégation des données, pour garantir la confidentialité de ces données.

Données	Niveau 3	Niveau 2	Niveau 1
Production annuelle par fonderie (par technologie)	x	x	x
Minutes d'effet d'anode par jourcuve (cuves non Pechiney)	x	x	
Surtension d'effet d'anode (mV/jourcuve) (cuves Pechiney)	x	x	
Coefficients d'émission	x	x	
Facteur d'émission	x	x	x
PRG	x	x	x
Documentation justificative	x	x	x

²¹ Conformément aux *bonnes pratiques*, les PRG utilisés devront être en accord avec les *Lignes directrices pour la préparation des communications nationales par les Parties figurant à l'Annexe I à la Convention, Première partie : Lignes directrices de la CCNUCC sur la présentation des inventaires annuels (Lignes directrices de la CCNUCC)*.

3.3.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué à la Section 8.7, *Procédures CQ spécifiques à la source (Niveau 2)* au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

D'autres procédures spécifiques à la production d'aluminium sont indiquées ci-dessous :

Comparaison des facteurs d'émission

L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier que les facteurs d'émission estimés se situent dans la plage des facteurs d'émission par défaut fournis pour la méthode de Niveau 1. S'ils sont extérieurs à cette plage, l'organisme devra évaluer et documenter les conditions spécifiques à la fonderie qui expliquent les différences. Il faudra peut-être effectuer de nouvelles mesures à des fins de validation.

Vérification des données spécifiques à l'usine

Les données spécifiques à l'usine suivantes sont nécessaires pour un audit des estimations d'émissions :

- Données sur la production ;
- Données historiques sur les procédés ;
- Calculs et méthode d'estimation ;
- Liste d'hypothèses ;
- Documentation sur l'échantillonnage, la méthode de mesure et les résultats des mesures.

S'il dispose de données de mesures spécifiques à l'usine, l'organisme chargé de l'inventaire devra confirmer l'utilisation de méthodes type reconnues internationalement. Les procédures CQ utilisées sur le site devront être directement référencées et incluses dans le plan CQ. Si les méthodes de mesures ne satisfont pas aux normes CQ il devra évaluer l'utilisation de ces données.

Vérification des estimations d'émissions

Les mesures atmosphériques globales des concentrations de CF₄ et de C₂F₆ peuvent fournir une limite supérieure aux émissions totales globales de PFC imputables à toutes les catégories de source (Harnisch *et al.*, 1998). Ceci peut permettre de vérifier les estimations d'émissions pour la production d'aluminium internationale et d'évaluer la cohérence des facteurs et des coefficients d'émission. Bien qu'il soit possible de vérifier les estimations d'émissions pour cette catégorie de source par comparaison avec des mesures externes des panaches des fonderies, les procédures pour le faire ne sont pas pratiques, étant donné l'état actuel de la technologie, et ne sont pas exigées par les *bonnes pratiques*.

3.4 EMISSIONS DE SF₆ IMPUTABLES A LA PRODUCTION DE MAGNESIUM

3.4.1 Méthodologie²²

Dans l'industrie du magnésium, les fonderies emploient le SF₆ comme gaz de couverture pour prévenir l'oxydation du magnésium en fusion. On suppose que la totalité du SF₆ utilisé à cet effet est émis dans l'atmosphère. Conformément aux *bonnes pratiques* pour la préparation des inventaires, lors de l'estimation des émissions de SF₆ imputables à l'industrie du magnésium, on examinera, si possible sous une forme ventilée, tous les secteurs de l'industrie utilisateurs de SF₆. Ces secteurs incluent la production primaire de magnésium, la coulée sous pression, la coulée par gravité, et le retraitement (production secondaire). Les *bonnes pratiques* consistent à évaluer également d'autres procédés de production de magnésium utilisateurs et générateurs de SF₆.

CHOIX DE LA METHODE

Le choix d'une méthode conforme aux *bonnes pratiques* dépendra des circonstances nationales. Le diagramme décisionnel (voir Figure 3.6, *Diagramme décisionnel pour les émissions de SF₆ imputables à la production de magnésium*) décrit les *bonnes pratiques* en matière d'adaptation des méthodes présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* (Vol. 3, Section 2.13.8, *SF₆ utilisé dans les fonderies d'aluminium et de magnésium*) aux circonstances spécifiques au pays. Les *Lignes directrices du GIEC* proposent une équation générale pour le calcul des émissions de SF₆ dues au magnésium, équation qui est à la base de toutes les méthodes décrites :

ÉQUATION 3.12

Émissions de SF₆ = Consommation de SF₆ dans les fonderies de magnésium et les fonderies

L'application la plus exacte de cette équation nécessite la collecte de données directes sur la consommation de SF₆ auprès de tous les utilisateurs individuels de gaz dans l'industrie du magnésium car ces chiffres représentent la consommation apparente plutôt que des émissions. La consommation est définie comme l'utilisation de SF₆ en tant que gaz de couverture. En l'absence de données directes, conformément aux *bonnes pratiques*, on obtiendra des estimations par une méthode descendante, à l'aide de données sur la production et de facteurs d'émission appropriés pour les procédés de fabrication. Si les données directes sur l'utilisation sont incomplètes, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser une méthode hybride utilisant des données directes disponibles et des facteurs d'émission basés sur la production. Une méthode hybride est préférable au seul emploi d'une méthode descendante.

En l'absence de données directes, une méthode, moins exacte, consiste à estimer la part de la consommation de SF₆ annuelle nationale attribuable à l'industrie du magnésium. Cette méthode exige l'emploi de données annuelles nationales sur les ventes de SF₆ et suppose que tout le gaz SF₆ vendu à l'industrie du magnésium est émis au cours de l'année.

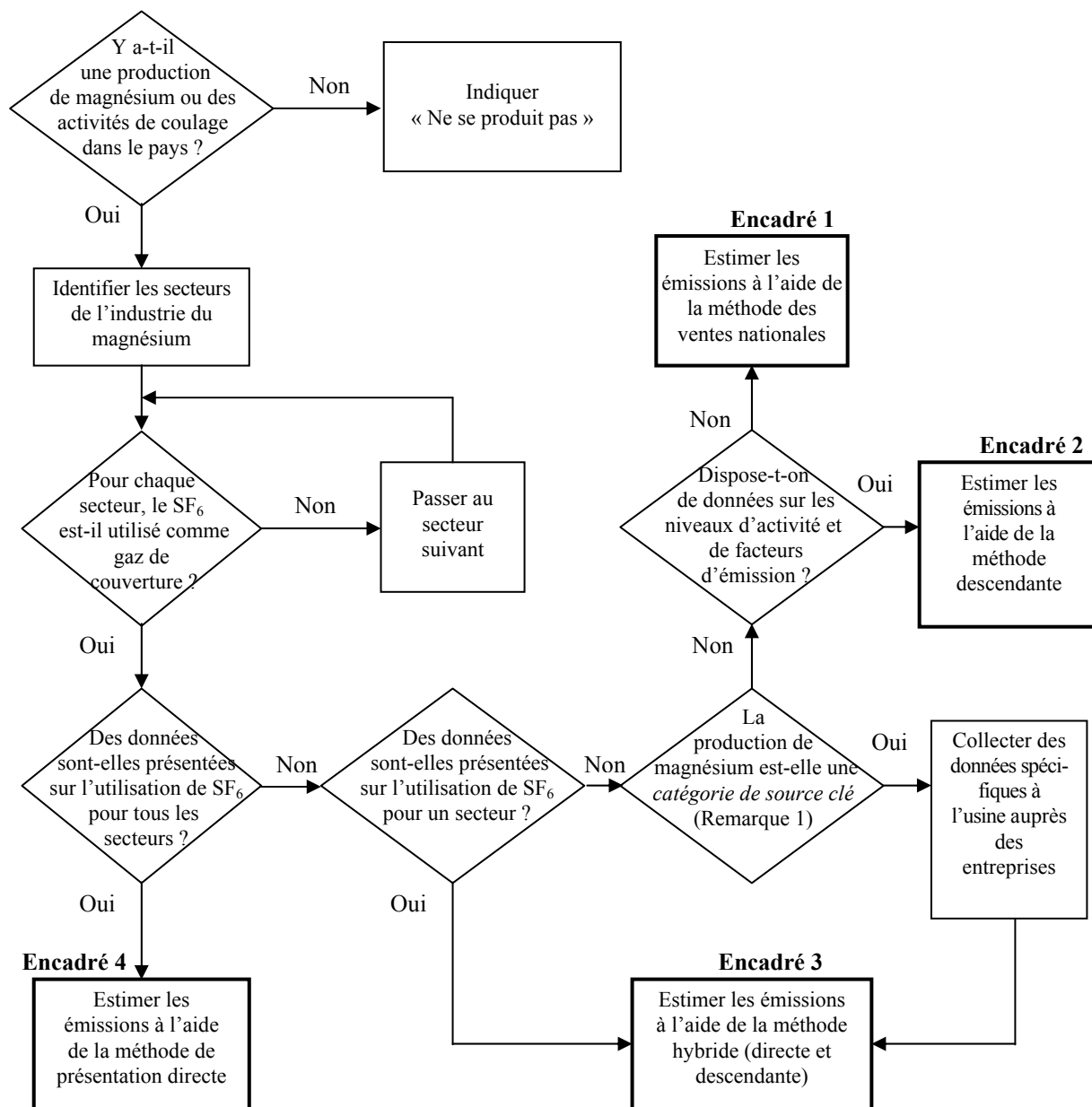
CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Sachant que la méthode directe suppose l'émission de la totalité du SF₆ consommé, il est inutile d'utiliser des facteurs ou des coefficients d'émission si l'on dispose de données sur la consommation de SF₆. Si ces données sont incomplètes, les *bonnes pratiques* consistent à obtenir des facteurs d'émission pour chaque secteur de l'industrie, conformément au diagramme décisionnel à la Figure 3.6, *Diagramme décisionnel pour les émissions de SF₆ imputables à la production de magnésium*. Ces facteurs d'émission devront lier les émissions de SF₆ à la production de magnésium au même niveau de ventilation que les données sur les activités dont on dispose (nationales, sous-nationales, etc.). Des facteurs d'émission nationaux basés sur des mesures en usine sont préférables à des facteurs par défaut internationaux car ils sont représentatifs des conditions nationales particulières. On peut obtenir cette information auprès des associations industrielles, ou par des enquêtes ou des études.

²² SF₆ est quelquefois utilisé dans l'industrie de l'aluminium comme gaz de couverture ou à d'autres fins, et est supposé être inerte. Les émissions de SF₆ sont donc supposées être égales à la consommation, et peuvent être estimées par une méthode basée sur la consommation, semblable à celle utilisée pour la production de magnésium. Les facteurs d'émission et la méthode basée sur les ventes nationales, indiqués pour la production de magnésium, ne sont pas applicables au SF₆ utilisé pour la production d'aluminium.

Les Lignes directrices du GIEC ne proposent pas de facteurs d'émission par défaut pour le SF₆ imputable au magnésium. Dans les conditions recommandées pour la coulée sous pression, les taux de consommation sont d'environ 1 kg de SF₆ par tonne de magnésium produit ou fondu (Gjestland, 1996). Conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera cette valeur en l'absence de meilleures données, bien que cette valeur par défaut ait une incertitude assez élevée. Par exemple, une enquête dans le secteur de la coulée sous pression a révélé une large plage de taux de consommation de SF₆, entre 0,1 et 10 kg de SF₆ par tonne de magnésium produit (Palmer, 1999).

Figure 3.6 Diagramme décisionnel pour les émissions de SF₆ imputables à la production de magnésium



Remarque 1 : On entend par catégorie de source clé une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Avec la méthode de présentation directe, les données sur les activités sont les totaux de la consommation de SF₆ fournis par chaque usine. Les données sur la production de magnésium sont nécessaires pour les usines qui ne présentent pas de données sur la consommation de SF₆. S'il y a présentation directe de l'utilisation de SF₆, conformément aux *bonnes pratiques*, on évaluera la part de la production de magnésium totale du secteur représentée par les usines présentant directement leurs données sur le SF₆. Pour les autres usines, on utilisera des estimations d'émissions basées sur la production.

Dans la mesure du possible, les *bonnes pratiques* consistent à ventiler les données sur la production par secteurs utilisateurs de SF₆ (production primaire, coulée sous pression, coulée par gravité, etc.) dans l'industrie du magnésium, afin d'utiliser pleinement les facteurs d'émission spécifiques au secteur. En l'absence de données ventilées, on peut utiliser des données plus agrégées, combinant la production de plusieurs procédés. En l'absence de données sur la consommation de SF₆ ou de données sur la production de magnésium, on peut recueillir des données annuelles nationales sur les ventes de SF₆ à l'industrie du magnésium. Ces données peuvent être obtenues directement auprès des producteurs de SF₆ ou à partir de statistiques nationales. Conformément aux *bonnes pratiques*, on examinera des données sur la consommation par d'autres industries utilisatrices de SF₆ (matériel électrique, etc.) lors de l'estimation du pourcentage consommé par l'industrie du magnésium.

EXHAUSTIVITE

L'exhaustivité de la présentation des données directe ou des données sur les activités ne devrait pas être un problème majeur pour la production primaire. Il existe un petit nombre de producteurs de magnésium primaire, en général bien connus, qui disposent de bases de données complètes. Les problèmes d'exhaustivité se posent en général dans le secteur des fonderies, où les usines sont plus nombreuses et plus disséminées, et qui ont des capacités et des technologies très variées. Certaines usines peuvent approvisionner des marchés créneaux qui ne sont pas représentés dans les ensembles de données nationales. L'organisme chargé de l'inventaire devra confirmer l'absence d'estimations pour ces secteurs industriels plus petits plutôt que de se contenter de supposer qu'ils n'existent pas. Conformément aux *bonnes pratiques*, on effectuera périodiquement des enquêtes auprès de l'industrie et on établira des liens étroits avec les associations industrielles locales afin de vérifier l'exhaustivité des estimations.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Il peut y avoir des problèmes pour ce qui est de la disponibilité de données associées à des estimations historiques, en particulier avec une méthode de présentation des données directe. Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser des données historiques sur le SF₆ si elles sont disponibles ; mais des consignations d'achat de SF₆ pour les années antérieures n'auront peut-être pas été archivées par les producteurs de magnésium.

En l'absence de telles données, on peut utiliser une méthode par défaut qui multiplie les données sur les activités par un facteur d'émission supposé. Dans certains cas, les facteurs d'émission peuvent diminuer avec le temps en raison d'une prise de conscience des problèmes environnementaux, de facteurs économiques et de l'évolution technologique et méthodologique. Conformément aux *bonnes pratiques*, on évaluera les facteurs d'émission historiques appropriés, selon les recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*. Dans certains cas, les données historiques sur la production peuvent ne pas être disponibles en raison de l'absence d'archives initiales ou du changement de la structure de l'industrie pendant la période intermédiaire. Dans ce cas, on peut utiliser des données de production internationales ou, en leur absence, une relation générale entre l'activité économique nationale et la production de magnésium. Par souci de cohérence temporelle, conformément aux *bonnes pratiques*, on recalculera les estimations d'émissions en utilisant les méthodes antérieures et les nouvelles méthodes pour vérifier que toute tendance des émissions est réelle et n'est pas due à des changements méthodologiques. Les *bonnes pratiques* consistent à documenter toutes les hypothèses et à les archiver au niveau de l'organisme chargé de l'inventaire.

ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Au niveau des usines, l'incertitude associée aux données sur l'utilisation de SF₆ par les usines est très faible car l'utilisation de SF₆ est mesurée facilement et exactement à partir des données sur les achats. (Généralement, une estimation d'incertitude inférieure à 5 pour cent est appropriée pour des données présentées directement.) Une certaine incertitude est associée à l'hypothèse selon laquelle 100 pour cent du SF₆ utilisé est émis. Des informations non scientifiques indiquent que, dans certaines conditions extrêmes, une faible partie du SF₆ utilisé peut réagir ou se décomposer pendant le procédé. Cependant, pour ce qui est des inventaires, jusqu'à ce que d'autres recherches par des tiers experts apportent des éclaircissements sur ce point précis, on supposera

l'émission de la totalité du SF₆ utilisé comme gaz de couverture. Les incertitudes sont beaucoup plus élevées si les données des usines ne sont pas disponibles, et les émissions peuvent être largement supérieures ou inférieures aux chiffres obtenus avec les valeurs par défaut du GIEC, comme mentionné précédemment.

Au niveau de l'inventaire national, l'exactitude des données sur la production de magnésium est comparable à celle des autres statistiques sur la production nationale (± 5 pour cent). Une incertitude supplémentaire est introduite en estimant la partie de la production sans présentation de données directe. L'agrégation de la production de divers secteurs et l'utilisation de facteurs d'émission agrégés renforcent aussi l'incertitude. Par exemple, les données nationales sur les fonderies peuvent ne pas être divisées en « coulée sous pression » et « coulée par gravité » en dépit de leurs taux d'émissions de SF₆ potentiellement différents. L'estimation des émissions de SF₆ sur la base des ventes annuelles à l'industrie du magnésium est très incertaine, car le SF₆ peut être acheté en gros et être utilisé pendant des années. L'incertitude dans ce cas sera limitée par les données sur le total des ventes.

3.4.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations requises pour produire les estimations d'inventaire national d'émissions, comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation interne et archivage*. Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

Afin d'améliorer la transparence, les *bonnes pratiques* consistent à présenter les estimations d'émissions de cette catégorie de source séparément, par secteur industriel.

Les données supplémentaires suivantes assureront une transparence raisonnable de la présentation des données :

Présentation directe

- Nombre d'usines présentant des données ;
- Production de magnésium et de produits au magnésium ;
- Émissions de SF₆ ;
- Données sur les facteurs d'émission (et référence).

Estimation des émissions potentielles de SF₆ basées sur les ventes nationales

- Consommation nationale de SF₆ (et référence) ;
- Hypothèses pour l'affectation au secteur magnésium du SF₆ utilisé ;
- Estimation du pourcentage national de SF₆ utilisé dans le magnésium (et référence) ;
- Toute autre hypothèse.

Dans la plupart des pays, l'industrie du magnésium sera représentée par un petit nombre d'usines. Au sein de cette industrie, les données sur les niveaux d'activités et les émissions de SF₆ (directement liées aux niveaux d'activités) seront peut-être considérées comme des données commerciales confidentielles et leur présentation publique peut être soumise à des clauses de confidentialité.

3.4.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué au Chapitre 8.7, *Procédures CQ spécifiques à la catégorie de source (Niveau 2)*, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

D'autres procédures spécifiques à la production de magnésium sont décrites ci-dessous :

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

S'il calcule les émissions à partir de données fournies par des usines individuelles (méthode ascendante), l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations d'émissions aux estimations calculées à partir de données nationales sur la production de magnésium (méthode descendante). Les résultats de ces comparaisons devront être consignés, et accompagnés d'explications en cas de différences.

Examen des données spécifiques à l'usine

Les informations suivantes spécifiques à l'usine devront être archivées pour faciliter un examen indépendant :

- Consommation de SF₆ ou production de magnésium (dans le cas de l'utilisation de facteurs) ;
- Résultats des procédures AQ/CQ spécifiques à l'usine (y compris la documentation sur l'échantillonnage, les méthodes de mesure, et les résultats des mesures pour les données spécifiques à l'usine) ;
- Résultats des procédures AQ/CQ effectuées par un organisme d'intégration (association industrielle, etc.) ;
- Calculs et méthode d'estimation ;
- S'il y a lieu, liste des hypothèses pour l'affectation de l'utilisation nationale de SF₆ ou production au niveau de l'usine.

L'organisme chargé de l'inventaire devra déterminer si des mesures internationales type ont été utilisées pour obtenir des données sur la consommation de SF₆ ou sur la production de magnésium dans chaque usine. Si ce n'est pas le cas, il devra réévaluer l'utilisation de ces données.

Vérification des données nationales sur les activités

Les procédures AQ/CQ associées à la référence aux données sur la production de magnésium devront être évaluées et référencées. L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier si l'association commerciale ou l'organisme industriel qui a compilé les données nationales sur la production a utilisé des procédures AQ/CQ acceptables. Si ces procédures sont jugées acceptables, l'organisme devra référencer les procédures CQ dans le cadre de sa documentation AQ/CQ.

Évaluation des facteurs d'émission

Dans le cas de l'utilisation de facteurs de SF₆ spécifiques au pays, l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier le niveau de CQ associé aux données sous-jacentes. Bien qu'il n'y ait pas de facteur d'émission par défaut du GIEC, conformément aux *bonnes pratiques*, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les facteurs par défaut spécifiques au pays aux facteurs spécifiques à l'usine pour évaluer leur représentativité.

Examen par des tiers experts

L'organisme chargé de l'inventaire devra consulter des experts dans le domaine de l'industrie du magnésium, lesquels devront participer à un examen approfondi des estimations de l'inventaire, en tenant compte des problèmes de confidentialité. Les données historiques sur la production seront probablement moins confidentielles que les données courantes et pourront être utilisées pour un examen des niveaux d'émissions des usines par des tiers experts.

Vérification des données sur les émissions de SF₆

L'organisme chargé de l'inventaire devra totaliser la quantité de SF₆ utilisé par divers secteurs industriels (magnésium, matériel électrique, etc.) et comparer cette valeur à l'utilisation totale de SF₆ dans le pays, obtenue à partir de données sur les importations/exportations et la production. Ceci fournit une limite supérieure aux émissions potentielles.²³

²³ Ces données agrégées sur la consommation ne fourniront pas toujours une limite supérieure pour les émissions. Selon les caractéristiques nationales de l'industrie consommatrice de SF₆, pour quelques années, les émissions réelles de SF₆ pourront être supérieures à la consommation de SF₆. Par exemple, la consommation dans la coulée sous pression du magnésium peut être très faible ; il peut ne pas y avoir de fabrication importante de semi-conducteurs, mais une banque importante de SF₆ dans le matériel électrique a pu se créer au fil du temps. Dans ce cas, les émissions imputables à ces banques, associées à celles dues à la mise hors service de matériel, peuvent donner des émissions supérieures à la consommation de SF₆ (émissions potentielles). Voir également le Tableau 3.12, *Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de SF₆ imputables au matériel électrique – Niveau 2 (fraction de SF₆/an)*.

3.5 ÉMISSIONS DE SF₆ IMPUTABLES AU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE ET A D'AUTRES SOURCES

3.5.1 Matériel électrique

3.5.1.1 Méthodologie

L'hexafluorure de soufre (SF₆) est utilisé pour l'isolement électrique, l'extinction des arcs électriques et l'interruption de courant dans le matériel de transmission et distribution d'électricité. La plus grande partie du SF₆ utilisé dans le matériel électrique est utilisé dans l'appareillage de commutation à isolation gazeuse (AIG) et les disjoncteurs, bien qu'une partie soit utilisée dans les lignes de transmission à haute tension, à isolation gazeuse et dans d'autres matériels. Les émissions de SF₆ imputables au matériel électrique sont la plus grande source mondiale d'émissions de SF₆.

CHOIX DE LA METHODE

Le choix d'une méthode conforme aux *bonnes pratiques* dépendra des circonstances nationales. Le diagramme décisionnel à la Figure 3.7, *Diagramme décisionnel pour les émissions de SF₆ imputables au matériel électrique*, décrit les *bonnes pratiques* en matière d'adaptation des méthodes présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* à des circonstances spécifiques au pays.

Les *Lignes directrices du GIEC* incluent des méthodes pour l'estimation des émissions potentielles (méthode de Niveau 1) et des émissions réelles (méthode de Niveau 2) de SF₆ imputables au matériel électrique. La présente section décrit les *bonnes pratiques* pour l'utilisation de la méthode de Niveau 1 et de deux variantes de la méthode de Niveau 2 courante. Trois variantes d'une méthode plus exacte (dite méthode de Niveau 3) sont aussi décrites. Les estimations d'émissions calculées par la méthode de Niveau 3 seront les plus exactes. Les estimations établies par la méthode de Niveau 1 seront les moins exactes car ces chiffres reflètent la consommation apparente plutôt que les émissions.

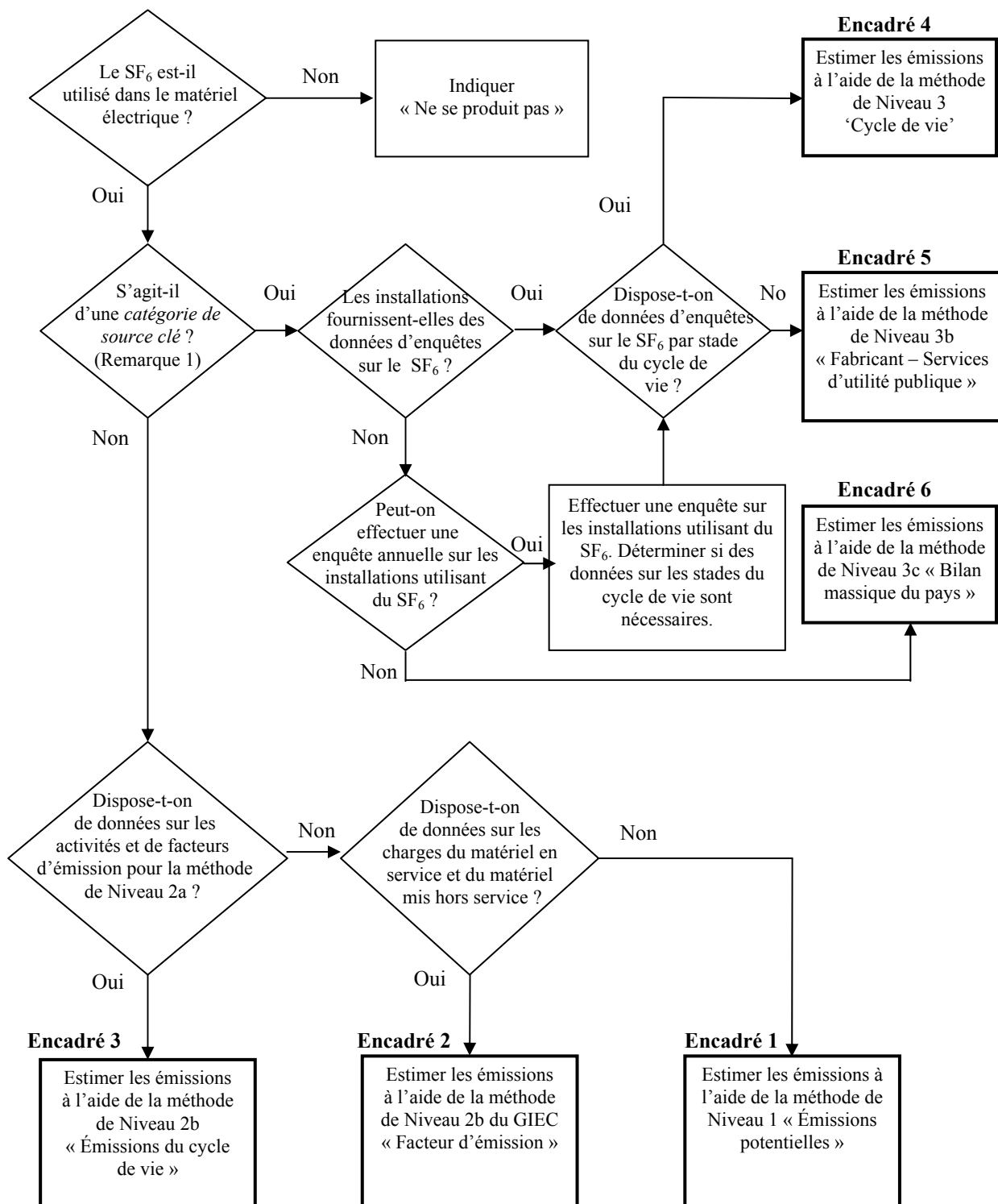
Méthode de Niveau 3 – Méthode par bilan massique

La méthode de Niveau 3 est la plus exacte pour l'estimation des émissions réelles de SF₆ imputables au matériel électrique. C'est une méthode par bilan massique qui étudie la quantité de SF₆ introduite dans l'industrie chaque année. L'industrie utilise une partie de ce SF₆ pour remplacer le gaz perdu en raison de fuites et émis dans l'atmosphère au cours de l'année précédente. Le reste de ce nouvel apport de SF₆ est utilisé pour répondre à l'augmentation de la capacité matérielle totale, et ne remplace donc pas du gaz perdu en raison de fuites. Donc, pour permettre une estimation exacte, cette méthode distingue entre le SF₆ utilisé pour remplacer le gaz émis et le SF₆ utilisé pour augmenter la capacité matérielle totale ou remplacer le gaz détruit.²⁴

Cette méthode présente les avantages suivants : (i) les fabricants de matériel et les usines peuvent facilement fournir les données nécessaires, et (ii) elle ne dépend pas de facteurs d'émissions par défaut globaux très incertains. Cette méthode peut être appliquée à divers niveaux d'agrégation en fonction des données et des ressources disponibles. La méthode la plus exacte consiste à estimer les émissions imputables à chaque stade du cycle de vie du matériel dans l'usine (méthode de Niveau 3a). On peut également omettre le calcul du cycle de vie et estimer les émissions au niveau agrégé pour l'usine (méthode de Niveau 3b) ou au niveau du pays (méthode de Niveau 3c). L'organisme chargé de l'inventaire est invité à utiliser la méthode la plus détaillée et la plus pratique, et à utiliser d'autres méthodes d'estimations pour vérifier les résultats.

²⁴ Supposons, par exemple, que cent disjoncteurs soient mis hors service dans un pays au cours d'une année donnée, et que cent cinquante disjoncteurs neufs (de même charge moyenne que les disjoncteurs mis au rebut) soient mis en service. Dans ce cas, les fabricants ou les utilisateurs des disjoncteurs dans ce pays doivent acheter au moins assez de gaz pour charger cinquante disjoncteurs, même s'ils récupèrent tout le gaz des cent disjoncteurs mis au rebut et l'utilisent pour charger cent des disjoncteurs de rechange. Le gaz utilisé pour charger les cinquante disjoncteurs « supplémentaires » sert à répondre à une augmentation de la capacité matérielle, et ne remplace pas le gaz émis. Une partie du gaz contaminé pendant l'inspection est détruit par des méthodes de destruction thermiques.

Figure 3.7 Diagramme décisionnel pour les émissions de SF₆ imputables au matériel électrique



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Méthode de Niveau 3a – Émissions imputables aux stades du cycle de vie du matériel

Cette méthode est utile pour les organismes chargés des inventaires ou les usines qui, outre l'estimation de leurs émissions totales de SF₆ imputables au matériel électrique, souhaitent déterminer comment et quand ces émissions se produisent au cours du cycle de vie du matériel. Des informations à ce sujet permettront de mieux cibler et d'optimiser les mesures de réduction des émissions. La méthode est basée sur des équations séparées pour chaque stade du cycle de vie du matériel, dont la fabrication, l'installation, l'utilisation et l'élimination. Théoriquement, des données sont obtenues pour chaque fabricant et chaque service d'utilité publique dans le pays, l'estimation nationale étant fournie par la somme des émissions pour tous les fabricants et services d'utilité publique. L'équation de base est la suivante :

ÉQUATION 3.13

$$\begin{aligned} \text{Émissions totales} = & \sum \text{Émissions à la fabrication} + \sum \text{Émissions à l'installation} \\ & + \sum \text{Émissions à l'utilisation} + \sum \text{Émissions à l'élimination} \end{aligned}$$

Dans l'équation ci-dessus, les émissions nationales pour chaque stade du cycle de vie sont égales à la somme de toutes les émissions des fabricants de matériel pour chaque stade.

Les émissions de chaque *fabricant de matériel* peuvent être calculées en trois étapes :

- (i) Collecter des données sur la diminution nette dans leur inventaire annuel de SF₆ disponible. (On notera que si l'inventaire augmente, ce sera un chiffre négatif) ;
- (ii) Ajouter la quantité de SF₆ acquis pendant l'année (y compris tout SF₆ acheté à des producteurs ou distributeurs, tout SF₆ retourné par des utilisateurs de matériel, et tout SF₆ retourné par des utilisateurs après recyclage) ;
- (iii) Soustraire la quantité de SF₆ transféré pendant l'année (y compris la quantité de SF₆ dans le matériel neuf livré aux clients, la quantité dans des conteneurs livrés aux utilisateurs de matériel, et la quantité retournée aux producteurs de SF₆, envoyée à des sociétés de recyclage, ou détruite).

Les émissions imputables à *l'installation du matériel* peuvent être estimées par soustraction de la capacité nominale²⁵ de tout le matériel neuf chargé de la quantité réelle de SF₆ utilisé pour charger le matériel neuf.

Les émissions imputables à *l'utilisation du matériel* sont déterminées par la quantité de SF₆ utilisé pour l'entretien du matériel. S'il y a récupération de SF₆ avant l'entretien du matériel, et retour après l'entretien, il est important de ne pas inclure cette quantité dans l'estimation.

Les émissions imputables à *l'élimination du matériel* sont estimées par soustraction de la quantité de SF₆ récupéré sur le matériel mis hors service de la capacité nominale de ce matériel, et également par soustraction de la quantité de SF₆ détruit.

Méthode de Niveau 3b – Méthode de bilan massique pour les fabricants et les services d'utilité publique

Si l'on ne dispose pas de données pour l'estimation des émissions pour les stades du cycle de vie, on peut estimer les émissions en examinant la consommation et l'élimination totales de SF₆ pour tous les services d'utilité publique et les fabricants. À partir de l'équation pour la méthode de Niveau 3a, les émissions lors de l'installation, l'utilisation et l'élimination sont agrégées dans la catégorie *émissions des services d'utilité publique*. L'équation présentée pour la méthode de Niveau 3a est simplifiée comme suit :

ÉQUATION 3.14

$$\text{Émissions totales} = \sum \text{Émissions des fabricants} + \sum \text{Émissions des services d'utilité publique}$$

Avec cette méthode, les émissions des *fabricants de matériel* sont estimées comme pour la méthode de Niveau 3a.

²⁵ Capacité nominale – la « capacité nominale » est la quantité de SF₆ nécessaire pour charger un composant afin qu'il puisse fonctionner correctement. Désignée également par le terme « charge », elle est généralement indiquée par la plaque signalétique du matériel. La « capacité nominale totale » de tout le matériel dans un pays ou dans une usine est la somme des charges complètes correctes de tout le matériel utilisé dans ce pays ou cette usine.

Les émissions des services d'utilité publique sont égales à la somme des émissions pour tous les services d'utilité publique. Les émissions de chaque service d'utilité publique peuvent être calculées selon les sept étapes suivantes :

- (i) Déterminer la diminution nette de la quantité de SF₆ stocké dans des conteneurs pour l'année de présentation des données ;
- (ii) Ajouter la quantité de SF₆ acheté à des producteurs/distributeurs et fabricants de matériel, y compris la quantité de SF₆ contenu dans le matériel acheté ;
- (iii) Soustraire la quantité de SF₆ retourné aux fournisseurs ;
- (iv) Ajouter le SF₆ retourné après recyclage ;
- (v) Soustraire tout SF₆ envoyé aux sociétés de recyclage, vendu à d'autres entités, ou détruit par le service d'utilité publique ou par le centre ;
- (vi) Ajouter la capacité nominale du matériel mis hors service ;
- (vii) Soustraire la capacité nominale du matériel neuf.

Méthode de Niveau 3c – Méthode de bilan massique au niveau du pays

Il est quelquefois difficile d'obtenir des données sur les émissions pour tous les fabricants de matériel et tous les services d'utilité publique, ou bien ces données peuvent être incomplètes. Dans ce cas, on peut établir une estimation au niveau national basée sur les ventes annuelles nationales de SF₆ dans le secteur électrique (actuel et antérieur), les importations et exportations de matériel, la destruction de SF₆ et, si possible, les hypothèses sur la durée de vie spécifiques au pays. L'équation de base est la suivante :

ÉQUATION 3.15

$$\text{Émissions} = \text{Ventes annuelles} - (\text{Augmentation nette de la capacité nominale}) - (\text{SF}_6 \text{ détruit})$$

Les *ventes annuelles* sont égales au volume SF₆ neuf utilisé pour la charge ou la remise en charge du matériel électrique, en gros et dans le matériel lui-même.

L'*augmentation nette de la capacité nominale* peut être calculée comme suit :

- (viii) Collecter des données sur la capacité nominale du matériel neuf, y compris le matériel chargé en usine avant expédition et le matériel chargé après l'installation ;
- (ix) Soustraire la capacité nominale de tout le matériel mis hors service.

Conformément aux *bonnes pratiques*, on inclura la quantité de SF₆ détruit pour tout le matériel électrique dans le terme *SF₆ détruit*.

Méthode de niveau 2a – Méthode par facteur d'émission du cycle de vie

Si l'on ne dispose que de données limitées sur les ventes annuelles de SF₆ aux fabricants de matériel et aux services d'utilité publique, on peut estimer les émissions pour chaque stade du cycle de vie du matériel, à l'aide de facteurs d'émission spécifiques à chaque stade. Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser l'équation suivante :

ÉQUATION 3.16

$$\begin{aligned} \text{Émissions totales} = & \text{Émissions à la fabrication} + \text{Émissions à l'installation} \\ & + \text{Émissions à l'utilisation} + \text{Émissions à l'élimination} \end{aligned}$$

Les émissions à la *fabrication* sont estimées à l'aide de facteurs d'émission basés sur la quantité de SF₆ acheté aux fabricants de matériel ou la capacité nominale du matériel neuf chargé.

De même, les émissions à l'*installation du matériel* sont estimées à l'aide de facteurs d'émission basés sur les achats ou la capacité nominale. Ceci nécessitera des données sur la quantité de SF₆ acheté par les services d'utilité publique pour du matériel neuf ou sur la capacité nominale du matériel neuf chargé par les services d'utilité publique (et non par les fabricants de matériel). Dans certains cas, on connaîtra la capacité nominale du matériel neuf, mais non pas la proportion de cette capacité chargée par les fabricants ou par les services. Dans ce cas, on peut multiplier un « Facteur d'émission Fabrication/Installation » par la capacité nominale totale du matériel neuf.

Les émissions à l'*utilisation du matériel* sont estimées en multipliant la capacité nominale totale du matériel installé par un « Facteur d'émission Utilisation ». Le « Facteur d'émission Utilisation » inclut les émissions dues aux fuites, et à l'entretien et à la maintenance, qui sont effectués en général tous les douze ans.

Enfin, les émissions à l'*élimination du matériel* sont estimées en multipliant la capacité nominale du matériel mis hors service par la fraction supposée de SF₆ qui demeure dans le matériel à la fin de sa durée de vie. Si le SF₆ est récupéré, les *bonnes pratiques* consistent à ajuster l'estimation obtenue pour indiquer cette récupération, en multipliant par (1 – facteur de récupération). Le facteur de récupération par défaut est zéro. D'autres facteurs devront être spécifiques au pays et établis au niveau du site.

Méthode de Niveau 2b – Facteurs d'émission par défaut du GIEC

Si les seules données disponibles concernent les charges totales du matériel installé et mis hors service, les facteurs d'émission peuvent être appliqués à un niveau national, comme décrit dans les *Lignes directrices du GIEC* :

ÉQUATION 3.17

Émissions de SF₆ pour l'année t = (2% de la charge totale de SF₆ contenu dans le stock actuel de matériel en fonctionnement pour l'année t) + (95% de la capacité nominale de SF₆ dans le matériel mis hors service)

Le premier terme de l'équation estime les fuites et pertes dues à la maintenance, sous forme de pourcentage fixe de la charge totale (2 pour cent, par exemple). Le stock actuel de matériel pour chaque année inclut tout le matériel installé pendant cette année plus le matériel installé antérieurement qui est toujours en service. Le deuxième terme calcule les émissions par le matériel mis hors service (après une durée de vie de trente ans, par exemple) et suppose une charge minimum de 90 pour cent. L'expérience récente montre que l'hypothèse par défaut de 70 pour cent dans les *Lignes directrices du GIEC* sous-estime les émissions par ce matériel, car il ne fonctionne pas au-dessous d'une capacité de 90 pour cent et sera remis en charge pendant sa durée de vie. (Bitsch, 1999b). Par conséquent, l'organisme chargé de l'inventaire qui utilise cette méthode est invité à vérifier l'applicabilité des facteurs d'émission dans l'équation et l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques au pays, si cela est approprié – en particulier en ce qui concerne les procédures de recyclage mises en œuvre.

Méthode de Niveau 1 – Méthode d'estimation des émissions potentielles

La méthode d'estimation la plus simple dans les *Lignes directrices du GIEC* estime les émissions potentielles de SF₆ pour toutes les utilisations en égalant les émissions à la consommation totale de SF₆ :

ÉQUATION 3.18

Émissions potentielles de SF₆ = Production + (Importations – Exportations) – Destruction

L'organisme chargé de l'inventaire devra déterminer la fraction de la quantité totale de SF₆ vendu aux services d'utilité publique et aux fabricants de matériel. Il peut le faire directement (en obtenant des données sur ces ventes) ou indirectement (en obtenant des données sur les ventes pour d'autres utilisations). La méthode directe utilise l'équation suivante :

ÉQUATION 3.19

Émissions de SF₆ imputables au matériel électrique = Ventes de SF₆ aux fabricants de matériel + Ventes de SF₆ aux services d'utilité publique + (SF₆ dans le matériel importé – SF₆ dans le matériel exporté)

La méthode indirecte est la suivante :

ÉQUATION 3.20

Émissions de SF₆ = Production + (Importations – Exportations) – Destruction
– Consommation par d'autres utilisations de SF₆ (Fusion de Mg,
Fabrication de semi-conducteurs, Autres utilisations)

Les deux équations supposent implicitement que tout le SF₆ vendu dans le secteur électrique remplace le gaz émis, alors, qu'en fait, une partie de ce SF₆ peut être utilisée pour répondre à une augmentation nette de la capacité nominale du matériel installé ou pour remplacer du gaz détruit. Les *bonnes pratiques* consistent à considérer les estimations calculées par la Méthode de Niveau 1 comme des estimations tendant vers une surestimation.

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

En raison de la variabilité des taux d'émissions entre les régions, l'organisme chargé de l'inventaire utilisant la méthode de Niveau 2 est invité à établir et utiliser ses propres facteurs d'émission. L'étude d'un échantillon représentatif des fabricants de matériel et des services d'utilité publique dans le pays est un bon moyen d'obtenir ces facteurs.

Méthode de Niveau 2a

Les facteurs d'émission pour la méthode de Niveau 2a sont établis à partir de données obtenues auprès de fabricants et de services d'utilité publique représentatifs qui étudient les émissions par stade du cycle de vie, essentiellement par l'emploi de la méthode de Niveau 3a pour leurs installations, pendant une année. Les émissions totales fournies par l'étude sur les fabricants sont ajoutées puis divisées par la capacité du matériel neuf des installations étudiées. Ce facteur d'émission peut être ensuite appliqué à l'ensemble du secteur de la fabrication, en utilisant la capacité nationale du matériel neuf.

Méthode de Niveau 2b

Pour établir des facteurs d'émission pour la méthode de Niveau 2b, les *bonnes pratiques* pour les services d'utilité publique étudiés consistent à étudier leur consommation totale de SF₆ pour la remise en charge du matériel, la capacité nominale totale de leur matériel, la quantité de SF₆ récupéré dans le matériel mis hors service, et la capacité nominale de leur matériel mis hors service. Conformément aux *bonnes pratiques*, on ajoutera les émissions dues à l'entretien et à l'élimination du matériel pour tous les services d'utilité publique étudiés. On divise ensuite les estimations d'émissions totales obtenues pour l'entretien et l'élimination par la capacité totale du matériel opérationnel des services d'utilité publique étudiés ou par la capacité totale de leur matériel mis hors service, respectivement, pour calculer les facteurs d'émission pour l'utilisation et l'élimination.

Les *Lignes directrices du GIEC* ne proposent pas de facteurs d'émission par défaut pour chaque stade du cycle de vie. Des facteurs, établis pour certaines régions à partir de recherches récentes, sont indiqués au Tableau 3.12, *Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de SF₆ imputables au matériel électrique – Niveau 2 (fraction de SF₆/an)*.

Stade	Fabrication		Installation		Utilisation		Matériel mis hors service		
	Avant 1996	Depuis 1996	Avant 1996	Depuis 1996	Avant 1996	Depuis 1996	Durée de vie	Restant	Récupération
Europe ^b	0,15	0,06	ND	0,06	ND	ND	ND	ND	ND
Japon ^a	0,3	0,3	ND	ND	0,001	0,001	ND	ND	ND
Globale ^c	ND	ND	0,15	0,15	0,05	0,02	30 ans	0,95	ND

^a Les facteurs d'émission pour le stade Utilisation sont uniquement pour les émissions naturelles (Denki Kyodo Kenkyu, 1998 et Chemical Products Council, 1999). Sources : ^b Bitsch, 1999a ; ^c Olivier et Bakker, 2000. ND = non disponible

CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Les recommandations ci-dessous pour les méthodes de Niveau 3 s'appliquent aux mêmes paramètres lorsqu'elles sont utilisées dans les méthodes de Niveau 2 et de Niveau 1. Le seul paramètre spécifique à la méthode de Niveau 2 concerne la *capacité nominale totale* du matériel. On peut estimer la capacité nominale par une étude directe des services d'utilité publique, ou par l'étude, au niveau des fabricants de matériel, des ventes de matériel pour la durée de vie du matériel (pour les trente dernières années, par exemple).

Méthode de Niveau 3a – Émissions par stade du cycle de vie

La méthode de Niveau 3a n'étant pas basée sur des facteurs d'émission, la qualité de l'estimation dépend de l'exactitude et de l'exhaustivité des données sur les activités fournies par l'enquête. On devrait pouvoir obtenir les données directement auprès des fabricants individuels, ou par l'intermédiaire des associations de fabricants.

Fabrication du matériel : Une enquête complète sur tous les fabricants de matériel inclut, au minimum, des données sur le mouvement du SF₆ dans les stades de production et d'assemblage, et des données sur les émissions dues à la manutention après livraison aux centres de fabrication. L'enquête devra demander assez d'informations pour permettre une prise en compte totale de la consommation et des pertes de SF₆ pendant la production. On peut utiliser des *tableaux de bilans massiques* annuels pour estimer les quantités de SF₆ perdu en

raison des émissions et la fraction que cela représente par rapport à la teneur nominale en SF₆ de la totalité de matériel électrique produit.

Si des données d'enquête ne sont pas disponibles pour tous les fabricants, on peut envisager l'utilisation d'autres méthodes (basées, par exemple, sur l'extrapolation de la capacité de production). Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser des données d'enquêtes dans la mesure du possible, et à n'utiliser des méthodes par extrapolation qu'en l'absence de données d'enquêtes. Pour des recommandations sur l'extrapolation en l'absence de données, voir le Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

Installation du matériel : Tous les services d'utilité publique et autres utilisateurs de matériel électrique devront noter et consigner la capacité nominale du matériel chargé. Les services d'utilité publique devront également noter la quantité de SF₆ utilisé pour charger le matériel, par pesée des bouteilles avant et après la charge, et en notant tout SF₆ déjà présent dans le matériel expédié (pour fournir une faible pression positive pendant l'expédition). Si la charge est effectuée par le fabricant de matériel plutôt que par le service d'utilité publique, ces données seront peut-être fournies par le fabricant.²⁶ Si l'étude présente des lacunes et des omissions, on peut utiliser des estimations d'apports dans les stocks de SF₆ et des taux d'émission par défaut pour les procédures d'installation et de réglage.

Utilisation du matériel : Les *bonnes pratiques* consistent à calculer la quantité de SF₆ utilisé pour charger le matériel, par pesée des bouteilles avant et après la charge.

Élimination du matériel : On peut calculer la quantité de SF₆ récupéré dans le matériel par pesée des bouteilles de récupération avant et après la récupération. Des données sur l'élimination devront inclure tout le matériel, y compris le matériel importé.

Méthode de Niveau 3b – Méthode de bilan massique spécifique au fabricant et au service d'utilité publique

Fabricants de matériel : Identique à la méthode de Niveau 3a, ci-dessus.

Services d'utilité publique : Une enquête sur tous les services d'utilité publique sera nécessaire pour obtenir les données nécessaires à l'utilisation de la méthode de Niveau 3b. Les *bonnes pratiques* consistent à enquêter également dans les sites industriels, les installations militaires et autres sites qui ne sont pas des services d'utilité publique et qui utilisent des quantités importantes de SF₆ dans le matériel électrique. On peut obtenir une partie (mais non la totalité) de ces données auprès des fabricants de matériel.

Si le service d'utilité publique n'effectue pas la totalité de l'installation, de la maintenance et de l'élimination du matériel, les prestataires de services devront fournir des données au service d'utilité publique (par exemple, quantité de gaz utilisé pour la remise en charge du matériel, si ce gaz ne provient pas du stock du service d'utilité publique). Il doit y avoir une prise en compte complète des émissions de SF₆ associées aux pertes lors de la manutention et de la charge. Ces données peuvent être basées sur des tableaux de bilans massiques annuels qui incluent la quantité de SF₆ déjà présent dans le matériel livré. Les responsables de la manutention et de la charge doivent être identifiés, étant donné que cela peut varier selon les sites.

Méthode de Niveau 3c – Méthode de bilan massique spécifique au pays

Ventes annuelles : Les fabricants ou importateurs de produits chimiques, ou les deux, devraient pouvoir fournir les données les plus complètes. Si l'on ne dispose pas de données fournies par les fabricants de produits chimiques, conformément aux *bonnes pratiques*, on contactera les fabricants de matériel et les services d'utilité publique pour être sûr d'obtenir des données complètes sur le SF₆ utilisé pour la charge du matériel neuf et du matériel déjà en service.

Capacité nominale du matériel neuf et du matériel mis hors service : On peut estimer la capacité nominale à partir d'une des sources de données suivantes : (1) information fournie par les fabricants de matériel/importateurs sur la capacité nominale totale du matériel qu'ils fabriquent ou importent ou exportent, (2) information fournie par les services d'utilité publique sur la capacité nominale totale du matériel qu'ils achètent ou installent chaque année, ou (3) information fournie par les fabricants/importateurs de produits chimiques sur leurs ventes de SF₆ aux fabricants de matériel. Les deux premières sources de données sont préférables à la troisième, car, dans une certaine mesure, les ventes de gaz aux fabricants de matériel neuf seront différentes de la capacité nominale du matériel neuf. Lors de l'estimation des capacités nominales du matériel neuf et du matériel mis hors

²⁶ On peut calculer la quantité déjà présente dans le matériel expédié en multipliant le volume interne du matériel par la densité du SF₆ à la pression d'expédition, ou en multipliant la capacité nominale du matériel par le rapport pression d'expédition/pression nominale, en termes absolus (Pa ou psi). Théoriquement, le matériel livré au service d'utilité publique complètement chargé ne doit pas être inclus dans ce calcul, car la quantité de SF₆ dans le matériel sera égale à la capacité nominale, et les deux s'annuleront mutuellement. Cependant, les services d'utilité publique sont invités à noter la capacité nominale totale du matériel qu'ils installent, car cette quantité est utile pour calculer les émissions à l'aide des méthodes de Niveau 3 et de Niveau 2 et pour comprendre les émissions pendant l'utilisation du matériel.

service, l'organisme chargé de l'inventaire devra inclure la capacité nominale du matériel importé et exclure la capacité nominale du matériel exporté. (Voir Section 3.7.4, *Sous-catégorie de source Réfrigération fixe*, Encadré 3.4, *Prise en compte des importations et exportations de frigorigène et de matériel*, pour des informations complémentaires sur la prise en compte des importations et des exportations pour l'estimation de ces quantités.)

Pour ce qui est du matériel mis hors service, la capacité ou les données sur les ventes devront être des données historiques, à partir de l'année de fabrication du matériel mis hors service. La valeur par défaut pour la durée de vie du matériel électrique est de trente ans. En l'absence de données sur la capacité nominale totale du matériel mis hors service, on peut l'estimer à partir de la nouvelle capacité nominale, en utilisant le taux d'augmentation annuel de la capacité du matériel. Pour l'estimation de ce taux d'augmentation, les *bonnes pratiques* consistent à examiner le nombre d'éléments matériels vendus chaque année et la capacité nominale moyenne du matériel.²⁷

L'équation suivante permet d'estimer la capacité nominale du matériel mis hors service, si cette information ne peut pas être obtenue directement :

ÉQUATION 3.21

$$\text{Capacité nominale du matériel mis hors service} = \text{Capacité nominale du matériel neuf} / (1 + g)^L$$

où : L = durée de vie du matériel ; g = taux de croissance

Selon une enquête de 1997, le taux de croissance annuel moyen des ventes de SF₆ aux fabricants de matériel entre 1991 et 1996 était de 6,7 pour cent, comparé à un taux de croissance moyen entre 1986 et 1996 de 5,3 pour cent (Science and Policy Associates, 1997). En l'absence de données spécifiques au pays, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera un facteur par défaut de 6 pour cent.

Quantité détruite : La quantité de SF₆ détruit peut être estimée à l'aide de données fournies par les fabricants de matériel électrique, services d'utilité publique, fabricants de produits chimiques, ou centres de destruction. On doit veiller à ce que les quantités de SF₆ présentées comme détruites n'incluent pas des quantités provenant de sources autres que le matériel électrique.

EXHAUSTIVITE

L'exhaustivité pour cette catégorie de source exige la prise en compte des émissions imputables aux installations des services d'utilité publique et à la fabrication du matériel électrique. Avec les méthodes de Niveau 3, l'exhaustivité exige l'identification de tous les utilisateurs (fabricants et services d'utilité publique) de SF₆.

Dans le secteur de la fabrication, il sera nécessaire d'évaluer les émissions imputables aux :

- Fabricants de AIG et de disjoncteurs ;
- Fabricants de lignes de transmission à haute tension à isolation gazeuse, sous-stations (mini-stations) et transformateurs ;
- Petits utilisateurs de SF₆, dont des fabricants de matériel à moyenne tension et fabricants de matériel remanié ;
- Mouvements de SF₆ entre les producteurs et les distributeurs et les usines de fabrication.

Dans le secteur des services d'utilité publique, on devra tenir compte de toutes les pertes de SF₆ associées à :

- L'installation de matériel électrique neuf ;
- Des fuites, la remise en charge et la maintenance ;
- L'élimination du matériel électrique mis au rebut.

Conformément aux *bonnes pratiques*, on identifiera les applications industrielles, militaires et des petits services, si l'on estime que leur contribution aux émissions totales pour cette catégorie de source est importante.

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

Lors de l'estimation des émissions pour une série temporelle, on doit examiner les émissions de SF₆ associées à la fabrication et à tout le matériel installé par les services d'utilité publique pour les années examinées. L'établissement d'une estimation historique exacte pour le matériel installé nécessite donc des données sur la capacité et la performance du matériel installé pour les vingt à trente années antérieures à l'année examinée.

Pour ce qui est de la fabrication, en l'absence de données historiques sur le calcul des émissions de l'année de référence pour 1990/1995, on peut appliquer la méthode descendante, étalonnée pour des bilans comptables plus

²⁷ En général, le nombre d'éléments matériels vendus chaque année a augmenté, mais la capacité nominale moyenne a diminué.

exacts pour les années courantes. Étant donné que les méthodes de manutention de SF₆ des fabricants de matériel auront probablement changé considérablement depuis 1995 (augmentation du gaz récupéré, etc.), l'application des taux de pertes actuels aux estimations *n'est pas conforme aux bonnes pratiques*. Des taux de pertes agrégés obtenus à partir des ventes globales et régionales et des analyses d'émission peuvent faciliter le calcul d'une estimation sans biais pour les années antérieures. Les *bonnes pratiques* consistent à recalculer les émissions conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres méthodes de recalculs*, en documentant clairement toutes les hypothèses.

Dans le secteur des services d'utilité publique, si l'on ne dispose pas de données pour la période 1970-1995, les *bonnes pratiques* consistent à établir des estimations par la méthode descendante, avec étalonnage comme indiqué plus haut. Les taux de fuites moyens pour le matériel neuf et la fréquence des remises en charge et de la maintenance systématique ont diminué entre 1970 et 1995.²⁸ Conformément aux *bonnes pratiques*, on n'appliquera pas les taux de pertes actuels (post-1995) aux années antérieures, mais on utilisera ici aussi des taux de pertes agrégés.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les estimations d'émissions obtenues avec les méthodes de Niveau 3 seront probablement plus exactes que celles obtenues avec les méthodes de Niveau 2 ou de Niveau 1, et auront une incertitude de l'ordre de ± 10 pour cent. L'incertitude associée sera plus élevée si les enquêtes sont incomplètes ou si on ne dispose que de données de consommation obtenues par la méthode descendante. Des sources d'incertitudes spécifiques aux estimations des méthodes de Niveau 3 peuvent inclure :

- Le SF₆ exporté par des fabricants de matériel (dans le matériel ou séparément dans des conteneurs) ;
- Le SF₆ importé par des fabricants de matériel étrangers (dans le matériel ou dans des conteneurs) ;
- Le SF₆ retourné dans des centres de recyclage étrangers ;
- Le délai entre les émissions et l'entretien ;²⁹
- La durée de vie du matériel.

Les incertitudes des facteurs d'émission par défaut recommandés pour la méthode de Niveau 2 sont indiquées au Tableau 3.13, *Incertainces des Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de SF₆ imputables au matériel électrique*. Sachant que la méthode de Niveau 1 estime les émissions potentielles plutôt que les émissions réelles, les estimations de Niveau 1 auront une incertitude de l'ordre de 100 pour cent ou plus, pour ce qui est de la représentation d'une estimation d'émissions réelles.

Stade	Fabrication		Installation		Utilisation		Matériel mis hors service		
	<1996	1996-	<1996	1996-	<1996	1996-	Durée de vie	Restant	Récupération
Europe	±30%	±30%	ND	±30%	ND	ND	ND	ND	ND
Japon	±30%	±30%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Globale	Supérieur	Supérieur	±30%	±30%	±40%	±50%	±30%	±5%	ND

ND = non disponible. Source : Olivier et Bakker (2000).

²⁸ Les normes pour les fuites imputables aux AIG sont actuellement de 1 pour cent, mais atteignaient 3 pour cent avant 1980. De plus, la durée des intervalles de maintenance a augmenté, passant de trois à cinq ans à huit ans pour les disjoncteurs et à environ douze ans pour les AIG.

²⁹ La méthode basée sur les ventes permet de donner une bonne estimation de la quantité de produits chimiques utilisés pour remplacer les produits chimiques émis pour une année donnée. Cependant, étant donné que certains matériels peuvent fuir mais continuer à fonctionner avec une charge incomplète, les produits chimiques émis ne sont pas toujours remplacés au cours de l'année d'émission. Donc, dans certains cas, cette méthode peut surestimer ou sous-estimer légèrement les émissions réelles. (Effet net du délai, les émissions semblent se produire plus tard pendant la durée de vie du matériel que ce qui se passe en réalité.) On devra examiner la fréquence de l'entretien et le taux d'augmentation du stock de matériel afin d'évaluer l'importance de toute erreur.

3.5.1.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations requises pour produire les estimations d'inventaire national d'émissions, comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation interne et archivage*. Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

Des exemples de documentation et présentation spécifiques à cette catégorie de source sont présentés au Tableau 3.14, *Informations sur la présentation conforme aux bonnes pratiques pour les émissions de SF₆ imputables au matériel électrique (par Niveau)*.

Des problèmes de confidentialité peuvent se poser s'il n'existe qu'un petit nombre de fabricants ou de services d'utilité publique. Dans ce cas, il sera peut-être nécessaire de présenter des données agrégées pour l'ensemble du secteur du matériel électrique, ou même pour la totalité des applications de SF₆ dans le pays. Si les réponses aux enquêtes ne peuvent pas être présentées à titre d'information publique, un examen des données de l'enquête par des tiers experts sera peut-être nécessaire pour valider la vérification.

Données	Niveau 3a	Niveau 3b	Niveau 3c	Niveau 2a	Niveau 2b	Niveau 1
Ventes annuelles de SF ₆ aux fabricants de matériel et aux services d'utilité publique			X			X
Capacité nominale du matériel neuf	X	X	X	X		
Capacité nominale du matériel déjà en place				X	X	
Capacité nominale du matériel mis hors service	X	X	X	X	X	
SF ₆ détruit	X	X	X			X
SF ₆ dans l'inventaire au début de l'année	X	X				
SF ₆ dans l'inventaire à la fin de l'année	X	X				
SF ₆ acheté par l'usine	X	X				
SF ₆ vendu ou retourné par l'usine	X	X				
SF ₆ envoyé à l'extérieur pour recyclage	X	X				
SF ₆ retourné au site après recyclage	X	X				
SF ₆ utilisé pour charger le matériel neuf	X					
SF ₆ utilisé pour l'entretien du matériel	X					
SF ₆ récupéré sur le matériel mis hors service	X					
Facteurs d'émission/récupération				X	X	
Documentation pour les facteurs, si ceux-ci sont spécifiques au pays				X	X	
Production de SF ₆						X
Consommation de SF ₆ pour d'autres usages						X
Importations de SF ₆						X
Exportations de SF ₆						X

3.5.1.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si

L'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

D'autres procédures spécifiques au matériel électrique sont indiquées ci-dessous :

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

L'organisme chargé de l'inventaire devra ajouter les données spécifiques à l'usine utilisées avec une méthode ascendante et vérifier en comparant les données aux émissions au niveau national calculées avec les valeurs par défaut du GIEC (méthode de Niveau 2b) ou aux émissions potentielles estimées avec des données sur la consommation apparente nationale (méthode de Niveau 1). La méthode de Niveau 1 peut établir une limite supérieure pour les émissions prévisibles à partir de la somme des usines individuelles si l'utilisation annuelle de matériel contenant du SF₆ dans ces sources augmente ou reste stable. Le Niveau 1 sous-estimera les émissions annuelles si la tendance de la charge du matériel neuf est à la baisse.

Examen des données sur les activités spécifiques à l'usine

Dans tous les cas où des données sur les activités spécifiques au site sont obtenues par des enquêtes, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les données sur les activités entre les sites (avec ajustements pour la taille relative ou la capacité) afin d'identifier des valeurs aberrantes significatives. Il devra examiner ces valeurs aberrantes pour déterminer si les différences peuvent être expliquées ou s'il y a une erreur au niveau des données sur les activités.

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer la production nationale de SF₆, ajustée pour tenir compte des importations et exportations, aux données nationales agrégées sur le SF₆ pour cette source. Cette utilisation nationale totale peut être considérée comme une limite supérieure des émissions de SF₆.

Vérification des estimations d'émissions

Dans le cas des grands pays, on pourra peut-être effectuer une vérification indépendante des estimations d'émissions de SF₆ nationales totales et des estimations descendantes obtenues à partir de mesures des concentrations atmosphériques locales, à condition que l'on puisse effectuer le calcul modèle inverse des émissions avec une précision raisonnable.

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les facteurs d'émission réels (taux de pertes) à des valeurs présentés par d'autres pays dans la région, ou à des valeurs par défaut dans les publications scientifiques, valeurs étalonnées par rapport aux concentrations atmosphériques totales globales. Comme mentionné précédemment, une présentation des données transparente est indispensable pour permettre des comparaisons internationales.

3.5.2 Autres sources de SF₆

Les *Lignes directrices du GIEC* (Vol. 3, Section 2.17.4.7, *Estimation des émissions de HFC et de PFC imputables à d'autres applications*) décrivent d'autres utilisations du SF₆ sources d'émissions. Cette catégorie de source exclut les catégories de source suivantes qui sont présentées ailleurs :

- Production et utilisation dans le matériel électrique ;
- Production de magnésium et d'aluminium ;
- Fabrication de semi-conducteurs ;
- Produit de remplacement dans les applications de substances qui appauvrissent la couche d'ozone, telles que les CFC et les halons (aérosols, extincteurs anti-incendie, etc.).

D'autres applications identifiées dans cette catégorie de source incluent :

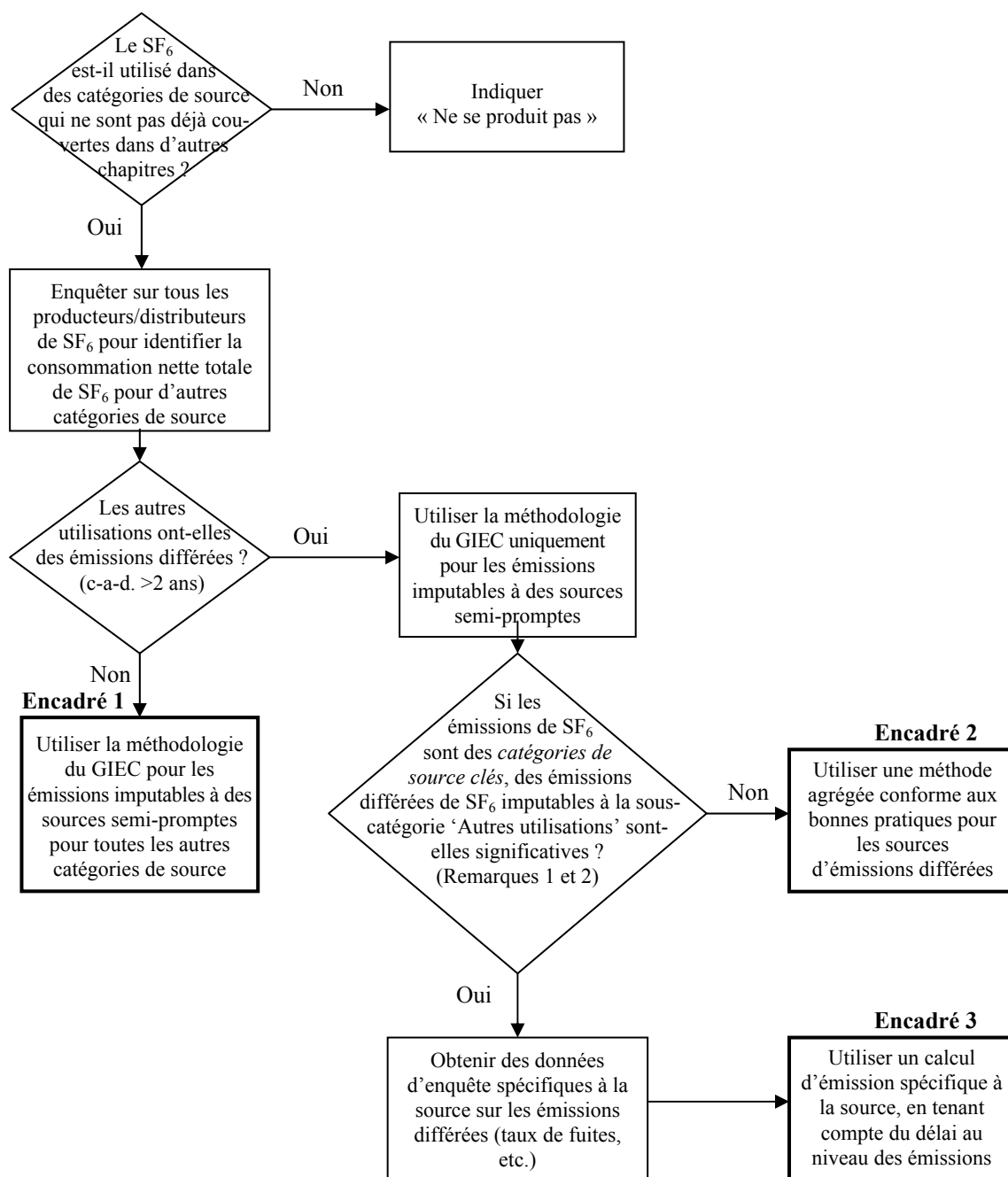
- Traceur gaz-air pour la recherche et les détecteurs de fuites ;
- Applications médicales ;
- Matériel utilisé dans les accélérateurs, lasers et lunettes de vision nocturne ;
- Applications militaires ;
- Fenêtres isolantes à double vitrage ;
- Applications utilisant ses propriétés adiabatiques, pneus automobiles et articles de sport tels que balles de tennis ou semelles de chaussures de sport (qui utilisent sa faible perméabilité avec le caoutchouc).

3.5.2.1 Méthodologie

CHOIX DE LA METHODE

La méthode conforme aux *bonnes pratiques* utilisera des données descendantes sur les importations, les exportations et la consommation fournies par les producteurs et distributeurs nationaux de SF₆, ventilées par grands types d'application de SF₆ (voir Figure 3.8, *Diagramme décisionnel pour d'autres utilisations de SF₆*). L'acquisition de ces données nécessitera une enquête auprès de tous les producteurs et distributeurs de SF₆ pour déterminer la consommation nette totale de SF₆. Après obtention des données, on estimera la quantité de SF₆ consommée par application dans cette catégorie de source.

Figure 3.8 Diagramme décisionnel pour d'autres utilisations de SF₆



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et nouveaux calculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Remarque 2 : En règle générale, une sous-catégorie de source est significative si elle représente 25-30% des émissions de la catégorie de source.

Dans un grand nombre d'applications identifiées ci-dessus, le SF₆ est émis dans les deux années qui suivent son utilisation (traceurs et applications médicales, etc.). Les *bonnes pratiques* pour le calcul des émissions de SF₆ imputables à ces applications à émissions « semi-promptes » consistent à utiliser la formule suivante, comme indiqué dans les *Lignes directrices du GIEC* :

ÉQUATION 3.22

$$\text{Émissions pour l'année } t = (0,5 \cdot \text{Quantité vendue pour l'année } t) + (0,5 \cdot \text{Quantité vendue pour l'année } t - 1)$$

Cette émission est similaire à celle pour les émissions d'halocarbures où l'on suppose un délai d'un an en moyenne.

Si une enquête initiale met en évidence un grand nombre d'applications à émissions considérablement différées, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser un calcul d'émissions spécifique à la catégorie de source, tenant compte du délai des émissions. On peut utiliser les deux équations suivantes pour deux applications à émissions différées (basé sur une expérience en Allemagne) :

- *Applications des propriétés adiabatiques* : Pour les pneus automobiles, on suppose un délai des émissions de trois ans (Schwarz *et al.*, 1996). On peut utiliser le même délai pour d'autres applications (chaussures de sport, et balles de tennis, par exemple) :

ÉQUATION 3.23

Émissions pour l'année t = Ventes pour l'année $t - 3$

- *Fenêtres isolantes à double vitrage* : Environ 33 pour cent de la quantité totale de SF₆ acheté est émis pendant l'assemblage (c'est-à-dire pendant la charge de la fenêtre à double vitrage). Pour le stock demeurant à l'intérieur de la fenêtre, on suppose un taux de fuite annuel de 1 pour cent (y compris par bris du vitrage). Il reste donc environ 78 pour cent du stock initial au terme de la durée de vie de 25 ans. L'utilisation du SF₆ dans les fenêtres ayant débuté en 1975, ce n'est qu'à présent que l'on parvient au stade de l'élimination. Les émissions par cette sous-catégorie de source devront être calculées à l'aide des Équations 3.24 à 3.26 :

ÉQUATION 3.24

Émissions à l'assemblage = 0,33 • Capacité de la fenêtre

ÉQUATION 3.25

Émissions dues aux fuites pour l'année t = 0,01 • Stock présent dans la fenêtre

ÉQUATION 3.26

Émissions à l'élimination = Quantité restant dans la fenêtre au terme de la durée de vie • (1 – Facteur de récupération)

Sauf si l'on dispose de données spécifiques au pays, on supposera une valeur zéro pour le facteur de récupération par défaut dans l'Équation 3.26. L'utilisation dans les applications militaires et pour les accélérateurs de particules pourrait également générer des émissions différées. En l'absence d'informations spécifiques pour ces sous-catégories de source, les *bonnes pratiques* consistent à les traiter comme des émissions semi-prompts.

CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Les facteurs d'émission requis pour ces estimations sont indiqués dans les *Lignes directrices du GIEC*. Si l'organisme chargé de l'inventaire utilise des données régionales ou spécifiques au pays, conformément aux bonnes pratiques, celles-ci devront être clairement documentées.

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités pour ces sous-catégories de source devront être en accord avec les données utilisées pour le calcul des émissions de SF₆ par d'autres catégories de source (matériel électrique, etc.) pour que l'estimation soit complète et qu'il n'y ait pas de double comptage.

EXHAUSTIVITE

Les données par application sur les importations, exportations et la consommation fournies par les producteurs et distributeurs nationaux de SF₆ seront suffisantes, à condition que (i) tous les producteurs et distributeurs de SF₆ soient identifiés, (ii) les consommateurs domestiques achètent du SF₆ uniquement à des fournisseurs nationaux, et (iii) les importations et exportations dans les produits (articles de sport, etc.) soient négligeables. Les *bonnes pratiques* consistent à vérifier régulièrement s'il existe d'autres distributeurs, pour s'assurer qu'il n'y a pas d'importations directes de SF₆ (en gros) par des utilisateurs et qu'il n'y a pas d'importations significatives de produits identifiés contenant du SF₆.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Pour les estimations de l'année de référence, il sera peut-être nécessaire d'avoir des données pour quelques années avant l'année de référence ; une année pour les émissions semi-promptes, et plusieurs années pour les applications à émissions différées. Conformément aux *bonnes pratiques*, on calculera les émissions de SF₆ à l'aide de la même méthode pour chaque année de la série temporelle. En l'absence de données susceptibles de permettre un méthode plus rigoureuse pour toutes les années de la série temporelle, conformément aux *bonnes pratiques*, on effectuera des recalculs suivant les recommandations au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7 3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Si l'enquête sur les ventes domestiques par application par producteurs et distributeurs nationaux de SF₆ est complète, l'exactitude des données sur la consommation annuelle apparente sera élevée. De même, l'incertitude des estimations d'émissions sera faible lorsque toutes les utilisations sont à émissions semi-promptes. Dans le cas des applications à émissions différées, les incertitudes sont :

- Valeurs par défaut des délais dans les applications à propriété adiabatique : 3±1 an ;
- Valeurs par défaut pour les fenêtres isolantes : 50±10 pour cent d'émissions à la charge et 1±0,5 pour cent d'émissions des fuites/bris de vitrage.

3.5.2.2 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, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation interne et archivage*. Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

Par souci de transparence, conformément aux *bonnes pratiques*, on présentera les émissions réelles et potentielles pour la catégorie de source « Autres utilisations » séparément des autres émissions de SF₆. De plus, il sera utile de fournir des informations sur les applications spécifiques incluses dans cette catégorie de source pour permettre la comparaison au plan régional ou global (des estimations) des méthodes nationales et de celles d'autres pays. Les méthodes appliquées et les références devront être documentées. Pour les sous-catégories de source à émissions différées, on présentera des données sur les émissions annuelles, les délais et les facteurs d'émission par type de sous-catégorie de source.

3.5.2.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2, au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

D'autres procédures spécifiques à d'autres sources de SF₆ sont indiquées ci-après :

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

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les émissions potentielles totales nationales de SF₆ (moins la quantité affectée aux catégories suivantes : Utilisation de matériel électrique, Fabrication de semi-conducteurs, Production de métal et Production de SF₆) aux estimations d'émissions imputables à d'autres utilisations. Les émissions potentielles nationales peuvent être utilisées comme limite supérieure pour les émissions.

Vérification des données sur les activités

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les données sur les activités fournies par des producteurs et distributeurs et, après ajustement pour la taille relative ou la capacité des entreprises, identifier toute valeur

aberrante significative. Il devra examiner ces valeurs aberrantes pour déterminer si les différences peuvent être expliquées ou s'il y a une erreur au niveau des données sur les activités.

Comparaison avec les émissions d'autres pays

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les émissions imputables à d'autres utilisations du SF₆ incluses dans l'inventaire national à l'information présentée par des pays similaires. Pour chaque source, on comparera les émissions par habitant ou par unité de PIB à celles d'autres pays. Une justification s'imposera si les chiffres nationaux semblent relativement très élevés ou très faibles.

3.5.3 Production de SF₆

3.5.3.1 Méthodologie

Les *Lignes directrices du GIEC* ne proposent pas de facteur d'émission par défaut pour les pertes accidentelles pendant la production et la manutention du SF₆. Ces émissions seront probablement faibles, mais peuvent être significatives dans certains pays. Par exemple, l'expérience japonaise indique un facteur d'émission de 8 pour cent du gaz produit, y compris des pertes dues à la manutention pendant l'élimination des gaz résiduels dans les bouteilles retournées (Suizu, 1999). Ceci s'explique par la forte demande en SF₆ hautement purifié, qui s'accompagne d'émissions de gaz impur.

CHOIX DE LA METHODE

Conformément aux *bonnes pratiques*, on choisira la méthode conformément au diagramme décisionnel à la Figure 3.9, *Diagramme décisionnel pour la production de SF₆*. Il existe très peu de grands producteurs de SF₆ ; à l'échelle internationale, environ six entreprises produisent du SF₆ dans une dizaine de centres de production à travers le monde (Preisegger, 1999). Le nombre de petits producteurs augmentera peut-être dans un proche avenir, en particulier dans les pays aux économies en transition et en Chine. Cependant, il ne devrait pas être difficile d'effectuer une enquête auprès des producteurs nationaux, lesquels devraient pouvoir fournir une estimation de leurs émissions totales.

Les émissions de SF₆ peuvent se produire pendant la production et pendant la manutention du gaz neuf sur le site. L'expérience allemande a permis d'établir un facteur d'émission par défaut de 0,2 pour cent de la quantité totale de SF₆ produit pour les pays où l'utilisation prédominante ne nécessite pas de SF₆ gazeux hautement purifié (matériel électrique, fenêtres isolantes, etc.) (Preisegger, 1999). Comme décrit précédemment, dans les pays où l'utilisation prédominante nécessite du SF₆ gazeux hautement purifié (fabrication de semi-conducteurs, etc.), la valeur par défaut devrait être de 8 pour cent. Il convient d'utiliser des données nationales, si celles-ci sont disponibles.

Le recyclage du gaz usé peut être effectué par les producteurs de gaz ou par des entreprises de recyclage. Des émissions peuvent se produire pendant la manutention et la purification du gaz usé et la manutention du gaz recyclé. En raison de l'absence de facteurs d'émission spécifiques, les *bonnes pratiques* consisteront à utiliser le facteur par défaut de la production de gaz (0,2 pour cent).

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les émissions pendant la production peuvent être négligeables (lors de la capture des émissions de SF₆ par les épurateurs, par exemple). La plage d'incertitude estimée pour le facteur d'émission par défaut est donc de 0,2±0,2 (pour cent). L'incertitude relative du facteur d'émission par défaut de 8 pour cent est du même ordre.

EXHAUSTIVITE

Pour certains organismes chargés des inventaires, l'identification des petits producteurs, et, en particulier, des sociétés de recyclage, peut s'avérer difficile. Cependant, des estimations initiales basées sur le bilan massique national de SF₆ devraient permettre de déterminer la contribution de ces entreprises aux émissions totales nationales.

3.5.3.2 Présentation et documentation

Des problèmes de confidentialité peuvent se poser lorsqu'il y a un petit nombre de fabricants, auquel cas, une présentation plus agrégée de la totalité des applications de SF₆ nationales sera peut-être nécessaire. Si les réponses aux enquêtes ne peuvent pas être présentées à titre d'information publique, un examen des données de l'enquête par des tiers experts sera peut-être nécessaire pour valider la vérification des données.

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 à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*. Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit 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.

3.5.3.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

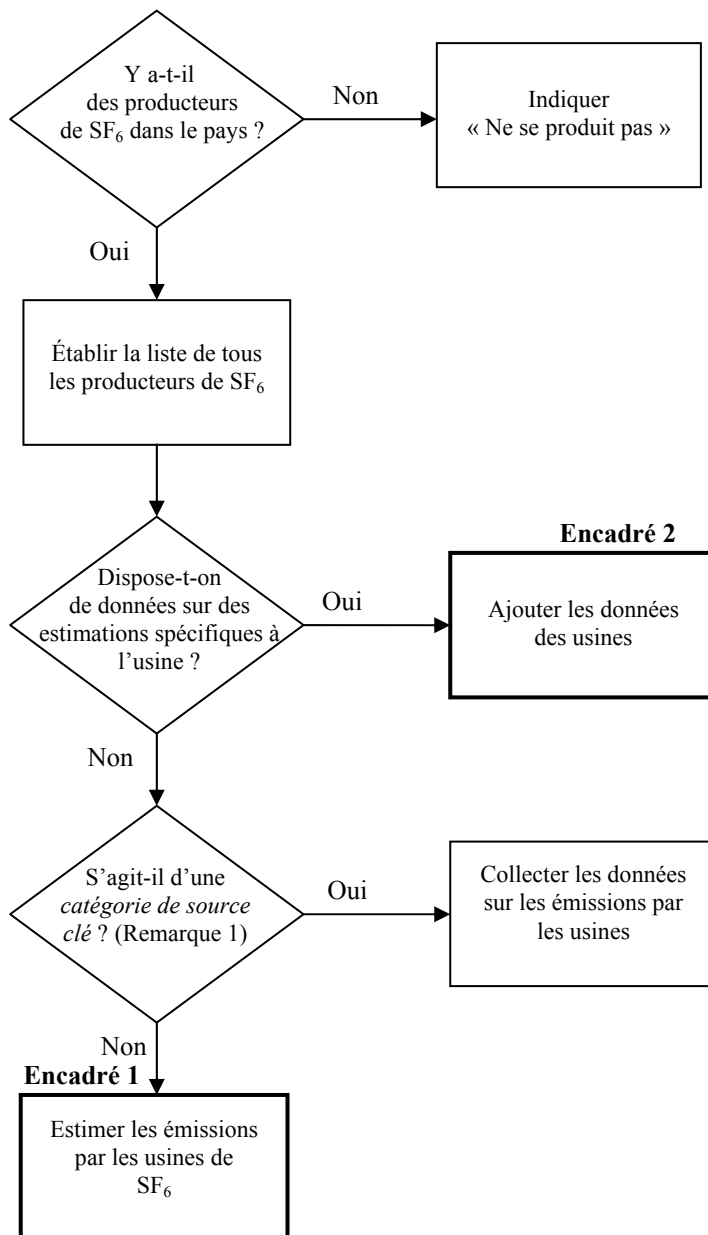
Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et

de faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

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

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer l'estimation basée sur des données agrégées spécifiques au producteur à une estimation basée sur des données de production nationales et au facteur d'émission par défaut suggéré (0,2 pour cent). Il devra étudier toute divergence significative, en collaboration avec les producteurs, afin d'établir s'il existe des différences inexplicables.

Figure 3.9 Diagramme décisionnel pour la production de SF₆



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

3.6 EMISSIONS DE PFC, HFC, ET SF₆ IMPUTABLES A LA FABRICATION DE SEMI-CONDUCTEURS

3.6.1 Méthodologie

À l'heure actuelle, l'industrie des semi-conducteurs émet des fluorocarbures (CF₄, C₂F₆, C₃F₈, c-C₄F₈, CHF₃), du trifluorure d'azote (NF₃), et de l'hexafluorure de soufre (SF₆) résultant des procédés de fabrication.³⁰ Ces gaz, dénommés collectivement composés fluorés (CF), sont utilisés pour deux phases importantes de la fabrication de semi-conducteurs : (i) la gravure au plasma de couches fines et (ii) le dépôt chimique en phase vapeur (DPV). De plus, une fraction des fluorocarbures utilisés pour la production est transformée en CF₄.

CHOIX DE LA METHODE

Les émissions varient en fonction des gaz utilisés pour la fabrication de divers types de semi-conducteurs, du procédé (ou plus généralement du type de procédé (DPV ou gravure) utilisé, de la marque d'outil de procédé, et de la mise en œuvre d'une technologie de réduction des émissions atmosphériques.

Les *Lignes directrices du GIEC* ne contiennent pas de recommandations spécifiques pour l'estimation des émissions de gaz à effet de serre imputables à la fabrication de semi-conducteurs. Cependant, quatre méthodes pour l'estimation des émissions de CF, basées sur les principes méthodologiques décrits dans les *Lignes directrices du GIEC* pour d'autres catégories de source, sont décrites ci-dessous. Dans la présente section, l'emploi du terme « Niveau » correspond au renforcement des exigences en matière de données et de sophistication du processus d'estimation des émissions. Le choix des méthodes dépendra de la disponibilité des données et est indiqué à la Figure 3.10, *Diagramme décisionnel pour les émissions de FC imputables à la fabrication de semi-conducteurs*.

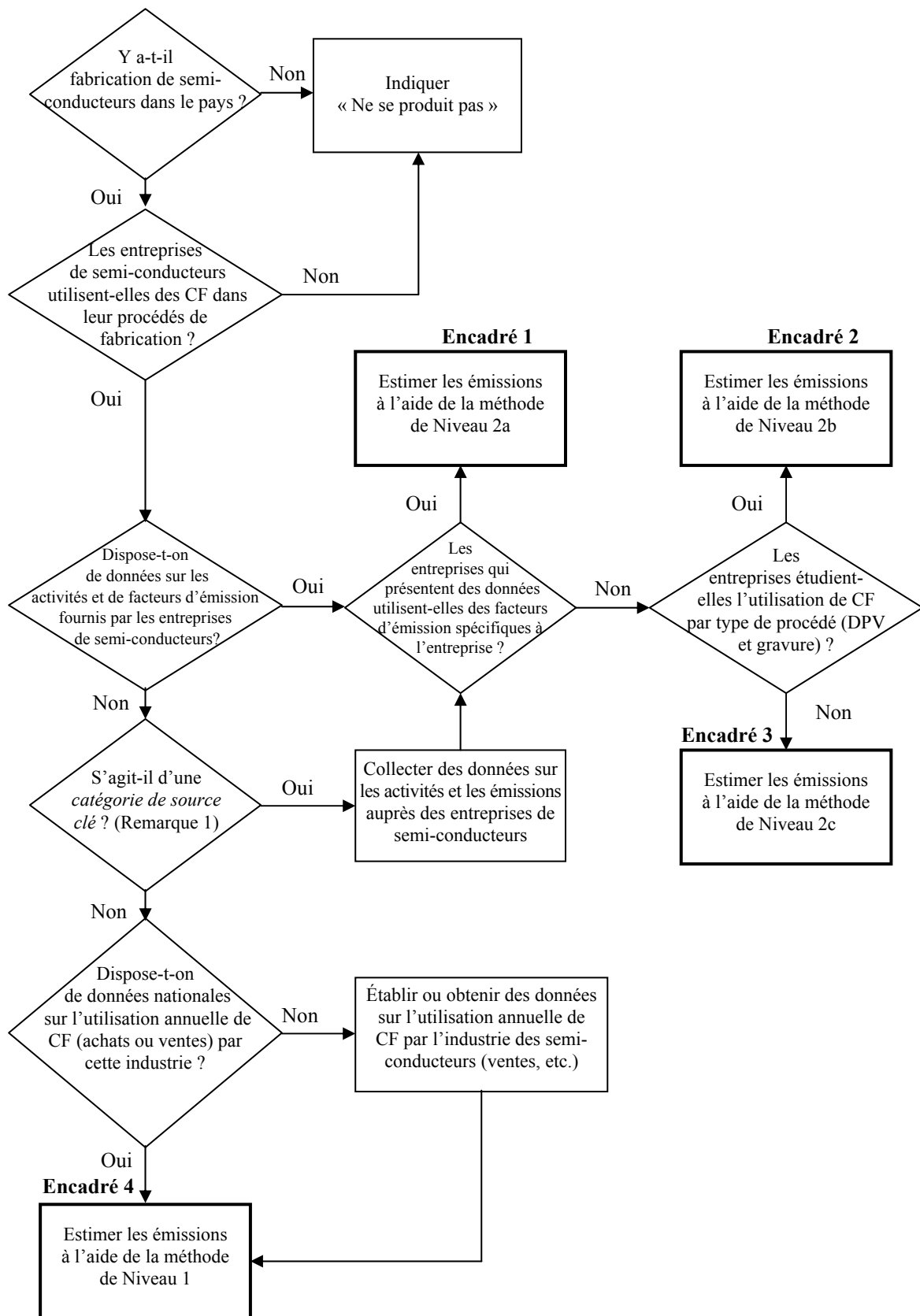
À l'heure actuelle, on estime qu'une surveillance continue des émissions n'est pas viable ni techniquement ni économiquement pour estimer les émissions dans ce secteur. Par conséquent, les quatre méthodes font appel à des données sur les ventes/achats de gaz et sur des paramètres qui influent sur les émissions. La méthode la plus rigoureuse, de Niveau 2a, nécessite des valeurs spécifiques à l'entreprise pour les paramètres plutôt que des valeurs par défaut. La méthode de Niveau 2b utilise des données spécifiques à l'entreprise sur la fraction de gaz utilisé pour la gravure par rapport au DPV et la part de gaz utilisée dans les procédés pour lesquels il existe une technologie de réduction des émissions, mais utilise des valeurs par défaut pour une partie ou pour la totalité des autres paramètres. La méthode de Niveau 2c utilise des données spécifiques à l'entreprise sur la fraction de gaz utilisé dans les procédés avec technologie de contrôle des émissions, mais ne distingue pas entre la gravure et le DPV, et utilise des valeurs par défaut pour les autres paramètres. La méthode de Niveau 1 utilise des valeurs par défaut pour tous les paramètres et ne tient pas compte de l'utilisation de la technologie de contrôle des émissions.

Méthode de Niveau 2a – Paramètres spécifiques aux procédés

Cette méthode est appropriée lorsque des données spécifiques à l'entreprise ou spécifiques à l'usine sont disponibles pour les paramètres suivants : quantité de gaz utilisé pour chaque procédé ou outil (ou pour de petits sous-ensembles de procédés ou d'outils), fraction de gaz acheté demeurant dans le conteneur d'expédition après utilisation (fond de réservoir), fraction du gaz « utilisé » (détruit ou transformé) pendant la fabrication de semi-conducteurs, fraction de gaz converti en CF₄ pendant la fabrication de semi-conducteurs, fraction de gaz utilisé dans des procédés avec des technologies de contrôle des émissions, et fraction de gaz détruit par ces technologies. À des fins de transparence et de comparabilité, les valeurs utilisées pour ces paramètres d'émissions devront être bien documentées (voir Choix des facteurs d'émission).

³⁰ Bien qu'actuellement le NF₃ n'ait pas de potentiel de réchauffement global (PRG) reconnu par le GIEC, les émissions de NF₃ sont examinées dans ce chapitre. Molina *et al.* ont estimé un PRG-100 de 8 000 et une durée de vie dans l'atmosphère de sept-cent quarante ans (Molina, 1995).

Figure 3.10 Diagramme décisionnel pour les émissions de FC imputables à la fabrication de semi-conducteurs



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Les émissions résultant de l'emploi d'un CF spécifique (CF_i) consistent en émissions de CF_i lui-même *plus* des émissions de CF_4 créé comme sous-produit pendant l'utilisation de CF_i . Le calcul suivant devra être répété pour chaque gaz pour chaque type de procédé :

ÉQUATION 3.27

$$\text{Émissions de } CF_i = (1 - h) \cdot \sum_p [CF_{i,p} \cdot (1 - C_{i,p}) \cdot (1 - a_{i,p} \cdot d_{i,p})]$$

où :

p = Procédé ou type de procédé (gravure ou DPV)

$CF_{i,p}$ = kg de gaz i alimenté dans le procédé /type de procédé p (CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , C_4F_8 , CHF_3 , NF_3 , SF_6)

h = Fraction de gaz demeurant dans le conteneur d'expédition (fond de réservoir) après utilisation

$C_{i,p}$ = Taux d'utilisation (fraction détruite ou transformée) pour chaque gaz i et procédé/type de procédé p (en kg)

$a_{i,p}$ = Fraction de volume de gaz utilisé dans les procédés avec technologies de contrôle des émissions (spécifiques à l'entreprise ou à l'usine)

$d_{i,p}$ = Fraction de gaz i détruit par la technologie de contrôle des émissions (si plusieurs technologies de contrôle des émissions sont utilisées dans le procédé/type de procédé p , ceci est la moyenne de la fraction détruite par ces technologies, où chaque fraction est pondérée par la quantité de gaz utilisé par les outils utilisant cette technologie)

ÉQUATION 3.28

$$\text{Émissions de } CF_4 \text{ sous-produit pour } CF_{i,p} = (1 - h) \cdot \sum_p [B_{i,p} \cdot FC_{i,p} \cdot (1 - a_{i,p} \cdot d_{CF_4,p})]$$

où :

$B_{i,p}$ = Fraction de gaz i transformé en CF_4 pour chaque procédé/type de procédé

$d_{CF_4,p}$ = Fraction de CF_4 sous-produit détruit par la technologie de contrôle des émissions (type de technologie de contrôle figurant sur la liste du Tableau 3.15, *Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de HFC, PFC, et SF_6 imputables à la fabrication de semi-conducteurs*)

Après estimation des émissions de CF_4 pour chaque gaz, l'organisme chargé de l'inventaire ou l'entreprise devra ajouter les émissions pour tous les gaz afin d'obtenir une estimation agrégée des émissions de CF_4 .

Méthode de Niveau 2b – Paramètres spécifiques au type de procédé

La méthode de Niveau 2b utilise également les Équations 3.27 et 3.28, mais au lieu de distinguer entre les procédés ou les petits ensembles de procédés, elles distinguent seulement entre les types de procédés (gravure ou DPV). La méthode de Niveau 2b nécessite donc des données sur les quantités agrégées de chaque gaz utilisé par tous les procédés de gravure et dans tous les procédés DPV ($CF_{i,p}$), et non des quantités de chaque gaz utilisé par chaque procédé individuel. Des valeurs par défaut génériques pour l'ensemble de l'industrie sont utilisées pour une partie ou pour la totalité des paramètres suivants : fraction de gaz demeurant dans le conteneur d'expédition (h), fraction de gaz « utilisé » (détruit ou transformé) par type de procédé ($C_{i,p}$), et fraction de gaz converti en CF_4 dans le type de procédé (B_i). Des valeurs par défaut sont aussi proposées pour la fraction de gaz détruit par la technologie de contrôle des émissions ($d_{i,p}$ et $d_{CF_4,p}$). Si possible, on peut remplacer les valeurs par défaut par des facteurs d'émission spécifiques à l'entreprise ou à l'usine. Les équations tiennent compte de l'utilisation de dispositifs de contrôle des émissions spécifiques à l'usine, mais ne tiennent pas compte des différences entre les procédés ou les outils individuels, ou entre les usines de fabrication pour ce qui est de leurs procédés et outils. Les estimations de Niveau 2b seront donc moins exactes que celles de Niveau 2a.

Méthode de Niveau 2c – Paramètres spécifiques au CF

Cette méthode calcule les émissions pour chaque CF utilisé sur la base de données spécifiques à l'entreprise sur les ventes ou les achats de gaz et sur les technologies de contrôle des émissions. Elle utilise des valeurs par défaut génériques pour l'ensemble de l'industrie pour la fraction de gaz acheté qui demeure dans le conteneur d'expédition après utilisation (h), la fraction de gaz « utilisé » (détruit ou transformé) dans le procédé de fabrication de semi-conducteurs, et la fraction de gaz converti en CF_4 pendant la fabrication de semi-

conducteurs. Comme pour les méthodes de Niveau 2a et 2b, les émissions totales sont égales à la somme des émissions par le CF_i utilisé pendant le procédé de production, plus les émissions de CF_4 sous-produit résultant de l'utilisation du gaz CF_i , comme indiqué dans les Équations 3.29 et 3.30. Contrairement aux méthodes de Niveau 2a et 2b, la méthode de Niveau 2c ne distingue pas entre les procédés ou les types de procédés.

Comme indiqué plus en détail ci-dessous dans la section sur les facteurs d'émission, la méthode de Niveau 2c utilise le facteur d'émission pour le type de procédé (DPV ou gravure) utilisant le plus fréquemment le CF individuel pour la fabrication de semi-conducteurs. Cette méthode reflète une tendance actuelle dans laquelle les CF individuels tendent à être utilisés en prédominance dans des types de procédés particuliers (DPV ou gravure) au sein de l'industrie des semi-conducteurs. Cependant, dans des pays dont les entreprises ou les usines ont un mode de fonctionnement très différent du mode courant dans ce secteur (qui utilisent, par exemple, un gaz principalement pour la gravure alors que ce gaz est normalement utilisé principalement pour le DPV), l'organisme chargé de l'inventaire devra évaluer le potentiel d'introduction d'erreur lié à l'emploi de la méthode de Niveau 2c plutôt que celle de Niveau 2b.

ÉQUATION 3.29

$$\text{Émissions de } CF_i = (1 - h) \cdot [CF_i \cdot (1 - C_i) \cdot (1 - a_i \cdot d_i)]$$

où :

CF_i = Ventes/achats de gaz i en kg (CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $c-C_4F_8$, CHF_3 , NF_3 , SF_6)

h = Fraction de gaz demeurant dans le conteneur d'expédition (fond de réservoir) après utilisation

C_i = Taux d'utilisation du gaz (fraction détruite ou transformée par le procédé)

a_i = Fraction de volume de gaz i utilisé par les procédés avec des technologies de contrôle des émissions (spécifique à l'entreprise ou à l'usine)

d_i = Fraction de gaz i détruit par la technologie de contrôle des émissions

ÉQUATION 3.30

$$\text{Émissions de } CF_4 \text{ sous-produit pour } CF_i = (1 - h) \cdot [(B_i \cdot FC_i) \cdot (1 - a_i \cdot d_{CF_4})]$$

où :

B_i = kg de CF_4 créé par kg de gaz i utilisé

d_{CF_4} = Fraction de CF_4 sous-produit détruit par la technologie de contrôle des émissions

Après estimation des émissions de CF_4 pour chaque gaz, l'organisme chargé de l'inventaire ou l'entreprise devra ajouter les émissions pour tous les gaz afin d'obtenir une estimation agrégée des émissions de CF_4 .

Cette méthode ne tient pas compte des différences entre les types de procédés (gravure ou DPV), des procédés individuels ou des outils.

Méthode de Niveau 1 – Défaut

La méthode de Niveau 1 est la méthode d'estimation la moins exacte. Elle ne doit être utilisée que si l'on ne dispose pas de données spécifiques à l'entreprise. Cette méthode calcule les émissions pour chaque CF utilisé, sur la base des données nationales sur les ventes ou achats de gaz. Elle utilise des valeurs par défaut génériques pour l'ensemble de l'industrie pour les paramètres suivants : fraction du gaz acheté qui demeure dans le conteneur d'expédition après utilisation, fraction de gaz « utilisé » (transformé ou détruit) par le procédé de fabrication de semi-conducteurs, et fraction de gaz converti en CF_4 pendant la fabrication de semi-conducteurs. Comme pour la méthode de Niveau 2, les émissions sont égales à la somme des émissions par le gaz CF_i utilisé dans le procédé de production plus les émissions de CF_4 sous-produit résultant de l'utilisation du gaz CF_i , comme indiqué dans les Équations 3.31 et 3.32.

ÉQUATION 3.31

$$\text{Émissions de } CF_i = (1 - h) \cdot [CF_i \cdot (1 - C_i)]$$

où :

CF_i = Ventes/achats de gaz i en kg (CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $c-C_4F_8$, CHF_3 , NF_3 , SF_6)

h = Fraction de gaz demeurant dans le conteneur d'expédition (fond de réservoir) après utilisation

C_i = Taux d'utilisation du gaz (fraction détruite ou transformée par le procédé)

ÉQUATION 3.32

$$\text{Émissions de CF}_4 \text{ pour CF}_i = (1 - h) \cdot (B_i \cdot FC_i)$$

où :

$$B_i = \text{kg de CF}_4 \text{ créé par kg de gaz } i$$

Après estimation des émissions de CF₄ pour chaque gaz, l'organisme chargé de l'inventaire ou l'entreprise devra ajouter les émissions pour tous les gaz afin d'obtenir une estimation agrégée des émissions de CF₄.

Cette méthode ne tient pas compte des différences entre les types de procédés (gravure ou nettoyage), des procédés individuels ou des outils. Elle ne tient pas compte non plus de la possibilité d'utilisation de dispositifs de contrôle des émissions atmosphériques.

CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Comme indiqué plus haut, les facteurs d'émission basés sur des variables simples de production de semi-conducteurs ne suffisent pas pour prendre en compte tous les facteurs qui influent sur les émissions. Des données sur chaque paramètre indiqué ci-dessous sont nécessaires pour établir une estimation rigoureuse :

- Gaz utilisés ;
- Type de procédé (DPV ou gravure) utilisé ;
- Marque d'outil de procédé utilisé ;
- Technologie de réduction des émissions atmosphériques.

Des valeurs par défaut ont été établies pour les paramètres utilisés avec les méthodes de Niveau 1, Niveau 2b et 2c et reflètent les publications scientifiques et l'opinion d'experts (voir Tableau 3.15, *Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de HFC, PFC et SF₆ imputables à la fabrication de semi-conducteurs*). En raison de la difficulté à représenter la variété des conditions de production au sein de l'industrie des semi-conducteurs, les paramètres d'émission par défaut sont intrinsèquement incertains. On peut améliorer l'exactitude en utilisant des ensembles plus grands de données de mesures, où les facteurs s'appliquent à des procédés similaires utilisant des compositions chimiques similaires ou identiques. Actuellement, on sait que les facteurs d'émission des technologies de destruction (réduction) ont une incertitude et une variabilité plus élevées que les facteurs d'émission des procédés de fabrication. L'évolution technologique rapide dans le domaine de la production de produits chimiques et de matériel, et de la fabrication de semi-conducteurs devrait entraîner des réductions considérables des émissions pour cette industrie au cours des dix prochaines années. Cette évolution devrait aussi influencer sur les facteurs d'émission. L'industrie des semi-conducteurs a créé un mécanisme par le biais du Conseil mondial des semi-conducteurs pour l'évaluation des facteurs d'émissions globaux. L'organisme chargé de l'inventaire est invité à consulter périodiquement l'industrie pour mieux comprendre le contexte national et international.

La valeur par défaut pour la fraction de gaz demeurant dans le conteneur d'expédition (fond de réservoir) est de 0,10.

TABLEAU 3.15 FACTEURS D'ÉMISSION PAR DEFAULT POUR LES ÉMISSIONS DE HFC, PFC ET DE SF ₆ IMPUTABLES A LA FABRICATION DE SEMI- CONDUCTEURS							
	CF ₄	C ₂ F ₆	CHF ₃	C ₃ F ₈	c-C ₄ F ₈	NF ₃	SF ₆
Niveau 1							
1 – C _i	0,8	0,7	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5
B	SO	0,1	SO	0,2	SO	SO	SO
Niveau 2c							
1 – C _i	0,8	0,7	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5
B	SO	0,1	SO	0,2	SO	SO	SO
Niveau 2b							
Gravure 1 – C _i	0,7	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3 ^a	0,5
DPV 1 – C _i	0,8	0,7	SO	0,4	PD	0,2	0,2
Gravure B	SO	0,1	SO	PD	SO	SO	SO
DPV B	SO	0,1	SO	0,2	SO	SO	SO
Technologie de contrôle des émissions (d)	CF₄	C₂F₆	CHF₃	C₃F₈	c-C₄F₈	NF₃	SF₆
Niveau 2c^b	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Niveau 2b							
Tube chaud ^c	0,1	0,3	NT	NT	NT	0,5	0,1
Combustion alimentée ^d	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Plasma (avec addition de vapeur de H ₂ O) ^e	0,9	NT	0,9	NT	0,9	0,9	0,9
Plasma (avec addition de O ₂)	0,9	NT	0,9	NT	0,9	0,8	0,8
Catalytique ^f	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Absorption cryogénique	0,7	0,9	0,9	NT	NT	NT	0,9
Séparation par membrane	0,8	0,9	NT	NT	NT	NT	0,9
^a L'emploi de NF ₃ dans la gravure est généralement faible comparé au DPV. En général, les émissions agrégées de NF ₃ imputables à la gravure et au DPV avec le Niveau 2b ne seront pas supérieures aux estimations obtenues avec les méthodes de Niveau 2c ou de Niveau 1. ^b Des facteurs de Niveau 2c pour la technologie de contrôle des émissions ne s'appliquent qu'aux dispositifs à combustion alimentée, plasma, et catalytiques conçus spécifiquement pour réduire les CF. Avec la méthode de Niveau 2c, on suppose que les autres technologies, telles que les tubes chauds, ont un pouvoir de réduction de 0 pour cent. Sources : ^c Rapport sur le transfert de technologie de SEMATECH, SEMATECH, 1994. ^d Données du vendeur vérifiées par des fabricants de semi-conducteurs. ^e Projet de rapport sur le transfert de technologies de SEMATECH, SEMATECH, 1999. ^f Données pour la technologie catalytique, absorption cryogénique et séparation par membrane, présentées au <i>Semicon SW 1999</i> , Austin, Texas, États-Unis. SO = sans objet, PD = pas de données, NT = non testé.							

FACTEURS D'ÉMISSION DES OUTILS DE PROCÉDÉS

Les procédures pour le calcul des facteurs d'émission des outils de procédés pour les méthodes de Niveau 1, Niveau 2c et Niveau 2b sont identiques. On entend par facteurs d'émission des outils de procédés la quantité de gaz à effet de serre émise divisée par la quantité de gaz à effet de serre utilisé dans le procédé. Les facteurs d'émission correspondent au terme « $(1 - C_i)$ » dans les formules de Niveau 1 et Niveau 2. Par exemple, le facteur d'émission de 0,8 pour le CF_4 (voir Tableau 3.15 ci-dessus, valeur de Niveau 1) signifie que 80 pour cent du CF_4 utilisé dans le procédé est émis sous forme de CF_4 . Des facteurs d'émission des sous-produits ont aussi été calculés. Le groupe d'experts a conclu que la seule émission de sous-produit significative était celle de CF_4 , et que seuls C_2F_6 et C_3F_8 émettaient une quantité significative de CF_4 comme sous-produit. Suite à ces conclusions, des facteurs d'émission de CF_4 comme sous-produit ont été calculés uniquement pour C_2F_6 et C_3F_8 . Par exemple, une valeur de 0,2 pour C_3F_8 (au Tableau 3.15 ci-dessus, valeur de Niveau 1) signifie que 20 pour cent du C_3F_8 utilisé est converti en CF_4 .

Pour calculer les facteurs d'émission des outils de procédés de Niveau 2b, des données ont été obtenues auprès de fabricants de matériel de procédés et de fabricants de semi-conducteurs. Elles ont été collectées par type de procédé (Dépôt en phase vapeur (DPV) ou gravure) et par type de gaz (C_2F_6 , CF_4). Les tests sur les émissions ont été effectués par spectrographie de masse quadripolaire (SMQ) en temps réel et spectroscopie infrarouge transformée de Fourier (SITF). Les normes d'étalonnage (en général 1 pour cent de mélanges avec un équilibre de N_2) ont permis de quantifier les résultats. L'analyse qualitative et les critères de contrôle de la qualité observés sont présentés dans la Révision 3 des « Lignes directrices pour la caractérisation environnementale du matériel ». Les facteurs d'émission pour le Niveau 2b (voir Tableau 3.15 ci-dessus) sont la simple moyenne des données recueillies pour chaque gaz pour la gravure et le DPV, arrondie à un chiffre significatif.

Il est nécessaire de connaître les quantités de gaz utilisé dans des procédés typiques de fabrication de semi-conducteurs pour déterminer les facteurs d'émission des outils de procédés de Niveau 1 et de Niveau 2c. Les facteurs d'émission de Niveau 1 et de Niveau 2c ont été obtenus en déterminant pour chaque gaz le procédé (DPV ou gravure) utilisant le plus de gaz. Par exemple, les facteurs d'émission de Niveau 2b pour le SF_6 sont 0,5 (gravure) et 0,2 (DPV). Étant donné que dans l'industrie des semi-conducteurs, le SF_6 est employé principalement dans les procédés de gravure, on a utilisé le facteur d'émission de Niveau 2b pour la gravure pour le facteur d'émission de Niveau 1 pour SF_6 .

Pour les facteurs d'émission de Niveau 2a, les fabricants de semi-conducteurs utilisent des valeurs spécifiques à l'entreprise ou à l'usine plutôt que les valeurs par défaut figurant au Tableau 3.15 ci-dessus.³¹ Pour garantir la qualité des facteurs d'émission, les tests sur les émissions devront être effectués conformément à des méthodes accréditées.³² Si un prestataire de services effectue les tests sur les émissions, le fabricant de semi-conducteurs devra s'assurer que le prestataire est capable de satisfaire à toutes les exigences stipulées dans la Révision 3.0 des Lignes directrices pour la caractérisation environnementale du matériel. Les fabricants de semi-conducteurs qui utilisent des facteurs d'émission fournis par le fournisseur d'outils de procédés devront s'assurer que les facteurs d'émission sont applicables à ses procédés de fabrication spécifiques. Les méthodes de fabrication dont les paramètres de procédés (pression, débit, etc.) s'écartent des conditions moyennes peuvent avoir d'autres facteurs d'émission que ceux fournis par les fabricants d'outils.³³

FACTEURS DE LA TECHNOLOGIE DE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS

Facteurs d'émission de Niveau 2B

Les facteurs pour la technologie de contrôle des émissions de Niveau 2b incluent les hypothèses suivantes :

- (i) Les résultats indiqués concernent des tests d'émissions réelles en usine, sans inclusion de résultats de laboratoire ;
- (ii) La réduction par plasma est applicable uniquement aux outils de gravure (égale ou inférieure à 200mm) ;
- (iii) Les facteurs d'émission pour la capture/récupération (absorption cryogénique et séparation par membrane) s'appliquent uniquement à la partie capture du procédé ; le pouvoir de récupération doit être caractérisé ailleurs ;

³¹ « Spécifiques à l'usine » signifie spécifique à une usine de fabrication.

³² Un exemple de méthode de test accréditée internationalement figure dans la dernière version de la publication de la Semiconductor Industry Association (2000) *Equipment Environmental Characterisation Guidelines* (Révision 3.0 pour février 2000).

³³ Les conditions moyennes désignent les conditions dans lesquelles les fabricants de matériel normalisent leur matériel destiné à la vente. Les fabricants de semi-conducteurs modifient couramment ces conditions en vue d'une optimisation répondant à des besoins particuliers.

- (iv) Le coût de propriété et l'applicabilité des technologies sont extrêmement variables ;
- (v) L'applicabilité des technologies pour des émissions imputables aux procédés pour plaquettes > 200 mm n'a pas été caractérisée.

Les valeurs présentées au Tableau 3.15, *Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de HFC, PFC et SF₆ imputables à la fabrication de semi-conducteurs*, sont la moyenne de toutes les données reçues pour chaque type de technologie et de gaz utilisés, arrondie vers le bas au 10 pour cent suivant (une moyenne de 98 pour cent, par exemple, serait arrondie vers le bas à 0,9). Cet arrondissement vers le bas a pour but de refléter le fait que (i) l'efficacité des dispositifs de contrôle des émissions varie en fonction des gaz pour lesquels ces dispositifs sont optimisés, et (ii) l'efficacité de ces dispositifs de contrôle avec de nouveaux outils de fabrication de plaquettes plus grandes (>200 mm) est mal caractérisée. Un dispositif de contrôle optimisé pour détruire 99 pour cent d'un CF sur un outil détruira moins de 95 pour cent de ce CF lorsque son optimisation est axée sur un autre CF ou lorsqu'il est utilisé sur un outil autre que celui pour lequel il a été conçu.

Bien qu'encore peu répandues dans l'industrie à l'heure actuelle, les technologies de contrôle des émissions se développent rapidement. Les facteurs d'émission par défaut de la technologie de contrôle indiqués au Tableau 3.15, *Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de HFC, PFC et SF₆ imputables à la fabrication de semi-conducteurs*, sont basés sur des tests limités de dispositifs de contrôle dans un petit sous-ensemble de procédés et d'outils. Les résultats devraient varier selon les outils et les débits de gaz. De plus, des technologies de réduction individuelles ne sont pas applicables à tous les outils ou procédés dans les usines de fabrication de semi-conducteurs.

Facteurs d'émission de Niveau 2c

Les facteurs des technologies de contrôle des émissions indiqués pour le Niveau 2c ont été calculés à partir de données fournies par les fournisseurs de matériel, les fournisseurs de dispositifs de réduction et les fabricants de semi-conducteurs. Ici aussi, les valeurs sont la moyenne de toutes les données reçues pour chaque type de gaz utilisé, arrondie vers le bas au 10 pour cent suivant. On notera que seules les données pour des dispositifs de réduction conçus spécifiquement pour réduire les CF ont été utilisées dans le calcul de la moyenne. Les données ont été obtenues pour des dispositifs de réduction de combustion (qui utilisent tous un combustible), des dispositifs de réduction au plasma, et des dispositifs de réduction catalytique. Des facteurs d'émission par défaut pour la technologie de réduction pour le Niveau 2c ne devront être utilisés que pour les technologies de réduction conçues spécifiquement et installées en vue de la réduction des émissions de CF. Les entreprises qui utilisent d'autres types de dispositifs de réduction, tels que les tubes chauds, devront supposer un pouvoir de destruction de 0 pour cent avec la méthode de Niveau 2c. Les technologies de contrôle des émissions évolueront avec le temps et les facteurs d'émission devront être réévalués périodiquement.

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités pour ce secteur sont des données sur les ventes, achats, ou utilisation de gaz. Pour les méthodes de Niveau 2 qui exigent plus de données, il est nécessaire d'obtenir des données sur les achats de gaz spécifiques à l'entreprise ou à l'usine. Pour la méthode de Niveau 1, il est préférable d'utiliser des données sur les achats spécifiques à l'entreprise. Si celles-ci ne sont pas disponibles, on peut obtenir des données sur les ventes auprès des fabricants ou distributeurs de gaz. Les données sur les ventes devront inclure uniquement le pourcentage de chaque gaz vendu à l'industrie des semi-conducteurs. Il sera peut être nécessaire de faire des suppositions au sujet de cette fraction si ces données ne sont pas disponibles.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

La méthode de Niveau 2a permet d'établir l'inventaire le moins incertain et la méthode de Niveau 1 l'inventaire le plus incertain. Étant donné le petit nombre d'usines et le contrôle rigoureux des procédés de production au niveau des usines, la collecte des données nécessaires aux méthodes de Niveau 2b ou de Niveau 2a devrait être techniquement possible. La méthode de Niveau 1 a le niveau d'incertitude le plus élevé. L'organisme chargé de l'inventaire devra consulter les spécialistes de l'industrie à propos des incertitudes, conformément aux recommandations du Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, pour obtenir l'opinion d'experts.

EXHAUSTIVITE

Il devrait être possible d'établir une comptabilité complète des émissions imputables à l'industrie des semi-conducteurs dans la plupart des pays en raison du petit nombre d'entreprises et d'usines. On devra cependant tenir compte de quatre points en ce qui concerne l'exhaustivité :

- **Autres sous-produits** : Un certain nombre de sous-produits de transformation sont générés par l'utilisation des CF pour le dépôt chimique en phase vapeur et la gravure. Mais, à l'exception de CF₄, les concentrations de sous-produits de CF sont supposées négligeables. L'organisme chargé de l'inventaire devra réévaluer cette supposition dans le cas de l'utilisation de nouveaux gaz par l'industrie.
- **Nouveaux produits chimiques** : L'exhaustivité sera un problème à l'avenir en raison de l'évolution de l'industrie et de l'adoption de nouveaux procédés chimiques visant à améliorer les produits. L'action menée à l'échelle de l'industrie pour réduire les émissions de CF accélère également l'émergence de nouveaux produits chimiques. Par conséquent, les bonnes pratiques pour cette industrie consistent à intégrer un mécanisme qui prend en compte des gaz à effets de serre qui ne figurent pas dans le *Deuxième rapport d'évaluation du GIEC* (NF₃, C₃F₈, HFE, etc.). Ces nouveaux gaz peuvent aussi produire de nouveaux sous-produits à PRG élevés.
- **Autres sources** : Une petite quantité de CF peut être émise pendant la manutention des gaz (distribution, etc.) et par des sources telles que les usines et les fournisseurs d'outil dans le cadre de la recherche et développement (universités, etc.). On estime que ces émissions ne sont pas significatives (inférieures à 1 pour cent du total des émissions pour cette industrie).
- **Autres produits ou procédés** : L'utilisation de CF a été identifiée dans l'industrie électronique dans des applications sources d'émissions qui incluent la fabrication d'écrans plats³⁴ et des tests de fiabilité des lecteurs de disques durs (liquides inertes), les réfrigérants³⁵ (refroidissement par évaporation directe pour les appareils électriques et électroniques et les réfrigérants indirects dans les appareils électriques et électroniques en circuit fermé), le soudage par refusion en phase vapeur et le nettoyage de précision.³⁶

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

Le début de l'utilisation des CF par l'industrie des semi-conducteurs remonte à la fin des années 1970 et elle s'est accélérée considérablement au début des années 1990. Il peut s'avérer difficile de déterminer un niveau d'émissions pour l'année de référence en raison du peu de données disponibles pour les émissions antérieures à 1995. Des estimations d'émissions historiques basées sur de simple hypothèses (utilisation égale émissions, etc.) pourraient être améliorées par l'application des méthodes décrites plus haut. Si l'absence de données historiques ne permet pas d'utiliser une méthode de Niveau 2, on peut utiliser rétrospectivement la méthode de Niveau 1 qui fait appel à des paramètres d'émission par défaut. Les Niveaux 1 et 2 peuvent alors être appliqués simultanément pour les années pour lesquelles davantage de données deviennent disponibles, à titre de comparaison ou de référence. Ceci sera effectué conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

Afin d'assurer la cohérence des estimations d'émissions dans le temps, l'organisme chargé de l'inventaire devra recalculer les émissions de CF pour toutes les années de l'inventaire chaque fois que les méthodes de calcul des émissions ont changé (si, par exemple, l'organisme chargé de l'inventaire cesse d'utiliser des valeurs par défaut et utilise des valeurs réelles mesurées au niveau de l'usine). Si l'on ne dispose pas de données spécifiques à l'usine pour toutes les années de la série temporelle, on devra étudier comment les données actuelles de l'usine peuvent permettre de recalculer les émissions pour ces années. On pourra peut-être appliquer les paramètres d'émission courants spécifiques à l'usine à des données sur les ventes pour des années antérieures, s'il n'y a pas eu changement radical du fonctionnement de l'usine. Ces recalculs sont nécessaires pour garantir que toute variation des tendances d'émission est réelle et n'est pas un phénomène secondaire d'un changement méthodologique.

3.6.2 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 à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*. Il n'est pas pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire doit inclure des résumés des méthodes utilisées et des

³⁴ Les émissions imputables à la fabrication d'écrans plats (transistor à couches minces (TCM) à cristaux liquides) peuvent être estimées par des méthodes similaires à celles utilisées pour la fabrication de semi-conducteurs. Des facteurs de réduction et d'émission spécifiques à l'entreprise sont nécessaires. De très petites quantités sont aussi utilisées pour la fabrication de machines micro-électroniques (MME) et dans les laboratoires/centres de recherches et développement.

³⁵ Les émissions imputables au « tests de fiabilité des lecteurs de disques durs » et aux « réfrigérants » devront être présentées dans la Section 3.7.6, *Sous-catégorie de source Autres applications*.

³⁶ Les émissions imputables au nettoyage de précision devront être présentées dans la Section 3.7.2, *Sous-catégorie de source Solvants*.

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.

Un présentation explicite des émissions dans cette industrie améliorerait la transparence et la comparabilité des émissions. Par exemple, au Tableau 2F des tableaux de présentation du GIEC, il serait utile d'ajouter une ligne supplémentaire pour les émissions imputables à la fabrication de semi-conducteurs. Un certain nombre de CF sont émis par cette industrie, et une présentation par gaz individuel plutôt que par type chimique améliorerait la transparence et l'utilité de ces données. Les mesures prises pour améliorer la transparence devront également tenir compte de la nécessité de protéger la confidentialité de certaines informations commerciales sur l'utilisation d'un gaz spécifique. L'agrégation au niveau national des données d'émissions spécifiques au gaz devrait respecter cette confidentialité dans les pays ayant plus de trois fabricants. Le Tableau 3.16, *Information nécessaire à la transparence totale des estimations des émissions imputables à la fabrication de semi-conducteurs*, présente les données justificatives nécessaires à la transparence totale des estimations d'émissions dans les inventaires.

Les bonnes pratiques pour le Niveau 2a consistent à documenter le calcul des facteurs d'émission spécifiques à l'entreprise, et à expliquer l'écart par rapport à des valeurs par défaut génériques. Étant donné le souci de confidentialité, l'organisme chargé de l'inventaire peut souhaiter agréger cette information pour les fabricants. Lorsque les fabricants d'un pays ont fourni des facteurs d'émission ou de conversion différents pour un CF ou un procédé ou un type de procédé donné, l'organisme peut présenter la plage de facteurs fournis et utilisés.

Jusqu'à ce que des décisions soient prises sur la manutention de NF₃, C₅F₈, HFE et autres gaz CF, les émissions devront être présentées séparément et ne seront pas incluses dans le total des calculs d'émissions.

TABLEAU 3.16 INFORMATION NECESSAIRE A LA TRANSPARENCE TOTALE DES ESTIMATIONS DES ÉMISSIONS IMPUTABLES A LA FABRICATION DE SEMI-CONDUCTEURS				
Données	Niveau 1	Niveau 2c	Niveau 2b	Niveau 2a
Émissions de chaque CF (plutôt qu'agrégées pour tous les CF)	X	X	X	X
Ventes/achats de chaque CF	X	X		
Masse de chaque CF utilisé dans chaque procédé ou type de procédé			X	X
Fraction de chaque CF utilisé dans des procédés avec technologies de contrôle des émissions		X	X	X
Taux d'utilisation pour chaque CF pour chaque procédé ou type de procédé (cette information et les suivantes ne sont nécessaires que si l'on n'utilise pas de valeurs par défaut)				X
Fraction de chaque CF transformé en CF ₄ pour chaque procédé ou type de procédé				X
Fraction de gaz demeurant dans le conteneur d'expédition				X
Fraction de chaque CF détruit par technologie de contrôle des émissions				X
Fraction de CF ₄ sous-produit détruit par la technologie de contrôle des émissions				X

3.6.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les bonnes pratiques consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

D'autres recommandations générales pour des procédures AQ/CQ de Niveau supérieur figurent au Chapitre 8. En raison de la nature extrêmement compétitive de l'industrie des semi-conducteurs, le processus de vérification devra intégrer des procédures sur le traitement des données commerciales confidentielles. Les méthodes utilisées devront être documentées, et on devra envisager un audit périodique des mesures et des calculs des données, ainsi qu'un audit AQ des procédés et procédures.

3.7 ÉMISSIONS DE PRODUITS DE REMPLACEMENT DES SUBSTANCES QUI APPAUVRISSENT LA COUCHE D'OZONE (PRODUITS DE REMPLACEMENT DES SAO)

Vue d'ensemble (3.7.1 à 3.7.7)

Le présent chapitre contient des *recommandations en matière de bonnes pratiques* à propos de sept sources d'émissions de produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO). Chaque utilisation indiquée ci-dessous est examinée dans une section individuelle :

- Aérosols et inhalateurs-doseurs ;
- Utilisation de solvants ;
- Mousses ;
- Réfrigération fixe ;
- Climatisation automobile ;
- Protection incendie ;
- Autres applications.

Méthodologie générale pour toutes les sous-catégories de source de produits de remplacement des SAO

CHOIX DE LA METHODE

Les *Lignes directrices du GIEC* décrivent deux Niveaux pour l'estimation des émissions résultant de l'utilisation de produits de remplacement des SAO : la méthode « supérieure » ou « réelle » (Niveau 2), et la méthode « de base » ou « potentielle » (Niveau 1).³⁷ La méthode réelle (Niveau 2) tient compte du délai entre la consommation et les émissions de produits de remplacement des SAO, alors que la méthode potentielle suppose que les émissions se produisent pendant l'année de production ou de vente du produit chimique dans un secteur d'utilisation spécifique.

Bien que la méthode de Niveau 1 nécessite moins de données, elle peut donner des estimations très inexactes à court terme étant donné que, pour des sources à longue durée de vie, telles que les réfrigérateurs, des produits chimiques sont émis pendant plusieurs années. Plus la durée d'émission de produit chimique est longue, plus le risque d'inexactitude de la méthode « potentielle » est élevé. Si, comme c'est le cas dans la majorité de pays, les ventes de matériel augmentent chaque année, la quantité totale de produits chimiques stockés dans le matériel utilisé augmentera également. Par conséquent, la méthode potentielle surestimera probablement les émissions.

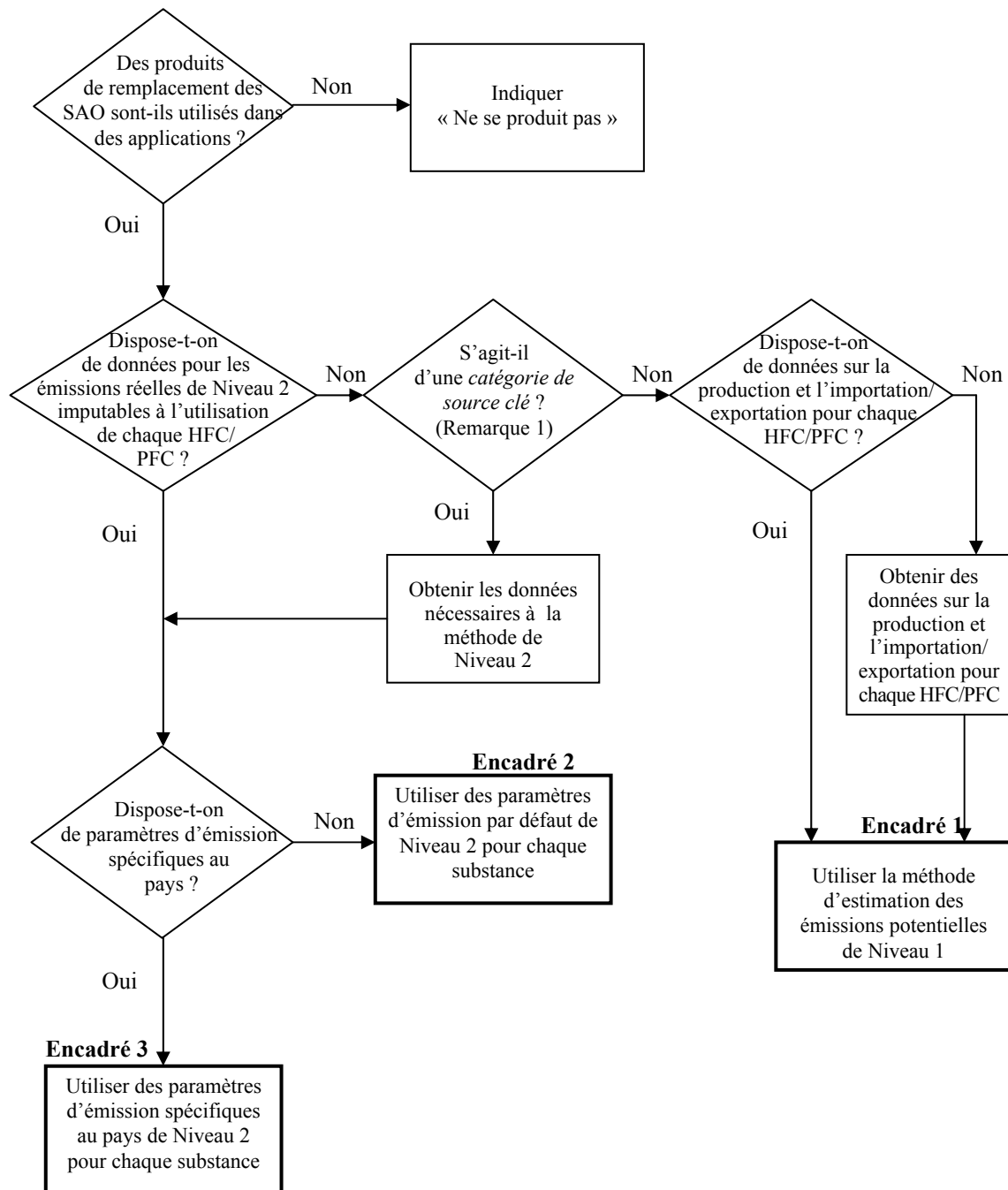
Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser la méthode réelle de Niveau 2 pour toutes les sous-catégories dans cette catégorie de source. La cohérence exige que l'organisme chargé de l'inventaire s'efforce d'appliquer les méthodologies réelles à l'ensemble des sources d'émission de produits de remplacement des SAO. S'il n'est pas en mesure de le faire pour toutes les sous-catégories de source, conformément aux *bonnes pratiques*, il devra recalculer et présenter les estimations potentielles pour toutes les sous-catégories de source pour permettre la somme des émissions totales. *L'organisme chargé de l'inventaire ne doit pas ajouter les estimations d'émissions réelles et potentielles.*

Le diagramme décisionnel général à la Figure 3.11, *Diagramme décisionnel général pour tous les produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone*, décrit les *bonnes pratiques* pour le choix des méthodes de Niveau 2 et de Niveau 1 pour chaque utilisation dans les sept sous-sections qui suivent. Conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera la méthode de Niveau 2 pour les sous-catégories de source identifiées en tant que '*sous-catégories de source clés*' comme indiqué au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*. Cette identification

³⁷ La Conférence des Parties à la CCNUCC, lors de sa troisième session, a affirmé que « les émissions réelles d'hydrofluorocarbures, perfluorocarbures et hexafluorure de soufre devront être estimées, si des données sont disponibles, et utilisées pour la présentation des émissions. Les Parties devront s'efforcer d'établir les sources de données nécessaires. » (Décision 2/CP.3, Problèmes méthodologiques concernant le Protocole de Kyoto.)

est faite au niveau de la catégorie de source du GIEC (dans ce cas « Produits de remplacement des SAO ») et non pas au niveau de la sous-catégorie de source du GIEC.

Figure 3.11 Diagramme décisionnel général pour tous les produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d’ozone



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d’inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l’inventaire total des gaz à effet de serre directs d’un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

Les recommandations en matière de bonnes pratiques dans la présente section concernent les variations de la méthode de Niveau 2, plutôt que l'application de la méthode potentielle. Chaque sous-section explique comment appliquer ces méthodes à des sous-catégories de source de SAO spécifiques, examine les données existantes, et identifie des lacunes dans ce domaine. Pour d'autres recommandations sur l'application de la méthode de Niveau 1, les pays peuvent se référer à la Section 2.17.3 des *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3.

En général, les *bonnes pratiques* consistent à obtenir des données nationales appropriées pour la méthode de Niveau 2 lorsque les émissions imputables aux catégories de source Produits de remplacement des SAO sont un composant significatif de l'inventaire national. Ceci pourra nécessiter un modèle spécifique au pays. Des diagrammes décisionnels plus détaillés sont inclus pour chaque sous-catégorie de source afin de faciliter l'identification des données nécessaires et le choix de la méthode de Niveau 2.

L'organisme chargé de l'inventaire appliquant la méthode de Niveau 2 devra déterminer s'il utilisera des méthodes ascendantes ou descendantes. La méthode ascendante tient compte explicitement du délai entre la consommation et les émissions, par le biais de facteurs d'émission. La méthode descendante tient compte du délai implicitement, en étudiant la consommation pour une année donnée du produit chimique utilisé pour remplacer un produit chimique émis dans l'atmosphère.

Niveau 2a – Méthode ascendante

La méthode ascendante est basée sur le nombre de produits et utilisations consommant et émettant des produits de remplacement des SAO. Cette méthode estime le nombre d'unités matérielles utilisant ces produits chimiques, les charges chimiques moyennes, la durée de vie utile moyenne, les taux d'émission, le recyclage, l'élimination et d'autres paramètres pertinents. On estime ensuite les émissions annuelles en tant que fonction de ces paramètres pour toute la durée de vie utile de ces unités. Étant donné que ces unités varient considérablement pour ce qui est de la quantité de produit chimique utilisé, de la durée de vie utile et des taux d'émission, la caractérisation de ce matériel peut être une tâche coûteuse en ressources. Plus le matériel utilisé a une longue durée de vie, et plus le matériel utilisé pour une application est varié, plus la méthode ascendante devra être complexe pour tenir compte des émissions.³⁸ La méthode ascendante peut fournir une estimation exacte des émissions si les données nécessaires pour l'équation ci-dessous sont disponibles pour tous les types de matériel, quel que soit son âge :

ÉQUATION 3.33

$$\text{Émissions totales de chaque PFC ou HFC} = \text{Émissions pendant l'assemblage du matériel} + \text{Émissions pendant le fonctionnement du matériel} + \text{Émissions pendant l'élimination du matériel}$$

Les *émissions pendant l'assemblage* sont des émissions fugitives qui se produisent lors de la charge ou de la recharge du matériel avec le produit chimique. Les émissions peuvent être également des fuites ou des émissions intentionnelles pendant le *fonctionnement*. Enfin, au terme de la durée de vie du matériel, au stade de son *élimination*, la charge restante de HFC/PFC est émise dans l'atmosphère, est recyclée, voire détruite.

La nécessité d'actualiser les inventaires de matériel sur une base annuelle peut être un problème majeur pour les organismes chargés des inventaires dont les ressources sont limitées. La méthode ascendante ne nécessite pas de données annuelles sur la consommation de produits chimiques, bien que ces données puissent contribuer à l'assurance de la qualité.

Niveau 2b – Méthode descendante

La méthode descendante estime aussi les émissions pendant l'assemblage, le fonctionnement et l'élimination du matériel, mais n'est pas basée sur des facteurs d'émission. Elle utilise la consommation mesurée (c'est-à-dire les ventes) pour chaque produit chimique dans le pays ou dans le centre de production étudié. L'équation générale est la suivante :³⁹

ÉQUATION 3.34

$$\text{Émissions} = \text{Ventes annuelles de gaz} - (\text{Charge totale du nouveau matériel} - \text{Charge totale initiale du matériel mis hors service})$$

³⁸ Étant donné qu'une vingtaine de HFC et de PFC pourraient être utilisés comme produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, et que les sources d'émissions sont nombreuses et extrêmement diverses, l'application de la méthode ascendante fait intervenir des volumes de données et des niveaux de complexité élevés.

³⁹ Conditions limites : S'il n'y a pas de changement net de la charge totale du matériel, les ventes annuelles sont égales aux émissions. Si le changement net de la charge totale du matériel est égal aux ventes annuelles, les émissions sont nulles.

L'industrie achète de nouveaux produits chimiques aux fabricants pour remplacer les fuites (c'est-à-dire les émissions) du stock de matériel en service, ou pour effectuer un changement net du volume de la charge totale du stock de matériel.⁴⁰ La charge totale du nouveau matériel moins la charge totale initiale du matériel mis hors service représente le changement net de la charge du stock de matériel. Un changement net positif indique qu'une partie du nouveau produit chimique est utilisée pour augmenter la charge totale, et, par conséquent, on ne peut pas dire qu'elle remplace les émissions de l'année précédente.

Avec cette méthode, il n'est *pas* nécessaire de connaître la quantité totale de chaque produit chimique dans le stock de matériel pour calculer les émissions ; il suffit de connaître les charges totales du nouveau matériel et du matériel mis hors service. C'est la méthode la plus directement applicable aux sous-catégories de source Réfrigération, Climatisation automobile et Protection incendie. D'autres élaborations et modifications de cette méthode sont présentées dans la description de chaque sous-catégorie de source. Par ailleurs, de nouveaux modèles permettent de ventiler les ventes de produits chimiques selon diverses utilisations dans différentes parties du monde. Les modèles actuels concernent l'utilisation de produits de remplacement des SAO dans des secteurs spécifiques, tels que les mousses et la protection incendie.⁴¹

CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Le type de facteur d'émission requis dépend de la méthode de Niveau 2 utilisée.

Niveau 2a – Méthode ascendante

La méthode ascendante nécessite des facteurs d'émission spécifiques pour l'estimation des taux d'émission par types de matériel et de secteur. Les facteurs d'émission devront être basés sur une étude des unités matérielles composant le stock national qui permettra de déterminer les années de vie utile restant, les charges moyennes, les taux d'installation rétroactive, les taux de fuites, les quantités éliminées et les modes de récupération. Les *Lignes directrices du GIEC* présentent des valeurs par défaut pour certains de ces paramètres, mais celles-ci ne sont pas spécifiques au pays. Les *Recommandations en matière de bonnes pratiques* contiennent des valeurs par défaut supplémentaires pour certaines sous-catégories de source.

Point commun à toutes les catégories, la gestion de l'élimination du matériel au terme de sa vie utile peut avoir un effet majeur sur les émissions totales. Le produit chimique qui demeure dans les systèmes (la « banque ») peut représenter jusqu'à 90 pour cent de la quantité initiale utilisée. Des problèmes spécifiques relatifs aux facteurs d'émission sont étudiés dans les sections sur les sous-catégories de source.

Niveau 2b – Méthode descendante

Comme mentionné plus haut, normalement, la méthode descendante est basée sur les ventes de produits chimiques et n'utilise pas de facteurs d'émission basés sur le matériel. Pour les exceptions à cette règle, des *recommandations en matière de bonnes pratiques* sont incluses dans chaque section sur les sous-catégories de source (émissions fugitives pendant la charge du matériel avec des HFC et des PFC, par exemple).

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Niveau 2a – Méthode ascendante

Cette méthode nécessite un inventaire des HFC/PFC présents dans les unités matérielles en service (la « banque »). Certains organismes chargés des inventaires auront peut-être accès à des données nationales publiées dans des revues professionnelles ou des rapports techniques. Mais, plus probablement, une étude sera nécessaire pour établir l'inventaire des unités ou des produits chimiques existants. Des groupes d'experts peuvent également faciliter la production de cette information. L'organisme chargé de l'inventaire pourra aussi effectuer des études annuelles pour actualiser ses inventaires des unités sectorielles, ou calculer ou estimer l'augmentation de la production pour chaque sous-catégorie de source étudiée. Les données devront refléter les nouvelles unités matérielles mises en service chaque année et les unités anciennes peu performantes mises hors service.

Niveau 2b – Méthode descendante

Les données sur les activités pour la méthode descendante portent essentiellement sur le déploiement chimique plutôt que sur les sources d'émissions. Pour certaines utilisations, telles que la protection incendie et l'industrie des mousses, des modèles globaux permettent de ventiler des données sur la production connues avec exactitude

⁴⁰ L'industrie recherche également de nouveaux produits chimiques pour remplacer les gaz détruits et pour constituer des réserves. Des termes peuvent être ajoutés à l'équation générale pour intégrer ces utilisations ; ces termes n'ont pas été inclus ici par souci de simplicité.

⁴¹ Par exemple, voir www.greenhousegases.org.

selon des utilisations dans des régions spécifiques. Les données sur les activités pour ces modèles seront particulièrement utiles pour les pays gros importateurs de produits chimiques et de matériel.

Pour la méthode basée sur les ventes, les données sur l'utilisation nationale des produits chimiques sont plus faciles à obtenir que celles pour l'inventaire national du matériel source d'émissions. Les *bonnes pratiques* consistent à obtenir des données sur le total des ventes annuelles auprès des importateurs ou des fournisseurs de gaz.⁴² Les fabricants de matériel ou les associations professionnelles qui les représentent seront probablement la meilleure source de données sur la charge totale du nouveau matériel. Pour ce qui est de la charge totale du matériel mis hors service, on devra connaître ou estimer (i) la durée de vie du matériel, et (ii) soit (a) les données historiques sur les ventes et sur la charge moyenne du matériel, soit (b) le taux d'augmentation de ces ventes et le volume des charges.

Dans les pays qui importent la totalité ou la majorité des nouveaux produits chimiques consommés, les organismes chargés des inventaires rencontreront probablement d'autres problèmes de disponibilité des données que ceux des pays qui ont une production chimique nationale importante. Si la majorité des produits chimiques est importée, en gros ou dans du matériel et dans des produits, on devra obtenir des données sur les importations pour calculer les émissions. Théoriquement, les services douaniers devront établir et communiquer des statistiques sur les importations de produits chimiques. Pour certains produits, tels que les mousses et les aérosols, il leur sera peut-être impossible de déterminer le type de produit chimique présent dans le produit (CFC ou HFC dans les aérosols, etc.), ou la présence du produit dans le matériel importé (mousses à alvéoles fermées dans les sièges automobiles, etc.). Dans ce cas, on devra peut-être obtenir ou estimer les données avec le concours des grands distributeurs et utilisateurs.

EXHAUSTIVITE

En ce qui concerne la quantité totale de produit chimique susceptible d'être émis, l'exhaustivité est assurée par le fait que les données sur les activités pour la méthode descendante sont consignées sous forme de quantités de produit chimique utilisé. L'exhaustivité est un point important pour les pays utilisant la méthode ascendante de Niveau 2, basée sur le matériel.

Une fraction du produit chimique s'échappe dans l'atmosphère pendant la production de chaque substance. Les émissions fugitives pendant la production ne sont pas prises en compte dans les méthodes de Niveau 2 (ou dans la méthode de Niveau 1). Conformément aux *bonnes pratiques*, dans les pays ayant une production chimique nationale, l'organisme chargé de l'inventaire devra inclure les émissions fugitives dans l'inventaire. La méthode suggérée consiste à appliquer un facteur d'émission à la production chimique, ou à supposer l'émission pendant la production d'un pourcentage fixe (supplémentaire) des ventes de produits chimiques. Le facteur par défaut est de 0,5 pour cent, mais l'expérience japonaise indique des émissions beaucoup plus élevées.⁴³ Conformément aux *bonnes pratiques*, on déterminera le facteur d'émission réel pour chaque usine.

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

Les organismes chargés des inventaires qui ont préparé des estimations potentielles (Niveau 1) par le passé sont invités à développer leur capacité d'établissement d'estimations de Niveau 2 à l'avenir. Conformément aux *bonnes pratiques*, les estimations réelles et potentielles ne seront pas incluses dans la même série temporelle, et on recalculera les émissions antérieures à l'aide de la méthode réelle s'il y a eu changement méthodologique. En l'absence de données, on devra réconcilier les deux méthodes pour vérifier la cohérence, conformément aux recommandations sur les recalculs présentées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*. Il convient de documenter complètement les recalculs, à des fins de transparence.

En général, les facteurs d'émission sont obtenus à partir de données historiques sur d'autres produits chimiques (CFC, par exemple) utilisés dans des marchés bien établis, et doivent être adaptés à de nouveaux produits chimiques (produits de remplacement des SAO, etc.) dans de nouveaux marchés. Des données nationales sur le déploiement pour l'année de référence sont désormais disponibles (ou peuvent être calculées avec une incertitude connue).

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

À long terme (sur plus de vingt ans), les émissions des produits de remplacement des SAO dans un pays tendront à être égales à la consommation totale pour la même échelle temporelle. Il est très difficile de quantifier l'incertitude pour les SAO pour une année donnée en raison de la multiplicité des sources et de la diversité des

⁴² La méthode de Niveau 1b des *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.17.3.3, présente la méthode par défaut pour les données sur les ventes annuelles.

⁴³ Source : VI^e Réunion du Comité pour la prévention du réchauffement global et le Chemical Products Council of Japan, 21 mai 1999.

modes d'émission. Pour la méthode descendante de Niveau 2, l'incertitude générale sera directement liée à la qualité et à l'exhaustivité des données sur les ventes et les importations de produits chimiques. Pour la méthode ascendante de Niveau 2, l'incertitude reflétera l'exhaustivité de l'enquête sur le matériel, et le caractère approprié des fonctions d'émissions établies pour caractériser les émissions. D'autres conseils sur les incertitudes figurent dans les sections des sept sous-catégories de source ci-après.

Présentation et documentation pour toutes les sous-catégories de source de produits de remplacement des SAO

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, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1 *Documentation interne et archivage*.

Comme mentionné plus haut, l'organisme chargé de l'inventaire devra établir et présenter des estimations d'émissions réelles pour le plus grand nombre de sous-catégories de source possible. Pour les sous-catégories de source pour lesquelles il n'est pas possible d'estimer des émissions réelles, l'organisme chargé de l'inventaire devra préparer et présenter des estimations d'émissions potentielles. S'il présente une méthode hybride d'estimations réelles/potentielles, il devra inclure un ensemble d'estimations potentielles pour chaque sous-catégorie de source, pour permettre le calcul des émissions totales de produits de remplacement des SAO. Comme indiqué précédemment, les estimations réelles et potentielles ne devront pas être ajoutées.

Il convient de veiller attentivement à l'équilibre entre la protection de la confidentialité et la transparence des données. Une agrégation soigneuse peut permettre de résoudre certains problèmes mais nécessitera la validation des résultats par d'autres méthodes (audits par des tiers, etc.). Si les données ont été agrégées pour préserver la confidentialité de données brevetées, des explications devront être fournies pour indiquer la méthode sous-jacente à l'agrégation.

Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/ CQ) de l'inventaire pour toutes les sous-catégories de source de produits de remplacement des SAO

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations du Chapitre 8, des procédures spécifiques pertinentes pour cette catégorie de source sont présentées ci-dessous.

Comparaison des estimations à l'aide de méthodes différentes

L'organisme chargé de l'inventaire devra utiliser la méthode d'estimation des émissions potentielles de Niveau 1 pour vérifier les estimations réelles de Niveau 2. Il pourra envisager le développement de modèles de comptabilité pour la réconciliation d'estimations d'émissions potentielles et réelles et l'amélioration du calcul des facteurs d'émission dans le temps.

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations ascendantes et les estimations de la méthode descendante de Niveau 2, en raison de l'incertitude élevée associée aux facteurs d'émission ascendants. Ceci réduira également le risque d'omission de certaines utilisations dans la méthode ascendante.

Vérification des données nationales sur les activités

Pour la méthode de Niveau 2a (ascendante), l'organisme chargé de l'inventaire devra évaluer les procédures AQ/CQ associées à l'estimation des inventaires de matériel et de produits pour vérifier qu'ils satisfont aux procédures générales décrites dans le plan AQ/CQ et que des procédures d'échantillonnage représentatives ont été utilisées. Ceci est particulièrement important pour les sous-secteurs Produits de remplacement des SAO en raison de la multitude de matériels et de produits.

Pour la méthode de Niveau 2b (descendante), l'organisme chargé de l'inventaire devra évaluer et référencer les procédures AQ/CQ mises en œuvre par les organisations responsables de la production des données sur le déploiement chimique. Les données sur les ventes pourront être fournies par des fabricants, importateurs, distributeurs de gaz ou associations professionnelles. Si le contrôle de la qualité associé aux données secondaires est

insuffisant, l'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer son propre contrôle de la qualité des données secondaires, réévaluer l'incertitude des estimations d'émissions dérivées des données et réexaminer l'utilisation des données.

Vérification des facteurs d'émission

Les facteurs d'émission utilisés pour la méthode de Niveau 2a (ascendante) devront être basés sur des études spécifiques au pays. L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer ces facteurs aux valeurs par défaut. Il devra déterminer si les valeurs spécifiques au pays sont raisonnables, étant donné les similarités ou les différences entre la catégorie de source nationale et la source représentée par les valeurs par défaut. Toute différence entre les deux types de facteurs devra être expliquée et documentée.

3.7.1 Sous-catégorie de source Aérosols

3.7.1.1 Méthodologie

La plupart des produits aérosols contiennent des hydrocarbures (HC) utilisés comme propulseurs, mais, pour un petit pourcentage du total, les propulseurs ou les solvants sont des HFC et des PFC. En général, les émissions imputables aux aérosols se produisent peu de temps après la production, en moyenne six mois après la vente. L'utilisation des aérosols émet 100 pour cent du produit chimique (Gamlen *et al.*, 1986, USEPA, 1992a). Les cinq sources principales sont les suivantes :

- (i) Inhalateurs-doseurs (inhalateurs pré-dosés calibrés) ;
- (ii) Produits d'hygiène (produits de soins capillaires, déodorants, mousse à raser, etc.) ;
- (iii) Produits d'entretien domestique (désodorisants, produits de nettoyage des fours ou des tissus, etc.) ;
- (iv) Produits industriels (nettoyants spéciaux en aérosols, lubrifiants, dégivreurs, etc.)
- (v) Autres produits généraux (serpentins en aérosols, gonfleurs de pneus, klaxons, etc.).

Les HFC utilisés actuellement comme propulseurs incluent HFC-134a, HFC-227ea, et HFC-152a. Les produits HFC-43-10mee et un PFC, le perfluorohexane, sont utilisés comme solvants dans les produits aérosols industriels.⁴⁴

CHOIX DE LA METHODE

Les émissions des aérosols sont dites « rapides » car la totalité de la charge initiale est émise au cours de la première ou de la deuxième année après la vente. Par conséquent, pour estimer les émissions, il est nécessaire de connaître la charge totale initiale d'aérosol des conteneurs du produit avant la vente. Les émissions de chaque aérosol pour l'année t peuvent être calculées selon les *Lignes directrices du GIEC* comme suit :

ÉQUATION 3.35

$$\begin{aligned} & \text{Émissions de HFC pour l'année t} = \\ & [(\text{Quantité de HFC et PFC dans les produits aérosols vendus pour l'année t}) \cdot (\text{FE})] \\ & + [(\text{Quantité de HFC et PFC dans les produits aérosols pour l'année (t - 1)}) \cdot (1 - \text{FE})] \end{aligned}$$

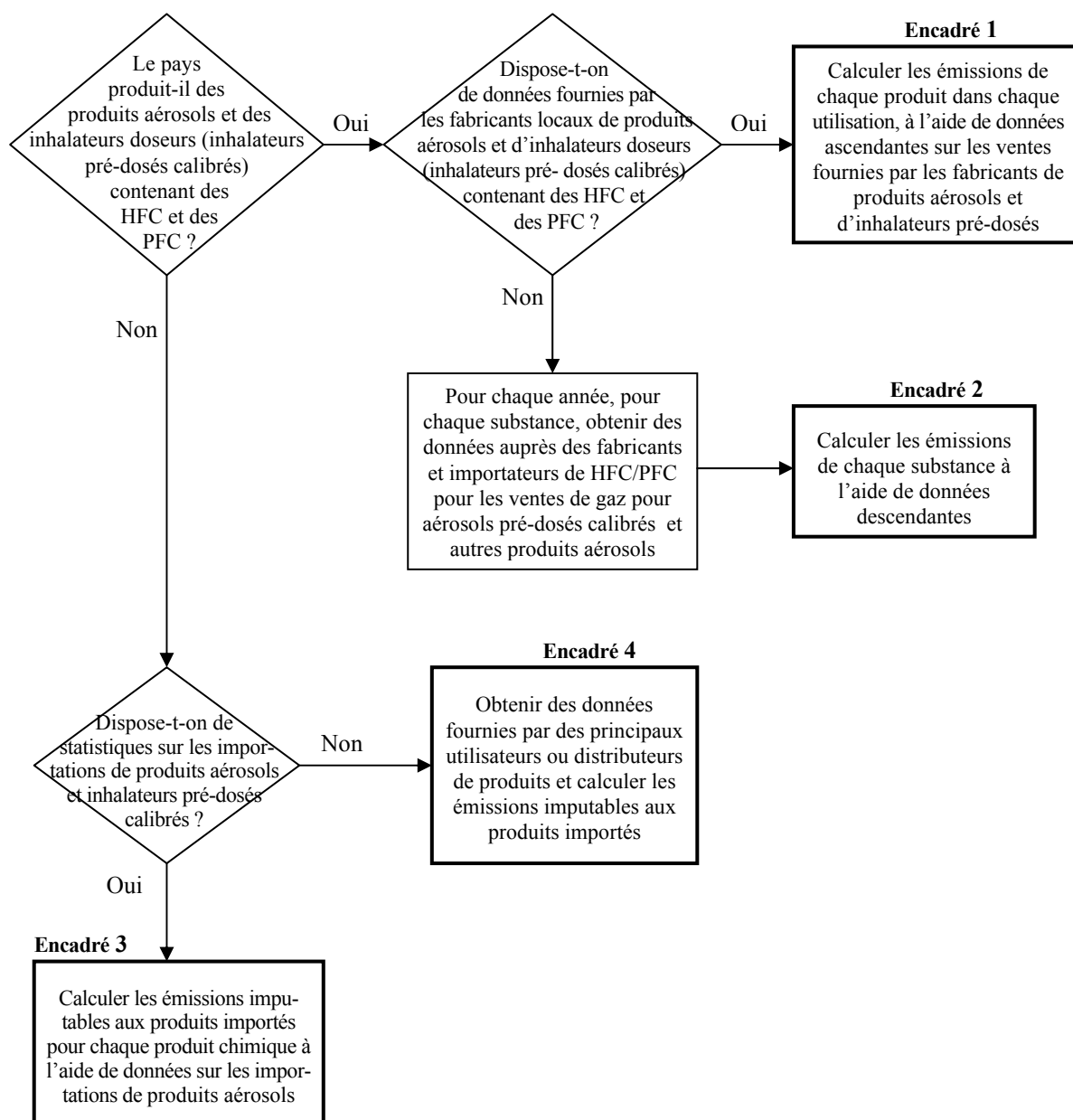
On appliquera cette équation à chaque produit chimique. Les émissions totales en équivalent carbone sont égales à la somme des émissions en équivalent carbone de chaque produit chimique.

Étant donné que le produit a une durée de vie supposée de deux ans, par définition, toute quantité non émise pendant la première année sera émise au cours de la deuxième année. En réalité, la plupart des émissions se produisent pendant la première année de l'achat du produit, mais ce calcul tient compte du délai entre la date d'achat et la date d'utilisation.⁴⁵ Un diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions réelles est inclus à la Figure 3.12, *Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Aérosols*. Le processus d'acquisition des données est décrit ci-après.

⁴⁴ HFC-43-10mee est utilisé uniquement comme solvant, mais est considéré comme un aérosol lorsqu'il est en bombe aérosol.

⁴⁵ Pour des sources à courte durée de vie, telles que les aérosols-doseurs et les produits aérosols, l'estimation des émissions potentielles est équivalente à l'utilisation d'un facteur d'émission de 100 pour cent. On obtiendra un résultat similaire à celui de la méthode réelle à condition qu'il n'y ait pas d'augmentation significative des ventes d'aérosols.

Figure 3.12 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Aérosols



CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser un facteur d'émission par défaut de 50 pour cent de la charge initiale par an pour le large éventail de produits aérosols. Ceci signifie que la moitié de la charge chimique est émise au cours de la première année, et le reste de la charge au cours de la deuxième année (Gamlen *et al.*, 1986). L'organisme chargé de l'inventaire n'utilisera d'autres facteurs d'émission que s'il dispose de preuves empiriques pour la majorité des produits aérosols. Dans tous les cas, la somme du pourcentage des facteurs d'émission devra en général être de 100 pour cent pour la durée supposée d'émission de la charge. L'établissement de facteurs d'émission spécifiques au pays devra être soigneusement documenté. Les fabricants d'aérosols généraux et d'inhalateurs pré-dosés calibrés pourront peut-être fournir des données sur les émissions résultant des procédés.

CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Les données sur les activités seront la quantité totale de chaque produit chimique dans tous les produits aérosols utilisés dans un pays (ventes domestiques et importations). Pour les pays qui importent 100 pour cent des produits aérosols, les données sur les activités sont les données sur les importations.

Les données sur les activités pour cette sous-catégorie de source peuvent être obtenues par une méthode ascendante ou descendante, en fonction de la disponibilité et de la qualité des données. La méthode ascendante nécessite des données sur le nombre de produits aérosols vendus et importés (nombre d'inhalateurs doseurs individuels, produits de soins capillaires, et gonfleurs de pneus, par exemple) et la charge moyenne par conteneur. La méthode descendante nécessite des données sur les ventes d'aérosols et d'inhalateurs pré-dosés calibrés qui seront obtenues directement auprès des fabricants de produits chimiques. Dans de nombreux cas, il peut être nécessaire d'utiliser les deux méthodes.

Production d'aérosols domestique : Pour les pays qui ont une production domestique, les fabricants d'aérosols généraux et d'inhalateurs pré-dosés calibrés peuvent fournir des données sur la quantité de produits aérosols fabriqués et destinés à la consommation nationale, le nombre d'aérosols exportés, la charge moyenne par aérosol, et le type de propulseur ou de solvant utilisé (c'est-à-dire le HFC/PFC utilisé). On peut ensuite calculer l'utilisation totale de produits aérosols fabriqués dans le pays chaque année, en multipliant le nombre de ventes de produits aérosols sur le marché domestique pour une année donnée par la charge de HFC/PFC de chaque produit. Si l'on ne dispose pas de données ascendantes, les producteurs nationaux de produits chimiques peuvent fournir des données sur la quantité de HFC vendus aux fabricants nationaux d'inhalateurs doseurs, ainsi que des données agrégées sur les ventes aux producteurs d'autres aérosols (catégories 2, 3, 4 et 5 ci-dessus). Si les producteurs nationaux d'aérosols et d'inhalateurs pré-dosés calibrés importent des HFC, on pourra également obtenir des informations auprès des exportateurs de produits chimiques, bien que ceux-ci risquent ne pas pouvoir fournir des données sur les exportations destinées à des pays individuels pour des raisons de confidentialité commerciale. Les services douaniers et les distributeurs de produits chimiques sont une autre source de données sur les importations de produits chimiques.

Aérosols importés : La plupart des pays importent un pourcentage élevé de leurs produits aérosols. L'acquisition de données sur les importations d'aérosols généraux contenant des HFC peut se révéler difficile, car, en général, les statistiques officielles sur les importations de produits aérosols ne différencient pas les aérosols contenant des HFC des autres types d'aérosols. Si les services douaniers ne peuvent pas fournir de statistiques utiles sur les importations, celles-ci peuvent être obtenues, dans certains cas, auprès de distributeurs et d'utilisateurs spécifiques. Par exemple, dans le cas des inhalateurs pré-dosés calibrés, en général, un petit nombre de sociétés pharmaceutiques importent ces produits, et une enquête auprès de ces sociétés permet d'obtenir l'information recherchée.

EXHAUSTIVITE

L'exhaustivité dépend de la disponibilité des données sur les activités. Dans les pays sans production domestique d'aérosols, l'organisme chargé de l'inventaire devra peut-être consulter des experts pour estimer ces données, car les statistiques sur les importations seront probablement incomplètes (voir Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, Section 6.2.5, *Opinion d'experts*).

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHÉRENTES

Les émissions par les aérosols devront être calculées à l'aide de la même méthode et des mêmes sources de données pour chaque année de la série temporelle. En l'absence de données cohérentes pour une année de la série temporelle, les données manquantes devront être recalculées conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les HFC sont plus utilisés dans le secteur des aérosols généraux que dans celui des inhalateurs pré-dosés calibrés. À l'heure actuelle, les données fournies par les fabricants et importateurs sur les ventes de HFC au secteur des aérosols général sont imprécises, sauf pour HFC-134a à l'échelle globale. Ces données peuvent être améliorées par la collecte de données supplémentaires. En raison de la nature diffuse du secteur des aérosols généraux, l'acquisition de données ascendantes fiables nécessite une étude spécifique sur la base nationale faisant intervenir des experts industriels locaux, que l'on consultera à propos de l'incertitude, conformément aux recommandations sur l'opinion d'experts présentées au Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*.

L'existence de plusieurs sources de données fiables pour le secteur des inhalateurs pré-dosés calibrés explique la faible incertitude associée aux données présentées, laquelle devrait être reflétée dans les estimations de l'inventaire. Cependant, lors de la présentation des données pour un pays, l'absence de données fiables pour les secteurs des aérosols généraux peut entraîner une surestimation ou une sous-estimation des estimations d'émissions par un facteur d'un tiers à trois fois.

3.7.1.2 Présentation et documentation

Les estimations d'émissions pour les inhalateurs-doseurs devront être présentées séparément de celles des autres aérosols. L'organisme chargé de l'inventaire devra documenter le facteur d'émission utilisé. S'il a utilisé un facteur d'émission spécifique au pays plutôt que la valeur par défaut, il devra documenter son calcul. Des données détaillées sur les activités devront être présentées de façon à protéger la confidentialité commerciale. Si des données sont confidentielles, on fournira une information qualitative sur les types de produits aérosols utilisés, importés et produits dans le pays. Le type de HFC utilisé comme propulseur ou solvant et les ventes d'inhalateurs pré-dosés calibrés et d'aérosols généraux dans des pays individuels seront probablement jugés confidentiels.⁴⁶ S'il y a moins de trois fabricants de produits chimiques utilisés comme solvants, les données présentées pourront être agrégées dans cette section, les deux catégories étant considérées comme des applications émissives à 100 pour cent (voir Section 3.7.2.2 ci-dessous).

3.7.1.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, des procédures spécifiques pertinentes à cette sous-catégorie de source sont présentées ci-après. On utilisera les données ascendantes et descendantes pour vérifier l'estimation d'émissions. Les données utilisées pour calculer les émissions à partir de l'année $t-1$ devront être en accord avec les données utilisées dans l'estimation de l'inventaire de l'année précédente, de sorte que la somme du total des deux années soit égal à 100 pour cent. Si ce n'est pas le cas, il convient d'expliquer les raisons de cette anomalie. La collecte de données décrite à la section sur l'acquisition de données ci-dessus devrait assurer un contrôle de la qualité suffisant. On quantifiera le nombre de fabricants et d'utilisateurs d'aérosols, pour permettre une évaluation indépendante du niveau de qualité de la présentation des données.

⁴⁶ La quantification des données d'utilisation pour les secteurs individuels des aérosols généraux permettra d'établir des projections plus fiables à l'avenir et d'envisager des stratégies de réduction des émissions.

3.7.2 Sous-catégorie de source Solvants

Méthodologie

Les HFC et les PFC sont utilisés comme solvants dans les quatre grands secteurs suivants :

- (i) Nettoyage de précision ;
- (ii) Nettoyage des composants électroniques ;
- (iii) Nettoyage des pièces métalliques ;
- (iv) Applications avec dépôts.

L'utilisation des HFC comme solvants n'en est qu'à ses débuts. Les solvants qui sont ou pourraient être utilisés incluent le HFC43-10mee, le perfluorohexane (un PFC) et d'autres composés non mentionnés dans le Deuxième rapport d'évaluation du GIEC, dont le HFC-365mfc.⁴⁷

CHOIX DE LA METHODE

Comme dans le cas des aérosols, les émissions dues aux applications de solvants sont considérées en général comme des émissions « rapides », 100 pour cent du produit chimique étant émis dans les deux ans qui suivent la vente du produit. On devra connaître la quantité totale de produit chimique dans les solvants vendus chaque année pour pouvoir estimer les émissions. Conformément aux *Lignes directrices du GIEC*, l'équation ci-dessous permet de calculer les émissions de HFC et de PFC résultant de l'utilisation de solvants pour l'année t.

ÉQUATION 3.36

$$\begin{aligned} \text{Émissions pour l'année t} = & [(\text{Quantité de solvants vendus pour l'année t}) \cdot \text{FE}] \\ & + [\text{Quantité de solvants vendus pour l'année (t - 1)} \cdot (1 - \text{FE})] \end{aligned}$$

Comme pour les aérosols, l'équation devra être appliquée à chaque produit chimique individuellement, en fonction de la ventilation des données disponibles. Elle peut être aussi appliquée à divers types de matériel. Les émissions totales en équivalent carbone sont égales à la somme des émissions en équivalent carbone de chaque produit chimique.

Le facteur d'émission FE représente la fraction de produit chimique émis par les solvants pour l'année t. On suppose une durée de vie du produit de deux ans, et par conséquent, par définition, toute quantité qui n'a pas été émise au cours de la première année sera émise au cours de la deuxième année (année finale). Un diagramme décisionnel pour l'estimation des émissions réelles est inclus à la Figure 3.13, *Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Solvants*. Le processus d'acquisition des données est décrit ci-dessous.

CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser un facteur d'émission par défaut de 50 pour cent de la charge initiale/an pour les applications à solvants.⁴⁸ Dans certaines applications avec du nouveau matériel, le taux d'émission pourra être beaucoup plus faible et les émissions pourront se produire sur plus de deux ans. On peut établir d'autres facteurs d'émission dans ce cas, à partir de données ascendantes sur l'utilisation de ce matériel et de preuves empiriques.⁴⁹ Ces facteurs d'émission spécifiques au pays devront être complètement documentés.

On n'apportera pas de modifications pour tenir compte de la récupération et du recyclage des solvants. Bien qu'en raison de leur coût élevé, les solvants au HFC et PFC peuvent être récupérés et recyclés plusieurs fois pendant leur utilisation, dans les utilisations les plus émissives le produit chimique sera émis, en moyenne, dans les six mois suivant la vente.

⁴⁷ Les *Lignes directrices du GIEC* présentent des « Instructions sur la présentation des données » uniquement pour les gaz à effet de serre dont le Potentiel de réchauffement global figure sur la liste du Deuxième rapport d'évaluation.

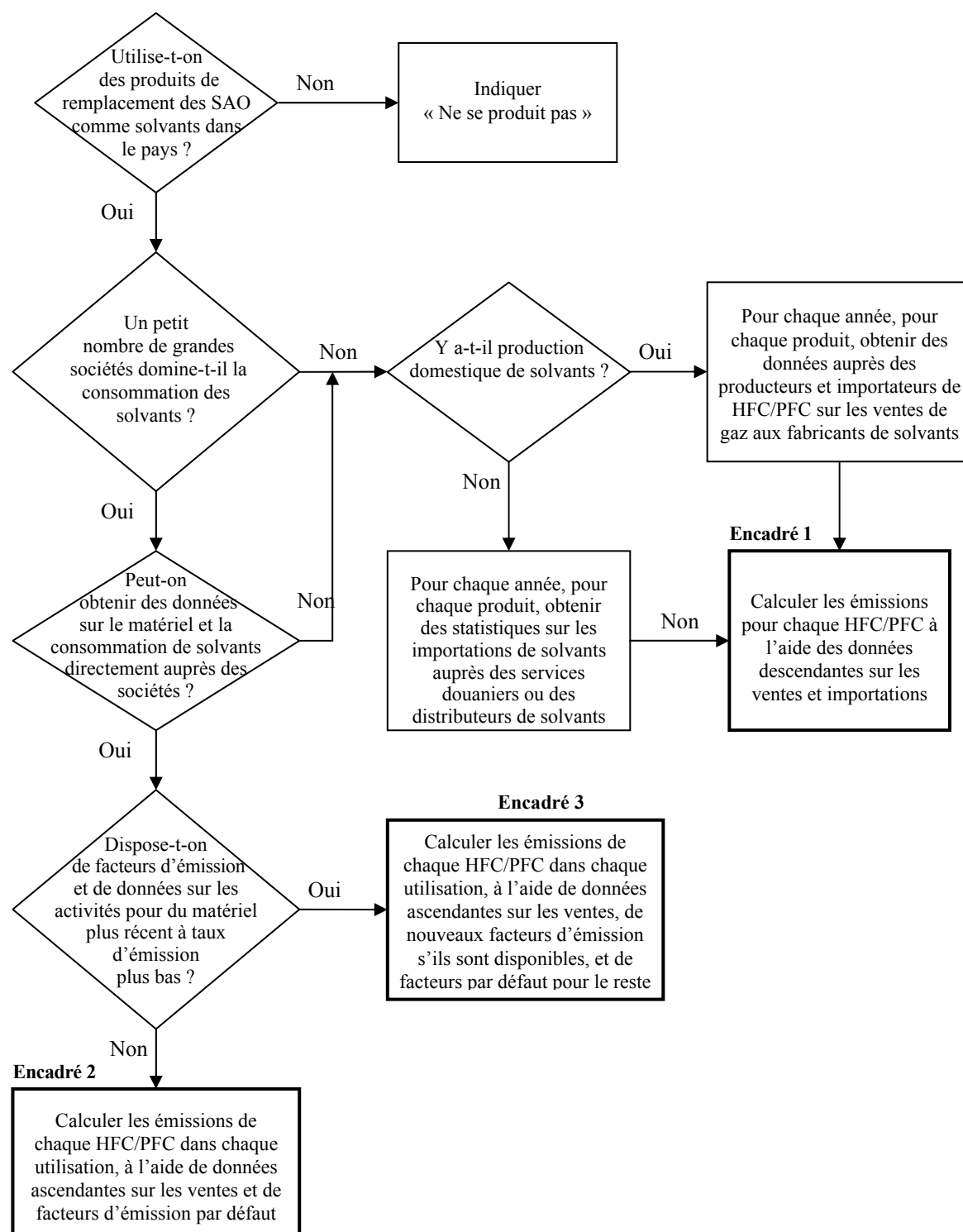
⁴⁸ Voir note de bas de page 47.

⁴⁹ À titre d'information, pour les ventes destinées au nouveau matériel, environ 10-20 pour cent sera émis avec le reste du gaz stocké dans la banque. Les ventes au cours des années suivantes concernent les quantités de gaz nécessaire à l'entretien et peuvent être considérées comme émises à 100 pour cent.

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités pour cette application sont les quantités de chaque produit chimique vendu comme solvant pour une année donnée. Comme pour les aérosols, on devra obtenir des données sur les quantités de solvants domestiques et importés. On peut obtenir les données requises par des méthodes descendantes ou ascendantes, en fonction des caractéristiques de l'industrie des solvants nationale. Dans la plupart des pays, les utilisateurs seront très divers, et une méthode descendante sera plus pratique.

Figure 3.13 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Solvants



Données descendantes

Les données descendantes sont égales à la quantité de solvant chimique vendu ou importé annuellement dans un pays. Les données sur les ventes de solvant domestique pourront être obtenues directement auprès des fabricants de produits chimiques. Les solvants étant produits par un petit nombre de pays, la majorité des pays importeront une partie ou la totalité de leur consommation. Les données sur les importations de solvants peuvent être obtenues auprès des producteurs exportateurs, mais les informations sur les exportations vers des pays individuels peuvent être jugées confidentielles. On pourra utiliser également des statistiques sur les importations fournies par les services douaniers ou les distributeurs de solvants importés. En général, les données sur les importations de solvants sont plus faciles à obtenir que celles sur les aérosols car les solvants sont normalement importés en gros et non pas en petits conteneurs.

Dans le cas de calcul des facteurs d'émission spécifiques pour un type précis de matériel, les données sur la consommation devront être réparties en catégories de matériel, normalement à l'aide d'une méthode ascendante.

Données ascendantes

Les données ascendantes sur les activités incluent le nombre et la charge d'éléments matériels ou de cartouches contenant du solvant. La méthode ascendante est appropriée pour les grandes entreprises consommant la majorité du solvant vendu, lesquelles pourraient fournir des données détaillées sur l'utilisation de solvant. Cette méthode peut être aussi plus appropriée si l'on dispose de facteurs d'émission spécifiques au matériel.

EXHAUSTIVITE

L'exhaustivité dépend de la disponibilité des données sur les activités. Dans les pays sans production domestique de solvant, l'organisme chargé de l'inventaire devra peut-être consulter des experts pour l'estimation de ces données, en raison de l'état probablement incomplet des statistiques sur les importations (voir Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, Section 6.2.5, *Opinion d'experts*).

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les émissions imputables aux solvants devront être calculées à l'aide de la même méthode et des mêmes sources de données pour chaque année de la série temporelle. En l'absence de données cohérentes pour une année de la série temporelle, les données manquantes devront être recalculées conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

L'hypothèse par défaut selon laquelle la totalité du solvant est émise dans les deux ans est généralement acceptée et ne devrait pas donner lieu à une erreur significative. De même, les données sur les activités devraient être fiables, étant donné le petit nombre de fabricants de produits chimiques, les faibles volumes de stocks dus au coût élevé des gaz, et le caractère émissif à 100 pour cent de la plupart des applications.

3.7.2.2 Présentation et documentation

L'organisme chargé de l'inventaire devra présenter le facteur d'émission utilisé, et la base empirique pour tout facteur spécifique au pays. En ce qui concerne les données sur les activités, on présentera les ventes et importations de produit chimique, sauf pour des raisons de confidentialité dues au petit nombre et à la situation des fabricants. (Actuellement, par exemple, il peut n'y avoir qu'un seul fabricant pour chaque composé.) S'il y a moins de trois fabricants de produits chimiques utilisés comme solvants, on peut agréger les données présentées dans la section Aérosols, les deux catégories étant considérées comme des applications émissives à 100 pour cent (voir Section 3.7.1.2 ci-dessus). Dans ce cas, pour préserver la confidentialité, les émissions de gaz individuels ne seront pas spécifiées et les émissions seront présentées en tonnes d'équivalent CO₂.

3.7.2.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés* identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, des procédures spécifiques pertinentes à cette catégorie de source sont indiquées ci-après :

- En vue d'un contrôle de la qualité/assurance de la qualité exacts, on compilera les données descendantes et d'utilisation. On quantifiera le nombre de fabricants et de distributeurs, ainsi que les utilisateurs interrogés, pour permettre une évaluation indépendante du niveau de qualité des données présentées.
- Dans le cas de l'application de facteurs d'émission et de données sur les activités spécifiques à diverses applications de solvants, les données devront être obtenues au même niveau de détail.

3.7.3 Sous-catégorie de source Mousses

3.7.3.1 Méthodologie

Les HFC sont de plus en plus utilisés à la place des CFC et des HCFC dans les applications de mousse telles que l'isolation, le rembourrage et l'emballage. HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-134a, et HFC-152a figurent parmi les composés susceptibles d'être utilisés. Dans le cas des mousses à alvéoles ouvertes, les émissions de HFC utilisés comme agents d'extrusion se produiront probablement au stade de la fabrication, alors que pour les mousses à alvéoles fermées, elles se produisent sur une période plus longue (vingt ans, par exemple).

CHOIX DE LA METHODE

Le diagramme décisionnel à la Figure 3.14, *Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Mousses*, décrit les méthodes conformes aux *bonnes pratiques* pour estimer les émissions.

Les *Lignes directrices du GIEC* conseillent de calculer les émissions des mousses à alvéoles ouvertes séparément des émissions des mousses à alvéoles fermées :

Mousses à alvéoles ouvertes : Les HFC et les PFC utilisés pour l'extrusion des mousses à alvéoles ouvertes étant émis immédiatement, toutes les émissions se produiront dans le pays de fabrication. Les émissions sont calculées selon l'équation suivante, qui est présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* :⁵⁰

ÉQUATION 3.37

$$\text{Émissions par les mousses à alvéoles ouvertes} = \text{Total annuel des HFC et PFC utilisés pour la fabrication des mousses à alvéoles ouvertes}$$

Mousses à alvéoles fermées : Les émissions des mousses à alvéoles fermées se produisent à trois stades distincts :

- (i) Émissions au cours de la première année pendant la fabrication et l'installation des mousses : Ces émissions se produisent sur le lieu de fabrication du produit.
- (ii) Émissions annuelles (émissions sur place résultant de l'utilisation des mousses) : les mousses à alvéoles fermées émettront une fraction de leur charge initiale chaque année jusqu'à leur mise hors service. Ces émissions se produisent sur le lieu d'utilisation du produit.
- (iii) Émissions à la mise hors service : Les émissions lors de la mise hors service se produisent également sur le lieu d'utilisation du produit.

La Section 2.17.4.3 des *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, *Estimation des émissions de HFC et de PFC imputables à l'extrusion des mousses*, présente une équation pour le calcul des émissions dues à l'extrusion des mousses qui prend en compte les deux premiers stades d'émission. Pour établir une estimation complète des émissions par cette source, conformément aux *bonnes pratiques*, on ajoutera un troisième terme à l'équation pour inclure les émissions pendant la mise hors service et la destruction chimique, si des données sont disponibles. L'équation devient donc :

ÉQUATION 3.38

$$\begin{aligned} \text{Émissions par les mousses à alvéoles fermées} = & [(\text{Total des HFC et PFC utilisés pour la} \\ & \text{fabrication des mousses à alvéoles fermées pour l'année } t) \bullet (\text{Facteur d'émission pour les pertes} \\ & \text{pendant la première année})] \\ + & [(\text{Charge initiale de HFC ou PFC utilisé dans la fabrication des mousses à alvéoles fermées} \\ & \text{pendant l'année } t \text{ et l'année } t - n) \bullet (\text{Facteurs d'émission des pertes annuelles})] \\ + & [(\text{Pertes pendant la mise hors service pour l'année } n) - (\text{HFC ou PFC détruit})] \end{aligned}$$

⁵⁰ Pour ces applications, les émissions réelles de chaque produit chimique sont égales aux émissions potentielles.

Où :

n = Durée de vie des mousses à alvéoles fermées

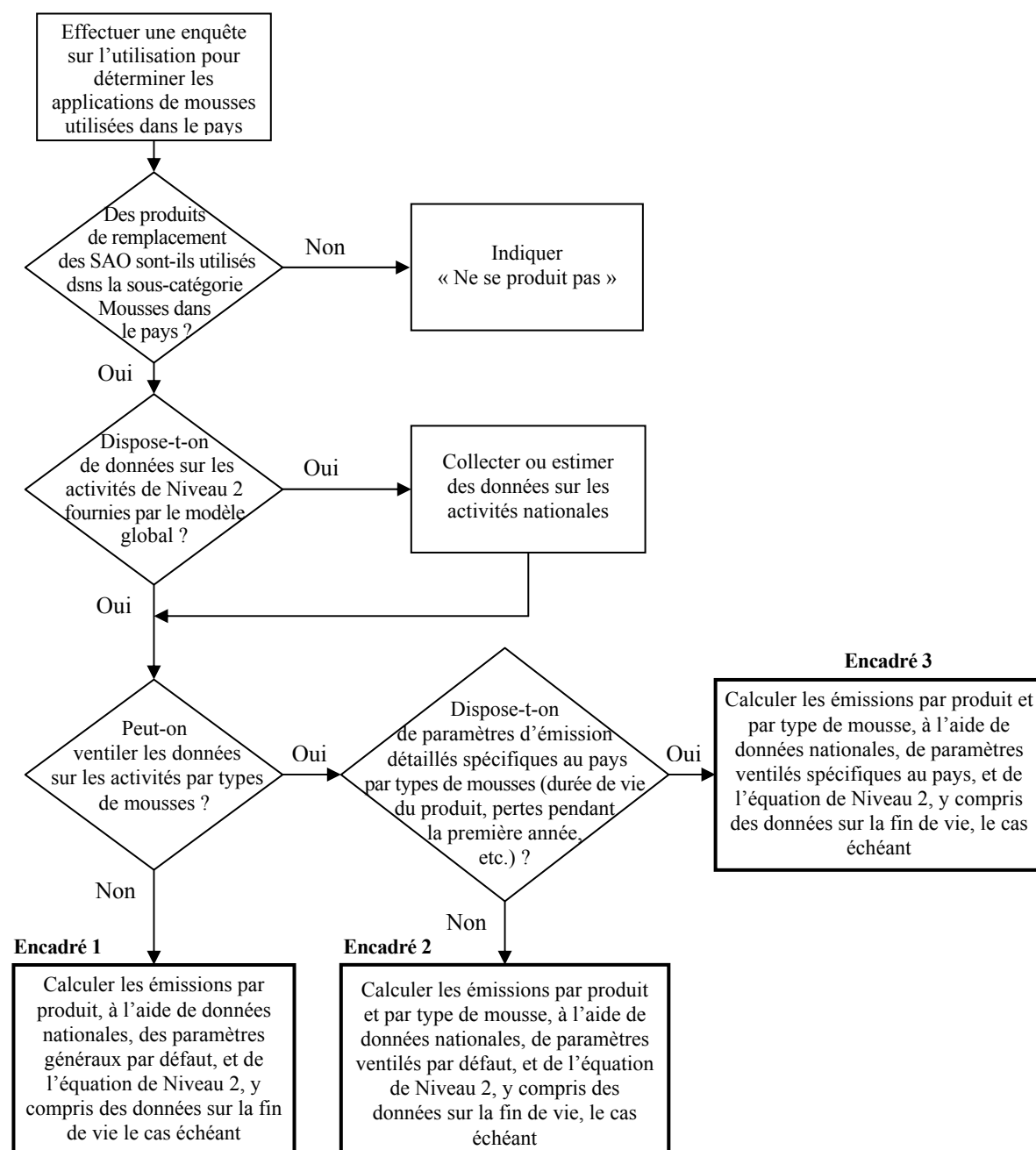
Pertes pendant la mise hors service = les émissions du reste du produit chimique à la fin de la durée de vie utile qui se produisent à la mise au rebut du matériel responsable des pertes

Cette équation devra être appliquée individuellement à chaque produit chimique et chaque application de mousses. Le total des émissions en équivalent CO₂ est égal à la somme des émissions en équivalent CO₂ de chaque combinaison de type de produit chimique et d'application de mousses.

L'application de cette méthode nécessite la collecte de données actuelles et historiques sur les ventes annuelles de produit chimique à l'industrie des mousses pour la période jusqu'à (et y compris) la durée de vie moyenne des mousses à alvéoles fermées (les vingt dernières années). En l'absence de données sur les émissions potentielles pendant la mise hors service, on supposera que tout le produit chimique non émis pendant la fabrication est émis au cours de la durée de vie de la mousse.

On peut modifier cette méthode en utilisant des données sur les activités fournies par un modèle global qui ventile les données sur la production connues avec exactitude selon diverses applications de mousses dans diverses régions du monde. On peut ensuite utiliser ces données avec les facteurs d'émission ventilés présentés au Tableau 3.17, *Facteurs d'émission par défaut pour HFC/PFC imputables aux mousses à alvéoles fermées*.

Figure 3.14 Diagramme décisionnel pur les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Mousses



CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Comme pour d'autres sous-catégories de source, la première étape pour les facteurs d'émission est d'établir et utiliser des données spécifiques au pays, examinées par des tiers experts et bien documentées, basées sur des études sur le terrain. Comme indiqué précédemment, en l'absence d'information sur les émissions pendant la mise hors service, les facteurs d'émission utilisés pour la première année et pour les émissions annuelles devraient rendre compte de la consommation totale de produit chimique.⁵¹

⁵¹ On a constaté également que la mise hors service peut ne pas entraîner nécessairement l'émission totale de l'agent d'extrusion à ce stade, en raison du niveau d'utilisation secondaire, ou parce que l'article était intact au moment de la mise hors service (ce qui est le cas pour de nombreux réfrigérateurs). Ces utilisations pourraient entrer dans le cadre des options de gestion de fin de vie pour les pays, mais sont nettement moins efficaces que les technologies de destruction ou de récupération. Les futurs modèles d'émissions devraient étudier plus particulièrement les problèmes associés à la fin de vie des produits.

En l'absence de données spécifiques au pays, on pourra utiliser des hypothèses par défaut. Le Tableau 3.18, *Facteurs d'émission par défaut pour les applications à HFC-134a* (Sous-catégorie de source Mousses) – (Dérivés de l'information existante sur CFC/HFC accumulée au terme de recherches nationales/internationales), et le Tableau 3.19, *Facteurs d'émission par défaut pour les applications à HFC-245a/HFC-365mfc* (Sous-catégorie de source Mousses) – (Dérivés de l'information existante sur CFC/HFC accumulée au terme de recherches nationales/internationales), présentent les plus récentes hypothèses sur les facteurs d'émission conformément aux *bonnes pratiques* pour les principales applications actuelles de mousses à alvéoles fermées. L'utilisation de ces facteurs nécessitera des données sur les ventes de produits chimiques et la banque de produit chimique dans le matériel pour ces applications.

Si l'on ne dispose que de données agrégées sur les ventes de produits chimiques pour les mousses à alvéoles fermées et que l'on ne peut pas obtenir d'informations sur des types de mousses spécifiques, on peut utiliser les facteurs d'émission par défaut présentés dans les *Lignes directrices du GIEC*.⁵² Ces facteurs d'émission par défaut généraux sont indiqués au Tableau 3.17, *Facteurs d'émission par défaut pour HFC/PFC imputables aux mousses à alvéoles fermées*.

Facteur d'émission	Valeurs par défaut
Durée de vie du produit	n = 20 ans
Émissions pendant la première année	10 pour cent de la charge initiale de HFC ou PFC /an, bien que la valeur puisse diminuer jusqu'à 5 pour cent s'il y a recyclage important pendant la fabrication.
Émissions annuelles	4,5 pour cent de la charge initiale de HFC ou PFC /an
Source : Gamlen <i>et al.</i> (1986).	

Applications HFC-134a	Durée de vie du produit en années	Émissions pendant la première année %	Émissions annuelles %
Polyuréthane – Peau intégrée ^a	12-15	95	2,5
Polyuréthane – Panneau continu	50	10	0,5
Polyuréthane – Panneau discontinu	50	12,5	0,5
Polyuréthane – Appareil	15-20	7,5	0,5
Polyuréthane – Injecté	15	12,5	0,5
Mousse mono-composant (MMC) ^a	50	95	2,5
Polystyrène extrudé/ Polyéthylène (XPS/PE) ^a	50	40	3
^a Applications HFC-152a .			
Source : Ashford (1999).			

⁵² Il n'y a pas de facteurs d'émission pour les mousses à alvéoles ouvertes, la totalité des émissions se produisant au cours de la première année.

TABLEAU 3.19 FACTEURS D'ÉMISSION PAR DÉFAUT POUR LES APPLICATIONS A HFC-245A/HFC-365MFC (SOUS-CATÉGORIE DE SOURCE MOUSSES) — (DÉRIVÉS DE L'INFORMATION EXISTANTE SUR CFC/HFC ACCUMULÉE AU TERME DE RECHERCHES NATIONALES/INTERNATIONALES)			
Applications à HFC-245a/HFC-365mfc	Durée de vie du produit en années	Émissions pendant la première année %	Émissions annuelles %
Polyuréthane – Panneau continu	50	7,5	0,5
Polyuréthane – Panneau discontinu	50	10	0,5
Polyuréthane – Appareil	15	4	0,25
Polyuréthane – Injecté	15	10	0,5
Polyuréthane – Bloc continu	15	40	0,75
Polyuréthane – Bloc discontinu	15	45	0,75
	50	10	1
Polyuréthane – Stratifié continu	25	10	1
Polyuréthane – Pulvérisation	50	25	1.5
Phénolique – Bloc discontinu	15	45	0,75
Phénolique – Stratifié discontinu	50	10	1
Source : Ashford (1999).			

Si l'on utilise ces facteurs d'émission par défaut, on obtient l'émission de 90 pour cent des charges initiales au cours des vingt ans d'utilisation annuelle, après 10 pour cent d'émissions initiales pendant la première année.

CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Deux types de données sur les activités sont nécessaires à l'établissement des estimations d'émissions : la quantité de produit chimique utilisé pour la fabrication des mousses dans un pays, et la quantité de produit chimique présent dans les mousses utilisées dans le pays. L'acquisition des deux types de données présente des problèmes différents.

- **Produits chimiques utilisés pour la fabrication des mousses** : La quantité de produits chimiques en gros utilisés dans l'industrie de l'extrusion des mousses devra inclure les HFC et les PFC produits dans le pays et importés. Des données sur les ventes de produits chimiques domestiques à l'industrie des mousses devraient être directement disponibles auprès des fabricants de produits chimiques. Comme pour les autres sous-catégories de source Produits de remplacement des SAO, les données sur les importations de produits chimiques pourront être obtenues auprès des services douaniers ou des distributeurs de produits chimiques.

Pour les mousses à alvéoles ouvertes, toutes les émissions se produiront pendant la fabrication, et par conséquent, on devra déterminer la part de produits chimiques associée à la fabrication de mousses à alvéoles ouvertes. Ces données peuvent être obtenues par une enquête sur l'utilisation, ou par l'examen des données sur l'utilisation des CFC et des HCFC.

- **Produits chimiques émis pendant la durée de vie des mousses à alvéoles fermées** : Les émissions annuelles pendant la mise hors service associées aux mousses à alvéoles fermées devront être calculées pour toutes les mousses utilisées dans le pays, ce qui nécessite l'examen des importations et exportations des produits contenant ce type de mousse et peut être une procédure complexe.

Dans les pays exportateurs de mousses à alvéoles fermées, l'organisme chargé de l'inventaire devra soustraire ces volumes de ses calculs d'émissions annuelles pendant la mise hors service, car les émissions se produiront dans les pays importateurs. Les données sur la charge en produits chimiques des mousses à alvéoles fermées exportées peuvent être obtenues auprès des grands fabricants.

À l'opposé, dans les pays exportateurs de produits contenant des mousses à alvéoles fermées, l'organisme chargé de l'inventaire devra inclure des estimations d'émissions pour ces produits importés afin de garantir l'exhaustivité des données. Étant donné que les statistiques sur les importations de produits à mousses à alvéoles fermées sont très difficiles à obtenir, dans les pays dont les émissions résultent uniquement des mousses à alvéoles fermées importées, l'organisme chargé de l'inventaire devra peut-être consulter des experts pour

l'estimation de ces données (voir Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, Section 6.2.5, *Opinion d'experts*).

À l'avenir, les organismes chargés des inventaires pourront peut-être utiliser des ensembles de données internationales sur la production et consommation de HFC/PFC pour estimer les produits chimiques présents dans les mousses à alvéoles fermées importées. Par exemple, le processus d'acquisition de statistiques de la Alternative Fluorocarbon Environmental Assessment Study (AFEAS) a compilé des données sur les activités globales jusqu'à 1997 pour HFC-134a dans le secteur des mousses.⁵³ Bien que les données globales soient relativement bien comprises, actuellement, il n'existe pas de ventilation par régions.

EXHAUSTIVITE

Quinze applications de mousses et quatre produits chimiques potentiels utilisés comme agents d'extrusion (HFC-134a, HFC-152a, HFC-245fa et HFC-365mfc) ont été identifiés dans la sous-catégorie de source Mousses. Pour ce qui est de l'exhaustivité, l'organisme chargé de l'inventaire devra déterminer s'il y a utilisation d'agents d'extrusion dans chaque application, ce qui sous-entend soixante combinaisons possibles en théorie (voir Tableau 3.20, *Utilisation des produits de remplacement des SAO dans l'industrie d'extrusion des mousses*). En réalité, cette liste est limitée à trente-deux combinaisons réalistes de produit chimique/application, bien qu'il puisse y avoir des variations régionales. On notera également qu'à ce stade, la méthode ne prend pas en compte la possibilité d'utilisation de mélanges et, en réalité, il serait difficile d'attribuer des facteurs d'émission différents à ces systèmes. La surveillance des activités sera le problème majeur lié à la possibilité d'utilisation des mélanges.

Sous-secteurs	Autres agents d'extrusion des mousses au HFC ^b			
	HFC-134a	HFC-152a	HFC-245fa	HFC-365mfc
Mousse souple PU ^a	X	X	X	X
Mousse flexible moulée PU	X	X	X	X
Mousse à peau intégrée PU	O	O	X	X
PU Panneau continu	O	X	O	O
PU Panneau discontinu	O	X	O	O
Mousse PU Appareil	O	X	O	O
Mousse injectée PU	O	X	O	O
PU Bloc continu	X	X	O	O
PU Bloc discontinu	X	X	O	O
PU Stratifié continu	X	X	O	O
PU Pulvérisation	X	X	O	O
Mousse mono-composant PU	O	O	X	X
Polystyrène/Polyéthylène extrudé	O	O	X	X
Bloc phénolique	X	X	O	O
Stratifié phénolique	X	X	O	O

^a PU = Polyuréthane.
^b X = pas d'utilisation prévue, O = utilisation actuelle ou prévue.

⁵³ HFC-134a est le HFC utilisé le plus couramment. Des données de AFEAS peuvent être obtenues auprès de <http://www.afeas.org>.

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

L'organisme chargé de l'inventaire devra utiliser une méthode cohérente pour l'évaluation des émissions dans le temps. Si, par exemple, il n'y a pas de système de contrôle de la mise hors service au début du processus d'inventaire, il sera très difficile d'obtenir des données rétrospectivement si l'on décide de ne plus utiliser des données par défaut et d'utiliser des données réelles. Cette décision devra donc être soigneusement examinée au début du processus de présentation. Tout recalcul des estimations devra être effectué conformément aux recommandations du Chapitre 7.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Selon les données sur les ventes actuelles, les estimations globales sont exactes à 10 pour cent près, avec une plage d'incertitude pour les estimations régionales de l'ordre de 30 à 40 pour cent, et, pour des données descendantes spécifiques au pays, peut-être supérieure à 50 pour cent (McCulloch, 1986). L'application des facteurs d'émission augmentera les incertitudes, en particulier si l'on ne peut utiliser que des valeurs par défaut pour les émissions, bien qu'on doive noter que le calcul des émissions totales pour une année ne dépendra que partiellement de l'exactitude des hypothèses pour la nouvelle consommation pour cette année. Le reste des émissions sera imputable aux mousses utilisées et à celles mises hors service au cours de cette année. Sachant que la mise hors service sera à l'origine de la majorité des émissions dans la plupart des cas, les hypothèses sur la durée de vie du produit risquent d'associer le niveau d'incertitude le plus élevé aux calculs des émissions par défaut. Il est donc très important que l'organisme chargé de l'inventaire conserve une documentation sur ces estimations des produits contenant des HFC et, si possible, établisse un mécanisme de surveillance des mises hors service. Cette documentation permettra de vérifier que la somme des émissions ne dépasse pas le total des intrants dans le temps.

3.7.3.2 Présentation et documentation

Les facteurs d'émission devront être présentés avec la documentation pour l'établissement de données spécifiques au pays. La présentation des ventes de produit chimiques à l'industrie de l'extrusion de mousses devra protéger les données commerciales confidentielles. La plupart des problèmes de confidentialité liés à l'acquisition de données concernent les activités les plus concentrées. Pour résoudre ce problème, on peut présenter les émissions imputables aux mousses sous forme d'une seule valeur, à condition que le calcul de cette valeur puisse être examiné tout en respectant les critères de confidentialité. Naturellement, une déclaration d'émissions consolidées imputables à la fabrication (première année), à l'utilisation (durée de vie du produit) et mise hors service (fin de la durée de vie) sera toujours préférable pour permettre de tenir compte en permanence des améliorations qui se produisent dans ces domaines. Si, à l'avenir, l'organisme chargé de l'inventaire utilise des ensembles de données globales et régionales, il devra présenter les résultats de la méthode de ventilation des émissions au niveau national.

3.7.3.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés* identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

L'un des soucis essentiels sera d'assurer la préservation de l'intégrité des données régionales et globales lors de la somme des estimations nationales individuelles, et une part importante de la vérification des procédures AQ/CQ devra porter sur cette vérification par recoupement.

3.7.4 Sous-catégorie de source Réfrigération fixe

3.7.1 Méthodologie

Les HFC et les PFC sont utilisés pour remplacer les CFC et les HCFC dans le matériel de réfrigération et de climatisation fixe. Les réfrigérateurs domestiques, la réfrigération commerciale, la climatisation commerciale et résidentielle, et les entrepôts de conservation frigorifique sont des exemples de matériel de réfrigération. Actuellement, cette sous-catégorie de source inclut également les transports frigorifiques, qui ne figurent pas dans la sous-catégorie de source Climatisation automobile (voir Section 3.7.5, *Sous-catégorie de source Climatisation automobile*).⁵⁴

CHOIX DE LA METHODE

La méthode de Niveau 2 dans les *Lignes directrices du GIEC* est basée sur le calcul des émissions imputables à l'assemblage, au fonctionnement et à l'élimination de matériel de réfrigération fixe. Elle utilise l'équation générale suivante :

ÉQUATION 3.39

$$\text{Émissions totales} = \text{Émissions pendant l'assemblage} + \text{Émissions pendant le fonctionnement} + \text{Émissions pendant l'élimination}$$

- Les **émissions pendant l'assemblage** incluent les émissions associées à la fabrication du produit, même si celui-ci est destiné à l'exportation.
- Les **émissions pendant le fonctionnement** incluent les fuites annuelles du stock de matériel utilisé, ainsi que les émissions dues à l'entretien. Ce calcul devra inclure toutes les unités matérielles dans le pays, quel que soit leur lieu de fabrication.
- Les **émissions pendant l'élimination** incluent la quantité de frigorigène émis par les unités matérielles mises au rebut. Comme pour les émissions pendant le fonctionnement, elles devront inclure toutes les unités matérielles dans le pays où elles sont mises au rebut, quel que soit leur lieu de fabrication.

Les *bonnes pratiques* consistent à appliquer une méthode descendante de Niveau 2, basée sur les ventes annuelles de frigorigènes. Une autre méthode, qui utilise des données ascendantes sur le matériel et divers facteurs d'émission, exige beaucoup plus de données et n'améliorera probablement pas l'exactitude, mais est conforme aux *bonnes pratiques* dans certaines circonstances nationales. Le diagramme décisionnel à la Figure 3.15 *Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Réfrigération*, décrit les méthodes conformes aux *bonnes pratiques* pour l'estimation des émissions. Le Tableau 3.22, *Meilleures estimations (opinion d'experts) pour la charge, la durée de vie et les facteurs d'émission pour le matériel de réfrigération fixe*, décrit les facteurs d'émission pour les méthodes descendantes et ascendantes et les améliorations des données par défaut dans la méthode de Niveau 2.

Méthode descendante

Pour la méthode descendante, les trois stades d'émissions sont combinés dans l'équation simplifiée suivante :

ÉQUATION 3.40

$$\text{Émissions} = (\text{Ventes annuelles de nouveau frigorigène}) - (\text{Charge totale du nouveau matériel}) + (\text{Charge totale initiale du matériel mis hors service}) - (\text{Quantité de destruction intentionnelle})$$

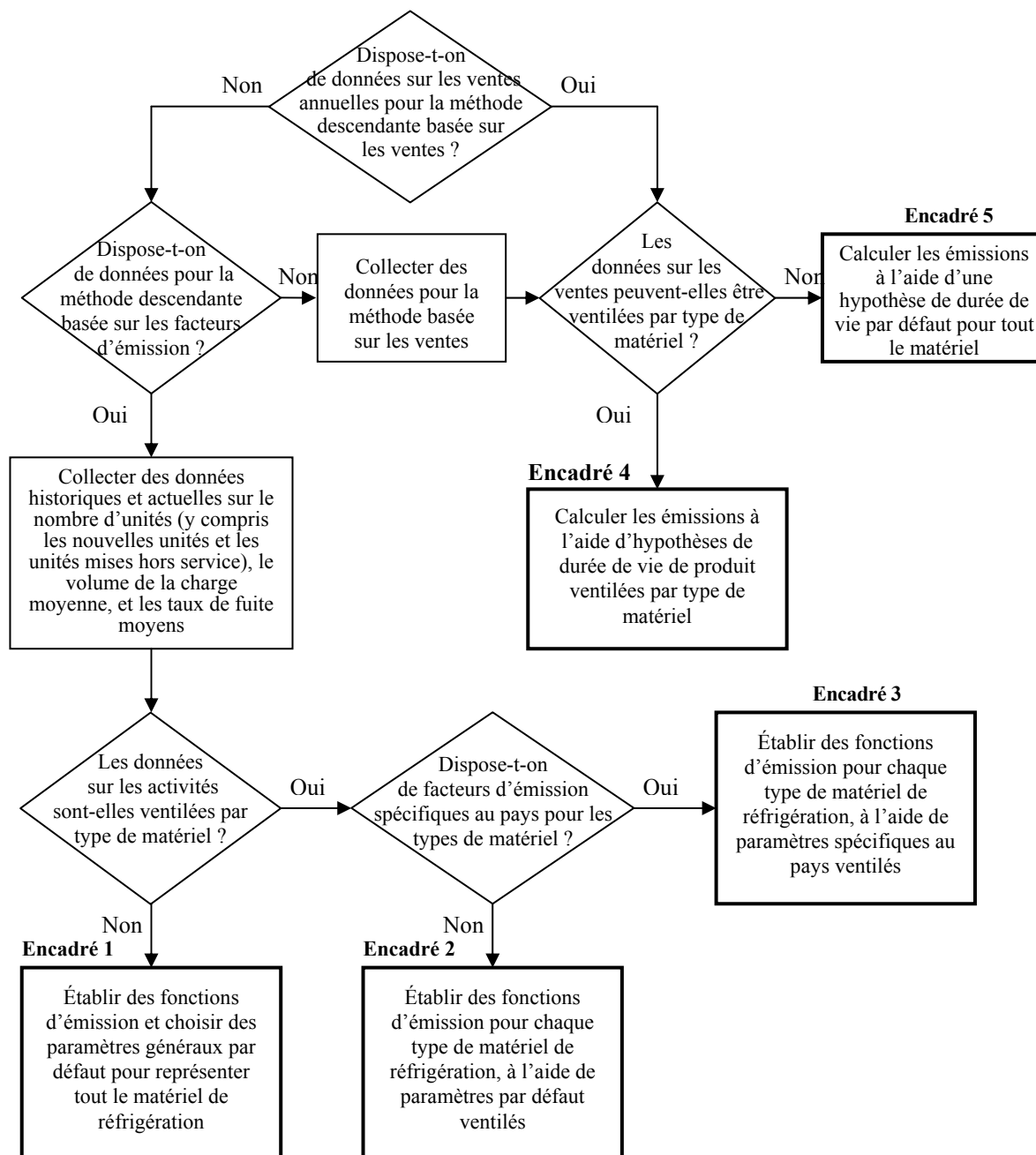
Les *ventes annuelles de nouveau frigorigène* sont la quantité de produit chimique introduit dans le secteur de la réfrigération dans un pays pour une année donnée. Ceci inclut la totalité du produit chimique utilisé pour charger ou recharger le matériel, que ce produit soit chargé dans le matériel en usine, chargé dans le matériel après l'installation, ou utilisé pour recharger le matériel pendant l'entretien. Il n'inclut pas de produit chimique recyclé.

La *charge totale du nouveau matériel* est la somme de toutes les charges complètes de tout le nouveau matériel vendu dans le pays pour une année donnée. Ceci inclut le frigorigène nécessaire à la charge du matériel en usine,

⁵⁴ En particulier les systèmes autonomes ; les systèmes à moteurs seront couverts par la *catégorie Climatisation automobile* (voir Section 3.7.5, *Sous-catégorie de source Climatisation automobile*).

et le frigorigène nécessaire à la charge du matériel après l'installation, mais n'inclut pas les émissions de charge ou le frigorigène utilisé pour recharger le matériel pendant l'entretien.

Figure 3.15 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Réfrigération



La charge totale initiale du matériel mis hors service est la somme des charges complètes initiales de tout le matériel mis hors service dans le pays pour une année donnée. Ceci inclut le frigorigène utilisé initialement pour la charge du matériel en usine et le frigorigène nécessaire initialement pour charger le matériel après l'installation, mais n'inclut pas les émissions de charge ou le frigorigène utilisé pour recharger le matériel pendant l'entretien.

Dans chaque pays, il existe un stock de matériel de réfrigération contenant un stock de frigorigène chimique (banque). Par conséquent, les ventes annuelles de nouveau frigorigène chimique seront utilisées dans les deux buts suivants :⁵⁵

⁵⁵ L'industrie recherche également de nouveaux produits chimiques pour constituer des réserves. Un terme peut être ajouté à l'équation générale pour intégrer cette utilisation ; ce terme n'a pas été inclus ici par souci de simplicité.

- Augmentation du volume des stocks de frigorigènes chimiques (banque) utilisés ; ou
- Remplacement de la fraction du stock de frigorigène de l'année précédente qui a été émis dans l'atmosphère (à la suite de fuites et de l'élimination, par exemple).

La différence entre la quantité totale de gaz vendu et la quantité de gaz utilisé pour augmenter le volume du stock de frigorigène chimique représente la quantité de produit chimique émis dans l'atmosphère. L'augmentation du volume du stock est égale à la différence entre les charges totales du nouveau matériel et du matériel mis hors service.

En utilisant des données sur les ventes de gaz actuelles et historiques, plutôt que des facteurs d'émission référencés dans des publications scientifiques, l'équation reflète les émissions pendant l'assemblage, le fonctionnement et l'élimination au moment et à l'endroit où elles se produisent. Des facteurs d'émission par défaut seront probablement inexacts car les taux d'émission peuvent varier considérablement entre les pays et même à l'intérieur d'un pays.

Cette équation peut être appliquée à des types de matériel individuels ou, plus généralement, à tout le matériel de climatisation et de réfrigération dans un pays, en fonction de la ventilation des données. Si l'on dispose de données ventilées, les estimations d'émissions établies pour chaque type de matériel et de produits chimiques sont ajoutées pour fournir les émissions totales pour ce secteur.

Méthode ascendante

L'application de la méthode ascendante de Niveau 2 nécessite une estimation de la quantité de frigorigène dans le stock de matériel et des facteurs d'émission, pour représenter les divers types d'émissions du matériel (émissions pendant l'assemblage, le fonctionnement et l'élimination) :

Pour les émissions pendant l'assemblage, on utilisera l'équation suivante :

<p>ÉQUATION 3.41</p> <p>Émissions pendant l'assemblage = (Charge totale de HFC et PFC pour l'année t) • (k / 100)</p>
--

où :

k = Facteur d'émission représentant le pourcentage de la charge initiale émis pendant l'assemblage.

Les émissions pendant le fonctionnement sont calculées à partir de la banque totale de HFC/PFC présente dans le matériel en service. On utilisera l'équation suivante :

<p>ÉQUATION 3.42</p> <p>Émissions pendant le fonctionnement = (Quantité de stock de HFC et PFC pour l'année t) • (x / 100)</p>

où :

x = Taux de fuite annuel en tant que pourcentage de la charge totale. Sachant que des types de matériel de réfrigération différents auront des taux d'émission différents, les *bonnes pratiques* consistent à ventiler les données par catégories homogènes (par âge ou par taille) et à calculer les valeurs de x spécifiques aux types de matériel.

Pour calculer les émissions pendant l'élimination, on doit connaître la durée de vie moyenne (n) du matériel et la charge initiale n années plus tôt. On peut ensuite calculer les émissions pendant l'élimination par l'équation suivante :

<p>ÉQUATION 3.43</p> <p>Émissions pendant l'élimination = (Charge de HFC et PFC pour l'année t - n) • (y / 100) • (1 - z / 100) - (Quantité de destruction intentionnelle)</p>

où :

y = Pourcentage de la charge initiale demeurant dans le matériel au moment de l'élimination.

z = Efficacité de la récupération au moment de l'élimination. S'il y a recyclage des produits chimiques pendant l'élimination, le pourcentage devra être soustrait du total. S'il n'y a pas de recyclage, ce terme sera zéro.

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Méthode descendante (basée sur les ventes)

Cette méthode étant basée sur les ventes de produits chimiques et non pas sur les taux d'émission du matériel, elle ne nécessite pas l'emploi de facteurs d'émission.

Méthode ascendante

Les *bonnes pratiques* pour le choix des facteurs d'émission ascendants consistent à utiliser des données spécifiques au pays, basées sur des informations fournies par les fabricants de matériel, les prestataires de services et les entreprises d'élimination. En l'absence de données nationales, l'organisme chargé de l'inventaire devra utiliser les facteurs d'émission par défaut présentés au Tableau 3.22, *Meilleures estimations (opinions d'experts) pour la charge, la durée de vie et les facteurs d'émission pour le matériel de réfrigération fixe*, qui récapitule les meilleures estimations de la charge, durée de vie et facteurs d'émission du matériel. Ces valeurs par défaut reflètent l'état actuel des connaissances au sujet de l'industrie, et sont fournies sous forme de plages plutôt que sous forme d'estimations ponctuelles. L'organisme chargé de l'inventaire devra choisir dans la plage selon les conditions spécifiques au pays, et documenter les raisons de son choix. Si les données ascendantes ne peuvent pas être ventilées selon des catégories de matériel comme indiqué au Tableau 3.21, *Documentation conforme aux bonnes pratiques pour la réfrigération fixe*, on se basera sur l'opinion d'experts pour estimer la part relative de chaque type de matériel, et choisir les facteurs d'émission par défaut appropriés pour les types de matériel les plus courants (voir Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, Section 6.2.5, *Opinion d'experts*).

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Méthode descendante (basée sur les ventes)

Dans les pays producteurs de frigorigènes chimiques, l'organisme chargé de l'inventaire devra estimer les *ventes annuelles de nouveau frigorigène* à l'aide de données fournies par des fabricants de produits chimiques. On pourra obtenir des données sur les importations de produits chimiques à partir des statistiques des services douaniers, des importateurs ou des distributeurs. (Voir Encadré 3.4 pour une analyse du traitement des données sur les importations et les exportations pour l'estimation des *ventes annuelles* et des autres quantités de l'équation.)

La *charge totale du nouveau matériel* peut être estimée à l'aide d'une des deux options suivantes :

- Informations fournies par les fabricants de matériel importateurs sur la charge totale du matériel qu'ils fabriquent ou importent ; ou
- Informations fournies par les fabricants de matériel/importateurs sur leurs ventes aux fabricants de matériel.

La première source de données peut être préférable à la seconde car certaines unités matérielles peuvent ne pas être chargées par les fabricants de matériel, et une partie du frigorigène vendu aux fabricants de matériel peut ne pas servir à charger le nouveau matériel (car il est utilisé, par exemple, pour l'entretien du matériel en service).

La *charge totale initiale du matériel mis hors service* peut être estimée à l'aide des mêmes sources que celles utilisées pour la *charge totale du nouveau matériel*. Mais, dans ce cas, les données sont historiques, et se rapportent à l'année de fabrication du matériel mis hors service. On détermine cette année en soustrayant la durée de vie du matériel de l'année actuelle. Des données sur la durée de vie du matériel peuvent être fournies par les fabricants et les utilisateurs de matériel. Le Tableau 3.22, *Meilleures estimations (opinion d'experts) pour la charge, la durée de vie et les facteurs d'émission pour le matériel de réfrigération fixe*, présente des valeurs par défaut pour la durée de vie de sept types de matériel. La valeur par défaut pour la durée de vie des produits pour le matériel de climatisation et de réfrigération dans son ensemble, utilisable en l'absence de données pour des types spécifiques de matériel, est de dix à quinze ans.

EXHAUSTIVITE

On peut assurer l'exhaustivité de la méthode descendante si l'on dispose des données pour le nouveau frigorigène, et pour le frigorigène dans le matériel mis hors service pendant l'année actuelle. Pour la méthode ascendante, l'exhaustivité dépend d'une comptabilité soignée du stock de matériel en service, ce qui peut nécessiter l'étude de quantités importantes de données.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les émissions imputables à la réfrigération fixe devront être calculées à l'aide de la même méthode et des mêmes sources de données pour chaque année de la série temporelle. En l'absence de données susceptibles de permettre une méthode plus rigoureuse pour toutes les années de la série temporelle, conformément aux *bonnes*

pratiques, on effectuera des recalculs conformément aux recommandations au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

ENCADRÉ 3.4

PRISE EN COMPTE DES IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS DES FRIGORIGÈNES ET DU MATÉRIEL

Lors de l'estimation des *ventes annuelles de nouveau frigorigène*, de la *charge totale du nouveau matériel*, et de la *charge totale initiale du matériel mis hors service*, l'organisme chargé de l'inventaire devra prendre en compte les importations et exportations des produits chimiques et du matériel. Il obtiendra ainsi la consommation domestique réelle de produits chimiques et du matériel. Si un pays, par exemple, importe un pourcentage significatif du HFC-134a qu'il utilise, la quantité importée devra être prise en compte dans le cadre des **Ventes annuelles**. De même, si un pays charge puis exporte un nombre important de réfrigérateurs domestiques, on devra soustraire la charge totale des réfrigérateurs exportés de la charge totale des réfrigérateurs domestiques fabriqués dans le pays pour obtenir la *charge totale du nouveau matériel*.

METHODE GENERALE : En général, on estimera la quantité des Ventes annuelles par la formule suivante :

$$\text{Ventes annuelles} = \text{Produit chimique fabriqué dans le pays} + \text{Produit chimique importé en gros} - \text{Produit chimique exporté en gros} + \text{Produit chimique contenu dans du matériel importé chargé en usine} - \text{Produit chimique contenu dans du matériel exporté chargé en usine}$$

Toutes les quantités devront provenir de l'année pour laquelle les émissions sont estimées. De même, la quantité de charge totale du nouveau matériel sera estimée comme suit :

$$\text{Charge totale du nouveau matériel} = \text{Produit chimique pour charger du matériel fabriqué dans le pays} + \text{Produit chimique pour charger du matériel importé qui n'est pas chargé en usine} + \text{Produit chimique contenu dans du matériel importé chargé en usine} - \text{Produit chimique contenu dans du matériel exporté chargé en usine}$$

La *charge totale initiale du matériel mis hors service* sera estimée de la même façon que la *charge totale du nouveau matériel*, sauf que toutes les quantités devront provenir de l'année de fabrication ou d'importation du matériel mis hors service.

METHODE SIMPLIFIEE : Pour l'estimation des Ventes annuelles et de la Charge totale du nouveau matériel, on peut ne pas tenir compte des quantités de produit chimique importé ou exporté dans du matériel chargé en usine car ces quantités s'annulent dans les calculs des émissions. Cependant, l'organisme chargé de l'inventaire qui utilise un calcul simplifié devra veiller à (1) traiter les importations et exportations du matériel chargé en usine de façon cohérente pour l'estimation des Ventes annuelles et de la Charge totale du nouveau matériel ; et (2) continuer à tenir compte des importations et exportations du matériel chargé en usine pour l'estimation de la Charge totale initiale du matériel mis hors service. Le matériel devenant à terme du matériel mis hors service, les pays peuvent choisir d'étudier les importations et exportations de matériel chargé en usine même si cette information n'est pas strictement nécessaire pour l'estimation de l'année courante.

La formule simplifiée pour les **Ventes annuelles** est la suivante :

$$\text{Ventes annuelles} = \text{Produits chimiques fabriqués dans le pays} + \text{Produits chimiques importés en gros} - \text{Produits chimiques exportés en gros}$$

La formule simplifiée pour la **Charge totale du nouveau matériel** est la suivante :

$$\text{Charge totale du nouveau matériel} = \text{Produits chimiques pour charger le matériel fabriqué dans le pays} + \text{Produits chimiques pour charger du matériel importé qui n'est pas chargé en usine}$$

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Le Tableau 3.22, *Meilleures estimations (opinion d'experts) pour la charge, la durée de vie et les facteurs d'émission pour le matériel de réfrigération fixe*, présente des plages de facteurs d'émission qui soulignent l'incertitude associée à ce secteur. En général, les méthodes réelles ascendantes basées sur des facteurs

d'émission sont plus incertaines que les méthodes descendantes basées sur les ventes de produits chimiques. L'organisme chargé de l'inventaire devra consulter des experts industriels à propos des incertitudes, et obtenir l'opinion d'experts conformément aux recommandations du Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*.

3.7.4.2 Présentation et documentation

L'information justificative nécessaire à la transparence de la présentation des estimations d'émissions est présentée au Tableau 3.21, *Documentation conforme aux bonnes pratiques pour la réfrigération fixe*.

TABLEAU 3.21 DOCUMENTATION CONFORME AUX BONNES PRATIQUES POUR LA REFRIGERATION FIXE		
Information sur la présentation conforme aux <i>bonnes pratiques</i> par méthode	Niveau 2 (Descendante)	Niveau 2 (Ascendante)
Ventes annuelles totales de nouveau frigorigène	X	
Charge totale du nouveau matériel	X	X
Charge totale initiale du matériel mis hors service	X	X
Charge totale de la totalité du stock de matériel		X
Durée de vie du matériel	X	X
Documentation sur la durée de vie, si cela est spécifique au pays	X	X
Facteurs d'émission/récupération		X
Documentation pour les facteurs, si cela est spécifique au pays		X
Source : Estimations d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts, Émissions de produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone).		

3.7.4.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, des procédures spécifiques pertinentes à cette catégorie de source sont indiquées ci-après :

- L'application de la méthode ascendante et de la méthode descendante simplifiée permettra une vérification par recoupement de l'estimation finale des émissions.
- Il est particulièrement important de vérifier l'exactitude des facteurs d'émission utilisés avec la méthode ascendante à l'aide de données descendantes, étant donné que les facteurs d'émission auront probablement l'incertitude associée la plus élevée.

Cette technique limitera également le risque d'omissions de certaines utilisations.

Ceci est semblable au calcul par la « Méthode de référence » dans le Secteur Énergie. La combinaison utilise la méthode descendante simple comme vérification d'une méthode plus détaillée basée sur la technologie et les applications.

TABLEAU 3.22 MEILLEURES ESTIMATIONS (OPINION D'EXPERTS) POUR LA CHARGE, LA DUREE DE VIE ET LES FACTEURS D'ÉMISSION POUR LE MATÉRIEL DE REFRIGÉRATION FIXE					
Application	Charge (kg)	Durée de vie (années)	Facteurs d'émission (% de la charge initiale /an)		
Facteur dans l'équation	($E_{i\text{charge}}$)	(n)	(k)	(x)	(z)
			Émissions initiales	Émissions pendant la durée de vie,	Émissions pendant la fin de la durée de vie (puissance de récupération)
Réfrigération domestique	$0,05 \leq c \leq 0,5$	$12 \leq t \leq 15$	$0,2 \leq e \leq 1$	$0,1 \leq e \leq 0,5$	70% du reste
Applications commerciales autonomes	$0,2 \leq c \leq 6$	$8 \leq t \leq 12$	$0,5 \leq e \leq 3$	$1 \leq e \leq 10$	$70 \leq r \leq 80\%$ du reste
Moyenne et grande réfrigération commerciale	$50 \leq c \leq 2000$	$7 \leq t \leq 10$	$0,5 \leq e \leq 3$	$10 \leq e \leq 30$	$80 \leq r \leq 90\%$ du reste
Transport frigorifique	$3 \leq c \leq 8$	$6 \leq t \leq 9$	$0,2 \leq e \leq 1$	$15 \leq e \leq 50$	$70 \leq r \leq 80\%$ du reste
Réfrigération industrielle, y compris transformation des produits alimentaires et entreposage frigorifique	$10 \leq c \leq 10K$	$10 \leq t \leq 20$	$0,5 \leq e \leq 3$	$7 \leq e \leq 25$	$80 \leq r \leq 90\%$ du reste
Refrigidisseurs	$10 \leq c \leq 2000$	$10 \leq t \leq 30$	$0,2 \leq e \leq 1$	$2 \leq e \leq 15$	$80 \leq r \leq 95\%$ du reste
Climatisation résidentielle et commerciale, y compris pompes thermiques	$0,5 \leq c \leq 100$	$10 \leq t \leq 15$	$0,2 \leq e \leq 1$	$1 \leq e \leq 5$	$70 \leq r \leq 80\%$ du reste

Note : Pertes de distribution = 2 à 10 pour cent des ventes annuelles de frigorigène (fond de réservoirs et pertes pendant le transfert (ICF 1998). Analyse des émissions de frigorigène résultant de l'élimination incorrecte de bouteilles de 30 livres (15 kg). Établi par ICF Incorporated, Washington, DC, États-Unis, 2 juin 1998).
On notera que chaque pays utilisera ses propres données nationales lors de la préparation de son inventaire national de gaz à effet de serre.
Source : Clodic (1999).

3.7.5 Sous-catégorie de source Climatisation automobile

3.7.5.1 Méthodologie

L'industrie automobile utilise du HFC-134a pour la climatisation automobile (CA) dans les nouveaux véhicules depuis 1995. La climatisation automobile assure la climatisation des passagers dans les voitures, camions, trains, tramways et bus. De plus, certains camions utilisent du HFC-134 pour la réfrigération de leur chargement par un système automobile (compresseur monté sur moteur).

Par le passé, les systèmes de climatisation automobile émettaient le frigorigène dans l'atmosphère pendant leur fonctionnement. Les besoins en nouveau frigorigène peuvent être considérablement réduits par la mise en œuvre d'un programme de récupération/recyclage du frigorigène lors de l'entretien de la CA.

CHOIX DE LA METHODE

Le choix de la méthode conforme aux *bonnes pratiques* dépend des circonstances nationales (voir diagramme décisionnel à la Figure 3.16, *Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Climatisation automobile*). La méthode générale de Niveau 2 pour l'estimation des émissions imputables à tous les types de systèmes de réfrigération et climatisation est présentée dans les *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3, Section 2.17.4.2, *Estimation des émissions de HFC et de PFC imputables à l'utilisation de matériel de réfrigération et de climatisation*, et dans la description conforme aux *bonnes pratiques* pour la réfrigération fixe. La méthode de Niveau 2 utilise l'équation suivante :⁵⁶

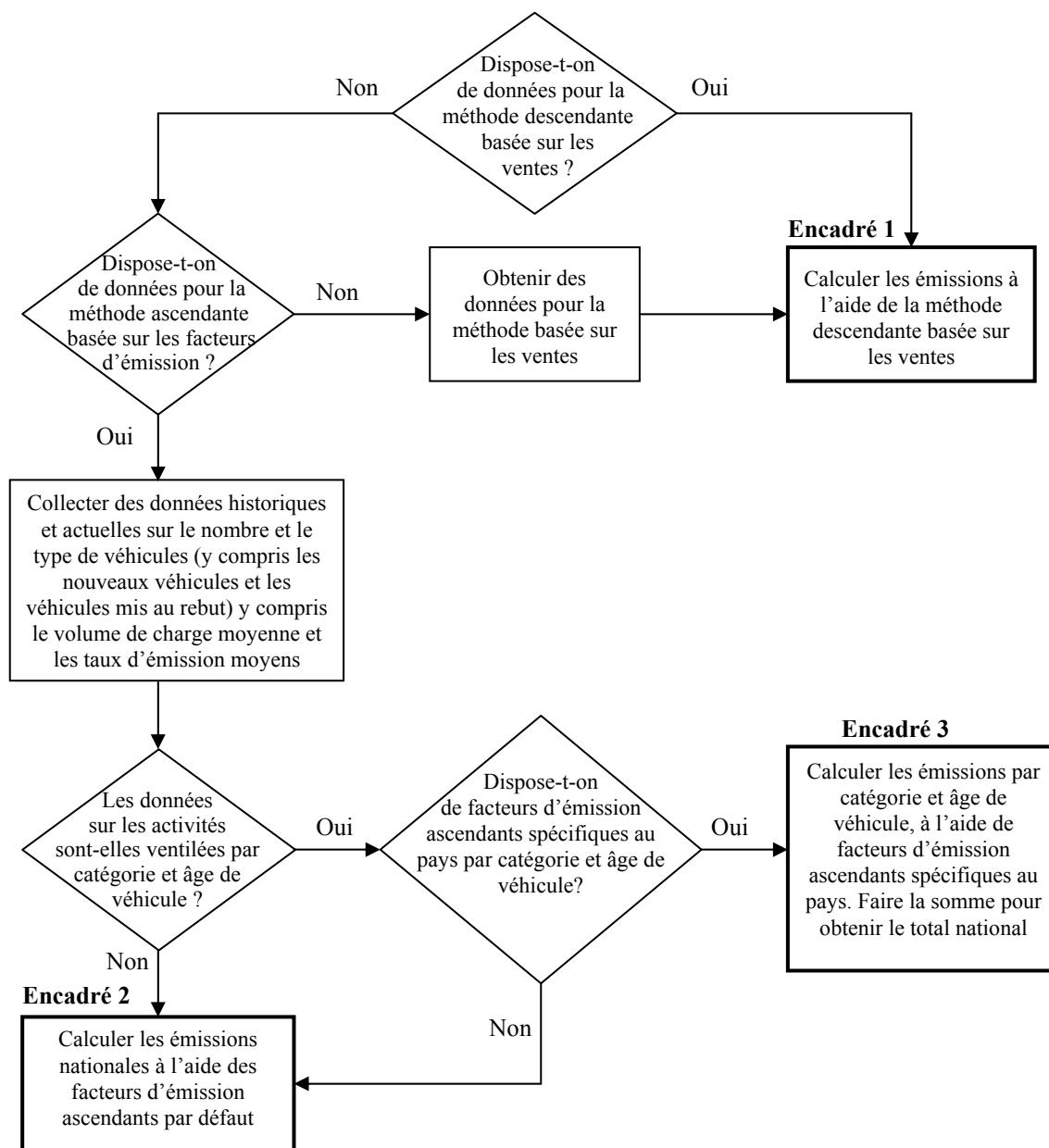
ÉQUATION 3.44

$$\text{Émissions annuelles de HFC-134a} = \text{Émissions pendant la « charge initiale »} + \text{Émissions pendant le fonctionnement} + \text{Émissions pendant l'élimination} - \text{Destruction intentionnelle}$$

Les émissions pendant la charge initiale incluent les émissions de frigorigène qui se produisent pendant la charge de toutes les unités CA (futurs émissions potentielles) lors de l'assemblage par un constructeur automobile ou par un installateur de système CA du marché secondaire dans un pays, même si les véhicules sont destinés à l'exportation. Les émissions pendant le fonctionnement incluent les émissions annuelles par toutes les unités CA en service dans un pays, y compris les émissions pendant l'entretien, quel que soit le lieu de fabrication. Les émissions pendant l'élimination incluent la quantité de frigorigène émis par les systèmes CA mis au rebut.

⁵⁶ Pour cette sous-catégorie de source, les émissions de « charge initiale » sont équivalentes au terme « émissions pendant l'assemblage » utilisé pour la sous-catégorie Réfrigération fixe.

Figure 3.16 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables à la sous-catégorie de source Climatisation automobile



Méthode descendante

La méthode descendante de Niveau 2 est la méthode la plus exacte car elle exige le moins de données, utilise des données plus robustes et plus fiables, et est basée sur moins d'hypothèses. Elle estime les émissions à partir de données sur les ventes de produits chimiques pour calculer la part des ventes totales de HFC-134a utilisé par l'industrie de la climatisation automobile pour remplacer les frigorigènes émis dans l'atmosphère (constructeurs automobiles, installateurs du marché secondaire, sociétés d'entretien, etc.). Cette valeur, ajoutée aux émissions pendant la « charge initiale » et l'élimination est égale aux émissions annuelles totales. L'équation descendante est présentée à la fin de cette section sous sa forme complète. L'équation ci-dessous est divisée selon ses termes constitutifs.

Les émissions pendant la charge initiale sont calculées à l'aide d'un facteur d'émission (FE) qui représente la fraction de HFC-134a (0,005, par exemple) qui est émis sous forme d'émissions fugitives (émissions pendant l'assemblage) lors de la charge initiale du matériel :

ÉQUATION 3.45

$$\text{Émissions pendant la charge initiale} = (\text{FE}) \cdot (\text{HFC-134a vierge annuel pour la charge initiale des nouvelles unités})$$

Tout nouveau HFC-134a qui n'est pas émis en tant qu'émissions fugitives pendant la charge initiale et qui n'est pas utilisé dans de nouvelles unités, sera donc utilisé pour l'entretien d'unités en service qui ont eu des fuites pendant leur fonctionnement au cours de l'année précédente. On peut donc calculer les émissions pendant le fonctionnement, par l'équation suivante :

ÉQUATION 3.46

$$\text{Émissions pendant le fonctionnement} = (\text{HFC-134a vierge annuel total vendu à l'industrie de la CA}) - (\text{HFC-134a vierge annuel total pour la charge initiale de nouvelles unités de CA})$$

Le frigorigène recyclé et récupéré est pris en compte implicitement dans cette équation car il réduit la quantité totale de produit vierge nécessaire dans le pays ou la région.⁵⁷

Les émissions qui se produisent après l'entretien final des unités de CA sont égales à la quantité totale de HFC-134a présent dans les véhicules mis au rebut pendant l'année, après soustraction de toute quantité détruite. En tant que condition limite, cette équation continuerait d'estimer les émissions à l'avenir même en l'absence d'apport de nouveau HFC-134a dans le secteur de la climatisation automobile :

ÉQUATION 3.47

$$\text{Émissions pendant l'élimination} = (\text{Taux annuel de mise au rebut des véhicules avec CA utilisant HFC-134a}) \cdot (\text{Nombre de véhicules avec CA utilisant HFC-134a}) \cdot (\text{Charge moyenne de HFC-134a / Véhicule}) - \text{Destruction}$$

Comme indiqué précédemment, le HFC-134a récupéré et recyclé pendant l'entretien ou la récupération ne doit pas être inclus dans cette équation, car il diminue la quantité de HFC-134a vierge (neuf) nécessaire dans le pays, et réduit donc les émissions implicitement. La soustraction du HFC-134a récupéré et recyclé à ce stade pourrait conduire à une sous-estimation des émissions.

Méthode ascendante

La méthode de Niveau 2 peut aussi être appliquée sous forme ascendante, par l'estimation du nombre d'unités de CA dans le pays, de la charge moyenne par véhicule, et par l'application des facteurs d'émission représentant les taux d'émission. L'équation pour la charge initiale est similaire à celle de la méthode descendante :

⁵⁷ Les pays ou régions pratiquant le recyclage pendant l'entretien et la récupération après la mise au rebut des véhicules obtiendront des bénéfices importants au niveau de la réduction des émissions totales. Le recyclage pendant l'entretien et la récupération lors de la mise au rebut peuvent diminuer les émissions totales de 60 pour cent environ.

ÉQUATION 3.48

$$\text{Émissions pendant la charge initiale} = (\text{Charge totale de HFC-134a pour l'année } t) \cdot (k / 100)$$

La variable k est comparable à la variable FE de la méthode descendante car elle représente le pourcentage de charge initiale émise pendant l'assemblage.

ÉQUATION 3.49

$$\text{Émissions pendant le fonctionnement} = (\text{Quantité de stock de HFC-134a pour l'année } t) \cdot (x / 100)$$

Le facteur d'émission x représente le taux d'émission annuel en tant que pourcentage de la charge totale. Cette équation devra être appliquée pour différents types de CA, car les taux d'émission dépendent de l'âge et du type des véhicules. Les anciennes unités de climatisation auront probablement des taux d'émission plus élevés que les nouvelles unités. Le HFC-134a total dans la banque des véhicules devra inclure la totalité des systèmes en service dans le pays. Un programme de récupération/recyclage pendant l'entretien et la mise au rebut des véhicules diminuera considérablement les besoins en nouveau frigorigène.

Pour calculer les émissions pendant l'élimination, on devra connaître la durée de vie moyenne (n) des véhicules, et la charge initiale n années plus tôt. On pourra alors calculer ces émissions par l'équation suivante :

ÉQUATION 3.50

$$\text{Émissions pendant l'élimination} = (\text{HFC-134a chargé pour l'année } - n) \cdot (y / 100) \cdot (1 - z / 100)$$

La valeur y est le pourcentage de la charge initiale qui demeure dans les unités de CA au stade de l'élimination, et z est l'efficacité de la récupération à l'élimination. S'il y a recyclage de frigorigène pendant l'élimination, le pourcentage devra être soustrait du total. S'il n'y a pas de recyclage, z sera égal à zéro.

CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION**Méthode descendante**

La méthode descendante nécessite seulement un facteur d'émission pour les émissions pendant la charge initiale. Les *bonnes pratiques* consistent à appliquer un facteur de 0,5 pour cent (0,005) en l'absence de mesures. L'utilisation d'autres hypothèses devra être complètement documentée.

Méthode ascendante

S'il utilise la méthode ascendante, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'efforcer d'établir des valeurs actuelles spécifiques au pays pour les paramètres x, n, k, y et z. S'il utilise des valeurs spécifiques, il devra les documenter complètement. En l'absence de valeurs spécifiques au pays, on peut utiliser les valeurs par défaut du Tableau 3.23, *Paramètres d'émission par défaut pour les produits de remplacement des SAO imputables à la sous-catégorie de source Climatisation automobile (CA) (Méthode ascendante)*, qui présente des paramètres d'émission par défaut des *Lignes directrices du GIEC*, et actualise certains paramètres, à partir de l'expérience industrielle récente.

TABLEAU 3.23 PARAMETRES D'ÉMISSION PAR DEFAUT POUR LES PRODUITS DE REMPLACEMENT DES SAO IMPUTABLES A LA SOUS-CATEGORIE DE SOURCE CLIMATISATION AUTOMOBILE (CA) (METHODE ASCENDANTE)		
Paramètres d'émission (Méthode ascendante)	Valeurs par défaut du GIEC	Valeurs par défaut actualisées
Durée de vie moyenne des véhicules (n)	12 ans	12 ans
Taux d'émission des systèmes CA (x)	10-30%	10-20%
Taux d'émission pendant la charge (k)	4-5%	0,5%
Charge restante typique (y)	75%	40%
Fraction récupérée ^a (z)	0%	0%
^a La fraction récupérée par un programme de récupération/recyclage est fonction de l'efficacité du matériel de récupération, de l'expertise du technicien (quantité de HFC-134a potentiel récupéré/recyclé) et de l'efficacité du programme (pourcentage des opérations d'entretien utilisant le programme). Source : Baker (1999).		

Le taux d'émission des systèmes CA (x) dépend dans une large mesure de la mise en œuvre de programmes de récupération et de recyclage. Si un pays applique un tel programme, la partie inférieure de la plage (10 pour cent) est appropriée. En l'absence de programme, la valeur peut être plus proche de 20 pour cent. Le choix du taux d'émission du système est lié au choix de la fraction récupérée (z). Si un pays a un programme de récupération et de recyclage, celui-ci diminuera probablement les émissions pendant l'entretien et au terme de la durée de vie utile du système de climatisation des véhicules. Par conséquent, l'organisme chargé de l'inventaire dans ce pays devra utiliser une valeur de taux de recyclage supérieure à zéro pour z. De même, dans un pays sans programme de récupération/recyclage, il devra choisir une valeur plus élevée pour x et 0 pour cent pour z.

Vérification des émissions

Les résultats des deux types de méthodes devront être en accord à 10 pour cent près.

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Méthode descendante

Dans le cas de la méthode descendante, les données sur les activités incluent la quantité de HFC-134a vendu à l'industrie de la climatisation automobile, la quantité utilisée pour la charge initiale, les variables nécessaires pour calculer la quantité de HFC-134a dans les véhicules mis au rebut, et la quantité de HFC-134a détruit (le cas échéant). Des points relatifs à l'acquisition des données pour chaque terme sont examinés ci-dessous.

- **HFC-134a vierge total** inclut uniquement le nouveau frigorigène vendu aux utilisateurs de CA. Ces utilisateurs incluent les constructeurs automobiles, les installateurs de systèmes du marché secondaire, et les magasins de réparation qui chargent des systèmes avant la vente. Le HFC-134a présent dans le stock d'un distributeur de frigorigène et le frigorigène vendu qui n'est pas destiné à être utilisé dans ces systèmes de climatisation automobile ne devront pas être inclus dans l'estimation pour l'année courante. Si le nombre d'utilisateurs est élevé, l'organisme chargé de l'inventaire devra obtenir des données sur les ventes directement auprès des fabricants de produits chimiques et des distributeurs de frigorigènes. Les données sur les importations de produits chimiques vierges devraient être disponibles auprès des services douaniers ou des importateurs et distributeurs.
- **HFC-134a total de charge initiale** est la quantité totale de HFC-134a acheté et utilisé par les constructeurs automobiles (OEM) ou les installateurs de systèmes CA du marché secondaire pour charger les nouveaux systèmes de climatisation automobile. Ceci inclut les émissions pendant la charge (Émissions pendant la charge initiale). Dans les pays ayant une industrie automobile domestique, les constructeurs automobiles devraient pouvoir fournir ces données, et d'autres données devraient être disponibles auprès des installateurs d'unités de climatisation du marché secondaire.⁵⁸

⁵⁸ Pour l'expédition de nouvelles voitures, on estime que le frigorigène est dans un conteneur (à savoir, le système de climatisation automobile) et ne produit pas d'émissions.

- **Émissions pendant l'élimination** : Si l'on ne connaît pas le nombre réel de véhicules contenant du HFC-134a mis au rebut, ce nombre devra être estimé sur la base du *taux de mise au rebut des véhicules*, c'est-à-dire le taux de mise hors service des véhicules dans le pays ou la région. Si possible, les taux de mise au rebut devront être ventilés par année du modèle, et on appliquera le taux moyen de mise au rebut pour les années du modèle au cours desquelles il y a eu chargement de HFC-134a dans les systèmes de CA. Si les services d'immatriculation des véhicules ne peuvent pas fournir le taux de mise au rebut des véhicules, on peut utiliser la valeur de 8 pour cent comme valeur par défaut pour l'ensemble du parc automobile. Le nombre total de véhicules immatriculés dans le pays devra être obtenu à partir des statistiques gouvernementales officielles. Les constructeurs et importateurs de véhicules pourront indiquer le pourcentage du parc automobile équipé de CA. L'opinion d'experts dans ce secteur industriel permettra d'estimer la pénétration de HFC-134a dans le marché de la climatisation automobile.
- **La charge moyenne en HFC-134a** est la moyenne pondérée de la charge en frigorigène dans les véhicules dans le pays. La valeur par défaut dans les *Lignes directrices du GIEC* est de 0,8 kg par véhicule.
- **La destruction de HFC-134a** n'est pas une pratique répandue à l'heure actuelle, mais si l'organisme chargé de l'inventaire dispose de données sur cette pratique, il devra les inclure dans l'équation et documenter ce choix pour s'assurer qu'il n'y a pas surestimation des émissions.

Des paramètres par défaut sont indiqués ci-après, au Tableau 3.24, *Paramètres d'émission par défaut du GIEC pour les produits de remplacement des SAO (Méthode descendante)* :

TABLEAU 3.24 PARAMETRES D'ÉMISSION PAR DÉFAUT DU GIEC POUR LES PRODUITS DE REMPLACEMENT DES SAO IMPUTABLES A LA SOUS-CATEGORIE DE SOURCE CLIMATISATION AUTOMOBILE (METHODE DESCENDANTE) :	
Paramètres d'émission (Méthode descendante)	Valeurs par défaut
Charge moyenne de HFC-134a	0,80 kg par véhicule ^a
Taux de mise au rebut des véhicules	8%
Frigorigène émis pendant la charge initiale du nouveau véhicule	FE = 0,5% de la charge moyenne du système
^a Ceci s'applique aux voitures particulières. On utilisera une valeur de 1,2 kg/véhicule pour les utilitaires légers (Atkinson, 1999). Source : Atkinson et Baker (1999).	

METHODE ASCENDANTE

La méthode ascendante nécessite des données sur la charge annuelle de HFC-134a, le stock de HFC-134a pour chaque année, et la quantité restante au terme de la durée de vie des CA, comme suit :

- Le **HFC-134a total** utilisé pour la charge initiale des nouvelles unités de CA est la même valeur que celle de la méthode descendante, et peut être fourni par les constructeurs automobiles et les installateurs de systèmes CA du marché secondaire.
- Le **stock de HFC-134a** dans les véhicules en service pendant l'année est égal au nombre de véhicules de l'ensemble du parc automobile utilisant HFC-134a multiplié par la charge moyenne par véhicule. Cette information devrait être fournie par les données annuelles fournies par les constructeurs automobiles pour les n dernières années. On peut aussi utiliser la valeur par défaut de 0,8 kg/véhicule de la méthode descendante pour la méthode ascendante, en l'absence de données spécifiques au parc automobile.
- La **quantité de HFC-134a** chargé *initialement* dans les unités de CA n années plus tôt devra inclure les unités produites et chargées dans le pays, et les unités importées. Comme pour la charge totale, le calcul des charges initiales nécessite des données historiques sur la charge initiale. Étant donné que les HFC ne sont utilisés à grande échelle dans les unités CA que depuis quelques années, il n'est pas nécessaire de remonter à plus de quelques années pour obtenir les données recherchées.

EXHAUSTIVITE

Pour la méthode descendante, il n'est pas nécessaire de prendre en compte les voitures importées ou les unités de climatisation importées car ce sont intrinsèquement des « conteneurs ». Les émissions imputables à la charge initiale sont prises en compte dans le pays de fabrication. Mais après importation, les émissions par les véhicules importés sont prises en compte par le pays importateur, basé sur le frigorigène utilisé pour leur entretien, et sur les « émissions post-entretien » estimées à l'aide de toutes les immatriculations de véhicules (lesquelles incluent les importations). De même, il n'est pas nécessaire de présenter les exportations en tant que catégorie de systèmes séparée, car elles sont prises en compte par l'équation. Dans l'équation, seules les émissions dues au traitement imputables à la charge initiale (0,5 pour cent de la charge du système) sont prises en compte par le pays ou la région de fabrication, et toutes les futures émissions sont prises en compte par le pays ou la région importateur.

Pour la méthode ascendante, l'exhaustivité dépendra de l'étendue des données sur les activités automobiles, en particulier les données sur les importations et sur les unités CA du marché secondaire.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

On calculera les émissions imputables à la climatisation automobile à l'aide de la même méthode et des mêmes sources de données pour chaque année de la série temporelle. En l'absence de données cohérentes pour une année de la série temporelle, les données manquantes devront être recalculées conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

L'incertitude de la méthode ascendante sera beaucoup plus élevée que celle de la méthode descendante en raison de l'absence de vérifications internes visant à vérifier l'exhaustivité de la prise en compte. La méthode descendante fournit une limite supérieure, et il y a donc une faible probabilité pour que la valeur vraie soit supérieure à l'estimation descendante. L'organisme chargé de l'inventaire devra obtenir des conseils industriels sur les incertitudes et consulter des experts conformément aux recommandations sur l'opinion d'experts présentées au Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*.

3.7.5.2 Présentation et documentation

Les données de base au Tableau 3.25, *Documentation conforme aux bonnes pratiques pour la climatisation automobile*, devront être obtenues et présentées.

Pour la méthode ascendante, il est important de présenter la méthode de prise en compte de la récupération du HFC-134a pendant l'entretien (choix de la valeur x) et de documenter clairement le lien avec la valeur pour la fraction récupérée (z).

3.7.5.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés* identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

TABLEAU 3.25
DOCUMENTATION CONFORME AUX BONNES PRATIQUES POUR LA CLIMATISATION AUTOMOBILE

Source de données	Données à présenter	Descen- dante	Ascen- dante	Source de données ^a
Statistiques gouvernementales	Nombre de véhicules mis au rebut	X	X	G
	Immatriculations automobiles dans le pays	X	X	G
Distributeurs de frigorigènes	Totalité du HFC-134a vierge vendu aux utilisateurs dans le marché CA	X		I/G
Constructeurs de véhicules	Totalité du HFC-134a vierge acheté directement auprès des fabricants de frigorigène (y compris les importations de HFC-134a)	X		I
	Totalité du frigorigène utilisé pour la « charge initiale » des nouveaux systèmes de climatisation au HFC-134a (t pour la méthode ascendante)	X	X	I
	Charge moyenne pondérée de HFC-134a du système CA	X	X	I
	Véhicules vendus et pourcentage dotés de système CA au HFC-134a	X	X	I
Importateurs de véhicules	Nombre total de véhicules importés et pourcentage de véhicules dotés de systèmes CA au HFC-134a	X	X	I/G
Fabricants/installateurs de systèmes du marché secondaire	Totalité du HFC-134a vierge utilisé pour la « charge initiale » des nouveaux systèmes (t pour la méthode ascendante)	X	X	I
	Nombre de systèmes CA au HFC-134a vendus dans le pays ou la région	X	X	I/G
Fabricants et installateurs de nouveaux systèmes	Émissions réelles imputables aux procédés si elles diffèrent considérablement des émissions par défaut	X	X	I
Autre information pour la méthode ascendante	Fraction de HFC-134a récupéré pendant l'élimination (z)		X	I/G
	Taux d'émission annuel pour les systèmes existants (x)		X	I
	Durée de vie moyenne du véhicule (n)		X	I
	Charge initiale des systèmes pour l'année t – n		X	I
	Quantité de HFC-134a dans les systèmes au moment de l'élimination (y)		X	I
	Charge initiale des systèmes CA pour l'année t – n		X	I

^a « I » = Industrie, « G » = Gouvernement.
Source : Estimations d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts, Émissions de produits de remplacement des substances qui appauvrissent la couche d'ozone).

3.7.6 Sous-catégorie de source Protection incendie

3.7.6.1 Méthodologie

Il existe deux types généraux de matériel de protection incendie (extinction des incendies) utilisant des halons, et leurs produits de remplacement partiels HFC et PFC : le matériel portatif (pulvérisation) et le matériel fixe (noyage total). Les HFC et les PFC sont utilisés principalement comme produits de remplacement des halons dans le matériel de noyage total.

CHOIX DE LA METHODE

Le matériel de protection incendie est conçu pour émettre sa charge initiale pendant un incendie. Des études ont montré que l'utilisation annuelle pendant les incendies représente moins de 2 pour cent de la base installée. D'autres émissions, dues à des fuites et à des émissions accidentelles, représentent moins de 5 pour cent de la base installée sur une base annuelle. En raison des coûts du produit utilisé comme agent extincteur et de l'expérience acquise lors de l'élimination des halons, en général, un pourcentage très élevé (85 pour cent environ) des HFC et des PFC est récupéré au terme de la durée de vie utile du matériel. La durée de vie utile du matériel de protection incendie est normalement basée sur la durée de vie utile de l'application protégée. Étant donné que les systèmes de protection incendie à base de HFC ou de PFC sont utilisés le plus souvent pour la protection du matériel électronique, la durée de vie utile est en général inférieure à dix ans, en raison de l'évolution rapide de la technologie électronique. Le choix d'une méthode conforme aux *bonnes pratiques* dépend des circonstances nationales (voir diagramme décisionnel à la Figure 3.17, *Diagramme décisionnel pour les émissions de produits de remplacement des SAO imputables à la sous-catégorie de source Protection incendie*). La méthode présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* calcule les émissions en tant que fonction de la charge de HFC et de PFC dans le nouveau matériel pendant l'année :

ÉQUATION 3.51

Émissions de HFC ou PFC pour l'année t = (HFC/PFC utilisé pour charger le nouveau matériel de protection incendie) • (Facteur d'émission, en pourcentage)

Le facteur d'émission représente la fraction de la nouvelle charge de HFC et de PFC émise pendant l'année. En réalité, les HFC et les PFC sont émis sur plus d'une année, et, par conséquent, le facteur d'émission représente également des émissions imputables à un matériel chargé des années plus tôt. Le choix d'un facteur d'émission basé sur la production annuelle pour refléter un processus d'émissions sur plusieurs années peut produire une erreur considérable.⁵⁹

Les *bonnes pratiques* consistent à modéliser les émissions sur la base d'une méthode descendante semblable à celle utilisée par le Comité d'options techniques sur les halons du Protocole de Montréal pour l'estimation des émissions de halons. Cependant, jusqu'à la création d'un tel modèle et son utilisation avec les produits de remplacement des SAO, on devra modifier l'équation du GIEC pour prendre en compte le matériel chargé en HFC et PFC au cours des années antérieures. Une fois modifiée, l'équation est comparable à la méthode descendante de Niveau 2 décrite pour la réfrigération fixe et la climatisation automobile.⁶⁰

ÉQUATION 3.52

Émissions = Ventes annuelles de HFC/PFC pour la protection incendie – (HFC/PFC utilisés pour charger le nouveau matériel de protection incendie – HFC ou PFC utilisés initialement pour charger du matériel de protection incendie mis hors service)

La différence entre la quantité annuelle de chaque HFC/PFC vendu à l'industrie de la protection incendie et la variation du volume du stock total de chaque HFC/PFC est égale à la quantité de produit chimique émis dans l'atmosphère. La variation du stock de chaque HFC/PFC est égale à la différence entre les charges totales du nouveau matériel et du matériel mis hors service.

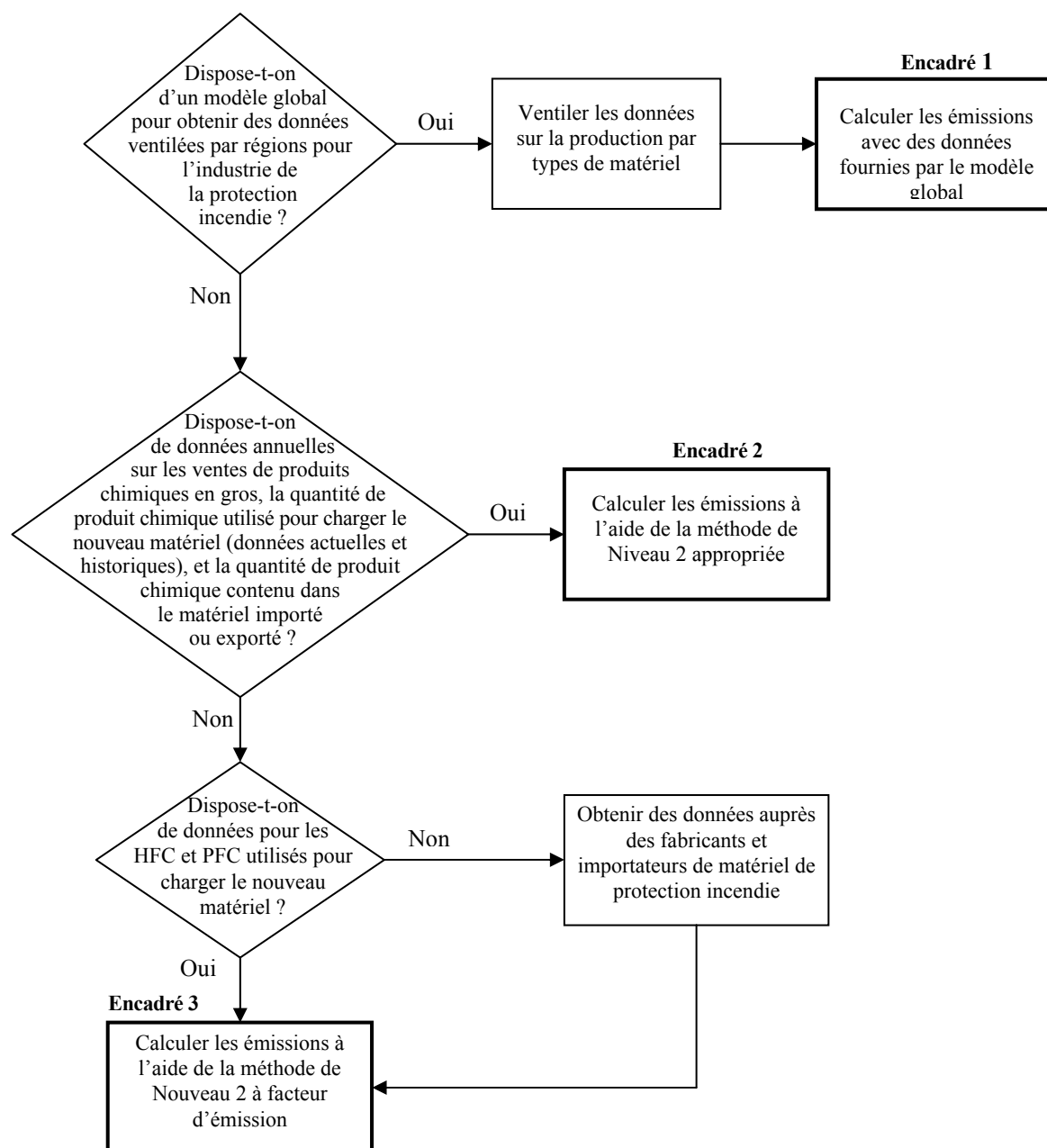
⁵⁹ Le taux d'émission en tant que fonction de la base matérielle est plus important que le taux d'émission en tant que fonction de la production. Comme cela a été le cas avec les halons, l'arrêt de la production n'a pas été suivi de l'arrêt des émissions, et celles-ci se sont poursuivies selon la base matérielle.

⁶⁰ La méthode basée sur les ventes, telle qu'elle est appliquée à la sous-catégorie de source Protection incendies, est fondamentalement la même que celle pour la sous-catégorie Réfrigération fixe.

On appliquera cette équation à chaque HFC/PFC individuel utilisé dans le matériel de protection incendie. Les émissions totales en équivalent carbone sont égales à la somme des émissions en équivalent carbone de tous les HFC et PFC. Il est indispensable d'étudier les exportations/importations de matériel de protection incendie à base de HFC ou de PFC pour s'assurer que l'équation modifiée donne des estimations d'émissions exactes.

Une méthode ascendante de Niveau 2 n'est pas adaptée à la sous-catégorie de source Protection incendie car les données sur les activités requises ne sont pas disponibles dans la majorité des pays. Des codes douaniers existants et des statistiques gouvernementales ne différencient pas entre le matériel contenant des produits de remplacement des SAO et d'autres produits chimiques. Même si une unité de protection incendie était prise en compte, il n'existe pas actuellement de procédure spécifique pour différencier et tenir compte du matériel contenant un produit de remplacement des SAO et du matériel contenant un autre produit chimique.

Figure 3.17 Diagramme décisionnel pour les émissions de produits de remplacement des SAO imputables à la sous-catégorie de source Protection incendie



CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

La méthode descendante de Niveau 2 ne nécessite pas de facteurs d'émission. Cependant, si l'on ne dispose pas de données sur les activités pour les années précédentes, et si un facteur d'émission est nécessaire, on peut utiliser les facteurs d'émission par défaut présentés dans les *Lignes directrices du GIEC* et figurant au Tableau 3.26, *Paramètres d'émissions par défaut du GIEC pour la sous-catégorie de source Protection incendie (Méthode Ascendante)*.

TABLEAU 3.26 PARAMÈTRES D'ÉMISSIONS PAR DÉFAUT DU GIEC POUR LA SOUS-CATÉGORIE DE SOURCE PROTECTION INCENDIE (MÉTHODE ASCENDANTE)	
Type de matériel	Pourcentage de HFC/PFC installés
Pulvérisation (Portatif)	5%
Noyage total (Fixe)	5%
Source : HTOC (1998).	

CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Les données sur les activités pour la méthode descendante concernent essentiellement le déploiement chimique plutôt que les sources d'émissions. La méthode de Niveau supérieur nécessite tous les types de données ci-dessous, alors que la méthode par facteur d'émission par défaut nécessite seulement le deuxième type de données :

- **Ventes annuelles et importations de chaque HFC et PFC à l'industrie de la protection incendie** : Les données sur les ventes domestiques peuvent être obtenues auprès des producteurs de HFC/PFC. Les services douaniers et les distributeurs de produits chimiques devraient pouvoir fournir des données sur les importations de produit chimiques.
- **Quantité de chaque HFC et PFC utilisé pour charger le nouveau matériel de protection incendie** : On peut estimer ces données à partir de l'information fournie par les fabricants/importateurs de matériel de protection incendie sur la charge totale du matériel qu'ils fabriquent/importent.
- **Quantité de chaque HFC et PFC utilisé initialement pour charger le matériel de protection incendie mis hors service** : Les fabricants/importateurs de matériel de protection incendie peuvent fournir des données sur la durée de vie moyenne des produits, et sur la charge initiale du matériel mis hors service. Cependant, les durées de vie peuvent être longues, et peuvent atteindre trente-cinq ans, et ce n'est que récemment que les produits de remplacement des SAO ont été introduits dans ce secteur. Par conséquent, à l'heure actuelle, le matériel mis hors service ne contient qu'une faible quantité de HFC et de PFC.

Un modèle descendant pour l'estimation des émissions globales de halons a été développé en 1991. Ce modèle est basé sur les volumes de halons contenus dans le matériel et les quantités qui deviendraient disponibles après récupération et recyclage.⁶¹ Un modèle similaire pourrait être créé pour calculer la part de la production globale de HFC/PFC vendue à l'industrie de la protection incendie, et ventiler cette production par régions mondiales.⁶² Un tel modèle pourrait être utile aux pays qui ont des difficultés à obtenir des données nationales sur les HFC/PFC dans le secteur de l'industrie de la protection incendie.

EXHAUSTIVITE

L'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que tous les HFC et les PFC utilisés dans l'industrie de la protection incendie sont inclus dans l'estimation. Si les données sur les ventes de produits chimiques et les importations sont complètes, l'estimation finale devrait être exhaustive.

⁶¹ Le modèle a été publié dans le Rapport 1992 du Comité d'options techniques Halons (COTH) du Protocole de Montréal et a été généralement accepté à cette époque.

⁶² Le groupe d'experts a recommandé que le modèle inclue les dix régions suivantes : Amérique du Nord, Europe, Japon, Australie/Nouvelle-Zélande, Sous-Continent indien, Asie du nord-est, Association des nations de l'Asie du sud-est, Afrique y compris Turquie, Amérique centrale et du Sud, et pays aux économies en transition (PET).

La production globale agrégée est toujours égale aux émissions globales plus le total agrégé des produits de remplacement des SAO présents dans le matériel. Si l'organisme chargé de l'inventaire utilise un modèle global à l'avenir, les estimations seront complètes si les données globales et régionales sont ventilées avec exactitude.

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

Dans certains pays, il peut être difficile de déterminer les données historiques sur les activités pour les charges de HFC et de PFC du nouveau matériel en raison de l'utilisation récente de ces produits. Si l'organisme chargé de l'inventaire utilise des facteurs d'émission préliminaires pour ces années basés sur des données historiques pour les halons, puis applique une méthode basée sur les ventes de produits chimiques, il devra assurer la cohérence de la série temporelle, requise par les *bonnes pratiques*, conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

La méthode descendante de Niveau 2 sera plus exacte que la méthode simplifiée à facteur d'émission car il n'y a pas de corrélation précise entre les émissions et un pourcentage fixe de production annuelle, et un facteur d'émission ne peut pas bien prendre en compte les émissions imputables au matériel plus ancien. L'exactitude de la méthode descendante dépendra de la qualité des données sur les ventes de produits chimiques. Il devrait être possible d'estimer les émissions annuelles à ± 10 pour cent près avec cette méthode.

On peut espérer un degré de certitude élevé pour le modèle global car celui-ci sera basé sur une production connue et fournit un bilan complet pour le matériel. La production globale agrégée sera toujours égale aux émissions globales agrégées plus le total agrégé des produits de remplacement des SAO dans le matériel. La ventilation des données régionales et spécifiques au pays est plus incertaine.

3.7.6.2 Présentation et documentation

L'équilibre entre la protection de la confidentialité et la transparence des données est un point important, en particulier dans une sous-catégorie de source à utilisation limitée, telle que la protection incendie. Un important produit de remplacement des SAO est fabriqué par un seul producteur, en quantités bien plus faibles que celles des produits de remplacement des SAO utilisés dans d'autres sous-catégories de source. Une agrégation soigneuse des données pondérées par PRG peut permettre de résoudre ce problème.

3.7.6.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, des procédures spécifiques pertinentes à cette sous-catégorie de source sont décrites ci-après. Il n'est pas possible d'utiliser une validation globale de la quantité de produits chimiques utilisés et de leurs sources pour valider les données spécifiques au pays. On peut cependant contrôler la qualité en vérifiant les données sur les émissions à l'aide de données régionales et globales, étant donné que les données nationales sont un sous-ensemble de celles-ci. Un accord sur les facteurs, obtenu par consensus sur une base globale et régionale, préservera l'intégrité du modèle dans son ensemble.

3.7.7 Sous-catégorie de source Autres applications

3.7.7.1 Méthodologie

Les HFC et les PFC représentent un large éventail de gaz dont les propriétés expliquent leur utilité pour nombre d'applications spécialisées qui ne sont pas incluses dans les autres sous-catégories de source, notamment les tests des composants électriques, le transfert thermique, le fluide diélectrique, les applications médicales et un grand nombre d'applications potentielles qui n'ont pas encore été développées. Ces applications incluent également des utilisations antérieures des PFC, ainsi que des utilisations toutes récentes des HFC. Ces applications ont des taux d'émission entre 100 pour cent d'émissions au cours de l'année de l'application et environ 1 pour cent par an.

CHOIX DE LA METHODE

Le choix des méthodes conformes aux *bonnes pratiques* dépend des circonstances nationales (voir diagramme décisionnel à la Figure 3.18, *Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables aux sous-catégories de source Autres applications*). Pour ces applications spécialisées, les utilisateurs sont extrêmement variés, et, par conséquent, on peut ne pas pouvoir étudier ces applications séparément. Il est conseillé de diviser ce groupe d'applications en applications fortement émissives, semblables aux solvants et aux aérosols, et en applications moins émissives, semblables aux mousses à alvéoles fermées et aux réfrigérateurs. Une enquête sur les applications permettra l'attribution de la consommation de gaz annuelle à l'une ou l'autre de ces catégories.

Il est conseillé de diviser les applications comme suit :

- Applications émissives = X pour cent de la consommation totale
- Applications à émissions limitées = (100 – X) pour cent de la consommation totale

La modélisation de ces deux types d'applications est décrite ci-après.

Applications émissives

Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser une méthode descendante, semblable aux méthodes décrites pour les aérosols et les solvants. Lors de l'utilisation des fluides dans ces applications, 100 pour cent du produit chimique est émis en moyenne six mois après la vente. En d'autres termes, comme pour les aérosols, on peut calculer les émissions pour l'année t avec l'équation pour les solvants et les aérosols ci-dessous :

ÉQUATION 3.53

$$\text{Émissions de HFC et PFC pour l'année } t = [\text{Quantité de HFC et PFC vendu pour l'année } t \cdot (\text{FE})] + [\text{Quantité de HFC et PFC vendu pour l'année } (t - 1) \cdot (1 - \text{FE})]$$

Le facteur d'émission (FE) représente la fraction de produit chimique émis au cours de la première année suivant la vente. Par définition, les émissions sur deux ans seront de 100 pour cent. Cette équation sera appliquée à chaque produit chimique. Le total des émissions en équivalent CO₂ est égal à la somme des émissions de chaque produit chimique en équivalent CO₂.

Applications à émissions limitées

Certaines applications ont des taux d'émission beaucoup plus faibles. Si l'on dispose de données ascendantes, un modèle d'émissions séparées sera nécessaire pour exprimer ce taux plus faible. En l'absence de données, on pourra utiliser un modèle ascendant avec des facteurs d'émission par défaut. L'équation pour les émissions annuelles est la suivante :

ÉQUATION 3.54

$$\text{Émissions} = \text{Émissions pendant la fabrication du produit} + \text{Émissions pendant la durée de vie du produit} + \text{Émissions pendant l'élimination du produit}$$

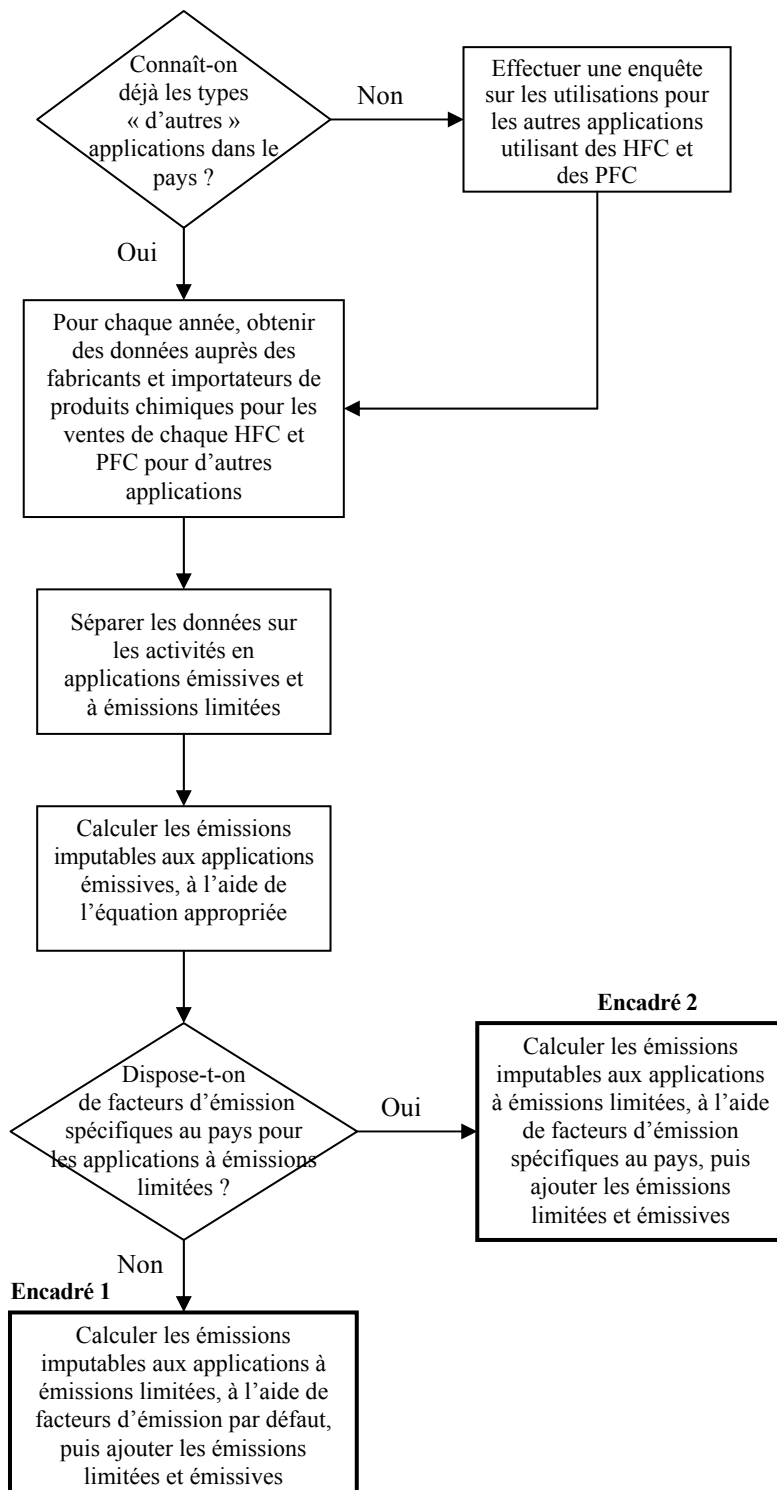
où :

Émissions pendant la fabrication du produit = Ventes annuelles • Facteur d'émission pendant la fabrication

Émissions pendant la durée de vie du produit = Banque • Taux de fuites

Émissions pendant l'élimination du produit = Ventes annuelles • Facteur d'émission pendant l'élimination

Figure 3.18 Diagramme décisionnel pour les émissions réelles (Niveau 2) imputables aux sous-catégories de source Autres applications



CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Applications émissives

En l'absence de données d'utilisation empiriques, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser le facteur d'émission par défaut de 50 pour cent. Ceci signifie que la moitié de la charge initiale est émise pendant la première année, le reste étant émis au cours de la deuxième année. L'emploi d'autres facteurs d'émission devra être complètement documenté.

Applications à émissions limitées

Il est recommandé d'obtenir des données directement auprès des secteurs utilisateurs. Si cela n'est pas possible, on peut utiliser des valeurs par défaut présentées ci-dessous au Tableau 3.27, *Paramètres d'émission par défaut du GIEC pour les applications à émissions limitées (Sous-catégorie de source Autres applications)*. Ces valeurs par défaut supposent un taux de fuite annuel faible et une longue durée de vie du matériel, comme cela est le cas pour certaines applications à émissions limitées.

Paramètre d'émission	Valeur par défaut
Facteur d'émission pendant la fabrication	1% des ventes annuelles
Taux de fuites	2% des ventes annuelles
Facteur d'émission pendant l'élimination	5% des ventes annuelles
Durée de vie du matériel	15 ans
Source : Gamlen <i>et al.</i> (1986).	

CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

La valeur des ventes totales destinées à d'autres utilisations sera obtenue directement auprès des producteurs et importateurs de HFC/PFC. Les données sur les importations de HFC et de PFC peuvent être fournies par les distributeurs. La plupart des pays importeront une grande quantité de ces produits en raison du petit nombre de producteurs dans ce secteur. On peut également obtenir des données auprès des utilisateurs, mais ceci sera difficile. Une enquête sur les utilisations permettra de déterminer le pourcentage des ventes destinées aux applications émissives, et de celles destinées aux applications à émissions limitées.

Pour les applications à émissions limitées, on devra également déterminer le volume de la banque de produit accumulé. Il est recommandé d'utiliser des données provenant directement des sous-catégories d'utilisation pour calculer le volume de la banque. S'il n'est pas possible d'obtenir ces données, les *bonnes pratiques* consistent à utiliser une valeur par défaut égale à dix fois les ventes annuelles. Les émissions annuelles, y compris les émissions pendant la fabrication et l'élimination seront donc en moyenne 26 pour cent des ventes annuelles de produits chimiques destinés aux applications à émissions limitées, alors que pour les applications émissives 100 pour cent des ventes annuelles sera perdu.

EXHAUSTIVITE

Il sera difficile de garantir l'exhaustivité étant donné qu'il n'existe pas de liste fixe des autres sources. L'organisme chargé de l'inventaire devra examiner les utilisations possibles et obtenir des données qualitatives sur d'autres industries qui achètent des HFC et des PFC auprès des fabricants et importateurs de produits chimiques.

ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les émissions de produits de remplacement des SAO imputables aux autres applications devront être calculées à l'aide de la même méthode et des mêmes sources de données pour chaque année de la série temporelle. En l'absence de données cohérentes pour une année de la série temporelle, les données manquantes devront être recalculées conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les données sur les activités devraient être raisonnablement exactes, étant donné le petit nombre de fabricants de produits chimiques, et la comptabilité précise due au coût élevé des gaz. La détermination de la ventilation entre les applications émissives et à émissions limitées est plus incertaine, en particulier en l'absence d'enquête sur les utilisations. Pour les applications émissives, le facteur d'émission par défaut de 50 pour cent/an appliqué sur deux ans sera le plus exact si les ventes de gaz sont relativement constantes. Les facteurs d'émission pour les applications à émissions limitées ont une incertitude plus élevée, même si des données fournies par les secteurs utilisateurs seront probablement plus exactes que les valeurs par défaut. Conformément aux *bonnes pratiques*, on examinera les estimations de l'incertitude avec les secteurs des fournisseurs de produits chimiques et des utilisateurs concernés, en consultant des experts conformément aux recommandations sur l'opinion d'experts présentées au Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*.

3.7.7.2 Présentation et documentation

L'organisme chargé de l'inventaire devra présenter les émissions totales imputables à ces autres sous-catégories de source, et, si possible, indiquer qualitativement les types d'utilisations inclus dans cette sous-catégorie de source. Il indiquera la fraction de produit chimique utilisé dans les applications émissives et dans les applications à émissions limitées, ainsi que tout facteur d'émission spécifique au pays. Des problèmes de confidentialité peuvent se poser en raison du petit nombre et de la situation des fabricants de produits chimiques, ce qui influera sur le niveau de transparence. Dans ce cas, afin de respecter la confidentialité des données, on devra peut-être éviter de spécifier des émissions de gaz individuels, et présenter les données sous forme d'émissions agrégées en tonnes d'équivalents carbone, pondérées par le potentiel de réchauffement global.

3.7.7.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, des procédures spécifiques pertinentes à cette catégorie de source sont indiquées ci-après :

- En vue d'un contrôle de la qualité/assurance de la qualité exacts, on compilera les données descendantes et d'utilisation.
- On quantifiera le nombre de fabricants et de distributeurs, ainsi que les utilisateurs interrogés, pour permettre une évaluation indépendante du niveau de la qualité des données présentées.

3.8 ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE HFC-23 IMPUTABLES À LA FABRICATION DE HCFC-22

3.8.1 Méthodologie

Le trifluorométhane (HFC-23 ou CHF₃) est un sous-produit de la fabrication du chlorodifluorométhane (HCFC-22 or CHClF₂)⁶³ et est émis par les événements des condenseurs des usines. Il existe un petit nombre d'usines de production de HCFC-22 dans le monde et donc un nombre discret de sources ponctuelles d'émissions de HFC-23.

CHOIX DE LA METHODE

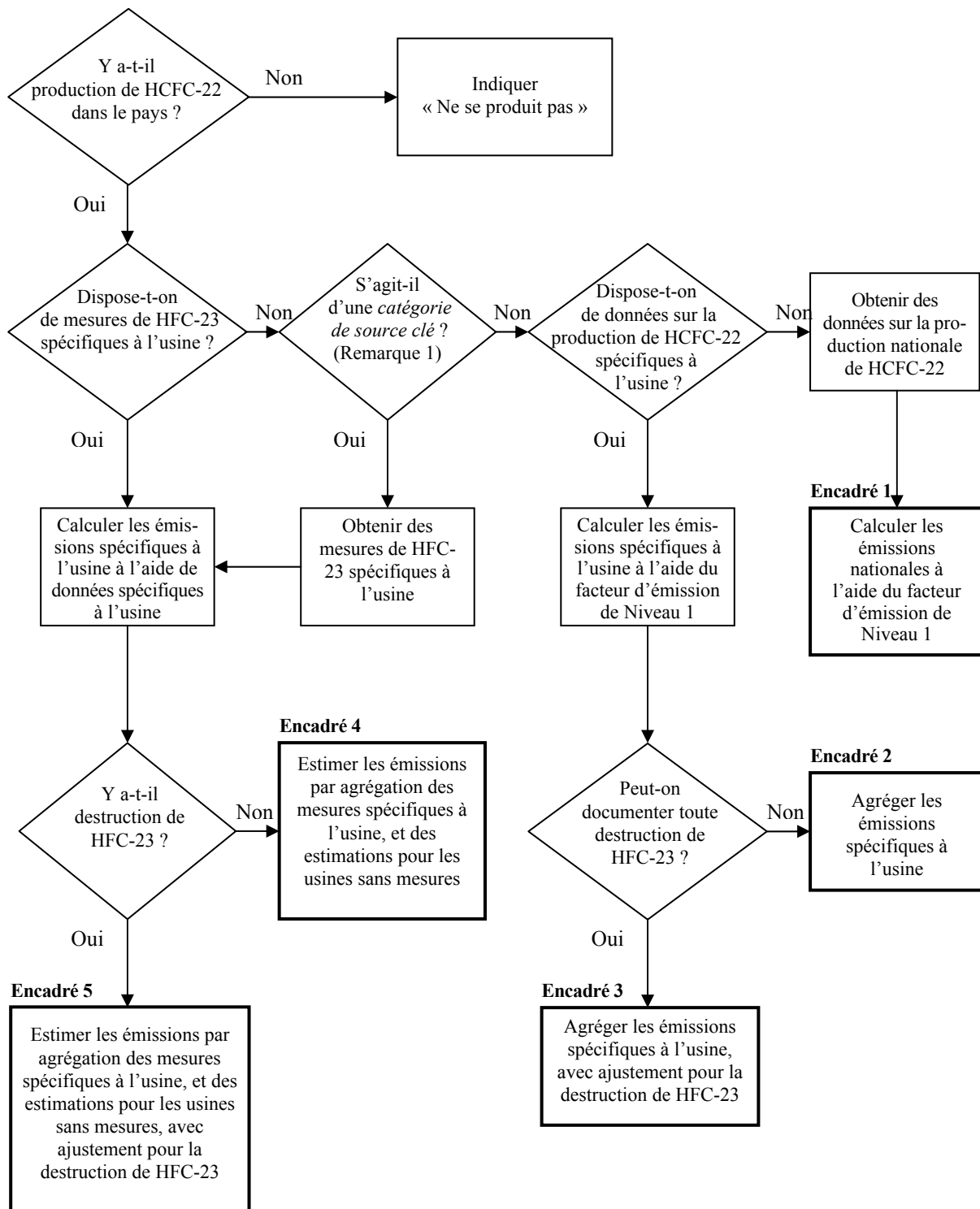
Le choix de la méthode conforme aux *bonnes pratiques* dépendra des circonstances nationales. Le diagramme décisionnel à la Figure 3.19, *Diagramme décisionnel pour les émissions de HFC-23 imputables à la production de HCFC-22*, décrit les *bonnes pratiques* en matière d'adaptation des méthodes présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* à ces circonstances spécifiques au pays.

Les *Lignes directrices du GIEC* (Vol. 3, Section 2.16.1, *Émissions de sous-produits*) présentent deux méthodes générales pour l'estimation des émissions de HFC-23 imputables aux usines de HCFC-22. La méthode de Niveau 2 est basée sur des mesures de la concentration et du débit par l'événement du condenseur dans une usine. Le produit de la concentration de HFC-23 multiplié par le débit volumétrique donne le taux massique des émissions de HFC-23. La méthode de Niveau 1 est relativement simple, et applique un facteur d'émission par défaut à la quantité de HCFC-22 produit. Cette méthode est applicable au niveau de l'usine ou au niveau du national. Si l'on dispose de données de Niveau 2 pour certaines usines, on peut appliquer la méthode de Niveau 1 aux autres usines pour obtenir une couverture complète. Quelle que soit la méthode, on devra soustraire les émissions réduites de l'estimation brute pour calculer les émissions nettes.

Les *bonnes pratiques* consisteront à utiliser la méthode de Niveau 2 dans la mesure du possible. Les mesures directes sont beaucoup plus exactes que le Niveau 1 car elles reflètent les conditions spécifiques à chaque usine. Dans la majorité des cas, les données nécessaires aux estimations de Niveau 2 devraient être disponibles car les usines bien gérées effectuent régulièrement ou périodiquement des échantillonnages au niveau de l'événement du procédé final ou au cours du procédé dans le cadre d'interventions systématiques. Les usines mettant en œuvre des technologies de réduction des émissions, telles que la destruction du HFC-23, effectuent également une vérification systématique de l'efficacité de la réduction. La méthode de Niveau 1 ne devra être utilisée que dans les rares cas où il n'y a pas de données spécifiques à l'usine.

⁶³ HCFC-22 est utilisé comme frigorigène dans plusieurs applications, comme composant de mélange pour l'extrusion des mousses, et comme produit chimique d'alimentation industrielle pour la fabrication des polymères synthétiques.

Figure 3.19 Diagramme décisionnel pour les émissions de HFC-23 imputables à la production de HCFC-22



Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie ayant priorité dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux. (Voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.2, *Détermination des catégories de source clés*.)

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Il existe plusieurs options de mesures pour la méthode de Niveau 2 en fonction du lieu et de la fréquence de l'échantillonnage. En général, les mesures directes des émissions de HFC-23 ont l'exactitude la plus élevée. La mesure continue ou fréquente des paramètres dans la zone des procédés de production est presque aussi exacte. Dans les deux cas, la fréquence des mesures doit être assez élevée pour représenter la variabilité du procédé (pendant la durée de vie du catalyseur, par exemple). Des points relatifs à la fréquence des mesures sont récapitulés à l'Encadré 3.5, *Fréquence des mesures en usine*. Des conseils généraux sur l'échantillonnage et la représentativité sont présentés au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*. En l'absence de mesures ou d'échantillonnage spécifiques à l'usine, et si l'on utilise des méthodes de Niveau 1, on utilisera le facteur d'émission par défaut de 4 pour cent (tonnes de HFC-23 produit par tonne de HCFC-22 fabriqué) présenté dans les *Lignes directrices du GIEC*, en supposant qu'il n'y a pas de technologies de réduction.

ENCADRE 3.5 FRÉQUENCE DES MESURES EN USINE

Il y a corrélation directe entre l'exactitude et la précision des estimations des émissions annuelles de HFC-23 et le nombre d'échantillons et la fréquence de l'échantillonnage. Les procédés de production n'étant pas totalement fixes, plus la variabilité des procédés est élevée, plus les mesures devront être fréquentes dans l'usine. En règle générale, l'échantillonnage et l'analyse devront être répétés chaque fois qu'une usine modifie ses procédés. Avant de choisir une fréquence d'échantillonnage, l'usine devra établir un objectif d'exactitude et utiliser des outils statistiques pour déterminer la taille de l'échantillon nécessaire pour atteindre cet objectif. Par exemple, une étude des producteurs de HCFC-22 indique qu'un échantillonnage quotidien est suffisant pour obtenir une estimation annuelle extrêmement exacte. Cet objectif d'exactitude devra être révisé, au besoin, pour tenir compte des ressources disponibles.

RTI, Cadmus, *Performance Standards for Determining Emissions of HFC-23 from the Production of HCFC-22*, projet de rapport final préparé pour l'USEPA, février 1998.

CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Lors de l'utilisation de la méthode de Niveau 1, les données sur la production pourront être obtenues directement auprès des producteurs. Les producteurs pourront déterminer leurs niveaux de production de diverses façons, y compris par des poids d'expédition et par des mesures de volumes multipliés par densité, avec utilisation de débitmètres. Ces données devront représenter la totalité de la production annuelle de HCFC-22, que cette production soit destinée à la vente ou à une utilisation interne en tant que produit d'alimentation industrielle, et l'usine devra décrire le mode de calcul du taux de production de HCFC-22. Dans certains cas, les producteurs pourront estimer que ces données sont confidentielles. Pour les données sur les activités au niveau national, la présentation de données sur la production de HCFC-22 est déjà requise conformément au Protocole de Montréal.

EXHAUSTIVITÉ

On devrait pouvoir obtenir des données d'échantillonnage complètes en raison du petit nombre d'usines de HCFC-22 dans chaque pays, et étant donné que le contrôle des émissions est systématique dans ces usines. Un examen des données fournies par les usines indique que dans une usine bien gérée, les émissions fugitives de HFC-23 (au niveau des soupapes, laveurs, lavages à la soude caustique, etc.) sont insignifiantes (RTI, 1996). Si l'on dispose de données indiquant que ces émissions fugitives sont significatives, celles-ci devront être présentées et documentées.

ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHÉRENTES

On estimera les émissions de HFC-23 imputables à la production de HCFC-22 à l'aide de la même méthode pour toute la série temporelle. En l'absence de données cohérentes pour une année de la série temporelle pour la méthode de Niveau 2, les données manquantes devront être recalculées conformément aux recommandations du Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres techniques de recalculs*.

ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

La méthode de Niveau 2 est beaucoup plus exacte que la méthode par défaut de Niveau 1. On devra s'attendre à une erreur de 50 pour cent environ pour la méthode de Niveau 1 compte tenu de la variabilité des émissions pour les usines. Un échantillonnage régulier de Niveau 2 du débit au niveau de l'évent peut permettre d'obtenir une exactitude de 1 à 2 pour cent avec un niveau de confiance de 95 pour cent pour les émissions de HFC-23. On peut calculer les incertitudes de Niveau 1 en se basant sur l'opinion d'experts, alors que les incertitudes de Niveau 2 seront basées sur des mesures empiriques.

3.8.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les données nécessaires à la production des estimations d'inventaires d'émissions nationales comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation interne et archivage*.

Des exemples de documentation et de présentation spécifiques à cette catégorie de source sont présentés ci-dessous :

- Afin d'assurer la transparence complète de la présentation, les émissions de HFC-23 imputables à la production de HCFC-22 devront être présentées séparément, et non pas avec d'autres émissions de HFC.
- La documentation devra inclure :
 - (i) Une description méthodologique ;
 - (ii) Le nombre d'usines de HCFC-22 ;
 - (iii) La production de HCFC-22 (s'il y a plusieurs producteurs) ;
 - (iv) L'existence de technologies de réduction ;
 - (v) Les facteurs d'émission.

Confidentialité

- Lors de l'application de la méthode de Niveau 2, les émissions de HFC-23 par l'usine seront présentées séparément des données sur la production de HCFC-22. En raison de la séparation des données sur les émissions de HFC-23 et sur la production de HCFC-22, les données sur les émissions de HFC-23 ne peuvent pas être jugées confidentielles du point de vue commercial car elles ne révèlent pas les taux de production de HCFC-22 sans information préalable de l'usine en question.
- L'application de la méthode de Niveau 1 permettra le calcul de la production de HCFC-22 à partir de la publication des données sur les émissions de HFC-23 s'il y a moins de trois producteurs. Ces données sur la production pourraient être jugées confidentielles du point de vue commercial par l'usine en question. Dans ce cas, on s'efforcera de respecter la confidentialité, par exemple par l'agrégation de toutes les données sur les émissions de HFC. À des fins de transparence, chaque fois qu'il y a agrégation, on inclura une analyse qualitative de la production de HCFC-22.

3.8.3 Assurance de la qualité et contrôle de la qualité (AQ/CQ) de l'inventaire

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de CQ pour Inventaire général de Niveau 1*, et à faire évaluer les estimations d'émissions par des experts. D'autres contrôles de la qualité, comme indiqué dans les Procédures de CQ de Niveau 2 au Chapitre 8, et des procédures d'assurance de la qualité peuvent être également pertinents, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau plus élevé 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 plus élevé pour les *catégories de source clés*, identifiées au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

Outre les recommandations au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, des procédures spécifiques pertinentes à cette catégorie de source sont indiquées ci-après :

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

L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les estimations d'émissions présentés par l'usine à celles obtenues à l'aide du facteur par défaut de Niveau 1 et des données sur la production. S'il dispose uniquement de données sur la production nationale, il devra comparer les émissions agrégées des usines à une estimation nationale par défaut. Si la comparaison révèle des différences significatives, il devra répondre aux questions suivantes :

- (i) Existe-t-il des inexactitudes associées à toute estimation d'usine individuelle (une valeur aberrante extrême peut représenter une quantité d'émissions non raisonnable, par exemple) ?
- (ii) Y a-t-il des différences significatives entre les facteurs d'émission spécifiques à l'usine ?

- (iii) Les taux de production spécifiques à l'usine sont-ils en accord avec les taux de production nationaux publiés ?
- (iv) Existe-t-il d'autres explications à toute différence significative, telles que les effets des contrôles, le mode de présentation de la production, ou des hypothèses non documentées ?

Vérification des mesures d'émissions directes

L'organisme chargé de l'inventaire devra confirmer l'utilisation de méthodes type reconnues internationalement pour les mesures effectuées par l'usine. Si les méthodes de mesures ne satisfont pas à ce critère, il devra évaluer l'utilisation de ces données. Par ailleurs, si les usines appliquent des mesures et des procédures AQ/CQ de haut niveau, l'incertitude des estimations d'émission pourra peut-être être révisée à la baisse.

- Le système AQ/CQ de chaque usine devra être évalué pour déterminer si le nombre d'échantillons et la fréquence de l'échantillonnage sont appropriées pour la variabilité des procédés.
- Si possible, l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier toutes les données mesurées et calculées en les comparant à d'autres systèmes de mesures ou de calculs. Par exemple, les mesures d'émissions dans le procédé lui-même peuvent être vérifiées périodiquement avec des mesures du débit de l'évent. L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier l'utilisation et l'efficacité de la technologie de réduction de émissions.
- Un audit externe périodique des techniques et des résultats des mesures d'usine permet également de comparer des facteurs d'émission implicites entre les usines et d'expliquer des différences significatives.

Vérification des émissions nationales

- Bien qu'il ne soit pas possible de vérifier les estimations pour un seul pays, on peut effectuer une vérification par recoupement globale des estimations d'émissions par la mesure des niveaux atmosphériques de HFC-23. Étant donné le petit nombre d'usines, ceci constituera une vérification de l'ordre de grandeur pour les émissions pour cette industrie à l'échelle mondiale, laquelle à son tour pourra être comparée aux estimations nationales.

REFERENCES

ÉMISSIONS DE CO₂ IMPUTABLES A L'INDUSTRIE

- American Society for Testing and Materials (ASTM) (1996b). *Standard Specification for Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone for Chemical Uses*, Désignation : C911-96, Tableau 1.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) (1996a). *Standard Specification for Portland Cement*, Désignation : C-150-92, et *Standard Specification for blended hydraulic cement* : C-595-92.
- Boynton, Robert S. (1980). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*, 2ème édition, John Wiley and Sons, Inc., New York, États-Unis.
- Deutsche Industrie Norm (DIN) (1994). DIN 1164-1 *Zement*, Teil 1: *Zusammensetzung*, Anforderungen. Édition 1994-10.
- International Standard Industrial Classification of all Economic Activities (ISIC) (1990). Groupe 271 et Classe 2731 Série M No.4, Rev.3, Nations Unies, New York, États-Unis.
- Miller, M. (1999a). US Geological Survey, Calculs basés sur Boynton (1980).
- Miller, M. (1999b). US Geological Survey, Calculs basés sur ASTM (1996b) et Schwarzkopf (1985).
- Schwarzkopf, F. (1985). *Lime Burning Technology*, 2ème édition, Tableau 2.
- Tichy, M. (1999). Communication personnelle avec des collègues, janvier.
- van Oss, H. (1998). Communication personnelle avec Andrew O'Hare (Vice-président, Affaires environnementales, American Portland Cement Alliance). Communications personnelles avec des collègues de l'industrie du ciment aux États-Unis, décembre.

ÉMISSIONS DE N₂O IMPUTABLES À LA PRODUCTION D'ACIDE ADIPIQUE ET D'ACIDE NITRIQUE

- Bockman, O. et T. Granli (1994). 'Nitrous oxide from agriculture', *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Supplément 12. Norsk Hydro Research Centre, Porsgrunn, Norvège.
- Bouwman, A.F., K.W. van der Hoek, et J.G.J. Olivier (1995). 'Uncertainties in the global source distribution of nitrous oxide', *Journal of Geophysical Research*, 100 (D2) : 2785-2800.
- Burtscher, K. (1999). Communications personnelles entre Kurt Burtscher, de l'Agence fédérale pour l'environnement, Autriche, et un opérateur de l'industrie chimique à Linz, Autriche.
- Choe, J.S., P.J. Cook, et F.P. Petrocelli (1993). 'Developing N₂O Abatement Technology for the Nitric Acid Industry', Rapport préparé pour la conférence de 1993 de l'ANPSG. Air Products and Chemicals, Inc., Allentown, PA, États-Unis.
- Collis, G. (1999). Communications personnelles entre Gordon Collis, administrateur d'une usine de Simplot Canada Ltd., Canada et Heike Mainhardt de ICF, Inc., États-Unis, 3 mars.
- Cook, Phillip (1999). Communications personnelles entre Phillip Cook, de Air Products and Chemicals, Inc., États-Unis, et Heike Mainhardt, de ICF, Inc., États-Unis, 5 mars.
- CW (Chemical Week) (1999). 'Product focus: adipic acid/adiponitrile', *Chemical Week*, p. 31, 10 mars.
- EFMA (European Fertilizer Manufacturers Association) (1995). *BAT for pollution and control in the European fertilizer industry, production of nitric acid*. EFMA, Bruxelles, Belgique.
- L'agence japonaise pour l'environnement (1995). *Study of Emission Factors for N₂O from Stationary Sources*.
- Johnson Matthey (1991). 'The Gauze Wire: A Technical Update for Users of Woven Precious Metal Catalysts', *Nitrous oxide emissions control*, Vol. 3, p. 6, Johnson Matthey, West Chester, PA, États-Unis, octobre.
- Norsk Hydro (1996). Communications personnelles entre Jos Olivier, de l'Institut national pour la santé publique et l'environnement (RIVM), Pays-Bas, et Norsk Hydro a.s., Norvège, mars.
- Olivier, J. (1999). Communications personnelles entre Jos Olivier, de l'Institut national pour la santé publique et l'environnement (RIVM), Pays-Bas, et Heike Mainhardt de ICF, Inc., États-Unis, 2 février.

- Oonk, H. (1999). Communications personnelles entre Hans Oonk, de TNO, Pays-Bas, et Jos Olivier, de l'Institut national pour la santé publique et l'environnement (RIVM), Pays-Bas, février.
- Reimer, R., (1999a). Communications personnelles entre Ron Reimer, de DuPont, États-Unis, et Heike Mainhardt, de ICF, Inc., États-Unis, 8 février.
- Reimer, R., (1999b). Communications personnelles entre Ron Reimer, de DuPont, États-Unis, et Heike Mainhardt, de ICF, Inc., États-Unis, 19 mai.
- Reimer, R.A. C.S. Slaten, M. Seapan, T.A. Koch, et V.G. Triner (1999). 'Implementation of Technologies for Abatement of N₂O Emissions Associated with Adipic Acid Manufacture', dans : van Ham, J. *et al.* (éds.), *Proceedings of the Second Symposium on Non-CO₂ Greenhouse Gases (NCGG-2)*, Noordwijkerhout, The Netherlands, 8-10 Sept. 1999, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 347-358.
- Reimer, R.A., R.A. Parrett, et C.S. Slaten (1992). 'Abatement of N₂O emission produced in adipic acid', dans : *Proceedings of the Fifth International Workshop on Nitrous Oxide emissions, Tsukuba, Japan, 1-3 July, 1992*.
- Scott, Alex (1998). 'The winners and losers of N₂O emission control', *Chemical Week*, 18 février.
- Thiemens, M.H. et W.C. Trogler (1991). 'Nylon production; an unknown source of atmospheric nitrous oxide', *Science*, 251 : 932-934.

ÉMISSIONS DE PFC IMPUTABLES À LA PRODUCTION D'ALUMINIUM

- Bjerke, W. (1999a). Communications personnelles entre Willy Bjerke, de l'International Primary Aluminium Institute, Londres, Royaume-Uni, et Michael Atkinson, de Diamantina Technology, Australie, sur les facteurs d'émissions VSS annoncés par le Groupe d'experts de l'IPAI sur les PFC, avril.
- Bjerke, W. (1999b), G. Bouchard, et J. Marks (1999). Communications personnelles entre Willy Bjerke, de l'IPAI, Londres, Royaume-Uni, Guy Bouchard, de Alcan, Québec, Canada, Jerry Marks, de Alcoa, Pittsburgh, États-Unis, et Michael Atkinson, de Diamantina Technology, Australie, sur les données sur les mesures et les facteurs d'émission, mars.
- Bouzat G, J.C. Carraz, et M. Meyer (1996). 'Measurements of CF₄ and C₂F₆ Emissions from Prebaked Pots', *Light Metals*, pp. 413-417.
- Harnisch, J., I. Sue Wing, H.D. Jacoby, et R.G. Prinn (1998). *Primary Aluminum Production: Climate Policy, Emissions and Costs*. Rapport No. 44, MIT-Joint Program on the Science and Policy of Global Change Report Series, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- International Primary Aluminium Institute (IPAI) (1996). *Anode Effect And Perfluorocarbon Compounds Emission Survey 1990-1993*. IPAI, Londres, Royaume-Uni.
- Kimmerle, F., G. Potvin, et J. Pisano (1998). 'Reduction of the PFC Emissions from Prebaked Hall Heroult Cells', *Light Metals*, pp. 165-175.
- Leber, B.P., A.T. Tabereaux, J. Marks, B. Lamb, T. Howard, R. Kantamaneni, M. Gibbs, V. Bakshi, et E.J. Dolin (1998). 'Perfluorocarbon (PFC) Generation at Primary Aluminium Smelters', *Light Metals*, février, pp. 277-285.
- Marks, J. (1998). 'PFC Emission Measurements from Alcoa Aluminium Smelters', *Light Metals*, pp. 287-291.
- Marks, J., R. Roberts, V. Bakshi, et E. Dolin (2000). 'Perfluorocarbon (PFC) Generation during Primary Aluminium Production', *Light Metals*, à paraître.
- Roberts, R. et J. Marks (1994). 'Measurement of CF₄ and C₂F₆ Evolved During Anode Effects from Aluminium Production.' Rapport présenté lors de l'atelier de l'International Primary Aluminium Institute (IPAI) sur les PFC, mars.
- Roberts, R. et P.J. Ramsey (1994). 'Evaluation of Fluorocarbon Emissions from the Aluminium Smelting Process', *Light Metals*, pp. 381-388.

ÉMISSIONS DE SF₆ IMPUTABLES À LA PRODUCTION DE MAGNÉSIUM

- Gjestland, H. et D. Magers (1996). Actes de la Conférence mondiale annuelle de la International Magnesium Association, 1996.
- Palmer, B. (1999). Communications personnelles entre B. Palmer, de Cheminfo Services, Inc., et des collègues travaillant dans des fonderies importantes de magnésium, janvier.

ÉMISSIONS OF SF₆ IMPUTABLES AU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE ET À D'AUTRES SOURCES

- Bitsch, R. (1999a). Déclaration des expériences en matière de facteurs d'émission de Siemens AG, Erlangen, Allemagne, et d'autres fabricants des appareillages de commutation lors de la Réunion du groupe d'experts sur la préparation des inventaires, Washington DC, États-Unis, janvier de 1999, GIEC/OCDE/AEI National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Bitsch R. (1999b). Communication personnelle avec des collègues travaillant dans une usine de Siemens A.G., Allemagne.
- Chemical Products Council (1999). *The Sixth Meeting of the Committee for Prevention of Global Warming*. The Chemical Products Council, MITI, Japon, 21 mai.
- Denki Kyodo Kenkyu (1998). Vol. 54, No.3, Electric Technology Research Association, décembre.
- Olivier, J.G.J. et J. Bakker (2000). *Historical emissions of HFCs, PFCs and SF₆ 1950-1995. Consumption and emission estimates per country 1950-1995 and global emissions on 1°x1° in EDGAR 3.0*. RIVM, Bilthoven, Pays-Bas.
- Preisegger, E. (1999). Déclaration des expériences en matière d'un facteur d'émission de Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover, Allemagne, lors de la Réunion du groupe d'experts sur la préparation des inventaires, Washington DC, États-Unis, janvier de 1999, GIEC/OCDE/AEI National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Science & Policy Associates (1997). *Sales of Sulphur Hexafluoride (SF₆) by End-Use Applications*. Washington, D.C., États-Unis.
- Schwarz, W. et A. Leisewitz (1996). *Current and future emissions of fluorinated compounds with global warming effect in Germany* (en allemand). Rapport UBA-FB 1060 1074/01, Umweltbundesamt, Berlin, Allemagne.
- Schwarz, W. et A. Leisewitz (1999). *Emissions and reduction potentials of HFCs, PFCs and SF₆ in Germany*. Rapport UBA-FB 298 41 256, Umweltbundesamt, Berlin, Allemagne.
- Suizu, T. (1999). 'Partnership activities for SF₆ gas emission reduction from gas insulated electrical equipment in Japan'. *Proc. Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs*, ECN, Petten, Pays-Bas, 26-28 mai.

ÉMISSIONS DE PFC, HFC ET SF₆ IMPUTABLES À LA FABRICATION DE SEMI-CONDUCTEURS

- Molina *et al.* (1995). *Atmospheric Geophysical Research Letters*, 22 (13) : 1873-1876.
- Semiconductor Industry Association (2000). *Equipment Environmental Characterisation Guidelines*. Version 3.0, revision de février 2000. San Jose, CA, États-Unis.

ÉMISSIONS DE PRODUITS DE REMPLACEMENT DES SUBSTANCES QUI APPAUVRISSENT LA COUCHE D'OZONE (REMPLACEMENTS DES SAO)

- Ashford P. (1999). 'Emissions from Foams—Predicting, monitoring, reporting and reducing', *Proceedings of the Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs*, ECN Petten, Pays-Bas, 26-28 mai.
- Baker, J. (1999). 'Mobile Air Conditioning: HFC-134a Emissions and Emission Reduction Strategies', rapport présenté lors de la *Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs*, célébrée à la Netherlands Energy Research Foundation (ECN), Petten, Pays-Bas, 26-28 mai, et financée par le Netherlands Ministry of Environment (VROM) et la United States Environmental Protection Agency (USEPA).
- Clodic D. (1999). Communication personnelle avec des collègues d'usine, février.
- Expert Group (1999). Opinion du groupe d'experts lors de la *Washington Expert Meeting on Good Practice Guidance for Emissions from Industrial Processes*, janvier, GIEC/OCDE/AEI National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Gamlen P.H., B.C. Lane, P.M. Midgley, et J.M. Steed (1986). 'The production and release to the atmosphere of CCl₃F and CCl₂F₂ (Chlorofluorocarbons CFC 11 and CFC 12)', *Atmos. Environ.*, 20(6) : 1077-1085.

HTOC (1998). Halon Technical Options Committee, 1998. <http://www.TEAP.org>.

McCulloch A., P.M. Midgley, et D.A. Fisher (1994). 'Distribution of emissions of chlorofluorocarbons (CFCs) 11, 12, 113, 114 and 115 among reporting and non-reporting countries in 1986', *Atmos. Environ.*, 28(16) : 2567-2582.

ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE HFC-23 IMPUTABLES À LA FABRICATION DE HCFC-22

Research Triangle Institute (RTI) (1994). *The Reduction of HFC-23 Emissions from the Production of HCFC-22*, rapport final. Préparé pour la Atmospheric Pollution Prevention Division, U.S. Environmental Protection Agency, juillet de 1996.

Research Triangle Institute (RTI) (1998). *Verification of Emission Estimates of HFC-23 from the Production of HCFC-22: Emissions from 1990 through 1996*. Préparé pour la Atmospheric Pollution Prevention Division, U.S. Environmental Protection Agency, février.

RTI, Cadmus (1998). Performance Standards for Determining Emissions of HFC-23 from the Production of HCFC-22, version préliminaire du rapport final, préparée pour la USEPA, février.

Secrétariat de la CCNUCC (1998). *Methodological Issues Identified While Processing Second National Communications*. CCNUCC/SBSTA/1998/7.