

CHAPITRE 8

FABRICATION ET UTILISATION D'AUTRES PRODUITS

Auteurs

Sections 8.1, 8.2 et 8.3

Deborah Ottinger Schaefer (États-Unis)

Friedrich Plöger (Allemagne), Winfried Schwarz (Allemagne), Sven Thesen (États-Unis), Ewald Preisegger (Allemagne), Ayite-Lo N. Ajavon (Togo) et Dadi Zhou (Chine)

Section 8.4

Nigel Harper (GB)

Table Des Matières

8	FABRICATION ET UTILISATION D'AUTRES PRODUITS	5
8.1	Introduction.....	6
8.2	Émissions De SF ₆ Et De PFC Issues D'équipement Electrique	6
8.2.1	Introduction	6
8.2.2	Questions Méthodologiques.....	7
8.2.2.1	Choix De La Méthode	7
8.2.2.2	Choix Des Facteurs d'Émission.....	15
8.2.2.3	Choix Des Données Sur Les Activités.....	19
8.2.2.4	Exhaustivité	21
8.2.2.5	Développement D'une Série Temporelle Cohérente	21
8.2.3	Évaluation Des Incertitudes	22
8.2.4	Assurance Qualité / Contrôle Qualité (AQ/CQ), Etablissement De Rapports Et Documentation. 23	
8.2.4.1	Assurance Qualité / Contrôle Qualité	23
8.2.4.2	Établissement De Rapports Et Documentation.....	24
8.3	Émissions De SF ₆ Et De PFC Dans D'autres Produits	26
8.3.1	Introduction	26
8.3.2	Questions Méthodologiques.....	26
8.3.2.1	Choix De La Méthode	26
8.3.2.2	Choix Des Facteurs d'Émission.....	37
8.3.2.3	Choix Des Données Sur Les Activités.....	37
8.3.2.4	Exhaustivité	37
8.3.2.5	Développement D'une Série Temporelle Cohérente	37
8.3.3	Évaluation Des Incertitudes	37
8.3.4	Assurance Qualité / Contrôle Qualité (AQ/CQ), Etablissement De Rapports Et Documentation. 38	
8.3.4.1	Assurance Qualité / Contrôle Qualité	38
8.3.4.2	Établissement De Rapports Et Documentation.....	38
8.4	N ₂ O Provenant Des Utilisations De Produits.....	39
8.4.1	Introduction	39
8.4.2	Questions Méthodologiques.....	40
8.4.2.1	Choix De La Méthode	40
8.4.2.2	Choix Des Facteurs d'Émission.....	40
8.4.2.3	Choix Des Données Sur Les Activités.....	41
8.4.2.4	Exhaustivité	41
8.4.2.5	Développement D'une Série Temporelle Cohérente	41
8.4.3	Évaluation Des Incertitudes	42
8.4.3.1	Incertainces Des Facteurs d'Émission.....	42
8.4.3.2	Incertainces Des Données Sur Les Activités.....	42
8.4.4	Assurance Qualité / Contrôle Qualité (AQ/CQ), Etablissement De Rapports Et Documentation. 42	
Annexe 8A	Exemples De Systèmes D'inventaires Nationaux De SF ₆ De Niveau 3.....	46

Équations

Equation 8.1 Methode Par Facteur D'emission Par Defaut.....	9
Equation 8.2 Emissions Lors De La Mise Au Rebut De L'equipement Avec La Methode Par Facteur D'emission Specifique Au Pays	9
Equation 8.3 Total Des Emissions De Niveau 3	10
Equation 8.4a Emissions Lors De La Fabrication De L'equipement - Bilan Massique Pur.....	11
Equation 8.4b Emissions Lors De La Fabrication D'equipement - Hybride.....	11
Equation 8.5a Emissions Lors De L'installation D'equipement - Bilan Massique Pur.....	11
Equation 8.5b Emissions Lors De L'installation De L'equipement - Hybride	12
Equation 8.5a Emissions Lors De L'utilisation De L'equipement - Bilan Massique Pur	12
Equation 8.6b Emissions Lors De L'utilisation D'equipement - Hybride	12
Equation 8.7a Emissions Lors De L'utilisation Finale Et De Mise Au Rebut De L'equipement - Bilan Massique Pur.....	13
Equation 8.7b Emissions Lors De L'utilisation Finale Et De La Mise Au Rebut De L'equipement - Hybride	13
Equation 8.8 Emissions Issues Du Recyclage De Sf ₆ *	14
Equation 8.8 Emissions issues de la destruction de sf ₆ *	14
Equation 8.10 Approche Par Bilan Massique Au Niveau De L'utilite.....	15
Equation 8.11 Charge Nominale De Retrait.....	19
Equation 8.12 Emissions Issues Des Awacs (Facteur D'emission Par Defaut)	27
Equation 8.13 Emissions Issues Des Awacs (Bilan Massique Utilisateur)	28
Equation 8.14 Emissions Des Accelerateurs De Particules De Recherche Et D'universites (Au Niveau Du Pays).....	30
Equation 8.15 Emissions De L'accelerateur De Particules De Recherche Et D'universite (Facteur D'emission Au Niveau De L'accelerateur)	31
Equation 8.16 Emissions Totales De L'accelerateur De Recherche	31
Equation 8.17 Emissions De L'accelerateur De Recherche (Bilan Massique Au Niveau De L'accelerateur)	31
Equation 8.18 Emissions Des Accelerateurs Medicaux/Industriels (Au Niveau Du Pays).....	34
Equation 8.19 Applications Des Proprietes Adiabatique	35
Equation 8.20 Fenetres A Double Vitrage : Assemblage	35
Equation 8.21 Fenetres A Double Vitrage : Utilisation.....	35
Equation 8.22 Fenetres A Double Vitrage : Mise Au Rebut	35
Equation 8.23 Emissions Rapides	36
Equation 8.24 Emissions De N ₂ O Issues Des Utilisations D'autres Produits	40

Figures

Figure 8.1	Diagramme décisionnel pour leSF ₆ issu d'équipement électrique ¹	8
Figure 8.2	Diagramme décisionnel pour leSF ₆ des AWACS	27
Figure 8.3	Diagramme décisionnel pour leSF ₆ issu des accélérateurs de la recherche	30
Figure 8.4	Diagramme décisionnel pour les accélérateurs de particules médicaux et industriels	33
Figure 8A.1	Exemple d'approche de niveau 3 : Allemagne, équipement à haute tension	47
Figure 8A.2	Exemple d'approche de niveau 3 : Allemagne, équipement à moyenne tension	48

Tableaux

Tableau 8.1	Éviter Le Double Comptage Ou L'omission De Certaines Emissions : Deux Exemples	14
Tableau 8.2	Équipement Électrique Hermétique Sous Pression (Appareil De Commutation Mv) Contenant Du SF ₆ : Facteurs D'émission Par Défaut	16
Tableau 8.3	Équipement Électrique Fermé Sous Pression (APPAREIL De Commutation HV) Contenant Du SF ₆ : Facteurs D'émission Par Défaut	17
Tableau 8.4	Transformateurs A Isolation Gazeuse Contenant Du SF ₆ : Facteurs D'émission Par Défaut	17
Tableau 8.5	Incertitudes Concernant Les Facteurs D'émission Par Défaut Et La Durée De Vie	23
Tableau 8.6	<i>Bonnes Pratiques</i> En Matière De Présentation D'informations Pour Calculer Les Emissions De SF ₆ Issues D'équipement Électrique, Par Niveau	25
Tableau 8.7	Émissions De SF ₆ Par Avion Par An	27
Tableau 8.8	Flottes Nationales De AWACS	28
Tableau 8.9	Charge Moyenne De SF ₆ Dans Un Accélérateur De Particules Par Description De Procédé ..	34
Tableau 8.10	Facteur D'émission Pour Chaque Description Du Procédé (Emissions De SF ₆ Issues Des Accélérateurs De Particules Industriels Et Médicaux)	34

8 FABRICATION ET UTILISATION D'AUTRES PRODUITS

8.1 INTRODUCTION

Ce chapitre détaille les méthodes pour estimer les émissions d'hexafluorure de soufre (SF_6) et de perfluorocarbures (PFC) issues de la fabrication et de l'utilisation d'équipement électrique et de nombreux autres produits. Il fournit également des méthodes pour estimer les émissions d'oxyde nitreux (N_2O) issues de plusieurs produits. Dans la plupart de ces applications, du SF_6 , PFC ou N_2O est délibérément incorporé dans le produit pour exploiter une ou plus des propriétés physiques du produit chimique, telle que la force diélectrique élevée du SF_6 , la stabilité des PFC et l'effet anesthésique du N_2O . Les applications traitées ici ont cependant une large variété de profils d'émissions, passant de l'immédiate et inévitable libération de tous les produits chimiques (par ex., utilisation de PFC comme traceur atmosphérique), à une libération retardée issue de produits à faibles fuites après 40 ans d'utilisation (par ex., fabrication et utilisation d'équipement électrique hermétique sous pression). Les méthodes d'estimation présentées dans ce chapitre ont été faites sur mesure pour refléter ces différences de profils d'émissions.

La section 8.2 détaille les méthodes pour estimer les émissions de SF_6 et de PFC issues d'équipement électrique. La section 8.3 se concentre sur les méthodes d'estimation des émissions issues de la fabrication et de l'utilisation d'une large variété d'autres produits industriels, commerciaux et de consommation qui contiennent du SF_6 et des PFC, à l'exception de ceux traités ailleurs dans ce volume (par ex., émissions de PFC issues de la fabrication électronique qui sont traitées dans le chapitre 6). (Veuillez consulter l'introduction de la section 8.3 pour la liste des sources exclues.) Pour finir, la section 8.4 analyse en détail les méthodes pour estimer les émissions de N_2O issues d'anesthésiques, de propulseurs et d'autres utilisations de produits.

8.2 ÉMISSIONS DE SF_6 ET DE PFC ISSUES D'EQUIPEMENT ELECTRIQUE

8.2.1 Introduction

L'hexafluorure de soufre (SF_6) est utilisé pour l'isolation électrique et l'interruption de courant dans l'équipement utilisé pour la transmission et la distribution de l'électricité. Les émissions se produisent à chaque phase du cycle de vie de l'équipement, incluant la fabrication, l'installation, l'utilisation, la maintenance et la mise au rebut. La plupart du SF_6 utilisé dans les équipements électriques est utilisé dans les appareillages de commutation, les postes électriques à isolation gazeuse (ACIG) et les disjoncteurs à gaz (DAG) ; mais il peut également être utilisé dans les lignes haute tension à isolations gazeuse (LIG), les transformateurs de mesure à isolation gazeuse d'extérieur (TM ext) et d'autres équipements. Les applications susmentionnées peuvent être divisées en deux catégories d'étanchéité. La première catégorie correspond aux "systèmes scellés sous pression" ou "équipement scellé à vie", qui sont définis comme des équipements qui ne nécessitent aucun remplissage de gaz pendant leur durée de vie et qui contiennent généralement moins de 5 kg de gaz par unité fonctionnelle¹. L'équipement de distribution dépend normalement de cette catégorie. La seconde catégorie est celle des « systèmes fermés sous pression » qui inclut l'équipement nécessitant un remplissage de gaz pendant la durée de vie. Ce type d'équipement contient généralement entre 5 et plusieurs centaines de kg par unité fonctionnelle. L'équipement de transmission fait généralement partie de cette catégorie. Les deux catégories d'équipement ont des durées de vie de plus de 30 ou 40 ans. En Asie, des quantités significatives de SF_6 sont utilisées dans les transformateurs de puissance à isolation gazeuse.

L'équipement électrique est globalement le plus gros consommateur et utilisateur de SF_6 . Il contribue significativement aux émissions mondiales de SF_6 . L'importance de cette source varie cependant considérablement d'une région à l'autre et d'un pays à l'autre. Les émissions issues de cette catégorie dépendent non seulement des quantités de SF_6 installées (en banque) ou consommées mais également de l'étanchéité des produits et des procédés de manipulation appliqués. Les taux d'émissions régionaux moyens varient actuellement entre moins de 1 % à plus de 10 %. En général, les taux d'émission ont diminué significativement depuis 1995. Des actions industrielles ciblées ont permis de réduire les émissions de 50 à 90 % en Europe et en Asie (Ecofys, 2005 ; Aoyama, 2004). Ces actions incluent (1) concevoir des équipements qui nécessitent une plus petite charge de SF_6 et laissent échapper moins de fuites et (2) améliorer les procédés de manipulation et l'équipement de manipulation pour tous les stades du cycle de vie.²

Dans certaines régions (par ex., Amérique du Nord et Japon), les hydrocarbures perfluorés (PFC) sont utilisés comme diélectriques et fluides de transfert de chaleur dans les transformateurs de puissance. Les PFC sont utilisés pour recycler les transformateurs refroidis au CFC-113. Le perfluorohexane (C_6F_{14}) est un PFC utilisé dans cette application. En terme d'émissions aussi bien absolues que mesurées en équivalent carbone, les émissions de PFC issues d'équipement électrique sont censées être plus faibles que les émissions de SF_6 issues d'équipement électrique ; il peut cependant y avoir des exceptions générales à ce modèle.

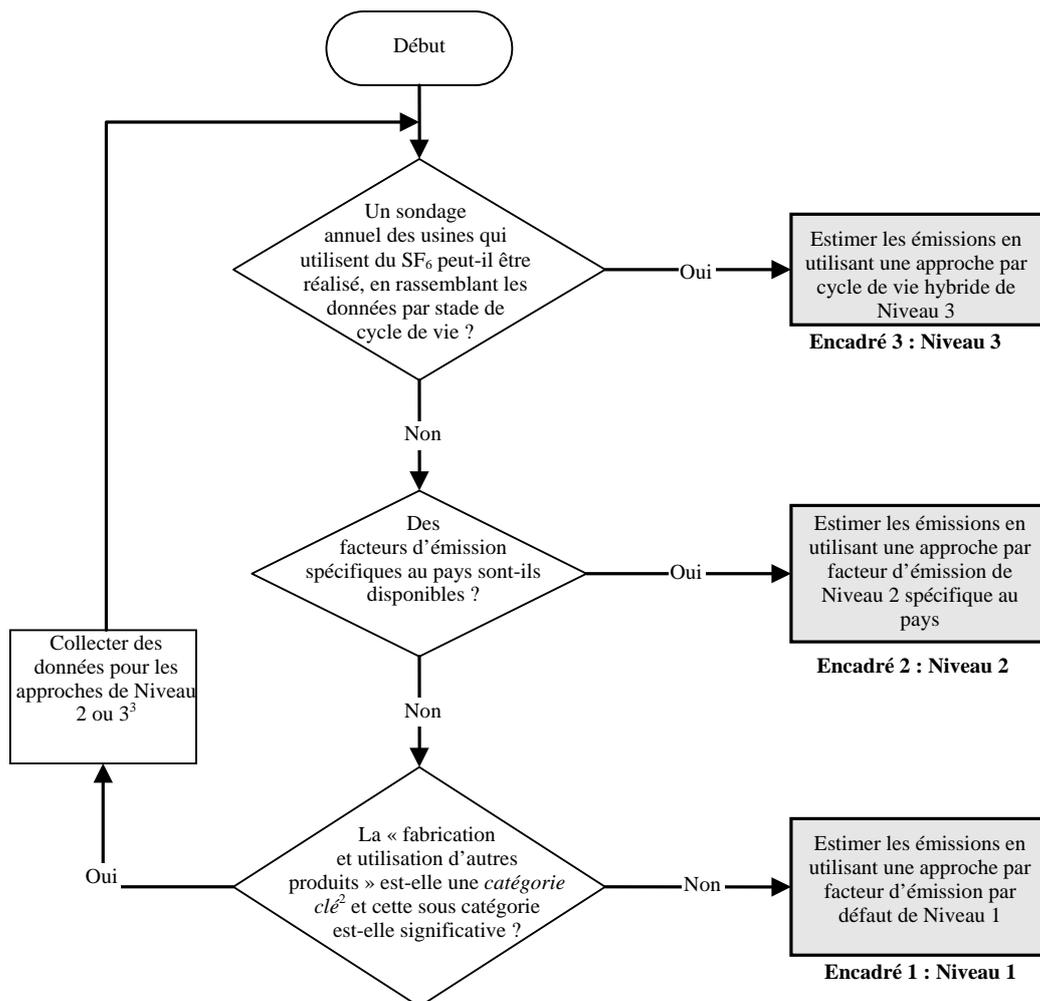
8.2.2 Questions méthodologiques

8.2.2.1 CHOIX DE LA MÉTHODE

Les émissions de SF_6 issues d'équipement électrique peuvent être estimées de diverses manières, avec des degrés différents de complexité et de densité des données. Cette section décrit les *bonnes pratiques* en matière d'utilisation d'une méthode de Niveau 1 (approche par facteur d'émission par défaut), d'une méthode de Niveau 2 (approche par facteur d'émission spécifique au pays) ou d'une méthode de Niveau 3 (méthode hybride qui peut utiliser soit une approche par bilan massique, soit une approche par facteur d'émission pour les différents stades du cycle de vie, selon les circonstances spécifiques au pays).

Généralement, les estimations d'émissions développées en utilisant la méthode de Niveau 3, qui est mise en œuvre au niveau de l'usine, seront les plus précises. Les estimations les moins précises seront celles développées en utilisant la méthode de niveau 1.

Comme c'est le cas pour les sources d'émissions, le niveau choisi dépendra de la disponibilité des données et du type de catégorie (*source clé* ou non). La figure 8.1, « Digramme décisionnel pour le SF_6 issu d'équipement électronique », résume le procédé à utiliser pour choisir entre les niveaux 3,2 et 1. La *bonne pratique* en matière de choix entre les deux variantes de l'approche de niveau 3 (par bilan massique et par facteur d'émission) est décrite en détail dans la section 1.5 du chapitre 1. Ce choix dépendra de la disponibilité des données et des circonstances spécifiques au pays. En guise de première étape pour évaluer l'importance des émissions de SF_6 issues d'équipement électronique et d'autres catégories traitées dans ce chapitre, les compilateurs d'inventaires doivent contacter les producteurs et fournisseurs de produits chimiques, les fabricants d'équipement électrique, les usines et/ou leurs associations industrielles. Ces organisations peuvent fournir des informations générales sur la consommation de produits chimiques, sur les stocks d'équipements et sur les applications qui peuvent aider le compilateur d'inventaire à estimer les émissions et identifier les sources qui méritent un examen ultérieur. Elles peuvent également donner des conseils importants pour établir des systèmes de collecte de données plus extensifs et pour faciliter les estimations de niveau 2 et 3.

Figure 8.1 Diagramme décisionnel pour leSF₆ issu d'équipement électrique¹

Notes :

1. En sélectionnant une méthode d'estimation, les bonnes pratiques recommandent de prendre également en considération le critère présenté dans le Tableau 7 de la Section 1.5 du Chapitre 1 de ce volume pour choisir entre les deux variantes de chaque tiers : entre l'approche par bilan massique et celle par facteur d'émission.
2. Voir le chapitre 4 du volume 1, Choix méthodologiques et identification des catégories clé (en prenant note de la section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour la discussion des catégories clé et de l'usage des diagrammes décisionnels.
3. Les bonnes pratiques recommandent de contacter les associations nationales et régionales de services publics/utilisateurs et fabricants afin de collecter, vérifier et rassembler des données actuelles et historiques.

NIVEAU 1 - FACTEURS D'ÉMISSION PAR DÉFAUT

L'approche de niveau 1 est l'approche la plus simple pour estimer les émissions de SF₆ et de PFC issues d'équipement électrique (dans cette section « SF₆ » sera désormais utilisé pour indiquer « SF₆ et/ou PFC »). Dans cette méthode, les émissions sont estimées en multipliant les facteurs d'émissions régionaux par défaut par la consommation de SF₆ des fabricants d'équipements et/ou par la charge nominale de l'équipement en SF₆ à chaque stade du cycle de vie au-delà de la fabrication dans le pays. Le terme « émissions lors de l'installation » peut être supprimé si (1) des émissions lors de l'installations ne sont pas censées se produire (c'est à dire, pour l'équipement fermé sous pression) ou lorsque (2) les émissions lors de l'installation sont incluses dans le facteur d'émission pour les émissions issues de la fabrication ou de l'utilisation. Des facteurs d'émission par défaut sont fournis dans les tableaux 8.2 et 8.4.

Les bonnes pratiques recommandent d'utiliser l'équation suivante :

EQUATION 8.1**METHODE PAR FACTEUR D'EMISSION PAR DEFAUT**

Émissions totales = émissions lors de la fabrication + émissions lors de l'installation de l'équipement + émissions lors de l'utilisation de l'équipement + émissions lors de la mise au rebut de l'équipement

Où :

Émissions lors de la fabrication = facteur d'émission de fabrication • consommation totale de SF₆ par fabricant d'équipement

Émissions lors de l'installation de l'équipement = facteur d'émission d'installation • charge nominale totale du nouvel équipement rempli sur site (et non à l'usine).

Émissions lors de l'utilisation de l'équipement = facteur d'émission d'utilisation • charge nominale totale de l'équipement installé. Le « facteur d'émission d'utilisation » inclut les émissions dues à des fuites, à l'entretien, à la maintenance et aux défaillances.

Émissions lors de la mise au rebut de l'équipement = charge nominale totale de l'équipement retiré • fraction de SF₆ restant au moment du retrait

NIVEAU 2 – MÉTHODE PAR FACTEUR D'ÉMISSION SPÉCIFIQUE AU PAYS

La méthode de Niveau 2 utilise la même équation de base que celle de Niveau 1 mais nécessite des facteurs d'émission spécifiques au pays exactes pour chaque stade du cycle de vie. Les facteurs d'émissions spécifiques au pays seront plus précis car ils reflètent les circonstances uniques dans lequel l'équipement électrique est utilisé dans un pays donné. De plus, si des données détaillées sur le retrait de l'équipement sont disponibles, les émissions dues au retrait pourront être estimées avec plus de précision. L'expression pour les émissions lors de la mise au rebut de l'équipement dans la méthode de niveau 2 inclut des termes rendant compte de la récupération de SF₆ au moment du retrait et de la mise hors service, comme suit :

EQUATION 8.2**EMISSIONS LORS DE LA MISE AU REBUT DE L'EQUIPEMENT AVEC LA METHODE PAR FACTEUR D'EMISSION SPECIFIQUE AU PAYS**

Émissions lors de la mise au rebut de l'équipement = charge nominale totale de l'équipement retiré • fraction de SF₆ restant au moment du retrait • (1 – fraction de l'équipement retiré dont le SF₆ est récupéré) • rendement de récupération • fraction du SF₆ récupéré recyclé, réutilisé sans traitement ultérieur, ou détruit*)

* Cet élément final est censé rendre compte des émissions pendant le recyclage et la destruction du produit chimique.

Noter que pour être considérées de niveau 2, les estimations doivent être développées en utilisant des facteurs d'émission spécifiques au pays.

MÉTHODE HYBRIDE DE NIVEAU 3 – ÉMISSIONS PAR STADE DU CYCLE DE VIE DE L'ÉQUIPEMENT

La méthode de Niveau 3 est l'approche la plus précise pour estimer les émissions réelles de SF₆ issues d'équipement électrique. Cette méthode est détaillée mais flexible, s'adaptant à une grande variété de circonstances nationales. La méthode est mise en œuvre au niveau de l'usine et inclut des équations séparées pour chaque phase du cycle de vie de l'équipement incluant la fabrication de l'équipement, l'installation, l'utilisation et la mise au rebut. Selon le type d'équipement, le stade du cycle de vie et les circonstances spécifiques au pays, on peut utiliser soit une approche par bilan massique, soit une approche par facteurs d'émission spécifiques au pays (ou à l'usine). En général, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser une approche par bilan massique, excepté lorsque (1) les taux d'émission issus d'un procédé sont proches ou en dessous de la précision des mesures requises pour l'approche par bilan massique (par ex., 3 % de la charge nominale par année ou moins), (2) l'équipement n'est jamais entretenu pendant sa durée de vie (comme il est censé être le cas pour l'équipement hermétique sous pression) ou (3) les stocks d'équipement augmentent très rapidement, comme ce peut être le cas des pays où l'équipement électrique a été introduit ces 10-20 dernières années.

L'approche hybride accroît la précision en permettant l'utilisation de l'approche par bilan massique pour certains procédés et stades du cycle de vie et l'approche par facteur d'émission pour d'autres procédés et stades du cycle de vie. La combinaison de ces différentes approches introduit cependant des possibilités de double comptage ou d'omission de certaines émissions. Les compilateurs d'inventaires doivent être conscients de ce problème et prendre des mesures pour l'éviter. Le tableau 8.1, « Éviter le double comptage ou l'omission d'émissions », fournit des exemples et certaines solutions potentielles à ces deux problèmes.

L'annexe à ce chapitre (annexe 8A) décrit brièvement un exemple d'une approche de niveau 3 et son application concrète en Allemagne. Cet exemple est censé servir d'exemple plus que de modèle à suivre ; l'approche précise adoptée par un pays donné dépendra des circonstances spécifiques au pays.

Idéalement, les données sont obtenues pour chaque fabricant d'équipement, chaque usine de distribution et de transmission d'électricité (installation), chaque repreneur d'équipement (qui peut être un fabricant, un prestataire de service d'électricité ou d'autres entités) et chaque usine de destruction ou de recyclage de SF₆ dans le pays, et les émissions de tous les fabricants, services publics, repreneurs et usines de destruction ou recyclage sont ajoutées pour développer les estimations nationales. L'équation de base est la suivante :

EQUATION 8.3
TOTAL DES EMISSIONS DE NIVEAU 3

$$\begin{aligned}
 \text{Total Emissions} = & \sum \text{Emissions fabrication équipement} \\
 & + \sum \text{Emissions installation équipement} \\
 & + \sum \text{Emissions utilisation équipement} \\
 & + \sum \text{Emissions mise.au.rebut et utilisation finale} \\
 & + \sum \text{Emissions recyclage SF}_6 \text{ et destruction}
 \end{aligned}$$

Où :

Les émissions lors de la fabrication de l'équipement au niveau de l'usine peuvent être estimées avec les équations 8.4A et 8.4B.

Les émissions lors de l'installation de l'équipement au niveau de l'usine peuvent être estimées avec les équations 8.5A et 8.5B.

Les émissions lors de l'utilisation de l'équipement au niveau de l'usine peuvent être estimées avec les équations 8.6A et 8.6B.

Les émissions lors de l'utilisation finale et de la mise au rebut de l'équipement au niveau de l'usine peuvent être estimées avec les équations 8.7A et 8.7B.

Les émissions issues du recyclage et de la destruction de SF₆ au niveau de l'usine peuvent être estimées avec les équations 8.8 et 8.9.

Dans les équations susmentionnées, les émissions nationales pour chaque phase sont égales à la somme des émissions de tous les fabricants d'équipements, des utilisateurs d'équipements, des repreneurs d'équipement, ou des destructeurs/recycleurs de SF₆ pour cette phase. Dans la pratique, il n'est pas toujours possible d'obtenir des données pour chaque usine ; dans ce cas, les pays peuvent utiliser une des méthodes d'extrapolation détaillées dans la section 8.2.2.3, Choix des données sur les activités.

Émissions lors de la fabrication de l'équipement

Les émissions pendant la fabrication de l'équipement peuvent être estimées soit par une approche *par bilan massique pure*, soit par un mélange (*hybride*) d'une approche par bilan massique pour certains procédés et d'une approche basée sur un facteur d'émission pour les autres. L'approche de bilan massique pur est recommandée sauf lorsqu'une part substantielle des émissions d'un fabricant provient de procédés pour lesquels les taux d'émission tombent sous la précision des mesures requises pour l'approche par bilan massique (par ex., 3 % de la charge nominale par an ou moins). Dans ces cas, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser des facteurs d'émission pour estimer les émissions issues des procédés avec taux d'émissions très bas et d'utiliser une approche par bilan massique pour estimer les émissions issues d'autres procédés de fabrication.

Approche par bilan massique pure : En utilisant l'approche par bilan massique pure, les émissions totales de chaque fabricant d'équipements peuvent être estimées en utilisant l'équation suivante :

EQUATION 8.4A**EMISSIONS LORS DE LA FABRICATION DE L'ÉQUIPEMENT - BILAN MASSIQUE PUR**

$$\text{Emissions fabrication équipement} = \text{baisse inventaire } SF_6 + \text{Acquisitions de } SF_6 \\ - \text{sorties.de.stock de } SF_6$$

Où :

Baisse dans l'inventaire de SF₆ = SF₆ stocké en conteneurs au début de l'année - SF₆ stocké en conteneurs à la fin de l'année

Acquisitions de SF₆ = SF₆ acheté chez les producteurs de produits chimiques ou les distributeurs en vrac + SF₆ retourné par les utilisateurs d'équipements ou les distributeurs avec ou à l'intérieur de l'équipement + SF₆ retourné au site après un recyclage hors site

Déboursments de SF₆ = SF₆ contenu dans les nouveaux équipements livrés aux clients + SF₆ livré aux utilisateurs d'équipements dans des conteneurs + SF₆ retourné aux fournisseurs + SF₆ envoyé hors site pour recyclage + SF₆ détruit

Approche hybride : Cette méthode nécessite tout d'abord que les fabricants séparent les flux de gaz associés aux procédés pour lesquels l'approche par bilan massique sera utilisée, des flux de gaz associés aux procédés pour lesquels une approche par facteur d'émission sera utilisée. Les émissions issues de la première peuvent être estimées en utilisant l'approche détaillée dans l'équation 8.4A. Les émissions issues de la dernière peuvent être estimées en multipliant la charge nominale totale de l'équipement soumis à chaque procédé (par ex., remplissage) par le facteur d'émission spécifique au pays ou à l'usine pour ce procédé. Les émissions totales pour chaque fabricant sont ensuite estimées en ajoutant les émissions issues des deux ensembles de procédés par le biais de l'équation suivante :

EQUATION 8.4B**EMISSIONS LORS DE LA FABRICATION D'ÉQUIPEMENT - HYBRIDE**

$$\text{Emissions fabrication équipement} = \text{Equation 8.4A} \\ + \sum \text{capacité no min ale de l'équipement soumis à chaque procédé}^* \\ \bullet \text{facteur d'émission pour ce procédé}$$

*excluant celui traité dans l'équation 8.4A.

Émissions lors de l'installation de l'équipement

Les émissions durant l'installation de l'équipement peuvent être estimées en utilisant soit l'approche par bilan massique soit celle par facteur d'émission. Là encore, l'approche par bilan massique est préférée sauf lorsque les taux d'émission sont très bas.

Approche par bilan massique pure : En utilisant l'approche par bilan massique pure, les émissions totales de chaque installateur d'équipements peuvent être estimées en utilisant l'équation suivante :

EQUATION 8.5A**EMISSIONS LORS DE L'INSTALLATION D'ÉQUIPEMENT - BILAN MASSIQUE PUR**

$$\text{Emissions installation équipement} = SF_6 \text{ utilisé pour remplir l'équipement} \\ - \text{capacité no min ale du nouvel équipement}$$

Approche hybride : Cette méthode nécessite tout d'abord que les utilisateurs séparent les flux de gaz associés à l'équipement pour lequel l'approche par bilan massique sera utilisée, des flux de gaz associés à l'équipement pour lequel une approche par facteur d'émission sera utilisée. Les émissions issues de la dernière peuvent être estimées en utilisant l'approche soulignée dans l'équation 8.5A. Les émissions issues de la première peuvent être estimées en multipliant la charge nominale nouvellement installée de chaque type d'équipement par le facteur d'émission d'installation spécifique au pays ou à l'usine pour ce type. Les émissions totales pour chaque installateur sont ensuite estimées en ajoutant les émissions issues des deux ensembles d'équipements, en utilisant l'équation suivante :

EQUATION 8.5B**EMISSIONS LORS DE L'INSTALLATION DE L'EQUIPEMENT - HYBRIDE**

Emissions installation équipement = Equation 8.5A

+ \sum *capacité nominale du nouvel équipement rempli sur site** • *facteur d'émission d'installation*

*excluant celle traitée dans l'équation 8.5A.

Émissions lors de l'utilisation de l'équipement

Les émissions durant l'utilisation de l'équipement peuvent être estimées en utilisant soit l'approche *par bilan massique pure* soit l'approche *hybride*. L'approche *par bilan massique pure* est probablement la plus appropriée pour les pays où (1) l'équipement électrique qui utilise du SF₆ a été utilisé pendant 10-20 ans ou plus et (2) les émissions issues des systèmes scellés sous pression ont de fortes chances d'être négligeables. L'approche *hybride* est probablement la plus appropriée pour les autres pays.

Approche par bilan massique pure : En utilisant l'approche *par bilan massique pure*, les émissions totales de chaque utilisateur d'équipements peuvent être estimées en utilisant l'équation suivante :

EQUATION 8.5A**EMISSIONS LORS DE L'UTILISATION DE L'EQUIPEMENT - BILAN MASSIQUE PUR**

Emissions utilisation équipement = SF₆ utilisé pour recharger l'équipement fermé sous

pression pendant l'entretien

– SF₆ récupéré dans l'équipement fermé sous pression

pendant l'entretien

Approche hybride : Cette méthode nécessite tout d'abord que les utilisateurs séparent les flux de gaz associés à l'équipement pour lequel l'approche *par bilan massique* sera utilisée, des flux de gaz associés à l'équipement pour lequel une approche *par facteur d'émission* sera utilisée. Les émissions issues de la dernière peuvent être estimées en utilisant l'approche soulignée dans l'équation 8.6A. Les émissions issues de la première peuvent être estimées en multipliant la charge nominale totale de chaque type d'équipement par le facteur d'émission spécifique au pays ou à l'usine pour ce type d'équipement. L'approche *par facteur d'émission* est probablement la plus précise pour l'équipement hermétique sous pression, partout et pour tous les types d'équipements dans les pays où l'équipement électrique a été utilisé pendant moins de 10-20 ans. Les émissions totales pour chaque utilisateur sont ensuite estimées en ajoutant les émissions issues des deux ensembles d'équipements par le biais de l'équation suivante :

EQUATION 8.6B**EMISSIONS LORS DE L'UTILISATION D'EQUIPEMENT - HYBRIDE**

Emissions utilisation équipement = Equation 8.6A

+ \sum *capacité nominale de l'équipement installé** • *facteur d'émission d'utilisation*

*excluant celle traitée dans l'équation 8.6A.

Mise au rebut de l'équipement et émissions lors de l'utilisation finale

Les émissions lors de l'utilisation finale et de mise au rebut de l'équipement peuvent être estimées en utilisant soit l'approche *par bilan massique pure* soit l'approche *hybride*, selon les circonstances spécifiques au pays. Dans les deux approches (*par bilan massique pure* et *hybride*), les émissions issues de l'équipement fermé sous pression sont estimées en utilisant une équation *par bilan massique*. Dans l'approche *par bilan massique pure*, les émissions issues des systèmes scellés sous pression sont également estimées en utilisant une équation *par bilan massique*. Dans l'approche *hybride*, les émissions issues des systèmes scellés sous pression sont estimées en utilisant un terme basé sur un facteur d'émission.

Approche par bilan massique pure : Dans les pays où les infrastructures de collecte de gaz (incluant l'équipement de récupération, la formation des techniciens et les incitations économiques ou légales à la

recupération) ne sont pas très bien développées ou largement appliquées, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser une approche par bilan massique pure, comme suit :

EQUATION 8.7A
EMISSIONS LORS DE L'UTILISATION FINALE ET DE MISE AU REBUT DE L'EQUIPEMENT - BILAN MASSIQUE PUR

$$\text{Mise au rebut et émissions d'utilisation finale} = \text{Emissions d'équipement fermé sous pression} \\ + \text{émissions d'équipement hermétique sous pression}$$

Où :

Mise au rebut et émissions lors de l'utilisation finale issues d'équipement fermé sous pression = charge nominale de l'équipement fermé sous pression retiré – SF₆ récupéré de l'équipement avec pression fermé et

Mise au rebut et émissions lors de l'utilisation finale issues de l'équipement hermétique sous pression = charge nominale des systèmes scellés sous pression – SF₆ récupéré des systèmes scellés sous pression.

Noter que si le compilateur d'inventaire utilise une approche par facteur d'émission pour estimer les « émissions lors de l'utilisation » issues de l'équipement hermétique sous pression, un terme doit être soustrait de la seconde équation pour éviter un double comptage. Voir le tableau 8.1, « Éviter le double comptage ou l'omission de certaines émissions : Deux exemples » pour ce terme.

Approche hybride : Dans les pays où la mise au rebut de l'équipement est bien contrôlée et comprise (c'est à dire, lorsqu'une infrastructure efficace de collecte du gaz est en place) et lorsque les émissions issues de l'utilisation de l'équipement hermétique sous pression sont comptabilisées sous « utilisation » ci-dessus, l'approche hybride peut être utilisée de la façon suivante :

EQUATION 8.7B
EMISSIONS LORS DE L'UTILISATION FINALE ET DE LA MISE AU REBUT DE L'EQUIPEMENT - HYBRIDE

$$\text{Mise au rebut et émissions d'utilisation finale} = \text{Emissions issues d'équipement fermé sous pression} \\ + \text{Emissions issues d'équipement hermétique sous pression}$$

Où :

Mise au rebut et émissions lors de l'utilisation finale issues d'équipement fermé sous pression = charge nominale de l'équipement fermé sous pression retiré – SF₆ récupéré de l'équipement avec pression fermé et

Émissions lors de la mise au rebut d'équipement hermétique sous pression = [(charge nominale des systèmes scellés sous pression retirés) – (charge nominale des systèmes scellés sous pression retirés) • facteur d'émission d'utilisation • durée de vie de l'équipement)] • (1 – fraction de l'équipement retiré dans lequel du SF₆ est récupéré • rendement de récupération)

Comme noté ci-dessus, les émissions estimées en utilisant l'approche susmentionnée doivent être vérifiées périodiquement, par ex., en utilisant une approche par bilan massique et/ou en évaluant la fréquence de la récupération et les pratiques. Les compilateurs d'inventaires doivent porter une attention particulière à la fraction de l'équipement retiré dans lequel du SF₆ est récupéré et à la fraction de la charge qui est récupérée lorsque la récupération est effectuée (« rendement de récupération »). Même dans les pays où la norme est de récupérer le SF₆ de l'équipement retiré, une certaine ventilation peut se produire et la ventilation de seulement quelque pour cent du SF₆ dans l'équipement retiré conduira les taux d'émission de loin supérieur au minimum techniquement atteignable et qui constituerait sans cela une base raisonnable de facteur d'émission.

Émissions issues du recyclage et de la destruction de SF₆

Certaines émissions de SF₆ se produisent après que le produit chimique soit récupéré. Ces émissions incluent (1) les émissions associées au recyclage de SF₆ et (2) les émissions associées à la destruction de SF₆. (Les émissions associées à l'expédition de SF₆ à des recycleurs hors site ou à des usines de destruction sont considérées comme négligeables). Les émissions issues du recyclage de SF₆ sont censées être généralement faibles – de l'ordre de moins de un pour cent de la quantité totale introduite dans le procédé de recyclage. Cependant, les émissions peuvent être plus élevées si un équipement et des pratiques de manipulation avancées ne sont pas utilisés. Dans

la plupart des cas, le recyclage est censé se dérouler sur le site du fabricant de l'équipement ou chez l'utilisateur. Dans d'autres cas, le recyclage peut avoir lieu dans une usine de recyclage centralisée qui n'est pas associée à un producteur de produits chimiques. Le recyclage peut enfin prendre place chez le producteur de produits chimiques. Les émissions de recyclage issues de producteurs de produits chimiques seront comptabilisées comme production de produits chimiques (voir section 3.10 de ce volume) et ne devraient pas être incluses ici.

Les émissions associées à la destruction de SF₆ dépendent du rendement de destruction du procédé et de la quantité de SF₆ introduite dans le procédé. Vu la forte stabilité et la température de dissociation du SF₆, du rendement de destruction peut être aussi faible que 90 %. Jusqu'à 10 % du SF₆ introduit dans le procédé de destruction peut ainsi être émis. La quantité de gaz introduite dans le procédé de destruction est censée être plus faible comparée à celle recyclée. Cela peut cependant varier de pays en pays.

Les *bonnes pratiques* recommandent de développer des facteurs d'émission spécifiques au pays pour le recyclage et la destruction qui prennent pleinement en compte les logistiques et pratiques spécifiques au pays pour le recyclage et la destruction de SF₆.

Les émissions issues du recyclage de SF₆ peuvent être estimées en utilisant l'équation suivante :

<p>EQUATION 8.8 EMISSIONS ISSUES DU RECYCLAGE DE SF₆*</p> <p>Émissions issues de recyclage = facteur d'émission de recyclage • quantité de SF₆ introduite dans le procédé de recyclage</p>

*Les émissions issues du recyclage se déroulant dans des usines de production de produits chimiques doivent être exclues.

Les émissions issues de la destruction de SF₆ peuvent être estimées en utilisant l'équation suivante :

<p>EQUATION 8.8 EMISSIONS ISSUES DE LA DESTRUCTION DE SF₆*</p> <p>Émissions issues de la destruction = facteur d'émission de destruction • quantité de SF₆ introduite dans le procédé de destruction</p>

TABLEAU 8.1	
ÉVITER LE DOUBLE COMPTAGE OU L'OMISSION DE CERTAINES EMISSIONS : DEUX EXEMPLES	
Exemple 1 – double comptage	Exemple 2 – Omission
<p>Situation : Une approche par facteur d'émission est utilisée pour estimer les émissions issues de l'équipement hermétique sous pression pendant l'utilisation et une approche par bilan massique est utilisée pour estimer les émissions pendant la mise au rebut de l'équipement hermétique sous pression.</p>	<p>Situation : Une approche par bilan massique est utilisée pour estimer les émissions pendant l'utilisation de l'équipement fermé sous pression, mais l'approche par facteur d'émission est utilisée pour estimer les émissions pendant la mise au rebut de l'équipement fermé sous pression.</p>
<p>Problème potentiel : Les émissions pendant l'utilisation peuvent être comptées deux fois car une partie du SF₆ qui est manquante lorsque l'équipement est mis au rebut a déjà été comptée comme émise pendant l'utilisation.</p>	<p>Problème potentiel : Les émissions qui se produisent entre la maintenance finale de l'équipement et sa mise au rebut peuvent être oubliées. Ces émissions « d'utilisation finale » peuvent rendre compte d'une fraction significative des émissions totales d'utilisation, particulièrement si l'équipement est rempli tous les dix ans ou plus.</p>
<p>Solution : Soustraire les émissions lors de l'utilisation pendant la durée de vie (charge nominale des systèmes scellés sous pression retirés • facteur d'émission d'utilisation • durée de vie de l'équipement) aux émissions pendant la mise au rebut.</p>	<p>Solution : Utiliser l'approche par bilan massique aussi bien pour la phase d'utilisation que pour celle de mise au rebut du cycle de vie de l'équipement fermé sous pression.</p>

Un cas particulier de la méthode de niveau 3 : l'approche par bilan massique pure au niveau de l'utilité

Les pays qui remplissent les critères de *bonnes pratiques* en matière d'utilisation de l'approche par bilan massique pure pour la fabrication d'équipement (c'est à dire, les pays où les émissions pendant l'installation de

l'équipement, l'utilisation et la mise au rebut, rendent compte de 3 % ou plus des flux gazeux au niveau de l'usine, où l'équipement électrique a été utilisé pendant 10-20 ans ou plus, et où les émissions issues de l'équipement hermétique sous pression sont négligeables) peuvent, sans perdre de précision ou très peu, utiliser une version simplifiée de la méthode de niveau 3 pour estimer les émissions pendant l'utilisation de l'équipement. Lorsque ajoutées entre elles et reformulées en termes de flux gazeux au niveau de l'usine, les équations 8.5A, 8.6A et 8.7A forment l'équation suivante :

EQUATION 8.10
APPROCHE PAR BILAN MASSIQUE AU NIVEAU DE L'UTILITE

Émissions d'utilisateur = baisse dans l'inventaire SF₆ + acquisitions de SF₆ – déboursements de SF₆ – augmentation nette de la charge nominale de l'équipement

Où :

Baisse dans l'inventaire de SF₆ = SF₆ stocké en conteneurs au début de l'année - SF₆ stocké en conteneurs à la fin de l'année

Acquisitions de SF₆ = SF₆ acheté chez des producteurs de produits chimiques ou des distributeurs en vrac + SF₆ acheté auprès de fabricants ou distributeurs d'équipements avec ou en dehors de l'équipement + SF₆ retourné au site après un recyclage hors site

Déboursements de SF₆ = SF₆ contenu dans l'équipement qui est vendu à d'autres entités + SF₆ retourné aux fournisseurs + SF₆ envoyé hors site pour recyclage + SF₆ détruit

Augmentation nette de la charge nominale de l'équipement = charge nominale de l'équipement nouveau – charge nominale de l'équipement retiré

Bien que l'approche au niveau de l'utilité soit moins détaillée que l'approche complète par cycle de vie, elle est simple, et pour ces pays dont les circonstances nationales permettent son utilisation, elle fournit des estimations qui sont relativement proches des pertes réelles de gaz.

ÉMISSIONS DE SF₆ ISSUES DE LA FABRICATION DE COMPOSANTS ELECTRIQUES

Certains composants d'équipement électrique peuvent contenir 1 % en masse ou moins de SF₆ dans le matériau isolant du produit. Ces composants incluent, sans ce limiter pour autant, aux transformateurs de mesure tension moyenne en résine moulée et aux isolateurs haute tension. Dans les transformateurs de mesure tension moyenne en résine moulée (jusqu'à 52 kV), le SF₆ est utilisé pour remplir les microcavités dans l'isolation en résine afin d'améliorer la qualité diélectrique et la durabilité du produit. Dans les isolateurs haute tension (plus de 52 kV), le SF₆ est utilisé comme agent d'expansion pour la résine polyuréthane dans certaines parties du système d'isolation afin d'améliorer la qualité diélectrique et la durabilité du produit.

Les émissions de SF₆ résultent uniquement du procédé de moulage/expansion pour l'isolation solide du produit. La totalité du SF₆ utilisé est censée être émise au stade de la fabrication. Pour estimer les émissions à partir de cette source, l'approche par bilan massique pure pour les fabricants d'équipement (Équation 8.4A) peut être utilisée, en établissant que le SF₆ contenu dans le nouvel équipement est égal à zéro.

Les mesures de réduction des émissions se concentrent sur la limitation des pertes/l'amélioration du taux de recyclage par des dispositifs d'aspiration et/ou des procédés de moulage améliorés. Dans ce type d'isolateurs à haute tension, le SF₆ pourra être remplacé dans le futur par un autre agent d'expansion.

8.2.2.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Parce que les taux d'émissions peuvent varier non seulement d'un pays à l'autre mais d'une usine à l'autre, les compilateurs d'inventaires utilisant des méthodes basées sur un facteur d'émission sont encouragés à développer et utiliser leurs propres facteurs d'émission. Réaliser des sondages auprès d'un échantillon représentatif de fabricants d'équipement et d'usines à l'intérieur du pays est un moyen effectif pour développer de tels facteurs. En général, les *bonnes pratiques* recommandent de documenter le raisonnement justifiant les facteurs d'émission choisis et de réviser ces facteurs au minimum tous les 5 ans.

Les facteurs qui influencent les taux d'émission incluent la conception de l'équipement (qui varie selon l'endroit et le moment où l'équipement a été fabriqué), les pratiques de manipulation de SF₆, la disponibilité d'un équipement de manipulation avancé, les prix du SF₆ et les réglementations (par ex., exigences en matière de récupération). Une variation intervenue dans chacun de ces éléments peut modifier les taux d'émission au cours du temps ou parmi les pays.

MÉTHODE DE NIVEAU 1

Les facteurs d'émission par défaut suggérés ont été développés sur la base d'une recherche récente sur certaines régions. Ces facteurs sont détaillés dans les tableaux 8.2 – 8.4 ci-dessous.

Les *bonnes pratiques* recommandent de choisir des facteurs d'émission par défaut à partir de pays ou de régions avec des types d'équipement et des pratiques de manipulation de SF₆ similaires à celles du pays pour lequel les émissions sont estimées. Puisque le Japon et l'Europe fournissent la plupart de la demande globale en équipement électrique, les types d'équipement seront probablement semblables soit à ceux du Japon soit à ceux de l'Europe. A l'exception des facteurs pour les Etats-Unis, les facteurs d'émission régionaux par défaut sont ceux documentés en 1995, c'est à dire, avant que toute action industrielle spéciale pour la réduction des émissions ait été mise en oeuvre. Au Japon, en 1995, environ 70 % du SF₆ utilisé pour tester l'équipement pendant la fabrication a été récupéré et un pourcentage similaire a été récupéré pendant la maintenance de l'équipement pour l'équipement à 110 kV ou plus. (La part de récupération de 70 % correspond à la récupération depuis une pression initiale absolue d'environ 5 bars à une pression finale absolue de 1 à 1,5 bar). Aucun gaz n'a été récupéré d'équipements de moins de 110 kV (Maruyama *et al*, 2000). En Europe, en 1995, les systèmes d'approvisionnement de gaz pour la fabrication d'équipements étaient habituellement décentralisés et le remplissage de tubes ne s'arrêtait pas automatiquement. Le gaz était récupéré à environ 0,05 bar absolu pendant la fabrication et la maintenance (Ecofys, 2005).

Phase Région	Fabrication (Fraction de la consommation de SF ₆ des fabricants)	Utilisation (inclut les fuites, les défaillances principales/défauts d'arc et pertes de maintenance) (Fraction de la charge nominale de tout l'équipement installé, par année)	Mise au rebut (fraction de la charge nominale de l'équipement mis au rebut)	
			Durée de vie (années)	Fraction de la charge restant au moment du retrait ^b
Europe ^a	0.07	0.002	>35	0.93
Japon ^c	0.29	0.007	Non rapporté	0.95

^a Source : «Reductions of SF₆ Emissions from High and Medium Voltage Electrical Equipment in Europe», Ecofys, Juin, 2005.

^b Cela fait référence au pourcentage de la charge originelle ou de la charge nominale restante dans l'équipement en fin de vie ; cela représente la fraction de la charge nominale potentiellement émise avant que l'équipement soit recyclé ou éliminé.

^c Basé sur des données rapportées par la Fédération Japonaise des Compagnies de Production d' Electricité (FEPC) l'Association des fabricants électriques japonais (JEMA) (FEPC et JEMA, 2004). Ces organisations ne font pas de distinction parmi les types d'équipements dans les facteurs d'émissions moyens rapportés. Les facteurs sont par conséquent censés s'appliquer à tous les types d'équipements, y compris aux systèmes scellés sous pression, aux systèmes fermés sous pression et aux transformateurs à isolation gazeuse.

Note : Les facteurs d'émission susmentionnés reflètent les pratiques et les technologies en place en 1995, c'est à dire, avant que des mesures d'atténuation aient été mises en oeuvre. Les références par notes de bas de page a et c montrent comment elles ont été développées ultérieurement, après la mise en œuvre successive de différentes mesures volontaires. Une autre référence (Schwarz, 2006) lie les facteurs d'émission correspondant à l'état de l'art aux mesures d'atténuation en Allemagne.

TABLEAU 8.3 EQUIPEMENT ELECTRIQUE FERME SOUS PRESSION (APPAREIL DE COMMUTATION HV) CONTENANT DU SF ₆ : FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAULT				
Phase Région	Fabrication (Fraction de la consommation de SF ₆ des fabricants)	Utilisation (inclut les fuites, les défaillances principales/les défauts d'arc et les pertes de maintenance (Fraction de la charge nominale de tout l'équipement installé, par année)	Mise au rebut (fraction de la charge nominale de l'équipement mis au rebut)	
			Durée de vie (années)	Fraction de la charge restant au moment du retrait ^c
Europe ^a	0,085 ^b	0.026	>35	0.95
Japon ^d	0.29 ^b	0.007	Non rapporté	0.95
Etats-Unis ^e	^f	0.14 ^g	>35	^h

^a Source : «Reductions of SF₆ Emissions from High and Medium Voltage Electrical Equipment in Europe», Ecofys, Juin, 2005.

^b Sont incluses les émissions issues de l'installation.

^c Cela fait référence au pourcentage de la charge originelle ou de la charge nominale restante dans l'équipement en fin de vie ; cela représente la fraction de la charge nominale émise avant que l'équipement soit recyclé ou éliminé.

^d Basé sur des données rapportées par la Fédération Japonaise des Compagnies de Production d' Electricité (FEPC) l'Association des fabricants électriques japonais (JEMA) (FEPC et JEMA, 2004). Ces organisations ont rapporté des facteurs d'émission moyens qui incluent les émissions issues de tous types d'équipements, y compris les systèmes scellés sous pression, les systèmes fermés sous pression et les transformateurs à isolation gazeuse.

^e Issu de «Inventory of US. Greenhouse Gas Emissions and Sink», 1990-2002 (U.S. EPA, 2004). La valeur est à partir de 1999, première année pour laquelle des données représentatives spécifiques au pays étaient disponibles.

^f Aucune valeur spécifique au pays n'est disponible.

^g Sont incluses les émissions issues de l'installation.

^h Les émissions lors de la mise au rebut sont incluses dans le facteur d'émission d'utilisation aux Etats-Unis.

Note : Les facteurs d'émission susmentionnés reflètent les pratiques et les technologies en place en 1995, c'est à dire, avant que des mesures d'atténuation aient été mises en œuvre. Les références par notes de bas de page a et c montrent comment elles ont été développées ultérieurement après mises en œuvre successives de différentes mesures volontaires. Une autre référence (Schwarz, 2006), lie les facteurs d'émission conformes à l'état de l'art aux mesures d'atténuation en Allemagne.

TABLEAU 8.4 TRANSFORMATEURS A ISOLATION GAZEUSE CONTENANT DU SF ₆ : FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAULT				
Phase Région	Fabrication (Fraction de la consommation de SF ₆ des fabricants)	Utilisation (inclut les fuites, les défaillances principales/les défauts d'arc et les pertes de maintenance (Fraction de la charge nominale de tout l'équipement installé, par année)	Mise au rebut (fraction de la charge nominale de l'équipement mis au rebut)	
			Durée de vie (années)	Fraction de la charge restant au moment du retrait ^a
Japon ^b	0.29	0.007	Non rapporté	0.95

^a Cela fait référence au pourcentage de la charge originelle ou de la charge nominale restante dans l'équipement en fin de vie ; cela représente la fraction de la charge nominale émise avant que l'équipement soit recyclé ou éliminé.

^b Basé sur des données rapportées par la Fédération Japonaise des Compagnies de Production d' Electricité (FEPC) l'Association des fabricants électriques japonais (JEMA) (FEPC et JEMA, 2004). Ces organisations ne font pas de distinction entre les types d'équipements dans les facteurs d'émissions moyens rapportés. Les facteurs sont par conséquent censés s'appliquer à tous les types d'équipements, y compris les systèmes scellés sous pression, les systèmes fermés sous pression et les transformateurs à isolation gazeuse.

Note : Les facteurs d'émission susmentionnés reflètent les pratiques et les technologies en place en 1995, c'est à dire, avant que des mesures d'atténuation aient été mises en œuvre. Les références par notes de bas de page a et c montrent comment elles ont été développées ultérieurement après mises en œuvre successives de différentes mesures volontaires. Une autre référence (Schwarz, 2006), lie les facteurs d'émission conformes à l'état de l'art aux mesures d'atténuation en Allemagne.

MÉTHODE DE NIVEAU 2

Les facteurs d'émission pour la méthode de niveau 2 sont généralement développés sur la base de données collectées auprès de fabricants et d'usines représentatives qui tracent les émissions par stade du cycle de vie en utilisant essentiellement le niveau 3, une méthode de bilan massique pure pour leurs usines, au moins pendant une année. (Le facteur d'émission de mise au rebut doit rendre également compte des émissions qui se produisent en aval de leur site d'installation, comme discuté ci-dessous). Ces émissions par stade du cycle de vie sont ensuite divisées par la consommation de SF₆ correspondante ou par la capacité de l'équipement au stade concerné du cycle de vie (c'est à dire, consommation de SF₆ pour les émissions lors de la fabrication, capacité totale de l'équipement existant pour les émissions lors de l'utilisation, capacité de l'équipement retiré pour les émissions lors de l'utilisation finale et la mise au rebut) pour développer les facteurs d'émission. Par exemple, pour développer un facteur d'émission pour la fabrication, les émissions totales issues des sondages auprès des fabricants sont ajoutées et ensuite divisées par le total de la consommation des fabricants sondés. Le facteur d'émission peut ensuite être appliqué au secteur de la fabrication comme un tout, en utilisant la consommation nationale de SF₆ par fabricants. Une approche similaire peut être utilisée pour estimer et appliquer les facteurs d'émission pour l'utilisation de l'équipement.

Le facteur d'émission pour la mise au rebut doit prendre en compte ces trois facteurs : (1) la fréquence de récupération (la fraction de l'équipement dont la charge est récupérée), (2), le rendement de récupération (la fraction de la charge récupérée lorsque la récupération est effectuée) et (3) les émissions issues du recyclage et de la destruction du gaz récupéré. Les quantités en (1) et (2) seront automatiquement prises en compte dans les facteurs d'émission basés sur l'utilisation d'une méthode par bilan massique de niveau 3 à des utilités représentatives. Cependant, la quantité en (3) reflète les émissions qui se produisent aussi bien sur le site qu'en aval de l'installation/utilisateur. Elle doit donc être comptabilisée séparément. Voir la discussion autour de la méthode de Niveau 3 ci-dessous qui donne des lignes directrices sur l'estimation des facteurs d'émission de recyclage et de destruction.

La variante de niveau usine pour l'approche de niveau 3 peut aussi être utilisée afin de développer les facteurs d'émission, mais ils seront appliqués à un niveau plus agrégé, c'est à dire, à la fabrication et à l'utilisation de l'équipement (cette dernière incluant installation, utilisation et mise au rebut) plutôt qu'à chaque stade du cycle de vie.

MÉTHODE DE NIVEAU 3

Puisque la méthode de niveau 3 encourage l'utilisation de facteurs d'émission seulement lorsque les taux d'émission issus des procédés sont assez bas (par ex., 3 % de la charge nominale par ans ou moins) ou lorsque l'équipement électrique a été introduit seulement récemment dans un pays, les facteurs d'émission pour cette méthode peuvent être difficiles à mesurer directement en utilisant une approche par bilan massique. Pour estimer les facteurs d'émission de niveau 3, des enquêtes d'ingénierie peuvent donc être utilisées, en identifiant les points de fuite potentiels et les mécanismes de pertes et en leur assignant des probabilités et des taux d'émission. Les pertes prévues issues de la maintenance et de la maintenance doivent être factorisées dans les taux d'émission globaux comme doivent l'être les pertes issues de rares mais catastrophiques événements qui causent la perte de la plupart de la charge de l'équipement. L'expérience passée des procédés et concepts similaires doit être prise en considération. Pour vérifier les facteurs d'émission pour l'utilisation, des échantillonnages d'équipement sur le terrain peuvent être menés après plusieurs années d'utilisation, avec un nombre d'années déterminé par le taux de fuite prévu et la limite de détection de l'équipement de mesure. Les statistiques des fabricants sur les taux de défaillances de l'équipement doivent être contrôlées pour aider à s'assurer que les taux de pertes catastrophiques ou graduelles ne sont pas plus élevés que ce qui était prévu. Les émissions lors de la mise au rebut sont extrêmement sensibles aux fréquences de récupération (la fraction de l'équipement dont la charge est récupérée) et aux rendements de récupération (la fraction de la charge récupérée lorsque la récupération est effectuée qui, à causes de considérations temporelles, peut être plus faible que ce qui est techniquement réalisable). Elles doivent donc être contrôlées et documentées avec soin avant d'établir des facteurs d'émission de mise au rebut.

Les facteurs d'émission pour le recyclage et la récupération de SF₆ peuvent être basés sur une opinion d'expert. Les facteurs d'émission pour la destruction peuvent être basés sur le taux de rendement de destruction de la technologie de destruction, supposant que la technologie est maintenue et mise en oeuvre d'une façon qui lui permette de maintenir son taux de rendement de destruction.

8.2.2.3 CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Les données sur les activités nécessaires pour mener les méthodes d'estimation variées peuvent être rassemblées à partir des fabricants de produits chimiques, des fabricants d'équipements, des utilisateurs d'équipement et des repreneurs d'équipement et/ou de leurs associations industrielles dans le pays ou la région. Les meilleures sources de données varieront selon la méthode et les circonstances nationales.

MÉTHODE DE NIVEAU 1

Consommation de SF₆ par fabricants d'équipement : La consommation de SF₆ par fabricants d'équipement peut être estimée en utilisant des informations issues des fabricants sur leurs achats de SF₆, leurs retours de SF₆ aux producteurs de produits chimiques et les changements dans leur inventaire de SF₆ en conteneurs. Si les informations issues des fabricants d'équipements ne sont pas disponibles ou incomplètes, les informations issues des producteurs de produits chimiques et/ou des distributeurs sur leurs ventes aux fabricants d'équipement (moins les retours) peuvent être utilisées.

Charge nominale de l'équipement nouveau et retiré : La charge nominale peut être estimée en utilisant une ou plus des sources de données suivantes : (1) les informations issues des fabricants/importateurs d'équipement sur la charge nominale totale de l'équipement qu'ils fabriqué, importé ou exporté, (2), les informations issues d'installations sur la charge nominale totale de l'équipement qu'ils ont installé et retiré chaque année, ou (3) si les informations de (1) ou de (2) ne sont pas disponibles, soit les informations issues des fabricants/importateurs de produits chimiques sur leurs ventes de SF₆ aux fabricants d'équipement. Les deux premières données sources sont préférables à la troisième car les ventes de gaz des fabricants d'équipement différeront de la charge nominale du nouvel équipement installé dans le pays, particulièrement si les importations d'équipement ou les exportations sont significatives. En estimant les capacités nominales de l'équipement nouveau et retiré, les compilateurs d'inventaires doivent inclure la charge nominale de l'équipement importé et exclure la charge nominale de l'équipement exporté. (Voir section 7.5, « Réfrigération » et l'encadré 7.1, « Rendre compte des importations et exportations de fluides frigorigènes et d'équipement », pour une discussion complète sur comment traiter les importations et exportations en estimant ces quantités. Cette ligne directrice s'applique directement à cette catégorie).

Dans le cas d'un équipement retiré, les informations sur la capacité ou les ventes doivent être historiques, en commençant à l'année où l'équipement actuellement retiré a été construit. Les valeurs typiques pour la durée de vie de l'équipement électronique varient de 30 à 40 ans. Si des informations sur la charge nominale totale de l'équipement retiré ne sont pas disponibles, elles peuvent être estimées à partir de la nouvelle charge nominale, en utilisant le taux de croissance annuel de la capacité de l'équipement. En estimant le taux de croissance, les *bonnes pratiques* recommandent de considérer aussi bien le nombre d'équipements vendus chaque année que la charge nominale moyenne de l'équipement.³

L'équation qui suit peut être utilisée pour estimer la charge nominale de l'équipement retiré, si cette information n'est pas disponible directement :

<p>EQUATION 8.11 CHARGE NOMINALE DE RETRAIT</p> $\text{Charge nominale de retrait} = \text{nouvelle charge nominale} / (1 + g)^L$
--

Où :

L = durée de vie de l'équipement

g = taux de croissance

Selon un sondage général de 2004, le taux de croissance annuel moyen des ventes de SF₆ aux fabricants d'équipements entre 1970 et 2000 était approximativement de 9 %. (Smythe, 2004). En absence d'informations spécifiques au pays, un facteur par défaut de 9 % peut donc être utilisé.

Charge nominale totale de l'équipement installé : La charge nominale totale de l'équipement peut être estimée en utilisant les mêmes sources de données que celles utilisées pour estimer la charge nominale de l'équipement nouveau et retiré. Si les données sur les fabricants d'équipement sont utilisées, elles doivent inclure des données sur les ventes, sur la totalité de la durée de vie de l'équipement (30 à 40 ans).

MÉTHODE DE NIVEAU 2

Les quantités peuvent être estimées comme pour le niveau 1 ci-dessus.

MÉTHODE DE NIVEAU 3

Pour mettre en oeuvre la méthode de niveau 3, des informations doivent être rassemblées sur deux niveaux. Au niveau de l'usine, les flux gazeux doivent être tracés correctement en suivant la méthode de niveau 3. Au niveau national, des informations issues des usines (fabricants, utilisateurs et repreneurs d'équipements) doivent être collectées, vérifiées, ajoutées et si nécessaire, extrapolées pour inclure les estimations d'émissions issues des usines du pays qui ne collectent pas de données. Des lignes directrices concernant les informations que les usines doivent tracer sont fournies ci-dessous, dans la description de la méthode de niveau 3. La consommation de gaz peut être mesurée en pesant le gaz des cylindres de gaz avant et après les opérations de remplissage ou de récupération, ou au début et à la fin de l'année, ou encore en utilisant des débitmètres (par ex., pendant la fabrication d'équipement). Au niveau national, les associations commerciales pour les fabricants d'équipement et les installations peuvent être très utiles en transmettant des connaissances à leurs membres, ayant trait à l'approche de niveau 3 et en aidant leurs membres à tracer et rapporter les données de façon cohérente et transparente. Les associations commerciales peuvent aussi agir comme tiers pour rassembler des données confidentielles ou sensibles afin qu'elles puissent être accessibles (agrégées) au public. Lorsque les associations commerciales ne sont pas actives, les compilateurs d'inventaires nationaux peuvent faciliter la collecte d'informations au niveau de l'usine, ainsi que l'établissement de rapports et la vérification de ces informations, en développant des modèles de protocoles de traçage d'émissions ou en adoptant des protocoles industriels existants qui mettent en oeuvre l'approche de niveau 3. Ces protocoles peuvent ensuite être distribués aux fabricants, utilisateurs et repreneurs d'équipements électriques. Les protocoles électroniques tels que les feuilles de calcul facilitent le traçage, la documentation et l'établissement de rapports sur les émissions et minimise les opportunités d'erreur arithmétique.

Parce que les taux d'émissions peuvent varier d'une région à l'autre et d'une usine à l'autre, les *bonnes pratiques* recommandent de sonder autant d'usines que possible. En plus des fabricants et des installations, les pays doivent sonder les sites industriels et autres sites de services non publics si ceux-ci contribuent de façon significative aux émissions issues de l'équipement électrique. Si le nombre d'usines dans un pays est élevé (par ex., plus de 50), il peut être difficile d'établir un rapport complet. Dans ces cas, les pays peuvent estimer les émissions issues des usines n'ayant pas fait de rapports en appliquant la méthode de niveau 2 à ces usines ou en utilisant des données sur les activités alternatives comme décrit dans le chapitre 2 du volume 1, « Méthodes de collectes de données ». Des considérations spécifiques au secteur, pour le choix et l'utilisation des données sur les activités alternatives, sont traitées ci-dessous.

Pour l'équipement hermétique sous pression (qui est très dispersé parmi les utilisateurs industriels comme parmi les installations), les fabricants et les distributeurs constitueront probablement la meilleure source d'information complète sur les tailles de banques nationales et les taux d'émissions. Pour développer une estimation précise, les compilateurs d'inventaires doivent sonder les fabricants à propos de leurs ventes d'équipement entre le moment présent et le moment où l'équipement actuellement retiré a été installé, ou, si l'équipement n'a pas encore commencé à être retiré, entre le moment présent et le moment où l'équipement a été introduit dans le pays.

Considérations spécifiques au secteur pour le choix et l'utilisation de données sur les activités alternatives

Comme abordé précédemment, même en mettant en oeuvre la méthode de niveau 3, il n'est pas toujours possible d'obtenir des données issues de toutes les usines. Pour obtenir une couverture complète des usines, il est possible d'utiliser des données sur les activités alternatives. Pour estimer les émissions issues de fabricants n'établissant pas de rapports, il peut être possible d'utiliser la capacité de fabrication et/ou la part de marché collective (en termes d'unités fonctionnelles) des fabricants ne rapportant aucune information. Pour estimer les émissions issues d'installations n'établissant pas de rapports, les ensembles de données ou les facteurs influents alternatifs possibles incluent (mais ne se limitent pas à) la longueur des lignes de transmission, la longueur combinée des lignes de transmission et de distribution, ou le nombre de postes électriques des services publics ne rapportant pas de données. Les kilomètres de transmission seront probablement un bon indice pour déterminer les émissions lorsque la plupart du SF₆ est utilisé dans un équipement de transmission à haute tension, comme aux Etats-Unis. (D'ultérieures informations sur les modalités d'utilisation des kilomètres de transmission pour estimer les émissions aux Etats-Unis, peuvent être trouvées dans le chapitre 2 du volume 1, « Méthodes de collecte des données »). Lorsqu'un pourcentage élevé de SF₆ est utilisé dans l'équipement de distribution à moyenne tension ou dans des postes électriques à isolation gazeuse, une des autres types de données peut être appropriée.

Partout où des ensembles de données alternatives sont utilisés, il est important de dériver les facteurs d'émission à partir d'un ensemble représentatif d'usines pour s'assurer que l'estimation conséquente des émissions nationales de SF₆ est objective. Il est à noter que plus d'un facteur peut être approprié, par ex., pour différentes tailles des installations ou pour des services publics dans des lieux urbains vs ruraux. Puisque l'utilisation de SF₆ et les modèles d'émission peuvent changer au cours du temps, les *bonnes pratiques* recommandent de mettre à jour l'analyse et le(s) facteur(s) d'émission au moins tous les 5 ans. (Par exemple, les taux d'émission peuvent

changer à mesure que de l'équipement compact et étanche remplace de l'équipement plus volumineux et fuyant plus et que l'importance de l'équipement hermétique sous pression s'accroît.) Dans certains cas, les pays peuvent être capables de faire usage des facteurs d'émission développés dans des pays aux grilles électriques similaires. Dans ces cas, les *bonnes pratiques* recommandent de documenter les similitudes entre les grilles avant d'appliquer le facteur d'émission issu de l'autre pays.

8.2.2.4 EXHAUSTIVITÉ

Assurer l'exhaustivité pour cette catégorie source nécessite la comptabilisation des émissions pendant la fabrication, l'utilisation et la mise au rebut de l'équipement et pendant le recyclage ou la destruction de SF₆ récupéré de l'équipement. Lorsque les méthodes de niveau 3 sont utilisées, il est nécessaire que tous les utilisateurs significatifs de SF₆ (fabricants et installations) soient identifiés pour assurer l'exhaustivité. Lorsque les données sur les émissions au niveau de l'usine ne sont pas disponibles auprès de tous les utilisateurs, les estimations d'émission doivent être développées pour eux en utilisant une des méthodes d'extrapolation décrite dans la section 8.2.2.3, « Choix des données sur les activités ».

Dans le secteur de la fabrication, ceci requiert l'évaluation des émissions à partir :

- De la fabrication d'appareillages de commutation à isolation gazeuse, de disjoncteurs à gaz, de lignes haute tension à isolation gazeuse, de transformateurs de mesure extérieurs à isolation gazeuse, réenclencheurs de commutateurs et d'unités principales à anneaux des deux types (systèmes scellés et fermés sous pression, respectivement jusqu'à 52 kV et au dessus) et d'autres équipements incluant de façon non limitative les transformateurs de mesure tension moyenne en résine moulée et certains types d'isolateurs utilisant du SF₆ soit comme gaz pour le procédé de moulage, soit comme agent d'expansion.
- Des fabricants de transformateurs de puissance à isolation gazeuse ;
- Des petits utilisateurs de SF₆, incluant les fournisseurs d'équipements d'occasion et les entreprises de la maintenance ;
- De la chaîne de distribution de SF₆ à partir des producteurs et distributeurs aux usines de fabrication.

Dans le secteur de l'installation et de la mise au rebut, il est nécessaire de comptabiliser toutes les pertes de SF₆ qui leur sont associés.

- Des nouvelles installations d'équipement électrique ;
- Des fuites, du remplissage, de la maintenance et des défaillances de l'équipement ;
- De la mise au rebut d'équipement électrique jeté ;
- Du recyclage ou de la destruction de SF₆ récupéré de l'équipement (mais les émissions de recyclage issues de producteurs de produits chimiques doivent être comptabilisées avec la production de produits chimiques, qui est traitée dans la section 3.10 de ce volume).

Les *bonnes pratiques* recommandent d'identifier et inclure les applications industrielles, militaires et de faible utilité si elles sont censées contribuer de façon significative aux émissions totales issues de la catégorie source de l'équipement électrique.

8.2.2.5 DÉVELOPPEMENT D'UNE SÉRIE TEMPORELLE COHÉRENTE

En estimant les émissions des utilisateurs d'équipements au cours d'une série temporelle, il est nécessaire de considérer les émissions de SF₆ associées à l'ensemble complet d'équipement sur les sites des utilisateurs pour les années en question. En utilisant des approches basées sur des banques et des facteurs d'émission (par ex., l'approche de Niveau 2), les pays auront besoin de plus d'informations sur la capacité et le taux d'émission de l'équipement acheté et installé sur les 30 à 40 ans précédant les années en question.

Dans le secteur de l'utilisateur, si des données historiques ne sont pas disponibles, les *bonnes pratiques* recommandent de développer des estimations en utilisant la méthode descendante, c'est à dire en développant un modèle basé sur l'avis professionnel d'experts industriels et de compilateurs d'inventaires puis d'affiner comme suit. Les taux de fuites moyens pour le nouvel équipement, la fréquence de remplissage et la maintenance de routine ont tous diminués de 1970 à 1995 et cette tendance continue encore aujourd'hui. Il n'est pas conforme aux *bonnes pratiques* d'appliquer les taux de pertes globaux actuels (après 2000) aux années passées. Les taux de pertes agrégés estimés pour les ventes passées peuvent être également utilisés dans ce cas.

Du côté de la fabrication, si les données historiques nécessaires au développement des émissions de référence annuelles de 1990/1995 ne sont pas disponibles, la méthode descendante affinée pour des estimations plus précises concernant les années actuelles peut être appliquée. Depuis que les pratiques de manipulation de SF₆ des fabricants d'équipement ont changé significativement à partir de 1995 (par ex., plus de gaz est récupéré), il n'est pas conforme aux *bonnes pratiques* d'appliquer des taux de pertes actuels aux estimations historiques. Les taux de pertes agrégés déterminés à partir des ventes globales et régionales et les analyses d'émissions peuvent aider à fournir une estimation objective pour les années précédentes. Les *bonnes pratiques* recommandent de recalculer les émissions selon les lignes directrices fournies dans le chapitre 5 du volume 1, avec toutes les hypothèses clairement documentées.

8.2.3 Évaluation des incertitudes

En utilisant une méthode de niveau 3, les estimations des émissions auront une précision de l'ordre de $\pm 10\%$ et seront probablement plus précises que les estimations développées en utilisant les méthodes de niveau 2 ou 1. Si les enquêtes sont incomplètes, l'incertitude associée sera plus grande. Les sources particulières d'incertitude peuvent inclure :

- SF₆ exporté par les fabricants d'équipements (soit dans l'équipement, soit séparément dans des conteneurs) ;
- SF₆ importé par des fabricants d'équipements étrangers (soit dans l'équipement, soit dans des conteneurs) ;
- SF₆ retourné aux usines de recyclage étrangères ;
- Mesures de la masse, de la densité et de la pression (généralement précis à 1 ou 2 % de la quantité totale pesée, mais si les taux d'émission sont bas, cela peut représenter un pourcentage significatif de ces taux) ;
- Facteurs d'émission ;
- Décalage temporel entre les émissions et la maintenance ;⁴
- Durée de vie de l'équipement ;
- Erreur de régression associée avec n'importe quelle approche extrapolative.

Les incertitudes estimées dans les facteurs d'émission par défaut pour la méthode de niveau 1 sont détaillées dans le tableau 8.5, « Incertitudes et facteurs d'émission par défaut pour les émissions de SF₆ issues d'équipement électrique ». Ces valeurs sont basées sur la variation observée dans les facteurs d'émissions en Europe. Si les facteurs des tableaux 8-2 et 8-4 sont appliqués hors des pays et/ou régions dans lesquels ils ont été développés, les incertitudes seront majeures.

TABLEAU 8.5					
INCERTITUDES CONCERNANT LES FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAUT ET LA DUREE DE VIE					
Type d'équipement	Phase	Fabrication	Utilisation (inclut les fuites, les défaillances principales/les défauts d'arc et les pertes de maintenance)	Mise au rebut	
				Durée de vie (années)	Fraction de la charge restant au moment du retrait
Hermétique sous pression ^a		±20%	±20%	-20%/+40%	d
Fermé sous pression ^b		±30%	±30%	-10%/+40%	d
Transformateurs à isolation gazeuse ^c		±30%	±30%	-10%/+40%	d

^a Estimé à partir de «Reductions of SF₆ Emissions from High and Medium Voltage Electrical Equipment in Europe», Ecofys, Juin, 2005 ; pas d'incertitudes disponibles pour le Japon ; pas significatif pour les Etats-Unis.

^b Estimé à partir de «Reductions of SF₆ Emissions from High and Medium Voltage Electrical Equipment in Europe», Ecofys, Juin, 2005 ; les facteurs d'émissions américains ont une incertitude plus élevée pour la fabrication (±70%) et légèrement plus faible pour l'utilisation (±15%) (U.S. Inventory of Greenhouse Gases and Sinks (U.S. EPA, 2004)). Aucune incertitude n'est disponible pour le Japon.

^c Estimé par analogie avec les systèmes fermés sous pression ; les incertitudes actuelles peuvent parfois être plus élevées. Aucune incertitude n'est disponible pour le Japon.

^d Aucune incertitude n'est disponible sur la fraction de la charge restant au moment du retrait.

8.2.4 Assurance qualité / contrôle qualité (AQ/CQ), établissement de rapports et documentation

8.2.4.1 ASSURANCE QUALITE / CONTROLE QUALITE

Les *bonnes pratiques* recommandent d'effectuer des vérifications du contrôle qualité comme souligné dans le chapitre 6 du volume 1 et une révision experte des estimations d'émissions. Des vérifications additionnelles du contrôle qualité, comme souligné dans le volume 1 et des procédures d'assurance qualité peuvent aussi être applicables, en particulier si des méthodes de niveaux supérieurs sont utilisées pour déterminer les émissions à partir de cette catégorie source. Les compilateurs d'inventaires sont encouragés à utiliser une méthode d'AQ/de CQ d'un niveau supérieur pour les *catégories clé*, comme identifié dans le volume 1 au chapitre 4.

Des procédures additionnelles spécifiques à l'équipement électrique sont détaillées ci-dessous.

Comparaison des estimations d'émissions par utilisation de différentes approches

Les compilateurs d'inventaires doivent ajouter les données au niveau de l'usine utilisées comme partie intégrante d'une méthode ascendante de niveau 3 et vérifier les données par recoupement avec les émissions du niveau national calculées à partir des données au niveau du pays (méthode de niveau 2) et/ou des données au niveau du pays avec des facteurs d'émission par défaut du GIEC (méthode de niveau 1). La méthode de niveau 2 peut également être vérifiée avec la méthode de niveau 1. Les pays peuvent aussi comparer leurs résultats à ceux dérivés en utilisant une approche par bilan massique au niveau du pays, comme décrit dans les équations 7.3 et 7.9 du chapitre 7. Si les pays n'ont pas d'usines de fabrication, ils peuvent également comparer leurs estimations aux émissions potentielles estimées en utilisant des données de consommation apparentes nationales.

Révision des données d'émission au niveau des usines

Lorsque les données d'émissions spécifiques au site sont obtenues grâce à des sondages, les compilateurs d'inventaires doivent comparer les taux d'émission entre les sites (en ajustant les tailles et capacités relatives) pour identifier les observations aberrantes. Ils doivent enquêter sur toute observation aberrante pour déterminer si les différences peuvent être expliquées ou s'il y a une erreur dans les émissions rapportées. Comme souligné dans la section 8.2.2.3, les compilateurs d'inventaires nationaux peuvent faciliter la collecte et la vérification des informations au niveau de l'usine en distribuant des protocoles de traçage des émissions qui incarnent l'approche de niveau 3. Des protocoles électriques tels que les feuilles de calcul sont particulièrement utiles puisqu'ils minimisent les probabilités d'erreurs arithmétiques. Les calculs inclus dans ces protocoles (électriques ou non) peuvent ensuite être vérifiés après qu'ils aient été soumis.

Comparaison des taux d'émission avec ceux d'autres pays

Les compilateurs d'inventaires doivent comparer les facteurs d'émission effectifs (taux de pertes) avec les valeurs rapportées par les autres pays de la région, ou avec des valeurs par défaut publiées dans la littérature scientifique pour un équipement de conception similaire et de même niveau de contrôle des émissions. Un établissement de rapports transparent, comme souligné précédemment, est essentiel pour pouvoir faire des comparaisons internationales.

8.2.4.2 ÉTABLISSEMENT DE RAPPORTS ET DOCUMENTATION

Les *bonnes pratiques* recommandent de documenter et d'archiver toute l'information requise pour produire les estimations d'inventaire d'émissions nationales, comme souligné dans le volume 1 de la section 6.11. Il n'est guère pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire devrait inclure des résumés des méthodes utilisées et des références à des données source de sorte que les estimations d'émissions rapportées soient transparentes et que les étapes de leur calcul puissent être retracées.

Certains exemples de documentation spécifique et de rapports significatifs de cette catégorie source assurant la transparence dans les estimations d'émissions rapportées sont fournis dans le tableau 8.6, « *Bonnes pratiques* en matière de présentation des informations pour les émissions de SF₆ issues d'équipement électrique par niveau ».

Des questions relatives à la confidentialité peuvent se poser lorsqu'il existe un nombre limité de fabricants ou d'installations. Dans ces cas, une présentation agrégée pour la totalité du secteur de l'équipement électrique ou même de l'ensemble des applications nationales de SF₆ peut être nécessaire. Les associations régionales ou nationales des utilisateurs et fabricants peuvent souhaiter collecter, vérifier et rassembler des données, particulièrement lorsqu'ils ont déjà collecté de telles données par le passé. Ils peuvent ensuite rapporter les informations agrégées au compilateur d'inventaire, résolvant le problème de la confidentialité. Si les réponses des enquêtes ne peuvent pas être publiées en tant qu'information publique, une révision des données des enquêtes, faites par un tiers, peut être nécessaire pour soutenir les efforts de vérification des données.

TABLEAU 8.6 BONNES PRATIQUES EN MATIERE DE PRESENTATION D'INFORMATIONS POUR CALCULER LES EMISSIONS DE SF₆ ISSUES D'EQUIPEMENT ELECTRIQUE, PAR NIVEAU			
Données	Niveau 3	Niveau 2	Niveau 1
Consommation de SF ₆ annuelle par pays par fabricants d'équipement		X	X
Charge nominale du nouvel équipement	X	X	X
Charge nominale de l'équipement existant	X*	X	X
Charge nominale de l'équipement retiré	X	X	X
SF ₆ détruit	X		
SF ₆ en inventaire au début de l'année	X		
SF ₆ en inventaire à la fin de l'année	X		
SF ₆ acheté par usine	X		
SF ₆ vendu ou retourné par usine	X		
SF ₆ envoyé hors site pour recyclage	X		
SF ₆ retourné au site après recyclage	X		
SF ₆ utilisé pour remplir l'équipement nouveau	X		
SF ₆ utilisé pour entretenir l'équipement	X		
SF ₆ récupéré de l'équipement retiré	X		
Facteurs d'émission/récupération	X*	X	
Documentation pour les facteurs, si spécifiques au pays	X*	X	
*Requis pour certaines variantes des méthodes.			

8.3 ÉMISSIONS DE SF₆ ET DE PFC DANS D'AUTRES PRODUITS

8.3.1 Introduction

Cette catégorie source exclue les catégories sources suivantes qui sont traitées ailleurs dans les *Lignes directrices 2006* :

- Production de SF₆ et de PFC (section 3.10) ;
- Production et utilisation d'équipement électrique (section 8.2) ;
- Production primaire et secondaire de magnésium et d'aluminium (chapitre 4) ; et
- Fabrications de semi-conducteurs et d'écrans plats (chapitre 6).

Les applications restantes identifiées dans cette catégorie source sont :

- Utilisation de SF₆ et PFC dans les applications militaires. Le SF₆ est particulièrement utilisé dans les systèmes radar aéroporté, par ex., AWACS (Système d'alerte et de contrôle aéroporté) et les PFC sont utilisés comme fluides de transfert de chaleur dans les applications électroniques de puissances supérieures.
- SF₆ utilisé dans l'équipement des accélérateurs de particules des universités et de la recherche ;
- SF₆ utilisé dans l'équipement des accélérateurs de particules industriels et médicaux.
- Applications « adiabatiques » utilisant la faible perméabilité du caoutchouc au SF₆ et à certains PFC, par ex., pneus de voitures et semelles de chaussures de sport.
- SF₆ utilisé dans des fenêtres insonorisantes ;
- PFC utilisés comme fluides de transfert de chaleur dans des applications commerciales et de consommation ;
- PFC utilisés dans des applications cosmétiques et médicales ;
- Autres utilisations par ex., gaz traceur dans la recherche et détecteurs de fuites.

8.3.2 Questions méthodologiques

8.3.2.1 CHOIX DE LA MÉTHODE

La méthode conforme aux *bonnes pratiques* est d'utiliser soit des données sur la consommation issues d'utilisateurs de SF₆ et de PFC ou des données descendantes sur la consommation, l'exportation et l'importation issues de producteurs et distributeurs nationaux de SF₆, désagrégées en applications types majeures de SF₆ et de PFC. Acquérir ces données nécessitera de réaliser un sondage auprès de tous les producteurs et distributeurs de SF₆ et de PFC pour identifier la consommation totale nette de SF₆ et de PFC. Une fois que les données sont obtenues, la quantité totale de SF₆ et de PFC consommée par application dans cette catégorie source devra être estimée.

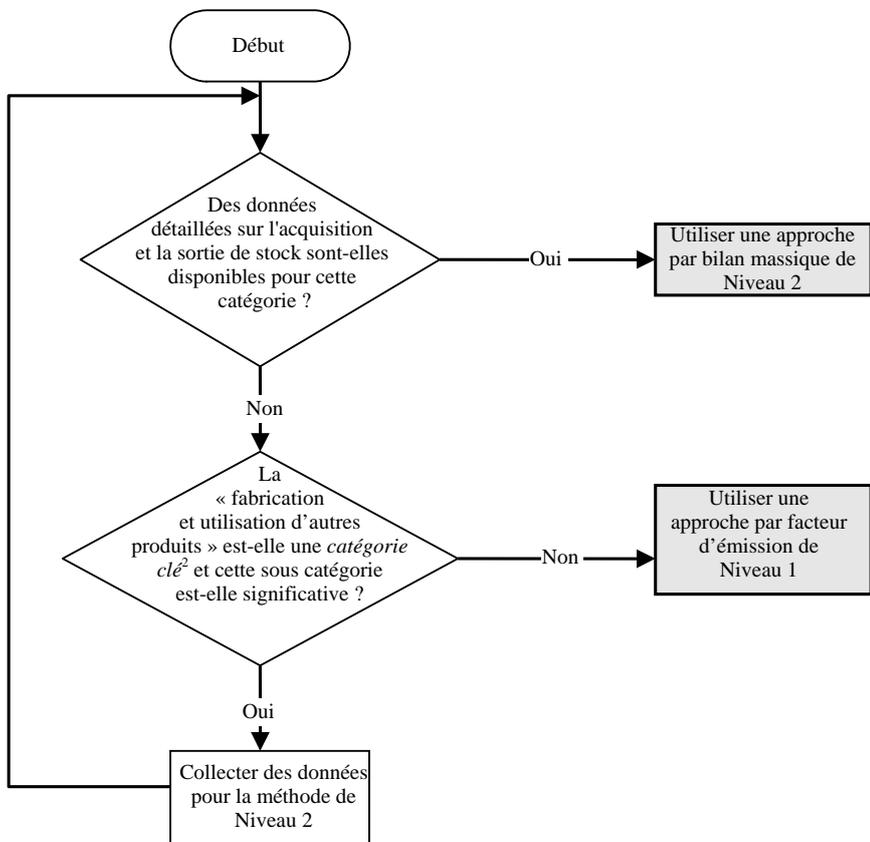
APPLICATIONS MILITAIRES

ÉMISSIONS DE SF₆ ISSUES DU FONCTIONNEMENT DES AWACS

Le SF₆ est utilisé comme un moyen isolant dans les systèmes de radars d'avions de reconnaissance militaires de type Boeing E-3A, communément appelé AWACS. L'objectif du SF₆ est d'empêcher les claquages électriques dans les conducteurs creux de l'antenne, dans lesquels les hautes tensions de plus de 135 kV sont prédominantes. Lorsque l'avion s'élève, du SF₆ est automatiquement libéré du système et rejeté dans l'atmosphère pour maintenir la différence de pression appropriée entre le système et l'air extérieur. Lorsque l'avion descend, du SF₆ est automatiquement chargé dans le système à partir d'un conteneur SF₆ à bord. La plupart des émissions se

produisent pendant le procédé d'équilibrage de pression lors de l'ascension mais des émissions issues de fuites du système peuvent aussi se produire pendant d'autres phases du vol ou au sol. Les émissions annuelles par avion ont été estimées à 740 kg, alors que la charge de chaque système est environ de 13 kg.

Figure 8.2 Diagramme décisionnel pour leSF₆ des AWACS



Note :

1. Voir le chapitre 4 du volume 1, Choix méthodologiques et identification des catégories clé (en prenant note de la section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour la discussion des catégories clé et de l'usage des diagrammes décisionnels.

Méthode de niveau 1 – émissions de SF₆ par avion

Si un pays ne possède pas de données sur la consommation de SF₆ par ses AWACS, un facteur d'émission par avion peut être utilisé pour estimer les émissions. Un facteur d'émission de 740 kg par avion par an est présenté dans le tableau 8.7, ce chiffre est basé sur des estimations d'émissions de SF₆ issues de Boeing E-3A de l'OTAN. On notera que les émissions réelles par avion sont fortement influencées par le nombre moyen de sorties (décollages) par avion par an. Des sorties plus fréquente augmenteront le taux d'émission en dessus de 740 kg/avion ; des sorties moins fréquentes abaisseront ce taux. Les taux de fuites pendant le vol ou pendant le temps au sol affecteront également le taux d'émission.

EQUATION 8.12
ÉMISSIONS ISSUES DES AWACS (FACTEUR D'ÉMISSION PAR DÉFAUT)
 Émissions utilisateur = 740 kg • Nombre d'avions dans la flotte d'AWACS

TABLEAU 8.7 ÉMISSIONS DE SF ₆ PAR AVION PAR AN	
Émissions par an par avion (kg SF ₆)	Incertitude
740 kg	±100 kg
Source : Schwarz (2005)	

Le Tableau 8.8 inclut des informations sur les flottes de AWACS au niveau mondial (Boeing, 2005) ; comme les autres données sur les activités, elles peuvent rapidement ne plus être d'actualité. Les pays se trouvent dans la meilleure position pour connaître le nombre d'avions dans leur flotte de AWACS.

TABLEAU 8.8 FLOTTES NATIONALES DE AWACS							
Pays / Organisation	Etats-Unis	Japon	France	Royaume-Uni	Autres pays OTAN :	Arabie saoudite	Total
Nombre de AWACS	33	4	4	7	17	5	70
Source : Boeing (2005)							

Méthode de Niveau 2 – méthode utilisateur par bilan massique

La méthode la plus précise pour estimer les émissions de SF₆ issues des AWACS est de tracer la consommation de SF₆ par les systèmes. Pour réaliser cela, les équations suivantes, similaires à la variante du niveau de l'utilité de la méthode de Niveau 3 pour l'équipement électrique, peuvent être utilisées : On notera que pour les AWACS, les acquisitions et déboursments de conteneurs SF₆ seront probablement beaucoup plus importantes pour le résultat que les acquisitions et les retraits des systèmes d'exploitation.

EQUATION 8.13 EMISSIONS ISSUES DES AWACS (BILAN MASSIQUE UTILISATEUR)	
Émissions d'utilisateur = baisse dans l'inventaire de SF ₆ + acquisitions de SF ₆ – déboursments de SF ₆ – augmentation nette de la charge de la flotte de AWACS	

Où :

Baisse dans l'inventaire SF₆ = SF₆ stocké en conteneurs au début de l'année - SF₆ stocké en conteneurs à la fin de l'année

Acquisitions de SF₆ = SF₆ acheté chez des producteurs de produits chimiques ou des distributeurs en vrac + SF₆ acheté par des fabricants ou distributeurs de AWACS avec ou à l'intérieur des nouveaux avions + SF₆ retourné au site après un recyclage hors site

Déboursments de SF₆ = SF₆ contenu dans les AWACS qui sont transférés à d'autres entités + SF₆ retourné aux fournisseurs + SF₆ envoyé hors site pour recyclage + SF₆ détruit

Augmentation nette de la charge de la flotte AWACS = 13 kg • (Nouveaux AWACS – AWACS retirés)

ÉMISSIONS DE SF₆ ET PFC ISSUES D'AUTRES APPLICATIONS MILITAIRES

Il existe une grande variété d'applications militaires utilisant des PFC et du SF₆. L'électronique militaire est censée être une application importante et grandissante de fluides de transfert de chaleur PFC qui sont appréciés pour leur stabilité et leurs propriétés diélectriques. Les fluides sont utilisés dans les radars au sol et aéroportés (klystrons), en avionique, systèmes de guidage de missiles, CME (contre-mesures électroniques), sonars, véhicules d'assaut amphibie, autres avions de surveillance, lasers, initiatives de défense stratégique (IDS) et avions furtifs. Les PFC peuvent aussi être utilisés pour refroidir des moteurs électriques, particulièrement dans des applications où la réduction sonore est appréciée, par ex., dans les bateaux et sous-marins. Les PFC spécifiques utilisés dans ces applications sont censés être similaires à ceux identifiés comme fluides de transfert de chaleur dans la fabrication électronique du chapitre 6. Refroidissement d'aérosol, refroidissement d'impact de jet, « pool boiling » semblent être les systèmes favorisés pour l'absorption de la chaleur. Dans toutes ces applications de refroidissement, le PFC est contenu dans un système fermé et le PFC liquide ne semble avoir besoin ni d'être remplacé, ni d'être rempli. Les émissions se produisent donc majoritairement lors de la fabrication, de la maintenance et tout spécialement lors de la mise au rebut de l'équipement.

Le SF₆ est utilisé dans les systèmes radars au sol et aéroportés de haute performance, dans leurs conducteurs creux pour la transmission de pulsations d'énergie haute fréquence à haute tension à partir du klystron. Le SF₆ peut également être utilisé comme oxydant du lithium dans les Systèmes de propulsion à énergie chimique stockée (SCEPS), par ex., dans les torpilles navales et les leurres infrarouges (Koch, 2004). Apparemment, ces applications du SF₆, comme celles des fluides de transfert de chaleur PFC énumérées précédemment, sont

généralement plus ou moins confinées mais la maintenance et les procédures de test produisent des émissions. L'utilisation de SF₆ pour insonoriser les propulseurs de torpilles a également été rapportée (NIST, 1997).

De plus, du SF₆ peut être émis comme produit dérivé du traitement du matériel nucléaire pour la production de combustibles et d'ogives nucléaires. Le SF₆ est connu pour être émis à partir de la neutralisation du fluor en excès durant la production de combustible nucléaire pour des applications civiles (AREVA, 2005).

Bien que la quantité totale de SF₆ et de PFC consommée et émise dans ce secteur soit censée être significative, aucune donnée sur les quantités ne sont publiquement disponibles jusqu'à présent. Par conséquent, les compilateurs d'inventaires doivent essayer de collecter d'ultérieures informations auprès des autorités concernées, et si possible, auprès des fournisseurs. Comme évoqué précédemment, les émissions issues des différentes applications se produisent donc majoritairement lors de la fabrication, de la maintenance et tout spécialement lors de la mise au rebut de l'équipement. Ainsi, les compilateurs d'inventaires peuvent acquérir des informations sur les taux d'émission pendant la fabrication, la maintenance et la mise au rebut de l'équipement, avec les quantités d'équipements en fabrication, en utilisation, et mis hors service ; ils peuvent utiliser la méthode de niveau 2 ou 3 de l'équipement électrique pour estimer les émissions. Pour les applications avec différents profils d'émissions (par ex., émissions rapides), l'équation appropriée de la section 8.2 peut être utilisée.

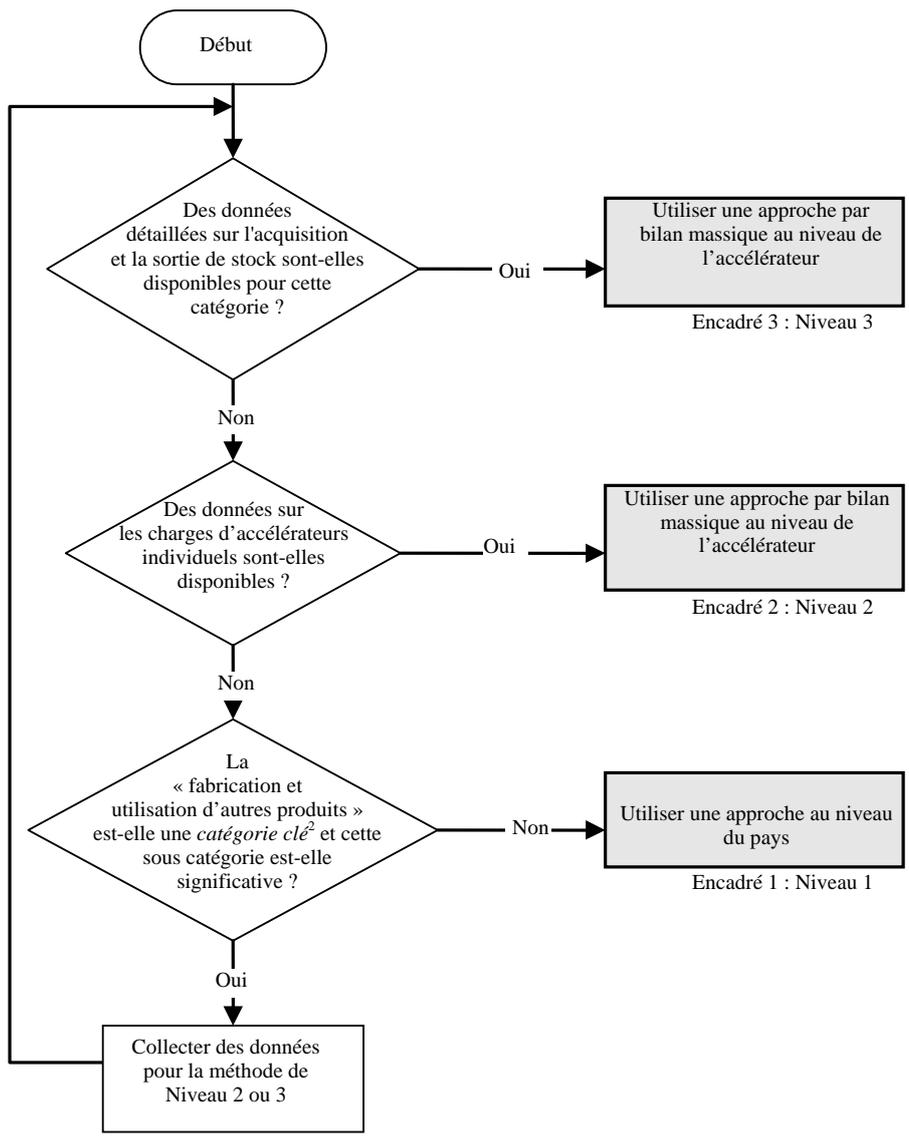
ÉMISSIONS DE SF₆ ISSUES DES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES D'UNIVERSITÉS ET DE LA RECHERCHE

Le SF₆ est utilisé comme gaz isolant dans les accélérateurs de particules fonctionnant pour la recherche et en université. Généralement, l'équipement haute tension est contenu et exploité à l'intérieur d'une cuve remplie de SF₆ à une pression excédant la pression atmosphérique. Les charges varient de 5 kilogrammes à plus de dix mille kilogrammes, avec des charges moyennes entre 500 et 3 000 kg. Lorsque l'équipement nécessite une maintenance, le SF₆ est transféré dans des réservoirs de stockage. Les pertes de SF₆ se produisent principalement pendant la récupération et le transfert du gaz, lorsque les vannes de décharge sont actionnées et ce à travers de petites fuites.

Selon deux études récentes, les pertes annuelles de SF₆ varient entre 5 et 7 % de la capacité de la cuve par an et dépendent généralement de la fréquence d'ouverture de la cuve et de le rendement de l'équipement de récupération et de transfert. La capacité de stockage mondiale est grossièrement estimée à 500 tonnes avec des émissions annuelles de SF₆ de 35 tonnes.

La Suisse a développé un programme volontaire pour réduire les émissions de SF₆ issues des accélérateurs de particules. Des suggestions et des techniques existent pour réduire les émissions de SF₆ à partir de ces sources.

Figure 8.3 Diagramme décisionnel pour leSF₆ issu des accélérateurs de la recherche



Note :

1. Voir le chapitre 4 du volume 1, Choix méthodologiques et identification des catégories clé (en prenant note de la section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour la discussion des catégories clé et de l'usage des diagrammes décisionnels.

Méthode de Niveau 1 – méthode au niveau du pays

Lorsque des données sont disponibles sur la charge personnalisée des accélérateurs, une méthode extrêmement brute consiste à déterminer le nombre d'accélérateurs de particule de recherche et d'universités présents dans le pays en utilisant plusieurs facteurs pour déterminer le taux d'émission annuel au niveau du pays comme noté dans l'équation 8.14. Pour la méthode de niveau 1, la seule collecte de données à entreprendre est celle du nombre total d'accélérateurs de particules de recherche et d'universités présents dans le pays donné.

ÉQUATION 8.14
EMISSIONS DES ACCELERATEURS DE PARTICULES DE RECHERCHE ET D'UNIVERSITES (AU NIVEAU DU PAYS)

Émissions = (Nombre d'accélérateurs de particules de recherche et d'universités présents dans le pays) • (Facteur d'utilisation SF₆) • (Facteur de charge SF₆, kg) • (Facteur d'émission des accélérateurs de particules de recherche et d'universités)

Où :

Nombre d'accélérateurs de particules d'universités et de recherche dans le pays = nombre total d'accélérateurs de particules de recherche et d'universités dans le pays. Cette méthode grossière n'impose pas aux pays de déterminer le nombre d'accélérateurs qui utilisent du SF₆. Pour déterminer si un pays a un accélérateur de particules ou non, visiter http://www-elsa.physik.uni-bonn.de/Informationen/accelerator_list.html

Facteur d'utilisation de SF₆ = environ un tiers des accélérateurs de particules de recherche et d'universités utilise du SF₆ comme isolant.

Facteur de charge de SF₆ = 2400 kg, SF₆, charge moyenne de SF₆ chargée dans un accélérateur de particules de recherche et d'universités.

Facteur d'émission d'accélérateur de particules SF₆ de recherche et d'universités = 0,07, taux d'émission moyen annuel des accélérateurs de particules de recherche et d'universités, comme fraction de la charge totale.

Méthode de niveau 2 – approche par facteur d'émission au niveau de l'accélérateur

Si les données sur la quantité de SF₆ contenue à l'intérieur de chaque accélérateur de recherche et d'université ne sont pas disponibles, un facteur d'émission par défaut de 7 % peut être multiplié par la charge totale de SF₆ contenue dans les accélérateurs de recherche et d'université du pays. Le taux d'émission total de SF₆ dans le pays issu d'accélérateurs de recherche et d'université est donc calculé à partir de l'équation 8.15.

<p>ÉQUATION 8.15</p> <p>EMISSIONS DE L'ACCELERATEUR DE PARTICULES DE RECHERCHE ET D'UNIVERSITE (FACTEUR D'EMISSION AU NIVEAU DE L'ACCELERATEUR)</p> <p>Émissions totales = Facteur d'émission en SF₆ de l'accélérateur de particules de recherche et d'université • \sum charges de l'accélérateur individuel</p>

Où :

Facteur d'émission en SF₆ de l'accélérateur de particules de recherche et d'université = 0,07, taux d'émission moyen annuel de l'accélérateur de particules de recherche et d'universités, comme fraction de la charge totale.

Charges personnalisées de l'accélérateur = SF₆ contenu à l'intérieur de chaque accélérateur de recherche et d'universités

Méthode de niveau 3 – méthode par bilan massique au niveau de l'accélérateur

Les émissions de SF₆ issues des accélérateurs de particules fonctionnant dans des installations de recherche et les universités peuvent être déterminées de façon plus précise au niveau utilisateur sur une base accélérateur par accélérateur. Les calculs d'émissions sont estimés en traçant les charges de l'accélérateur ainsi que la consommation et l'élimination de SF₆. Comme détaillé dans l'équation 8.16, les émissions totales sont équivalentes à la somme des émissions des utilisateurs individuels. On notera cependant qu'avec cette méthode, puisque le taux d'émission global de SF₆ issu d'accélérateurs de particules est faible comparé à d'autres utilisations de SF₆, le SF₆ associé perdu lors de la fabrication est considéré négligeable et n'est pas inclus dans ces calculs.

<p>EQUATION 8.16</p> <p>EMISSIONS TOTALES DE L'ACCELERATEUR DE RECHERCHE</p> <p><i>Emissions totales = \sum émissions accélérateur individuel</i></p>
--

Les émissions de chaque accélérateur de particules peuvent être calculées de la façon suivante :

<p>ÉQUATION 8.17</p> <p>EMISSIONS DE L'ACCELERATEUR DE RECHERCHE (BILAN MASSIQUE AU NIVEAU DE L'ACCELERATEUR)</p> <p>Émissions de l'accélérateur = baisse dans l'inventaire de SF₆ + acquisitions de SF₆ – déboursements de SF₆ – augmentation nette de la charge de l'accélérateur</p>
--

Où :

Baisse dans l'inventaire SF₆ = SF₆ stocké en conteneurs au début de l'année - SF₆ stocké en conteneurs à la fin de l'année

Acquisitions de SF₆ = SF₆ acheté chez des producteurs de produits chimiques ou des distributeurs en vrac + SF₆ acheté par des fabricants ou distributeurs d'accélérateurs avec ou à l'intérieur de nouveaux composants d'accélérateurs + SF₆ retourné au site après un recyclage hors site

Déboursements de SF₆ = SF₆ contenu dans les composants transférés à d'autres entités + SF₆ retourné aux fournisseurs + SF₆ envoyé hors site pour recyclage + SF₆ détruit

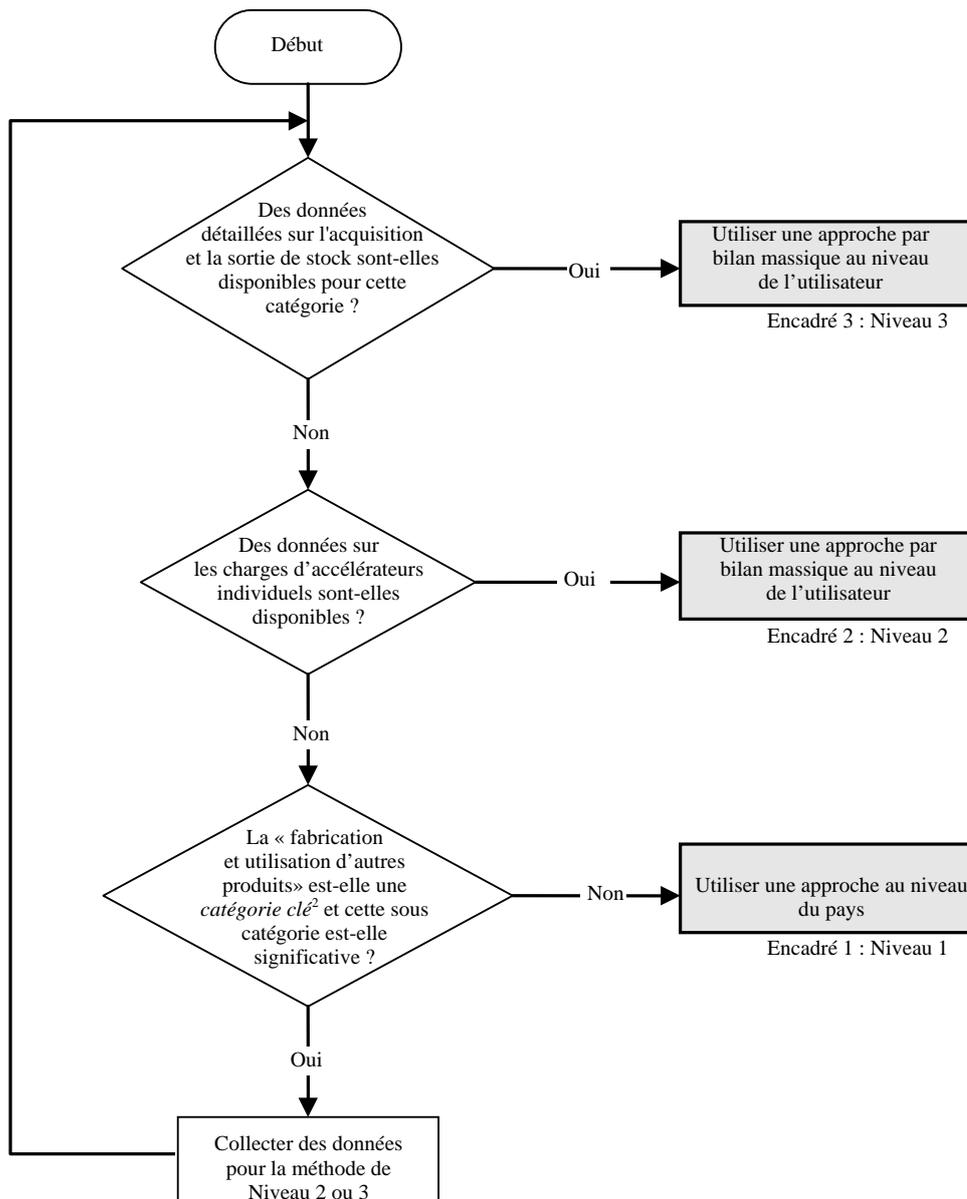
Augmentation nette de la charge de l'accélérateur = charge SF₆ des nouveaux composants – charge SF₆ des composants retirés

ÉMISSIONS DE SF₆ ISSUES DES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES MÉDICAUX ET INDUSTRIELS

Le SF₆ est utilisé comme gaz isolant dans les deux types d'accélérateurs de particules industriels (basse et haute tension) et aussi dans les accélérateurs de particules (thérapie contre le cancer) médicaux, comme c'est le cas dans les accélérateurs de particules de recherche et d'université. Cependant, les facteurs de charge et d'émission pour les accélérateurs de particules médicaux et industriels sont différents de ceux des accélérateurs de recherche et d'université, comme discuté ci-dessous.

La capacité de stockage mondiale pour les accélérateurs de particules industriels est grossièrement estimée à 500 tonnes avec des émissions annuelles de SF₆ de 35 tonnes. La capacité de stockage mondiale pour les accélérateurs de particules (radiothérapie) industriels est grossièrement estimée à moins de 5 tonnes avec des émissions annuelles de SF₆ de moins de 5 tonnes. Schwarz (2005).

Figure 8.4 Diagramme décisionnel pour les accélérateurs de particules médicaux et industriels



Note :

1. Voir le chapitre 4 du volume 1, Choix méthodologiques et identification des catégories clé (en prenant note de la section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour la discussion des catégories clé et de l'usage des diagrammes décisionnels.

Méthode de Niveau 1 – méthode au niveau du pays

Lorsque les données sur la charge de l'accélérateur de l'utilisateur individuel sont disponibles, une méthode très grossière consiste à déterminer le nombre total d'accélérateurs de particules par description du procédé dans le pays et à utiliser des facteurs pour déterminer le taux d'émission annuel au niveau du pays, comme noté dans l'équation 8.18. Pour cette méthode de niveau 1, la seule collecte de données à entreprendre est celle du nombre total d'accélérateurs de particules qui contiennent du SF₆ par description du procédé, dans le pays donné.

EQUATION 8.18**EMISSIONS DES ACCELERATEURS MEDICAUX/INDUSTRIELS (AU NIVEAU DU PAYS)**

Émissions = (Nombre d'accélérateurs de particules qui utilisent du SF₆ par description du procédé dans le pays) • (Facteur de charge de SF₆, kg) • (facteur d'émission de l'accélérateur de particules applicable au SF₆)

Où :

Nombre d'accélérateurs de particules classés par type dans le pays = Nombre total d'accélérateurs de particules, classés par type (industriel à haute tension, industriel à moyenne tension et radiothérapie) qui utilise du SF₆ dans le pays, 1,2, etc. (seuls comptent les accélérateurs de particules qui utilisent du SF₆. Ce qui diffère du calcul de Niveau 1 pour les accélérateurs de particules de recherche et d'université)

Facteur de charge de SF₆ = charge moyenne de SF₆ dans un accélérateur de particules par description du procédé, comme développé ci-dessous.

Facteur d'émission de l'accélérateur de particules SF₆ = taux d'émission annuel moyen de l'accélérateur de particules SF₆ comme fraction de la charge totale par description du procédé.

Description du procédé	Facteur de charge de SF ₆ , kg
Accélérateurs de particules industriels – haute tension (0,3 – 23 MV)	1300
Accélérateurs de particules industriels – moyenne tension (<0.3 MV)	115
Médicaux (radiothérapie)	0.5 ^a

^a C'est la moyenne des valeurs allant de 0,05 kg à plus de 0,8 kg, selon le modèle et le fabricant.
Source : Schwarz (2005)

Méthode de niveau 2 – approche par facteur d'émission au niveau de l'utilisateur

Si les données sur la quantité de SF₆ contenue à l'intérieur de chaque accélérateur médical et industriel ne sont pas disponibles, utiliser la méthode de niveau 2 pour les installations de recherche et les universités ; il faut cependant multiplier le facteur d'émission pour chaque description du procédé fournit ci-dessous par le total, la charge de SF₆ spécifique au pays pour cette description du procédé.

Description du procédé	Facteur d'émission, kg/ charge de SF ₆ par kg
Accélérateurs de particules industriels – haute tension (0,3 – 23 MV)	0.07
Accélérateurs de particules industriels – moyenne tension (<0.3 MV)	0.013
Médicaux (radiothérapie)	2.0 ^a

^a Ce facteur d'émission est la moyenne des valeurs allant de 1 kg à 10 kg par charge en kg, selon le modèle, le fabricant et les intervalles de la maintenance.
Source : Schwarz (2005)

Méthode de niveau 3 – méthode par bilan massique au niveau de l'utilisateur

Pour calculer les émissions de issues des accélérateurs de particules industriels et médicaux, utiliser la même approche de niveau 3 que pour les installations d'universités et de recherche. Les organisation de service à la clientèle pour les fabricants et les distributeurs d'équipement auront probablement des informations sur les stocks d'équipement, les importations, les exportations et les quantités de SF₆ utilisées pour remplir et re-remplir l'équipement.

ÉMISSIONS ISSUES D'AUTRES APPLICATIONS DE SF₆ ET DE PFC

Les *bonnes pratiques* recommandent de contacter tous les producteurs/distributeurs de gaz pour identifier les utilisateurs de SF₆ et de PFC et d'enquêter sur la consommation de gaz des catégories sources autres que celles déjà mentionnées. La différence clé parmi les applications traitées ci-dessous est le retard général entre le moment de l'achat de SF₆ et de PFC et le moment où le produit chimique est relâché. Dans certains cas (par ex., le SF₆ est utilisé dans le vitrage insonorisant et les PFC comme fluides de transfert de chaleur), le produit chimique est assez bien contenu pendant la durée de vie de l'équipement ou du produit et la plupart des émissions sont associées à la fabrication et à la mise au rebut du produit. Dans ces cas, le délai entre l'achat du produit chimique et ses émissions finales dépendent de la durée de vie du produit, qui peut aller de trois ans pour les pneus et les chaussures de sport à 25 ans pour les vitrages insonorisant. Dans d'autres cas (par ex., utilisation du SF₆ et des PFC comme traceurs ou dans des applications médicales), le produit chimique est entièrement émis en l'espace d'un an après son achat. Si, après un sondage initial, les applications avec émissions retardées distinctes spécifiques paraissent être significatives, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser un calcul d'émission spécifique à la catégorie source, en prenant en compte le retard dans les émissions.

Utilisations adiabatiques

Les utilisations adiabatiques du SF₆ et de certains PFC exploitent la faible perméabilité du caoutchouc à ces gaz. Historiquement, le SF₆ a été le gaz dominant dans ces applications ; mais des PFC avec des poids de molécules similaires (tels que le C₃F₈) ont également été utilisés récemment. Les applications avec une période de retard de trois jours incluent les pneus de voitures, les semelles de chaussures de sport et les balles de tennis (Schwarz *et al.*, 1996). Pour les applications avec des émissions qui sont retardées de plus de trois jours, la formule suivante peut être utilisée.

EQUATION 8.19

APPLICATIONS DES PROPRIETES ADIABATIQUE

Émissions au cours de l'année t = ventes au cours de l'année (t – 3)

Vitrage insonorisant

Fenêtres à double vitrage insonorisantes : environ un tiers de la quantité totale de SF₆ achetée est relâchée pendant l'assemblage (c'est à dire, remplissage de la vitre à double vitrage) (Schwarz/Leisewitz, 1999). On suppose un taux annuel de fuite de 1 % (y compris bris de vitre), pour le stock de gaz restant à l'intérieur de la vitre (capacité). Ainsi, environ 75 % du stock initial reste à la fin des 25 ans de durée de vie. L'application de SF₆ dans les fenêtres a commencé en 1975, la mise au rebut est donc seulement sur le point de commencer. Les émissions issues de cette sous-catégorie source doivent être calculées en utilisant les équations 8.20 et 8.22 :

EQUATION 8.20

FENETRES A DOUBE VITRAGE : ASSEMBLAGE

Émissions d'assemblage au cours de l'année t = 0,33 • SF₆ acheté pour remplir les fenêtres assemblées à l'année t

EQUATION 8.21

FENETRES A DOUBE VITRAGE : UTILISATION

Émissions par fuites au cours de l'année t = 0.01 • capacité des fenêtres existantes à l'année t

EQUATION 8.22

FENETRES A DOUBE VITRAGE : MISE AU REBUT

Émissions lors de la mise au rebut au cours de l'année t = quantité restante dans la fenêtre en fin de durée de vie à l'année t • (1 – facteur de récupération)

A moins que des données spécifiques au pays soient disponibles, un facteur de récupération par défaut d'une valeur de zéro doit être supposé dans l'équation 8.22. Si aucune information spécifique n'est disponible pour ces catégories sous sources, les *bonnes pratiques* recommandent de les traiter comme des émissions rapides.

PFC utilisés comme fluides de transfert de chaleur dans les applications commerciales et de consommation

Les PFC sont utilisés comme fluides de transfert de chaleur dans nombre d'applications électroniques commerciales et de consommation à haute densité de puissance. Les applications commerciales incluent le refroidissement pour les superordinateurs, la télécommunication et les systèmes de radar d'aéroports, ainsi que des éléments moteurs (redresseurs) sur des trains à grande vitesse (Burton, 2006). Ces applications consomment de plus petits volumes de liquides PFC que la fabrication électronique mais sont censées être significatives parmi les applications « niches ». Les applications de consommateurs incluent des kits de refroidissement pour le bureau des ordinateurs qui fonctionnent à haute tension afin d'augmenter la vitesse de traitement. Les PFC spécifiques utilisés dans ces applications sont censés être similaires à ceux identifiés comme fluides de transfert de chaleur dans la fabrication d'électronique, dans le chapitre 6. Dans toutes ces applications, les PFC liquides sont utilisés dans des modules fermés, indiquant que la plupart des émissions se produisent pendant la fabrication, la maintenance et la mise au rebut du produit ou de l'équipement. Ainsi, les compilateurs d'inventaires peuvent acquérir des informations sur les taux d'émission pendant la fabrication, la maintenance et la mise au rebut de l'équipement, avec les quantités d'équipements en fabrication, en utilisation, et mis hors service chaque année ; ils peuvent utiliser la méthode de niveau 2 ou 3 de l'équipement électrique pour estimer les émissions. Pour les applications avec différents profils d'émissions (par ex., émissions rapides), l'équation appropriée de la section 8.2 peut être utilisée.

PFC utilisés dans les applications cosmétiques et médicales

Les PFC ayant des poids de molécules assez élevés (par ex., $C_{10}F_{18}$) sont utilisés dans les applications cosmétiques et médicales, pour exploiter leur aptitude à transporter de l'oxygène aux tissus vivants (mai 2006). Les applications cosmétiques comprennent les crèmes anti-rides et ne sont censées qu'en utiliser de petites quantités. Les applications médicales actuelles et potentielles incluent le stockage des tissus pancréatiques pour les transplantations (en utilisant la « méthode à deux couches »), la chirurgie de l'œil (pour réparer les déchirements rétiens), la pneumonectomie (thérapie longue et diagnostic), l'utilisation comme produit de contraste dans les examens par ultrasons et par IRM, l'extension sanguine, la cicatrisation de plaie, et le traitement des maladies de l'oreille moyenne. Toutes les applications, à part les deux premières, impliquent seulement de petites quantités et/ou sont à un stade de recherche. Le stockage de tissus pancréatiques est une application petite mais grandissante. Les émissions issues des utilisations médicales sont incertaines mais sont censées être petites.

Dans toutes ces applications, le PFC devrait être émis dans l'atmosphère pendant l'année successive à l'achat. Les émissions issues de ces sources peuvent être estimées comme émissions rapides par l'intermédiaire de l'équation 8.23.

Autres utilisations de SF_6 et de PFC

Les autres applications du SF_6 et des PFC, qui ne sont pas spécifiquement traitées précédemment, incluent leur utilisation comme traceurs (dans la détection de fuites, traçage intérieur et extérieur de masses d'air, et récupération d'huile⁶) et l'utilisation de SF_6 dans la production de câbles optiques (pour le dopage en fluor des fibres de verre⁷). Les gaz ou liquides sont souvent émis pendant l'année successive à leur achat. Dans ce cas, la *bonne pratique* consiste à calculer les émissions de SF_6 et de PFC issues des applications à émissions « rapides » à l'aide de la formule suivante :

EQUATION 8.23
EMISSIONS RAPIDES

$$\text{Émissions au cours de l'année } t = (0,5 \bullet \text{ quantité vendue à l'année } t) + (0,5 \bullet \text{ quantité vendue à l'année } t-1)$$

Cette équation est similaire à l'équation pour les applications de substituts SAO rapides (par ex., aérosols et solvants) traitées dans le chapitre 7 de ce volume. Cette équation couvre plus d'une année parce que les ventes et les émissions sont censées être continues au cours de l'année ; ce qui fait que le produit chimique vendu en milieu d'année t-1 n'est pas entièrement émis avant la moitié de l'année t.

8.3.2.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Pour les «autres» catégories sources de SF₆ et de PFC qui contribuent de manière significative aux émissions de SF₆ et de PFC d'un pays, les pays sont encouragés à développer des facteurs d'émission spécifiques au pays basés sur des sondages occasionnels de sous ensembles représentatifs de données. Les *bonnes pratiques* recommandent de documenter clairement de tels facteurs d'émission. Des facteurs d'émission par défaut sont fournis ci-dessous pour les AWACS, les accélérateurs, les applications à émissions rapides et les applications adiabatiques incluant es fenêtres.

8.3.2.3 CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Les données sur les activités pour ces catégories de sources subsidiaires doivent être cohérentes avec les données utilisées dans le calcul des émissions de SF₆ issues d'autres catégories sources (par ex., équipement électrique) pour garantir que l'estimation est complète et qu'il n'y a pas de double comptage. Pour les accélérateurs linéaires médicaux, les organisations de service à la clientèle pour les fabricants et les distributeurs d'équipement auront probablement des informations sur les stocks d'équipements, les importations, les exportations et les quantités de SF₆ utilisées pour remplir et re-remplir l'équipement. Des lignes directrices sur les sources possibles de données sur les activités pour d'autres sources sont fournies avec la méthode pour chaque catégorie source.

8.3.2.4 EXHAUSTIVITÉ

Les données par application sur les importations, les exportations et la consommation, issues de producteurs et distributeurs nationaux de SF₆ et de PFC seront suffisantes à condition que (i) tous les producteurs et distributeurs de SF₆ et de PFC soient identifiés, (ii) les consommateurs domestiques achètent seulement le SF₆ et les PFC chez des fournisseurs nationaux et (iii) les importations et exportations en produits (par ex., articles de sport) sont négligeables. Les *bonnes pratiques* recommandent de vérifier régulièrement l'apparition de distributeurs additionnels pour s'assurer qu'il n'y ait pas de gaz importé directement (en vrac) par des utilisateurs finaux et que les produits identifiés contenant du SF₆ et des PFC ne sont pas importés en quantité considérable.

Si des données descendantes sur la consommation de produits chimiques ne sont pas disponibles, comme alternative, les pays peuvent utiliser des informations sur le nombre d'accélérateurs, de AWACS, de fenêtres, etc. utilisés dans le pays, appliquant les facteurs d'émission qui sont fournis dans la méthode pour chaque catégorie source.

8.3.2.5 DÉVELOPPEMENT D'UNE SÉRIE TEMPORELLE COHÉRENTE

Pour les estimations de l'année de référence, des données peuvent être nécessaires sur les quelques années antérieures à l'année de référence : un an pour les émissions rapides et quelques années pour les applications à émissions retardées. Les *bonnes pratiques* recommandent de calculer les émissions en utilisant la même méthode pour chaque année dans la série temporelle. Lorsque les données pour soutenir une méthode plus rigoureuse pour toutes les années de la série temporelle ne sont pas disponibles, les *bonnes pratiques* recommandent de faire un nouveau calcul selon les directives fournies dans le volume 1 au chapitre 5.

8.3.3 Évaluation des incertitudes

Si le sondage sur les ventes domestiques par application par distributeurs et producteurs nationaux de gaz est complet, la précision des données sur la consommation annuelle apparente sera élevée. L'incertitude des estimations d'émissions sera également faible lorsque la totalité des usages entraîne une émission rapide. Dans le cas d'applications d'émissions retardées, les incertitudes sont :

- Temps de retard par défaut dans les applications à propriétés adiabatiques :
- Année 3±1 ;
- Valeurs par défaut pour les fenêtres antibruit ; 50±10% d'émissions de remplissage et 1±0,5% d'émissions de fuite/brèche.

Si des données sur la consommation de gaz ne sont pas disponibles, les incertitudes concernant le nombre et l'utilisation d'accélérateurs et de AWACS, etc. deviennent importantes.

- Pour les accélérateurs, la charge totale de SF₆ et le taux de fuite déterminent les émissions et les incertitudes qui leur sont associées.
- Pour l'utilisation de SF₆ dans les AWACS, le nombre de sorties par avion a un impact significatif sur les émissions et l'incertitude.

8.3.4 Assurance qualité / contrôle qualité (AQ/CQ), établissement de rapports et documentation

8.3.4.1 ASSURANCE QUALITE / CONTROLE QUALITE

Les *bonnes pratiques* recommandent d'effectuer des vérifications du contrôle qualité comme souligné dans le chapitre 6 du volume 1 et une révision experte des estimations d'émissions. Des vérifications additionnelles du contrôle qualité, comme souligné dans le volume 1 et des procédures d'assurance qualité peuvent aussi être applicables, en particulier si des méthodes de niveaux supérieurs sont utilisées pour déterminer les émissions à partir de cette catégorie source. Les compilateurs d'inventaires sont encouragés à utiliser une méthode d'AQ/de CQ d'un niveau supérieur pour les *catégories clé*, comme identifié dans le volume 1 au chapitre 4.

Des procédures additionnelles spécifiques à d'autres sources de SF₆ sont détaillées ci-dessous.

Comparaison des estimations d'émissions par utilisation de différentes approches

Les compilateurs d'inventaires doivent comparer le potentiel total national d'émissions de SF₆ et de PFC (moins la quantité allouée aux catégories sources comme pour les chapitres 3.10, 4, 6 et 8.2) aux émissions de SF₆ et de PFC estimées issues d'autres utilisations. Ces émissions nationales potentielles ajustées peuvent être utilisées comme limite supérieure des émissions.

Vérification des données sur les activités

Les compilateurs d'inventaires doivent comparer les données sur les activités soumises par différents producteurs et distributeurs et, en ajustant les tailles et capacités relatives des entreprises, identifier les observations aberrantes significatives. Ils doivent enquêter sur toute observation aberrante pour déterminer si les différences peuvent être expliquées ou s'il y a une erreur dans les émissions rapportées.

Comparaison des taux d'émission avec ceux d'autres pays

Les compilateurs d'inventaires doivent comparer les émissions issues d'autres utilisations finales de SF₆ et de PFC incluses dans l'inventaire national avec des informations soumises par d'autres pays similaires. Pour chaque source, les émissions par habitant ou par unité de PIB doivent être comparées avec les taux d'émission correspondants d'autres pays. Si des chiffres nationaux semblent être relativement très élevés ou très bas, une justification doit être fournie.

8.3.4.2 ÉTABLISSEMENT DE RAPPORTS ET DOCUMENTATION

Les *bonnes pratiques* recommandent de documenter et d'archiver toute l'information requise pour produire les estimations d'inventaire d'émissions nationales, comme souligné dans le volume 1 de la section 6.11. Il n'est guère pratique d'inclure toute la documentation dans le rapport d'inventaire national. Cependant, l'inventaire devrait inclure des résumés des méthodes utilisées et des références à des données source de sorte que les estimations d'émissions rapportées soient transparentes et que les étapes de leur calcul puissent être retracées.

Pour assurer la transparence, les *bonnes pratiques* recommandent de rapporter aussi bien les émissions réelles que potentielles issues de la catégorie source «autres utilisations» séparément des autres émissions de SF₆ et de PFC. De plus, il est utile de fournir des informations sur les applications spécifiques qui sont incluses dans cette catégorie source afin de pouvoir comparer (les estimations de) les pratiques nationales avec d'autres pays, d'autres régions ou globalement. Les méthodes appliquées et les références doivent également être documentées. Pour les catégories sous sources à émissions retardées, les émissions annuelles, les temps de retard et les facteurs d'émission par type de catégorie sous source doivent être rapportés.

8.4 N₂O PROVENANT DES UTILISATIONS DE PRODUITS

8.4.1 Introduction

Les émissions par évaporation d'oxyde nitreux (N₂O) proviennent de différents types d'utilisation de produits, incluant :

- Applications médicales (utilisation comme anesthésique, utilisations analgésique et vétérinaire) ;
- Utilisation comme propulseur dans les produits aérosols, principalement dans l'industrie alimentaire (crème chantilly sous pression, etc.) ;
- Agent oxydant et agent de gravure utilisé dans la fabrication de semi-conducteurs ;
- Agent oxydant utilisé avec de l'acétylène, dans la spectrométrie d'absorption atomique ;
- Production d'azoture de sodium, qui est utilisée pour gonfler les airbags ;
- Oxydant de combustible dans la course de voiture ; et
- Agent oxydant dans les chalumeaux utilisés par les bijoutiers et d'autres ;

En général, les applications médicales et l'utilisation comme propulseur dans les produits aérosols représentent de plus grandes sources que les autres. Il est donc conforme aux *bonnes pratiques* d'estimer et de rapporter les émissions de N₂O issues de ces sources. Les compilateurs d'inventaires sont également encouragés à estimer et rapporter les émissions de N₂O issues d'autres sources, si les données sont disponibles.

APPLICATIONS MÉDICALES

Utilisation anesthésique du N₂O

Le N₂O pour l'utilisation comme anesthésique est fourni dans des cylindres d'acier contenant un minimum de 98 % de N₂O. Le N₂O est utilisé pendant l'anesthésie pour deux raisons : a) comme anesthésiant et analgésique et comme b) gaz porteur pour les hydrocarbures fluorés anesthésiants volatils tels que l'isoflurane, le sevoflurane et le desflurane. L'effet anesthésique du N₂O s'ajoute à celui des agents d'hydrocarbures fluorés.

Tous les anesthésiques ne nécessitent pas l'utilisation de N₂O et l'utilisation de N₂O est même contre-indiquée dans un petit nombre de situations médicales. Le gaz porteur pendant l'anesthésie peut être soit du N₂O et de l'oxygène, soit un mélange d'air et d'oxygène, auquel cas le N₂O est évité.

Les agents anesthésiques inhalés sont de plus en plus administrés par systèmes respiratoires qui font re-circuler le souffle exhalé du patient à travers un absorbeur de dioxyde de carbone avant de rediriger les gaz au patient. En utilisant cette méthode, le débit du gaz porteur peut être réduit considérablement après les premières minutes d'anesthésie lorsque l'absorption par le patient est élevée. Cette technique est connue comme anesthésie à bas débit. L'anesthésie à bas débit a l'avantage de réduire les émissions et les coûts. Certains anesthésiques peuvent éviter complètement autant le N₂O que les agents d'hydrocarbures fluorés, en employant une technique dans laquelle une drogue anesthésique est continuellement perfusée dans une veine à travers une procédure chirurgicale. Cette technique est connue comme anesthésie intraveineuse totale.

Utilisation analgésique du N₂O

Le N₂O inhalé est utilisé pour procurer un soulagement de la douleur dans certaines situations. Par exemple, il est fourni dans des cylindres d'acier contenant des mélanges déjà prêts de 50 % d'oxygène et 50 % de N₂O ou des mélanges d'oxyde nitreux et d'oxygènes en GB. Les mélanges déjà prêts d'oxyde nitreux et d'oxygène sont utilisés pour soulager la douleur lors des accouchements, ou lors de procédures douloureuses de courte durée, par ex. pour changer la toilette des patients brûlés. Ces mélanges ne sont pas utilisés dans les pays au climat très froid parce que le mélange peut se séparer si les cylindres sont stockés en dessous de 6 degrés centigrades, avec le risque consécutif d'administrer de l'oxyde nitreux pur aux patients sans oxygène.

Utilisation vétérinaire du N₂O

Le N₂O est également utilisé pour l'anesthésie des animaux. Les méthodes d'administration sont similaires à celles utilisées dans l'anesthésie humaine.

UTILISATION COMME PROPULSEUR DANS LES PRODUITS AÉROSOLS, PRINCIPALEMENT DANS L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE

Le N₂O est également utilisé comme propulseur dans les produits aérosols, principalement dans l'industrie alimentaire. La crème chantilly est une utilisation typique, où des cartouches remplies de N₂O sont utilisées pour pulvériser la crème sous forme de mousse.

8.4.2 Questions méthodologiques

8.4.2.1 CHOIX DE LA MÉTHODE

Les *bonnes pratiques* recommandent d'estimer les émissions de N₂O à partir de données sur la quantité de N₂O fournie qui est obtenue auprès des fabricants et des distributeurs de produits N₂O selon l'équation 8.24 ci-dessous. Il existe un décalage temporel entre la fabrication, la livraison et l'utilisation mais ce décalage est probablement petit dans le cas des applications médicales car les hôpitaux reçoivent fréquemment des livraisons afin d'éviter d'avoir de gros stocks. Par conséquent, il est raisonnable de supposer que les produits N₂O fournis seront utilisés sous un an. Dans le cas du propulseur dans les produits aérosols, il n'existe pas de données exactes qui prouvent qu'il y a un décalage temporel significatif entre la fabrication, la livraison et l'utilisation. Dans ce cas, il est pratique de considérer les produits N₂O fournis seront utilisés sous un an. L'équation 8.24 couvre plus d'une année parce que les ventes et les émissions sont censées être continues au cours de l'année ; ce qui fait que le N₂O fourni en milieu d'année $t-1$ n'est pas entièrement émis avant la moitié de l'année t .

On ne peut pas définir d'autres niveaux pour cette catégorie source car il n'y a aucune autre méthode d'estimation fiable. Par exemple, dans le cas des applications médicales, les estimations issues du nombre d'anesthésiques donné, du nombre de lits chirurgicaux ou d'heures d'anesthésie pourraient être pris en considération mais ces méthodes seront probablement imprécises. (Voir section 8.4.2.3, « choix des données sur les activités »).

EQUATION 8.24
ÉMISSIONS DE N₂O ISSUES DES UTILISATIONS D'AUTRES PRODUITS

$$E_{N_2O}(t) = \sum_i \{ [0.5 \cdot A_i(t) + 0.5 \cdot A_i(t-1)] \cdot FE_i \}$$

Où :

$E_{N_2O}(t)$ = émissions de N₂O au cours de l'année t , tonnes

$A_i(t)$ = quantité totale de N₂O fournie au cours de l'année t par type d'application i , tonnes

$A_i(t-1)$ = quantité totale de N₂O fournie au cours de l'année $t-1$ par type d'application i , tonnes

FE_i = facteur d'émission par type d'application i , fraction

8.4.2.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

APPLICATIONS MÉDICALES

Il est supposé que le N₂O administré n'est chimiquement pas changé par le corps et qu'il retourne entièrement dans l'atmosphère. Il est raisonnable de considérer facteur d'émission de 1.0.

UTILISATION COMME PROPULSEUR DANS LES PRODUITS AÉROSOLS, PRINCIPALEMENT DANS L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE

Pour le N₂O utilisé comme propulseur dans les produits alimentaires aérosols ou pressurisés, le N₂O ne réagit pas pendant le procédé et la totalité du N₂O est émise dans l'atmosphère, avec un facteur d'émission de 1.0 pour cette source.

AUTRES

Pour les autres types d'utilisation de produit, il n'est pas approprié de supposer un facteur d'émission de 1.0. Lorsque les compilateurs d'inventaires estiment et rapportent des émissions de N₂O issues d'utilisation de produits autres que d'applications médicales ou de propulseur pour produits aérosols, ils sont encouragés à dériver des facteurs d'émission raisonnables pour cette source à partir de la littérature ou de mesures.

8.4.2.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

APPLICATIONS MÉDICALES

La quantité totale de N₂O fournie par type d'application doit être obtenue auprès des fabricants et des distributeurs de produits N₂O. Pour les applications médicales, la quantité d'utilisation de N₂O peut être obtenue auprès du département pharmaceutique des hôpitaux individuels qui ont généralement des registres sur le nombre et la capacité des cylindres d'oxyde nitreux achetés par année.

La durée de permanence à l'hôpital en suivant une procédure chirurgicale varie considérablement de moins d'un jour à plusieurs jours ou semaines. Les estimations du nombre d'anesthésiques administrés, qui sont calculés à partir du taux d'occupation des lits chirurgicaux, sont très souvent imprécises.

Puisque le N₂O est uniquement utilisé dans certains anesthésiques, son utilisation ne peut pas être estimée de façon fiable à partir du nombre d'anesthésiques donné.

Le débit de N₂O (L/min) délivré par l'appareil anesthésique peut varier selon l'anesthésiste au cours de la chirurgie, généralement entre 0 et 6 L/min. A cause de cette grande variabilité, les estimations de la consommation basées sur la durée de l'anesthésie seront probablement imprécises.

La proportion d'anesthésique dans lequel du N₂O est utilisé varie selon les pays et selon les anesthésistes individuels dans un pays donné. Lors des dernières années, il semble qu'il y ait eu une réduction générale de la proportion d'anesthésique incorporant du N₂O mais les données sont peu abondantes.

UTILISATION COMME PROPULSEUR DANS LES PRODUITS AÉROSOLS, PRINCIPALEMENT DANS L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE

La quantité totale de N₂O fournie par type d'application doit être obtenue auprès des fabricants et des distributeurs de produits N₂O.

8.4.2.4 EXHAUSTIVITÉ

Les données par application sur les importations, les exportations et la consommation, issues de producteurs et distributeurs nationaux de N₂O seront suffisantes à condition que (i) tous les producteurs et distributeurs de N₂O soient identifiés, (ii) les consommateurs domestiques achètent seulement du N₂O chez des fournisseurs nationaux et (iii) les importations et exportations en produits (par ex., articles de sport) sont négligeables. Les *bonnes pratiques* recommandent de vérifier régulièrement l'apparition de distributeurs additionnels pour s'assurer qu'il n'y ait pas de N₂O importé directement (en vrac) par des utilisateurs finaux et que les produits identifiés contenant du N₂O ne sont pas importés en quantité considérable.

8.4.2.5 DÉVELOPPEMENT D'UNE SÉRIE TEMPORELLE COHÉRENTE

Les *bonnes pratiques* recommandent de calculer les émissions de N₂O en utilisant la même méthode pour chaque année dans la série temporelle. Lorsque les données pour soutenir une méthode plus rigoureuse pour toutes les années de la série temporelle ne sont pas disponibles, les *bonnes pratiques* recommandent de faire un nouveau calcul selon les directives fournies dans le volume 1 au chapitre 5.

8.4.3 Évaluation des incertitudes

8.4.3.1 INCERTITUDES DES FACTEURS D'ÉMISSION

Dans la littérature publiée, il est largement admis que le N₂O inhalé par la patient durant l'anesthésie n'est pas métabolisé. Du N₂O est absorbé continuellement par les poumons sous forme de N₂O dissous dans le sang. La portion qui n'est pas absorbée est exhalée dans le souffle suivant. L'absorption par le patient est initialement élevée et diminue progressivement selon une courbe presque exponentielle au cours du temps. Il est raisonnable de penser que la totalité du N₂O administré retourne finalement dans l'atmosphère et que le facteur d'émission est 1.0. Ceci est une hypothèse pragmatique puisqu'il n'existe pas de données exactes. Toute erreur dans le facteur d'émission sera probablement très faible en comparaison des autres incertitudes.

Même dans le cas d'utilisation comme propulseur dans les produits aérosols, le N₂O ne réagira sûrement pas pendant le procédé. Par conséquent, l'hypothèse pragmatique est que le facteur d'émission est de 1.0 et que toute erreur dans le facteur d'émission sera probablement très faible en comparaison des autres incertitudes.

Lorsque les compilateurs d'inventaires estiment et rapportent des émissions de N₂O issues d'utilisation de produits autres que d'applications médicales ou de propulseur pour produits aérosols, les incertitudes des facteurs d'émission doivent être pris en considération attentivement.

8.4.3.2 INCERTITUDES DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Les incertitudes dans la quantité totale de N₂O fournie par type d'application obtenue auprès des fabricants et des distributeurs de produits N₂O peut varier grandement d'un pays à l'autre. Si des estimations d'incertitude peuvent être obtenues auprès des fabricants et des distributeurs, ces estimations doivent être utilisées. Sinon, les incertitudes des données sur les activités doivent être estimées par une opinion d'expert.

8.4.4 Assurance qualité / contrôle qualité (AQ/CQ), établissement de rapports et documentation

Les *bonnes pratiques* recommandent de documenter et d'archiver toute l'information requise pour produire les estimations d'inventaire d'émissions nationales, comme souligné dans le chapitre 6 du volume 1. 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 à des données source de sorte que les estimations d'émissions rapportées soient transparentes et que les étapes de leur calcul puissent être retracées.

Pour la transparence, il est utile de fournir des informations sur les applications spécifiques qui sont incluses dans cette catégorie source afin de pouvoir comparer (les estimations de) les pratiques nationales avec d'autres pays, d'autres régions ou globalement. Les méthodes appliquées et les références doivent également être documentées.

Les *bonnes pratiques* recommandent de mener des vérifications de contrôle qualité et des procédures d'assurance qualité, comme mis en évidence dans le chapitre 6 du volume 1. Les compilateurs d'inventaires sont encouragés à utiliser un AC/CQ de niveau plus élevé pour les *catégories de source clé*, tels que décrit dans le Chapitre 4 du volume 1. Des procédures additionnelles spécifiques à cette catégorie source sont détaillées ci-dessous.

Vérification des données sur les activités

Les compilateurs d'inventaires doivent comparer les données sur les activités soumises par différents producteurs et distributeurs de N₂O et, en ajustant les tailles et capacités relatives des entreprises, identifier les observations aberrantes significatives. Ils doivent enquêter sur toute observation aberrante pour déterminer si les différences peuvent être expliquées ou s'il y a une erreur dans les émissions rapportées.

Comparaisons des facteurs d'émission entre des pays

Les compilateurs d'inventaires doivent comparer les émissions de N₂O issues de types d'utilisation de produit incluses dans l'inventaire national avec des informations soumises par d'autres pays similaires. Pour chaque

source, les émissions par habitant ou par unité de PIB doivent être comparées avec d'autres pays. Si des chiffres nationaux semblent être relativement très élevés ou très bas, une justification doit être fournie.

Références

SECTIONS 8.1 - 8.3

- Aoyama, T. (2004). Japan Electrical Manufacturers' Association (JEMA), "The Situation of Reduction in SF₆ Emissions from Gas-insulated Electrical Equipment In Japan" Paper and presentation delivered to the Conference on SF₆ and the Environment, Scottsdale, Arizona, December 1-3, 2004.
- AREVA (2005). AREVA, World energy experts, Activity and Sustainable Development Report 2004. (Registered office: rue Le Peletier – 75009 Paris – France, <http://www.aveva.com/>), published in July 2005.
- Boeing (2005). "E-3 AWACS in Service Worldwide", March 2005. Boeing Integrated Defense Systems, P.O. Box 516, St. Louis, MO 63166, (Available from http://www.boeing.com/defense-space/ic/awacs/docs/E-3AWACS_overview.pdf)
- Burton, C. S. (2006). "Uses and Air Emissions of Liquid PFC Heat Transfer Fluids from the Electronics Sector," Report prepared for Scott C. Bartos, U.S. Environmental Protection Agency.
- Ecofys (2005). Reductions of SF₆ Emissions from High and Medium Voltage Electrical Equipment in Europe, Final Report to CAPIEL, S, Wartmann and J. Harnisch, June 28, 2005
- FEPC and JEMA (2004). Federation of Electric Power Companies (FEPC) and the Japan Electrical Manufacturers' Association (JEMA), "Japanese Emission Factors." (Personal communication from Mr. Kiyoshi Saitoh of Japan Electrical Manufacturers Association (JEMA) to Mr. Kiyoto Tanabe, IPCC Technical Support Unit, November, 2004.)
- Harris, D., and Hildebrandt, J. (2003). "Spray Cooling Electrical and Electronic Equipment," *COTS Journal*, November 2003.
- CIGRE (2005). International Council on Large Electric Systems (CIGRE) Publication No.276: Guide for the Preparation of customized "Practical SF₆ Handling Instructions", Task Force B3.02.01, August 2005.
- IEC (1996). International Electro-technical Commission (IEC) Standard 60694: "Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards," Second edition, 1996-05. Geneva, Switzerland.
- Koch, E.C. (2004). "Special Materials in Pyrotechnics: III. Application of Lithium and its Compounds in Energetic Systems;" *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, Volume 29, Issue 2, Pages 67 - 80, 2004
- May, G. (2006). F₂ Chemicals Limited. Personal communication with Deborah Ottinger Schaefer, January 23, 2006.
- Maruyama, S. and Meguro, M. (2000). "SF₆ Gas Emission Reduction From Gas-Insulated Electrical Equipment in Japan.", Paper presented at the Conference on SF₆ and the Environment: Emission Reduction Strategies in San Diego, USA (November 2000).
- NIST (1997). Gases for Electrical Insulation and Arc Interruption: Possible Present and Future Alternatives to Pure SF₆; by L. G. Christophorou, J. K. Olthoff, D. S. Green; NIST Technical Note 1425, National Institute of Standards, November 1997.
- Schwarz, W. and Leisewitz, A. (1996). Current and future emissions of fluorinated compounds with global warming effect in Germany (in German). Report UBA-FB 1060 1074/01, Umweltbundesamt, Berlin.
- Schwarz, W. and Leisewitz, A. (1999). Emissions and reduction potentials of HFCs, PFCs, and SF₆ in Germany. Report UBA-FB 298 41 256, Umweltbundesamt, Berlin.
- Schwarz, W. (2005). Emissions, Activity Data, and Emission Factors of Fluorinated Greenhouse Gases (F-Gases) in Germany 1995-2002. Research Report 201 41 261/01, UBA-FB 000811/e, Umweltbundesamt, Berlin.
- Schwarz, W. (2006). "The German Monitoring System for SF₆ Emissions from Equipment for Electricity Transmission and Distribution."
- Smythe, K. (2004). 'Trends in SF₆ Sales and End-Use Applications: 1961-2003.' International Conference on SF₆ and the Environment: Emission Reduction Technologies, December 1-3, 2004, Scottsdale, AZ.
- U.S. EPA (2004). U.S. Inventory of Greenhouse Gases and Sinks, 1990-2002. U.S. Environmental Protection Agency, April, 2004.
- Vlachogiannis, D., *et al.* (2005). Assessment of the impact of SF₆ and PFCs reservoir tracers on global warming, the AEOLOS study, Non-CO₂ Greenhouse Gases (NCGG-4), coordinated by A. van Amstel, Rotterdam, p. 389-396.

SECTION 8.4

Austria [Umweltbundesamt] (2004), AUSTRIA'S NATIONAL INVENTORY REPORT 2004, Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change

Beatty PCW, Kay B and Healy TEJ (1984), *Measurement of the rates of nitrous oxide uptake and nitrogen excretion in man*. British Journal of Anaesthesia; 56: 223-232.

Environment Canada (2004), Canada's Greenhouse Gas Inventory 1990-2002

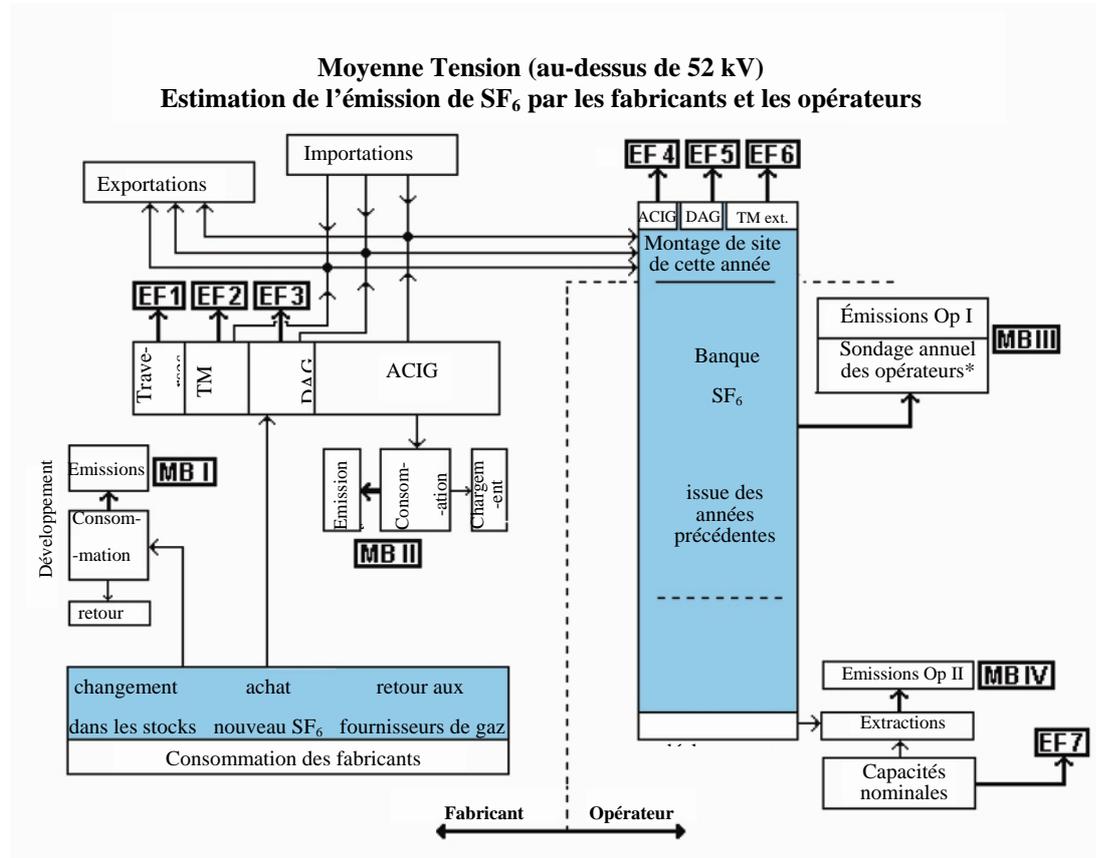
Jordan M. (1996), Pharmacology in the Practice of Anaesthesia p 43. Arold, London. Edited by Kaufman L and Tabener PV.

U.S. EPA (2004). U.S. Inventory of Greenhouse Gases and Sinks, 1990-2002. U.S. Environmental Protection Agency, April, 2004.

Annexe 8A Exemples de systèmes d'inventaires nationaux de SF₆ de Niveau 3

Les figures 8A.1 et 8.2.A illustrent l'approche hybride de niveau 3 comme elle est actuellement appliquée en Allemagne pour l'équipement fermé sous pression (haute tension) et hermétique sous pression (moyenne tension) (Schwarz, 2006). Dans le diagramme, «BM» indique les procédés ou les stades du cycle de vie pour lesquels l'approche par bilan massique est utilisée, alors que «FE» indique les procédés ou les stades du cycle de vie pour lesquels l'approche par facteurs d'émission est utilisée. Par exemple, l'approche par bilan massique est utilisée dans la fabrication pour estimer les émissions issues du remplissage des appareillages de commutation à isolation gazeuse, alors que des facteurs d'émission sont utilisés pour estimer les émissions issues du remplissage d'isolateurs, de transformateurs de mesure et de disjoncteurs à gaz. En Allemagne, les derniers procédés ont des taux d'émissions de 1 % ou moins, rendant les émissions difficiles à mesurer en utilisant les méthodes par bilan massique. On notera que ce diagramme est censé être un exemple seulement ; lors de la mise en œuvre de l'approche de niveau 3, les pays sont encouragés à choisir des approches et des facteurs d'émission appropriés à leurs circonstances nationales.

Figure 8A.1 Exemple d'approche de niveau 3 : Allemagne, équipement à haute tension

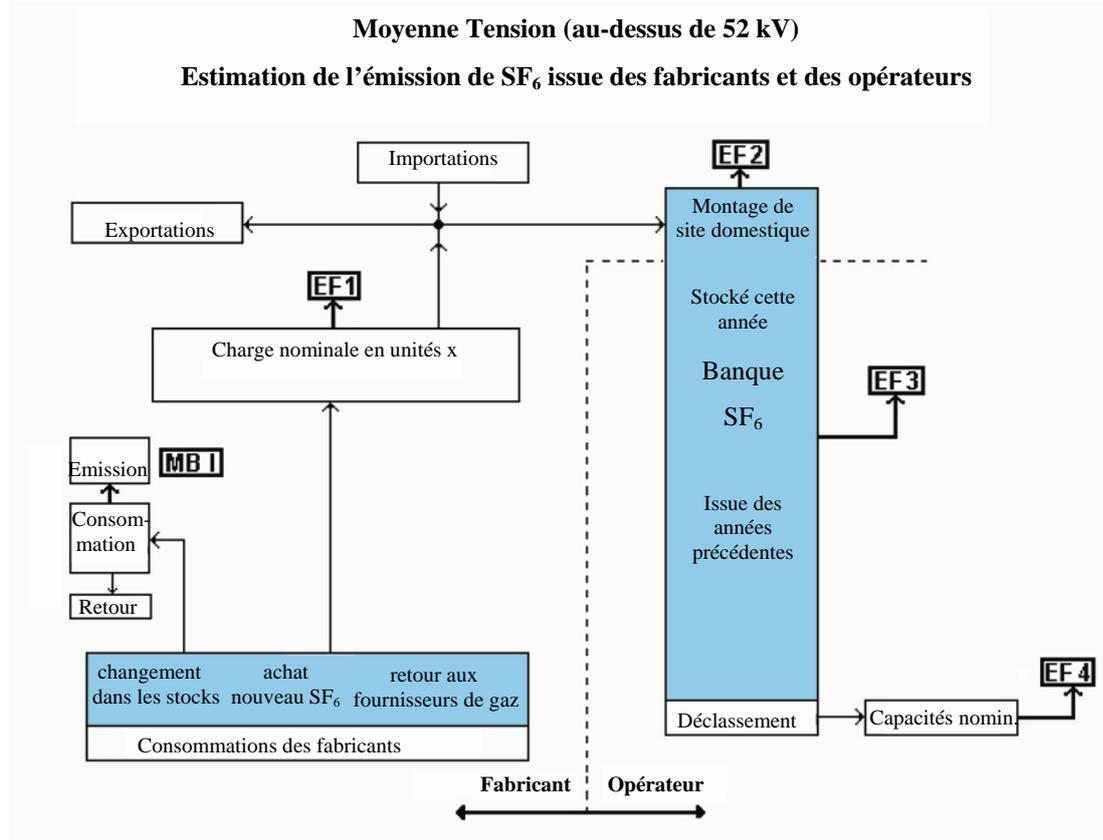


Légende pour les estimations d'émission de HV		
Approche par bilan massique		
Symbole	Équation	
MB I	Émissions du laboratoire d'essais du département de recherche et développement = Consommation pour développer moins de retours provenant du département de développement	
MB II	Émissions de chargement des appareillages de connexion à isolation gazeuse = consommation pour le chargement moins la charge (capacités nominales) ; également applicable aux lignes à isolation gazeuse	
MB III	Émissions d'exploitation I = remplage sondé annuellement par les opérateurs d'équipements	
MB IV	Émissions de fonctionnement II = charge nominale de l'équipement déclassé moins le gaz récupéré issu de cet équipement.	
Approche par facteur démission (FE)		
Symbole	Type de facteur démission (FE)	Multiplié par
FE 1	FE de remplissage en usine des isolateurs*	**CN des isolateurs remplis en usines
FE 2	FE de remplissage en usines des transformateurs de mesure extérieurs	**CN des transformateurs de mesure extérieurs remplis en usines
FE 3	FE de remplissage en usines des disjoncteurs à gaz	CN des disjoncteurs à gaz remplis en usines
FE 4	FE de montage de site d'appareillages de commutation à isolation gazeuse et de lignes à isolation gazeuse	CN des appareillages de commutation à isolation gazeuse et des lignes à isolation gazeuse remplis sur le site
EF 5	FE de montage de site de disjoncteurs à gaz	CN des disjoncteurs à gaz remplis en usines
FE 6	FE de montage de site des transformateurs de mesure extérieurs	CN des transformateurs de mesure extérieurs remplis en usines
FE 7	FE de mise au rebut	CN de l'équipement déclassé

* Les isolateurs sont traités comme partie intégrante des appareillages de commutation à isolation gazeuse lors du montage de site.

**CN = charge nominale totale de l'équipement soumis à un procédé donné

Figure 8A.2 Exemple d'approche de niveau 3 : Allemagne, équipement à moyenne tension



Légende pour les estimations d'émissions en MV		
Approche par bilan massique		
Symbole	Équation	
MB I	Émissions du laboratoire d'essais du développement de recherches et développement = Consommation pour développer moins de retours provenant du département de développement	
Approche par facteur démission (FE)		
Symbole	Type de facteur démission (FE)	Multiplié par
FE 1	FE de remplissage d'usine	CN** rempli en usine
FE 2	FE de montage de site	CN** rempli sur le site
FE 3	FE de fonctionnement	CN de l'équipement fonctionnel (banque totale issue de cette année et des années précédentes)
FE 4	FE de mise au rebut	CN déclassé

* Cette approche par bilan massique s'applique aussi à la fabrication de transformateurs de mesure de résine de coulée

**CN = charge nominale totale de l'équipement soumis à un procédé donné

*** Dans les pays où l'équipement MV est déjà rempli de gaz en usines, les émissions de montage de site sont négligeables.