

4

AGRICULTURE

COPRESIDENTS, EDITEURS ET EXPERTS

Coprésidents de la Réunion d'experts sur les émissions imputables à l'agriculture

Arvin Mosier (États-Unis) et Carolien Kroeze (Pays-Bas)

CHEFS DE REVISION

Taka Hiraishi (Japon) et Wang Minxing (Chine)

Groupe conjoint d'experts : Caractérisation de la population animale et émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique chez le bétail

COPRESIDENTS

Michael Gibbs (États-Unis) et Luis Ruiz-Suárez (Mexique)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

David Conneely (États-Unis), Kathryn Gaffney (États-Unis), Michael Gibbs (États-Unis), Don Johnson (États-Unis), Paul Jun (États-Unis), Keith Lassey (Nouvelle-Zélande), et M. Ulyatt (Nouvelle-Zélande)

CONTRIBUTEURS

David Beever (Royaume-Uni), Guillermo Berra (Argentine), Budg Bujidmaa (Mongolie), Ian Galbally (Australie), Hongmin Dong (Chine), Robert Hoppaus (GIEC/OCDE), Jean Koch (Israël), Cecilia Ramos-Mane (Uruguay), Michael Strogies (Allemagne), et Pravee Vijchulata (Thaïlande)

Groupe d'experts : Émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier

COPRESIDENTS

Grietje Zeeman (Pays-Bas) et Bart Mupeta (Zimbabwe)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Kathryn Gaffney (États-Unis), Sybren Gerbens (Pays-Bas), Michael Gibbs (États-Unis), Paul Jun (États-Unis), et Grietje Zeeman (Pays-Bas)

CONTRIBUTEURS

Sybren Gerbens (Pays-Bas), Lowry Harper (États-Unis), Paul Jun (États-Unis), Erik Lyck (Danemark), Thomas Martinsen (GIEC/OCDE), et Kenneth Olsen (Canada)

Groupe d'experts : Émissions de NO₂ imputables aux systèmes de gestion du fumier

COPRESIDENTS

Oene Oenema (Pays-Bas) et Lambert Gnapelet (République centrafricaine)

AUTEURS DU RAPPORT DE REFERENCE

Oene Oenema (Pays-Bas) et Otto Heinemeyer (Allemagne)

CONTRIBUTEURS

John van Aardenne (Pays-Bas), Barbara Amon (Autriche), Andre van Amstel (Pays-Bas), Karin Groenestein (Pays-Bas), et Otto Heinemeyer (Allemagne)

Groupe conjoint d'experts : Émissions de CH₄ et de N₂O imputables au brûlage dirigé des savanes

COPRESIDENTS

Wei Min Hao (États-Unis) et Joseph Kwasi Adu (Ghana)

AUTEUR DU RAPPORT DE REFERENCE

Wei Min Hao (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Kay Abel (Australie), Jean Brennan (États-Unis), et Yahaiya Mohamed (Comores)

Groupe d'experts : Émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés**COPRESIDENTS**

Keith Smith (Royaume-Uni) et Bernard Siska (République slovaque)

AUTEURS DES RAPPORTS DE REFERENCE

Lex Bouwman (Pays-Bas), Barbara Braatz (États-Unis), et Keith Smith (Royaume-Uni)

CONTRIBUTEURS

Sue Armstrong-Brown (Royaume-Uni), Lex Bouwman (Pays-Bas), Barbara Braatz (États-Unis), Martti Esala (Finlande), Jean Claude Germon (France), Niels Kilde (Danemark), Katarina Mareckova (GIEC/OCDE), Paul Ruysenaars (Pays-Bas), Haruo Tsuruta (Japon), et Tom Wirth (États-Unis)

Groupe d'experts : Émissions indirectes de N₂O résultant de l'azote utilisé en agriculture**COPRESIDENTS**

Cindy Nevison (États-Unis) et Michael Gytarsky (Russie)

AUTEUR DU RAPPORT DE REFERENCE

Cindy Nevison (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Jochen Harnish (Allemagne), Steve Jarvis (Royaume-Uni), Carolien Kroeze (Pays-Bas), Riitta Pipatti (Finlande), Erik Rasmussen (Danemark), Kristin Rypdal (Norvège), Martin Schmid (Suisse), Jeff Smith (États-Unis), et Kiyoto Tanabe (Japon)

Groupe d'experts : Émissions de CH₄ imputables à la riziculture**COPRESIDENTS**

Ron Sass (États-Unis) et Kazuyuki Yagi (Japon)

AUTEUR DU RAPPORT DE REFERENCE

Ron Sass (États-Unis)

CONTRIBUTEURS

Hugo Denier van der Gon (Pays-Bas), Bill Irving (États-Unis), Leon Janssen (Pays-Bas), et Rhoda Lantin (Philippines)

Table des matières

4 AGRICULTURE

4.1	CARACTERISATION DE LA POPULATION ANIMALE.....	4.8
4.1.1	Méthodologie	4.8
4.1.2	Présentation et documentation.....	4.21
4.1.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.22
4.2	EMISSIONS DE CH ₄ IMPUTABLES A LA FERMENTATION ENTERIQUE CHEZ LE BETAIL	4.23
4.2.1	Méthodologie	4.23
4.2.2	Présentation et documentation.....	4.28
4.2.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.28
4.3	EMISSIONS DE CH ₄ IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER.....	4.30
4.3.1	Méthodologie	4.30
4.3.2	Présentation et documentation.....	4.38
4.3.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.38
4.4	EMISSIONS DE N ₂ O IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER.....	4.40
4.4.1	Méthodologie	4.40
4.4.2	Présentation et documentation.....	4.47
4.4.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.48
4.5	EMISSIONS DE CH ₄ ET DE N ₂ O IMPUTABLES AU BRULAGE DIRIGE DES SAVANES.....	4.49
4.6	EMISSIONS DE CH ₄ ET DE N ₂ O IMPUTABLES A LA COMBUSTION DES RESIDUS DE CULTURES	4.51
4.7	EMISSIONS DIRECTES DE N ₂ O PROVENANT DES SOLS CULTIVES	4.53
4.7.1	Méthodologie	4.53
4.7.2	Présentation et documentation.....	4.65
4.7.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.65
4.8	ÉMISSIONS INDIRECTES DE N ₂ O RESULTANT DE L'AZOTE UTILISE EN AGRICULTURE	4.67
4.8.1	Méthodologie	4.67
4.8.2	Présentation et documentation.....	4.75
4.8.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.76
4.9	EMISSIONS DE CH ₄ IMPUTABLES A LA RIZICULTURE	4.77
4.9.1	Méthodologie	4.77
4.9.2	Présentation et documentation.....	4.82
4.9.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.83
APPENDIX 4A.1	EMISSIONS DE CH ₄ ET N ₂ O IMPUTABLES AU BRULAGE DES SAVANES : BASE D'UN FUTUR DEVELOPPEMENT METHODOLOGIQUE.....	4.84
4A.1.1	Méthodologie	4.84

4A.1.2	Présentation et documentation.....	4.88
4A.1.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.88
APPENDICE 4A.2	EMISSIONS DE CH ₄ ET N ₂ O IMPUTABLES A LA COMBUSTION DES RESIDUS DE CULTURES : BASE D'UN FUTUR DEVELOPPEMENT METHODOLOGIQUE.....	4.89
4A.2.1	Méthodologie	4.89
4A.2.2	Présentation et documentation.....	4.90
4A.2.3	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ).....	4.90
APPENDICE 4A.3	EMISSIONS DE CH ₄ IMPUTABLES A LA RIZICULTURE : MESURES, PRESENTATION ET AQ/CQ DES DONNEES DE TERRAIN.....	4.91
REFERENCES	4.92

Figures

Figure 4.1	Diagramme décisionnel pour la caractérisation de la population animale	4.9
Figure 4.2	Diagramme décisionnel pour les émissions de CH ₄ imputables à la fermentation entérique.....	4.24
Figure 4.3	Diagramme décisionnel pour les émissions de CH ₄ imputables à la gestion du fumier	4.33
Figure 4.4	Diagramme décisionnel pour les émissions de N ₂ O imputables à la gestion du fumier	4.41
Figure 4.5	Diagramme décisionnel pour les émissions de CH ₄ et N ₂ O imputables au brûlage dirigé des savanes.....	4.50
Figure 4.6	Diagramme décisionnel pour les émissions de CH ₄ et N ₂ O imputables à la combustion des résidus de cultures	4.52
Figure 4.7	Diagramme décisionnel pour les émissions directes de N ₂ O provenant des sols cultivés	4.55
Figure 4.8	Diagramme décisionnel pour les émissions indirectes de N ₂ O résultant de l'azote utilisé en agriculture	4.69
Figure 4.9	Diagramme décisionnel pour les émissions de CH ₄ imputables à la riziculture	4.79

Tableaux

Tableau 4.1	Catégories de bovins et de buffles représentatives	4.11
Tableau 4.2	Catégories d'ovins représentatives	4.11
Tableau 4.3	Récapitulatif des équations utilisées pour l'estimation de l'absorption d'énergie brute pour les bovins, les buffles et les ovins	4.14
Tableau 4.4	Coefficients pour le calcul de EN_e	4.15
Tableau 4.5	Coefficients d'activité correspondant aux conditions d'alimentation animale	4.15
Tableau 4.6	Constantes à utiliser pour le calcul de EN_g pour les ovins	4.16
Tableau 4.7	Constantes à utiliser pour le calcul de EN_p dans l'Équation 4.8.....	4.19
Tableau 4.8	Taux de conversion en CH_4 pour les bovins et les buffles (TC_m).....	4.26
Tableau 4.9	Taux de conversion en CH_4 pour les ovins (TC_m).....	4.27
Tableau 4.10	Valeurs de FCM pour les systèmes de gestion du fumier spécifiés dans les <i>Lignes directrices du GIEC</i>	4.36
Tableau 4.11	Valeurs de FCM pour les systèmes de gestion du fumier non spécifiés dans les <i>Lignes directrices du GIEC</i>	4.37
Tableau 4.12	Facteurs d'émission par défaut pour le N_2O imputable à la gestion du fumier	4.43
Tableau 4.13	Facteurs d'émission par défaut pour les émissions de N_2O imputables aux systèmes de gestion du fumier non spécifiés dans les <i>Lignes directrices du GIEC</i>	4.44
Tableau 4.14	Facteurs d'ajustement par défaut pour le Tableau 4-20 des <i>Lignes directrices du GIEC</i> pour l'estimation des taux d'excrétion pour les jeunes animaux.....	4.45
Tableau 4.15	Valeurs par défaut pour la fraction d'azote dans l'alimentation ingérée par les animaux conservée par les différentes espèces/catégories animales	4.46
Tableau 4.16	Statistiques concernant certains résidus de cultures	4.58
Tableau 4.17	Facteurs d'émission par défaut actualisés pour les estimations des émissions directes de N_2O produites par les sols cultivés.....	4.60
Tableau 4.18	Facteurs d'émission par défaut pour l'estimation des émissions indirectes de N_2O produites par l'azote utilisé en agriculture	4.73
Tableau 4.19	Données pour l'estimation des émissions indirectes de N_2O	4.74
Tableau 4.20	Facteurs d'échelle par défaut du GIEC pour les émissions de CH_4 pour les écosystèmes rizicoles et les régimes de l'eau relatifs à des rizières en inondation permanente	4.80
Tableau 4.21	Tableau dose-réponse pour les engrais organiques non fermentés.....	4.81
Tableau 4.22	Facteur d'émission par défaut, facteurs d'échelle par défaut, et plages pour les émissions de CH_4 imputables aux rizières.....	4.82
Tableau 4.A1	Quantité de biomasse aérienne brûlée	4.85
Tableau 4.A2	Rendement de combustion et facteur d'émission de CH_4 correspondant	4.86
Tableau 4.A3	Facteurs d'émission de N_2O dans divers écosystèmes de savanes	4.87

4 AGRICULTURE

4.1 CARACTERISATION DE LA POPULATION ANIMALE

4.1.1 Méthodologie

Toutes les méthodes d'estimation des émissions de méthane (CH₄) et d'oxyde nitreux (N₂O) imputables au bétail nécessitent des informations telles que la définition des sous-catégories de bétail, les populations annuelles et les estimations des quantités ingérées. Une « caractérisation » pour chaque espèce assurera la cohérence de ces définitions et données pour toutes les catégories de source. Une caractérisation coordonnée de la population animale assurera la cohérence pour les catégories de source suivantes :

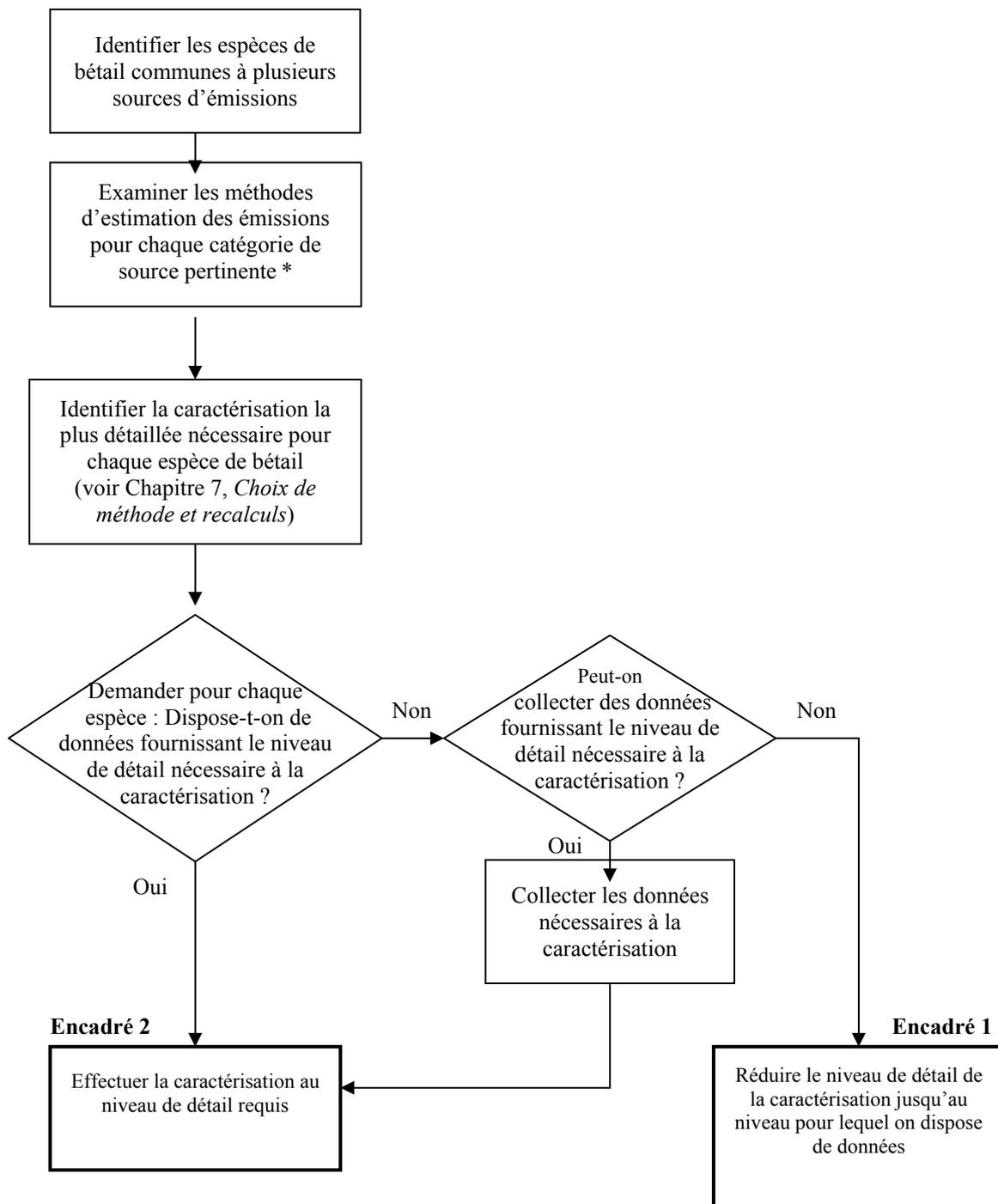
- Section 4.2 – Émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique chez le bétail ;
- Section 4.3 – Émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier ;
- Section 4.4 – Émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier ;
- Section 4.7 – Émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés ;
- Section 4.8 – Émissions indirectes de N₂O résultant de l'azote utilisé en agriculture.

4.1.1.1 CHOIX DES DONNEES DE CARACTERISATION

Les *bonnes pratiques* consistent à identifier la méthode appropriée pour estimer les émissions imputables à chaque catégorie de source, puis à définir la caractérisation à partir des besoins les plus détaillés pour chaque espèce de bétail. La caractérisation du bétail obtenue sera probablement fréquemment modifiée en réponse à l'évaluation des besoins de chaque catégorie de source au cours du processus d'évaluation des émissions (voir Figure 4.1, *Diagramme décisionnel pour la caractérisation de la population animale*). Les étapes à suivre sont les suivantes :

- **Identification des espèces contribuant à plusieurs catégories de source d'émissions.** En premier lieu, établir la liste des espèces animales contribuant à plusieurs catégories de source d'émission. En général, ces espèces sont les suivantes : bovins, buffles, ovins, caprins, porcins, chevaux, camélidés, mules et ânes, et volaille.
- **Examen de la méthode d'estimation des émissions pour chaque catégorie de source pertinente.** Pour les catégories de source fermentation entérique, émissions de CH₄ et N₂O dues à la gestion du fumier, et émissions directes et indirectes de N₂O, identifier la méthode d'estimation des émissions pour cette espèce pour cette catégorie de source. Par exemple, les émissions dues à la fermentation entérique chez les bovins, les buffles et les ovins devront être étudiées individuellement pour juger si leur volume justifie des estimations de Niveau 2 pour chaque espèce. De même, on examinera les émissions de méthane imputables à la gestion du fumier des bovins, des buffles, des porcins et de la volaille afin d'évaluer si des estimations de Niveau 2 sont appropriées. Pour ce faire, on pourra utiliser des estimations d'autres inventaires. En l'absence d'inventaire antérieur, on calculera des estimations d'émissions de Niveau 1, afin d'obtenir des estimations initiales pour cette évaluation. Pour des conseils généraux sur le choix méthodologique, voir le Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2, *Autres méthodes de recalculs*.
- **Identification de la caractérisation la plus détaillée pour chaque espèce de bétail.** À partir des évaluations pour chaque espèce dans chaque catégorie de source, déterminer la caractérisation la plus détaillée nécessaire à l'estimation des émissions pour chaque espèce. En général, la caractérisation de « Premier niveau » suffit pour toutes les catégories de source pertinentes si les sources de fermentation entérique et de gestion d'engrais sont estimées à l'aide de leurs méthodes de Niveau 1. Une caractérisation de « Second niveau » sera nécessaire pour estimer les émissions pour toutes les sources pertinentes dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 2 pour la fermentation entérique ou le fumier.

Figure 4.1 Diagramme décisionnel pour la caractérisation de la population animale



* Ces sources incluent : le CH₄ imputable à la fermentation entérique, le CH₄ et le N₂O imputables à la gestion du fumier, les émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés, et les émissions indirectes de N₂O résultant de l'azote utilisé en agriculture.

CARACTERISATION DE PREMIER NIVEAU

Pour la caractérisation de « Premier niveau », les *bonnes pratiques* consistent à collecter les données de caractérisation suivantes nécessaires à l'estimation des émissions :

Espèces et catégories animales : On établira une liste complète de toutes les populations animales importantes pour lesquelles des facteurs d'émission par défaut sont indiqués dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996 (Lignes directrices du GIEC)* (à savoir, bovins laitiers, autres bovins, buffles, ovins, caprins, camélidés, chevaux, mules et ânes, porcins, et volaille).¹ Des catégories plus détaillées peuvent (et doivent) être utilisées si des données sont disponibles.

Population annuelle : L'organisme chargé de l'inventaire devra s'efforcer d'utiliser des données sur la population animale obtenues à partir de statistiques nationales officielles ou de sources industrielles. En l'absence de données nationales, on peut utiliser des données fournies par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La population annuelle pourra augmenter ou diminuer à certaines époques en raison des vêlages ou des abattages saisonniers, et les chiffres devront donc être ajustés en conséquence. Il est important de bien documenter la méthode utilisée pour l'estimation des effectifs annuels, en particulier s'il y a eu ajustements des données d'origine.

Production laitière : Des données sur la production annuelle des vaches laitières sont nécessaires et sont utilisées pour l'estimation d'un facteur d'émission pour la fermentation entérique à l'aide de la méthode de Niveau 1. Des sources de données spécifiques au pays sont préférables, mais on peut également utiliser des données de la FAO.

Climat : Dans certains pays très étendus, l'élevage est pratiqué dans des régions climatiques différentes. Pour chaque catégorie de bétail, il convient d'estimer le pourcentage d'animaux dans chaque région climatique. Le Tableau 4-1 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* décrit trois régions climatiques définies en fonction des températures moyennes annuelles : froides (<15°C), tempérées (15°C–25°C), et chaudes (>25°C). Des données sur la population animale peuvent être obtenues à partir de cartes climatiques spécifiques au pays.

CARACTERISATION DE « SECOND NIVEAU »

La caractérisation du bétail de « Second niveau » fournit des informations détaillées sur :

- Des définitions pour les sous-catégories de bétail ;
- La population animale par sous-catégorie ;
- Des estimations des quantités ingérées par animal représentatif dans chaque sous-catégorie.

On devra définir les sous-catégories de population animale afin d'obtenir des sous-groupes d'animaux relativement homogènes. La sub-division du bétail selon ces sous-catégories permet de refléter des variations spécifiques au pays concernant l'âge et la performance du cheptel pour l'ensemble de la population animale.

Les estimations des quantités ingérées fournies par ce niveau de caractérisation sont utilisées dans l'estimation de Niveau 2 des émissions imputables à la fermentation entérique pour les bovins, les buffles et les ovins. Ces estimations des quantités ingérées permettront également d'harmoniser les estimations de taux d'excrétion de fumier et d'azote utilisés pour estimer les émissions de CH₄ et de N₂O résultant de la gestion du fumier et les émissions de N₂O directes et indirectes.

Définition des sous-catégories de bétail : Les *bonnes pratiques* consistent à sub-diviser les bovins et de buffles en trois grandes sous-catégories, au minimum, pour chaque espèce :

- Bétail : Vaches adultes laitières, bovins adultes non-laitiers, et jeunes bovins.
- Buffles : Buffles adultes laitiers (femelles seulement), buffles adultes non-laitiers, et jeunes buffles.

En fonction du niveau de détail requis par la méthode d'estimation des émissions, ces catégories principales peuvent être sub-divisées en sous-catégories basées sur des caractéristiques animales ou des quantités ingérées. Les sous-catégories les plus courantes pour les bovins et les buffles figurent au Tableau 4.1, *Catégories de bovins et de buffles représentatives*, bien que d'autres sous-catégories puissent être établies pour certains pays.

Pour les ovins, le cheptel national peut être sub-divisé en catégories selon le type d'animal et de gestion, comme indiqué au Tableau 4.2, *Catégories représentatives d'ovins*. On peut utiliser des sub-divisions semblables à celles utilisées pour les bovins et les buffles pour sub-diviser la population d'ovins et créer des sous-catégories à caractéristiques relativement homogènes.

¹ Les *Lignes directrices du GIEC* utilisent le terme « bovins laitiers » pour désigner les vaches ayant vêlé au moins une fois et utilisées pour la production de lait. Conformément aux *bonnes pratiques*, le terme « bovins laitiers » a été remplacé par celui de « vaches laitières » pour prévenir une confusion possible avec d'autres bovins (génisses de remplacement, par exemple) utilisés dans l'industrie laitière. Le terme « Autres bovins » désigne les bovins qui n'entrent pas dans d'autres catégories définies.

Pour l'estimation de Niveau 2 des émissions de méthane imputables à la gestion du fumier pour les porcins, il est préférable de diviser la population de porcins en truies, verrats, et jeunes porcins. La catégorie « truies » peut être sub-divisée en « truies ayant mis bas » et « truies en gestation », et la catégorie « jeunes porcins » sub-divisée en « porcelets », « porcs en croissance » et « porcs de finition ». Cependant, cette sub-division n'est nécessaire que si l'on dispose de données détaillées sur l'utilisation du système de gestion du fumier pour ces espèces/catégories animales.

Dans le cas de pays très étendus ou présentant des différences régionales marquées, il peut être utile de désigner des régions, puis de définir des catégories dans ces régions. En général, les sub-divisions régionales définies représentent des différences entre les systèmes et régimes alimentaires.

Principales catégories	Sous-catégories
Vaches laitières adultes ou buffles laitiers adultes	<ul style="list-style-type: none"> • Vaches laitières ou buffles laitiers à forte production de lait, ayant vêlé au moins une fois et utilisés principalement pour la production laitière ; • Vaches laitières ou buffles laitiers à faible production de lait, ayant vêlé au moins une fois et utilisés principalement pour la production laitière.
Autres bovins adultes ou buffles adultes non laitiers	Femelles : <ul style="list-style-type: none"> • Vaches utilisées principalement pour la production de viande ; • Vaches utilisées pour plusieurs types de production : lait, viande, trait. Mâles : <ul style="list-style-type: none"> • Taureaux reproducteurs utilisés principalement pour la reproduction ; • Bœufs utilisés principalement pour le trait ; • Bouvillons utilisés principalement pour la production de viande.
Jeunes bovins et jeunes buffles	<ul style="list-style-type: none"> • Veaux pré-sevrés ; • Bovins ou buffles en croissance ; • Bovins ou buffles élevés en parcs d'engraissement et recevant une alimentation riche en céréales.

Source : *Lignes directrices du GIEC*, Manuel de référence, Tableau 4-7.

Principales catégories	Sous-catégories
Brebis adultes	<ul style="list-style-type: none"> • Brebis d'élevage utilisées principalement pour la production de viande ou/et de laine ; • Brebis laitières utilisées principalement pour la production commerciale de lait.
Autres ovins adultes (>1 an)	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'autres sous-catégories recommandées.
Jeunes ovins	<ul style="list-style-type: none"> • Mâles non castrés ; • Mâles castrés ; • Femelles.

Source : Lassey et Ulyatt (1999).

Population par sous-catégorie de bétail : Pour chaque sous-catégorie de bétail, on estimera la population annuelle moyenne exprimée en têtes de bétail par an, bien que dans certains cas l'échelle temporelle puisse être inférieure à un an. Quelle que soit la durée choisie, il est important d'assurer la cohérence temporelle entre les données sur les activités et le facteur d'émission. Si possible, l'organisme chargé de l'inventaire devra utiliser des données sur la population obtenues à partir de sources statistiques nationales et industrielles, bien que des données fournies par la FAO puissent être utilisées si besoin est. La population annuelle pourra augmenter ou diminuer à certaines époques en raison des vêlages ou des abattages saisonniers, et les chiffres devront donc être ajustés en conséquence. Il est important de bien documenter la méthode utilisée pour l'estimation des effectifs annuels, en particulier s'il y a eu ajustements des données d'origine.

Estimations des quantités ingérées : L'estimation de la quantité ingérée par un animal représentatif dans chaque sous-catégorie est nécessaire pour les estimations d'émissions de Niveau 2. Normalement, la quantité ingérée est

mesurée en terme d'énergie (Méga Joules (MJ) par jour, par exemple) ou de matière sèche (kilogrammes (kg) par jour, par exemple). Les *Lignes directrices du GIEC* présentent des besoins en données détaillés et des équations pour l'estimation des quantités ingérées requises par la méthode de Niveau 2 pour la fermentation entérique (voir Section 4.2). Les recommandations ci-dessous actualisent les *Lignes directrices du GIEC* pour les bovins et les buffles pour permettre d'appliquer ces équations à un plus grand nombre d'espèces/catégories animales et de conditions de gestion. Elles présentent également une caractérisation affinée nécessaire à la méthode de Niveau 2 pour les ovins, reconnaissant ainsi que, dans certains pays, les ovins constituent une source d'émissions importante. On peut estimer les quantités ingérées pour d'autres espèces à l'aide de méthodes similaires spécifiques au pays appropriées pour chaque espèce. Les données nécessaires et les équations utilisées pour l'estimation des quantités ingérées pour les bovins, les buffles et les ovins sont examinées dans le reste de cette sous-section. Pour toutes les estimations des quantités ingérées, les *bonnes pratiques* consistent à :

- Collecter des données pour décrire la performance d'un animal représentatif dans chaque sous-catégorie ;
- Estimer les quantités ingérées à partir des données de performance animale pour chaque sous-catégorie.

Dans certains cas, les équations devront être appliquées sur une base saisonnière, par exemple, lorsqu'on observe une prise de poids et une perte de poids saisonnières pour le bétail.

Les données suivantes sur la performance animale sont nécessaires pour chaque sous-catégorie animale pour estimer les quantités ingérées pour la sous-catégorie :

- *Poids (P), kg* : Des données sur le poids vif devront être collectées pour chaque sous-catégorie animale ; ces données devront être basées sur des mesures du poids d'animaux vivants. Étant donné l'impossibilité d'un recensement complet des poids vifs, des données sur les poids vifs pourront être obtenues à partir d'études scientifiques, d'évaluations d'experts ou de bases de données statistiques. On devra s'assurer que les données sur les poids vifs sont représentatives des conditions nationales. Une comparaison des données sur les poids vifs et des données sur les poids d'abattage sera utile pour évaluer le caractère représentatif des données sur les poids vifs. Mais les données sur les poids d'abattage ne devront pas être utilisées à la place des données sur les poids vifs. Il convient de noter également que la relation entre les poids vifs et les poids d'abattage varie selon les pays. On doit connaître le poids annuel moyen pour chaque catégorie animale (vaches d'élevage à viande adultes, etc.) pour les bovins, les buffles et les ovins adultes. Pour les jeunes ovins, on doit connaître les poids à la naissance, au sevrage, à un an, et à l'abattage si celui-ci se produit avant un an.
- *Gain (ou perte) de poids moyen par jour (GP), kg/d (pour les bovins et les buffles)* : En général, on collecte des données sur le gain de poids moyen pour les animaux élevés en parcs d'engraissement et pour les jeunes animaux en croissance. Pour les animaux adultes, on suppose qu'il n'y a ni gain ni perte de poids net sur une année. Cependant, pour les pays à saison sèche et humide ou à extrêmes thermiques, il peut être approprié de recueillir des données sur le gain ou la perte de poids pour les animaux adultes. Les animaux adultes perdent du poids pendant la saison sèche et dans des conditions thermiques extrêmes, et prennent du poids pendant la saison humide. Dans ce cas, la quantité ingérée sera estimée séparément pour les saisons sèches et humides et pour les saisons chaudes et froides.
- *Poids adulte (PA), kg (pour les bovins et les buffles)* : Le poids adulte est le poids vif potentiel d'un animal adulte atteignant 28 pour cent de masse adipeuse (NRC 1996). Le poids adulte variera selon les races. Le poids vif adulte peut être similaire aux « poids de référence » ou « poids vif vide » utilisés dans divers pays. Généralement, on peut obtenir des estimations des poids adultes auprès des spécialistes et des producteurs de bétail.
- *Nombre moyen d'heures de travail par jour* : On devra établir le nombre moyen d'heures de travail par jour pour les animaux de trait.
- *Conditions d'alimentation* : Les définitions ci-dessous permettront de déterminer les conditions d'alimentation les plus représentatives pour la sous-catégorie animale. Si les conditions d'alimentation ne correspondent pas aux définitions, elles devront être décrites en détail. Cette information détaillée peut être nécessaire lors du calcul des émissions imputables à la fermentation entérique, car on peut être amené à interpoler entre des conditions d'alimentation pour attribuer le coefficient le plus approprié. Les conditions d'alimentation pour les bovins et les buffles sont les suivantes :
 - (i) *Milieu clos* — les animaux sont élevés en milieu clos (attachés, enclos, étables) et dépendent très peu ou pas d'énergie pour obtenir leur nourriture ;
 - (ii) *Pâturages* — les animaux sont confinés dans des zones possédant suffisamment de fourrage et dépendent peu d'énergie pour obtenir leur nourriture ;
 - (iii) *Grands parcours libres* — les animaux paissent sur de grands parcours libres ou des terrains escarpés et dépendent une énergie considérable pour obtenir leur nourriture.

Les conditions d'alimentation pour les ovins sont les suivantes :

- (i) *Brebis en milieu clos* — les brebis sont confinées en milieu clos car elles ont atteint le dernier trimestre de la gestation (50 jours) ;
 - (ii) *Pâturages plats* — les animaux parcourent jusqu'à 1 000 mètres par jour et dépensent très peu d'énergie pour obtenir leur nourriture ;
 - (iii) *Pâturages escarpés* — les animaux parcourent jusqu'à 5 000 mètres par jour et dépensent une énergie considérable pour obtenir leur nourriture ;
 - (iv) *Agneaux engraisés en milieu clos* — les animaux sont engraisés en milieu clos.
- *Production de lait quotidienne moyenne, kg/j* : Ces données se rapportent aux brebis laitières, vaches laitières et buffles laitiers et autres vaches et buffles non laitiers nourriciers. La production quotidienne moyenne sera calculée en divisant la production annuelle totale par 365, ou présentée sous forme de production quotidienne moyenne, accompagnée du nombre de jours de lactation par an, ou estimée en divisant la production saisonnière par le nombre de jours par saison. (Remarque : Si l'on utilise des données de production saisonnière, le facteur d'émission doit être établi pour cette période saisonnière.)
 - *Teneur en matières grasses, pourcentage* : La teneur moyenne du lait en matières grasses est nécessaire pour toutes les vaches et tous les buffles en lactation.
 - *Pourcentage de femelles vêlant au cours d'une année* : Ces données ne sont recueillies que pour les bovins, les buffles et les ovins adultes.
 - *Digestibilité de l'alimentation (DA)* : La digestibilité de l'alimentation est définie comme la proportion de l'énergie ingérée qui n'est pas rejetée dans les excréments. La digestibilité est généralement exprimée en pourcentage. Chez les bovins, la digestibilité peut osciller entre 50 et 60 pour cent pour les sous-produits des cultures et des parcours naturels ; 60 et 75 pour cent pour les bons pâturages, le fourrage bien conservé et le fourrage enrichi aux céréales; et entre 75 et 85 pour cent pour l'alimentation à base de céréales en parcs d'engraissement. Les données sur la digestibilité devront être basées sur des valeurs mesurées pour l'alimentation principale ou le fourrage consommé, avec prise en compte des variations saisonnières. En dépit de l'impossibilité d'un recensement complet de la digestibilité, on devra utiliser au minimum des données sur la digestibilité fournies par des études scientifiques. Lors de la collecte des données sur la digestibilité, on consignera également des caractéristiques d'alimentation associées, lorsque celles-ci sont disponibles, par exemple des mesures de fibre de détergent neutre (FDN), fibre de détergent acide (FDA) et protéine brute. La FDN et la FDA sont des caractéristiques des produits d'alimentation animale mesurées en laboratoire, utilisées pour indiquer la valeur nutritive de l'alimentation des ruminants. La concentration de protéine brute dans l'alimentation peut être utilisée pour estimer les excréments d'azote.
 - *Production de laine annuelle moyenne par ovins (kg/an)* : La quantité de laine produite en kilogrammes (après séchage mais avant dessuintage) est nécessaire pour estimer la quantité d'énergie utilisée pour la production de laine.

L'examen de statistiques nationales, sources industrielles, études scientifiques et statistiques de la FAO constitue la première étape du processus de collecte de données. En l'absence de publications de données par ces sources, on pourra consulter des experts d'industries clé et des experts universitaires. La Section 6.2.5 du Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, explique comment obtenir l'opinion d'experts à propos des plages d'incertitudes. D'autres protocoles sur l'obtention de l'opinion d'experts peuvent permettre d'obtenir les informations nécessaires pour d'autres types de données, en l'absence de données ou de statistiques publiées.

Les données sur les performances animales sont utilisées pour estimer l'absorption d'énergie brute (EB), qui représente la quantité d'énergie (MJ/jour) nécessaire à un animal pour des activités telles que la croissance, la lactation, et la gravidité. Conformément aux *bonnes pratiques*, les organismes chargés des inventaires qui disposent de méthodes spécifiques au pays, bien documentées et reconnues, pour l'estimation de l'absorption d'énergie brute basée sur des données de performances animales, utiliseront ces méthodes. Toutes les fonctions métaboliques indiquées au Tableau 4.3, *Récapitulatif des équations utilisées pour l'estimation de l'absorption d'énergie brute pour les bovins, les buffles et les ovins*, devront être incluses dans l'estimation de l'absorption d'énergie brute. En l'absence de méthodes spécifiques au pays, on calculera l'absorption d'énergie brute à l'aide des équations du Tableau 4.3. Comme indiqué sur le tableau, on utilisera des équations séparées pour estimer les besoins en énergie nets pour les ovins et pour les bovins et les buffles. On utilisera les équations suivantes :

Entretien : EN_e représente les besoins d'énergie nette pour l'entretien, c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire au maintien de l'équilibre énergétique de l'animal, afin qu'il n'y ait ni perte ni gain d'énergie dans les tissus (Jurgen, 1988).

ÉQUATION 4.1

ÉNERGIE NETTE POUR L'ENTRETIEN

$$EN_m = Cf_i \cdot (\text{Poids})^{0.75}$$

où :

EN_e = énergie nette nécessaire à l'entretien de l'animal, MJ/jour

Cf_i = coefficient variable pour chaque catégorie animale, comme indiqué au Tableau 4.4 (*Coefficients pour le calcul de EN_e*)

Poids = poids vif de l'animal, kg

Activité : EN_a représente les besoins d'énergie nette pour l'activité, c'est-à-dire l'énergie nécessaire aux animaux pour obtenir leur nourriture. Précédemment, cette énergie était désignée par le terme $EN_{\text{alimentation}}$ dans les *Lignes directrices du GIEC*. La nouvelle désignation EN_a reflète le fait que cette énergie nette se rapporte à la quantité d'énergie dépensée par l'animal pour obtenir sa nourriture et est basée sur ses conditions d'alimentation et non sur les caractéristiques de cette alimentation. Comme indiqué au Tableau 4.3, l'équation pour l'estimation de EN_a pour les bovins et les buffles est différente de celle utilisée pour les ovins.

ÉQUATION 4.2A

ÉNERGIE NETTE POUR L'ACTIVITE (BOVINS ET BUFFLES)

$$EN_a = C_a \cdot EN_m$$

où :

EN_a = énergie nette pour l'activité de l'animal, MJ/jour

C_a = coefficient correspondant aux conditions d'alimentation de l'animal (Tableau 4.5, *Coefficients d'activité*)

EN_e = énergie nette nécessaire à l'entretien de l'animal (Équation 4.1), MJ/jour

ÉQUATION 4.2B

ÉNERGIE NETTE POUR L'ACTIVITE (OVINS)

$$EN_a = C_a \cdot (\text{poids})$$

où :

EN_a = énergie nette pour l'activité de l'animal, MJ/jour

C_a = coefficient correspondant aux conditions d'alimentation de l'animal (Tableau 4.5)

Poids = poids vif de l'animal, kg

Dans les Équations 4.2a et 4.2b, comme indiqué précédemment, le coefficient C_a correspond aux conditions d'alimentation représentatives de l'animal. Le Tableau 4.5 présente des valeurs pour C_a . Si les conditions d'alimentation ne correspondent pas aux définitions ou n'existent que pendant une partie de l'année, EN_a doit être pondéré en conséquence.

TABLEAU 4.3		
RECAPITULATIF DES ÉQUATIONS UTILISÉES POUR L'ESTIMATION DE L'ABSORPTION D'ÉNERGIE BRUTE POUR LES BOVINS, LES BUFFLES ET LES OVINS		
Fonctions métaboliques et autres estimations	Équations pour les bovins et les buffles	Équations pour les ovins
Entretien (EN_e)	Équation 4.1	Équation 4.1
Activité (EN_a)	Équation 4.2a	Équation 4.2b
Croissance (EN_c)	Équation 4.3a	Équation 4.3b
Perte de poids ($EN_{\text{mobilisée}}$)	Équations 4.4a et 4.4b	SO
Lactation (EN_l)*	Équation 4.5a	Équations 4.5b et 4.5c
Travail (EN_t)	Équation 4.6	SO
Production de laine (EN_{laine})	SO	Équation 4.7
Gravidité (EN_g)*	Équation 4.8	Équation 4.8
{ EN_e/ED }	Équation 4.9	Équation 4.9
{ EN_{dc}/ED }	Équation 4.10	Équation 4.10
Énergie brute	Équation 4.11	Équation 4.11
Source: Équations pour les bovins basées sur NRC (1996) et les ovins basées sur AFRC (1993). SO signifie « sans objet ».		
* Applicable uniquement au pourcentage de femelles ayant vêlé.		

TABLEAU 4.4		
COEFFICIENTS POUR LE CALCUL DE EN _c		
Catégorie d'animal	C _f _i	Observations
Bovins/Bufles (non laitiers)	0,322	
Bovins/Bufles (laitiers)	0,335	NRC (1989) fournit un coefficient d'entretien plus élevé pour la lactation
Ovins (agneaux jusqu'à 1an)	0,236	15% plus élevé pour les mâles non castrés
Ovins (plus d'1 an)	0,217	15% plus élevé pour les mâles non castrés
Source : NRC (1984) et AFRC (1993).		

TABLEAU 4.5		
COEFFICIENTS D'ACTIVITE CORRESPONDANT AUX CONDITIONS D'ALIMENTATION ANIMALE		
Conditions	Définition	C _a
BOVINS ET BUFFLES		
Milieu clos	Les animaux sont élevés en milieu clos (attachés, enclos, étables) et dépensent très peu ou pas d'énergie pour obtenir leur nourriture.	0
Pâturages	Les animaux sont confinés dans des zones ayant suffisamment de fourrage et dépensent peu d'énergie pour obtenir leur nourriture.	0,17
Grands parcours libres	Les animaux paissent sur de grands parcours libres ou des terrains escarpés et dépensent une énergie considérable pour obtenir leur nourriture.	0,36
OVINS		
Brebis en milieu clos	Les brebis sont confinées en milieu clos car elles ont atteint le dernier trimestre de la gestation (50 jours).	0,0090
Pâturages plats	Les animaux parcourent jusqu'à 1 000 mètres par jour et dépensent très peu d'énergie pour obtenir leur nourriture.	0,0107
Pâturages escarpés	Les animaux parcourent jusqu'à 5 000 mètres par jour et dépensent une énergie considérable pour obtenir leur nourriture.	0,024
Agneaux engraisés en milieu clos	Les animaux sont engraisés en milieu clos.	0,0067
Source : Lignes directrices du GIEC		

Croissance : EN_c représente les besoins d'énergie nette pour la croissance (c'est-à-dire le gain de poids). L'équation EN_c actuelle est basée sur NRC (NRC, 1996) et diffère de celle figurant dans les *Lignes directrices du GIEC*, en ceci que l'équation pour les bovins et les buffles (Équation 4.3a) inclut un facteur d'échelle du poids adulte. Pour la caractérisation d'une catégorie animale présentant une perte de poids net saisonnière (bovins pendant la saison sèche, par exemple), ne pas utiliser l'Équation 4.3a, mais passer directement à l'Équation 4.4a ou 4.4b. Pour les ovins, l'estimation de EN_c s'effectue à l'aide de l'Équation 4.3b.

ÉQUATION 4.3A
ÉNERGIE NETTE POUR LA CROISSANCE (BOVINS ET BUFFLES)
$EN_c = 4,18 \cdot \{0,0635 \cdot [0,891 \cdot (PV \cdot 0,96) \cdot (478/(C \cdot PA))]^{0,75} \cdot (GP \cdot 0,92)^{1,097}\}$

où :

EN_c = énergie nette nécessaire à la croissance, MJ/jour

PV = poids vif (PV) de l'animal, kg

C = coefficient de 0,8 pour les femelles, 1,0 pour les mâles castrés et 1,2 pour les taureaux (NRC, 1996)

PA = poids adulte d'un animal, kg

GP = gain de poids quotidien, kg/jour

ÉQUATION 4.3B

ÉNERGIE NETTE POUR LA CROISSANCE (OVINS)

$$EN_c = \{GP_{\text{agneau}} \cdot [a + 0,5b (PV_i + PV_f)]\} / (365 \text{ jours/an})$$

où :

EN_c = énergie nette nécessaire à la croissance, MJ/jour

GP_{agneau} = gain de poids correspondant ($PV_f - PV_i$), kg

PV_i = poids vif au sevrage, kg

PV_f = poids vif à un an ou à l'abattage (poids vif) si l'abattage a lieu avant un an, kg

On notera que le sevrage des agneaux s'effectue sur plusieurs semaines au cours desquelles l'alimentation lactée est complétée par une alimentation sur pâturages ou une alimentation fournie. L'animal est dit sevré à partir du moment où la moitié de ses besoins énergétiques sont couverts par une alimentation lactée.

L'équation EN_c utilisée pour les ovins inclut deux constantes, variables selon l'espèce/la catégorie animale et figurant au Tableau 4.6 ci-dessous :

TABLEAU 4.6		
CONSTANTES A UTILISER POUR LE CALCUL DE EN_c POUR LES OVINS		
Espèce/Catégorie animale	a	b
Mâles non castrés	2,5	0,35
Mâles castrés	4,4	0,32
Femelles	2,1	0,45
Source AFRC (1993).		

Perte de poids pour les bovins et les buffles : Lorsqu'un animal perd du poids, $EN_{\text{mobilisée}}$ représente l'énergie dans la perte de poids mobilisée pour l'entretien de l'animal. En général, lors de l'établissement d'un inventaire, on n'observe pas de perte de poids, car les données collectées décrivent généralement les variations de poids annuelles, et, normalement, les bovins et les buffles adultes ne présentent pas de variations nettes de poids interannuelles. Cependant, les animaux peuvent présenter des pertes et des gains de poids saisonniers. Dans certains pays, par exemple, les animaux maigrissent pendant la saison sèche et grossissent pendant la saison humide. De plus, en général, une vache laitière forte productrice perd du poids au début de la lactation, en raison de l'utilisation des tissus organiques pour fournir l'énergie nécessaire à la production de lait. Elle reprend du poids par la suite.

Les équations 4.4a et 4.4b permettent l'estimation de $EN_{\text{mobilisée}}$ pour les vaches laitières fortes productrices et pour d'autres bovins et buffles. En règle générale, on utilisera ces équations uniquement si les quantités ingérées sont estimées pour des périodes annuelles pendant lesquelles on observe une perte de poids.

Pour les vaches laitières en lactation, environ 19,7 MJ d'EN est utilisable par kilogramme de perte de poids. $EN_{\text{mobilisée}}$ est donc calculé à l'aide de l'équation suivante (NRC, 1989) :

ÉQUATION 4.4A

ÉNERGIE NETTE DUE A LA PERTE DE POIDS (VACHES LAITIÈRES EN LACTATION)

$$EN_{\text{mobilisée}} = 19,7 \cdot \text{Perte de poids}$$

où :

$EN_{\text{mobilisée}}$ = énergie nette due à la perte de poids (utilisable), MJ/jour

Perte de poids = perte de poids par jour, kg/jour

On notera que la perte de poids est considérée comme une quantité négative dans l'Équation 4.4a, et par conséquent, l'estimation de $EN_{\text{mobilisée}}$ est une valeur négative.

Pour d'autres bovins et buffles, la quantité d'énergie utilisable en raison de la perte de poids est calculée par : (1) insertion de la perte de poids (kg/jour) en tant que chiffre positif dans l'Équation 4.3a pour GP pour calculer EN_c ; et (2) en calculant $EN_{\text{mobilisée}}$ sous forme de chiffre négatif 0,8 fois cette valeur de EN_c (NRC, 1996).

ÉQUATION 4.4B

ÉNERGIE NETTE DUE A LA PERTE DE POIDS (BUFFLES ET AUTRES BOVINS)

$$EN_{\text{mobilisée}} = EN_c \bullet (-0,8)$$

où :

$EN_{\text{mobilisée}}$ = énergie nette due à la perte de poids (mobilisée), MJ/jour

EN_c = énergie nette nécessaire à la croissance, MJ/jour

Le résultat de l'Équation 4.4b est également un nombre négatif.

Lactation EN_l représente les besoins d'énergie nette pour la lactation. Pour les bovins et les buffles, ces besoins sont exprimés en fonction de la quantité de lait produite et de sa teneur en matières grasses exprimée sous forme de pourcentage (4 pour cent, par exemple) (NRC, 1989) :

ÉQUATION 4.5A

ÉNERGIE NETTE POUR LA LACTATION (BOVINS ET BUFFLES)

$$EN_l = \text{kg de lait par jour} \bullet (1,47 + 0,40 \bullet \text{de matières grasses})$$

où :

EN_l = énergie nette pour la lactation, MJ/jour

Matières grasses = teneur du lait en matières grasses, pourcentage

Deux méthodes d'estimation des besoins d'énergie nette pour la lactation (EN_l) sont proposées pour les ovins. On utilisera la première méthode (Équation 4.5b) lorsque les quantités de lait produites sont connues, et la deuxième méthode (Équation 4.5c) lorsque ces quantités ne sont pas connues. En général, on dispose de données sur la production de lait pour les brebis élevées pour la production commerciale de lait, mais non pour les brebis nourrissant les agneaux avant le sevrage. Si la production de lait est connue, on divisera la production de lait annuelle totale par 365 jours pour estimer la production de lait quotidienne moyenne en kg/jour (Équation 4.5b). Selon AFRC (1990), pour une naissance, la production de lait est à peu près 5 fois le gain de poids de l'agneau. Par conséquent, en l'absence de données sur la production de lait, on peut estimer la production de lait annuelle totale à 5 fois le gain de poids de l'agneau avant sevrage. Pour obtenir une estimation de la production de lait quotidienne totale, diviser l'estimation obtenue par 365 jours, comme indiqué dans l'Équation 4.5c.

ÉQUATION 4.5B

ÉNERGIE NETTE POUR LA LACTATION POUR LES OVINS (PRODUCTION DE LAIT CONNUE)

$$EN_l = \text{kg de lait /jour} \bullet VE_{\text{lait}}$$

où :

EN_l = énergie nette pour la lactation, MJ/jour

VE_{lait} = valeur de l'énergie pour le lait. On peut utiliser une valeur par défaut de 4,6 MJ/kg (AFRC, 1993)

ÉQUATION 4.5C

ÉNERGIE NETTE POUR LA LACTATION POUR LES OVINS (PRODUCTION DE LAIT NON CONNUE)

$$EN_l = ((5 \bullet GP_{\text{agneau}})/365 \text{ jours/an}) \bullet VE_{\text{lait}}$$

où :

EN_l = énergie nette pour la lactation MJ/jour

GP_{agneau} = gain de poids de l'agneau entre la naissance et le sevrage, en kg/jour

VE_{lait} = valeur de l'énergie pour le lait. On peut utiliser une valeur par défaut de 4,6 MJ/kg (AFRC, 1993)

Les équations 4.5b et 4.5c supposent une caractérisation pour une année complète (365 jours). Si la caractérisation porte sur une période plus courte (une saison humide, par exemple), le nombre de jours doit être ajusté en conséquence.

Travail : EN_t représente les besoins d'énergie nette pour le travail. On l'utilisera pour estimer l'énergie requise pour la force de traction pour les bovins et les buffles. Divers auteurs ont résumé l'apport d'énergie nécessaire pour fournir la force de traction (Lawrence, 1985; Bamualim et Kartiarso, 1985; et Ibrahim, 1985). L'intensité du travail effectué par l'animal influe sur les besoins énergétiques, aussi les estimations des besoins d'énergie s'inscrivent-elles dans une large plage de valeurs. Les valeurs indiquées par Bamualim et Kartiarso montrent qu'environ 10 pour cent des besoins quotidiens de EN_e sont nécessaires pour chaque heure de travail normal d'un animal de trait. Cette valeur est utilisée comme suit :

<p>ÉQUATION 4.6</p> <p>ÉNERGIE NETTE POUR LE TRAVAIL (BOVINS ET BUFFLES)</p> $EN_t = 0,10 \cdot EN_e \cdot \text{heures de travail par jour}$

où :

EN_t = énergie nette pour le travail, MJ/jour

EN_e = énergie nette nécessaire à l'entretien de l'animal (Équation 4.1), MJ/jour

Production de laine : EN_{laine} représente l'énergie nette nécessaire aux ovins pour produire une année de laine. EN_{laine} est calculé comme suit :

<p>ÉQUATION 4.7</p> <p>ÉNERGIE NETTE POUR LA PRODUCTION DE LAINE (OVINS)</p> $EN_{\text{laine}} = (VE_{\text{laine}} \cdot \text{production de laine annuelle par ovin, kg/an}) / (365 \text{ jours/an})$

où :

EN_{laine} = énergie nette nécessaire pour produire une année de laine, MJ/jour

VE_{laine} = valeur en énergie de chaque kg de laine produit (après séchage mais avant dessuintage)

AFRC fournit une valeur de 24 MJ/kg pour VE_{laine} . Pour une production normale de laine d'environ 4 kg/ov/an, les besoins d'énergie seront généralement très faibles.

Gravidité : EN_g représente les besoins d'énergie pour la gravidité. Pour les bovins et les buffles, on estime que les besoins d'énergie totaux pour la gravidité, pour 281 jours de gestation moyennés sur une année complète, représentent 10 pour cent de EN_e . Pour les ovins, les besoins EN_g sont estimés de la même façon pour 147 jours de gestation, bien que le pourcentage varie suivant le nombre d'agneaux à la naissance (voir Tableau 4.7, *Constantes à utiliser pour le calcul de EN_g dans l'Équation 4.8*). L'Équation 4.8 indique l'application de ces estimations.

<p>ÉQUATION 4.8</p> <p>ÉNERGIE NETTE POUR LA GRAVIDITE (BOVINS, BUFFLES ET OVINS)</p> $EN_g = C_{\text{gravidité}} \cdot EN_e$
--

où :

EN_g = énergie nette nécessaire pour la gravidité, MJ/jour

$C_{\text{gravidité}}$ = coefficient de gravidité (voir Tableau 4.7)

EN_e = énergie nette nécessaire à l'entretien de l'animal (Équation 4.1), MJ/jour

Lorsqu'on utilise EN_g pour calculer l'énergie brute (EB) pour les bovins et les ovins, il convient de pondérer l'estimation de EN_g par la proportion des femelles adultes en gestation au cours d'une année. Par exemple, si 80 pour cent des femelles adultes de la catégorie animale vèlent au cours d'une année, 80 pour cent de la valeur de EN_g sera utilisée dans l'équation GE ci-dessous.

TABLEAU 4.7	
CONSTANTES A UTILISER POUR LE CALCUL DE EN_G DANS L'ÉQUATION 4.8	
Catégorie animale	C_{gravidité}
Bovins et buffles	0,10
Ovins	
Naissance simple	0,077
Naissance double (jumeaux)	0,126
Naissance triple (triplés) ou plus	0,150
Source : Estimations pour les bovins et buffles établies à partir de données de NRC (1996). Estimations pour les ovins établies d'après des données de AFRC (1993).	

Pour déterminer le coefficient correct pour les ovins, on doit connaître la proportion de brebis qui ont eu des naissances simples, doubles et triples pour pouvoir estimer la valeur moyenne du coefficient C_{gravidité}. Si ces données ne sont pas disponibles, le coefficient peut être calculé comme suit :

- Si le nombre de naissances (d'agneaux) au cours d'une année divisé par le nombre de brebis gravides au cours d'une année est inférieur ou égal à 1,0, on utilisera le coefficient pour une naissance simple.
- Si le nombre de naissances (d'agneaux) au cours d'une année divisé par le nombre de brebis gravides au cours d'une année est supérieur à 1,0 et inférieur à 2,0, on calculera le coefficient comme suit :
- $C_{\text{gravidité}} = [(0,126 \cdot \text{Proportion de naissances doubles}) + (0,077 \cdot \text{Proportion de naissances simples})]$
- où :
 - Proportion de naissances doubles = $[(\text{agneaux mis bas}) / (\text{brebis gravides})] - 1$
 - Proportion de naissances simples = $1 - \text{Proportion de naissances doubles}$
- Si le nombre de naissances (d'agneaux) au cours d'une année divisé par le nombre de brebis gravides au cours d'une année est supérieur à 2, consulter des experts à propos de la méthode d'estimation de EN_G.

NE_e/ED : Pour les bovins, les buffles et les ovins, le rapport entre l'énergie nette disponible dans l'alimentation fournie pour l'entretien et l'énergie digestible consommée EN_e/ED est estimé à l'aide de l'équation suivante :

<p>ÉQUATION 4.9</p> <p>RAPPORT ENTRE L'ÉNERGIE NETTE DISPONIBLE DANS L'ALIMENTATION POUR L'ENTRETIEN ET L'ÉNERGIE DIGESTIBLE CONSOMMÉE</p> $EN_e/ED = 1,123 - (4,092 \cdot 10^{-3} \cdot ED) + [1,126 \cdot 10^{-5} \cdot (ED)^2] - (25,4/ED)$
--

où :

NE_e/DE = rapport entre l'énergie nette disponible dans l'alimentation pour l'entretien et l'énergie digestible consommée

ED = énergie digestible exprimée sous forme de pourcentage de l'énergie brute

EN_{dc}/ED : Pour les bovins, les buffles et les ovins, le rapport entre l'énergie nette disponible pour la croissance et l'énergie digestible consommée EN_{dc}/ED est estimé à l'aide de l'équation suivante :

<p>ÉQUATION 4.10</p> <p>RAPPORT ENTRE L'ÉNERGIE NETTE DISPONIBLE POUR LA CROISSANCE ET L'ÉNERGIE DIGESTIBLE CONSOMMÉE</p> $EN_{dc}/ED = 1,164 - (5,160 \cdot 10^{-3} \cdot ED) + (1,308 \cdot 10^{-5} \cdot (ED)^2) - (37,4/ED)$
--

où :

EN_{dc}/ED = rapport entre l'énergie nette dans l'alimentation disponible pour la croissance et l'énergie digestible consommée

ED = énergie digestible exprimée sous forme de pourcentage de l'énergie brute

Énergie brute, EB : Comme indiqué dans l'Équation 4.11, EB est obtenue à partir des estimations d'énergie nette et des caractéristiques de l'alimentation. L'Équation 4.11 est similaire à l'Équation 4.13 dans les *Lignes directrices du GIEC*, mais rectifie une erreur typographique et change les indices inférieurs pour certains des termes afin de distinguer entre l'énergie nette disponible dans l'alimentation pour répondre aux besoins d'énergie nette (EN_{dc}) et les besoins d'énergie nette de l'animal (EN_c). Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser l'équation corrigée (Équation 4.11 ci-dessous). Bien que les *Lignes directrices du GIEC* ne présentent pas d'équation spécifique pour les ovins, l'utilisation de l'Équation 4.11 est conforme aux *bonnes pratiques* pour le calcul des besoins d'énergie brute pour les ovins, avec utilisation des résultats des équations susmentionnées.

Pour ce qui est de l'Équation 4.11, on utilisera uniquement les termes appropriés pour chaque catégorie animale (voir Tableau 4.3).

ÉQUATION 4.11

ÉNERGIE BRUTE POUR LES BOVINS, BUFFLES ET OVINS

$$EB = \left\{ \left[\frac{(EN_c + EN_{\text{mobilisée}} + EN_a + EN_l + EN_t + EN_g)}{(EN_c/ED)} \right] + \left[\frac{(EN_c + EN_{\text{laine}})}{(EN_{dc}/ED)} \right] \right\} / (ED/100)$$

où :

EB = énergie brute, MJ/jour

EN_c = énergie nette nécessaire à l'entretien de l'animal (Équation 4.1), MJ/jour

$EN_{\text{mobilisée}}$ = énergie nette due à la perte de poids (mobilisée) (Équations 4.4a et 4.4b), MJ/jour

EN_a = énergie nette pour l'activité de l'animal (Équations 4.2a et 4.2b), MJ/jour

EN_l = énergie nette pour la lactation (Équations 4.5a, 4.5b, et 4.5c), MJ/jour

EN_t = énergie nette pour le travail (Équation 4.6), MJ/jour

EN_g = énergie nette pour la gravidité (Équation 4.8), MJ/jour

EN_c/ED = rapport entre l'énergie nette disponible dans l'alimentation pour l'entretien et l'énergie digestible consommée (Équation 4.9)

EN_c = énergie nette pour la croissance (Équations 4.3a et 4.3b), MJ/jour

EN_{laine} = énergie nette pour la production d'une année de laine (Équation 4.7), MJ/jour

EN_{dc}/DE = rapport entre l'énergie nette disponible pour la croissance et l'énergie digestible consommée (Équation 4.10)

ED = énergie digestible exprimée sous forme de pourcentage de l'énergie brute

Après calcul des valeurs pour EB pour chaque sous-catégorie animale, on doit également calculer la quantité de matière sèche ingérée par jour, en kilogrammes (kg/jour), et comparer le résultat obtenu au poids de l'animal dans la sous-catégorie. Pour convertir les unités d'énergie en quantité ingérée de matière sèche, diviser par la densité énergétique de l'alimentation. En l'absence de données spécifiques à l'alimentation, on peut utiliser une valeur par défaut de 18,45 MJ/kg. La quantité de matière sèche ingérée par jour obtenue devra être de l'ordre de 1 pour cent à 3 pour cent du poids vif de l'animal.

CARACTERISATION POUR LES ANIMAUX POUR LESQUELS ON NE DISPOSE PAS DE METHODES D'ESTIMATION DES EMISSIONS

Certains pays peuvent avoir des cheptels (lamas, alpacas, wapitis, émus, autruches, etc.) pour lesquels on ne dispose pas de méthodes de Niveau 1 ou Niveau 2 pour l'estimation des émissions. Conformément aux *bonnes pratiques*, on estimera les émissions imputables à ces animaux en évaluant tout d'abord si le volume de ces émissions justifie une caractérisation et la détermination de facteurs d'émission spécifiques au pays. Le Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, contient des conseils sur l'évaluation de l'importance des catégories de source individuelles dans le cadre d'un inventaire national. Des méthodes semblables peuvent permettre d'évaluer l'importance des sous-catégories (à savoir, les espèces) d'une catégorie de source (fermentation entérique, par exemple). Si l'on juge que les émissions imputables à une sous-espèce particulière sont importantes, on doit déterminer des facteurs d'émission spécifiques et effectuer une caractérisation à cette fin. La caractérisation sous-jacente à l'estimation de Niveau 2 pour la fermentation entérique des bovins est un exemple de méthode à suivre pour déterminer un facteur d'émission. Les données et les méthodes utilisées pour la caractérisation de la population animale devront être bien documentées.

Étant donné l'absence de méthodes d'estimation pour ces animaux, on peut utiliser des facteurs d'émission approximatifs basés sur des « calculs d'ordre de grandeur » pour évaluer l'importance des émissions. On peut obtenir des facteurs d'émission approximatifs en utilisant le facteur d'émission de Niveau 1 pour un animal à

système digestif similaire et en le mettant à l'échelle à l'aide du rapport entre les poids des animaux mis à la puissance 0,75. Le classement suivant, par types de systèmes digestifs, peut être utilisé pour les facteurs d'émission de Niveau 1:

- Ruminants : bovins, buffles, ovins, caprins, camélidés
- Herbivores pseudo-ruminants : chevaux, mules et ânes
- Volaille : poulets, canards, dindes
- Animaux monogastriques autres que la volaille : porcins

On pourrait, par exemple, estimer un facteur approximatif pour les émissions de méthane liées à la fermentation entérique pour des alpacas à partir du facteur d'émission pour les ovins (qui sont aussi des ruminants) à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Facteur d'émission approximatif} = [(\text{poids de l'alpaca})^{0,75} / (\text{poids des ovins})^{0,75}]$$

- facteur d'émission pour les ovins.

De même, on pourrait estimer un facteur approximatif pour les émissions de méthane liées au fumier pour des autruches à l'aide du facteur d'émission de Niveau 1 utilisé pour les poulets. Ces facteurs d'émission approximatifs ne peuvent être utilisés que pour évaluer l'importance des émissions de sources animales et ne sont pas jugés suffisamment exacts pour l'estimation des émissions dans le cadre d'un inventaire national.

4.1.1.2 ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

L'établissement d'une série temporelle cohérente peut requérir l'estimation des caractéristiques des populations animales pour des années antérieures. En général, les statistiques nationales fournissent des données sur la population animale, la production de lait et de viande pour l'ensemble de la série temporelle. Les autres attributs clés, qui peuvent être obtenus plus difficilement par une étude des données de production antérieures, ne varient pas rapidement, et une rétro-estimation sur la base des tendances actuelles (tendances des poids vifs, par exemple) devrait être fiable. On notera cependant que dans certains pays, les populations animales peuvent varier considérablement à la suite de restructurations économiques et de nouvelles conditions commerciales, auquel cas d'autres recherches seront nécessaires pour assurer l'établissement de séries temporelles appropriées. Des conseils généraux sur les *bonnes pratiques* en matière de séries temporelles cohérentes figurent au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

4.1.1.3 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Toutes les données sur la caractérisation de la population animale sont entachées d'incertitudes connexes qui dépendent de la méthode d'obtention de ces données. Il convient d'identifier les facteurs qui contribuent le plus à la sensibilité des estimations des quantités ingérées de façon à estimer tout particulièrement les incertitudes de ces facteurs. Les effets de cette incertitude sur les estimations finales des quantités ingérées devront être pris en compte lors de l'évaluation de l'incertitude totale des estimations des quantités ingérées.

L'incertitude relative aux données sur le bétail est plus importante que l'on ne pense. Des biais (positifs et négatifs) systématiques peuvent exister au niveau de la présentation des populations animales dans le cadre de recensements nationaux. La migration du bétail intra et inter-pays peut être à l'origine de doubles comptages ou de sous-comptages pour certains animaux. Les données des recensements annuels peuvent ne pas refléter suffisamment certaines variations saisonnières des populations. C'est pourquoi il convient d'examiner les données sur les populations animales en coopération avec les organismes nationaux des statistiques.

4.1.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*. Les tableaux de présentation actuels du GIEC ne permettent pas une présentation détaillée des caractéristiques du bétail. Les *bonnes pratiques* consistent à prévoir des tableaux supplémentaires pour la présentation de cette caractérisation, par exemple un tableau récapitulatif, semblable au Tableau A-1 et au Tableau A-2 à la Section 4 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC*. Les sources des données de ce tableau récapitulatif devront être clairement identifiées et référencées.

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

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de contrôle de la qualité pour inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. On peut également effectuer d'autres contrôles de la qualité, indiqués dans les Procédures de Niveau 2 du Chapitre 8, et mettre en œuvre des procédures d'assurance de la qualité, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour l'estimation des émissions dues à cette catégorie de source. La vérification générale du traitement, de la manipulation et de la présentation des données pourra être accompagnée de procédures spécifiques aux sources examinées ci-dessous:

Vérification des données sur les activités

- L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier la cohérence des données sur la caractérisation du bétail utilisées pour estimer les émissions pour chaque catégorie de source pertinente. La cohérence des données utilisées pour les diverses catégories de source devra faire l'objet de contrôles standard.
- En l'absence de données, l'organisme chargé de l'inventaire devra calculer les variations temporelles de la population animale totale à l'aide des taux de population, des vêlages et des abattages, des taux d'abattage et des importations/exportations pour chaque catégorie ou sous-catégorie animale et comparer les résultats aux statistiques sur les populations totales, à des fins de cohérence. Ce calcul devra être effectué sur une base interannuelle (1990 à 1991 à 1992, etc.) et inter-saisonnière pour chaque année. L'analyse inter-saisonnière est particulièrement importante dans les pays où les conditions de production saisonnières sont à l'origine de variations annuelles significatives des populations animales.
- L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier la cohérence des données sur la production totale (viande, lait et laine) par catégorie et sous-catégorie animales par rapport aux statistiques sur la production totale.
- L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier que les estimations de quantités ingérées utilisées pour l'estimation de Niveau 2 pour les émissions dues à la fermentation entérique sont raisonnables. Pour les ruminants, la quantité ingérée de matière sèche (kg/jour) devra être de l'ordre de 1 pour cent à 3 pour cent du poids des animaux.
- L'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité (AQ/CQ) associés aux sources de données secondaires (organismes nationaux sur l'alimentation et l'agriculture, associations commerciales agricoles, organisations de recherche sur l'agriculture, etc.) devront être vérifiés. Nombre d'organisations disposant de données sur le bétail évaluent la qualité de leurs données, indépendamment de l'utilisation finale de celles-ci. Si ce contrôle de la qualité satisfait aux activités minimales répertoriées dans le plan de AQ/CQ, il convient de le référencer. S'il est jugé insuffisant, on devra effectuer d'autres contrôles de la qualité des données secondaires, ré-évaluer l'incertitude des estimations d'émissions dérivées des données ou ré-examiner l'utilisation finale des données.
- L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier les données sur les activités en les comparant à d'autres sources de références. Par exemple, des données spécifiques au pays devront être comparées à des statistiques de la FAO sur la population animale et la production de lait. Les divergences importantes devront être analysées.

Examen externe

- L'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer un examen externe de la caractérisation du bétail, avec la participation de tiers experts en agriculture et d'autres spécialistes.

4.2 ÉMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES À LA FERMENTATION ENTERIQUE CHEZ LE BÉTAIL

4.2.1 Méthodologie

L'élevage est pratiqué à travers le monde et constitue une source importante d'émissions de méthane (CH₄). La quantité de méthane due à la fermentation entérique dépend essentiellement du nombre d'animaux, du type de système digestif, et du type et de la quantité de l'alimentation ingérée. Les bovins et les ovins sont les principales sources d'émissions de méthane imputables à la fermentation entérique.

4.2.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Pour estimer les émissions de CH₄ résultant de la fermentation entérique, les *Lignes directrices du GIEC* recommandent de multiplier le nombre d'animaux pour chaque catégorie animale par un facteur d'émission approprié, et d'ajouter les émissions de toutes les catégories animales pour obtenir les émissions totales. Conformément aux *bonnes pratiques*, afin d'assurer la cohérence des données sous-jacentes, on utilisera une caractérisation de population animale comme cadre de travail pour l'estimation des émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique et de CH₄ et N₂O résultant de la gestion du fumier. La préparation de cette caractérisation est décrite à la Section 4.1, *Caractérisation de la population animale*.

Les *Lignes directrices du GIEC* décrivent deux méthodes générales pour l'estimation des émissions imputables à la fermentation entérique (voir Figure 4.2, *Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique*) :

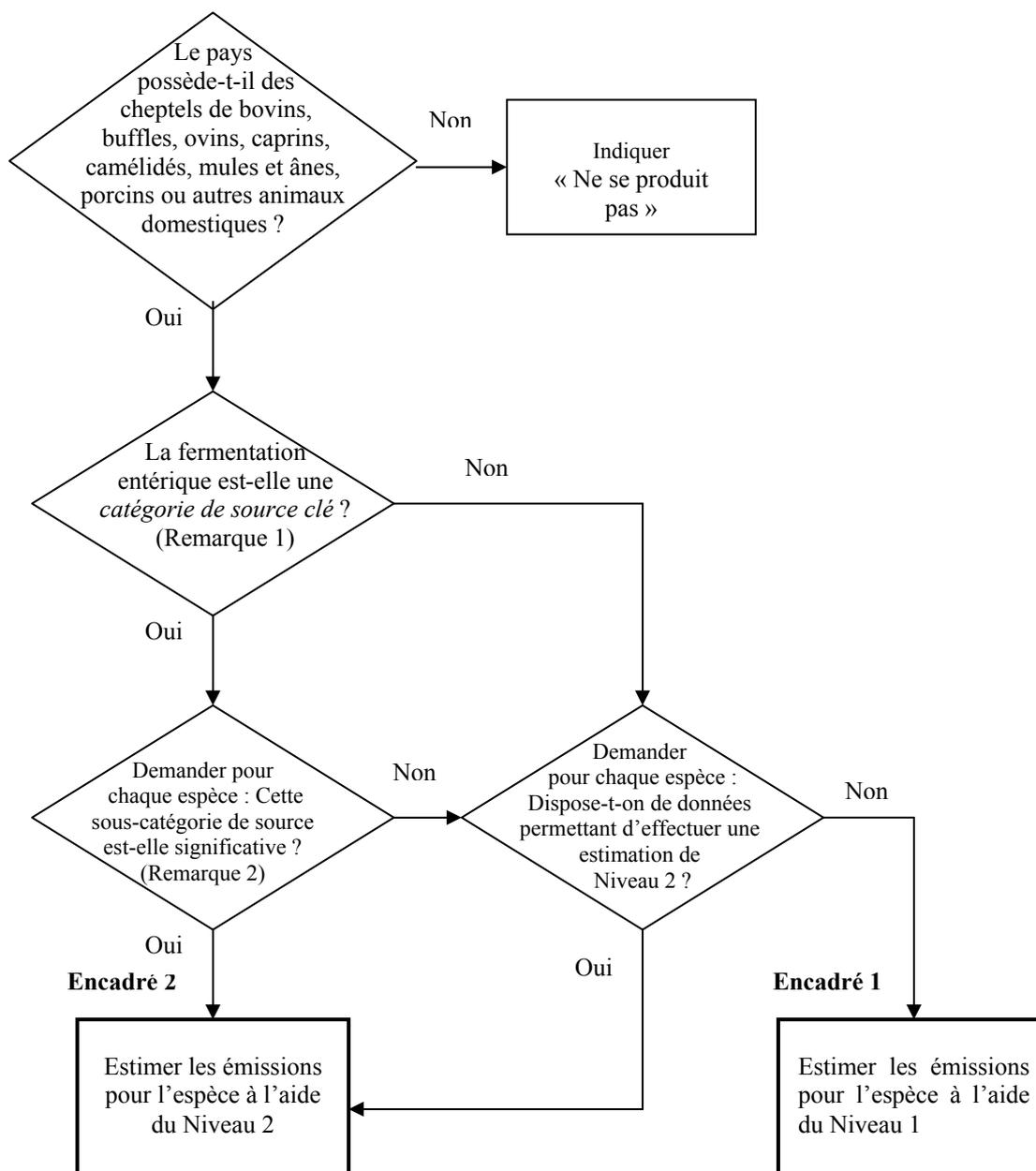
- La méthode de Niveau 1 est une méthode simplifiée fondée sur des facteurs d'émission par défaut tirés de précédentes études. Cette méthode devrait suffire pour de nombreux pays et peut être utilisée pour estimer les émissions pour les animaux suivants : vaches laitières, autres bovins, buffles, ovins, caprins, camélidés, chevaux, mules, ânes et porcins.
- La méthode de Niveau 2 est plus complexe et exige des données détaillées spécifiques au pays sur les besoins en éléments nutritifs, les quantités ingérées, et les taux de conversion en CH₄ pour des types d'alimentations spécifiques, données qui permettront de déterminer des facteurs d'émission pour des catégories de bétail par pays. La méthode de Niveau 2 est recommandée si la fermentation entérique est une catégorie de source clé (selon la définition donnée au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*) pour les catégories animales qui représentent une proportion importante de la totalité des émissions nationales.²

Méthode de Niveau 1

Pour la méthode de Niveau 1, il convient d'utiliser des données sur les catégories de bétail et la production de lait pour choisir des facteurs d'émission par défaut. Les Tableaux 4.3 et 4.4 dans le Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* contiennent des facteurs d'émission par défaut pour chaque catégorie de bétail. Comme indiqué dans l'Équation 4.12, on multipliera le facteur d'émission par le nombre d'animaux pour calculer les émissions totales pour chaque catégorie de bétail. Les émissions totales pour cette catégorie de source sont obtenues en faisant la somme de toutes les catégories de bétail, comme indiqué dans l'Équation 4.13. Les *bonnes pratiques* consistent à examiner les facteurs d'émission de Niveau 1 pour s'assurer que les caractéristiques animales sous-jacentes, telles que le poids, le taux de croissance et la production de lait, utilisées pour déterminer les facteurs, sont représentatives des conditions dans le pays. Les *Lignes directrices du GIEC* contiennent des informations détaillées pour les bovins et les buffles. Ces données devront être examinées par des experts nationaux et, dans le cas de divergences importantes des caractéristiques sous-jacentes, les facteurs d'émission devront être ajustés en conséquence.

² Les pays où les effectifs du cheptel sont nombreux pour des catégories animales (lamas et alpacas, par exemple) pour lesquelles il n'existe pas de facteurs d'émission par défaut fournis par le GIEC sont invités à développer des méthodes nationales semblables à la méthode de Niveau 2 et basées sur des recherches bien documentées (si, après évaluation, ces émissions imputables à ces animaux sont jugées importantes). Pour plus d'informations, voir la Section 4.1 *Caractérisation pour les animaux pour lesquels on ne dispose pas de méthodes d'estimation des émissions*.

Figure 4.2 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique



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

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

ÉQUATION 4.12

ÉMISSIONS IMPUTABLES A UNE CATEGORIE DE BETAIL

$$\text{Émissions} = \text{FE} \bullet \text{population} / (10^6 \text{ kg/Gg})$$

où :

Émissions = émissions de méthane imputables à la fermentation entérique, Gg CH₄/an

FE = facteur d'émission pour la population spécifique, kg/tête/an

Population = nombre d'animaux, tête

ÉQUATION 4.13

ÉMISSIONS TOTALES IMPUTABLES AU BETAIL

$$\text{Émissions totales de CH}_4 = \sum_i E_i$$

où :

Émissions totales = émissions totales de méthane imputables à la fermentation entérique, Gg CH₄/anindice *i* = somme de toutes les catégories et sous-catégories de bétailE_{*i*} = émissions pour les *i*^{èmes} catégories et sous-catégories de bétail**Méthode de Niveau 2**

La méthode de Niveau 2 utilise également l'Équation 4.12 pour calculer les émissions, mais l'applique à des catégories plus ventilées et est basée sur des facteurs d'émission calculés, et non pas sur des valeurs par défaut. On utilisera l'Équation 4.13 pour faire la somme des émissions imputables aux catégories de bétail sub-divisées pour toutes les espèces afin d'obtenir les émissions nationales totales. La détermination de facteurs d'émission et la collecte de données détaillées sur les activités sont deux caractéristiques essentielles de la méthode de Niveau 2. La détermination des facteurs d'émission est décrite dans la section suivante. Des questions concernant la collecte de données sur les activités sont examinées à la Section 4.1, *Caractérisation de la population animale*.

4.2.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Si l'on utilise la méthode de Niveau 1, on choisira des facteurs d'émission par défaut figurant aux Tableaux 4-3 et 4-4 des *Lignes directrices du GIEC*, sauf si l'on dispose de facteurs documentés spécifiques au pays. Par contre, les méthodes de Niveau 2 exigent la détermination de facteurs d'émission spécifiques au pays et à ses espèces/catégories animales. Comme décrit au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, les organismes chargés des inventaires sont invités à évaluer l'importance des sous-catégories de source, car certaines espèces représenteront probablement la majorité des émissions imputables à la fermentation entérique. Les *bonnes pratiques* consistent à établir des facteurs d'émission ventilés pour les sous-catégories qui contribuent le plus aux émissions.

Dans le cadre de la méthode de Niveau 2, on estime des facteurs d'émission pour chaque catégorie animale à l'aide des données de caractérisation détaillées, comme indiqué dans la Section 4.1, *Caractérisation de la population animale*. Les *Lignes directrices du GIEC* expliquent comment déterminer des facteurs d'émission pour les bovins. Les *bonnes pratiques* pour la détermination de ces facteurs sont décrites ci-dessous. En l'absence de données pour les buffles, on peut utiliser la méthode proposée pour les bovins, étant donné les similarités entre ces espèces bovines. Les *bonnes pratiques* à observer pour la détermination des facteurs d'émission pour les ovins sont également décrites ci-après, étant donné l'importance du cheptel ovin dans nombre de pays.

On déterminera un facteur d'émission pour chaque catégorie animale à l'aide de l'Équation 4.14:

ÉQUATION 4.14

DETERMINATION DU FACTEUR D'EMISSION

$$\text{FE} = (\text{EB} \bullet \text{TC}_m \bullet 365 \text{ jours/an}) / (55,65 \text{ MJ/kg CH}_4)$$

où :

FE = facteur d'émission, kg CH₄/tête/an

EB = énergie brute consommée, MJ/tête/jour

TC_m = taux de conversion en méthane, c'est-à-dire la fraction d'énergie brute de l'alimentation convertie en méthane

Cette équation suppose que les facteurs d'émission sont calculés pour une catégorie animale pour une année complète (365 jours). On utilise en général un facteur d'émission pour une année complète, mais dans certains cas, la catégorie animale peut être définie pour une période plus courte (pour la saison humide de l'année ou une période d'alimentation de 150 jours en parc d'engraissement, par exemple). Dans ce cas, on estimera le facteur d'émission pour la période spécifique (saison humide, etc.) et on remplacera les 365 jours par le nombre de jours spécifiques. La définition de la période à laquelle le facteur d'émission s'applique est une des composantes de la caractérisation de la population animale.

La valeur d'énergie brute consommée (EB) pour chaque catégorie animale est fournie par la caractérisation décrite à la Section 4.1.

Estimation du taux de conversion en méthane (TC_m)

Le taux de conversion en méthane de l'énergie de l'alimentation dépend de plusieurs facteurs interactifs relatifs à l'alimentation et à l'animal. En l'absence de taux de conversion en CH₄ fournis par des recherches spécifiques au pays, on peut utiliser les valeurs indiquées au Tableau 4.8, *Taux de conversion en CH₄ pour les bovins et les buffles*. Ces estimations représentent un guide général basé sur les caractéristiques d'alimentation générales et les méthodes de production observées dans un grand nombre de pays développés et en développement. On utilisera les valeurs inférieures dans le cas d'une alimentation de bonne qualité (digestibilité et valeurs énergétiques élevées) ; les valeurs supérieures seront plus appropriées pour une alimentation moins riche. On suppose un taux de conversion en CH₄ nul pour tous les jeunes animaux nourris uniquement au lait (agneaux et veaux nourris au lait).

Étant donné l'importance de TC_m pour la production des émissions, des recherches importantes sont en cours visant à améliorer les estimations de TC_m pour différentes espèces animales et différentes combinaisons d'aliments. Cette amélioration sera particulièrement utile dans le cas des animaux élevés sur des pâturages tropicaux, étant donné le peu de données disponibles actuellement. Par exemple, une étude récente (Kurihara *et al.*, 1999) a mis en évidence des valeurs de TC_m extérieures aux plages présentées au Tableau 4.8.

TABLEAU 4.8		
TAUX DE CONVERSION EN CH ₄ POUR LES BOVINS ET LES BUFFLES (TC _m)		
Pays	Type de bétail	TC _m ^b
Pays développés	Bétail nourri en parcs d'engraissement ^a	0,04 ± 0,005
	Autre bétail	0,06 ± 0,005
Pays en développement	Vaches laitières (bovins et buffles) et jeunes animaux	0,06 ± 0,005
	Autres bovins et buffles nourris essentiellement de déchets agricoles et de produits dérivés de médiocre qualité	0,07 ± 0,005
	Autres bovins ou buffles en Afrique — pâturages	0,07 ± 0,005
	Autres bovins ou buffles dans les pays en développement autres que l'Afrique — pâturages	0,06 ± 0,005
^a Alimentation contenant 90 pour cent ou plus de concentrés.		
^b Les valeurs ± représentent la plage.		
Source : Lignes directrices du GIEC.		

La valeur de TC_m pour les ovins peut être différente de celle utilisée pour les bovins. Selon Lassey *et al.* (1997), la valeur de TC_m pour des agneaux de 8 mois est inférieure (0,045) au TC_m (0,062) pour les vaches laitières en lactation nourries sur des pâturages de haute qualité pratiquement identiques. Pour ce qui est de la performance nutritionnelle, on ne doit pas considérer les ovins uniquement comme du petit bétail car ils ont un comportement différent (sélection de l'alimentation) et peuvent présenter des différences au niveau de la microbiologie du rumen. Le Tableau 4.9, *Taux de conversion en CH₄ pour les ovins*, propose des valeurs de TC_m que l'on choisira en fonction de la qualité de l'alimentation (mesurée par la digestibilité) et la maturité des ovins. Ces valeurs sont basées sur des données de Lassey *et al.* (1997), Judd *et al.* (1999) et sur des données non publiées fournies par le même groupe de recherche [K.R. Lassey et M.J. Ulyatt, communication personnelle]. Le médian pour chaque plage peut être adapté, y compris 0,07 pour les ovins adultes sur tous les pâturages. Ces valeurs correspondent à des mesures fournies par d'autres chercheurs (Murray *et al.*, 1998 ; Leuning *et al.*, 1999) mais peuvent ne pas couvrir l'éventail complet de pâturages étudiés.

TABLEAU 4.9 TAUX DE CONVERSION EN CH ₄ POUR LES OVINS (TC _m)		
Catégorie	Régimes alimentaires d'une digestibilité inférieure à 65%	Régimes alimentaires d'une digestibilité supérieure à 65%
Agneaux (<1 an)	0,06 ± 0,005	0,05 ± 0,005
Ovins adultes	0,07	0,07
Remarque : Les valeurs ± représentent la plage. Source : Lassey <i>et al.</i> (1997) ; Lassey et Ulyatt (1999).		

4.2.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités devront être collectées comme indiqué dans la Section 4.1, *Caractérisation de la population animale*. Cette méthode assurera la cohérence avec d'autres catégories de source connexes.

4.2.1.4 EXHAUSTIVITE

L'exhaustivité des données ne devrait pas être un problème étant donné que l'on disposera probablement de données sur les principales espèces du cheptel national. Si toutefois l'inventaire inclut des animaux pour lesquels on ne possède pas de données par défaut et pour lesquels il n'existe pas de directives, les estimations d'émissions devront être basées sur les principes généraux relatifs à la détermination des facteurs d'émission de Niveau 2.

4.2.1.5 ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les principaux problèmes associés à l'établissement d'une série temporelle cohérente sont examinés à la Section 4.1, *Caractérisation de la population animale*. On veillera à la cohérence des estimations sous-jacentes au calcul du taux de conversion en CH₄ pour la série temporelle. On peut être amené quelquefois à modifier ces taux de conversion en méthane pour la série temporelle. Ces modifications peuvent être dues à la mise en œuvre de mesures d'atténuation des gaz à effet de serre ou à des changements des pratiques agricoles telles que les conditions d'alimentation ou autres facteurs de gestion sans rapport avec les gaz à effet de serre. Quelle que soit la cause des modifications, les données et les taux de conversion en méthane utilisés pour l'estimation des émissions devront refléter les changements affectant les données et les méthodes, et les résultats devront être entièrement documentés. Si les taux de conversion en méthane pour une série temporelle sont affectés par des changements des pratiques agricoles et/ou la mise en œuvre de mesures d'atténuation des gaz à effet de serre, l'organisme chargé de l'inventaire doit s'assurer que les données de l'inventaire reflètent ces pratiques et que le texte de l'inventaire explique les effets des changements des pratiques agricoles et/ou de la mise en place de mesures d'atténuation sur les taux de conversion en méthane de la série temporelle. Pour des conseils généraux sur les *bonnes pratiques* en matière d'établissement de séries temporelles cohérentes, voir le Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, section 7.3.2.2.

4.2.1.6 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les points essentiels concernant l'incertitude pour les méthodes de Niveau 1 et de Niveau 2 sont examinés ci-dessous.

Méthode de Niveau 1

Les facteurs d'émission pour la méthode de Niveau 1 n'étant pas basés sur des données spécifiques au pays, ils peuvent ne pas représenter avec exactitude les caractéristiques de la population animale d'un pays, et peuvent donc être très incertains. Les facteurs d'émission estimés par la méthode de Niveau 1 seront probablement entachés d'une incertitude minimale de ± 30 pour cent, et cette incertitude pourra atteindre ± 50 pour cent.

La caractérisation de la population animale (voir Section 4.1) est entachée d'une incertitude supplémentaire, que l'on peut réduire à condition d'observer les recommandations conformes aux *bonnes pratiques* relatives aux données de recensement présentées dans la section sur la caractérisation de la population animale.

Méthode de Niveau 2

L'incertitude associée à la méthode de Niveau 2 dépendra de l'exactitude de la caractérisation de la population animale (homogénéité des catégories de bétail, etc.), et du caractère représentatif des méthodes de définition des coefficients dans les diverses relations de la méthode d'énergie nette par rapport aux circonstances nationales. L'amélioration de la caractérisation sera souvent un facteur majeur pour la réduction des incertitudes générales. Les estimations des facteurs d'émission obtenues par la Méthode de Niveau 2 seront probablement de l'ordre de ± 20 pour cent. S'ils utilisent la Méthode de Niveau 2, les organismes chargés des inventaires devront analyser les incertitudes reflétant leurs situations particulières ; en l'absence de cette analyse, on supposera que l'incertitude associée à la Méthode de Niveau 2 est similaire à celle de la méthode de Niveau 1.

4.2.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*, du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*. Pour améliorer la transparence, les estimations d'émissions pour cette catégorie de source devront être présentées avec les données sur les activités et les facteurs d'émission utilisés pour calculer les estimations.

Les informations suivantes devront être documentées :

- Toutes les données sur les activités, y compris :
 - (i) Les données sur les populations animales, par catégorie et par région.
- La documentation relative aux données sur les activités, y compris :
 - (i) Les sources de toutes les données utilisées dans les calculs (référence complète pour la base de données statistiques source des données) ;
 - (ii) Les informations et hypothèses sous-jacentes à l'obtention de données sur les activités, lorsque ces données n'étaient pas directement disponibles dans des bases de données ;
 - (iii) La fréquence de la collecte des données, et les estimations d'exactitude et de précision.
- Dans le cas de l'utilisation de la Méthode de Niveau 1, tous les facteurs d'émission par défaut utilisés dans les estimations d'émissions pour les catégories animales spécifiques.
- Dans le cas de l'utilisation de la Méthode de Niveau 2 :
 - (i) Valeurs de TC_m ;
 - (ii) Valeurs de EB estimées ou fournies par d'autres études ;
 - (iii) Documentation des données utilisées, y compris leurs références.

Pour les inventaires utilisant des facteurs d'émission spécifiques au pays ou à la région ou de nouvelles méthodes (autres que celles décrites dans les *Lignes directrices du GIEC*), on devra documenter la base scientifique de ces facteurs d'émission et de ces méthodes. La documentation devra inclure des définitions des paramètres d'entrées décrivant le processus d'obtention de ces facteurs d'émission et de ces méthodes, et la description des sources et des plages d'incertitudes.

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

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de contrôle de la qualité pour inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. On peut également effectuer d'autres contrôles de la qualité, indiqués dans les Procédures de Niveau 2 du Chapitre 8, et mettre en œuvre des procédures d'assurance de la qualité, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour l'estimation des émissions dues à cette catégorie de source. La vérification générale du traitement, de la manipulation et de la présentation des données pourra être accompagnée des procédures suivantes, spécifiques à cette source :

Examen des facteurs d'émission

- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 2, l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier les facteurs spécifiques au pays par rapport aux valeurs par défaut du GIEC. Les divergences importantes entre les deux types de valeurs devront être expliquées et documentées.

Examen externe

- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 2, l'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer un examen par des tiers experts, auquel participeront des experts industriels, universitaires et autres.
- Il est important de conserver une documentation interne sur les conclusions de cet examen.

4.3 EMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER

4.3.1 Méthodologie

Le fumier produit par le bétail se compose principalement de matière organique. Lorsque cette matière se décompose en milieu anaérobie, les bactéries méthanogènes produisent du méthane (CH₄). Ce phénomène se produit souvent lorsqu'un cheptel important est élevé en milieu clos (élevages de bovins laitiers, parcs d'engraissement et élevages de porcins et de volaille, où en général le fumier est stocké en tas ou évacué dans des cuves ou des bassins).

4.3.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Pour estimer les émissions de CH₄ imputables aux systèmes de gestion du fumier, la population animale doit être d'abord divisée en espèces et catégories appropriées afin de refléter les quantités de fumier produites par animal et le mode de gestion du fumier. Des informations détaillées sur la caractérisation de la population animale pour cette source sont fournies dans la Section 4.1.

Comme indiqué dans les *Lignes directrices du GIEC*, on effectuera l'estimation des émissions de CH₄ résultant de la gestion du fumier selon quatre grandes étapes :

- (i) Collecte des données sur la population à l'aide de la caractérisation de la population animale ;
- (ii) Utilisation des facteurs d'émission par défaut du GIEC ou détermination de facteurs d'émission sur la base des caractéristiques du fumier (B_o, SV, FCM) pour chaque population animale appropriée (espèce, catégorie ou sous-catégorie) et système de gestion du fumier ;
- (iii) Multiplication de chaque facteur d'émission par la population animale définie pour obtenir les estimations d'émissions de CH₄ pour cette population ;
- (iv) Somme des émissions de toutes les populations animales définies pour obtenir les émissions nationales.

Les estimations d'émissions devront être présentées en gigagrammes (Gg). Étant donné que les facteurs d'émission doivent être présentés en kilogrammes par tête par an, les émissions sont divisées par 10⁶. L'Équation 4.15 indique comment calculer les émissions pour une population définie :

<p>ÉQUATION 4.15</p> <p>ÉMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER</p> <p>Émissions_(gf) de CH₄ = Facteur d'émission • Population / (10⁶ kg/Gg)</p>
--

où :

Émissions_(gf) de CH₄ = Émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier, pour une population définie, Gg/an

Facteur d'émission = facteur d'émission pour la population animale définie, kg/tête/an

Population = nombre de têtes dans la population animale définie

Les *Lignes directrices du GIEC* décrivent deux niveaux méthodologiques pour l'estimation des émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier. La méthode de Niveau 1 est une méthode simplifiée qui nécessite uniquement des données sur la population animale par espèce/catégorie et par région climatique (climat froid, tempéré, chaud) pour l'estimation des émissions.

La méthode de Niveau 2 est une méthode détaillée pour l'estimation des émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier ; ce niveau est recommandé pour les pays dans lesquels une espèce/catégorie animale est à l'origine d'une partie importante des émissions. Cette méthode nécessite des données détaillées sur les caractéristiques du bétail et les pratiques de gestion du fumier et permet de déterminer des facteurs d'émission spécifiques aux conditions du pays.

Le choix de la méthode dépendra de la disponibilité des données et des circonstances naturelles. Pour ce qui est de l'estimation des émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier, conformément aux *bonnes pratiques*, on s'efforcera d'utiliser la méthode de Niveau 2, y compris le calcul de facteurs d'émission à l'aide de facteurs

spécifiques au pays. On aura recours à la méthode de Niveau 1 uniquement si toutes les possibilités d'utilisation de la méthode de Niveau 2 se révèlent impossibles. Le processus de détermination du niveau méthodologique est indiqué dans le Diagramme décisionnel de la Figure 4.3.

4.3.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Idéalement, la détermination des facteurs d'émission sera basée sur des mesures non-invasives et non-perturbatrices des émissions dans les systèmes de production (parcs d'engraissement, pâturages). Ces résultats pratiques permettront de développer des modèles pour l'estimation des facteurs d'émission. Mais la mise en œuvre de ces mesures est difficile et nécessite des ressources importantes, une expertise unique, et du matériel qui peut ne pas être disponible. En conséquence, bien que cette méthode soit recommandée pour améliorer l'exactitude, elle n'est pas nécessairement indispensable aux *bonnes pratiques* en fonction des circonstances nationales.

La méthode de Niveau 1 utilise des facteurs d'émission par défaut. Ceux-ci sont indiqués au Tableau 4-6 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* pour chaque sous-catégorie de population recommandée.³

Si l'on ne dispose pas de mesures spécifiques à la région ou au pays, on devra calculer des facteurs d'émission de Niveau 2 à l'aide des méthodes décrites dans les *Lignes directrices du GIEC*. La détermination de facteurs d'émission de Niveau 2 requiert le calcul des solides volatils excrétés par les animaux (SV, en kg) ainsi que la capacité de production maximale de CH₄ pour le fumier (B_o, en m³/kg de SV). On doit également déterminer un facteur de conversion en méthane (FCM) qui tient compte de l'influence du climat sur la production de méthane pour chaque mode de gestion du fumier.

Sachant que les émissions peuvent varier considérablement entre les régions et les espèces/catégories animales, les estimations d'émissions devront être les plus représentatives possibles de la diversité et de l'éventail des populations animales et des modes de gestion du fumier dans les différentes régions du pays. Des estimations séparées pour chaque région pourront être nécessaires. Les facteurs d'émission devront être actualisés périodiquement pour refléter l'évolution des modes de gestion du fumier, des caractéristiques des animaux et des technologies. Ces révisions devront être basées sur les données scientifiques les plus fiables. Une vérification fréquente des paramètres clé est souhaitable, mais ne sera pas toujours possible.

Taux d'excrétion de solides volatils (SV) : Le meilleur moyen d'obtenir des taux d'excrétion de SV quotidiens est d'utiliser des données tirées de publications spécifiques au pays. Si l'on ne dispose pas de taux d'excrétion quotidiens moyens, on peut estimer un taux d'excrétion de SV spécifique au pays à partir des quantités ingérées. On pourra estimer les quantités ingérées pour les bovins et les buffles à l'aide de la méthode de caractérisation « de second niveau » décrite à la section sur la caractérisation de la population animale (voir Section 4.1), ce qui assurera la cohérence des données sous-jacentes aux estimations d'émissions. Pour les porcins, l'estimation des quantités ingérées peut nécessiter des données de production spécifiques au pays. Le taux d'excrétion de SV peut être ensuite calculé à l'aide de l'équation suivante :

<p>ÉQUATION 4.16</p> <p>TAUX D'EXCRETION DE SOLIDES VOLATILS</p> $SV = QI \cdot (1 \text{ kg-ms}/18,45 \text{ MJ}) \cdot (1 - ED/100) \cdot (1 - CENDRE/100)$

où :

SV = excrétion de solides volatils par jour sur la base du poids de matière sèche, kg-ms/jour

QI = Estimation de la quantité ingérée par jour en MJ/jour

ED = Énergie digestible de l'alimentation, en pourcentage (ex. : 60 pour cent)

CENDRE = Teneur en cendre du fumier, en pourcentage (ex. : 8 pour cent)

Remarque : La valeur 18,45 est la densité énergétique de l'alimentation exprimée en MJ par kg de matière sèche. Cette valeur est relativement constante pour un large éventail de fourrages et d'alimentation à base de céréales couramment consommés par le bétail.

Pour les bovins, on utilisera la valeur ED utilisée dans la méthode de « second niveau » décrite dans la caractérisation de la population animale (voir Section 4.1). La teneur en cendre du fumier des bovins et des buffles est généralement de l'ordre de 8 pour cent (GIEC, 1996). Pour les porcins, les valeurs par défaut pour la

³ On notera, cependant, la présence d'une erreur dans le Tableau 4-6 des *Lignes directrices du GIEC*. Cette erreur concerne le facteur d'émission par défaut pour les émissions de CH₄ pour les bovins non-laitiers dans des régions tempérées en Amérique latine. La valeur devrait être 1, et non 2, comme indiqué correctement dans l'Appendice B des *Lignes directrices du GIEC*, vol. 3.

digestibilité sont de 75 pour cent et 50 pour cent pour les pays développés et en développement respectivement, avec une teneur en cendre de 2 pour cent et 4 pour cent pour les pays développés et en développement respectivement (GIEC, 1996).

Si l'on ne peut pas déterminer des valeurs SV spécifiques au pays, on peut utiliser les valeurs de production de SV par défaut présentées dans le Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* (Tableaux B1-B7). On estime que ces valeurs par défaut, calculées à partir de moyennes de quantités ingérées et de digestibilité des aliments, sont raisonnablement fiables.

Valeurs de B_o : Pour le calcul des valeurs des mesures de B_o , on utilisera de préférence des données fournies par des sources spécifiques au pays, mesurées par une méthode standard. Il est important d'utiliser une mesure type de B_o , y compris pour le mode l'échantillonnage. En l'absence de mesures spécifiques au pays, on peut utiliser des valeurs par défaut présentées dans l'Appendice B du Manuel de référence des *Lignes directrices*.⁴

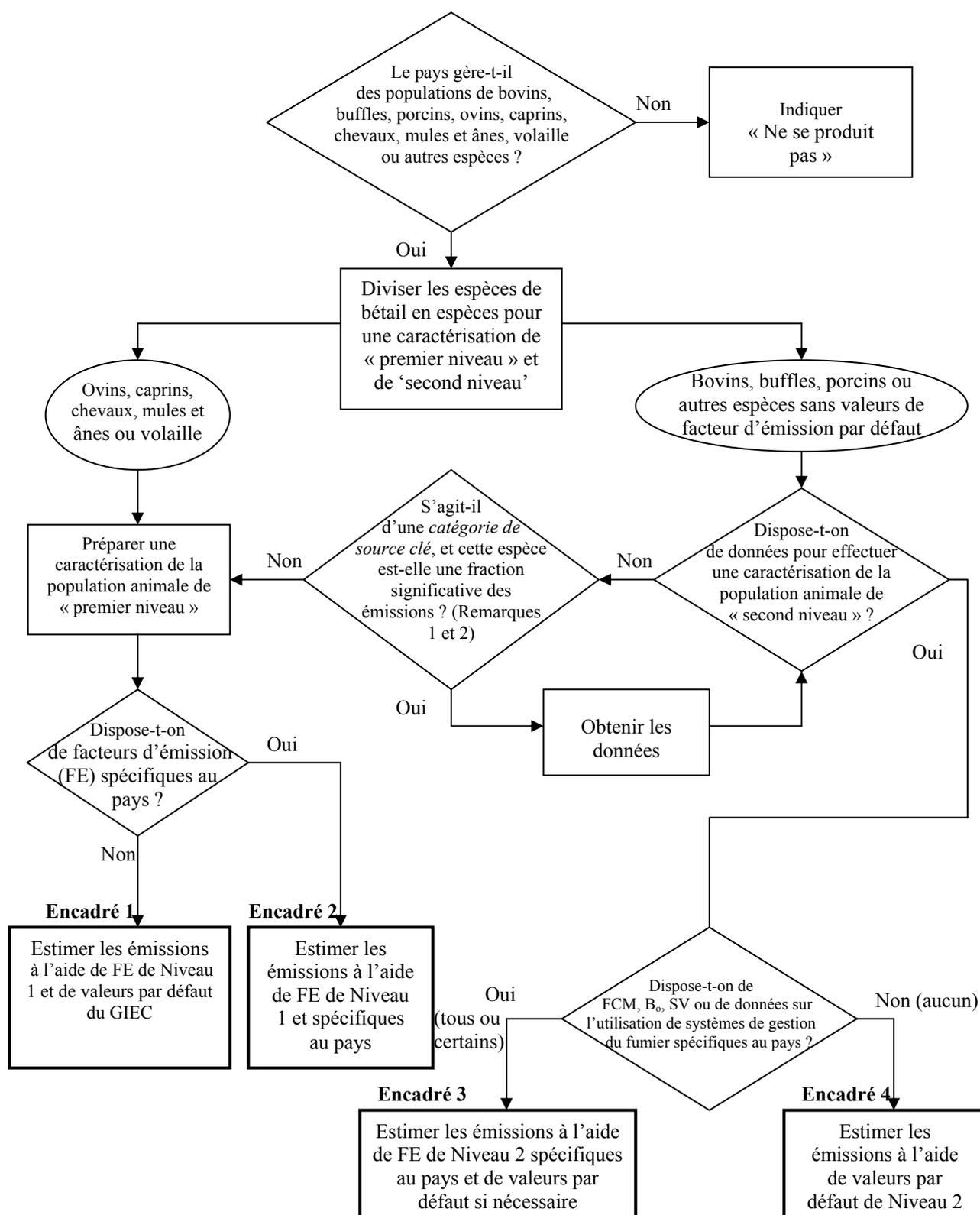
Valeurs de FCM : Les *Lignes directrices du GIEC* présentent des valeurs par défaut de FCM pour divers systèmes de gestion du fumier et différentes zones climatiques. Mais ces valeurs par défaut peuvent ne pas refléter l'extrême diversité au sein des systèmes de gestion définis. On s'efforcera donc de déterminer des FCM spécifiques au pays représentatifs des systèmes de gestion propres à des pays ou à des régions particuliers. Ceci est particulièrement important pour les pays ayant des cheptels importants ou différentes régions climatiques, auquel cas, on effectuera, si possible, des mesures sur le terrain pour chaque région climatique afin de remplacer les valeurs de FCM obtenues en laboratoire. Les mesures devront inclure les facteurs suivants :

- Programmation du stockage /applications ;
- Durée du stockage ;
- Caractéristiques du fumier ;
- Détermination de la quantité de fumier demeurant dans le système de stockage (inoculum méthanogène) ;
- Distribution temporelle et thermique entre le stockage interne et externe ;
- Variations thermiques quotidienne ;
- Variations thermiques saisonnières.

En l'absence de valeurs de FCM spécifiques au pays, on peut utiliser des valeurs par défaut présentées dans le Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* (Tableau 4-8). Certaines de ces valeurs par défaut ont été révisées, comme indiqué au Tableau 4.10, *Valeurs de FCM pour les systèmes de gestion du fumier spécifiés dans les Lignes directrices du GIEC* (les révisions sont en italiques). Les révisions au Tableau 4.10 présentent une méthode pour la sub-division des digesteurs et bassins anaérobies pour tenir compte de la récupération, du brûlage à la torche et de l'utilisation du biogaz. Cette sub-division est importante pour tenir compte des mesures politiques visant à promouvoir la récupération de CH_4 à partir de ces systèmes. Le Tableau 4.11, *Valeurs de FCM pour les systèmes de gestion du fumier non spécifiés dans les Lignes directrices*, présente des valeurs de FCM pour d'autres systèmes de gestion du fumier utilisés actuellement dans certains pays et qui ne figurent pas dans les *Lignes directrices du GIEC*. Dans les pays utilisant ces systèmes, une ventilation des données selon ces catégories est recommandée. Les valeurs par défaut pour FCM présentées au Tableau 4.11 peuvent être utilisées en l'absence de valeurs spécifiques au pays.

⁴ Lors du choix des valeurs par défaut pour B_o , si les pratiques de production dans le pays en développement sont semblables à celles dans les pays développés, on choisira la valeur pour les pays développés.

Figure 4.3 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier



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

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

Équation pour le facteur d'émission : L'Équation 4.17 indique comment calculer le facteur d'émission pour le CH₄ imputable à la gestion du fumier::

ÉQUATION 4.17

FACTEUR D'ÉMISSION DE CH₄ IMPUTABLE A LA GESTION DU FUMIER

$$FE_i = SV_i \cdot 365 \text{ jours/an} \cdot B_{o_i} \cdot 0,67 \text{ kg/m}^3 \cdot \sum_{(jk)} FCM_{jk} \cdot SG_{ijk}$$

où :

FE_i = facteur d'émissions annuelles pour la population animale définie i , en kg

SV_i = excrétion quotidienne de SV par animal dans une population définie i , en kg

B_{o_i} = capacité de production maximale de CH₄ pour le fumier produit par un animal dans une population définie i , m³/kg de SV

FCM_{jk} = facteur de conversion en méthane pour chaque système de gestion du fumier j par région climatique k

SG_{ijk} = fraction de fumier d'une espèce/catégorie animale i traitée par un système de gestion du fumier j dans une région climatique k

4.3.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

On peut utiliser deux types principaux de données sur les activités pour estimer les émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier : (1) des données sur la population animale, et (2) des données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier.

Les données sur la population animale seront obtenues par la méthode décrite dans la section sur la caractérisation de la population animale (voir Section 4.1). Comme indiqué dans cette section, les *bonnes pratiques* en matière de caractérisation consistent à effectuer une caractérisation unique qui fournira les données pour toutes les sources d'émissions associées aux populations animales. Il est important de noter cependant que le niveau de ventilation des données sur les populations animales nécessaires à l'estimation des émissions pour cette source peut différer de celui des données utilisées pour d'autres sources (fermentation entérique, etc.). Par exemple, pour certaines espèces/catégories de bétail, telles que les bovins, la caractérisation de « second niveau » nécessaire pour les estimations de Niveau 2 pour la fermentation entérique pourrait être divisée en catégories plus générales suffisantes pour cette catégorie de source.

Dans les pays à régions climatiques distinctes, les organismes chargés des inventaires sont invités à obtenir des données sur les populations animales pour chaque grande zone climatique, ceci par souci d'exactitude car les émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier peuvent varier considérablement selon le climat. Idéalement, les données régionales peuvent être obtenues à partir des statistiques nationales publiées. Si ce n'est pas le cas, on consultera des experts à propos des tendances de la production régionale (lait, viande, laine, etc.) ou de la distribution des sols, susceptibles de fournir des informations utiles pour l'estimation des distributions animales régionales.

La consultation régulière des statistiques nationales publiées représente le meilleur moyen d'obtenir des données sur la distribution des systèmes de gestion du fumier. Si ces statistiques ne sont pas disponibles, il est recommandé d'effectuer une étude indépendante sur l'utilisation de ces systèmes. Si une telle étude n'est pas possible, on consultera des experts pour obtenir des informations sur la distribution des systèmes. Le Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, Section 6.2.5, explique comment obtenir l'opinion d'experts pour évaluer les plages d'incertitudes. Des protocoles sur l'obtention de l'opinion d'experts peuvent être utilisés pour obtenir des données sur la distribution des systèmes de gestion du fumier.

En ce qui concerne l'analyse des émissions régionales, il est important d'utiliser des données régionales sur les populations animales et sur les systèmes de gestion du fumier. On s'efforcera également d'obtenir des données sur les différences climatiques inter-régionales dans un pays pour pouvoir appliquer les FCM corrects. Si aucune de ces données n'est disponible à un niveau régional, une analyse régionale ne sera pas plus exacte qu'une étude des émissions au niveau national.

4.3.1.4 EXHAUSTIVITE

Un inventaire complet inclura des estimations d'émissions par toutes les sources de fumier pour toutes les populations animales domestiques dans un pays, quel que soit le niveau de la méthode utilisée. Le GIEC décrit des catégories de populations animales distinctes et, en général, on peut obtenir des données sur les populations à

partir de sources ou de la FAO. Les organismes chargés des inventaires devraient donc pouvoir établir des estimations d'émissions pour la totalité des espèces animales requises.

4.3.1.5 ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

L'établissement d'une série temporelle cohérente pour la méthode de Niveau 1 nécessite la collecte et la compilation de données sur les populations animales et la gestion du fumier pour la période étudiée. Pour la méthode de Niveau 1, on peut rencontrer des difficultés lorsque :

- Des données sur les populations animales ne sont pas disponibles pour la totalité de la période ;
- Des données sur les populations animales pour la totalité de la période ne sont pas sub-divisées selon les espèces/catégories animales recommandées par le GIEC ;
- Des changements temporels des pratiques de gestion du fumier influent sur les émissions de CH₄.

On peut obtenir des données sur les populations animales en collectant des données historiques agrégées fournies par la FAO et en utilisant des données actuelles pour classer les données historiques selon les catégories animales. S'il y a eu des changements temporels importants des pratiques de gestion du fumier la méthode de Niveau 1 ne permettra pas d'établir une série temporelle exacte pour les émissions, et on devra envisager l'utilisation de la méthode de Niveau 2.

Outre les points relatifs aux données décrits pour la méthode de Niveau 1, l'établissement d'une série temporelle pour la méthode de Niveau 2 nécessite la collecte et la compilation de données spécifiques au pays sur la gestion du fumier. Pour la méthode de Niveau 2, on peut rencontrer des difficultés lorsque :

- Des données sur la gestion du fumier ne sont pas disponibles pour certaines années de la série temporelle ;
- Des données sur la gestion du fumier ne sont pas sub-divisées selon les systèmes recommandés par le GIEC ;
- La méthode de Niveau 2 n'a pas été utilisée pour la totalité de la série temporelle.

On peut résoudre le problème de l'absence de données fiables sur la gestion du fumier en extrapolant les tendances de la gestion du fumier d'une zone ou une région particulière à l'ensemble du pays, si les conditions climatiques sont similaires (température et précipitations). Dans le cas de l'utilisation d'une autre méthode d'estimation des émissions, on devra obtenir et utiliser des données historiques nécessaires à la méthode actuelle afin de recalculer les émissions pour ces années. Si ces données ne sont pas disponibles, dans certains cas, il sera possible d'établir une tendance basée sur des données récentes et de l'utiliser pour une estimation rétrospective des pratiques de gestion pour la série temporelle. D'autres sources de données peuvent inclure des publications et l'opinion d'experts industriels et universitaires qui permettront d'établir les tendances pour les caractéristiques de la population animale et de la gestion du fumier. Le Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, contient des conseils sur la façon d'aborder ces questions. La Section 4.1 décrit des méthodes relatives aux aspects de la population animale.

4.3.1.6 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Étant donné l'absence probable d'un nombre suffisant de données empiriques, on devra faire appel à des experts pour évaluer les incertitudes associées à cette source. Le Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, fournit des conseils sur la façon d'obtenir l'opinion d'experts et de l'utiliser en tenant compte d'autres incertitudes.

Les experts peuvent estimer l'incertitude en évaluant les composants de l'estimation d'émissions. L'exactitude des facteurs d'émission, la distribution des systèmes de gestion du fumier et les données sur les activités sont les principales sources d'incertitude. Les valeurs par défaut (méthode de Niveau 1 ou de Niveau 2) peuvent être entachées d'une incertitude élevée pour un pays individuel, car elles peuvent ne pas refléter les conditions réelles du pays. L'établissement et l'utilisation d'un modèle associant les valeurs de FCM et de B₀ aux facteurs spécifiques au pays/à la région peuvent contribuer à réduire les incertitudes.

TABLEAU 4.10

VALEURS DE FCM POUR LES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER SPECIFIQUES DANS LES LIGNES DIRECTRICES DU GIEC (REVISIONS EN ITALIQUES)

SYSTEME	DEFINITION	FCM PAR CLIMAT			OBSERVATIONS
		Froid	Tempéré	Chaud	
Pâturages/Parcours/ Enclos	Le fumier des animaux élevés sur pâturages et parcours reste sur place et n'est pas géré.	1%	1,5%	2%	
Épandage quotidien	<i>Le fumier est ramassé, par exemple par scraper. Le fumier ramassé est épandu sur les champs.</i>	0,1%	0,5%	1%	
Stockage sous forme solide	<i>Le fumier est excréé dans un enclos. Les déjections solides (avec ou sans litière) sont recueillies et conservées en vrac pendant de longues périodes (mois) avant d'être évacuées, avec ou sans écoulements liquides dans des fosses.</i>	1%	1,5%	2%	
Gestion à sec	Sous les climats secs, les animaux peuvent être élevés dans des parcs d'engraissement où le fumier peut sécher avant d'être récupéré périodiquement. Le fumier récolté peut ensuite être épandu sur les champs.	1%	1,5%	5%	
Stockage sous forme liquide/semi-liquide	<i>Le fumier est recueilli et transporté sous forme liquide jusqu'à des cuves de stockage. Le lisier peut être conservé pendant de longues périodes (mois). De l'eau peut être ajoutée pour faciliter le traitement.</i>	39%	45%	72%	Lorsque des cuves à lisier sont utilisées comme stockage à écoulement continu/digesteurs, FCM devra être calculé avec la Formule 1.
Bassins anaérobies	Caractérisés par des systèmes de rinçage qui utilisent de l'eau pour transporter le fumier jusqu'aux bassins. Le fumier reste en bassin pendant des périodes de 30 à plus de 200 jours. L'eau des bassins peut être recyclée comme eau de rinçage ou pour irriguer et fertiliser les champs.	0-100%	0-100%	0-100%	Doit être sub-divisé en catégories, en tenant compte du pourcentage de récupération et de brûlage à la torche du biogaz. Calcul avec la Formule 1.
Stockage en fosses sous les enceintes fermées contenant les animaux	<i>Stockage du fumier sous les enceintes fermées contenant les animaux :</i> < 1 mois > 1 mois	0 39%	0 45%	30% 72%	Lorsque des fosses sont utilisées comme stockage à écoulement continu/digesteurs, FCM devra être calculé avec la Formule 1. Noter que l'on doit utiliser la température ambiante, et non pas la température de l'enceinte pour déterminer les conditions climatiques.
Digesteur anaérobie	<i>Le fumier sous forme liquide/semi-liquide est recueilli et digéré en anaérobie. Le méthane peut être brûlé à la torche ou évacué.</i>	0-100%	0-100%	0-100%	Doit être sub-divisé en catégories, en tenant compte du volume de récupération et de brûlage à la torche du biogaz et stockage après digestion.
Combustible	<i>Le fumier est excréé dans les champs. Les briquettes de fumier séché au soleil sont utilisées comme combustible.</i>	10%	10%	10%	

Source: Lignes directrices du GIEC et Jugement d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts, Émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier).

Formule 1:

$$FCM = \left[\{CH_4_{\text{prod}} - CH_4_{\text{utilisé}} - CH_4_{\text{brûlé à la torche}} + FCM_{\text{stockage}} * (B_0 - CH_4_{\text{prod}}) \} / B_0 \right] * 100 \text{ pour cent}$$

où :

CH₄_{prod} = production de méthane dans le digesteur, (1 CH₄/g de SV ajouté). Remarque : Dans le cas de l'utilisation d'un stockage étanche au gaz pour le fumier digéré, inclure la production de gaz du système de stockage.

CH₄_{utilisé} = quantité de méthane utilisé pour l'énergie, (1 CH₄/g de SV ajouté)

CH₄_{brûlé à la torche} = quantité de méthane brûlé à la torche, (1 CH₄/g de SV ajouté)

FCM_{stockage} = CH₄ émis pendant le stockage de fumier digéré (pourcentage)

Lorsqu'un stockage étanche au gaz est inclus: FCM_{stockage} = 0 ; sinon, FCM_{stockage} = valeur de FCM pour stockage sous forme liquide

TABLEAU 4.11

VALEURS DE FCM POUR LES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER NON SPECIFIES DANS LES LIGNES DIRECTRICES DU GIEC (JUGEMENT D'UN GROUPE D'EXPERTS)

Systèmes supplémentaires	Définition	FCM PAR CLIMAT			Observations
		Froid	Tempéré	Chaud	
Bovins et Porcins Litière épaisse	Le fumier des bovins /porcins est excréé sur le sol des enclos. Les déjections accumulées sont recueillies après une longue période. <1 mois >1 mois	0 39%	0 45%	30% 72%	Les FCM sont semblables à ceux du stockage liquide/semi-liquide ; dépendent de la température.
Compostage - Intensif	Le fumier est recueilli et placé dans un conteneur ou un tunnel, avec aération forcée des déjections.	0,5%	0,5%	05%	Les FCM sont inférieurs à la moitié de ceux du stockage sous forme solide. Ne dépendent pas de la température.
Compostage - Extensif	Le fumier est recueilli, mis en tas et aéré par retournement périodique.	0,5%	1%	1,5%	Les FCM sont légèrement inférieurs à ceux pour le stockage sous forme solide. Dépendent moins de la température.
Fumier de volaille - avec litière	Le fumier est excréé sur le sol recouvert de litière. Les animaux marchent sur les déjections.	1,5%	1,5%	1,5%	Les FCM sont similaires à ceux pour le stockage sous forme solide, mais avec des températures élevées généralement constantes.
Fumier de volaille - sans litière	Le fumier est excréé sur le sol sans litière. Les animaux ne marchent pas sur les déjections.	1,5%	1,5%	1,5%	Les FCM sont similaires à ceux de la gestion à sec, dans un climat chaud.
Traitement aérobic	Le fumier est recueilli sous forme liquide. Il est soumis à une aération forcée ou traité en bassins aérobies ou milieux humides permettant la nitrification et dénitrification.	0,1%	0,1%	0,1%	Les FCM sont proches de zéro. Le traitement aérobic produit de grandes quantités de boues. Ces boues doivent être éliminées et ont des valeurs SV élevées. Il est important d'identifier le processus de gestion suivant pour les boues et d'estimer les émissions imputables à celui-ci s'il est important.

Source : Jugement d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts, Émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier).

4.3.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*. Pour améliorer la transparence, les estimations d'émissions pour cette catégorie de source devront être présentées avec les données sur les activités et les facteurs d'émission utilisés pour calculer les estimations.

Les informations suivantes devront être documentées :

- Toutes les données sur les activités, y compris :
 - (i) Les données sur les populations animales par espèce/catégorie et par région, s'il y a lieu ;
 - (ii) Les conditions climatiques par région, s'il y a lieu ;⁵
 - (iii) Les données sur les systèmes de gestion du fumier, par espèce/catégorie animale et par région, s'il y a lieu.
- La documentation relative aux données sur les activités, y compris :
 - (i) Les sources de toutes les données utilisées dans les calculs (référence complète pour la base de données statistiques source de données), et, si les données ne proviennent pas directement de ces bases de données, l'information et les hypothèses utilisées pour obtenir les données sur les activités ;
 - (ii) La fréquence de la collecte des données, et les estimations d'exactitude et de précision.
- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 1, tous les facteurs d'émission par défaut utilisés dans les estimations d'émissions pour l'espèce/catégorie animale spécifique.
- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 2, les composants du calcul du facteur des émissions, y compris :
 - (i) Les valeurs de SV et B₀ pour tous les types de populations animales dans l'inventaire, spécifiques au pays, à la région, ou les valeurs par défaut du GIEC ;
 - (ii) Les valeurs de FCM pour tous les systèmes de gestion du fumier utilisés, spécifiques au pays, ou les valeurs par défaut du GIEC.
- La documentation sur les facteurs d'émission, y compris :
 - (i) Des références pour les facteurs d'émission utilisés (valeurs par défaut du GIEC ou autres valeurs) ;
 - (ii) Pour les inventaires utilisant des facteurs d'émission spécifiques au pays ou à la région ou de nouvelles méthodes (autres que celles décrites dans les *Lignes directrices du GIEC*), on devra documenter la base scientifique de ces facteurs d'émission et de ces méthodes. La documentation devra inclure des définitions des paramètres d'entrées décrivant le processus d'obtention de ces facteurs d'émission et de ces méthodes, et la description des sources et des plages d'incertitudes.

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

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de contrôle de la qualité pour inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. On peut également effectuer d'autres contrôles de la qualité, indiqués dans les Procédures de Niveau 2 du Chapitre 8, et mettre en œuvre des procédures d'assurance de la qualité, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour l'estimation des émissions dues à cette catégorie de source. La vérification générale du traitement, de la manipulation et de la présentation des données pourra être complétée par les procédures suivantes :

⁵ Température moyenne pendant le stockage du fumier, par exemple.

Vérification des données sur les activités

- L'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier les méthodes de collecte des données, ainsi que les données pour s'assurer qu'elles ont été collectées et agrégées correctement. Il devra s'assurer du caractère raisonnable des données en les comparant à des années antérieures, et devra documenter les méthodes de collecte des données, identifier les domaines susceptibles de présenter un biais, et évaluer la représentativité des données.

Examen des facteurs d'émission

- Dans le cas de l'utilisation de valeurs par défaut, l'organisme chargé de l'inventaire devra examiner les facteurs d'émission par défaut disponibles et documenter les raisons du choix de facteurs spécifiques.
- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 2 (qui utilise des facteurs d'émission spécifiques au pays par type d'animal ou de système de gestion du fumier pour le calcul des émissions), l'organisme chargé de l'inventaire devra vérifier les paramètres de ces facteurs (taux d'excrétion de SV, B_0 , et FCM) par rapport aux valeurs par défaut du GIEC. Les divergences importantes entre les deux types de valeurs devront être expliquées et documentées.
- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 1 (qui utilise des facteurs d'émission par défaut du GIEC), l'organisme chargé de l'inventaire devra évaluer la précision de la représentativité des valeurs par défaut pour le taux d'excrétion de SV et de B_0 par rapport aux caractéristiques de la population animale et de la gestion du fumier du pays.
- On utilisera toutes les données spécifiques au pays pour vérifier les composants par défaut pertinents.
- L'organisme chargé de l'inventaire devra examiner la méthode employée pour déterminer les valeurs de SV et B_0 spécifiques au pays ou à la région, en particulier en ce qui concerne les procédures standard décrites précédemment. Il devra également vérifier les équations utilisées pour estimer les facteurs d'émission, y compris les chiffres utilisés dans chaque calcul et la source des données.

Examen externe

- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 2, l'organisme chargé de l'inventaire devra faire examiner par des tiers experts les hypothèses relatives aux pratiques de gestion du fumier et, à cette fin, devra faire appel à des spécialistes dans des disciplines associées aux paramètres utilisés pour le calcul des facteurs (pratiques de gestion du fumier, nutrition animale, etc.).
- Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Niveau 2, l'organisme chargé de l'inventaire devra fournir une justification de l'utilisation des facteurs d'émission spécifiques au pays, avec documentation vérifiée par des tiers experts.

4.4 EMISSIONS DE N₂O IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER

4.4.1 Méthodologie

Les émissions d'oxyde nitreux (N₂O) examinées dans la présente section se produisent pendant le stockage et le traitement du fumier avant son épandage sur les sols. Le terme « fumier » est utilisé ici au sens collectif et inclut les fèces et l'urine (déjections solides et liquides) du bétail. Ces émissions de N₂O dépendent de la teneur en azote et en carbone du fumier, de la durée du stockage et du type de traitement. Le terme « gestion du fumier »⁶ est utilisé au sens collectif pour tous les types de stockage et de traitement du fumier. La présente section décrit les *bonnes pratiques* pour l'estimation des émissions de N₂O imputables aux systèmes de gestion du fumier (SGF) par la méthode décrite dans les *Lignes directrices du GIEC*. Dans le cas des animaux pour lesquels il n'y a pas gestion du fumier (animaux élevés sur pâturages ou prairies, animaux se nourrissant ou nourris dans des enclos, animaux élevés en milieux clos autour des habitations, etc.), le fumier n'est pas stocké ou traité mais déposé sur les sols. Les *Lignes directrices du GIEC* désignent ce type de « gestion du fumier » par le terme « pâturages, parcours et enclos ». Les émissions de N₂O imputables au fumier des « pâturages, parcours et enclos » sont produites directement et indirectement par les sols, et sont donc présentées dans la catégorie « Sols cultivés » du GIEC. Cependant, étant donné que la méthode d'estimation pour ces émissions est la même que celle à utiliser pour les autres systèmes de gestion du fumier, le système « pâturages, parcours et enclos » est examiné dans la présente section.

4.4.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Conformément à la méthode décrite dans les *Lignes directrices du GIEC* pour l'estimation des émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier, on multiplie la quantité totale d'azote excrété (par toutes les espèces/catégories animales) dans chaque type de système de gestion du fumier par un facteur d'émission pour ce type de système. On ajoute ensuite les émissions pour tous les systèmes de gestion. Le niveau de détail de cette méthode conforme aux *bonnes pratiques* pour l'estimation des émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier dépendra des circonstances nationales. Le diagramme décisionnel à la Figure 4.4, *Diagramme décisionnel pour les émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier*, décrit les *bonnes pratiques* à observer pour adapter les méthodes indiquées dans les *Lignes directrices du GIEC* aux circonstances spécifiques au pays.

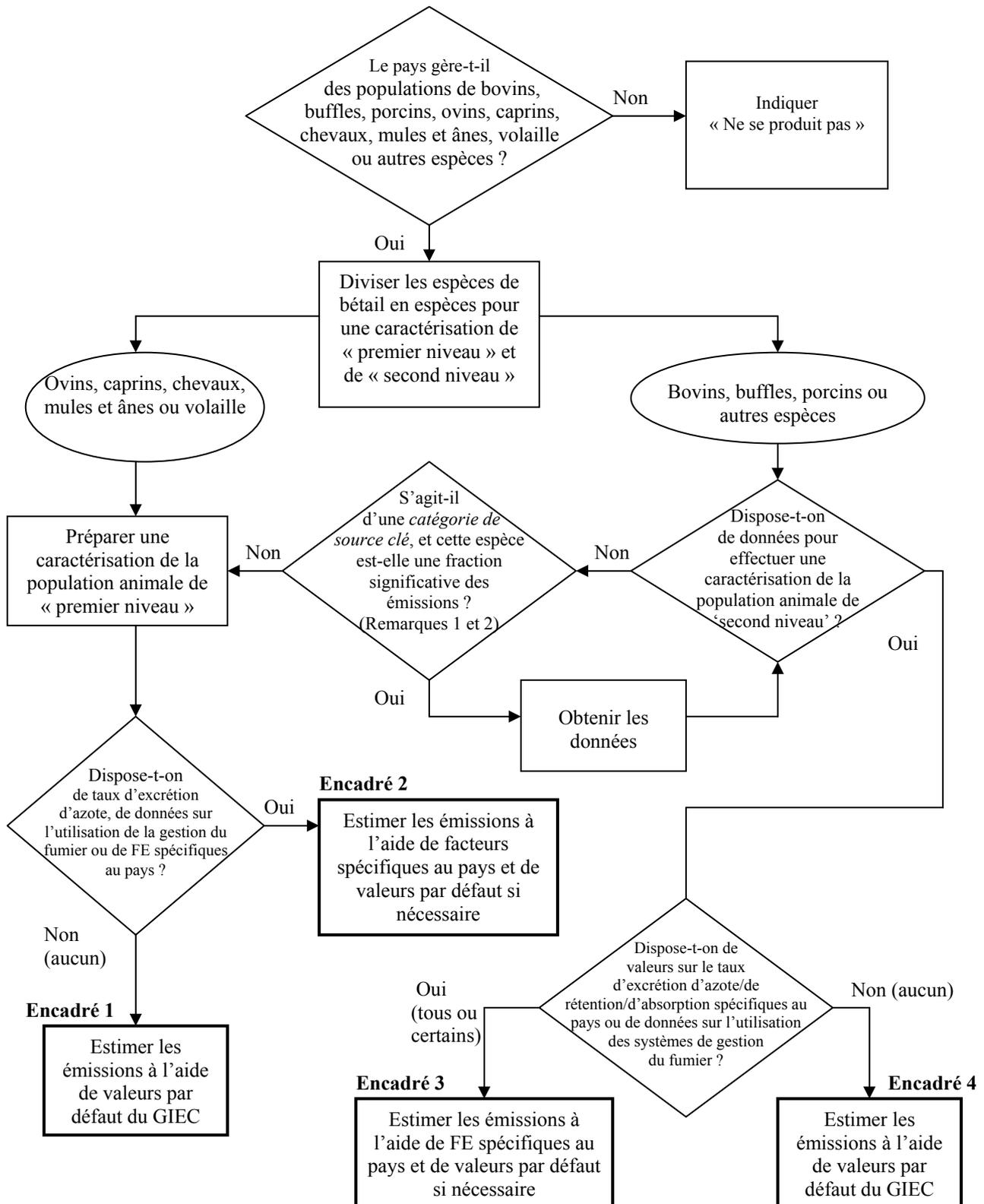
Pour estimer les émissions imputables aux systèmes de gestion du fumier, la population animale doit d'abord être divisée en espèces et catégories appropriées afin de refléter les quantités de fumier produites par animal et le mode de gestion du fumier. Des informations détaillées sur la caractérisation de la population animale pour cette source sont fournies à la Section 4.1.

On estimera les émissions de N₂O résultant de la gestion du fumier en cinq grandes étapes :

- (i) Collecte des données sur la population à l'aide de la caractérisation de la population animale ;
- (ii) Détermination du taux d'excrétion d'azote annuel moyen par tête (N_{ex(T)}) pour chaque espèce/catégorie animale définie T ;
- (iii) Détermination de la fraction de l'excrétion totale annuelle pour chaque espèce/catégorie T gérée dans chaque système de gestion du fumier S (SG_(T,S)) ;
- (iv) Détermination des facteurs d'émission de N₂O pour chaque système de gestion du fumier S (FE_{3(S)}) ;
- (v) Pour chaque type de système de gestion du fumier S, multiplication de son facteur d'émission (FE_{3(S)}) par la quantité totale d'azote excrété (par toutes les espèces/catégories animales) dans ce système pour estimer les émissions de N₂O imputables à ce système de gestion du fumier, puis somme pour tous les systèmes de gestion.

⁶ Les *Lignes directrices du GIEC* utilisent les termes « gestion du fumier » et « gestion des déchets animaux » pour désigner le fumier produisant de l'oxyde nitreux. Dans le présent document, le terme « gestion du fumier » est utilisé conformément à la Section 4.3 sur les Émissions de CH₄ imputables à la gestion du fumier.

Figure 4.4 Diagramme décisionnel pour les émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier



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

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

Le calcul des émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier est basé sur l'équation suivante indiquée dans les *Lignes directrices du GIEC* :

ÉQUATION 4.18

ÉMISSIONS DE N₂O IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER

$$(N_2O-N)_{(mm)} = \sum_{(S)} \{ [\sum_{(T)} (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot SG_{(T,S)})] \cdot FE_{3(S)} \}$$

où :

$(N_2O-N)_{(mm)}$ = Émissions de N₂O-N imputables à la gestion du fumier dans le pays (kg N₂O-N/an)

$N_{(T)}$ = Nombre de têtes par espèce/catégorie T dans le pays

$Nex_{(T)}$ = Excrétion d'azote annuelle moyenne par tête par espèce/catégorie T dans le pays (kg N/animal/an)

$SG_{(T,S)}$ = Fraction de l'excrétion annuelle totale pour chaque espèce/catégorie animale T gérée dans le système de gestion du fumier S dans le pays

$FE_{3(S)}$ = Facteur d'émission de N₂O pour le système de gestion du fumier S dans le pays (kg N₂O-N/kg N dans le système de gestion du fumier S)

S = Système de gestion du fumier

T = Espèce/catégorie animale

L'équation suivante permet de convertir les émissions de $(N_2O-N)_{(mm)}$ en émissions de N₂O_(mm) nécessaires à la présentation :

$$N_2O_{(mm)} = (N_2O-N)_{(mm)} \cdot 44/28$$

4.4.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Les estimations les plus exactes seront obtenues en utilisant des facteurs d'émission spécifiques au pays, complètement documentés dans des publications vérifiées par des tiers experts. Les *bonnes pratiques* consistent à utiliser des facteurs d'émission spécifiques au pays qui reflètent la durée du stockage et le type de traitement du fumier pour chaque système de gestion. Pour la détermination des facteurs d'émission spécifiques au pays, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera les mesures d'émissions (par unité de fumier N) pour les systèmes de gestion, en tenant compte de la variabilité de la durée du stockage et des types de traitement. La définition des types de traitement devra tenir compte des conditions telles que l'aération, les températures, etc. Dans le cas de l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques au pays, il convient de fournir une justification de l'emploi de ces valeurs sous forme de documents vérifiés par des tiers experts. En l'absence de facteurs d'émission spécifiques au pays, on utilisera les facteurs d'émission par défaut. Les facteurs d'émission du GIEC à utiliser sont présentés au Tableau 4.12, *Facteurs d'émission par défaut pour le N₂O imputable à la gestion du fumier*, et le Tableau 4.13, *Facteurs d'émission par défaut pour le N₂O imputable aux systèmes de gestion du fumier non spécifiés dans les Lignes directrices du GIEC*. Ces tableaux contiennent des facteurs d'émission par défaut, ainsi que des descriptions des systèmes de gestion, pour des systèmes qui ne figurent pas au Tableau 4-22 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC*.

TABLEAU 4.12			
FACTEURS D'ÉMISSION PAR DEFAULT POUR LE N₂O IMPUTABLE A LA GESTION DU FUMIER			
(LES SYSTEMES SUPPLEMENTAIRES ET LES MODIFICATIONS APORTEES AUX LIGNES DIRECTRICES SONT EN ITALIQUES)			
Systèmes	Description	FE ₃ (kg N ₂ O-N/kg d'azote excrété)	Plages d'incertitudes de FE ₃ (pourcentage)
Pâturages/parcours/enclous	<i>Ce fumier est déposé directement sur les sols par les animaux et n'est pas géré.</i>	0,02	-50%/ +100%
Épandage quotidien	<i>Peu ou pas de stockage ou de traitement du fumier avant son épandage sur les champs, et, par conséquent, on suppose des émissions nulles pendant le stockage et le traitement.</i>	0,0	Sans objet
Stockage sous forme solide ^a	Les déjections solides et l'urine (avec ou sans litière) sont recueillies et conservées en vrac pendant de longues périodes (mois) avant d'être évacuées, avec ou sans écoulements liquides dans des fosses.	0,02	-50%/ +100%
Gestion à sec	Sous les climats secs, les animaux peuvent être élevés dans des parcs d'engraissement sur terre battue où le fumier peut sécher avant d'être récupéré périodiquement. Le fumier recueilli peut être ensuite épandu sur les champs.	0,02	-50%/ +100%
Stockage sous forme liquide/semi liquide	Caractérisé par le stockage du fumier sous forme liquide dans des cuves. De l'eau peut être ajoutée pour faciliter le traitement.	0,001	-50%/ +100%
Bassins anaérobies	Caractérisés par des systèmes de rinçage qui utilisent de l'eau pour transporter le fumier jusqu'aux bassins. Le fumier reste en bassin pendant des périodes de 30 à plus de 200 jours. L'eau des bassins peut être recyclée comme eau de rinçage ou pour irriguer et fertiliser les champs.	0,001	-50%/ +100%
Stockage en fosses sous les enceintes fermées contenant les animaux	<i>Stockage du fumier sous les enceintes fermées contenant les animaux.</i>	0,001	-50%/ +100%
Digesteur anaérobie	<i>Le fumier est digéré en anaérobie pour fournir du gaz de méthane à des fins de production d'énergie.</i>	0,001	-50%/ +100%
Combustible ^b	Le fumier est recueilli et séché sous forme de briquettes utilisées comme combustible (chauffage et cuisson). <i>L'azote contenu dans l'urine est déposé sur les pâturages et les enclous et doit être traité dans cette catégorie.</i>	0,007 0,02	-50%/ +100%
<p>^aOn utilisera des données quantitatives pour distinguer si le système doit être considéré comme un stockage sous forme solide ou sous forme liquide/semi-liquide. 20 pour cent de matière sèche peut représenter la démarcation entre sec et liquide.</p> <p>^bLes émissions associées à la combustion du fumier doivent être présentées dans la catégorie « Combustion » du GIEC si le fumier est utilisé comme combustible et dans la catégorie « Incinération des déchets du GIEC » dans le cas de la combustion du fumier sans récupération d'énergie. Les émissions de N₂O directes et indirectes associées à l'urine déposée dans les sols sont traitées aux Sections 4.7 et 4.8 respectivement.</p> <p>Source: <i>Lignes directrices du GIEC</i> et Jugement d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts : Émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier).</p>			

TABLEAU 4.13			
FACTEURS D'ÉMISSION PAR DÉFAUT POUR LES ÉMISSIONS DE N ₂ O IMPUTABLES AUX SYSTÈMES DE GESTION DU FUMIER NON SPÉCIFIÉS DANS LES LIGNES DIRECTRICES DU GIEC (JUGEMENT PAR GROUPE D'EXPERTS)			
Systèmes supplémentaires	Définition	FE ₃ (kg N ₂ O-N/kg d'azote excrété)	Plages d'incertitudes de FE ₃ (pourcentage)
Bovins et Porcins – Litière épaisse	Le fumier des bovins/porcins est excrété sur le sol des enclos. Les déjections accumulées sont recueillies après une longue période.		
	<1 mois	0,005	-50%/+100%
	>1 mois	0,02	-50%/+100%
Compostage – Intensif	Le fumier est recueilli et placé dans un conteneur ou un tunnel, avec aération forcée des déjections.	0,02	-50%/+100%
Compostage – Extensif	Le fumier est recueilli, mis en tas et aéré par retournement périodique.	0,02	-50%/+100%
Fumier de volaille – avec litière	Le fumier est excrété sur le sol recouvert de litière. Les animaux marchent sur les déjections.	0,02	-50%/+100%
Fumier de volaille – sans litière	Le fumier est excrété sur le sol sans litière. Les animaux ne marchent pas sur les déjections.	0,005	-50%/+100%
Traitement aérobic	Le fumier est recueilli sous forme liquide. Il est soumis à une aération forcée ou traité en bassins aérobies ou milieux humides permettant la nitrification et dénitrification.	0,02	-50%/+100%

Source: Jugement d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts : Émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier).

4.4.1.3 CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

On peut utiliser trois types de données sur les activités pour estimer les émissions de N₂O imputables aux systèmes de gestion du fumier : (1) des données sur la population animale, (2) des données sur l'excrétion d'azote pour chaque espèce/catégorie animale, et (3) des données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier.

Données sur la population animale (N_(T))

Les données sur la population animale seront obtenues par la méthode décrite dans la section sur la caractérisation de la population animale (voir Section 4.1). Une caractérisation de « premier niveau » sera suffisante si l'on utilise des valeurs par défaut pour l'excrétion d'azote pour le calcul des émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier. Une caractérisation de « second niveau » sera requise si l'estimation des émissions de N₂O fait appel à des valeurs calculées pour l'excrétion d'azote. Comme indiqué à la Section 4.1, les *bonnes pratiques* dans ce domaine consistent à effectuer une caractérisation unique qui fournira les données pour toutes les sources d'émissions associées à la population animale.

Taux d'excrétion d'azote annuels moyens (N_{ex(T)})

L'organisme chargé de l'inventaire devra déterminer les taux d'excrétion d'azote annuels exacts pour chaque espèce/catégorie animale définie par la caractérisation de la population animale. Des données sur les taux spécifiques au pays peuvent être fournies directement par des documents ou rapports produits, par exemple, par l'industrie agricole, ou des publications scientifiques, ou à partir d'informations sur l'absorption et la rétention d'azote par les animaux (voir ci-dessous). Dans certains cas, il peut être utile d'utiliser des taux d'excrétion établis par d'autres pays dont les cheptels présentent les mêmes caractéristiques. Si l'on ne peut pas obtenir de données spécifiques au pays, ou en l'absence de données appropriées pour un autre pays, on utilisera les taux d'excrétion par défaut du GIEC (voir Tableau 4-20 dans le Manuel de référence des *Lignes directrices*). Pour ce qui est de l'ajustement des valeurs pour les jeunes animaux, conformément aux *bonnes pratiques*, on multipliera les taux d'excrétion d'azote indiqués au Tableau 4-20 par les facteurs d'ajustement par défaut du Tableau 4.14, *Facteurs d'ajustement par défaut pour le Tableau 4-20 des Lignes directrices*. Pour l'estimation de N_{ex(T)} pour des animaux dont le fumier est classé dans la catégorie de gestion « Combustible » (Tableau 4.12, *Facteurs*

d'émission par défaut pour le N_2O imputable à la gestion du fumier), on doit tenir compte du fait que les déjections solides sont brûlées et que l'urine demeure dans les champs. En règle générale, 50 pour cent de l'azote excrété est produit par les déjections solides et 50 pour cent par l'urine. On devra donc multiplier ces pourcentages de $N_{ex(T)}$ par les facteurs d'émission appropriés indiqués au Tableau 4.12 pour obtenir les émissions de N_2O-N produites par ces sous-catégories de source. Si les déjections solides sont utilisées comme combustible, les émissions seront présentées dans la catégorie « Combustion » du GIEC, mais devront être présentées dans la catégorie « Incinération des déchets » du GIEC si elles sont brûlées sans récupération d'énergie.

TABLEAU 4.14		
FACTEURS D'AJUSTEMENT PAR DÉFAUT POUR LE TABLEAU 4-20 DES LIGNES DIRECTRICES DU GIEC (MANUEL DE RÉFÉRENCE) POUR L'ESTIMATION DES TAUX D'EXCRETION POUR LES JEUNES ANIMAUX ^a		
Espèce/Catégorie animale	Plage d'âges (années)	Facteur d'ajustement
Bovins non laitiers	0 - 1	0,3
Bovins non laitiers	1 - 2	0,6
Bovins laitiers	0 - 1	0,3
Bovins laitiers	1 - 2	0,6
Volaille	0 – 0,25	0,5
Ovins	0 - 1	0,5
Porcins	0 – 0,5	0,5

^a Le facteur d'ajustement est 1 lorsque l'âge des animaux est supérieur aux valeurs indiquées.
 Remarque : La catégorie « Autres animaux » au Tableau 4-20 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* n'inclut pas des facteurs d'ajustement.
 Source: Jugement d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts : Émissions de N_2O imputables à la gestion du fumier).

La quantité annuelle d'azote excrété par chaque espèce/catégorie animale dépend de l'absorption et de la rétention d'azote annuelles totales de l'animal. On peut donc calculer les taux d'excrétion d'azote à partir des données sur l'absorption et la rétention d'azote. L'absorption annuelle (c'est-à-dire la consommation d'azote annuelle par l'animal) dépend des quantités ingérées annuellement par l'animal, et de la teneur en protéines de cette alimentation. Les quantités ingérées totales dépendent de la production de l'animal (taux de croissance, production de lait, puissance de trait, etc.). La rétention annuelle (c'est-à-dire la fraction d'azote absorbé conservée par l'animal pour la production de viande, lait et laine) est une mesure de l'efficacité de la production de protéines animales à partir des protéines d'origine alimentaire. On peut obtenir des données sur l'absorption et la rétention d'azote pour des espèces/catégories animales spécifiques en consultant des statistiques nationales ou des experts en nutrition animale. On peut également calculer l'absorption d'azote à partir de données sur l'alimentation et l'absorption approximative de protéines définies dans la section sur la caractérisation de la population animale (voir Section 4.1). Des valeurs par défaut pour la rétention d'azote sont fournies au Tableau 4.15, *Valeurs par défaut pour la fraction d'azote dans l'alimentation ingérée par les animaux conservée par les espèces/catégories animales*. Le taux d'excrétion d'azote annuel pour chaque espèce/catégorie animale ($N_{ex(T)}$) est calculé à l'aide de l'équation suivante :

<p>ÉQUATION 4.19</p> <p>TAUX D'EXCRETION D'AZOTE ANNUEL N</p> $N_{ex(T)} = N_{absorption(T)} \cdot (1 - N_{rétention(T)})$
--

où :

$(N_{ex(T)})$ = Taux d'excrétion d'azote annuel, kg N/animal-an

$N_{absorption(T)}$ = Absorption d'azote annuelle par tête par espèce/catégorie animale T , kg N/animal-an

$N_{rétention(T)}$ = Fraction d'azote absorbée annuellement qui est conservée par un animal d'une espèce/catégorie T , kg N conservé/animal/an par kg N absorbé/animal/an

On notera que les données sur l'excrétion d'azote annuelle servent également au calcul des émissions de N_2O directes et indirectes par les sols cultivés (voir Sections 4.7 et 4.8). On utilisera les taux d'excrétion d'azote et les méthodes de dérivation sous-jacents aux estimations des émissions de N_2O imputables à la gestion du fumier pour estimer les émissions de N_2O par les sols cultivés.

Données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier ($SG_{(T,S)}$)

L'estimation des émissions de N_2O fera appel aux mêmes données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier que celles utilisées pour estimer les émissions de CH_4 par la même source (voir Section 4.3). En l'absence de données spécifiques au pays sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier, on utilisera des valeurs par défaut présentées dans les *Lignes directrices du GIEC*. Pour les bovins laitiers, bovins non-laitiers, buffles et porcins, les valeurs par défaut du GIEC devront être celles présentées du Tableau B-3 au Tableau B-6 de l'Appendice B de la Section 4.2 (bétail), au chapitre « Agriculture » du Manuel de référence. Pour toutes les autres espèces/catégories animales, ces valeurs devront être celles du Tableau 4-21, au chapitre « Agriculture » du Manuel de référence.

TABLEAU 4.15		
VALEURS PAR DEFAUT POUR LA FRACTION D'AZOTE DANS L'ALIMENTATION INGÉREE PAR LES ANIMAUX CONSERVÉE PAR LES DIFFÉRENTES ESPÈCES /CATEGORIES ANIMALES (FRACTION D'AZOTE ABSORBÉ CONSERVÉE PAR L'ANIMAL)		
Catégorie animale	$N_{\text{rétention}(T)}$ (kg N conservé /animal/an par kg N absorbé /animal/an)	Plage d'incertitude (pourcentage)
Bovins laitiers	0,2	+/-50
Bovins non laitiers	0,07	+/-50
Buffles	0,07	+/-50
Ovins	0,1	+/-50
Caprins	0,1	+/-50
Camélidés	0,07	+/-50
Porcins	0,3	+/-50
Chevaux	0,07	+/-50
Volaille	0,3	+/-50
Source: Jugement d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts : Émissions de N_2O imputables à la gestion du fumier).		

4.4.1.4 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Facteurs d'émission

Il existe un niveau élevé d'incertitude pour les facteurs d'émission par défaut pour cette catégorie de source (voir Tableaux 4.12 et 4.13). Des mesures exactes et bien conçues des émissions imputables à des types de systèmes de gestion du fumier bien caractérisés pourront contribuer à réduire ces incertitudes. Ces mesures devront prendre en compte la température, la teneur en humidité, l'aération, la teneur en azote du fumier, le carbone métabolisable, la durée du stockage et d'autres aspects du traitement.

Données sur les activités – population animale

Voir Section 4.1 – Caractérisation de la population animale

Données sur les activités – Taux d'excrétion d'azote

En ce qui concerne les taux d'excrétion par défaut (voir Tableau 4-20 du Manuel de référence des *Lignes directrices*) on estime que les plages d'incertitudes, qui ne sont pas indiquées dans les *Lignes directrices*, sont de l'ordre de +/-50 pour cent (Source : Jugement d'un groupe d'experts. Voir Coprésidents, Éditeurs et Experts : Émissions de N_2O imputables à la gestion du fumier). De même, les incertitudes pour les valeurs par défaut pour la rétention d'azote fournies ici sont de l'ordre de +/-50 pour cent (voir Tableau 4.15). Si l'organisme chargé de l'inventaire estime les taux d'excrétion d'azote à l'aide de statistiques nationales exactes sur l'absorption et la rétention d'azote, les incertitudes associées aux taux d'excrétion d'azote pourront être réduites à +/-25 pour cent.

Données sur les activités – Utilisation des systèmes de gestion du fumier

Pour certains pays, les données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier sont entachées d'une incertitude élevée. En dépit de l'existence d'un système de classification bien défini (voir Tableaux 4.12 et 4.13),

nombre d'organismes chargés des inventaires ne disposent que de peu ou pas de données quantitatives sur la gestion du fumier par divers systèmes, si ce n'est celles figurant au Tableau 4-21 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC*.

4.4.1.5 EXHAUSTIVITE

Un inventaire complet devra estimer les émissions de N₂O imputables à tous les systèmes de gestion du fumier pour toutes les espèces/catégories animales. Les pays sont invités à utiliser des définitions de la gestion du fumier en accord avec celles des Tableaux 4.12 et 4.13. Pour plus d'informations sur l'exhaustivité de la caractérisation de la population animale, voir la Section 4.1.

4.4.1.6 ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

L'établissement d'une série temporelle cohérente des estimations d'émissions pour cette catégorie de source nécessite, au minimum, l'établissement d'une série temporelle de statistiques sur la population animale, qui doit être elle aussi cohérente. La Section 4.1 contient des conseils sur l'établissement de cette série temporelle. Dans la plupart des pays, les deux autres ensembles de données à utiliser pour cette catégorie de source (à savoir, le taux d'excrétion d'azote et des données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier), ainsi que les facteurs d'émission pour la gestion du fumier, seront constants pour la totalité de la série temporelle. Dans certains cas, cependant, en raison des circonstances, on devra changer ces valeurs. Par exemple, les pratiques d'alimentation du bétail peuvent évoluer, ou, à la suite de changements dans le secteur du bétail, une fraction du fumier produit par certaines espèces/catégories animales est gérée sous forme liquide et non sous forme solide, ou un système de gestion du fumier particulier peut changer, ce qui justifie l'utilisation d'un nouveau facteur d'émission. Ces changements au niveau des pratiques peuvent être dus à la mise en œuvre de mesures d'atténuation des gaz à effet de serre ou à des changements des pratiques agricoles non liés aux gaz à effet de serre. Quelle que soit la cause de ces changements, ils doivent être reflétés par les données et les facteurs utilisés pour l'estimation des émissions, et les données, méthodes et résultats doivent être rigoureusement documentés. Si des données d'une série temporelle sont affectées par un changement des pratiques agricoles ou par la mise en œuvre de mesures d'atténuation des gaz à effet de serre (diminution des taux d'excrétion d'azote annuels suite à des mesures visant à réduire les émissions de N₂O par une diminution de l'absorption d'azote annuelle), l'organisme chargé de l'inventaire doit s'assurer que ces données reflètent ces pratiques et que le texte de l'inventaire explique complètement l'incidence de l'évolution des pratiques agricoles ou des mesures d'atténuation sur les données de la série temporelle ou sur les facteurs d'émission.

4.4.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*. Dans le cas de l'utilisation de facteurs d'émission, taux d'excrétion d'azote, ou données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier spécifiques au pays, les valeurs obtenues à l'aide de ces données ou les références pour ces données doivent être clairement documentées et présentées, avec les résultats de l'inventaire dans la catégorie de source appropriée définie par le GIEC.

Les émissions de N₂O imputables aux systèmes de gestion du fumier devront être présentées conformément aux *Lignes directrices du GIEC*, à savoir que les émissions de N₂O imputables à tous les types de systèmes seront présentées dans la catégorie « Gestion du fumier », à l'exception des deux cas suivants :

- Les émissions imputables à la gestion du fumier pour les *pâturages, parcours et enclos*, qui devront être présentées dans la catégorie de source « Sols cultivés », ce fumier étant déposé directement sur les sols par les animaux ;
- Les émissions imputables à la gestion du fumier utilisé comme *combustible* seront présentées dans la catégorie « Combustion » si les déjections solides sont utilisées comme combustible et dans la catégorie « Incinération des déchets » dans le cas de la combustion des déjections solides sans récupération d'énergie. On notera, cependant, que si l'azote présent dans l'urine n'est pas collecté à des fins de combustion il doit être présenté avec les émissions de N₂O produites par les animaux dans les *pâturages, parcours, et enclos*.

On doit se souvenir que, dans tout système de gestion du fumier, après stockage ou traitement, pratiquement tout le fumier est épandu sur les sols. Les émissions imputables à cet épandage ultérieur devront être présentées dans la catégorie « Sols cultivés ». Les méthodes d'estimation de ces émissions sont examinées aux Sections 4.7 et 4.8.

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

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de contrôle de la qualité pour inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. On peut également effectuer d'autres contrôles de la qualité, indiqués dans les Procédures de Niveau 2 du Chapitre 8, et mettre en œuvre des procédures d'assurance de la qualité, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour l'estimation des émissions dues à cette catégorie de source. La vérification générale du traitement, de la manipulation et de la présentation des données pourra être accompagnée de procédures examinées ci-dessous :

Examen des facteurs d'émission

- Dans le cas de l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques au pays, l'organisme chargé de l'inventaire devra les comparer aux facteurs par défaut, et noter les divergences. La détermination de facteurs d'émission spécifiques au pays devra être expliquée et documentée ; l'organisme chargé de l'inventaire est invité à s'assurer que les méthodes utilisées sont conformes aux *bonnes pratiques* et que les résultats ont été examinés par des tiers experts.

Vérification des données sur les activités

- Dans le cas de l'utilisation de données spécifiques au pays pour $N_{ex(T)}$ et $SG_{(T,S)}$, l'organisme chargé de l'inventaire devra comparer ces valeurs aux valeurs par défaut du GIEC et documenter les divergences significatives, les sources de données et les méthodes d'obtention de données.

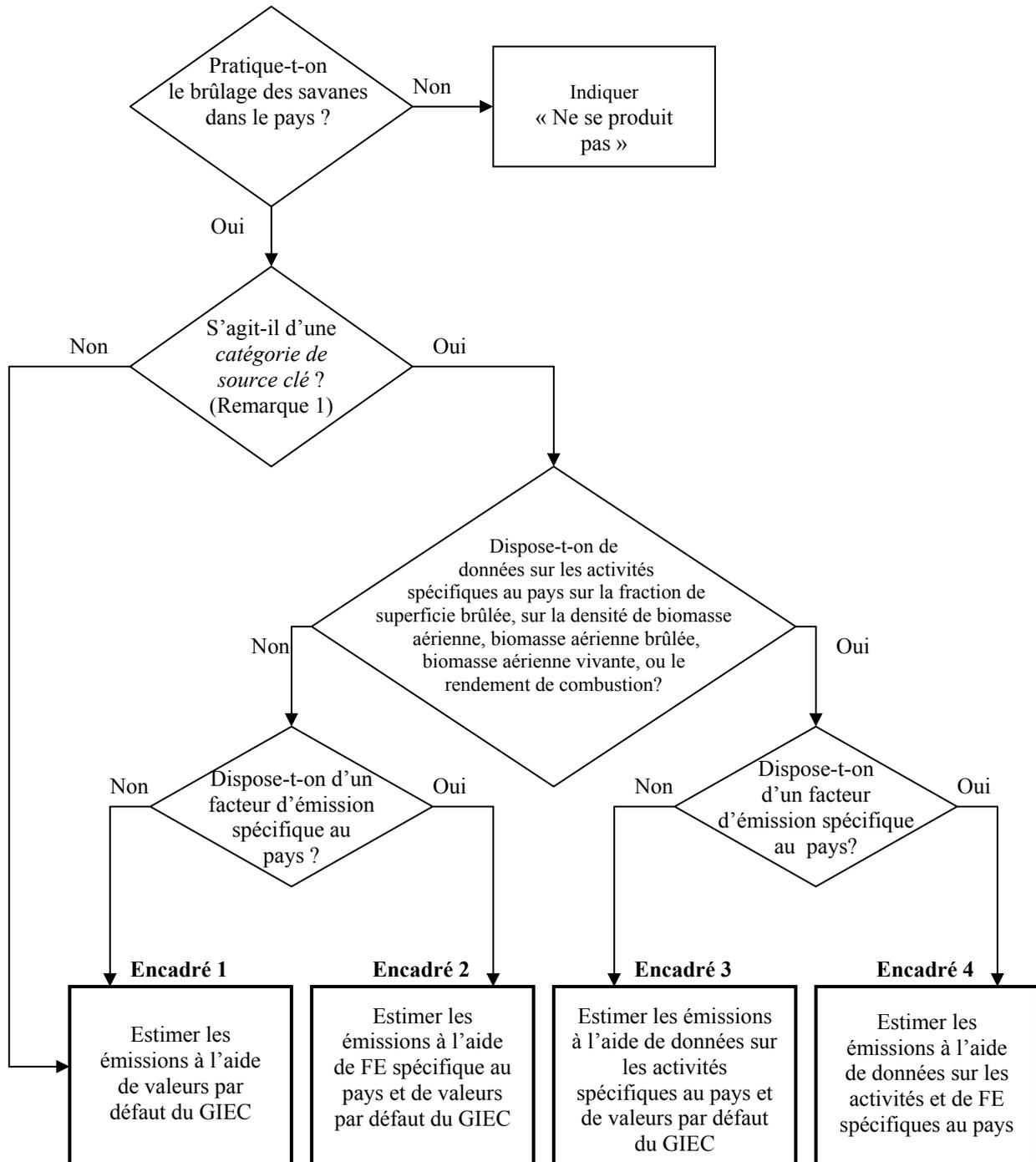
Examen externe

- L'organisme chargé de l'inventaire devra faire appel à des experts en matière de gestion du fumier, nutrition animale, et gaz à effet de serre, lesquels experts examineront les méthodes et les données utilisées.

4.5 ÉMISSIONS DE CH₄ ET DE N₂O IMPUTABLES AU BRÛLAGE DIRIGÉ DES SAVANES

Actuellement, les *bonnes pratiques* pour cette catégorie de source consistent à appliquer les *Lignes directrices du GIEC* conformément à la méthode proposée, comme indiqué dans le Diagramme décisionnel à la Figure 4.5, *Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ et de N₂O imputables au brûlage dirigé des savanes*. Cette méthode peut être affinée, comme indiqué à l'Appendice 4A.1 à la fin du présent chapitre, qui décrit une procédure possible pour une future révision de la méthodologie. À ce jour, étant donné le peu de données disponibles et l'importance des incertitudes associées à de nombreux paramètres clés, les méthodes examinées à l'Appendice 4A.1 ne peuvent pas entrer dans le cadre des *bonnes pratiques*.

Figure 4.5 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ et de N₂O imputables au brûlage dirigé des savanes

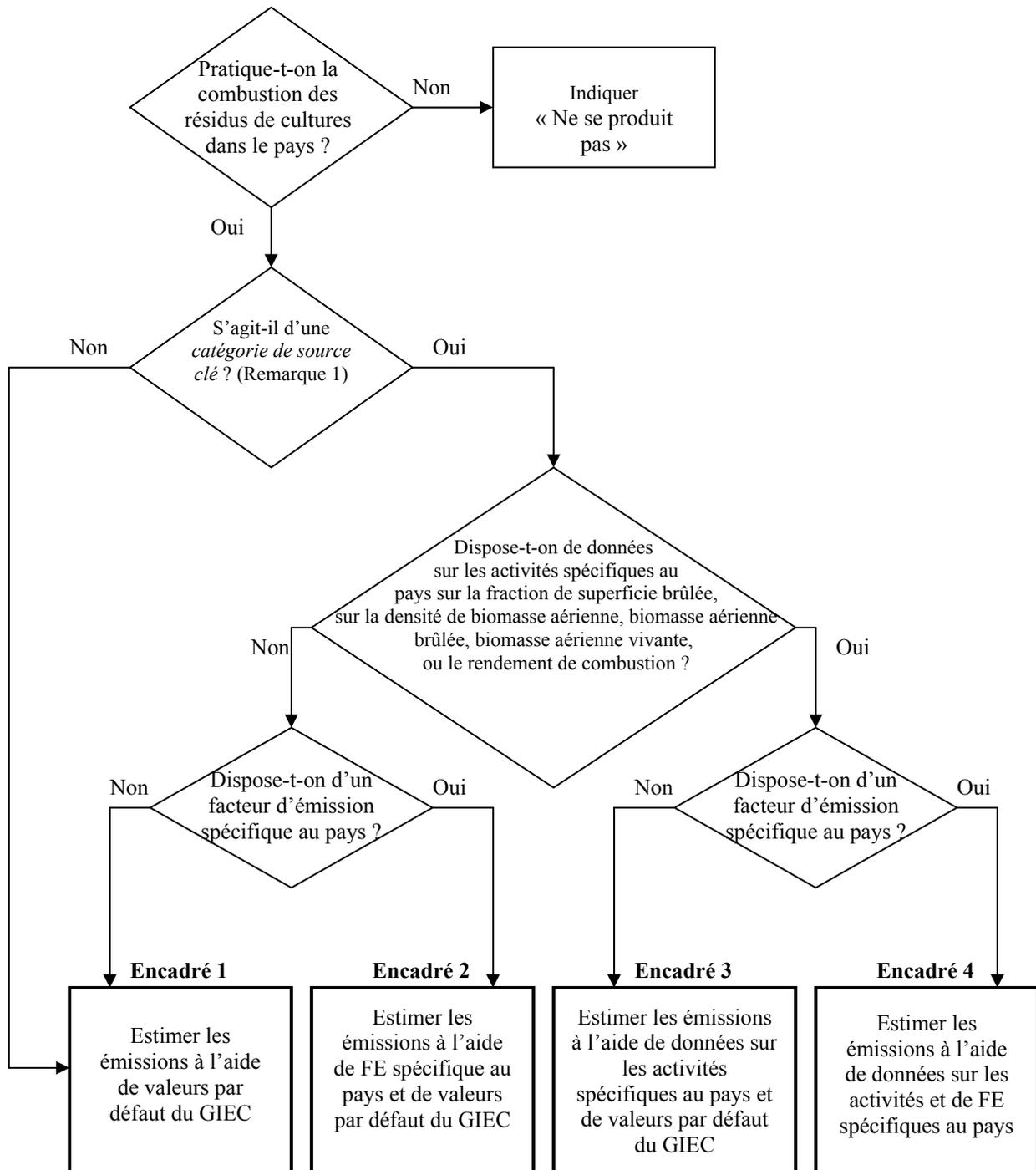


Remarque 1 : On entend par *catégorie de source clé* une catégorie prioritaire dans le système d'inventaire national car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre direct d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions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

4.6 EMISSIONS DE CH₄ ET DE N₂O IMPUTABLES A LA COMBUSTION DES RESIDUS DE CULTURES

Actuellement, les *bonnes pratiques* pour cette catégorie de source consistent à appliquer les *Lignes directrices du GIEC* conformément à la méthode proposée, comme indiqué dans le Diagramme décisionnel à la Figure 4.5, *Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ et de N₂O imputables à la combustion des résidus de cultures*. Cette méthode peut être affinée, comme indiqué à l'Appendice 4A.2 à la fin du présent chapitre, qui décrit une procédure possible pour une future révision de la méthodologie. À ce jour, étant donné le peu de données disponibles et l'importance des incertitudes relatives à de nombreux paramètres clés, les méthodes examinées à l'Appendice 4A.2 ne peuvent pas entrer dans le cadre des *bonnes pratiques*.

Figure 4.6 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ et de N₂O imputables à la combustion des résidus de cultures



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

4.7 EMISSIONS DIRECTES DE N₂O PROVENANT DES SOLS CULTIVÉS

4.7.1 Méthodologie

Les sols produisent naturellement de l'oxyde d'azote (N₂O) à la suite des processus microbiens de nitrification et dénitrification. Un certain nombre d'activités agricoles ajoutent de l'azote dans les sols et augmentent la quantité d'azote (N) disponible pour la nitrification et la dénitrification, et à terme, le volume des émissions de N₂O. Les émissions de N₂O dues aux émissions d'azote d'origine anthropique, se produisent par voie directe (directement après apport d'azote dans les sols) et par deux voies indirectes (volatilisation sous forme de NH₃ et de NO_x et dépôt ultérieur, et lixiviation et écoulements). Dans les *Lignes directrices du GIEC*, les émissions directes et indirectes de N₂O provenant des sols cultivés sont estimées séparément.

La méthode présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* calcule les émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés en deux étapes : (i) estimation des émissions directes de N₂O résultant de l'apport d'azote dans les sols (à l'exclusion des apports d'azote dus à l'élevage sur pâturages, parcours et enclos) ; et (ii) estimation des émissions directes de N₂O imputables au fumier non géré (fumier déposé par les animaux sur les pâturages, parcours et enclos).⁷ La présente section examine la première étape de cette méthode. La deuxième étape, à savoir l'estimation des émissions directes de N₂O imputables au fumier des pâturages, parcours et enclos, est examinée à la Section 4.4, *Émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier*.⁸ On notera toutefois que les émissions directes de N₂O imputables au fumier des pâturages, parcours et enclos devront être présentées dans la catégorie « Sols cultivés ».

4.7.1.1 CHOIX DE LA METHODE

La méthode décrite dans les *Lignes directrices du GIEC* pour le calcul des émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés et dues aux apports d'azote et autres pratiques agricoles examine les apports d'azote (N) anthropiques résultant de l'application d'engrais industriels (F_{EI}) et de fumier (F_{FUMIER}), des cultures fixatrices d'azote (F_{FA}), de l'incorporation de résidus de cultures dans les sols (F_{RC}) et de la minéralisation résultant de la culture de sols organiques⁹ (histosols) (F_{SO}).¹⁰ Étant donné que les *Lignes directrices du GIEC* examinent les émissions directes et indirectes séparément, la fraction d'azote produit par les engrais industriels et le fumier qui se volatilise après application est soustraite des quantités appliquées, et les émissions de N₂O résultant de l'azote volatilisé sont incluses dans les émissions indirectes (voir Section 4.8).

Les termes Niveau 1a et Niveau 1b sont utilisés dans le Rapport sur les recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (Rapport sur les bonnes pratiques), Sous-sections 4.7 et 4.8, pour différencier entre les équations présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* (Niveau 1a) et les nouvelles équations (Niveau 1b) décrites dans le présent rapport. Les équations de Niveau 1b sont plus précises en raison de l'expansion des termes qu'elles contiennent. Cependant, bien que des équations de Niveau 1b soient préférables, les données sur les activités nécessaires à leur utilisation peuvent ne pas être disponibles, auquel cas, on utilisera les équations de Niveau 1a. On pourra également estimer les émissions en associant les équations de Niveau 1a et de Niveau 1b pour diverses sous-catégories de source,

⁷ Comme à la Section 4.4, le terme « fumier » est utilisé ici au sens collectif et inclut les déjections solides et l'urine.

⁸ En dépit de l'absence de gestion pour le fumier déposé sur les pâturages, parcours et enclos, cette source est examinée à la Section 4.4, car la méthode d'estimation des émissions pour cette source est similaire à celle utilisée pour les estimations des émissions imputables aux systèmes de gestion du fumier.

⁹ On entend par sols organiques, ou histosols, des « sols organiques dans lesquels des matières organiques sont présentes dans plus de la moitié des 80 cm supérieurs, ou dont les roches ou les matériaux fragmentés surfaciques ont des interstices remplis de matières de sols organiques. » On entend par matière de sol organique un « sol saturé d'eau et contenant 174 g kg⁻¹ ou plus de carbone organique si la fraction minérale contient 500 g kg⁻¹ ou plus d'argile, ou 116 g kg⁻¹ de carbone organique si la fraction minérale ne contient pas d'argile, ou a une teneur intermédiaire proportionnelle, ou, s'il n'est jamais saturé d'eau, contient 203 g kg⁻¹ ou plus de carbone organique » (SSSA, 1996).

¹⁰ Les histosols sont des sols contenant une couche superficielle organique riche d'une épaisseur minimum de 40 cm, contenant au minimum 20 pour cent de matière organique si la teneur en argile est faible, et au minimum 30 pour cent de matière organique si la teneur en argile est supérieure à 50 pour cent.

en fonction de la disponibilité des données sur les activités. Dans certains cas, il n'existe pas d'équations de Niveau 1b car l'affinement de l'équation dans les *Lignes directrices du GIEC* n'a pas été jugé nécessaire.

Le diagramme décisionnel à la Figure 4.7, *Diagramme décisionnel pour les émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés*, représente les *bonnes pratiques* à suivre pour adapter les méthodes des *Lignes directrices du GIEC* aux circonstances nationales. Le Diagramme décisionnel décrit le choix méthodologique pour le calcul des émissions. Les Niveaux 1a et 1b sont conformes aux *bonnes pratiques*, à condition que les facteurs d'émission et les données sur les activités soient déterminés conformément aux directives ci-dessous.

L'estimation de base pour les émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés s'effectue à l'aide de l'équation suivante :

ÉQUATION 4.20

ÉMISSIONS DIRECTES DE N₂O PROVENANT DES SOLS CULTIVÉS (NIVEAU 1A)

$$N_2O_{\text{Direct}} - N = [(F_{EI} + F_{\text{FUMIER}} + F_{FA} + F_{RC}) \cdot FE_1] + (F_{SO} \cdot FE_2)$$

où :

$N_2O_{\text{Direct}} - N$ = Émissions de N₂O, en unités d'azote

F_{EI} = Quantité annuelle d'engrais azotés industriels utilisés sur les sols, avec ajustement pour la quantité volatilisée sous forme de NH₃ et NO_x

F_{FUMIER} = Quantité annuelle d'azote contenu dans le fumier appliqué volontairement sur les sols, avec ajustement pour la quantité volatilisée sous forme de NH₃ et NO_x

F_{FA} = Quantité d'azote fixé par des cultures annuelles fixatrices d'azote

F_{RC} = Quantité d'azote dans les résidus de cultures retourné aux sols annuellement

F_{SO} = Superficie des sols organiques cultivés annuellement

FE_1 = Facteur d'émission pour les émissions provenant des apports d'azote (kg N₂O-N/kg N d'apport)

FE_2 = Facteur d'émission pour les émissions provenant de la culture des sols organiques (kg N₂O-N/ha-an)

La conversion des émissions de N₂O-N en émissions de N₂O, nécessaire à la présentation, est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$N_2O = N_2O - N \cdot 44/28$$

L'Équation 4.20 correspond au Niveau 1a. Si l'on dispose de facteurs d'émission plus détaillés pour un pays, on peut développer les termes de l'équation, comme dans l'Équation 4.21 qui correspond au Niveau 1b. Par exemple, si l'on dispose de facteurs d'émission pour l'application d'engrais industriels et de fumier (F_{EI} et F_{FUMIER}) dans diverses conditions i , l'Équation 4.20 sera développée comme suit :

ÉQUATION 4.21

ÉMISSIONS DIRECTES DE N₂O PROVENANT DES SOLS CULTIVÉES (NIVEAU 1B)

$$N_2O_{\text{Direct}} - N = \sum_i \{[(F_{EI} + F_{\text{FUMIER}})_i \cdot FE_i] + [(F_{FA} + F_{RC}) \cdot FE_1] + [F_{SO} \cdot FE_2]\}$$

où :

FE_i = Facteurs d'émission déterminés pour des émissions de N₂O résultant de l'application d'engrais industriels et de fumier dans diverses conditions i .

La conversion des émissions de N₂O-N en émissions de N₂O, nécessaire à la présentation, est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$N_2O = N_2O - N \cdot 44/28$$

On peut également étendre la méthode de Niveau 1a afin d'inclure d'autres types d'apports d'azote dans tous les types de sols. Par exemple, les boues d'évacuation, autre forme d'azote organique, sont souvent appliquées sur les sols à titre d'engrais ou à titre d'élimination. L'azote des boues d'évacuation (N_{BOUES}) peut être inclus dans ce calcul si l'on dispose de suffisamment de données. Les apports en boues d'évacuation devront être mesurés en unités d'azote et multipliés par FE_1 (dans l'Équation 4.20, N_{BOUES} devra être inclus dans le premier ensemble de parenthèses; dans l'Équation 4.21, il devra être inclus dans le second ensemble de parenthèses).

On notera qu'il n'y a pas de données par défaut pour le nouveau paramètre N_{BOUES} , ni de conseils sur la collecte de ces données. Par conséquent, on effectuera cet affinement uniquement si l'on dispose de données fiables spécifiques au pays. Les données sur les boues d'évacuation utilisées pour estimer les émissions directes de N_2O devront être les mêmes que celles utilisées pour l'estimation des émissions indirectes de N_2O (voir Section 4.8, *Émissions indirectes de N_2O produites par l'azote utilisé en agriculture*).

L'application de l'Équation 4.20 ou 4.21 nécessitera le calcul des quantités des divers apports d'azote (F_{EI} , F_{FUMIER} , F_{FA} , F_{RC} , F_{SO}); les méthodes de calcul sont indiquées dans les *Lignes directrices du GIEC*. Dans certains cas, il est recommandé d'affiner ces méthodes, conformément aux *bonnes pratiques*, afin de corriger des erreurs, assurer la cohérence entre cette catégorie de source et d'autres catégories de source agricoles, et intégrer de nouvelles informations devenues disponibles depuis la publication des *Lignes directrices du GIEC*. De plus, pour certains apports d'azote, des équations détaillées permettent à présent la mise en œuvre de méthodes plus ventilées. L'utilisation d'une méthode mixte associant des équations agrégées et ventilées pour calculer les apports d'azote est conforme aux *bonnes pratiques* en ce qui concerne les termes des Équations 4.20 et 4.21 ci-dessous.

Azote des engrais industriels, après ajustement pour volatilisation (F_{EI}): Le terme F_{EI} désigne la quantité annuelle d'azote contenu dans les engrais industriels utilisés en agriculture, après ajustement pour la quantité volatilisée. Cette quantité est calculée en déterminant la consommation annuelle d'engrais industriel (N_{EI}), et en ajustant cette quantité par la fraction qui se volatilise sous forme de NH_3 et NO_x ($\text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}}$). L'équation est la suivante :

ÉQUATION 4.22

AZOTE RESULTANT DE L'APPLICATION D'ENGRAIS INDUSTRIEL

$$F_{\text{EI}} = N_{\text{EI}} \cdot (1 - \text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}})$$

Azote contenu dans le fumier utilisé comme engrais, après ajustement pour volatilisation (F_{FUMIER}): Le terme F_{FUMIER} désigne la quantité d'azote contenu dans le fumier appliqué volontairement sur les sols, après ajustement pour la quantité volatilisée. Cette quantité est calculée en déterminant la quantité totale d'azote annuelle produit par le fumier ($\sum_T(N_{(T)} \cdot \text{Nex}_{(T)})$)¹¹, et en ajustant cette quantité pour tenir compte du fumier qui est brûlé comme combustible. ($\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-FUMIER}}$)¹², déposé par les animaux en pâturage (Frac_{PR}) et volatilisé sous forme de NH_3 et NO_x ($\text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}}$). Pour ce calcul, l'équation présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* est remplacée par :

ÉQUATION 4.23

AZOTE RESULTANT DE L'APPLICATION DE FUMIER

$$F_{\text{FUMIER}} = \sum_T(N_{(T)} \cdot \text{Nex}_{(T)}) \cdot (1 - \text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}})[1 - (\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-FUMIER}} + \text{Frac}_{\text{PR}})]$$

Cependant, l'Équation 4.23 peut ne pas être complète pour tous les pays car le fumier peut être utilisé à d'autres fins que la production d'énergie. Sachant que certains pays utilisent une partie du fumier pour la production de fourrage et la construction, une évaluation complète calculera également les pourcentages de fumier (le cas échéant) utilisés à ces fins ($\text{Frac}_{\text{FOURRAGE-FUMIER}}$ et $\text{Frac}_{\text{CNST-FUMIER}}$, respectivement). Le Niveau 1b permet de tenir compte de ces utilisations et prévient le risque de surestimations. On suppose que tout le fumier non utilisé à d'autres fins est appliqué sur les sols. L'Équation de Niveau 1b recommandée est la suivante :

ÉQUATION 4.24

AZOTE RESULTANT DE L'APPLICATION DU FUMIER (ÉTENDUE)

$$F_{\text{AM}} = \sum_T(N_{(T)} \cdot \text{Nex}_{(T)}) \cdot (1 - \text{Frac}_{\text{GASM}}) \cdot [1 - (\text{Frac}_{\text{FUEL-AM}} + \text{Frac}_{\text{PRP}} + \text{Frac}_{\text{FEED-AM}} + \text{Frac}_{\text{CNST-AM}})]$$

On notera cependant que si le terme Frac_{PR} inclut des fractions de fumier utilisé pour la combustion, le fourrage ou la construction, ces fractions ne devront pas être incluses dans l'Équation 4.24.

¹¹ Dans cette partie des *Lignes directrices du GIEC*, la variable Nex est utilisée pour la quantité totale de fumier produit. À des fins de cohérence avec les *bonnes pratiques* à la Section 4.4, le nom de cette variable est à présent $\sum_T(N_{(T)} \cdot \text{Nex}_{(T)})$.

¹² Dans les Équations 4.23 et 4.24, le terme utilisé dans les *Lignes directrices* ($\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE}}$) est à présent $\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-FUMIER}}$, pour le distinguer de la fraction de cultures utilisées comme combustible ($\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-RC}}$) dans l'Équation 4.29.

Azote fixé par les cultures (F_{FA}) : La méthode proposée par les *Lignes directrices du GIEC* pour estimer les quantités d'azote fixé par des cultures annuelles fixatrices d'azote (F_{FA}) est basée sur l'hypothèse selon laquelle la quantité d'azote présente dans les matières végétales aériennes (produit et résidus de cultures) est une donnée indirecte raisonnable, indiquant la quantité totale d'azote fixé biologiquement. Les *Lignes directrices* supposent également un taux de masse de 1 entre le résidu et le produit (c'est-à-dire que la biomasse aérienne totale est 2 fois le produit de la culture). On calcule donc la quantité d'azote fixé en multipliant le rendement grainier des légumineuses et du soja ($Culture_{BF}$) par une valeur par défaut de 2 puis par la fraction de biomasse de culture composée d'azote ($Frac_{FBCA}$). L'équation de Niveau 1a présentée dans les *Lignes directrices* est donc :

ÉQUATION 4.25

AZOTE FIXE PAR LES CULTURES (NIVEAU 1A)

$$F_{FA} = 2 \cdot Culture_{BF} \cdot Frac_{FBCA}$$

La méthode proposée par les *Lignes directrices du GIEC* peut être modifiée de plusieurs façons pour estimer plus exactement la quantité totale d'azote provenant des résidus et produits de culture aériens. L'Équation 4.25, par exemple, utilise une valeur par défaut de 2 pour convertir $Culture_{BF}$ en masse totale de résidus et produits de cultures aériens. Ce facteur est trop faible pour certaines légumineuses et certains types de sojas, et peut entraîner des sous-estimations de la masse totale de résidus et produits de cultures aériens (voir Tableau 4.16, *Statistiques concernant certains résidus de culture*). Étant donné que le rapport entre la biomasse aérienne et la culture varie en fonction des types de cultures, on peut développer des estimations plus exactes à l'aide de valeurs spécifiques aux cultures. On doit également inclure des fractions de matière sèche dans l'équation, de façon à pouvoir effectuer des ajustements pour la teneur en humidité. De plus, $Culture_{BF}$ doit être défini de façon à être représentatif des produits de toutes les cultures fixatrices d'azote, et non pas seulement du rendement grainier des légumineuses et du soja. En particulier, des cultures fourragères fixatrices d'azote, telles que l'alfalfa, doivent être incluses dans les calculs. On utilisera l'Équation 4.26 ci-dessous :

ÉQUATION 4.26

AZOTE FIXE PAR LES CULTURES (NIVEAU 1B)

$$F_{FA} = \sum_i [Culture_{BF_i} \cdot (1 + Rés_{BF_i}/Culture_{BF_i}) \cdot Frac_{MS_i} \cdot Frac_{FBCA_i}]$$

L'Équation 4.26 introduit deux nouveaux termes. Le premier, $Rés_{BF_i}/Culture_{BF_i}$, représente le rapport de masse entre les résidus et les produits spécifiques à chaque type de culture i (voir Tableau 4.16). Le second, $Frac_{MS_i}$, est la fraction de matière sèche dans la biomasse aérienne de chaque type de culture i . Le terme $[(1 + Rés_{BF_i}/Culture_{BF_i}) \cdot Frac_{MS_i}]$ remplace la valeur par défaut 2 indiquée dans les *Lignes directrices du GIEC*. On notera l'hypothèse selon laquelle la teneur en matière sèche est la même pour les résidus et le produit, et, par conséquent, l'équation inclut une seule variable pour la matière sèche. Certains pays peuvent avoir des teneurs en matière sèche spécifiques à leurs produits et à leurs résidus, et devront utiliser ces valeurs, si ce niveau de détail supplémentaire est justifié par l'augmentation de l'exactitude des estimations. De plus, la variable $Culture_{BF}$, telle qu'elle est définie actuellement dans les *Lignes directrices du GIEC*, représente le rendement grainier des légumineuses et du soja dans un pays. Mais elle n'est pas représentative de cultures telles que l'alfalfa pour laquelle la plante entière constitue le produit de culture. Comme mentionné précédemment, on devra donc définir $Culture_{BF}$ comme étant la « production de cultures fixatrices d'azote ». Dans le cas de cultures fourragères fixatrices d'azote, telles que l'alfalfa, $Rés_{BF_i}/Culture_{BF_i}$ sera égal à 0, et l'Équation 4.26 devient :

ÉQUATION 4.27

AZOTE FIXE PAR LES CULTURES FOURRAGERES FIXATRICES D'AZOTE

$$F_{FA} = \sum_i (Culture_{BF_i} \cdot Frac_{MS_i} \cdot Frac_{FBCA_i})$$

On notera que si l'on utilise l'Équation 4.26 pour estimer la quantité d'azote fixé par des cultures fixatrices d'azote, et si des résidus de ces cultures sont brûlés dans les champs, on devra utiliser les mêmes valeurs pour $Culture_{BF}$, $Rés_{BF_i}/Culture_{BF_i}$, et $Frac_{MS_i}$ que celles utilisées pour l'estimation des émissions résultant de la combustion des résidus de cultures. De plus, les valeurs utilisées pour $Frac_{FBCA_i}$ devront être en accord avec les taux de N/C utilisés pour estimer les émissions produites par la combustion des résidus de cultures. Les valeurs par défaut, conformes aux *bonnes pratiques*, pour $Rés_{BF_i}/Culture_{BF_i}$, $Frac_{MS_i}$, et $Frac_{FBCA_i}$, pour certains types de cultures, sont présentées au Tableau 4.16. On pourra utiliser ces valeurs en l'absence de données spécifiques au pays. Si l'on doit utiliser une valeur par défaut pour la teneur en azote des résidus pour un type de culture pour

lequel le Tableau 4.16 n'indique pas de valeur, on peut utiliser la valeur par défaut non spécifique à la culture indiquée au Tableau 4-19 du Manuel de référence des *Lignes directrices* (0,03 kg N/kg de matière sèche).

Produit	Rapport résidu/produit	Fraction de matière sèche	Fraction de carbone	Fraction d'azote
Blé	1,3	0,82-0,88	0,4853	0,0028
Orge	1,2	0,82-0,88	0,4567	0,0043
Maïs	1	0,70-0,86	0,4709	0,0081
Avoine	1,3	0,92		0,0070
Seigle	1,6	0,90		0,0048
Riz	1,4	0,82-0,88	0,4144	0,0067
Millet	1,4	0,85-0,92		0,0070
Sorgho	1,4	0,91		0,0108
Pois	1,5	0,87		0,0142
Haricots	2,1	0,82-0,89		
Soja	2,1	0,84-0,89		0,0230
Pommes de terre	0,4		0,4226	0,0110
Betterave fourragère	0,3		0,4072 ^a	0,0228 ^a
Collets de canne à sucre		0,32	0,4235	0,0040
Feuilles de canne à sucre		0,83	0,4235	0,0040
Topinambour	0,8			
Arachide	1,0	0,86		0,0106

^a Ces chiffres concernent les feuilles de betterave.

Source : Toutes les données sont d'après Strehler et Stützel (1987), sauf celles sur les cannes à sucre (Turn *et al.*, 1997), les données sur la fraction de matière sèche et d'azote pour l'avoine, le seigle, le sorgho, les pois et l'arachide (Cornell, 1994), et les données sur la fraction d'azote pour le millet et le soja (Barnard et Kristoferson, 1985).

Azote contenu dans les résidus agricoles et retourné aux sols (F_{RC}) : Les *Lignes directrices du GIEC* recommandent d'estimer la quantité d'azote retournée aux sols annuellement par incorporation des résidus de cultures (F_{RC}) en calculant la quantité totale d'azote provenant des résidus de cultures (pour les cultures non fixatrices et fixatrices d'azote) et en effectuant un ajustement pour la fraction brûlée sur place dans le cas de la combustion des résidus pendant ou après la récolte. Pour estimer la production annuelle d'azote par les résidus, multiplier la production annuelle de cultures fixatrices d'azote ($Culture_{BF}$) et autres cultures ($Culture_{AUTRE}$) par leur teneur en azote respective ($Frac_{FBCA}$ et $Frac_{CNFA}$), ajouter ces deux valeurs d'azote et multiplier le résultat par une valeur par défaut de 2 (pour obtenir la biomasse aérienne de la culture totale), puis ajuster pour tenir compte de la quantité de biomasse aérienne totale qui est enlevée en tant que produit ($Frac_P$)¹³ et brûlée ($Frac_{BRÛLÉ}$). L'Équation de Niveau 1a présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* est donc :

<p>ÉQUATION 4.28</p> <p>AZOTE CONTENU DANS LES RESIDUS DE CULTURES ET RETOURNE AUX SOLS (NIVEAU 1A)</p> $F_{RC} = 2 \cdot (Culture_{AUTRE} \cdot Frac_{CNFA} + Culture_{BF} \cdot Frac_{FBCA}) \cdot (1 - Frac_P) \cdot (1 - Frac_{BRÛLÉ})$

La méthode de Niveau 1a peut être modifiée de plusieurs façons pour estimer plus exactement la quantité d'azote contenu dans les résidus agricoles et qui est retourné aux sols :

¹³ Les *Lignes directrices du GIEC* définissent $Frac_P$ comme étant la « fraction des résidus de cultures qui est enlevée du champ en tant que produit de culture ». Cependant, telle qu'elle est utilisée actuellement, cette variable est la « fraction de la biomasse aérienne de culture totale qui est enlevée du champ en tant que produit de culture ».

- Premièrement, l'Équation 4.28 utilise une valeur par défaut de 2 pour convertir Culture_{AUTRE} et Culture_{BF} en masse totale de résidus et produits de cultures aériens. Comme indiqué précédemment avec F_{FA}, ce facteur est trop faible pour certaines légumineuses et certains sojas, et peut entraîner des sous-estimations de la masse totale des résidus et produits de cultures aériens. De plus, ce facteur de 2 ne correspond pas aux valeurs par défaut pour Frac_p indiquées dans les *Lignes directrices du GIEC*.¹⁴
- Deuxièmement, Culture_{BF} doit être défini de façon à être représentatif des produits de toutes les cultures fixatrices d'azote, et non pas seulement du rendement grainier des légumineuses et du soja.
- Troisièmement, les fractions de matière sèche doivent être incluses dans l'équation afin de permettre les ajustements pour les teneurs en humidité.
- Quatrièmement, l'équation devra être modifiée pour tenir compte d'autres utilisations des résidus de cultures, en particulier à des fins de combustion, construction et production de fourrage. Ces modifications sont indiquées dans l'Équation 4.29 :

ÉQUATION 4.29

AZOTE CONTENU DANS LES RESIDUS DE CULTURES ET RETOURNE AUX SOLS (NIVEAU 1B)

$$F_{CR} = \sum_i [(Culture_{AUTRE_i} \cdot Rés_{AUTRE_i} / Culture_{AUTRE_i} \cdot Frac_{MS_i} \cdot Frac_{CNFA_i}) \cdot (1 - Frac_{BRÛLÉ_i} - Frac_{COMBUSTIBLE-RC_i} - Frac_{CNST-RC_i} - Frac_{FOURRAGE_i})] + \sum_j [(Culture_{BF_j} \cdot Rés_{BF_j} / Culture_{BF_j} \cdot Frac_{MS_j} \cdot Frac_{FBCA_j}) \cdot (1 - Frac_{BRÛLÉ_j} - Frac_{COMBUSTIBLE-RC_j} - Frac_{CNST-RC_j} - Frac_{FOURRAGE_j})]$$

L'Équation 4.29 permet d'utiliser des valeurs spécifiques à la culture pour les variables suivantes (tous les deux types de culture *i* et chaque type de culture fixatrice d'azote *j*) : (i) rapport de masse entre les résidus et le produit de cultures ($Rés_{AUTRE_i} / Culture_{AUTRE_i}$ et $Rés_{BF_j} / Culture_{BF_j}$) ; (ii) teneur en matière sèche de la biomasse aérienne ($Frac_{MS_i}$ et $Frac_{MS_j}$) ; (iii) teneur en azote de la biomasse aérienne ($Frac_{CNFA_i}$ et $Frac_{FBCA_j}$) ; (iv) fraction de résidus brûlés dans le champ avant ou après la récolte ($Frac_{BRÛLÉ_i}$ et $Frac_{BRÛLÉ_j}$) ; (v) fraction de résidus utilisés comme combustible ($Frac_{COMBUSTIBLE-RC_i}$ et $Frac_{COMBUSTIBLE-RC_j}$) ; (vi) fraction de résidus utilisés pour la construction ($Frac_{CNST-RC_i}$ et $Frac_{CNST-RC_j}$) ; et (vii) fraction de résidus utilisés comme fourrage ($Frac_{FOURRAGE_i}$ et $Frac_{FOURRAGE_j}$). Les valeurs par défaut conformes aux *bonnes pratiques* pour $Rés_{AUTRE_i} / Culture_{AUTRE_i}$, $Frac_{MS_i}$, et $Frac_{CNFA_i}$, pour certains types de cultures, sont indiquées au Tableau 4.16. On pourra utiliser ces valeurs en l'absence de données spécifiques au pays. Si l'on doit utiliser une valeur par défaut pour la teneur en azote des résidus pour un type de culture pour lequel le Tableau 4.16 n'indique pas de valeur, on peut utiliser les valeurs par défaut non spécifiques aux cultures fixatrices et non fixatrices d'azote indiquées au Tableau 4-19 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* (0,03 et 0,015 kg N/kg de matière sèche, respectivement).

Superficie des sols organiques cultivés (F_{SO}) : Selon la définition des *Lignes directrices du GIEC*, F_{SO} représente la superficie (en hectares) des sols organiques cultivés annuellement. Cette définition est applicable aux méthodes de Niveau 1a et de Niveau 1b.

4.7.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Deux facteurs d'émission sont nécessaires pour estimer les émissions directes de N₂O produites par les sols cultivés. Le premier (FE₁) indique la quantité de N₂O résultant des divers apports d'azote dans les sols, et le deuxième (FE₂) indique la quantité de N₂O résultant de la culture des sols organiques.

On utilisera, si possible, des facteurs d'émission spécifiques au pays qui refléteront les conditions particulières et les pratiques agricoles du pays. Ces facteurs d'émission devront être basés sur des mesures effectuées suffisamment souvent et pendant des périodes assez longues pour refléter la variabilité des processus biogéochimiques sous-jacents en fonction des techniques de mesures choisies, et devront être documentés dans des publications examinées par un comité de révision. Les *bonnes pratiques* pour le calcul des facteurs d'émission spécifiques au pays sont décrites dans l'Encadré 4.1.

¹⁴ Les *Lignes directrices du GIEC* présentent une valeur par défaut pour Frac_p de 0,45 qui n'est pas cohérente avec la valeur par défaut présentée pour les résidus et le produit de cultures aériens. Si Frac_p = 0,45, 55 pour cent des résidus plus la masse de produit de cultures sont égaux au produit. Cependant, si les résidus plus la masse de produit égalent 2 fois le produit de cultures, 50 pour cent des résidus plus la masse de produit de cultures sont égaux aux résidus.

En l'absence de facteurs d'émission spécifiques au pays, on pourra utiliser des facteurs d'émission d'autres pays aux conditions similaires en matière de gestion et de climat. S'il ne s'agit pas d'une catégorie de source clé (voir Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*) ou si l'on ne dispose pas des ressources nécessaires pour obtenir des facteurs d'émission spécifiques au pays ou à la région, on pourra utiliser des facteurs d'émission par défaut. Certains organismes chargés des inventaires utiliseront probablement les deux types de valeurs pour les facteurs d'émission lorsque ces derniers ne sont pas entièrement représentatifs de l'éventail des conditions en matière de gestion et de climat. Si l'on utilise des facteurs d'émission spécifiques au pays ou d'autres facteurs, la méthode utilisée pour leur calcul doit être clairement documentée.

Les facteurs d'émission par défaut conformes aux *bonnes pratiques* sont résumés au Tableau 4.17, *Facteurs d'émission par défaut actualisés pour l'estimation des émissions directes de N₂O produites par les sols cultivés*. La valeur par défaut pour FE₁ dans les *Lignes directrices du GIEC* est de 1,25 pour cent de l'azote appliqué aux sols. Ce facteur sera suffisant dans un grand nombre de cas. Cependant, dans le cas de l'utilisation d'engrais industriels sur des sols recevant déjà des apports de fumier organique, des données récentes mettent en évidence la possibilité d'émissions de N₂O plus importantes (Clayton *et al.*, 1997). À ce jour, dans l'attente de preuves supplémentaires, cette valeur par défaut continue d'être utilisée. Si un changement de la valeur est nécessaire, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera une forme plus détaillée de l'équation de base présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* pour s'assurer que les facteurs d'émission appropriés sont utilisés pour les différents apports d'azote.

La valeur par défaut de FE₂ présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* devra être actualisée en tenant compte des résultats de mesures plus récentes. Selon ces mesures, les facteurs d'émission pour les sols organiques aux latitudes moyennes sont plus élevés que les estimations précédentes (Klemedtsson *et al.*, 1999). Ces données indiquent qu'une valeur de 8, au lieu de 5, est appropriée pour FE₂ aux latitudes moyennes. Conformément à la méthode adoptée dans les *Lignes directrices du GIEC*, qui suppose des taux de minéralisation environ 2 fois plus élevés dans les climats tropicaux que dans les climats tempérés, le facteur d'émission FE₂ pour les climats tropicaux devra être de 16.

Facteur d'émission	Valeur par défaut du GIEC (FE ₁ en kg N ₂ O-N/kg N) (FE ₂ en kg N ₂ O-N/ha-an)	Valeur par défaut actualisée (FE ₁ en kg N ₂ O-N/kg N) (FE ₂ en kg N ₂ O-N/ha-an)
FE ₁ pour F _{EI}	1,25%	Pas de changement
FE ₁ pour F _{EI} dans le cas d'application sur des sols recevant déjà un apport d'engrais organique/fumier (épandage ou pâturage)	1,25%	Pas de changement
FE ₁ pour F _{FUMIER}	1,25%	Pas de changement
FE ₁ pour F _{FA}	1,25%	Pas de changement
FE ₁ pour F _{RC}	1,25%	Pas de changement
FE ₂ pour sols organiques à latitudes moyennes	5	8
FE ₂ pour sols organiques tropicaux	10	16

Source : *Lignes directrices du GIEC*, Klemedtsson *et al.* (1999), Clayton *et al.* (1997).

4.7.1.3 CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

Plusieurs types de données sur les activités sont nécessaires pour estimer les émissions directes de N₂O produites par les sols. Pour les apports d'azote anthropiques résultant de l'application d'engrais industriels (F_{EI}) et de fumier (F_{FUMIER}), ainsi que de la fixation d'azote biologique par les cultures (F_{FA}), de la minéralisation des résidus de cultures retournés aux sols (F_{RC}), et de la minéralisation de l'azote due à la culture des sols organiques (F_{SO}), les types et sources des données sur les activités et les points clés concernant l'application de méthodes (présentes ou futures) spécifiques au pays, voire à la culture, plus détaillées sont décrits ci-dessous. Même si l'on ne peut pas établir actuellement des estimations basées sur des facteurs d'émission spécifiques au pays ou à la culture, les *bonnes pratiques* consistent à obtenir des données détaillées, qui permettront, à l'avenir, une révision plus exacte des inventaires déjà établis lorsque ces facteurs d'émission seront disponibles.

F_{EI} : Les données nécessaires au calcul de F_{EI} sont N_{ENGRAIS} et Frac_{GAZ-ENGRAIS}.

- Les données sur la consommation d'engrais industriels (N_{ENGRAIS}) seront obtenues à partir des statistiques officielles (bureaux de statistiques nationales, etc.) par le biais de recensements annuels. En général, ces données seront obtenues sans difficulté. En l'absence de données spécifiques au pays, on pourra utiliser des données fournies par l'Association internationale de l'industrie des engrais (IFA, Paris ; www.fertiliser.org/stats.htm) sur la consommation totale d'engrais par type et par culture, ou par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO ; www.apps.fao.org) sur la consommation des engrais industriels. Il peut être utile de comparer des statistiques nationales à des bases de données internationales telles que celles de l'IFA et de la FAO. Si l'on dispose de suffisamment de données, les données relatives à N_{ENGRAIS} devront être ventilées par type d'engrais, type de culture et régime climatique pour les cultures principales.
- Pour la fraction d'azote qui se volatilise sous forme de NH₃ et de NO_x à partir des engrais artificiels appliqués (Frac_{GAZ-ENGRAIS}), on peut utiliser le taux de perte de 10 pour cent indiqué au Tableau 4-19 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC*. Mais ce taux de perte peut être extrêmement variable, et dépend du type d'engrais industriel, du mode d'application et du climat. Les organismes chargés des inventaires sont invités à utiliser des taux de pertes spécifiques au pays, correctement documentés.

F_{FUMIER} : Les *bonnes pratiques* en matière d'obtention des données pour le calcul de F_{FUMIER} à l'aide de l'équation de Niveau 1a ou de Niveau 1b ont été résumées ci-dessus. Quel que soit le mode d'estimation de F_{FUMIER}, il est conseillé de ventiler les données sur les quantités de fumier utilisées et les zones couvertes, par culture et par région climatique, si possible. Ces données peuvent être utiles pour le calcul de nouvelles estimations à l'aide de futures méthodes améliorées.

- La quantité totale d'azote excrété par la population animale d'un pays ($\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})$) est calculée en déterminant le nombre d'animaux dans un pays par espèce/catégorie (N_(T)) et en multipliant les taux d'excrétion d'azote pour chaque espèce/catégorie (Nex_(T)). Conformément aux *bonnes pratiques*, les données sur la population animale seront obtenues à l'aide de la méthode décrite à la Section 4.1, *Caractérisation de la population animale*, et devront être en accord avec la caractérisation de la population animale utilisée pour d'autres catégories de sources d'émission. De plus, les taux d'excrétion d'azote pour chaque espèce/catégorie devront être cohérents pour toutes les catégories de sources. Les *bonnes pratiques* pour le calcul de taux d'excrétion d'azote spécifiques au pays sont décrites à la Section 4.4, *Estimation des émissions de N₂O imputables à la gestion du fumier*. En l'absence de taux de $\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})$ spécifiques au pays, on utilisera des valeurs par défaut figurant au Tableau 4-20 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC*.
- Pour la fraction d'azote qui se volatilise sous forme de NH₃ et NO_x à partir du fumier (Frac_{GAZ-FUMIER}), on peut utiliser le taux de perte de 20 pour cent indiqué au Tableau 4-19 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC*. Ces pertes sont extrêmement variables et dépendent du type de fumier, du stockage, du mode d'application et du climat. L'utilisation de facteurs Frac_{GAZ-FUMIER} spécifiques au pays est recommandée, à condition que ceux-ci soient correctement documentés.
- Les quantités de fumier utilisées à des fins autres que l'engrais (représentées par Frac_{COMBUSTIBLE-FUMIER}, Frac_{PR}, et si l'on utilise l'équation de Niveau 1b, Frac_{CNST-FUMIER} Frac_{FOURRAGE-FUMIER}) peuvent être obtenues à partir de statistiques officielles ou d'une enquête effectuée par des experts. La valeur de Frac_{PR} utilisée dans ce calcul doit être en accord avec celle utilisée pour le calcul des émissions de N₂O produites par le pâturage dans la section sur la gestion du fumier.

ENCADRE 4.1

BONNES PRATIQUES EN MATIÈRE D'OBTENTION DE FACTEURS D'ÉMISSION SPÉCIFIQUES AU PAYS

En général, les *bonnes pratiques* exigent la mesure des émissions par sous-catégorie de source individuelle (à savoir, engrais industriel (F_{EI}), fumier (F_{FUMIER}), fixation d'azote par les cultures (F_{FA}), minéralisation des résidus de cultures (F_{RC}) et culture de sols organiques (F_{SO})). Pour que les facteurs d'émission soient représentatifs de l'environnement et des régimes de gestion d'un pays, des mesures doivent être effectuées dans les principales régions agricoles du pays, en toutes saisons, et, s'il y a lieu, dans des régions géographiques et géologiques différentes et pour différents régimes de gestion. Une sélection appropriée des régions et des régimes peut permettre de réduire le nombre d'emplacements à échantillonner pour obtenir une estimation fiable des flux. Des données cartographiques ou obtenues par télédétection peuvent être une base utile pour l'établissement de profils, avec utilisation de la variabilité d'un système ou d'un paysage. Des erreurs d'agrégation peuvent se produire si les mesures disponibles ne couvrent pas l'éventail des conditions relatives à l'environnement et à la gestion, et la variabilité climatique interannuelle. Des simulations validées, étalonnées et bien documentées peuvent être utiles pour déterminer des facteurs d'émission pour la moyenne régionale à partir de mesures (Smith *et al.*, 1999).

Pour ce qui est de la durée et de la fréquence des mesures, les mesures d'émissions devront être effectuées sur une année complète (y compris les périodes de jachère), et de préférence sur plusieurs années, afin de refléter les différences des conditions météorologiques et la variabilité climatique interannuelle. Ces mesures devront être effectuées au minimum une fois par jour, après toute perturbation importante susceptible d'augmenter les émissions par rapport aux niveaux naturels (pendant ou après des précipitations, après les labours ou l'application d'engrais, etc.). Des mesures moins fréquentes (une fois par jour ou moins) sont acceptables pendant des périodes où les émissions sont proches des niveaux naturels. Une bonne description des techniques de mesures disponibles figure dans AIEA (1992).

Afin de garantir l'exactitude des facteurs d'émission, les *bonnes pratiques* consistent à contrôler sur des emplacements représentatifs les facteurs susceptibles d'influer sur la variabilité interannuelle des émissions de N_2O . Ces facteurs incluent l'application d'engrais, les cultures antérieures, la texture des sols et le drainage, la température et l'humidité des sols. Une liste complète des facteurs influant sur la régulation de la formation, consommation et échange de N_2O entre les sols et l'atmosphère figure dans Firestone et Davidson (1989). Pour les émissions de N_2O provenant de la culture des sols organiques, on peut supposer que la fréquence des mesures ne doit pas être plus détaillée que celle pour les sols minéraux. La fréquence des mesures devra être en accord avec la fréquence des perturbations. Les émissions varieront probablement davantage entre les zones géographiques, en particulier entre différents systèmes de culture.

Le dépôt d'azote provenant de sources industrielles peut avoir pour effet des facteurs d'émission non représentatifs, mais ceci ne devrait pas être un problème important. En général, on calcule les facteurs d'émission en soustrayant les émissions d'un emplacement de contrôle (sans engrais) des émissions d'un emplacement recevant des engrais. Étant donné que le dépôt d'azote se produit sur les deux emplacements, on peut conclure que le dépôt d'azote n'est pas inclus dans le facteur d'émission calculé ; par conséquent, le facteur d'émission par défaut actuel est probablement correct.

On notera que les facteurs d'émission obtenus pour l'application d'engrais industriels et de fumier devront inclure des corrections pour la volatilisation. En d'autres termes, le facteur d'émission pour ces deux sous-sources devra représenter : $\text{kg } N_2O\text{-N émis} / (\text{kg N apport} - \text{kg N volatilisé})^{15}$.

¹⁵ C'est-à-dire : $\text{kg de } N_2O \text{ (sous forme de N) émis} / (\text{kg d'apport de N} - \text{kg de N volatilisé})$.

F_{FA} et F_{RC} : Les facteurs nécessaires au calcul de F_{FA} et F_{RC} à l'aide de la méthode de Niveau 1a sont Culture_{FA}, Culture_{AUTRE}, Frac_{FBCA}, Frac_{CNFA}, Frac_P, et Frac_{BRÛLÉ} :

- Culture_{BF} et Culture_{AUTRE}, Frac_{FBCA}, Frac_{CNFA}, Frac_P, et Frac_{BRÛLÉ} : En général, des données sur la production de cultures fixatrices d'azote (Culture_{FA}), et de cultures non fixatrices d'azote (Culture_{AUTRE}) peuvent être obtenues à partir de statistiques nationales. Si ces données ne sont pas disponibles, la FAO publie des données sur la production agricole (voir site Internet : www.apps.fao.org). Comme indiqué précédemment, la définition du terme Culture_{FA} doit être modifiée par rapport à la définition fournie dans les *Lignes directrices du GIEC*, afin de représenter les produits de toutes les cultures fixatrices d'azote, et non pas uniquement les rendements grainiers des légumineuses et du soja. Pour ce qui est de la fraction d'azote dans les cultures fixatrices d'azote (Frac_{FBCA}), les cultures non fixatrices (Frac_{CNFA}), et la fraction de résidus brûlés dans les champs (Frac_{BRÛLÉ}), des valeurs par défaut spécifiques aux cultures sont fournies au Tableau 4.16 du *Rapport sur les bonnes pratiques*, et des valeurs non spécifiques sont fournies au Tableau 4-19 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC*. La définition du terme Frac_P dans les *Lignes directrices du GIEC* devra être changée pour représenter la fraction de la biomasse totale aérienne qui est enlevée du champ en tant que produit de culture. De plus, comme indiqué précédemment, la valeur par défaut pour Frac_P indiquée au Tableau 4-19 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* ne correspond pas à la valeur par défaut « 2 » dans l'Équation 4.28. Si on utilise l'Équation 4.28 on devra utiliser une valeur de 0,50 pour Frac_P. Pour les fractions de résidus brûlés on utilisera les mêmes valeurs que celles utilisées dans la combustion des résidus de cultures.
- Des données supplémentaires sont nécessaires pour calculer F_{FA} et F_{RC} à l'aide de la méthode de Niveau 1b, à savoir Rés_{BF}/Culture_{BF}, Rés_{AUTRE}/Crop_{AUTRE}, Frac_{MS}, Frac_{COMBUSTIBLE}, Frac_{CNST}, Frac_{FOURRAGE}. En général, les données pour le calcul du rapport de masse résidus/produit de cultures pour les cultures fixatrices d'azote (Rés_{BF}/Culture_{BF}) et non fixatrices d'azote (Rés_{AUTRE}/Culture_{AUTRE}) peuvent être obtenues à partir de statistiques nationales. On utilisera, si possible, des valeurs spécifiques aux cultures en raison de la variabilité entre les cultures. Si des données nationales ne sont pas disponibles, on pourra utiliser les valeurs par défaut Rés_{BF}/Culture_{BF} et Rés_{AUTRE}/Culture_{AUTRE} figurant au Tableau 4.16 du *Rapport sur les bonnes pratiques*. Si possible, on utilisera également des valeurs spécifiques aux types de cultures pour la teneur en matière sèche de la biomasse aérienne (Frac_{MS}) pour les deux types de cultures à partir de statistiques nationales. En l'absence de données, on utilisera les valeurs par défaut indiquées au Tableau 4.16. Pour les fractions de résidus utilisées comme combustible (Frac_{COMBUSTIBLE}), pour la construction (Frac_{CNST}), et pour la production de fourrage (Frac_{FOURRAGE}), on utilisera de préférence des valeurs spécifiques au pays, et les valeurs pour Frac_{COMBUSTIBLE} devront être en accord avec celles utilisées pour les calculs énergétiques.

On notera également que la méthode des *Lignes directrices du GIEC* pour l'inclusion des résidus de cultures ne tient pas compte de la contribution de la biomasse racinaire de la récolte. Idéalement, les deux types de biomasse, aérienne et racinaire, doivent être pris en compte pour inclure l'azote de la totalité de la plante, mais il est difficile d'estimer la biomasse racinaire. Pour les cultures fixatrices d'azote, la méthode des *Lignes directrices du GIEC* n'inclut pas la biomasse racinaire car on suppose que l'azote contenu dans la partie aérienne de la plante (produit de culture + pousses) est une donnée indirecte pour les émissions de N₂O associées à la fixation d'azote dans le système racinaire et la croissance vers l'extérieur.

F_{SO} : On obtiendra des données sur la superficie (en hectares) des sols organiques cultivés annuellement (F_{SO}) à partir de statistiques nationales officielles. Si cette source n'est pas disponible, on pourra utiliser des données fournies par la FAO.

4.7.1.4 EXHAUSTIVITE

La couverture complète de cette catégorie de source nécessite l'estimation des émissions pour tous les apports et activités anthropiques (F_{EL}, F_{FUMIER}, F_{FA}, F_{RC}, et F_{SO}, F_{BOUES}), s'il y a lieu. L'expérience montre que toutes ces sous-catégories seront incluses dans les inventaires, en dépit des difficultés rencontrées par les pays pour obtenir des statistiques exactes pour toutes les sous-catégories, en particulier les quantités de résidus de cultures (par types de cultures) retournés aux sols, et la superficie des sols organiques cultivés.

La méthode actuelle du GIEC ne tient pas compte explicitement de plusieurs activités susceptibles d'augmenter les émissions de N₂O, notamment :

- La consommation d'engrais organiques commerciaux et non commerciaux autres que le fumier, les résidus de cultures et les boues d'épuration ;
- La production de cultures fourragères fixatrices d'azote, telles que l'alfalfa ;
- La production de mélanges d'herbages et de fourrage fixateur d'azote ;

- L'utilisation de cultures de couverture (cultures-appâts) plantées comme engrais vert pour réduire la lixiviation de l'azote après les récoltes ;
- Le labour des pâturages ;
- L'utilisation de bâches en plastique sur les sols en horticulture ;
- Le dépôt d'azote sur les sols cultivés provenant de sources industrielles (voir Encadré 1: *Bonnes pratiques* en matière d'obtention de facteurs d'émission spécifiques au pays).

Il convient d'examiner ces activités, s'il y a lieu, et d'obtenir des données nationales à leur sujet. Pour certaines d'elles, les informations disponibles permettent de les inclure facilement dans les inventaires nationaux. Pour les engrais organiques commerciaux et non commerciaux on peut utiliser les valeurs par défaut du facteur d'émission pour l'azote appliqué et de la fraction d'azote volatilisé imputable au fumier. Pour les cultures fourragères fixatrices d'azote, on peut faire appel à la méthode recommandée par les *bonnes pratiques* pour la fixation biologique de l'azote, en utilisant la matière sèche de la récolte comme mesure de la biomasse aérienne totale. Pour les cultures de couverture (cultures-appâts), on peut utiliser la méthode recommandée par les *bonnes pratiques* pour les résidus de cultures. D'autres recherches seront nécessaires pour obtenir des données sur les flux nécessaires au calcul des facteurs d'émission pour les pâturages mixtes d'herbages et de légumineuses, le labour des pâturages et l'utilisation de bâches en plastique en horticulture.

4.7.1.5 ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Idéalement, on devra utiliser la même méthode pour toutes les années de la série temporelle. Cependant, il est probable que les détails et la ventilation des estimations d'émissions pour cette catégorie de source s'amélioreront dans le temps. En l'absence de certaines données historiques, on devra peut-être les estimer à partir d'autres références ou données. On pourra, par exemple, obtenir des données annuelles sur les superficies des sols organiques cultivés par interpolation à partir d'une série temporelle plus longue, basée sur les tendances à long terme (à partir de statistiques décennales sur une période de vingt ou trente ans, par exemple). De même, on devra peut-être faire appel à l'opinion d'experts pour calculer les quantités de résidus de cultures inclus annuellement. Pour des conseils généraux sur les *bonnes pratiques* à observer pour assurer la cohérence des séries temporelles, voir le Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3.2.2.

Il est important que les méthodes utilisées reflètent les mesures adoptées pour diminuer les émissions et que les méthodes et les résultats soient bien documentés. Si la mise en œuvre de ces mesures a un effet direct sur les données sur les activités (une augmentation de l'efficacité des engrais entraînant une diminution de la consommation d'engrais, par exemple), les incidences de ces mesures sur les émissions seront transparentes, en supposant que les données sur les activités sont bien documentées. Si ces mesures ont un effet indirect sur les données sur les activités ou sur les facteurs d'émission (une modification de l'alimentation animale visant à améliorer la productivité animale entraînant une variation des taux d'excrétions par tête de bétail, par exemple), ces incidences devront être reflétées par les données des inventaires. Le texte de l'inventaire devra expliquer complètement l'effet des mesures sur les données sous-jacentes à l'inventaire.

4.7.1.6 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les incertitudes relatives aux estimations des émissions directes de N₂O produites par les sols cultivés sont liées aux incertitudes sur les facteurs d'émission et les données sur les activités, à l'insuffisance des mesures, à l'agrégation spatiale et à l'absence de données sur des pratiques agricoles spécifiques. Par ailleurs, l'incertitude d'un inventaire sera plus élevée si les mesures des émissions utilisées ne sont pas représentatives de toutes les conditions dans un pays. Pour des mesures conformes aux *bonnes pratiques* pour des émissions directes de N₂O par des sols pour une sous-catégorie spécifique (Smith *et al.*, 1999), l'incertitude associée est de l'ordre de 25 pour cent. En général, la fiabilité des données sur les activités sera plus élevée que celle des facteurs d'émission. D'autres incertitudes peuvent résulter, par exemple, d'une absence de données sur l'observation des lois et des réglementations sur la manipulation et l'application d'engrais et de fumier, et l'évolution de la gestion agricole. En général, il est difficile d'obtenir des informations sur l'observation réelle des lois et sur les réductions d'émissions potentielles, ainsi que sur les pratiques agricoles.

Des données récentes (Smith *et al.*, 1999 ; Mosier et Kroeze, 1999) indiquent que les facteurs d'émission mesurés pour N₂O produit par l'azote appliqué ont une distribution asymétrique plus proche de log-normale que de normale, avec une plage de l'ordre de 0,1 pour cent à 10 pour cent. La meilleure estimation de la limite de confiance de 95 pour cent se situe entre un cinquième et 5 fois la valeur par défaut du facteur d'émission de 1,25 pour cent, c'est-à-dire entre environ 0,25 pour cent et 6 pour cent.

Pour les histosols, la plage d'incertitude est entre 1 et 80 kg N₂O-N ha⁻¹an⁻¹ pour les sols à latitudes moyennes et 5 à >100 kg N₂O-N ha⁻¹an⁻¹ pour les histosols tropicaux.

Étant donné que les incertitudes pour cette catégorie de source sont dues à un grand nombre de facteurs, il convient d'estimer l'incertitude en faisant appel à l'opinion d'experts, basée sur des données sur les sources d'erreur. Le Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, fournit des conseils sur la quantification des incertitudes en pratique, y compris l'application de l'analyse Monte Carlo.

4.7.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*.

Les émissions de N₂O produites par les sols cultivés (directes – sols, directes – élevage sur pâturages, et indirectes) sont présentées sous forme agrégée dans la catégorie « Agriculture » du GIEC. Ces trois catégories de source devront être présentées séparément dans les rapports d'inventaires. De plus, pour améliorer la transparence de la présentation, on présentera des estimations d'émissions pour cette catégorie de source par les éléments suivants :

- Consommation d'engrais industriels ;
- Application de fumier (autre que l'utilisation comme engrais commercial) ;
- Cultures de légumineuses (fixatrices d'azote) ;
- Inclusion des résidus de cultures ;
- Culture de sols organiques.

Tout autre élément (engrais organique commercial, etc.) devra être présenté séparément. Outre les feuilles de calculs requises pour la présentation, les données suivantes seront également nécessaires pour documenter l'estimation :

- **Données sur les activités** : Les sources de toutes les données utilisées dans les calculs (référence complète pour la base de données statistiques source de données), et, si les données ne proviennent pas directement de ces bases de données, l'information et les hypothèses utilisées pour obtenir les données sur les activités. Cette documentation devra inclure la fréquence de la collecte des données, et les estimations d'exactitude et de précision.
- **Facteurs d'émission** : Les sources des facteurs d'émission utilisés (valeurs par défaut spécifiques du GIEC ou autres valeurs). Pour les inventaires utilisant des facteurs d'émission spécifiques au pays ou à la région ou de nouvelles méthodes (autres que celles décrites dans les *Lignes directrices du GIEC*), on devra documenter la base scientifique de ces facteurs d'émission et de ces méthodes. La documentation devra inclure des définitions des paramètres d'entrées décrivant le processus d'obtention de ces facteurs d'émission et de ces méthodes, et la description des sources et des plages d'incertitudes.
- **Émissions** : Les variations interannuelles significatives des émissions devront être expliquées. On devra distinguer entre les variations interannuelles des niveaux d'activité et les variations des facteurs d'émission, et les raisons de ces variations devront être documentées. L'utilisation de facteurs d'émission différents pour différentes années devra être expliquée et documentée.

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

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de contrôle de la qualité pour inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. On peut également effectuer d'autres contrôles de la qualité, indiqués dans les Procédures de Niveau 2 du Chapitre 8, et mettre en œuvre des procédures d'assurance de la qualité, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour l'estimation des émissions dues à cette catégorie de source.

Conformément aux *bonnes pratiques*, la vérification générale du traitement, de la manipulation et de la présentation des données pourra être accompagnée de procédures spécifiques aux catégories de source indiquées ci-dessous. Les personnes chargées d'obtenir les données devront vérifier les méthodes de collecte de données, ainsi que les données recueillies pour s'assurer qu'elles sont collectées et agrégées ou ventilées correctement, et

devront s'assurer que ces données sont raisonnables, en les comparant aux données pour d'autres années. Les bases des estimations, qu'il s'agisse d'études statistiques ou d'estimations théoriques, devront être examinées et décrites dans le cadre du contrôle de la qualité. La documentation est un élément crucial du processus de vérification car elle permet d'identifier les erreurs et de proposer des améliorations.

Examen des facteurs d'émission

- L'organisme chargé de l'inventaire devra examiner les facteurs d'émission par défaut et documenter les raisons du choix de valeurs spécifiques.
- Dans le cas de l'utilisation de facteurs spécifiques au pays, l'organisme chargé de l'inventaire devra les comparer aux facteurs par défaut du GIEC, et, si possible, aux facteurs d'émission spécifiques au pays utilisés par d'autres pays dont les circonstances sont similaires. Les divergences entre les facteurs spécifiques et par défaut ou les facteurs nationaux d'autres pays devront être expliquées et documentées.

Examen des mesures directes

- Si les facteurs utilisés sont basés sur des mesures directes, l'organisme chargé de l'inventaire devra examiner les mesures pour s'assurer qu'elles sont représentatives de l'éventail réel des conditions en matière d'environnement et de gestion des sols, et de la variabilité climatique interannuelle, et qu'elles ont été effectuées conformément à des normes reconnues (AIEA, 1992).
- Le protocole d'assurance de la qualité/contrôle de la qualité en vigueur sur les emplacements devra être examiné et les estimations obtenues comparées entre les emplacements et par rapport aux estimations basées sur des valeurs par défaut.

Vérification des données sur les activités

- L'organisme chargé de l'inventaire devra comparer les données spécifiques au pays sur la consommation d'engrais industriels aux données de l'Association internationale de l'industrie des engrais sur l'utilisation des engrais et les estimations de la FAO sur la consommation des engrais industriels.
- L'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que les données sur l'excrétion d'azote correspondent à celles utilisées pour la catégorie de source Systèmes de gestion du fumier.
- Les statistiques nationales sur les cultures devront être comparées aux statistiques sur les cultures publiées par la FAO.
- L'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que l'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité décrits à la Section 4.1 pour la caractérisation de la population animale ont été mis en œuvre et qu'une caractérisation cohérente est utilisée pour toutes les sources.
- Il devra comparer les valeurs spécifiques au pays pour différents paramètres et les valeurs par défaut du GIEC.

Examen externe

- L'organisme chargé de l'inventaire devra effectuer un examen par des tiers experts lors de l'adoption ou de la révision de la méthode. Étant donné la complexité et le caractère unique des paramètres utilisés pour calculer les facteurs spécifiques au pays pour ces catégories, la participation de spécialistes dans ces domaines est indispensable pour effectuer ces examens.

4.8 EMISSIONS INDIRECTES DE N₂O RESULTANT DE L'AZOTE UTILISE EN AGRICULTURE

L'oxyde nitreux (N₂O) est produit naturellement dans les sols et les milieux aquatiques par des processus microbiens de nitrification et dénitrification. Un certain nombre d'activités agricoles et autres ajoutent de l'azote (N) dans les sols et les milieux aquatiques, et augmentent la quantité d'azote disponible pour la nitrification et la dénitrification, et, à terme, le volume des émissions de N₂O. Les émissions de N₂O dues aux émissions d'azote d'origine anthropique se produisent par voie directe (directement après apport d'azote dans les sols) et par voies indirectes, dont la lixiviation et les écoulements de l'azote émis dans les milieux aquatiques, et la volatilisation de l'azote appliqué sous forme d'ammoniac (NH₃) et d'oxydes d'azote (NO_x) suivie du dépôt d'ammonium (NH₄) et de NO_x dans les sols et dans l'eau.

4.8.1 Méthodologie

Les *Lignes directrices du GIEC* présentent des méthodes d'estimation des émissions directes et indirectes de N₂O. Cette section contient des conseils sur les *bonnes pratiques* à observer pour estimer les émissions indirectes de N₂O ; les émissions directes sont examinées à la Section 4.7. Les émissions indirectes provenant des milieux aquatiques et des sols cultivés sont examinées à la Section 4.5.4 du Manuel de référence *des Lignes directrices du GIEC*. La méthode pour l'estimation des émissions indirectes de N₂O résultant de l'évacuation de déchets dans les rivières et les estuaires, est également décrite dans cette section, bien que les émissions soient présentées dans la catégorie « Déchets ».

4.8.1.1 CHOIX DE LA METHODE

La méthode décrite dans les *Lignes directrices du GIEC* pour le calcul des émissions indirectes de N₂O provenant de l'azote utilisé en agriculture décrit cinq voies séparées par lesquelles les apports d'azote anthropiques deviennent disponibles pour la formation de N₂O :

- Dépôt de NO_x et d'ammonium (NH₄)¹⁶ atmosphériques dans les sols, résultant, entre autres, de la volatilisation des apports azotés dans les sols, ainsi que de la combustion et des procédés industriels ;
- Lixiviation et écoulements d'azote résultant de l'application ou du dépôt d'azote dans les sols ;
- Élimination de l'azote présent dans les eaux usées ;
- Formation de N₂O dans l'atmosphère à partir des émissions de NH₃ d'origine anthropique ;
- Élimination des effluents industriels des centres de traitement alimentaire et autres.

Pour ces cinq sources, les *Lignes directrices du GIEC* décrivent des méthodes d'estimation des émissions provenant de : (i) la fraction des dépôts atmosphériques de NO_x et d'ammonium (NH₄) associés à l'azote provenant des engrais industriels et du fumier utilisés ; (ii) la fraction d'azote provenant des engrais industriels et du fumier perdue par lixiviation et écoulements ; et (iii) l'azote présent dans les eaux usées évacuées dans les rivières et estuaires. Il n'existe pas actuellement de méthode permettant d'estimer la conversion de NH₃ en N₂O dans l'atmosphère. L'équation de base indiquée dans les *Lignes directrices du GIEC* pour estimer les émissions indirectes de N₂O (N₂O_{indirect}) d'un pays (kg N/an) est la suivante :

ÉQUATION 4.30

EMISSIONS INDIRECTES DE N₂O

$$N_2O_{\text{indirect-N}} = N_2O_{(G)} + N_2O_{(L)} + N_2O_{(D)}$$

où :

$$N_2O_{\text{indirect-N}} = \text{Émissions de N}_2\text{O, en unités d'azote}$$

¹⁶ Les *Lignes directrices du GIEC* font référence au « dépôt atmosphérique de NO_x et NH₃ », mais, en réalité, le processus fait intervenir la volatilisation de l'azote appliqué (ou émissions gazeuses directes d'azote) sous forme d'oxydes d'azote (NO_x) et d'ammoniac (NH₃), les transformations de ces gaz dans l'atmosphère (ou après dépôt) et le dépôt ultérieur sous forme de NO_x, acide nitrique (HNO₃), et de particules d'ammonium (NH₄). Le NO_x est souvent hydrolysé dans l'atmosphère ou après dépôt pour former du HNO₃, alors que le gaz NH₃ se combine en général avec l'acide nitrique atmosphérique ou l'acide sulfurique (H₂SO₄) pour former des aérosols de nitrate d'ammonium et de sulfate d'ammonium, et est donc transformé en particules d'ammonium (NH₄).

$N_2O_{(G)} = N_2O$ produit par la volatilisation de l'azote d'engrais industriels et du fumier, et par son dépôt atmosphérique ultérieur sous forme de NO_x et NH_4 (kg N/an)

$N_2O_{(L)} = N_2O$ produit par la lixiviation et les écoulements de l'azote d'engrais industriels et de fumier (kg N/an)

$N_2O_{(D)} = N_2O$ produit par l'azote des eaux usées domestiques évacuées dans les rivières ou estuaires (kg N/an)¹⁷

La conversion des émissions de N_2O-N en émissions de N_2O , nécessaire à la présentation, est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$N_2O = N_2O-N \cdot 44/28$$

L'application de la méthode d'estimation nécessite le calcul de la quantité de N_2O produite par chaque voie indirecte. Les *bonnes pratiques* en matière d'application des *Lignes directrices du GIEC* sont indiquées ci-dessous afin de préciser la méthode et assurer la cohérence et l'exhaustivité entre les catégories de source. Le choix de la méthode conforme aux *bonnes pratiques* est illustré par le Diagramme décisionnel à la Figure 4.8, *Diagramme décisionnel pour les émissions indirectes de N_2O résultant de l'azote utilisé en agriculture*.

Les termes Niveau 1a et Niveau 1b sont utilisés dans le *Rapport sur les bonnes pratiques*, Sous-sections 4.7 et 4.8, pour différencier entre les équations présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* (Niveau 1a) et les nouvelles équations (Niveau 1b) décrites dans le présent rapport. Les équations de Niveau 1b sont plus précises en raison de l'expansion des termes qu'elles contiennent. Cependant, bien que des équations de Niveau 1b soient préférables, les données sur les activités nécessaires à leur utilisation peuvent ne pas être disponibles, auquel cas, on utilisera les équations de Niveau 1a. On pourra également estimer les émissions en associant les équations de Niveau 1a et de Niveau 1b pour diverses sous-catégories de source, en fonction de la disponibilité des données sur les activités. Dans certains cas, il n'existe pas d'équations de Niveau 1b car l'affinement de l'équation dans les *Lignes directrices du GIEC* n'a pas été jugé nécessaire.

Dépôt atmosphérique de NO_x et NH_4 ($N_2O_{(G)}$) : Le dépôt atmosphérique de composés azotés, tels que les oxydes nitreux (NO_x) et l'ammonium (NH_4), fertilise les sols et les eaux de surface, ce qui augmente la formation biogénique de N_2O . Selon les *Lignes directrices du GIEC*, la quantité d'azote utilisé dans l'agriculture volatilisé puis déposé dans les sols est égale à la quantité totale d'azote des engrais appliqués aux sols (N_{ENGRAIS}) plus la quantité totale d'azote du fumier excrété dans le pays ($\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})$) multiplié par les facteurs de volatilisation appropriés.¹⁸ On multiplie ensuite l'azote volatilisé par un facteur d'émission pour le dépôt atmosphérique (FE_4) pour obtenir l'estimation des émissions de $N_2O_{(G)}$.

L'équation dans les *Lignes directrices du GIEC* est la suivante :

ÉQUATION 4.31

N_2O RESULTANT DU DEPOT ATMOSPHERIQUE D'AZOTE (NIVEAU 1A)

$$N_2O_{(G)}-N = [(N_{\text{ENGRAIS}} \cdot \text{Frac}_{\text{GAZ-ENGRAIS}}) + (\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)}) \cdot \text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}})] \cdot FE_4$$

où¹⁹ :

$N_2O_{(G)} = N_2O$ résultant du dépôt atmosphérique de N, kg N/an

$N_{\text{ENGRAIS}} =$ quantité totale d'engrais industriels azotés appliqués aux sols, kg N/an²⁰

$\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)}) =$ quantité totale d'azote du fumier excrété dans un pays, kg N/an

$\text{Frac}_{\text{GAZ-ENGRAIS}} =$ fraction d'azote des engrais industriels qui se volatilise sous forme de NH_3 et de NO_x , kg NH_3-N et NO_x-N /kg d'apport de N

$\text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}} =$ fraction d'azote du fumier qui se volatilise sous forme de NH_3 et NO_x , kg NH_3-N et NO_x-N /kg d'azote excrété

$FE_4 =$ facteur d'émission pour les émissions de N_2O résultant du dépôt atmosphérique d'azote dans les sols et les eaux de surface, kg N_2O-N /kg NH_3-N et NO_x-N émis

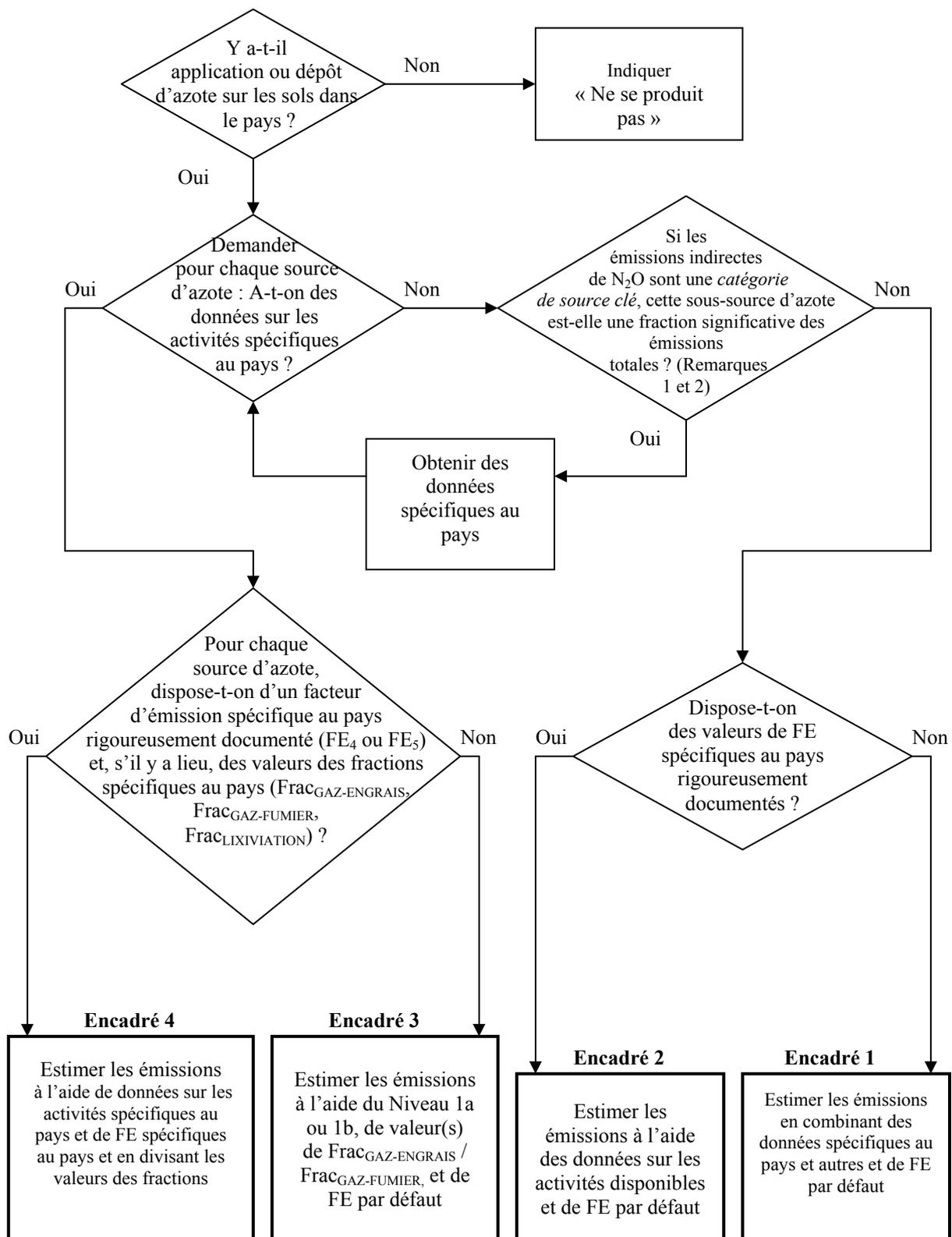
¹⁷ L'oxyde nitreux produit par les eaux usées domestiques ($N_2O_{(S)}$) est présenté dans le secteur « Déchets ».

¹⁸ Dans cette partie des *Lignes directrices du GIEC*, la variable Nex est utilisée pour la quantité totale de fumier produit. Afin d'être conforme aux *bonnes pratiques* à la Section 4.4, cette variable est à présent intitulée $\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})$.

¹⁹ Se reporter à la Section 4.7 pour plus d'informations sur tous ces termes, à l'exception de FE_4 .

²⁰ La définition de N_{ENGRAIS} en tant qu'engrais industriel azoté appliqué couvrirait l'application aux sols forestiers.

Figure 4.8 Diagramme décisionnel pour les émissions indirectes de N₂O résultant de l'azote utilisé en agriculture



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

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

L'utilisation de l'Équation 4.31 est conforme aux *bonnes pratiques*. Cependant, si des données plus détaillées sont disponibles, on peut effectuer une estimation plus complète.

En premier lieu, on peut étendre les données sur les activités utilisées pour estimer $N_2O_{(G)}$ et inclure d'autres formes d'azote appliqué à *tous* les sols, et non pas seulement les applications d'engrais industriels et de fumier sur les sols cultivés. Les boues d'épuration, par exemple, qui constituent une autre forme d'azote organique, sont souvent appliquées sur les sols à titre d'engrais ou à titre d'élimination des boues. L'azote des boues d'épuration (N_{BOUES}) peut être inclus dans ce calcul si l'on dispose de suffisamment de données.²¹ L'apport de boues devra être mesuré en unités de N et multiplié par le facteur de volatilisation utilisé pour l'azote du fumier, $Frac_{GAZ-FUMIER}$. L'équation obtenue pour estimer la quantité de N_2O produite par le dépôt atmosphérique, dite $N_2O_{(G-SOL)}$, est la suivante :

ÉQUATION 4.32

N_2O PRODUIT PAR LE DEPOT ATMOSPHERIQUE D'AZOTE (NIVEAU 1B)

$$N_2O_{(G-SOL)}-N = \{ (N_{ENGRAIS} \cdot Frac_{GAZ-ENGRAIS}) + [\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)}) + N_{BOUES}] \cdot Frac_{GAZ-FUMIER} \} \cdot FE_4$$

Cette équation permettra une prise en compte plus complète des émissions de N_2O provenant de la volatilisation des apports d'azote dans les sols. Ces émissions devront être présentées dans le Secteur « Agriculture ».

En second lieu, on peut tenir compte d'autres sources d'azote déposé dans les sols $N_2O_{(G-i)}$. On peut estimer $N_2O_{(G-i)}$ si l'on dispose de données permettant d'inclure l'azote déposé provenant d'autres activités anthropiques associées à l'agriculture qui produisent du NO_x et du NH_3 , notamment des données sur les émissions de NO_x et de NH_3 (en unités d'azote) résultant du brûlage dirigé des savanes et du brûlage sur place des résidus de cultures.²²

L'Équation 4.33 représente la méthode conforme aux *bonnes pratiques* pour l'estimation des émissions de N_2O produites par ces sous-catégories indirectes supplémentaires associées à l'agriculture. Pour chaque sous-catégorie, 'i,' (brûlage dirigé des savanes et brûlage sur place des résidus de cultures) la quantité d'azote émis en tant que NO_x et NH_3 est multipliée par FE_4 .

ÉQUATION 4.33

N_2O RESULTANT D'AUTRES SOUS-SOURCES INDIRECTES

$$N_2O_{(G-i)}-N = (NO_{x-i} + NH_{3-i}) \cdot FE_4$$

La méthode d'estimation pour ces sous-catégories supplémentaires d'émissions indirectes de N_2O est présentée ici, mais les estimations doivent être présentées dans le secteur où l'activité source est présentée.

Lixiviation/écoulements d'azote appliqué ou déposé ($N_2O_{(L)}$) : Une proportion importante des émissions d'azote provient des sols cultivés par le biais de la lixiviation et des écoulements. Cet azote pénètre dans les eaux souterraines, les zones riveraines et les zones humides, les rivières et, finalement, dans les océans, où il renforce la production biogénique de N_2O . Pour estimer la quantité d'azote appliqué émise par lixiviation et écoulements ($N_{LIXIVIATION}$), à l'aide de la méthode des *Lignes directrices du GIEC*, la quantité totale d'azote des engrais industriels ($N_{ENGRAIS}$) appliqués aux sols et la quantité totale d'azote excrété par les animaux dans le pays ($\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})$) sont ajoutées puis multipliées par la fraction d'azote perdue par lixiviation et écoulements ($Frac_{LIXIVIATION}$). On multiplie ensuite $N_{LIXIVIATION}$ par le facteur d'émission pour lixiviation/écoulements (FE_5) pour obtenir les émissions de N_2O en unités de N, $N_2O_{(L)}$. L'équation présentée dans les *Lignes directrices du GIEC* est donc :

²¹ Étant donné l'absence de données par défaut pour ce nouveau paramètre N_{BOUES} , ou de recommandations sur la collecte de ces données, cet affinement ne doit être utilisé que si l'on dispose de données fiables spécifiques au pays. On notera que les données sur les boues d'épuration utilisées pour estimer les émissions indirectes de N_2O devront être les mêmes que celles utilisées pour les estimations des émissions directes de N_2O (voir Section 4.7).

²² Une complication relative à l'estimation des émissions de N_2O dues aux dépôts atmosphériques concerne le fait qu'une fraction significative de NO_x et de NH_3 peut être déposée dans l'océan, où FE_4 n'est probablement pas applicable et pour lequel on ne dispose que de peu d'informations pour définir un facteur d'émission plus approprié. Ceci est particulièrement problématique pour le NO_x , qui a une durée de vie atmosphérique plus longue que NH_3 et qui sera plus probablement transporté loin de sa source (Smil, 1999). Pour le moment, on suppose un dépôt terrestre de la totalité de NO_x et de NH_3 .

ÉQUATION 4.34

AZOTE DEPOSE PAR LIXIVIATION/ÉCOULEMENTS²³

$$N_2O_{(L)}-N = [N_{\text{ENGRAIS}} + \sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})] \cdot \text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}} \cdot FE_5$$

Conformément aux *bonnes pratiques*, cette méthode de base doit être affinée pour prendre en compte uniquement la fraction d'azote provenant du fumier appliqué sur les sols (voir Section 4.7).²⁴ Telle qu'elle est définie actuellement, l'équation surestimerait les émissions de N₂O imputables à cette source car elle ne réduit pas la quantité totale d'azote du fumier produit dans un pays ($\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})$) par les quantités non appliquées aux sols (c'est-à-dire les quantités utilisées comme combustible (Frac_{COMBUSTIBLE-FUMIER}), fourrage (Frac_{FOURRAGE-FUMIER}), et construction (Frac_{CNST-FUMIER})).²⁵ L'Équation 4.35 représente l'équation corrigée :

ÉQUATION 4.35

AZOTE DEPOSE PAR LIXIVIATION/ÉCOULEMENTS (AVEC EXPANSION POUR FUMIER)

$$N_2O_{(L)}-N = N_{\text{ENGRAIS}} + \left\{ \sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)}) \cdot [1 - (\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-FUMIER}} + \text{Frac}_{\text{FOURRAGE-FUMIER}} + \text{Frac}_{\text{CNST-FUMIER}})] \right\} \cdot \text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}} \cdot FE_5$$

Comme pour les estimations de N₂O_{G-SOL}, si des données sont disponibles, on doit inclure dans l'estimation les émissions indirectes associées à l'épandage des boues d'épuration sur les sols (Niveau 1b). Dans ce cas, le terme N₂O_(L) devient N₂O_{L-SOL} et l'équation pour l'estimation des émissions indirectes de N₂O résultant de la lixiviation et des écoulements d'azote est la suivante :

ÉQUATION 4.36

AZOTE DEPOSE PAR LIXIVIATION/ÉCOULEMENTS (AVEC EXPANSION POUR BOUES D'ÉPURATION)

$$N_2O_{(L-SOL)}-N = (N_{\text{ENGRAIS}} + \left\{ \sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)}) \cdot [1 - (\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-FUMIER}} + \text{Frac}_{\text{FOURRAGE-FUMIER}} + \text{Frac}_{\text{CNST-FUMIER}})] \right\} + N_{\text{BOUES}}) \cdot \text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}} \cdot FE_5$$

On notera que pour l'estimation de l'azote du fumier appliqué aux sols, on devra peut-être effectuer un calcul pour chaque grande espèce/catégorie animale 'i' car les fractions de fumier utilisé en tant que combustible, fourrage et construction ne seront peut-être pas constantes pour toutes les espèces/catégories. Dans ce cas, l'Équation 4.36 devra être modifiée comme suit :

ÉQUATION 4.37

AZOTE DEPOSE PAR LIXIVIATION/ÉCOULEMENTS (AVEC EXPANSION POUR GRANDES ESPÈCES /CATEGORIES)

$$N_2O_{(L-SOL)}-N = \left\{ N_{\text{ENGRAIS}} + \sum_i(N_{(\text{EX})_i} \cdot [1 - (\text{Frac}_{(\text{COMBUSTIBLE-FUMIER})_i} + \text{Frac}_{(\text{FOURRAGE-FUMIER})_i} + \text{Frac}_{(\text{CNST-FUMIER})_i})] + N_{\text{BOUES}} \right\} \cdot \text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}} \cdot FE_5$$

Les estimations obtenues avec les Équations 4.35, 4.36, et 4.37 devront être présentées dans la catégorie Émissions résultant des sols cultivés dans le secteur « Agriculture ».

On peut étendre le terme N₂O_(L) de façon à inclure d'autres sources d'azote déposé sur les sols N₂O_(L-i). On peut estimer N₂O_(G-i) si l'on dispose de données permettant d'inclure les dépôts azotés provenant d'autres activités anthropiques associées à l'agriculture qui produisent du NO_x et du NH₃, notamment des données sur les émissions de NO_x et de NH₃ (en unités d'azote) résultant du brûlage dirigé des savanes et du brûlage sur place des résidus de cultures.

L'Équation 4.38 représente la méthode, conforme aux *bonnes pratiques*, à utiliser pour estimer les émissions de N₂O par ces sous-catégories de source supplémentaires. Pour chaque 'i' (c'est-à-dire le brûlage dirigé des

²³ L'Équation 4.34 combine les équations pour N_{LIXIVIATION} et N₂O_(L) fournies par les *Lignes directrices du GIEC*.

²⁴ Grâce à cette correction, les estimations établies pour cette source correspondent à celles établies pour les émissions directes de N₂O provenant des sols cultivés, décrites à la Section 4.7.

²⁵ On notera que dans l'Équation 4.35, la fraction d'azote produit par les engrais industriels ou le fumier et volatilisé n'est pas prise en compte. Ceci n'est pas un oubli, mais reflète plutôt l'hypothèse selon laquelle cet azote, une fois re-déposé sur les sols, est soumis à la lixiviation.

savanes et le brûlage des résidus de cultures), la quantité d'azote émise sous forme de NO_x et de NH_3 est multipliée par $\text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}}$ et FE_5 .

ÉQUATION 4.38

AZOTE DEPOSE PAR LIXIVIATION/ÉCOULEMENTS (AVEC EXPANSION POUR SOUS-SOURCES INDIRECTES SUPPLEMENTAIRES)

$$\text{N}_2\text{O}_{(\text{L-i})}\text{-N} = (\text{NO}_{x-i} + \text{NH}_{3-i}) \bullet \text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}} \bullet \text{FE}_5$$

La méthode d'estimation pour ces sous-catégories supplémentaires d'émissions indirectes de N_2O est présentée ici, mais les estimations doivent être présentées dans le secteur où l'activité source est présentée.

Consommation domestique suivie du traitement des eaux usées ($\text{N}_2\text{O}_{(\text{S})}$): La consommation alimentaire domestique entraîne la production d'eaux usées, lesquelles peuvent être traitées dans des systèmes à fosses septiques ou des installations de traitement des eaux usées, et peuvent s'infiltrer ensuite dans les eaux souterraines, être éliminées directement sur les terres, ou être évacuées dans une source hydrique (rivières et estuaires). Tous ces processus peuvent donner lieu à une production de N_2O suite à la nitrification et dénitrification de l'azote présent dans les eaux usées. Les *Lignes directrices du GIEC* supposent que les émissions de N_2O associées au traitement des eaux usées et à l'élimination sur les terres sont négligeables, et, partant, que la totalité de l'azote des eaux usées parvient jusqu'aux rivières et estuaires où elle fait l'objet d'une nitrification et dénitrification. La méthode reconnaît également qu'une partie de l'azote des eaux usées peut être appliquée sur les sols sous forme de boues d'épuration. Pour estimer la quantité totale d'azote des boues ($\text{N}_{\text{EAUXUSÉES}}$) à l'aide de la méthode des *Lignes directrices du GIEC*,²⁶ on multiplie la consommation de protéines annuelle par habitant (PROTÉINES , en kg protéines/personne-an) par la population nationale ($\text{Nr}_{\text{POPULATION}}$), puis par la fraction de protéines qui représente l'azote (Frac_{PRA}). On multiplie ensuite $\text{N}_{\text{EAUXUSÉES}}$ par le facteur d'émission pour les émissions indirectes dues au traitement des eaux usées (FE_6) pour obtenir les émissions de N_2O (en unités de N) provenant de l'évacuation des eaux usées ($\text{N}_2\text{O}_{(\text{S})}$). Les deux équations présentées dans les *Lignes directrices du GIEC* pour le calcul des émissions de N_2O dues à l'évacuation des eaux usées sont combinées dans l'équation ci-dessous conforme aux *bonnes pratiques* :

ÉQUATION 4.39

ÉMISSIONS DE N_2O DUES A L'ÉVACUATION DES EAUX USEES²⁷

$$\text{N}_2\text{O}_{(\text{S})}\text{-N} = \text{PROTÉINES} \bullet \text{Nr}_{\text{POPULATION}} \bullet \text{Frac}_{\text{PRA}} \bullet \text{FE}_6$$

Conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera cette méthode de base, si l'on a utilisé une méthode de base pour l'estimation des émissions indirectes imputables aux dépôts atmosphériques et à la lixiviation et aux écoulements (c'est-à-dire si l'on a utilisé les Équations 4.31 et 4.35). Mais, si l'on a utilisé une estimation plus détaillée pour ces deux sources, on devra également utiliser une méthode plus détaillée pour cette sous-catégorie. Pour prévenir le risque de double comptage de l'azote des eaux usées dans ce cas, $\text{N}_{\text{EAUXUSÉES}}$ devra être diminué de la quantité d'azote des eaux usées qui est appliquée sur les sols en tant que boues d'épuration (N_{BOUES}), et dont on a déjà tenu compte dans l'estimation de $\text{N}_2\text{O}_{(\text{G-SOL})}$ et $\text{N}_2\text{O}_{(\text{L-SOL})}$. L'équation plus détaillée pour l'estimation de $\text{N}_2\text{O}_{(\text{S})}$, est donc :

ÉQUATION 4.40

ÉMISSIONS DE N_2O DUES A L'ÉVACUATION DES EAUX USEES (AVEC EXPANSION POUR BOUES D'ÉPURATION)

$$\text{N}_2\text{O}_{(\text{S})}\text{-N} = [(\text{PROTÉINES} \bullet \text{Nr}_{\text{POPULATION}} \bullet \text{Frac}_{\text{PRA}}) - \text{N}_{\text{BOUES}}] \bullet \text{FE}_6$$

Ces émissions devront être présentées dans la catégorie Eaux usées domestiques et commerciales, au Chapitre 5, Déchets (Section 5.2).

²⁶ Des conseils généraux pour l'estimation des émissions de N_2O imputables aux eaux usées domestiques sont fournis à la Section 6.4, Oxyde nitreux imputable aux eaux usées domestiques, des *Lignes directrices du GIEC*, Vol. 3. Pour une description détaillée de la méthode proposée, se reporter à la Section 4.5.4 du Manuel de référence des *lignes directrices du GIEC*.

²⁷ L'Équation 4.39 combine les équations pour $\text{N}_{\text{EAUXUSÉES}}$ et $\text{N}_2\text{O}_{(\text{S})}$ figurant dans les *Lignes directrices du GIEC*.

4.8.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

La méthode d'estimation des émissions indirectes de N₂O inclut trois facteurs d'émission : le premier étant associé à l'azote déposé (FE₄), le second aux pertes d'azote par lixiviation et écoulements (FE₅), et le troisième à l'azote présent dans les eaux usées (FE₆).

Même à l'échelle mondiale, on ne dispose que de très peu de données pour spécifier FE₄, FE₅ et FE₆. Par conséquent, bien que normalement les *Lignes directrices du GIEC* invitent les organismes chargés des inventaires à utiliser des données spécifiques au pays plutôt que des facteurs d'émission par défaut, pour cette catégorie de source on utilisera les valeurs par défaut sauf si l'on dispose de valeurs spécifiques rigoureusement documentées et vérifiées par des tiers experts. La discussion ci-dessous résume les valeurs par défaut et décrit certains affinements. Conformément aux *bonnes pratiques*, les facteurs d'émission par défaut du GIEC sont présentés au Tableau 4.18, *Facteurs d'émission par défaut pour l'estimation des émissions indirectes de N₂O produites par l'azote utilisé en agriculture*.

- **Facteur d'émission pour l'azote déposé (FE₄)** : La valeur par défaut pour FE₄ est 0,01 kg N₂O-N/kg NH₄-N et NO_x-N déposé. Il convient d'être très prudent si l'on utilise des valeurs spécifiques au pays pour FE₄ étant donné la complexité particulière des transports atmosphériques transfrontières. Même si les organismes chargés des inventaires disposent de mesures spécifiques des dépôts d'azote et des flux de N₂O associés, dans nombre de cas l'azote déposé peut ne pas avoir été produit dans leur pays. De même, une partie de l'azote volatilisé dans leur pays peut être transporté et déposé dans un autre pays, dans lequel des conditions différentes peuvent influencer sur la fraction émise sous forme de N₂O.
- **Facteur d'émission pour la lixiviation et les écoulements (FE₅)** : Cette valeur devra être mise à jour à partir d'un nouvel examen récent de l'un des facteurs ayant servi à son calcul. Mais la détermination d'une nouvelle valeur par défaut exigera d'autres recherches.
- **Facteur d'émission pour les eaux usées (FE₆)** : La valeur par défaut pour FE₆ est 0,01 kg N₂O-N/kg N. Cette valeur a été obtenue en ajoutant des estimations des facteurs d'émission pour les rivières (FE_{5-r} = 0,0075) et les estuaires (FE_{5-e} = 0,0025). Il convient d'être très prudent si l'on utilise des valeurs spécifiques au pays pour FE₆ en raison de la complexité de cette voie d'émissions.

Facteur d'émission	Valeur par défaut du GIEC
FE ₄ (kg N ₂ O-N/kg NH ₄ -N & NO _x -N déposé)	0,01
FE ₅ (kg N ₂ O-N/kg N par lixiviation et écoulements)	0,025
FE ₆ (kg N ₂ O-N/kg d'azote des eaux usées)	0,01

Source: *Lignes directrices du GIEC*, Manuel de référence, Tableau 4-23.

4.8.1.3 CHOIX DES DONNÉES SUR LES ACTIVITÉS

La plupart des données sur les activités nécessaires à l'estimation des émissions indirectes de N₂O, telles que la consommation d'engrais industriels et l'azote excrété par les animaux, auront déjà été obtenues pour l'estimation des émissions d'autres catégories de source. Le Tableau 4.19, *Données pour l'estimation des émissions indirectes de N₂O*, résume les données clés requises, et comment les obtenir. Il est indispensable d'utiliser les mêmes ensembles de données pour toutes les catégories de source pour assurer la cohérence des estimations.

Comme indiqué au Tableau 4.19, la plupart des données sur les activités auront été développées pour des estimations d'autres catégories de source. Les *bonnes pratiques* en matière d'obtention des données sont décrites aux sections appropriées. La discussion ci-dessous résume les *bonnes pratiques* à observer pour obtenir les données sur les activités:

- **Estimation d'émissions de NO_x et de NH₃ par de nouvelles catégories de source incluses conformément aux bonnes pratiques** : Les émissions de NO_x et de NH₃ imputables au brûlage dirigé des savanes et au brûlage des résidus de cultures sont nécessaires pour estimer les émissions indirectes de N₂O résultant de ces activités. Des méthodes d'estimation et des facteurs d'émission par défaut (ou taux d'émission) pour le calcul des émissions de NO_x sont incluses pour ces sous-catégories dans les *Lignes directrices du GIEC* par secteurs ou sous-secteurs respectifs. Les méthodes utilisées pour estimer les émissions de NO_x pour chaque sous-catégorie devront être utilisées pour estimer les émissions de NH₃, en remplaçant les facteurs

d'émission de NO_x par les facteurs d'émission de NH_3 . On peut utiliser un facteur d'émission par défaut de 0,038 Gg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{Gg}$ combustible N (Crutzen et Andreae, 1990)²⁸ pour calculer les émissions de NH_3 imputables au brûlage dirigé des savanes et au brûlage des résidus de cultures si l'on ne dispose pas de facteurs d'émission spécifiques au pays.

TABLEAU 4.19
DONNEES POUR L'ESTIMATION DES ÉMISSIONS INDIRECTES DE N_2O

Données sur les activités	Comment les obtenir
N_{ENGRAIS}	À partir de l'estimation de la valeur de N_{ENGRAIS} obtenue pour les émissions directes de N_2O provenant des sols cultivés
$\sum_{\text{T}}(N_{\text{T}}) \cdot N_{\text{ex(T)}}$	À partir de l'estimation de la valeur de $\sum_{\text{T}}(N_{\text{T}}) \cdot N_{\text{ex(T)}}$ obtenue pour les émissions directes de N_2O provenant des sols cultivés
N_{BOUES}	À partir de l'estimation de la valeur de N_{BOUES} obtenue pour les émissions directes de N_2O provenant des sols cultivés
PROTÉINES	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)
$N_{\text{POPULATION}}$	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)
Frac_{PRA}	Voir Tableau 4-24 du Manuel de référence des <i>Lignes directrices du GIEC</i>
$\text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}}$	Voir Tableau 4-24 du Manuel de référence des <i>Lignes directrices du GIEC</i>
$\text{Frac}_{\text{GAZ-ENGRAIS}}$	Voir Tableau 4-19 du Manuel de référence des <i>Lignes directrices du GIEC</i>
$\text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}}$	Voir Tableau 4-19 du Manuel de référence des <i>Lignes directrices du GIEC</i>
$\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-FUMIER}}$	À partir de l'estimation de la valeur de $\text{Frac}_{\text{COMBUSTIBLE-FUMIER}}$ obtenue pour les émissions directes de N_2O provenant des sols cultivés
$\text{Frac}_{\text{FOURRAGE-FUMIER}}$	À partir de l'estimation de la valeur de $\text{Frac}_{\text{FOURRAGE-FUMIER}}$ obtenue pour les émissions directes de N_2O provenant des sols cultivés
$\text{Frac}_{\text{CNST-FUMIER}}$	À partir de l'estimation de la valeur de $\text{Frac}_{\text{CNST-FUMIER}}$ obtenue pour les émissions directes de N_2O provenant des sols cultivés

- **Fractions pour la volatilisation ($\text{Frac}_{\text{GAZ-ENGRAIS}}$, $\text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}}$) :** Pour la fraction d'azote qui se volatilise sous forme de NH_3 et NO_x et qui est produite par l'application d'engrais industriels ($\text{Frac}_{\text{GAZ-ENGRAIS}}$), et du fumier et des boues d'épuration ($\text{Frac}_{\text{GAZ-FUMIER}}$), les *Lignes directrices du GIEC* présentent des valeurs par défaut de 10 pour cent et 20 pour cent, respectivement. On peut utiliser des fractions de volatilisation spécifiques au pays, à condition de bien les documenter.
- **Fraction pour la lixiviation ($\text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}}$) :** Les *Lignes directrices du GIEC* proposent une valeur par défaut de 30 pour cent pour $\text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}}$. Cependant, il convient de noter que cette valeur par défaut était basée essentiellement sur des études d'équilibre massique comparant les apports d'azote agricoles et l'azote récupéré dans les rivières. Les pratiques agricoles (irrigation, labours fréquents, tuyaux d'argile, etc.) peuvent entraîner des pertes importantes par lixiviation pour l'azote déposé dans les sols cultivés. Cependant, pour l'azote qui est déposé *loin* des sols cultivés, une valeur plus faible pour $\text{Frac}_{\text{LIXIVIATION}}$ peut être plus appropriée. De futures révisions de la méthode pourront refléter ce point. En raison des difficultés liées à la détermination d'un facteur pour cette catégorie de source, on devra être très prudent si l'on utilise un facteur spécifique au pays et celui-ci devra être rigoureusement documenté.
- **Fraction pour l'azote dans les protéines (Frac_{PRA}) :** Les *Lignes directrices du GIEC* proposent une valeur par défaut de 16 pour cent pour la fraction des protéines animales et végétales constituée d'azote (Frac_{PRA}). Ce terme variant très peu, il n'est donc pas nécessaire d'avoir des valeurs spécifiques au pays.

²⁸ Le Tableau 2 d'Andreae et Crutzen (1990) sert de base aux facteurs d'émission de NO_x et NH_3 associés à la combustion de la biomasse. On notera que ce tableau contient également un facteur d'émission de 0,034 RCN molaire par N total molaire dans la biomasse, en accord avec le facteur d'émission de NH_3 . RCN est une forme d'azote disponible biologiquement et qui est donc soumise à la nitrification et dénitrification microbienne, et à la production de N_2O . Par ailleurs, le Tableau 2 d'Andreae et Crutzen (1990) ne prend en compte que 70 pour cent environ de l'azote de la biomasse, ce qui sous-entend que la combustion peut produire d'autres formes d'azote disponible biologiquement, non identifiées. Étant donné que seules les émissions de NO_x et NH_3 sont prises en compte, la méthode sous-estime probablement la quantité totale d'azote disponible biologiquement émis par la combustion de la biomasse.

4.8.1.4 EXHAUSTIVITE

La couverture complète des émissions indirectes de N₂O dues à l'azote utilisé en agriculture nécessite l'estimation des émissions imputables à toutes les activités sources agricoles (à savoir, N_{ENGRAIS}, $\sum_T(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)})$, et N_{BOUES}). Si des données sont disponibles, on pourra aussi inclure l'application d'azote N_{BOUES} (sur tous les sols). La couverture complète des émissions indirectes de N₂O imputables aux eaux usées domestiques nécessite l'estimation des émissions d'azote par les eaux usées (à savoir, N_{EAXUSÉES}, N_{EAXUSÉES} moins N_{BOUES}).

Si des données sont disponibles, l'inventaire devra inclure les émissions indirectes de N₂O imputables au brûlage dirigé des savanes et au brûlage des résidus de cultures. Ces émissions sont basées sur les émissions directes de NO_x et de NH₃ dues à ces sources.

4.8.1.5 ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Les estimations des émissions pour une série temporelle devront être basées sur la même méthode (pour ce qui est du niveau de détail). Il ne devrait pas y avoir de variations interannuelles de Frac_{GAZ-ENGRAIS}, Frac_{GAZ-FUMIER}, Frac_{LIXIVIATION}, Frac_{PRA}, FE₄, FE₅, et FE₆, sauf dans le cas de mise en œuvre de mesures d'atténuation. Tout changement de ces facteurs devra être justifié et documenté. Si, à l'avenir, des recherches permettent d'établir de nouvelles valeurs par défaut pour ces variables, les organismes chargés des inventaires pourront recalculer leurs données historiques. Pour des conseils généraux sur les *bonnes pratiques* en matière de cohérence des séries temporelles, voir Chapitre 7, *Choix de méthodes et recalculs*, Section 7.3.2.2.

4.8.1.6 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les informations sur les facteurs d'émission (FE₄, FE₅ et FE₆), les fractions de lixiviation et la volatilisation sont peu nombreuses et extrêmement variables. L'opinion d'experts met en évidence des incertitudes associées aux facteurs d'émission d'au moins d'un ordre de grandeur et d'environ +/-50 pour cent pour les fractions de volatilisation. Les incertitudes associées aux estimations des données sur les activités devront être calculées à partir des catégories de source d'émissions directes correspondantes. Le Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, contient des conseils sur la quantification des incertitudes en pratique, y compris comment associer l'opinion d'experts et des données empiriques pour les estimations d'incertitudes générales.

4.8.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*.

Les feuilles de travail dans le Manuel simplifié des *Lignes directrices du GIEC* utilisées pour le calcul des émissions indirectes de N₂O provenant des sols cultivés permettent une documentation transparente de la méthode par défaut des *Lignes directrices*, et des données sous-jacentes à sa mise en œuvre. Cependant, conformément aux *bonnes pratiques*, ces feuilles de travail devront être étendues pour inclure les nouvelles variables ajoutées aux calculs des dépôts et de la lixiviation (N_{BOUES}, Frac_{COMBUSTIBLE-FUMIER}, Frac_{FOURRAGE-FUMIER}, et Frac_{CNST-FUMIER}) et devront être révisées afin de refléter les Équations 4.31 et 4.35 ou 4.36.

Les feuilles de travail dans le Manuel simplifié des *Lignes directrices du GIEC* utilisées pour le calcul des émissions indirectes de N₂O provenant des eaux usées domestiques permettent également une documentation transparente de la méthode par défaut des *Lignes directrices du GIEC*, et des données sous-jacentes à sa mise en œuvre. Cependant, conformément aux *bonnes pratiques*, ces feuilles de travail devront être étendues pour inclure la nouvelle variable ajoutée au calcul (N_{BOUES}) et devront être révisées afin de refléter l'Équation 4.40.

L'observation des *bonnes pratiques* pour l'estimation des émissions indirectes de N₂O provenant du brûlage dirigé des savanes et du brûlage des résidus de cultures nécessitera la création de nouvelles feuilles de travail pour ces deux sous-catégories. Ces feuilles de travail devront refléter les Équations 4.33 et 4.38.

Les tableaux de présentation dans les Instructions de présentation sont insuffisants. Les émissions directes et indirectes des sources agricoles de N₂O sont présentées conjointement sous un même intitulé « sols cultivés ». Cet intitulé prête à confusion dans le cas des émissions indirectes, étant donné qu'une fraction significative de ces émissions est imputable aux systèmes aquatiques. Pour améliorer la transparence de la présentation, il est préférable de présenter les émissions dues aux dépôts et à la lixiviation séparément. Une entrée explicite pour les émissions indirectes dues aux eaux usées domestiques devra être ajoutée dans la section Déchets. Des entrées pour les nouvelles sources d'émissions indirectes de N₂O (brûlage dirigé des savanes et brûlage des résidus de cultures) devront être ajoutées aux tableaux de présentation.

Outre les feuilles de présentation des données, les informations supplémentaires suivantes seront nécessaires à la documentation des estimations d'émissions indirectes de N₂O :

- **Données sur les activités** : Les sources de toutes les données utilisées dans les calculs (référence complète pour la base de données statistiques source de données), et, si les données ne proviennent pas directement de ces bases de données, l'information et les hypothèses utilisées pour obtenir les données sur les activités. Cette documentation devra inclure la fréquence de la collecte des données, et les estimations d'exactitude et de précision.
- **Facteurs d'émission** : Les sources des facteurs d'émission utilisés (valeurs par défaut spécifiques du GIEC ou autres valeurs). Pour les inventaires utilisant des facteurs d'émission spécifiques au pays ou à la région ou de nouvelles méthodes (autres que celles décrites dans les *Lignes directrices du GIEC*), on devra documenter la base scientifique de ces facteurs d'émission et de ces méthodes. La documentation devra inclure des définitions des paramètres d'entrées décrivant le processus d'obtention de ces facteurs d'émission et de ces méthodes, et la description des sources et des plages d'incertitudes.
- **Émissions** : Les variations interannuelles significatives des émissions devront être expliquées. On devra distinguer entre les variations interannuelles des niveaux d'activité et les variations des facteurs d'émission, et les raisons de ces variations devront être documentées. L'utilisation de différents facteurs d'émission pour différentes années devra être expliquée et documentée.

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

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de contrôle de la qualité pour inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. On peut également effectuer d'autres contrôles de la qualité, indiqués dans les Procédures de Niveau 2 du Chapitre 8, et mettre en œuvre des procédures d'assurance de la qualité, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour l'estimation des émissions dues à cette catégorie de source.

Conformément aux *bonnes pratiques*, la vérification générale du traitement, de la manipulation et de la présentation des données pourra être accompagnée de procédures spécifiques aux catégories de source indiquées ci-dessous. Les personnes chargées d'obtenir les données devront vérifier les méthodes de collecte de données, ainsi que les données recueillies pour s'assurer qu'elles sont collectées et agrégées ou ventilées correctement, et devront s'assurer que ces données sont raisonnables, en les comparant aux données pour d'autres années. Les bases des estimations, qu'il s'agisse d'études statistiques ou d'estimations théoriques, devront être examinées et décrites dans le cadre du contrôle de la qualité. La documentation est un élément crucial du processus de vérification car elle permet d'identifier les erreurs et de suggérer des améliorations.

Examen des facteurs d'émission

- L'organisme chargé de l'inventaire devra examiner les paramètres, équations et calculs utilisés pour déterminer les facteurs d'émission. Ces procédures de contrôle de la qualité sont particulièrement importantes pour les sous-catégories dans cette catégorie de source en raison du nombre de paramètres utilisés pour le calcul des facteurs d'émission.
- Dans le cas de l'utilisation de facteurs spécifiques au pays, l'organisme chargé de l'inventaire devra les comparer aux facteurs par défaut du GIEC. Ceci est particulièrement important pour les facteurs d'émission pour l'azote déposé et les eaux usées, pour lesquels on devra être très prudent lors de l'établissement des facteurs spécifiques au pays.

Vérification des données sur les activités

- Étant donné qu'un grand nombre de paramètres d'activités utilisés pour cette catégorie de source sont aussi utilisés pour d'autres sources agricoles, il est indispensable d'utiliser des valeurs cohérentes.
- Dans le cas de l'utilisation de valeurs spécifiques au pays pour divers paramètres (Frac_{LIXVIATION}, etc.), l'organisme chargé de l'inventaire devra les comparer aux valeurs par défaut du GIEC ; le calcul de valeurs spécifiques au pays devra être rigoureusement documenté.

Examen externe

- Les estimations de l'inventaire et tous les paramètres et facteurs d'émission importants devront faire l'objet d'un examen par des experts en agriculture (en particulier par des spécialistes du cycle de l'azote) et par des experts de l'industrie agricole et autres intervenants pertinents.

4.9 ÉMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA RIZICULTURE

4.9.1 Méthodologie

La décomposition anaérobie des matières organiques dans les rizières inondées produit du méthane (CH₄), qui est rejeté dans l'atmosphère, principalement par les pieds de riz. Les émissions annuelles par une zone rizicole dépendent du cultivar de riz, du nombre et de la durée des campagnes rizicoles, du type de sol et la température, des régimes de gestion de l'eau, et de l'utilisation d'engrais et autres amendements organiques et non organiques.

4.9.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Les *Lignes directrices du GIEC* décrivent une méthode pour l'estimation des émissions imputables à la riziculture, qui utilise des superficies annuelles récoltées²⁹ et des facteurs d'émission basés sur des régions et intégrés par saison.³⁰ Sous sa forme la plus simple, la méthode du GIEC peut être mise en œuvre à l'aide de données nationales sur les activités (superficie récoltée totale nationale, etc.) et un seul facteur d'émission. Cependant, les conditions de la riziculture (régimes de gestion de l'eau, utilisation d'engrais organique, type de sols, etc.) peuvent varier considérablement au sein d'un pays, et ces conditions peuvent influencer sur les émissions saisonnières de CH₄. On peut modifier cette méthode pour tenir compte de la variabilité des conditions de riziculture en sub-divisionnant la superficie récoltée totale nationale en sous-catégories (superficies récoltées selon différents régimes de gestion de l'eau, etc.), et en multipliant la superficie récoltée pour chaque sous-catégorie par un facteur d'émission représentatif des conditions qui définissent cette sous-catégorie. Avec cette méthode plus détaillée, les émissions totales annuelles sont égales à la somme des émissions pour chaque sous-catégorie de superficie récoltée. L'équation de base est donc :

<p>ÉQUATION 4.41</p> <p>ÉMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA RIZICULTURE</p> $\text{Émissions imputables à la riziculture (Tg/an)} = \sum_i \sum_j \sum_k (EF_{ijk} \cdot A_{ijk} \cdot 10^{-12})$

où :

EF_{ijk} = facteur d'émission intégré par saison pour des conditions i, j , et k , en g CH₄/m²

A_{ijk} = superficie annuelle récoltée pour des conditions i, j , et k , en m²/an

i, j , et k représentant des écosystèmes, régimes de gestion de l'eau et autres conditions dans lesquelles les émissions de CH₄ imputables à la riziculture peuvent varier (apport d'engrais organiques, etc.)

Il convient de tenir compte de conditions telles que le type d'écosystème rizicole, le régime de gestion de l'eau et le type et la quantité d'engrais organiques, ainsi que le type de sol. Les principaux types d'écosystèmes rizicoles et de régimes de gestion de l'eau pour chaque type de riziculture sont indiqués au Tableau 4.20, *Facteurs d'échelle par défaut du GIEC pour les émissions de CH₄ pour les écosystèmes rizicoles et les régimes de gestion de l'eau relatifs à des champs à inondation permanente*. Si, dans un pays, la riziculture est pratiquée dans des régions distinctes (district, province, etc.), on appliquera l'équation ci-dessus à chaque région. Les émissions nationales sont égales à la somme des estimations régionales. De plus, s'il y a plusieurs récoltes annuelles dans une région particulière, et si les conditions de culture (utilisation d'engrais organiques, etc.) varient entre les campagnes rizicoles, pour cette région, on devra estimer les émissions pour chaque campagne rizicole, puis les ajouter pour toutes les campagnes. Dans ce cas, les données sur les activités sont celles de la superficie cultivée, plutôt que de la superficie récoltée.

Si le riz est une *catégorie de source clé* (selon la définition figurant au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*), les organismes chargés des inventaires sont invités à :

²⁹ Dans le cas de plusieurs récoltes au cours d'une même année, la « superficie récoltée » est égale à la somme de la superficie cultivée pour chaque récolte.

³⁰ Un facteur d'émission représente les émissions totales pour la totalité d'une campagne rizicole (depuis la préparation des rizières jusqu'à la récolte ou le drainage post-campagne) par superficie unitaire. Comme à l'Appendice 4A.3, les facteurs d'émission devront être basés sur des mesures effectuées sur toute la période d'inondation, et devront prendre en compte les flux de méthane prisonnier des sols qui se produit en général après le drainage.

- Utiliser la méthode du GIEC au niveau le plus détaillé possible ;
- Inclure le nombre maximum de caractéristiques (i, j, k, etc.) influant sur les émissions de CH₄ ;
- Établir des facteurs d'émission spécifiques au pays afin de refléter les incidences locales de ces caractéristiques, de préférence en obtenant des données sur place ;
- Utiliser des facteurs d'émission et des données sur les activités au même niveau d'agrégation.

Le Diagramme décisionnel à la Figure 4.9, *Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ imputables à la riziculture*, guide les organismes chargés des inventaires en ce qui concerne l'application de la méthode du GIEC conforme aux *bonnes pratiques*. Dans ce diagramme, la hiérarchie de la ventilation pour la mise en œuvre de la méthode du GIEC est implicite. Au sein de cette hiérarchie, le niveau de ventilation dépendra de la disponibilité des données sur les activités et des facteurs d'émission, ainsi que de l'importance du riz en tant que facteur contribuant aux émissions nationales de gaz à effet de serre. Les étapes et les variables spécifiques du diagramme, et la logique sous-jacente, sont examinées dans le texte qui suit le diagramme.

4.9.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION

Idéalement, l'organisme chargé de l'inventaire disposera de facteurs d'émission intégrés par saison pour toutes les conditions de riziculture présentes en général dans le pays, obtenus à partir de mesures locales type. Ces facteurs d'émission locaux, basés sur des mesures, sont représentatifs de l'éventail particulier des différentes conditions qui influent implicitement sur les émissions de CH₄ dans une région. Les principales conditions influant sur les émissions imputables à la riziculture sont résumées dans l'Encadré 4.2 :

ENCADRE 4.2

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA DÉTERMINATION DE FACTEURS D'ÉMISSION POUR LA RIZICULTURE

Il convient de tenir compte des caractéristiques suivantes relatives à la riziculture lors du calcul des facteurs d'émission :

Différences régionales des méthodes de riziculture : Dans le cas d'un pays très étendu et ayant des régions agricoles distinctes, on devra effectuer des mesures séparées pour chaque région.

Plusieurs récoltes : Dans le cas de plusieurs récoltes annuelles sur une superficie donnée, et s'il y a des variations saisonnières des conditions de culture, on devra mesurer les émissions pour chaque saison.

Type d'écosystème : On effectuera, au minimum, des mesures séparées pour chaque écosystème rizicole (à savoir, zone irriguée, zone pluviale, et riziculture en eau profonde).

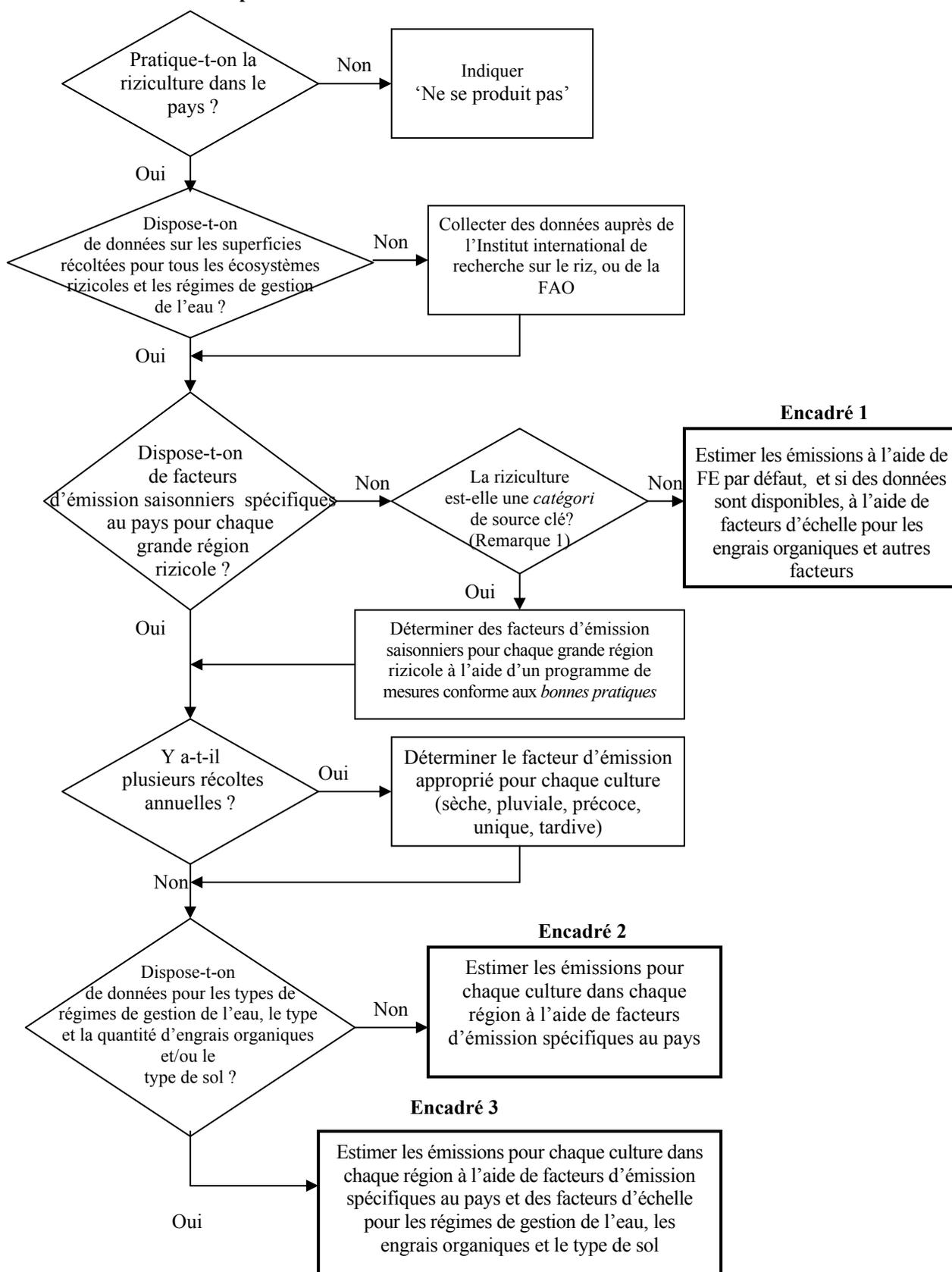
Régime de gestion de l'eau : On devra sub-diviser chaque écosystème pour tenir compte des différents régimes de gestion de l'eau (inondation permanente ou intermittente, etc.).

Apport d'engrais organiques : Les mesures devront permettre de quantifier l'effet des engrais organiques (engrais vert, paille de riz, fumier, compost, herbes et autres biomasse aquatique) sur les émissions de CH₄.

Type de sol : L'organisme chargé de l'inventaire devra s'efforcer d'effectuer des mesures pour tous les types de sols utilisés en riziculture, en raison de l'influence considérable que le type de sol peut avoir sur les émissions de CH₄. Jusqu'ici le facteur sol n'a pas été pris en compte dans les *Lignes directrices du GIEC* car on ne peut pas obtenir de données sur les superficies récoltées par (principaux) types de sols à partir des sources de données standard. Mais ceci devrait bientôt être possible grâce au récent développement de modèles simulant les émissions de CH₄ par les rizières, qui fournissent des facteurs d'échelle pour les principaux types de sols utilisés en riziculture (Ding *et al.*, 1996, et Huang *et al.*, 1998). L'association de facteurs d'échelle spécifiques au type de sol, mesurés ou obtenus par simulation, et de données ventilées sur les superficies cultivées par types de sols améliorera l'exactitude des inventaires si ces données sont disponibles.

Étant donné l'extrême diversité des conditions de riziculture dans certains pays, il ne sera peut-être pas possible d'obtenir un ensemble complet de facteurs d'émission basés sur des mesures locales. Dans ce cas, l'organisme chargé de l'inventaire est invité à déterminer préalablement un facteur d'émission saisonnier pour les rizières à inondation permanente sans engrais organiques (FE_c), qui servira de point de départ, et à le corriger à l'aide de facteurs d'échelle pour tenir compte des différentes conditions. Les facteurs d'émissions corrigés sont ensuite calculés à l'aide de l'équation suivante :

Figure 4.9 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ imputables à la riziculture



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

ÉQUATION 4.42

FACTEUR D'ÉMISSION INTÉGRÉ PAR SAISON AJUSTÉ

$$FE_i = FE_c \cdot FEC_E \cdot FEC_o \cdot FEC_s$$

où :

FE_i = Facteur d'émission intégré par saison ajusté pour une superficie récoltée particulière

FE_c = Facteur d'émission intégré par saison pour des rizières en inondation permanente sans engrais organiques

FEC_E = Facteur d'échelle pour la prise en compte des différences des écosystèmes et des régimes de gestion de l'eau (voir Tableau 4.20)

FEC_o = Les facteurs d'échelle devront varier pour les deux types d'engrais et la quantité d'engrais organiques appliqués (voir Tableau 4.21, Tableau dose-réponse pour les engrais organiques non fermentés)

FEC_s = Facteur d'échelle pour le type de sol, le cas échéant

Le calcul du facteur d'émission intégré par saison pour les rizières en inondation permanente des principaux types de sols sans engrais organiques sera basé sur des mesures sur place effectuées conformément aux *bonnes pratiques*, comme indiqué dans l'Appendice 4A.3. Si l'on ne dispose pas de données pour calculer FE_c , on pourra utiliser la valeur par défaut du GIEC, à savoir 20 g/m².

Des facteurs d'échelle permettent d'ajuster le facteur d'émission intégré par saison pour les rizières en inondation permanente (FE_c) pour prendre en compte les conditions décrites dans l'Encadré 4.2. Dans l'ordre, les trois principaux facteurs d'échelle sont l'écosystème rizicole/le régime de gestion de l'eau, les engrais organiques, et le type de sol. On utilisera des facteurs d'échelle spécifiques au pays uniquement s'ils sont basés sur des mesures référencées et documentées. Les valeurs par défaut du GIEC peuvent être utilisées si l'on ne dispose pas de données pour le calcul des facteurs d'échelle.

Système de gestion de l'eau : Essentiellement, les écosystèmes rizicoles produisant du méthane peuvent être irrigués, pluviaux et en eau profonde. Des systèmes de gestion de l'eau sont mis en œuvre au sein de chaque écosystème et influent sur les quantités de CH₄ émises pendant une campagne rizicole. Le Tableau 4.20 contient des facteurs d'échelle par défaut du GIEC pour FEC_E qui peuvent être utilisés en l'absence de données spécifiques au pays. Des facteurs d'échelle pour d'autres types d'écosystèmes et de régimes de gestion de l'eau ne seront utilisés que si l'on dispose de données spécifiques au pays.

Catégorie	Régime de gestion de l'eau		Facteur d'échelle (FEC_w)
Hautes terres	Aucun		0
Basses terres	Zone irriguée	Inondation permanente	1
		Inondation intermittente – Aération unique	0,5 (0,2-0,7)
		Inondation intermittente – Aération multiple	0,2 (0,1-0,3)
	Zone pluviale	Inondable	0,8 (0,5-1)
		Sèche	0,4 (0-0,5)
	Eau profonde	Profondeur d'eau 50-100 cm	0,8 (0,6-1)
Profondeur d'eau > 100 cm		0,6 (0,5-0,8)	

Source : Lignes directrices du GIEC, Manuel de référence, Tableau 4-12.

Amendements organiques : Les *bonnes pratiques* consistent à établir un facteur d'échelle (FEC_o) qui inclut des informations sur le type et la quantité d'engrais organiques appliqués (paille de riz, fumier, engrais vert, compost, et déchets agricoles). À masse égale, des engrais contenant des quantités plus élevées de carbone facilement décomposable émettent davantage de CH₄ ; et les émissions augmentent également avec l'application de chaque engrais organique. Le Tableau 4.21 présente une méthode permettant de varier le facteur d'échelle en fonction de la quantité d'engrais organique utilisé.

En théorie, les différents engrais organiques devront être classés selon la teneur en carbone par unité de poids, mais le plus souvent, les seules informations dont on dispose concernent les quantités utilisées. Dans ce cas, il convient de distinguer entre les engrais organiques fermentés et non fermentés. Les émissions de CH₄ dues aux engrais organiques fermentés (compost, résidus de fosses de biogaz, etc.) sont sensiblement moins élevées que celles dues aux engrais organiques non fermentés car elles contiennent beaucoup moins de carbone décomposable. Denier van der Gon et Neue (1995) ont calculé empiriquement un facteur de réduction de six, qui sous-entend une augmentation des émissions de CH₄ après application de 12 t/ha de compost comparable à une augmentation après application de 2 t/ha d'engrais organique non fermenté.

Quantité utilisée sous forme de matière sèche (t/ha)	Facteur d'échelle (FEC ₀)	Plage
1-2	1,5	1-2
2-4	1,8	1,5-2,5
4-8	2,5	1,5-3,5
8-15	3,5	2-4,5
15+	4	3-5
Remarque : Pour utiliser ce tableau pour les engrais organiques fermentés, diviser la quantité utilisée par six. Source : D'après Denier van der Gon et Neue, 1995.		

Types de sols : Dans certains cas, les données relatives aux émissions pour différents types de sols sont disponibles et peuvent servir à déterminer FEC_s. L'intégration des types de sols en tant que facteur d'échelle s'explique essentiellement par le fait que son importance est confirmée par les expériences et les connaissances mécanistes. On prévoit que, dans un proche avenir, les modèles de simulation seront capables de produire des facteurs d'échelle spécifiques au sols.

4.9.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités consistent en statistiques sur la production rizicole et les superficies récoltées, statistiques que l'on doit pouvoir obtenir auprès des organismes de statistiques nationaux. Ces données devront être sub-divisées par écosystème rizicole ou régime des gestion de l'eau. Si ces données ne sont pas disponibles dans le pays, on peut les télécharger depuis un site Internet de la FAO (<http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc>) ou les obtenir à partir des Statistiques mondiales sur le riz publiées par l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI, 1995, par exemple). La fiabilité des données sera probablement plus élevée que celle du facteur d'émission. Mais, pour diverses raisons, les statistiques locales peuvent présenter un biais et l'organisme chargé de l'inventaire est invité à vérifier les statistiques de la superficie récoltée pour le pays (ou une partie du pays) à l'aide de données obtenues par télédétection.

Outre les principales données sur les activités susmentionnées, conformément aux *bonnes pratiques* on utilisera le même niveau de ventilation pour les données sur les engrais organiques et les types de sol que pour les données sur les activités. Une étude sur les pratiques rizicoles sera peut être nécessaire pour obtenir des données sur le type et la quantité d'engrais organiques utilisés.

4.9.1.4 EXHAUSTIVITE

Une couverture complète pour cette catégorie de source nécessite l'estimation des émissions résultant des activités suivantes, le cas échéant :

- Si la submersion des sols n'est pas limitée à la campagne rizicole, les émissions en dehors de la campagne (pendant une période de jachère inondée, par exemple) doivent être incluses ;
- D'autres catégories d'écosystèmes rizicoles, telles que des marais, marais salants et/ou rizières littorales, peuvent être présentées séparément dans chaque sous-catégorie, avec indication des mesures d'émissions locales ;
- Dans le cas de plusieurs récoltes annuelles, ces récoltes devront être présentées séparément, selon la définition locale (riz précoce, riz tardif, riz de saison humide, riz de saison sèche, etc.). Les cultures de riz peuvent correspondre à des catégories différentes avec différents facteurs d'émission intégrés par saison et différents facteurs de correction pour d'autres modificateurs tels que les engrais organiques.

4.9.1.5 ÉTABLISSEMENT DE SÉRIES TEMPORELLES COHERENTES

La méthode d'estimation des émissions devra être cohérente pour chaque année de la série temporelle, avec un même niveau de ventilation des données. En l'absence de données détaillées pour les années antérieures, on recalculera les émissions pour ces années conformément aux conseils figurant au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*, Section 7.3. S'il y a eu des changements importants au niveau des pratiques agricoles influant sur les émissions de CH₄ pour la série temporelle, le niveau de ventilation des données de la méthode d'estimation pour la riziculture devra permettre de souligner les effets de ces changements. Diverses tendances de la riziculture (en Asie), telles que l'emploi de nouvelles variétés de riz, une utilisation accrue d'engrais non organiques, une meilleure gestion de l'eau, l'évolution de l'utilisation d'engrais organiques et l'ensemencement direct, peuvent être à l'origine d'une augmentation ou d'une réduction des émissions totales. L'utilisation d'études modèles sera peut-être nécessaire pour évaluer ces changements.

4.9.1.6 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Le Tableau 4.22 présente un facteur d'émission par défaut, des facteurs d'échelle par défaut et des plages pour les valeurs par défaut. La plage pour le facteur d'émission, définie comme l'écart type par rapport à la moyenne, indique l'incertitude associée à la valeur par défaut pour cette catégorie de source. Les facteurs suivants peuvent influencer sur l'incertitude :

Variabilité naturelle : La variabilité naturelle est un résultat de variations de variables de contrôle naturelles, telles que la variabilité climatique annuelle, et la variabilité au sein d'unités supposées homogènes, telle que la variabilité spatiale dans un champ ou un sol. Pour cette catégorie de source, les *bonnes pratiques* devraient permettre de déterminer les incertitudes à l'aide de méthodes statistiques standard si l'on a suffisamment de données expérimentales. Bien que rares, il existe des études sur la quantification partielle de cette incertitude (pour la variabilité due au type de sol, etc.). En général, la variabilité observée dans ces études est supposée valide. Pour plus de détails, voir Sass (1999).

Absence de données sur les activités et de documentation : Les bases de données et les statistiques actuelles peuvent ne pas contenir certaines données importantes nécessaires à l'application des facteurs d'échelle (à savoir, données sur les pratiques agricoles et les engrais organiques). Dans ce cas, on fera appel à l'opinion d'experts pour estimer le pourcentage de riziculteurs qui utilisent une pratique agricole particulière ou un engrais organique particulier, et pour déterminer la plage de la fraction estimée. $\pm 0,2$ est proposé comme valeur par défaut pour l'incertitude de l'estimation de la fraction (exemple : la proportion de riziculteurs utilisant des engrais organiques estimée à 0,4, avec une plage d'incertitude de 0,2-0,6). Le Chapitre 6, *Quantification des incertitudes en pratique*, contient des conseils sur la quantification des incertitudes en pratique, y compris comment associer l'opinion d'experts et des données empiriques pour les estimations d'incertitudes générales.

TABLEAU 4.22 FACTEUR D'ÉMISSION PAR DÉFAUT, FACTEURS D'ÉCHELLE PAR DÉFAUT, ET PLAGES POUR LES ÉMISSIONS DE CH ₄ IMPUTABLES AUX RIZIÈRES		
Composant d'émission	Valeur par défaut	Plages
Facteur d'émission type (FE)	20 g CH ₄ m ⁻² saison ⁻¹	12-28 g CH ₄ m ⁻² saison ⁻¹
Facteur d'échelle pour la gestion de l'eau FEC _E	Voir Tableau 4.20	Voir Tableau 4.20
Facteur d'échelle pour les engrais organiques FEC _O	2	1,5-5
Facteur d'échelle pour les types de sol FEC _S	1	0,1-2
Source : <i>Lignes directrices du GIEC</i> et jugement d'un groupe d'experts (voir Coprésidents, Éditeurs et Experts : Émissions de CH ₄ imputables à la riziculture).		

4.9.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*.

Les *bonnes pratiques* consistent également à documenter l'estimation d'émissions en présentant les informations requises sur la feuille de calcul pour la riziculture figurant dans le Manuel simplifié des *Lignes directrices du GIEC*. Les organismes chargés des inventaires qui n'utilisent pas les feuilles de calcul devront fournir des informations comparables. Si l'estimation d'émissions est ventilée par région, les informations devront être présentées pour chaque région.

Les informations supplémentaires suivantes devront être présentées, le cas échéant, à des fins de transparence :

- Régimes de gestion de l'eau ;
- Types et quantités d'engrais organiques utilisés (l'incorporation de la paille de riz ou de résidus de cultures précédentes (non rizicoles) devra être considérée comme un apport d'engrais organique, même s'il s'agit d'une pratique agricole normale et n'a pas pour but d'augmenter la teneur en éléments nutritifs comme pour l'apport de fumier) ;
- Types de sols utilisés en riziculture ;
- Nombre de cultures rizicoles annuelles ;
- Principaux cultivars rizicoles cultivés.

L'incertitude peut augmenter considérablement si l'on utilise des facteurs d'émission par défaut simples pour estimer les émissions de CH₄. Les organismes chargés des inventaires utilisant des facteurs d'émission spécifiques au pays devront documenter l'origine et la base du facteur, le comparer à d'autres facteurs d'émission publiés, expliquer toute divergence significative et s'efforcer de limiter les incertitudes.

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

Les *bonnes pratiques* consistent à effectuer des contrôles de la qualité comme indiqué au Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Tableau 8.1, *Procédures de contrôle de la qualité pour inventaire général de Niveau 1*, et à faire vérifier les estimations d'émissions par des experts. On peut également effectuer d'autres contrôles de la qualité, indiqués dans les Procédures de Niveau 2 du Chapitre 8, et mettre en œuvre des procédures d'assurance de la qualité, en particulier si l'on utilise des méthodes de niveau supérieur pour l'estimation des émissions dues à cette catégorie de source.

Une description détaillée des procédures d'assurance de la qualité/contrôle de la qualité de l'inventaire pour les mesures sur place est fournie par Sass (1999) et à l'Appendice 4A.3. Certains points importants sont soulignés et résumés ci-dessous.

Compilation des émissions nationales : Il n'est pas possible actuellement de vérifier les estimations d'émissions par cette catégorie de source à l'aide de mesures externes. Cependant, l'organisme chargé de l'inventaire devra s'assurer que les estimations d'émissions font l'objet de contrôles de la qualité par :

- Vérification par comparaison des rendements agricoles agrégés et des statistiques sur les superficies récoltées et des totaux nationaux ou autres sources de données sur les rendements agricoles/superficies ;
- Calculs rétrospectifs des facteurs d'émission nationaux et d'autres données ;
- Recoupements entre les totaux nationaux et des valeurs par défaut et données fournies par d'autres pays.

APPENDICE 4A.1

ÉMISSIONS DE CH₄ ET DE N₂O IMPUTABLES AU BRULAGE DES SAVANES : BASE D'UN FUTUR DEVELOPPEMENT METHODOLOGIQUE

4A.1.1 Méthodologie

Les savanes sont brûlées selon des cycles annuels ou plus longs, et ce brûlage produit des émissions directes de dioxyde de carbone (CO₂). Cependant, en raison de la régénération végétale entre les cycles, le CO₂ émis dans l'atmosphère est réabsorbé lors de la période de croissance suivante. En conséquence, les émissions nettes de CO₂ imputables au brûlage de la savane sont supposées être nulles. Ce brûlage libère également des gaz à l'état de traces, notamment du CH₄, du CO, des COVNM, du N₂O et du NO_x. La présente section traite uniquement des émissions de gaz à effet de serre direct CH₄ et N₂O.

4A.1.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Le choix de la méthode dépend de la disponibilité des données sur les activités et des facteurs d'émission pour CH₄ et N₂O. Si ces données ne sont pas disponibles, on peut utiliser les valeurs par défaut indiquées dans les *Lignes directrices du GIEC*.

La méthode actuelle nécessite une valeur pour la fraction vivante de biomasse aérienne au Tableau 4-12 du Manuel simplifié des *Lignes directrices du GIEC*. Des valeurs sont aussi requises pour la fraction oxydée et la fraction de carbone dans la biomasse vivante et morte au Tableau 4-13 des *Lignes directrices* pour calculer la quantité de carbone et d'azote émis par le brûlage de la savane. Ces paramètres sont difficiles à mesurer sur place. On peut utiliser le rendement de combustion pour décrire la végétation et les conditions de combustion, qui, à terme, déterminent les facteurs d'émission de CH₄ et N₂O. On entend par rendement de combustion le rapport molaire entre les concentrations de CO₂ émis et la somme des concentrations de CO et CO₂ émis par les feux de savanes. Le Tableau 4.A1 du présent document contient une colonne pour le rendement de combustion. Les données compilées sur le rendement de combustion ont été obtenues à partir des résultats d'expériences de brûlage de la biomasse dans divers écosystèmes de savanes en Amérique et en Afrique tropicale. Dans la méthode proposée, l'équation révisée pour le calcul de la quantité annuelle de CH₄ ou N₂O émis sera donc :

ÉQUATION 4.A1

ÉMISSIONS DE CH₄ OU N₂O IMPUTABLES AU BRULAGE DES SAVANES

$$\text{Quantités de CH}_4 \text{ ou N}_2\text{O émis} = \text{Quantité de biomasse brûlée (t ms)} \cdot \text{Facteur d'émission de CH}_4 \text{ ou N}_2\text{O (kg/t ms)}$$

Région	Fraction de savane totale brûlée annuellement	Densité de la biomasse aérienne (t ms/ha)	Fraction de biomasse brûlée	Rendement de combustion
Amérique tropicale	0,50	6,6±1,8	0,85	0,95
Campo limpo ^{a,b}	0,3-1,0	7,1±0,5	1,0	0,96
Campo sujo ^{a,b}	0,3-1,0	7,3±0,5	0,97	
Campo cerrado ^{a,b}	0,3-1,0	8,6±0,8	0,72	0,94
Cerrado sensu stricto ^{a,b}	0,3-1,0	10,0±0,5	0,84	0,94
Afrique tropicale	0,75	6,6±1,6	0,86	0,94
	0,05-0,15	0,5-2,5	0,95	
Zone du Sahel	0,25-0,50	2-4	0,85	
	0,25-0,50	3-6	0,85	
Zone Soudan Nord	0,60-0,80	4-8	0,90-1,0	
	0,5-1,0	8,9±2,7	0,74±0,04	0,92
Zone Soudan Sud	0,5-1,0	5,1±0,4	0,88±0,02	0,91
Zone Guinée	0,5-1,0	3,0±0,5	0,99±0,01	0,95
Miombo humide ^{c,d,e}	0,1	7,3±0,7	0,71±0,05	0,96
Miombo semi-aride ^{c,e}	0,25-0,5	4,6±2,8	0,85±0,11	0,93
Dambo humide ^{c,d,e}				
Chitemene en jachère ^{c,e}				
Zones boisées semi-arides (Afrique du Sud) ^{c,e}				

^aKauffman *et al.* (1994), ^bWard *et al.* (1992), ^cShea *et al.* (1996), ^dHoffa *et al.*(1999), ^eWard *et al.* (1996)

Des données sont fournies au Tableau 4-14 du Manuel de référence des *Lignes directrices du GIEC* (identique au Tableau 4-12 du Manuel simplifié des *Lignes directrices du GIEC*) pour les régions qui ne figurent pas sur la liste. Ce tableau présente les zones écologiques de base avec des statistiques régionales sur la savane. Le Tableau 4.A1 ci-dessus contient d'autres données sur la savane pour quatre zones écologiques en Amérique tropicale et cinq zones écologiques en Afrique tropicale, basées sur les résultats d'expériences sur le terrain au Brésil, en Zambie et en Afrique du Sud.

Si l'on dispose des données nécessaires pour la fraction de savane brûlée annuellement, la densité de biomasse aérienne, et la fraction de biomasse brûlée dans chaque zone écologique, on peut calculer la quantité de biomasse brûlée de façon détaillée.

Dans la mesure du possible, il est souhaitable de développer des données sur les activités dépendant des saisons et les facteurs d'émission de CH₄ et N₂O imputables au brûlage des savanes dans divers écosystèmes dans chaque pays. Le brûlage des savanes et de la biomasse aérienne est moins important au début qu'à la fin de la saison sèche. Il est donc critique, pendant la saison sèche, de contrôler (i) la fraction de superficie de savane brûlée ; (ii) la densité de biomasse aérienne ; (iii) le pourcentage de biomasse aérienne brûlée ; et (iv) le rendement de combustion.

4A.1.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

Pour les feux de savanes, il existe une corrélation linéaire négative entre le facteur d'émission de CH₄ et le rendement de combustion. Le facteur d'émission est élevé pour un feu à faible rendement. La relation est la même, quelle que soit la zone climatique, les espèces herbacées ou la quantité de biomasse aérienne.

Le Tableau 4.A2 présente la liste des rendements de combustion et des facteurs d'émission de CH₄ associés. Après calcul du rendement de combustion d'un feu de savane en fonction de la zone écologique et de la durée du

brûlage, on doit utiliser le facteur d'émission de CH₄ correspondant pour calculer la quantité annuelle de CH₄ émis par le brûlage des savanes.

TABLEAU 4.A2	
RENDEMENT DE COMBUSTION ET FACTEUR D'ÉMISSION DE CH₄ CORRESPONDANT	
Rendement de combustion	Facteur d'émission de CH₄ (kg/t ms)
0,88	4,2
0,90	3,4
0,91	3,0
0,92	2,6
0,93	2,3
0,94	1,9
0,95	1,5
0,96	1,1

Source : Ward *et al.* (1996).

L'émission de N₂O résultant du brûlage de la biomasse est corrélée linéairement à l'émission de CO₂ et dépend de la teneur en azote de la végétation. Le facteur d'émission de N₂O est calculé par l'équation :

ÉQUATION 4.A2
FACTEUR D'ÉMISSION DE N₂O
Facteur d'émission de N ₂ O (kg/t ms) = Facteur d'émission de CO ₂ (kg/t ms) • 1/Poids moléculaire de CO ₂ • Rapport molaire d'émission de N ₂ O et CO ₂ • Poids moléculaire de N ₂ O

L'Équation 4.A2 est simplifiée comme suit :

ÉQUATION 4.A3
FACTEUR D'ÉMISSION DE N₂O
Facteur d'émission de N ₂ O (kg/t ms) = Facteur d'émission de CO ₂ (kg/t ms) • Rapport molaire d'émission de N ₂ O et CO ₂

Sachant que N₂O n'est pas stable pendant le stockage des échantillons de fumée, le rapport molaire d'émission de N₂O et CO₂ a été obtenu à partir du brûlage en laboratoire de différents types de végétation (Hao *et al.*, 1991) et peut être exprimé par :

ÉQUATION 4.A4
RAPPORT MOLAIRE D'ÉMISSION DE N₂O ET CO₂
Rapport molaire d'émission de N ₂ O et CO ₂ = 1,2 • 10 ⁻⁵ + [3,3 • 10 ⁻⁵ • Rapport molaire d'azote et de carbone (N/C) dans la biomasse]

Dans le Tableau 4.A.3, les facteurs d'émission pour le N₂O dans plusieurs écosystèmes de savane ont été totalisés à partir des résultats de mesures sur le terrain des émissions de CO₂ et des rapports N/C de la biomasse. Les facteurs d'émission par défaut pour le N₂O en Amérique et en Afrique tropicale sont calculés à l'aide de la moyenne des facteurs d'émission pour le continent. Si l'on dispose de données sur le rapport N/C dans la biomasse, et en supposant un facteur d'émission pour le CO₂ de 1 700 kg/t ms, on peut calculer le facteur d'émission pour le N₂O à l'aide des Équations 4.A3 et 4.A4 ci-dessus.

TABLEAU 4.A3
FACTEURS D'ÉMISSION DE N₂O DANS DIVERS ÉCOSYSTEMES DE SAVANES

Région	Facteur d'émission de CO ₂ (kg/t ms)	Rapport N/C dans la biomasse (pourcentage)	Facteur d'émission de N ₂ O (kg/t ms)
Amérique tropicale	-	-	0,065
Campo limpo ^{a, b, c}	1745	0,60	0,055
Campo sujo ^{a, b, c}	1700	0,56	0,052
Campo cerrado ^{a, b, c}	1698	0,95	0,074
Cerrado sensu stricto ^{a, b, c}	1722	1,02	0,079
Afrique tropicale	-	-	0,070
Miombo humide ^{b, c, d}	1680	1,42	0,099
Miombo semi-aride ^{b, c, d}	1649	0,94	0,071
Dambo humide ^{b, c, d}	1732	0,33	0,040
Chitemene en jachère ^{b, c, d}	1761	0,77	0,066
Zones boisées semi-arides	1699	0,98 ± 0,11	0,075

Sources : ^aWard *et al.* (1992), ^bSusott *et al.* (1996), ^cHao *et al.* (1991), ^dWard *et al.* (1996).

4A.1.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les statistiques sur les activités pour chaque écosystème de savane incluent les valeurs suivantes : la superficie de la savane, la fraction de superficie de savane brûlée, la densité de biomasse aérienne, la fraction de biomasse aérienne brûlée et la teneur en carbone et en azote de la biomasse. D'autres paramètres (fraction de biomasse vivante et morte brûlée et fraction de carbone/azote de la biomasse vivante et morte) n'ont pas été inclus ici en raison de la complexité de la collecte de ces données sur le terrain. Sachant que le facteur d'émission de CH₄ peut diminuer de 50 à 75 pour cent pendant la saison de brûlage, il est vivement conseillé de collecter des données saisonnières sur la fraction de superficie de savane brûlée, la densité de la biomasse aérienne, et la fraction de la biomasse aérienne brûlée dans chaque écosystème de savane depuis le début jusqu'à la fin de la saison sèche.

4A.1.1.4 ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

Étant donné le degré élevé d'incertitude associé au calcul de la superficie brûlée dans chaque écosystème de savane, il peut être utile de faire une moyenne d'au moins trois ans pour obtenir une estimation d'année de référence permettant d'identifier toute tendance dans les émissions de CH₄ et de N₂O imputables au brûlage des savanes. Les méthodes permettant d'obtenir des séries temporelles cohérentes sont décrites au Chapitre 7, *Choix de méthode et recalculs*.

4A.1.1.5 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les résultats d'expériences sur le terrain en Amérique et en Afrique tropicale indiquent une incertitude de ±20 pour cent environ pour le facteur d'émission de CH₄. Des expériences en laboratoire indiquent le même pourcentage d'incertitude pour le facteur d'émission de N₂O. L'incertitude pour la densité de la biomasse aérienne dans un écosystème de savane est de l'ordre de ±2 pour cent à ±60 pour cent. Les valeurs d'incertitude les plus élevées sont dues probablement à la variation de la composition de la biomasse aérienne selon les lieux. L'incertitude de la fraction de biomasse brûlée est inférieure à ±10 pour cent. À l'heure actuelle, il est difficile d'estimer l'incertitude pour la fraction de superficie de savane brûlée chaque année, ou la quantité du brûlage, par exemple, au début ou à la fin de la saison.

4A.1.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*.

La présentation avec les feuilles de travail des *Lignes directrices du GIEC* est transparente. Mais, point critique pour la présentation et documentation, la plupart des données sur les activités (pourcentage de superficie de savane brûlée, densité de la biomasse aérienne, fraction de biomasse brûlée, etc.) ne sont pas disponibles ou sont difficiles à obtenir sur le terrain. De plus, il n'existe pas de méthode standard pour obtenir des données sur la superficie brûlée et sur la fraction de biomasse brûlée, ce qui entraîne un manque de cohérence des données présentées.

4A.1.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ)

Comme indiqué précédemment, les données sur les activités pour le calcul de la quantité de biomasse brûlée dans la savane sont entachées d'une incertitude élevée. Il existe très peu de données sur les tendances saisonnières des superficies de savanes brûlées, des densités de biomasse aérienne, et des fractions de biomasse aérienne brûlée. La surveillance des emplacements de feux de savanes actifs et la représentation cartographique des zones brûlées dans chaque pays peuvent être améliorées à l'aide de l'imagerie par satellite obtenue par divers organismes nationaux et internationaux. De plus, des méthodes standard pour mesurer la densité de biomasse aérienne, la fraction de biomasse brûlée et le rendement de combustion devront être développées afin d'obtenir des données cohérentes et de qualité.

APPENDICE 4A.2

EMISSIONS DE CH₄ ET DE N₂O IMPUTABLES A LA COMBUSTION DES RESIDUS DE CULTURES : BASE D'UN FUTUR DEVELOPPEMENT METHODOLOGIQUE

Bien que la combustion des résidus de cultures ne soit pas considérée comme une source nette de dioxyde de carbone étant donné que le carbone émis dans l'atmosphère est ré-absorbé au cours de la saison de croissance suivante, cette combustion est une source d'émissions nettes d'un grand nombre de gaz à l'état de traces, notamment CH₄, CO₂, N₂O, et NO_x. Il est important de noter que certains résidus de cultures sont transportés et brûlés pour fournir de l'énergie, en particulier dans les pays en développement. Les émissions autres que le CO₂ imputables à cette combustion sont traitées dans le secteur Énergie des *Lignes directrices du GIEC*. Pour ce qui est de CH₄ et N₂O, il convient d'affecter correctement la combustion des résidus de cultures afin de prévenir le risque de double comptage. La section ci-dessous traite uniquement des gaz à effet de serre direct CH₄ et N₂O.

4A.2.1 Méthodologie

4A.2.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Le choix de la méthode dépendra de la disponibilité des données sur les activités et les facteurs d'émission pour CH₄ et N₂O dans chaque pays. Si possible, on utilisera des données et des facteurs d'émission spécifiques au pays. Si un pays ne possède pas ses propres données sur les activités et ses propres facteurs d'émission, on pourra utiliser les valeurs par défaut proposées dans les *Lignes directrices du GIEC*.

La fraction de résidus de cultures brûlés sur place représente le degré d'incertitude le plus élevé pour l'estimation des inventaires d'émissions de CH₄ et N₂O imputables à la combustion des résidus de cultures. Le pourcentage de résidus brûlés sur place doit être basé sur une prise en compte complète du bilan massique pour les résidus. Pour améliorer sensiblement les estimations d'émissions de CH₄ et N₂O, les organismes chargés des inventaires sont invités à estimer des pratiques locales et régionales qui reflètent : (i) la fraction de résidus brûlés sur place ; (ii) la fraction transportée et brûlée ailleurs (liée au traitement) ; (iii) la fraction consommée sur place par les animaux ; (iv) la fraction décomposée sur place ; et (v) la fraction utilisée par d'autres secteurs (bio-combustible, fourrage, construction, etc.). On estime actuellement que 10 pour cent de la totalité des résidus de cultures sont brûlés sur place dans les pays développés et 25 pour cent dans les pays en développement. Ces chiffres sont peut-être trop élevés. Conformément aux *bonnes pratiques*, une estimation de 10 pour cent pourrait être plus appropriée pour les pays en développement.

4A.2.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION

En général, les facteurs d'émission de CH₄ et N₂O figurant au Tableau 4.16 du Manuel simplifié des *Lignes directrices du GIEC* sont acceptables. Les données disponibles sont insuffisantes pour actualiser ces facteurs d'émission étant donné qu'au cours des cinq dernières années il y a eu peu d'expériences sur le terrain pour mesurer les émissions dues à la combustion sur place des résidus de cultures. Cependant, les facteurs d'émission dépendent probablement des conditions météorologiques pendant les périodes de combustion, comme en témoigne la diminution du facteur d'émission pour le CH₄ dû au brûlage des savanes entre le début et la fin de la saison sèche. Si l'organisme chargé de l'inventaire procède à des expériences sur le terrain pour mesurer les facteurs d'émission pour CH₄ et N₂O imputables à la combustion des résidus de cultures, ces expériences devront avoir lieu pendant la saison sèche et pendant la saison des pluies.

4A.2.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur la production agricole peuvent être obtenues à partir des données nationales ou de l'*Annuaire de la FAO* (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture). Ces statistiques présentent une fiabilité acceptable. Il y a peu de données pour actualiser les rapports résidus/récolte, fractions de matière sèche, fractions de carbone, et rapport azote/carbone pour les différents résidus de cultures. Lors de la compilation des données sur les activités, l'organisme chargé de l'inventaire doit obtenir des données météorologiques

mensuelles et des données sur les quantités de résidus de chaque culture brûlés après la récolte. Les conditions météorologiques influenceront sur le rendement de combustion (voir Appendice 4A.1 du présent Chapitre) et sur les facteurs d'émission de CH₄ et N₂O.

4A.2.1.4 EXHAUSTIVITE

La méthode actuelle inclut tous les facteurs nécessaires à l'estimation des émissions de CH₄ et de N₂O imputables au brûlage des résidus de cultures. Plusieurs cultures ne figurent pas au Tableau 4.15 du Manuel simplifié des *Lignes directrices du GIEC* (cultures de canne à sucre et cultures de plantes racines telle que le manioc et l'igname). Le rapport résidu/produit est de 0,16 pour la canne à sucre et de 0,4 pour les plantes racines. Il est important de prendre en compte l'élimination complète des résidus de cultures dans le bilan massique. Les résidus qui ne sont pas brûlés sur place deviendront une source de CH₄ ou N₂O suite à la décomposition microbienne, à l'utilisation à des fins d'énergie domestique et aux déchets domestiques. Ces sources devront être incluses dans le calcul des émissions de CH₄ et N₂O imputables à d'autres activités.

4A.2.1.5 ÉTABLISSEMENT DE SERIES TEMPORELLES COHERENTES

La détermination des tendances des émissions de CH₄ et de N₂O imputables à la combustion des résidus de cultures ne devrait pas poser problème car les statistiques de production agricole présentent une fiabilité acceptable. Le point faible des calculs concerne l'estimation du pourcentage de résidus brûlés sur place. L'organisme chargé de l'inventaire devra collecter des données sur les activités après élimination des résidus de chaque culture, en particulier le pourcentage de résidus brûlés sur place, après la récolte.

4A.2.1.6 ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Les données sur les rendements des cultures, y compris les cultures commerciales et l'agriculture de subsistance, présentent une fiabilité acceptable, bien qu'il soit difficile de déterminer leur incertitude. Les incertitudes des facteurs d'émission de CH₄ et N₂O pour la combustion de résidus de cultures pendant la saison sèche est de l'ordre de ±20 pour cent. Mais on ne dispose pas de données sur les facteurs d'émission pendant la saison des pluies. La fraction de résidus de cultures brûlés sur place est probablement la variable entachée de l'incertitude la plus élevée pour ce qui est de l'estimation de CH₄ et de N₂O imputables à la combustion de résidus de cultures. Des données statistiques doivent être compilées pour prendre en compte l'utilisation des résidus de cultures après la récolte.

4A.2.2 Présentation et documentation

Les *bonnes pratiques* consistent à documenter et archiver toutes les informations nécessaires à la production des estimations d'émissions pour les inventaires nationaux comme indiqué à la Section 8.10.1 du Chapitre 8, *Assurance de la qualité et contrôle de la qualité*, Section 8.10.1, *Documentation et archivage interne*.

Les données sur la production agricole sont aisément disponibles auprès des organismes nationaux ou à partir de l'*Annuaire de la FAO*. Les conditions météorologiques et la quantité de résidus brûlés sur place pendant la saison sèche et pendant la saison des pluies devront être indiquées dans la présentation. On devra mesurer et présenter la fraction de matière sèche, la fraction de carbone, et le rapport azote/carbone pour chaque résidu de cultures. Il est important, également, de procéder à des expériences sur le terrain pour mesurer les facteurs d'émissions de CH₄ et N₂O pendant la saison sèche et la saison des pluies.

4A.2.3 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité des inventaires (AQ/CQ)

La qualité des estimations d'émissions de CH₄ et N₂O imputables à la combustion des résidus de cultures variera considérablement selon les pays, et dépendra en grande partie de la qualité des données sur les pourcentages de résidus brûlés sur place. La qualité des autres données sur les activités et les facteurs d'émission est raisonnable et peut être améliorée en obtenant des données sur la quantité de résidus brûlés pendant la saison sèche et la saison des pluies. Les données sur la production agricole peuvent être vérifiées à l'aide de statistiques sur le commerce des denrées.

APPENDICE 4A.3

EMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA RIZICULTURE : MESURES, PRESENTATION ET AQ/CQ DES DONNEES DE TERRAIN

Présentation de données après mesures sur le terrain : On utilisera une parcelle de contrôle standard, avec au minimum trois rizières en parallèle, pour obtenir des facteurs d'émission régionaux et nationaux type. Les rizières devront être inondées en permanence entre la période précédant la transplantation jusqu'à la maturité. Pour les rizières expérimentales, il ne doit pas y avoir eu d'apports récents (cinq ans) d'engrais organiques autres que des racines recyclées et peut-être du chaume court. Les mesures des flux de CH₄ devront être consignées au minimum deux fois par semaine sur la totalité de la saison d'inondation. Dans les zones rizicoles à double ou triple récolte, les données devront être obtenues pour toutes les campagnes rizicoles. Pour des conseils en matière de *bonnes pratiques* à observer pour les mesures type pour les écosystèmes rizicoles irrigués, voir IGAC (1994). La nature des instruments de mesure et la fréquence des mesures détermineront l'incertitude associée. Dans le cas de mesures typiques, on estime que l'incertitude associée est au moins de 20 pour cent.

L'exactitude et la précision des estimations d'émissions de CH₄ augmentent avec le nombre d'emplacements testés et la fréquence et le nombre de mesures sur chaque emplacement.

On devra collecter d'autres données, telles que la situation et la superficie incluses dans les mesures, des données sur les sols, et des données climatiques. Des données agronomiques, telles que les rendements rizicoles et autres données sur les cultures sont également importantes car elles peuvent permettre de vérifier si les mesures sont représentatives des conditions agronomiques typiques. En général, les modèles prédictifs récemment publiés (Huang *et al.*, 1998, etc.) peuvent faciliter la présentation des valeurs des émissions de CH₄. Les *bonnes pratiques* consistent à fournir le nombre le plus élevé possible de données spécifiques au pays ou à la région.

Présentation des mesures sur le terrain : Les données minimales qui doivent accompagner les mesures des flux pour (i) la détermination des facteurs d'échelle, (ii) la vérification de l'inventaire à l'aide de modèles, et (iii) l'assurance de la qualité/contrôle de la qualité, doivent inclure :

- Des données géographiques, y compris le pays et la province, la latitude et la longitude, l'altitude moyenne et une brève description de l'emplacement ;
- Un relevé de données sur les événements agricoles (durée de l'apport d'engrais organique, gestion de l'eau, désherbage, etc.), la méthode d'établissement des cultures et les dates des étapes importantes concernant la culture (repiquage, épiaison, date de récolte, etc.) ;
- Les températures de l'air et du sol à 5 cm de profondeur, relevées lors de la mesure de chaque flux ;
- Les types d'engrais, taux d'applications (y compris engrais chimiques), et programmes et mode d'application ;
- Les types de sols, classés selon la Taxonomie des sols de USDA ou la Classification des sols de la FAO/UNESCO, au minimum au niveau des sous-groupes. Les caractéristiques générales des sols, y compris la texture, doivent être mesurées ;
- La gestion de l'eau (nombre de jours d'inondation, drainage/sécheresse) ;
- Effets des apports d'engrais organiques sur les émissions (le type et les quantités d'engrais doivent être documentés) ;
- Le cultivar de riz utilisé (nom, durée de la culture, hauteur, variété classique ou moderne, caractéristiques) ;
- Les paramètres végétaux, de préférence pour divers stades de la croissance (indice foliaire, biomasse aérienne (paille et chaume) rendement, indice de récolte).

AQ/CQ des mesures sur le terrain : En général, des scientifiques dans le pays détermineront les procédures d'AQ/CQ sur le terrain pour le calcul des facteurs d'émission spécifiques au pays. Pour garantir la comparabilité et l'inter-étalonnage des ensembles de données étendus utilisés pour le calcul des facteurs d'émission spécifiques au pays, tous les programmes de surveillance devront inclure certaines procédures internationales permettant d'obtenir des « facteurs d'émission type » (voir IGAC (1994), Sass (1999)) :

- (i) Les mesures des flux de CH₄ devront être consignées au minimum *deux fois par semaine* pour toute la durée de la saison d'inondation.
- (ii) Dans les régions rizicoles à double récolte (ou 5 récoltes sur 2 ans), les données devront être collectées pour toutes les campagnes rizicoles.
- (iii) Un échantillonnage manuel des chambres de flux risque de ne pas inclure les flux importants de CH₄ prisonnier des sols après le drainage. Une correction est nécessaire dans ce cas. En l'absence de données spécifiques, on peut utiliser une estimation d'augmentation de 10 à 20 pour cent des émissions saisonnières.
- (iv) L'importance des émissions avant la plantation doit être examinée, et, s'il y a lieu, estimée ou mesurée.

REFERENCES

CARACTERISATION DE LA POPULATION ANIMALE

- Agricultural and Food Research Council (AFRC) Technical Committee on Responses to Nutrients (1990). *Nutritive Requirements of Ruminant Animals: Energy*. Rapport 5, CAB International, Wallingford, Royaume-Uni.
- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients (1993). *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. 24-159, CAB International, Wallingford, Royaume-Uni.
- Bamualim, A. et Kartiarso (1985). 'Nutrition of draught animals with special reference to Indonesia', dans : Copland, J.W. (éd.), *Draught Animal Power for Production*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australie.
- Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996*, J.T. Houghton et al., GIEC/OCDE/AIE, Paris, France.
- Ibrahim, M.N.M. (1985). 'Nutritional status of draught animals in Sri Lanka', dans : Copland, J.W. (éd.), *Draught Animal Power for Production*. ACIAR Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australie.
- Jurgen, M. H. (1988). *Animal Feeding and Nutrition*, Sixième édition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, États-Unis.
- Lassey, K.R. et M.J. Ulyatt (1999), *Enterically fermented methane, with emphasis on sheep emissions*. Rapport WL99/5, National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, Nouvelle-Zélande.
- Lawrence, P.R. (1985). 'A review of nutrient requirements of draught oxen', dans : Copland, J.W. (éd.), *Draught Animal Power for Production*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australie.
- National Research Council (NRC) (1984). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, National Academy Press, Washington, D.C. États-Unis.
- NRC (1989). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, National Academy Press, Washington, D.C. États-Unis.
- NRC (1996). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, National Academy Press, Washington, D.C. États-Unis.
- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (1999). Base de données statistique.

EMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA FERMENTATION ENTERIQUE CHEZ LE BETAIL

- Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996*, J.T. Houghton et al., GIEC/OCDE/AIE, Paris, France.
- Judd, M.J., F.M. Kelliher, M.J. Ulyatt, K.R. Lassey, K.R. Tate, I.D. Shelton, M.J. Harvey, et C.F. Walker (1999). 'Net methane emissions from grazing sheep', *Global Change Biol.*, 5 : 647-657.
- Kurihara, M., T. Magner, R.A. Hunter, et G.J. McCrabb (1999). 'Methane production and energy partition of cattle in the tropics', *British Journal of Nutrition*, 81 : 227-234.
- Lassey, K.R., et M.J. Ulyatt (1999). *Enterically fermented methane, with emphasis on sheep emissions*. Rapport WL99/5, National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, Nouvelle-Zélande.
- Lassey, K.R., M.J. Ulyatt, R.J. Martin, C.F. Walker, et I.D. Shelton (1997). 'Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand', *Atmos. Environ.*, 31 : 2905-2914.
- Leuning, R., S.K. Baker, I.M. Jamie, C.H. Hsu, L. Klein, O.T. Denmead, et D.W.T. Griffith (1999). 'Methane emission from free-ranging sheep: a comparison of two measurement methods', *Atmos. Environ.*, 33 : 1357-1365.
- Murray, B.R., A.M. Bryant, et R.A. Leng (1978). 'Methane production in the rumen and lower gut of sheep given lucerne chaff: effect of level of intake', *British Journal of Nutrition*, 39 : 337-345.

EMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER

Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996*, J.T. Houghton *et al.*, GIEC/OCDE/AIE, Paris, France.

EMISSIONS DE N₂O IMPUTABLES A LA GESTION DU FUMIER

Gibbs, M.J., P. Jun, et K. Gaffney (1999). *N₂O and CH₄ emissions from livestock manure*. Rapport de référence pour la Réunion d'experts sur les bonnes pratiques en matière de préparation des inventaires : sources agricoles de méthane et d'oxyde nitreux, 24-26 février 1999, Wageningen, Pays-Bas.

Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996*, J.T. Houghton *et al.*, GIEC/OCDE/AIE, Paris, France.

Oenema, O., O. Heinemeyer, L. Erda, et R. Sherlock (1999). *Nitrous oxide from Animal Waste Management Systems*. Rapport de référence pour la Réunion d'experts sur les bonnes pratiques en matière de préparation des inventaires : sources agricoles de méthane et d'oxyde nitreux, 24-26 février 1999, Wageningen, Pays-Bas.

EMISSIONS DIRECTES DE N₂O PROVENANT DES SOLS CULTIVES

AIEA (1992). *Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Agriculture*. AIEA, Vienne, Autriche, AIEA-TECDOC-674, ISSN 10111-4289.

Barnard, G.W. et L.A. Kristoferson (1985). *Agricultural Residues as Fuel in the Third World*. Technical Report No. 5. Earthscan, Londres, Royaume-Uni.

Bouwman, A.F. (1996). 'Direct emissions of nitrous oxide from agricultural soils', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 52 : 165-170.

Clayton, H., I.P. McTaggart, J. Parker, L. Swan, et K.A. Smith (1997). 'Nitrous oxide emissions from fertilised grassland : A two-year study of the effects of fertiliser form and environmental conditions', *Biology and Fertility of Soils*, 25 : 252-260

Cornell (1994). *The Cornell Net Carbohydrate System for Evaluating Cattle Diets*. Cornell Cooperative Extension, Animal Science Department, Ithaca, New York, États-Unis.

Firestone, M. K. et E.A. Davidson (1989). 'Methodological basis of NO and N₂O production and consumption in soil', dans : Andreae, M.O. et D.S. Schimel (éds.), *Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere*. Wiley and Sons, Chichester, Royaume-Uni, pp. 7-21.

Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996*, J.T. Houghton *et al.*, GIEC/OCDE/AIE, Paris, France.

Klemedtsson, L., A. Kasimir Klemedtsson, M. Escala, et A. Kulmala (1999). 'Inventory of N₂O emission from farmed European peatlands', dans : Freibauer, A. et M. Kaltschmitt (éds.), *Approaches to Greenhouse Gas Inventories of Biogenic Sources in Agriculture*, Rapport de l'atelier de Lökeberg, Suède, 9-10 juillet 1998, pp. 79-91.

Mosier, A.R. et C Kroeze (1999). *Contribution of agroecosystems to the global atmospheric N₂O budget*. Rapport de l'atelier international Reducing N₂O Emission from Agroecosystems, Banff, Canada, mars 1999.

Smith, K.A., L. Bouwman, et B. Braatz (1999). *Nitrous oxide: Direct emissions from agricultural soils*. Rapport de référence pour la Réunion d'experts sur les bonnes pratiques en matière de préparation des inventaires : sources agricoles de méthane et d'oxyde nitreux, 24-26 février 1999, Wageningen, Pays-Bas.

Soil Science Society of America (1996). *Glossary of Terms*, Madison WI, États-Unis, p. 47 et p. 73.

Strehler, A. et W. Stutzle (1987). 'Biomass residues', dans : Hall, D.O. et R.P. Overhead (éds.), *Biomass: Regenerable Energy*. John Wiley, Chichester, Royaume-Uni, pp. 75-102.

Turn, S.Q., B.M., Jenkin, J.C. Show, L.C. Pritchett, D. Campbell, T. Cahill, et S.A. Whalen (1997). 'Elemental characterization of particulate matter emitted from biomass burning: Wind tunnel derived source profiles for herbaceous and wood fuels', *Journal of Geophysical Research*, 102 (D3) : 3683-3699.

EMISSIONS INDIRECTES DE N₂O RESULTANT DE L'AZOTE UTILISE EN AGRICULTURE

Crutzen, P.J. et M.O. Andreae (1990). 'Biomass burning in the tropics: Impact on Atmospheric chemistry and biogeochemical cycles', *Science* 250 : 1669-1678.

Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996*, J.T. Houghton et al., GIEC/OCDE/AIE, Paris, France.

Smil, V. (1999). 'Nitrogen in crop production: An account of global flows', *Global Biogeochemical Cycles* 13 : 647-662.

EMISSIONS DE CH₄ IMPUTABLES A LA RIZICULTURE

Denier van der Gon, H.A.C. et H.U. Neue (1995). 'Influence of organic matter incorporation on the methane emission from a wetland rice field', *Global Biogeochemical Cycles*, 9 : 11-22.

Ding Aijiu et Wang Mingxing (1996). 'A model for methane emission from rice field and its application in southern China', *Advances in Atmospheric Sciences*, 13 : 159-168.

Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre—Version révisée 1996*, J.T. Houghton et al., GIEC/OCDE/AIE, Paris, France.

Huang, Y., R.L. Sass, et F.M. Fisher Jr. (1998). 'A semi-empirical model of methane emission from flooded rice paddy soils', *Global Change Biology*, 4 : 247-268.

IGAC (1994). *Global Measurement Standardisation of Methane Emissions from Irrigated Rice Cultivation, A Report of the Rice Cultivation and Trace Gas Exchange Activity (RICE) of the International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Project*. IGAC Core Office, Cambridge, MA.

International Rice Research Institute (1995). *World Rice Statistics 1993-94*. The International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Sass, R.L. (1999). *Methane from Rice Agriculture*, Rapport de référence pour la Réunion d'experts sur les bonnes pratiques en matière de préparation des inventaires : sources agricoles de méthane et d'oxyde nitreux, 24-26 février 1999, Wageningen, Pays-Bas.

APPENDICES 4A.1 ET 4A.2 : EMISSIONS DE CH₄ ET N₂O IMPUTABLES AU BRULAGE DES SAVANES ET A LA COMBUSTION DES RESIDUS DE CULTURES

Hao, Wei Min, D. Scharffe, J.M. Lobert, et P.J. Crutzen (1991). 'Emissions of N₂O from the burning of biomass in an experimental system', *Geophys. Res. Lett.*, 18 : 999-1002, 1991.

Hao, Wei Min, D.E. Ward, G. Olbu, et S.P. Baker (1996). 'Emissions of CO₂, CO, and hydrocarbons from fires in diverse African savanna ecosystems', *J. Geophys. Res.*, 101 : 23577-23584.

Hoffa, E.A., D.E. Ward, W.M. Hao, R.A. Susott, et R.H. Wakimoto (1999). 'Seasonality of carbon emissions from biomass burning in a Zambian savanna', *J. Geophys. Res.*, 104 : 13841-13853.

Kauffman, J.B., D.L. Cummings, et D.E. Ward (1994). 'Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian *cerrado*', *J. of Ecology*, 82 : 519-531.

Shea, R.W., B.W. Shea, J.B. Kauffman, D.E. Ward, C.I. Haskins, et M.C. Scholes (1996). 'Fuel biomass and combustion factors associated with fires in savanna ecosystems of South Africa and Zambia', *J. Geophys. Res.*, 101 : 23551-23568.

Susott, R.A., G.J. Olbu, S.P. Baker, D.E. Ward, J.B. Kauffman, et R.W. Shea (1996). 'Carbon, hydrogen, nitrogen and thermogravimetric analysis of tropical ecosystem biomass', dans : Levine, J.S. (éd.), *Biomass Burning and Global Change*, MIT Press, Cambridge, Mass., États-Unis, pp. 249-259.

Ward, D.E., R.A. Susott, J.B. Kauffman, R.E. Babbitt, D.L. Cummings, B. Dias, B.N. Holben, Y.J. Kaufman, R.A. Rasmussen, et A.W. Setzer (1992). 'Smoke and fire characteristics for *cerrado* and deforestation burns in Brazil: BASE-B Experiment', *J. Geophys. Res.*, 97 : 14601-14619.

Ward, D.E., W.M. Hao, R.A. Susott, R.E. Babbitt, R.W. Shea, J.B. Kauffman, et C.O. Justice (1996). 'Effect of fuel composition on combustion efficiency and emission factors for African savanna ecosystems', *J. Geophys. Res.*, 101 : 23569-23576.