



Formation sur les inventaires des GES issues du secteur Agriculture, Foresterie et autres Affectations de Terres (AFAT) selon les directrices du GIEC 2006

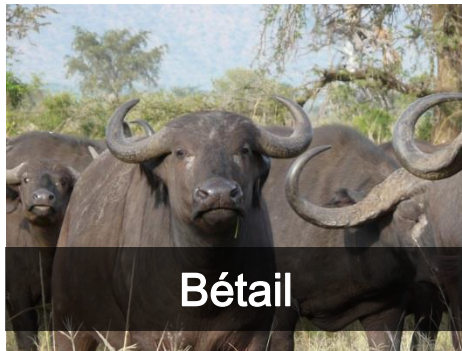
Bétail

Paolo Prosperi
(FAO)

Programme pour la Mitigation des Changements Climatiques en Agriculture (MICCA)

Présentation basée sur la formation en ligne de la FAO "Building a sustainable national greenhouse gas inventory for Agriculture, Forestry and Other Land Use", "The national greenhouse gas inventory for Land Use", et sur le Matériel de Formation pour les inventaires de GES du Consultative Group of Experts (CGE)

Émissions issues du bétail



Bétail



Fermentation
entérique

La fermentation entérique du bétail d'élevage émet du méthane (CH_4) par digestion des hydrates de carbone par les micro-organismes. Le bétail ruminant est une source majeure de CH_4 .



Gestion du
fumier

La gestion du fumier émet:

- CH_4 par la décomposition du fumier dans des conditions anaérobies.
- N_2O directement et indirectement dans l'atmosphère pendant le stockage et le traitement du fumier par la nitrification et la dénitrification combinée de l'azote contenu dans le fumier.

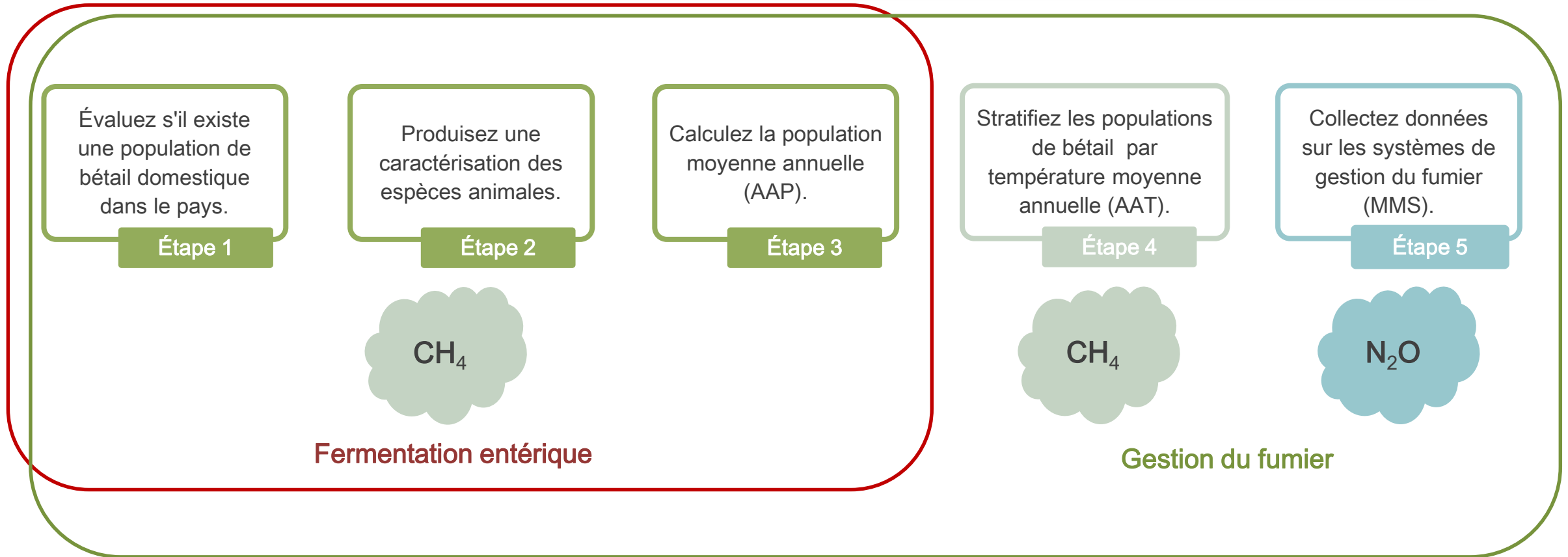
CH_4

CH_4

N_2O

Source	Catégorie (équation)	GES émis	Catégories de reportage	Directrices GIEC 2006 volume 4
Emissions issues du bétail	Fermentation entérique	CH ₄	3A1 - Fermentation entérique	Chapitre 10
	Gestion du fumier	CH ₄	3A2 - Gestion du fumier	
		Direct N ₂ O		
Emissions issues des sols gérés	<u>Fumier déposé sur les pâturage, engrais synthétiques et organiques, résidus de récolte, sols minéraux et sols organiques drainés</u>	Direct N ₂ O	3C4 – Emissions directes N ₂ O issues des sols gérés	Chapitre 11
		<u>Indirect N₂O</u>	3C5 - Emissions indirectes N ₂ O issues des sols gérés	
	Riziculture	CH ₄	3C7- Riziculture	Chapitre 5
	Chaulage et application d'urée	CO ₂	3C2 – Chaulage 3C3 – Application d'urée	Chapitre 11
Emissions issues du feu	Combustion de la biomasse	CH ₄ et N ₂ O	3C1 – Émissions issues de la combustion de la biomasse	Chapitre 2

Émissions issues du bétail: cinq étapes



Les émissions de CO_2 du bétail ne sont pas estimées car les émissions nettes annuelles de CO_2 sont supposées nulles: le CO_2 photosynthétisé par les plantes est renvoyé dans l'atmosphère sous forme de CO_2 respiré.



Émissions issues du bétail: cinq étapes

Étape 1

Évaluez s'il existe une population de bétail domestique dans le pays:

Une liste complète des animaux d'élevage doit être réalisée (par exemple bovins, buffles, moutons, chèvres, chameaux, lamas, alpagas, cerfs, chevaux, lapins, mulets et ânes, suidés, volailles).

Source de données: statistiques nationales ou FAOSTAT

Étape 2

Produisez une caractérisation des espèces animales:

C'est-à-dire, la désagrégation des populations animales en catégories / sous-catégories aussi homogènes que possible. Par exemple, ruminantes et non-ruminantes, bovins laitiers et non laitiers, poulets pondeuses et poulets de chair, suidés marché et reproduction (exemples en tableau 10.19).

Niveau 1: caractérisation de base (nombre d'animaux)

Niveau 2: caractérisation avancée (nombre d'animaux + consommation alimentaire)

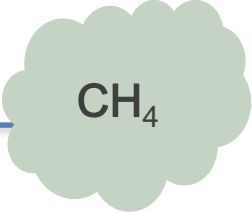
Étape 3

Calculez la population moyenne annuelle (AAP) pour les populations d'animaux avec une cycle de vie de moins d'un an:
(NAPA= nombre d'animaux produits annuellement).

$$AAP = Days_alive \cdot \left(\frac{NAPA}{365} \right)$$

Equation 10.1

Catégorie animale
Vaches laitières
Autres bovins
Suidés ^b
Marchés
Reproduction
Volaille
Poules >= 1 an
Poulettes
Autres poulets
Poulets à viande
Dindes
Canards
Moutons
Chèvres
Chevaux (et mules/ânes)
Chameaux ^c
Buffles ^c
Visons et mustélidés (kg N tête ⁻¹ an ⁻¹) ^d
Lapins (kg N tête ⁻¹ an ⁻¹)
Renards et rats laveurs (kg N tête ⁻¹ an ⁻¹) ^d



Émissions issues du bétail : étapes d'1 à 3 – fermentation entérique

$$Totales CH_4_{Entérique} = \sum_T E_T$$

Equation 10.20

$$E_T = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Equation 10.19

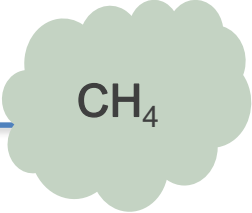
- E_T : Émissions de CH_4 pour la T-ème catégorie ou sous-catégorie de bétail, $Gg CH_4 an^{-1}$;
- $EF_{(T)}$: Facteur d'émission pour la catégorie de bétail T, $kg CH_4 tête^{-1} an^{-1}$;
- $N_{(T)}$: Nombre de têtes de bétail de la catégorie T dans le pays (=AAP).

EF au Niveau 1

Catégorie de bétail	Caractéristiques régionaux	Tableaux du GIEC EFs par défaut (niveau 1)	Unités
Bovins laitiers et autres bovins	Amérique du Nord, Europe de l'Ouest, Europe de l'Est, Océanie, Amérique Latine, Asie, Afrique, Moyen-Orient, Sous-continent indien	<u>Tableau 10.11</u>	Kg CH_4 tête ⁻¹ an ⁻¹
Buffle, Mouton, Chèvres, Chameaux, Chevaux, Mules et culs, Porcs, Volailles*	Pays développés / en développement	<u>Tableau 10.10</u>	
Autres animaux	À déterminer ($EF_{Approximate}$)	<u>Note en tableau 10.10</u>	

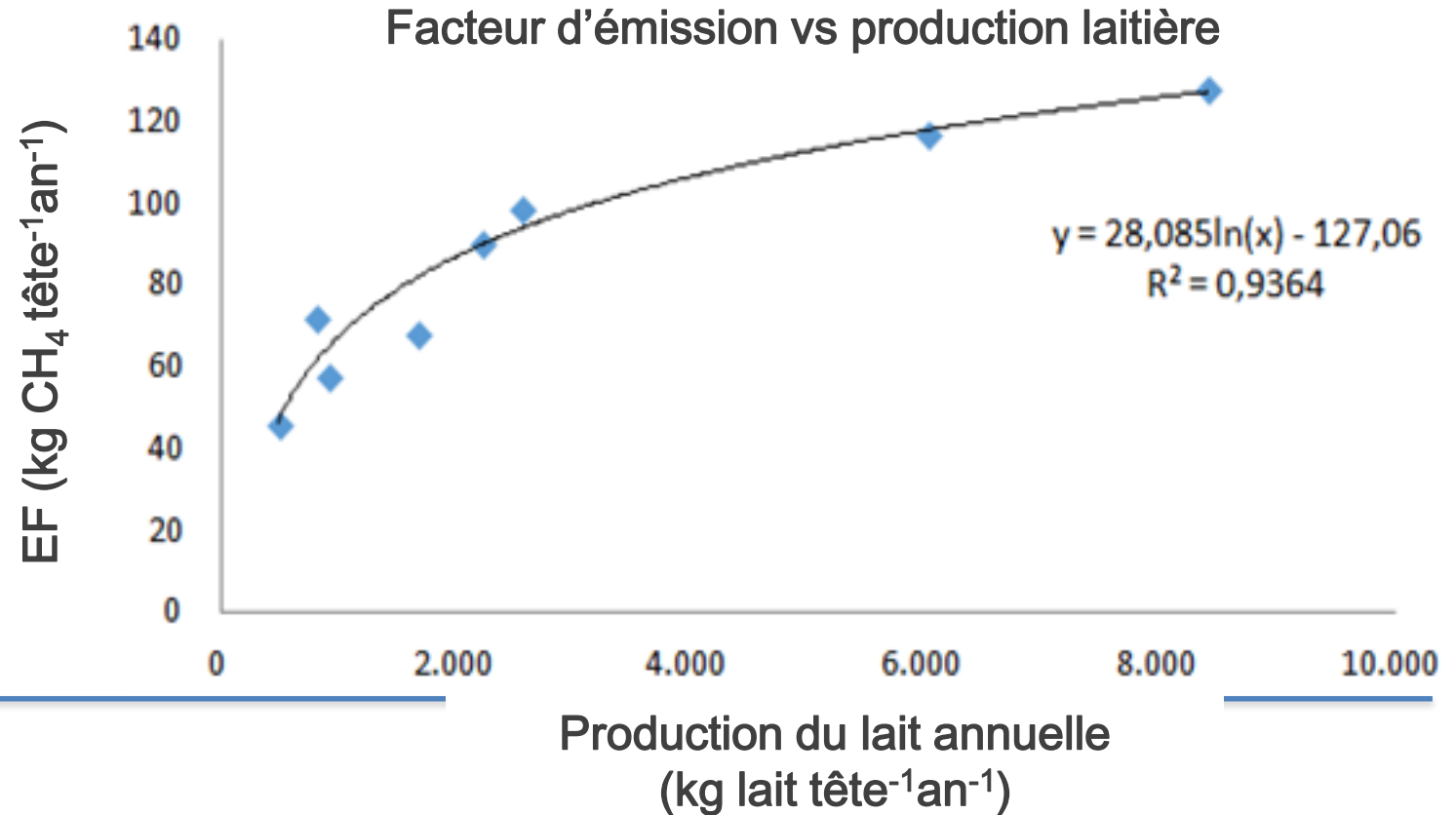
$$EF_{Approximate} = \left(\frac{liveweight}{liveweight_{default}} \right)^{0.75} * EF_{default}$$

Émissions issues du bétail : étapes d'1 à 3 : comment calculer des EFs pour les vaches laitières



Caractéristiques régionales	Catégorie de bétail	Facteur d'émissions ² (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹)	Observations
Afrique et Moyen-Orient : Secteur laitier commercialisé basé sur le pâturage, faible production par vache. La plupart des bovins ont plusieurs fonctions, comme la force de tirage et un peu de lait dans les régions agricoles. Certains bovins paissent sur de très grandes zones. Les bovins sont plus petits que ceux de la plupart des autres régions.	Laitières	40	Production moyenne de lait de 475 kg tête ⁻¹ an ⁻¹
	Autres bovins	31	Inclut les vaches à plusieurs fonctions, les taureaux et les jeunes.

Tableau 10.11



Émissions issues du bétail : étapes d'1 à 3 – fermentation entérique

$$Totales CH_4_{Entérique} = \sum_T E_T$$

[Equation 10.20](#)

$$E_T = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

[Equation 10.19](#)

E_T : Émissions de CH_4 pour la T -ème catégorie ou sous-catégorie de bétail, $Gg CH_4 an^{-1}$;

$EF_{(T)}$: Facteur d'émission pour la catégorie de bétail T , $kg CH_4 tête^{-1} an^{-1}$;

$N_{(T)}$: Nombre de têtes de bétail de la catégorie T dans le pays (=AAP).

EF au Niveau 2

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55.65} \right]$$

[Equation 10.21](#)

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{work} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{wool}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

[Equation 10.16](#)

GE : Consommation d'énergie brute (Gross Energy intake, en anglais), $MJ tête^{-1} jour^{-1}$;

Y_m : facteur de conversion du CH_4 (=pourcentage d'énergie brute dans l'alimentation converti en CH_4)

$DE\%$: Digestibilité des aliments = la partie de l'énergie brute (GE) dans l'aliment non excrété dans les fèces.

TABLE 10.3
SUMMARY OF THE EQUATIONS USED TO ESTIMATE DAILY GROSS ENERGY INTAKE FOR CATTLE, BUFFALO AND SHEEP

Metabolic functions and other estimates		Equations for cattle and buffalo	Equations for sheep
Maintenance (NE _m)	Survie	Equation 10.3	Equation 10.3
Activity (NE _a)	Activité	Equation 10.4	Equation 10.5
Growth (NE _g)	Croissance	Equation 10.6	Equation 10.7
Lactation (NE _l)*	Lactation	Equation 10.8	Equations 10.9 and 10.10
Draft Power (NE _{work})	Force tirage	Equation 10.11	NA
Wool Production (NE _{wool})	Laine	NA	Equation 10.12
Pregnancy (NE _p)*	Gestation	Equation 10.13	Equation 10.13
Taux d'énergie nette dans l'alimentation, disponible à la survie par rapport à l'énergie digestible consommée (REM)		Equation 10.14	Equation 10.14
Taux d'énergie nette dans l'alimentation, disponible à la croissance par rapport à l'énergie digestible consommée (REG)		Equation 10.15	Equation 10.15
Gross Energy		Equation 10.16	Equation 10.16

NE: *Energie nette requise par l'animal (Net Energy, en anglais), MJ jour⁻¹;*

Données demandées pour calculer les différents NE: Poids vif; Gain moyen de poids par jour; Poids mature; Nombre moyen d'heures de travail par jour; Conditions alimentaires; Température hivernale moyenne; Production moyenne quotidienne de lait; Teneur en matières grasses; Pourcentage de femelles mettant bas par an; Quantité de progéniture produite par an; Digestibilité de l'alimentation; Production annuelle moyenne de laine par mouton

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100}\right) \cdot 365}{55.65} \right] \quad \text{Equation 10.21}$$

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{work} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{wool}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

[Equation 10.16](#)

GE: *Consommation d'énergie brute (Gross Energy intake, en anglais), MJ tête⁻¹ jour⁻¹;*

Y_m: *facteur de conversion du CH₄ (=pourcentage d'énergie brute dans l'alimentation converti en CH₄)*

DE%: *Digestibilité des aliments = la partie de l'énergie brute (GE) dans l'aliment non excrété dans les fèces.*

Émissions issues du bétail : étape 4 – gestion du fumier – CH₄

CH₄

Étape 4

Stratifiez les animaux par la température moyenne annuelle (AAT):

La température a un impact majeur sur le taux d'activité microbienne qui cause les émissions de CH₄ du fumier. Des taux d'émission plus élevés correspondent à des températures plus élevées. Les pays devraient estimer le pourcentage de populations animales dans différentes zones de température. Lorsque cela n'est pas possible, l'AAT pour l'ensemble du pays peut être utilisé.

Source des données: statistiques météorologiques nationales

$$CH_{4\text{ Manure}} = \sum_{(T)} \left(\frac{EF_{(T)} \cdot N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Equation 10.22

$CH_{4\text{ Manure}}$: Émissions de CH₄ issues de la gestion de fumier, Gg CH₄ an⁻¹;

$EF_{(T)}$: Facteur d'émission pour la catégorie de bétail T (qui dépende de la température AAT), kg CH₄ tête⁻¹ an⁻¹
(Au niveau 1, facteurs par défaut aux tableaux de 10.14 à 10.16);

$N_{(T)}$: Nombre de têtes de bétail de la catégorie T dans le pays (=AAP).

VS_T : solides volatils quotidiennement excrétés par la catégorie de bétail T , kg matière sèche animal⁻¹ jour⁻¹;

$B_{0(T)}$: capacité maximum de production de méthane pour le fumier produit par la catégorie de bétail T , m³ CH₄ kg⁻¹ de VS excrétés (Tableaux 10A-4/9);

$MCF_{(S, k)}$: facteurs de conversion du méthane pour le système de gestion du fumier S par région climatique k , % (défauts en Tableau 10.17);

$MS_{(T, S, k)}$: fraction de fumier de la catégorie de bétail T traitée à l'aide du système de gestion du fumier S dans la région climatique k .

GE : consommation d'énergie brute, MJ jour⁻¹;

$DE\%$: digestibilité de l'alimentation en pourcentage (par exemple 60 %);

UE : énergie urinaire exprimée en tant que fraction du GE . Si possible, utiliser des valeurs spécifiques au pays;

ASH : teneur en cendres du fumier. Si possible, utiliser des valeurs spécifiques au pays.

EF au Niveau 2

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[B_{0(T)} \cdot 0.067 \cdot \sum_{S, k} \frac{MCF_{S, k}}{100} \cdot MS_{(T, S, k)} \right]$$

Equation 10.23

$$VS = \left[GE \cdot \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE \cdot GE) \right] \cdot \left[\frac{1 - ASH}{18.45} \right]$$

Equation 10.24

Au niveau 2, la caractérisation des systèmes de gestion du fumier (MMS) est nécessaire (voir Etape 5)

Émissions issues du bétail : étape 5 – gestion du fumier – N₂O directes

N₂O
Directes

Étape 5

Collectez des données sur les systèmes de gestion du fumier (MMS):

Le fumier (excréments et urine) produit par les animaux domestiques est généralement stocké dans différents systèmes de gestion avant d'être épandu sur les sols comme engrais ou utilisé à des fins d'alimentation, de combustible ou de construction.

Pour estimer les émissions de N₂O provenant de la gestion du fumier, en plus de la caractérisation des animaux, il faut recueillir des données sur la fraction de fumier qui est gérée dans chaque type de système pour chaque catégorie de bétail (MS_(T,S)).

19 MMS sont définis par le GIEC (tableau 10.18) mais des valeurs par défaut de MS_(T,S) sont disponibles seulement pour 9.

$$N_2O_{D(MM)} = \sum_S \left[\sum_T \left[N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot EF_{3(S)} \cdot \frac{44}{28} \right] \right]$$

[Equation 10.25](#)

$N_2O_{D(MM)}$: N₂O issue directement de la gestion du fumier, kg N₂O an⁻¹;

N_T : Nombre de têtes de bétail de la catégorie T dans le pays (=AAP).

$Nex_{(T)}$: Taux d'excrétion annuelle totale de N pour chaque catégorie de bétail T, kg N tête⁻¹ an⁻¹;

$MS_{(T,S)}$: Fraction de Nex (pour chaque catégorie de bétail T) gérée dans un système de gestion du fumier S (valeurs par défaut: tableaux de 10A-4 à 10A-8);

$EF_{3(S)}$: Facteur d'émission pour chaque système de gestion, kg N₂O-N (kg N)⁻¹;

S: Système de gestion du fumier;

T: Type de bétail.

Émissions issues du bétail : étape 5 – gestion du fumier – N₂O indirectes par volatilisation

$$N_2O_{G(MM)} = (N_{vol-MMS} \cdot EF_4) \cdot \frac{44}{28}$$

Equation 10.27

$$N_{vol-MMS} = \sum_S \left[\sum_T \left[N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Equation 10.26

$N_2O_{G(MM)}$: N₂O issue de la volatilisation d’N venant de la gestion du fumier, kg N₂O an⁻¹;

$N_{vol-MMS}$: Quantité d’N volatilisé comme NH₃ et NO_x, kg N an⁻¹;

EF_4 : Facteur d’émissions pour les émissions de N₂O dues au dépôt atmosphérique d’N sur les sols et les surfaces aquatiques, kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilisé)⁻¹;

N_T : Nombre de têtes de bétail de la catégorie T dans le pays (=AAP).

$Nex_{(T)}$: Excrétion annuelle moyenne de N pour chaque catégorie de bétail T, kg N tête⁻¹ an⁻¹;

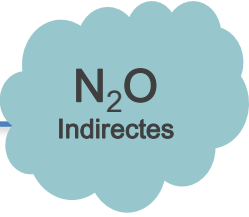
$MS_{(T,S)}$: Fraction de N annuel total (pour chaque catégorie de bétail T) gérée dans un système de gestion S (valeurs par défaut: tableaux de 10A-4 à 10A-8);

$Frac_{GasMS}$: % de N de fumier pour la catégorie de bétail T qui se volatilise comme NH₃ et de NO_x dans le système S;

S: Système de gestion du fumier;

T: Type de cheptel.

Émissions issues du bétail : étape 5 – gestion du fumier – N₂O indirectes par lixiviation et écoulements



Niveau 2

$$N_2O_{L(MM)} = (N_{leach-MMS} \cdot EF_5) \cdot \frac{44}{28}$$

Equation 10.29

$$N_{leach-MMS} = \sum_S \left[\sum_T \left[N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot \left(\frac{Frac_{leachMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Equation 10.28

- $N_2O_{L(MM)}$: N₂O issue de la volatilisation d’N venant de la gestion du fumier, kg N₂O an⁻¹;
- $N_{leach-MMS}$: Quantité d’N lessivé comme des systèmes de gestion du fumier S, kg N an⁻¹;
- EF_5 : Facteur d’émissions des émissions de N₂O de l’azote de lixiviation et écoulements, kg N₂O-N/kg N lessivé et écoulé (valeur par défaut 0,0075 kg N₂O-N (kg N lessivé/écoulé)⁻¹, (valeurs par défaut en tableau 11.3);
- N_T : Nombre de têtes de bétail de la catégorie T dans le pays (=AAP);
- $Nex_{(T)}$: Excrétion annuelle moyenne de N pour chaque catégorie de bétail T, kg N tête⁻¹ an⁻¹;
- $MS_{(T,S)}$: Fraction de N annuel total (pour chaque catégorie de bétail T) gérée dans un système de gestion S (valeurs par défaut: tableaux de 10A-4 à 10A-8);
- $Frac_{leachMS}$: % d’N de fumier de la catégorie de bétail T qui lessive et écoule dans les stockages liquides et solides de fumier comme NH₃ et de NO_x dans le système S;

Émissions issues du bétail : étape 5 – gestion du fumier - $N_{ex(T)}$ pour déterminer N_2O directes et indirectes

N_2O

$$N_2O_{D(MM)} = \sum_S \left[\sum_T \left[N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot EF_{3(S)} \cdot \frac{44}{28} \right] \right]$$

Equation 10.25

$$N_{vol-MMS} = \sum_S \left[\sum_T \left[N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Equation 10.26

$$N_{leach-MMS} = \sum_S \left[\sum_T \left[N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot \left(\frac{Frac_{leachMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Equation 10.28

Niveau 1

$$Nex_{(T)} = N_{rate(T)} \cdot \frac{TAM}{1.000} \cdot 365$$

Equation 10.30

Niveau 2

$$Nex_{(T)} = N_{intake(T)} \cdot (1 - N_{ritention_frac(T)}) \cdot 365$$

Equation 10.31

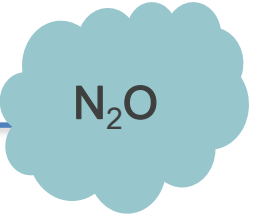
$N_{rate(T)}$: Taux d'excrétion de N (valeurs par défaut en Tableau 10.19), kg N (t masse animal)⁻¹ jour⁻¹;

TAM: Masse animale typique (valeurs par défaut en Tableaux 10A-4 à 10A-9 de l'Annexe 10A.2)

$N_{intake(T)}$: Consommation annuelle de N par tête de l'espèce/catégorie T, kg N animal⁻¹ an⁻¹;

$N_{ritention_frac(T)}$: Fraction de consommation annuelle de N qui est retenue par l'animal de l'espèce/catégorie T. (valeurs par défaut Tableau 10.20). Veuillez noter que $N_{ritention_frac(T)} = N_{intake(T)} / N_{ritention(T)}$

Émissions issues du bétail : étape 5 – gestion du fumier – $N_{ex(T)}$ pour déterminer N_2O directe et indirecte



Niveau 2

$$N_{ex(T)} = N_{intake(T)} \cdot (1 - N_{retention_frac(T)}) \cdot 365$$

Equation 10.31

$$N_{intake(T)} = \frac{GE}{18.45} \cdot \left(\frac{CP\%}{6.25} \right)$$

Equation 10.32

GE: consommation d'énergie brute par l'animal, selon le modèle entérique, en fonction de l'énergie digestible, de la production de lait, des gestations, du poids actuel, du poids mature, du taux de prise de poids et des constantes GIEC, MJ animal⁻¹ jour⁻¹;

CP%: pourcentage de valeur protéique brute dans le régime alimentaire, entrées

$$N_{retention(T)} = \left[\frac{Milk \cdot \left(\frac{MilkPR\%}{100} \right)}{6.38} \right] + \left[\frac{WG \cdot \left[268 - \left(\frac{7.03 \cdot NE_g}{WG} \right) \right]}{100 \cdot 6.25} \right]$$

Equation 10.33

Milk: production de lait, kg animal⁻¹ jour⁻¹ (s'applique uniquement aux vaches laitières);

MilkPR%: % de protéines dans le lait, calculé en tant que $[1,9 + 0,4 \cdot \% \text{ matières grasses}]$, où % matières grasses représente une entrée, qu'on suppose être 4 % (s'applique uniquement aux vaches laitières)

WG: prise de poids, entrées par catégorie de bétail, kg jour⁻¹;

NE_g: énergie nette nécessaire à la croissance, calculée lors de la caractérisation du bétail, basée sur le poids actuel, le poids mature, le taux de prise de poids et les constantes du GIEC, MJ jour⁻¹



Formation sur les inventaires des GES issues du secteur Agriculture, Foresterie et autres Affectations de Terres (AFAT) selon les directrices du GIEC 2006

Bétail

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

paolo.prosperi@fao.org
MICCA@fao.org