




Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation  
et l'agriculture



**GUIDE MÉTHODOLOGIQUE SUR LE PARCOURS DE COMPÉTENCES  
DES EXPERTS EN ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET  
DE SERRE DANS LE SECTEUR DE L'ÉLEVAGE EN AFRIQUE DE  
L'OUEST ET DU CENTRE**





# GUIDE MÉTHODOLOGIQUE SUR LE PARCOURS DE COMPÉTENCES DES EXPERTS EN ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DANS LE SECTEUR DE L'ÉLEVAGE EN AFRIQUE DE L'OUEST ET DU CENTRE

par

**Dr Mohamed Habibou ASSOUMA**

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, unité mixte de recherche - système d'élevage méditerranéens et tropicaux, Bobo-Dioulasso

**Dr Guiguigbaza-Kossigan DAYO**

Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, Bobo-Dioulasso

et

**Dr A.M. Lionel GBAGUIDI, Dr Ibrahima THIAM**

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

Citer comme suit:

Assouma, M.H., Dayo, G.K., Gbaguidi, A.M.L. & Thiam, I. 2025. *Guide méthodologique sur le parcours de compétences des experts en évaluation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage en Afrique de l'Ouest et du centre*. Dakar, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd4528fr>

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les points de vue ni les politiques de la FAO.

ISBN 978-92-5-139652-0

© FAO, 2025



Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.fr>).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne une quelconque organisation, produit ou service. L'utilisation du logotype de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est traduite ou adaptée, la traduction ou adaptation doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction [ou adaptation] n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction [ou de l'adaptation]. L'édition originale [en langue xxxx] est celle qui fait foi.»

Tout différend découlant de la présente licence qui ne pourrait être réglé à l'amiable sera soumis à une procédure d'arbitrage conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI). Les parties acceptent d'être liées par la sentence arbitrale prononcée conformément au règlement susmentionné, qui réglera définitivement leur différend.

**Matériel attribué à des tiers.** La présente licence Creative Commons CC BY 4.0 ne s'applique pas aux éléments de la publication sur lesquels la FAO n'a pas de droit d'auteur. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

**Photographies attribuées à la FAO.** Les photographies présentées dans cette œuvre et attribuées à la FAO ne sont pas couvertes par la licence Creative Commons mentionnée ci-dessus. Toute demande relative à l'utilisation de photographies appartenant à la FAO doit être adressée par courriel à [photo-library@fao.org](mailto:photo-library@fao.org).

**Ventes, droits et licences.** Les produits d'information de la FAO sous forme électronique, ainsi que la liste des distributeurs auprès desquels peuvent être achetés des exemplaires imprimés de ces produits, sont disponibles sur le site web de la FAO ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)). Pour toute question d'ordre général sur les publications de la FAO, prière d'écrire à [publications@fao.org](mailto:publications@fao.org). Les questions relatives aux droits et licences sur les publications doivent être adressées à [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Photo de couverture: © FAO

## Table des matières

REMERCIEMENTS .....	vi
INTRODUCTION.....	1
DÉFINITION DES CONCEPTS.....	4
QUELS SONT LES GAZ À EFFET DE SERRE ÉMIS PAR LE SECTEUR DE L'ÉLEVAGE?.....	7
<b>1. Les émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage.....</b>	<b>8</b>
1.1. L'origine des gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage.....	8
1.2. Quels sont les gaz à effet de serre émis dans le secteur de l'élevage.....	8
1.2.1. Les émissions de méthane (CH <sub>4</sub> ).....	8
QUELLES INSTITUTIONS POUR EFFECTUER LES INVENTAIRES ET COMMENT RÉALISER LES INVENTAIRES DE GAZ À EFFET DE SERRE?.....	11
<b>2. Quelles institutions pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre?.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Les principales étapes des inventaires nationaux de gaz à effet de serre?.....</b>	<b>13</b>
<b>4. Les dispositifs de mesure directe des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage. 14</b>	<b>14</b>
4.1. L'absence de données et l'imprécision des méthodes de mesure.....	14
4.2. Les dispositifs de mesure des gaz à effet de serre disponibles.....	14
<b>5. Les principaux outils et logiciels d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre pour le sec- teur de l'élevage.....</b>	<b>14</b>
5.1. Revue des principaux outils d'inventaire des gaz à effet de serre.....	15
5.2. Description des outils disponibles.....	17
5.2.1. Le modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage mondial: un modèle spécia- lement dédié à l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage.....	17
5.2.2. Logiciel d'inventaire du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage.....	21
5.2.3. Description de l'outil de bilan carbone Ex-Ante pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre .....	23
QUEL PARCOURS DE COMPÉTENCES POUR LES EXPERTS EN ÉLEVAGE ÉVALUATEURS DES ÉMISSIONS SECTORIELLES DE GAZ À EFFET DE SERRE EN AFRIQUE DE L'OUEST ET DU CENTRE .....	25
<b>6. Compétences d'un expert en évaluation des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage.....</b>	<b>26</b>
6.1. Prérequis 1: être capable de rechercher et de collecter les données.....	26
6.2. Prérequis 2: des capacités d'analyse et de discernement.....	26
6.3. Autres compétences essentielles.....	27
<b>7. Le référentiel de compétences pour l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre de l'éle- vage.....</b>	<b>29</b>
QUELLES SONT LES FORMATIONS DISPONIBLES POUR ACCOMPAGNER LES EXPERTS SOUS-RÉGIONAUX SUR L'ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DU SECTEUR DE L'ÉLEVAGE?.....	31
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>33</b>
Références bibliographiques.....	35

## Tableaux

1. Potentiel de réchauffement global des trois principaux gaz à effet de serre.....	5
2. Synthèse des étapes des inventaires de gaz à effet de serre pour le secteur de l'élevage.....	13
3. Tableau comparatif des principaux outils et logiciels d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur de l'élevage.....	16
4. Sources d'émissions de gaz à effet de serre prises en compte par le modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage.....	18
5. Variables d'entrée du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage.....	19
6. Variables de sorties du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage.....	20
7. Synthèse des compétences pour l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage.....	28
8. Référentiel de compétences spécifiques des experts nationaux d'évaluation des gaz à effet de serre du secteur de l'élevage.....	29
9. Référentiel de compétences communes des experts nationaux d'évaluation des gaz à effet de serre du secteur de l'élevage par catégories, domaines et sous-domaines.....	30
10. Formations identifiées pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage.....	32

## Sigles et abréviations

---

<b>CaSSECS</b>	Séquestration du carbone et émissions de gaz à effet de serre dans les écosystèmes (agro) sylvo-pastoraux des États sahéliens du CILSS
<b>CCNUCC</b>	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
<b>CDN</b>	contribution déterminée au niveau national
<b>CFT</b>	Outil cool farm
<b>CIRAD</b>	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
<b>CIRDES</b>	Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide
<b>COP 21</b>	Conférence de Paris sur les changements climatiques , vingt-et-unième édition.
<b>DeSIRA</b>	Innovation au service du développement grâce à la recherche dans l'agriculture
<b>EX-ACT</b>	Outil de bilan carbone Ex-Ante
<b>FAO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>GES</b>	gaz à effet de serre
<b>GIEC</b>	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
<b>GLEAM</b>	Modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage
<b>HFC</b>	hydrofluorocarbures
<b>INERA</b>	Institut national d'études et de recherche agricole
<b>IPCC / IS</b>	Logiciel d'inventaire du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
<b>LEAP</b>	Partenariat pour l'évaluation et la performance environnementale de l'élevage
<b>PIB</b>	produit intérieur brut
<b>PRG</b>	potentiel de réchauffement global
<b>USDA</b>	Département de l'agriculture des États-Unis.
<b>LMD</b>	détecteur laser de méthane

## Unités de mesures et formules chimiques

---

<b>Kg</b>	kilogramme
<b>CH<sub>4</sub></b>	méthane
<b>éqCO<sub>2</sub></b>	équivalent en dioxyde de carbone
<b>Gt</b>	gigatonne
<b>H<sub>2</sub>O</b>	eau (vapeur)
<b>N<sub>2</sub>O</b>	oxyde nitreux.
<b>NH<sub>3</sub></b>	ammoniac
<b>O<sub>3</sub></b>	ozone
<b>PFC</b>	perfluorocarbure
<b>SF<sub>6</sub></b>	hexafluorure de soufre
<b>t</b>	tonne

## Avertissement à l'endroit du lecteur

Le guide n'est ni un document réglementaire ni un programme de formation prêt à l'emploi. Il s'agit d'un outil élaboré en vue d'aider les pays à former des experts capables d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur de l'élevage dans leurs pays afin, entre autres, de mettre en place des politiques publiques adaptées, notamment des mesures correctives de réduction de ces émissions.

## Remerciements

La FAO remercie toutes les institutions et experts qui ont participé à l'élaboration de ce guide, notamment:

- Les quinze experts nationaux chargés des inventaires de gaz à effet de serre (GES) des pays d'Afrique de l'Ouest ayant participé à l'atelier de formation théorique et pratique sur les outils et dispositifs de mesure des émissions de GES du secteur de l'élevage, tenu du 26 février au 1er mars 2024 au Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (CIRDES) à Bobo Dioulasso (Burkina Faso).
- Le projet régional Séquestration du carbone et émissions de gaz à effet de serre dans les écosystèmes (agro)sylvopastoraux des États sahéliens du CILSS (CaSSECS) financé par l'Union européenne à travers le programme européen DeSIRA, au titre de la convention de subvention N°FOOD/2019/410-169 qui a permis de collecter des données dans les pays et à travers le système GRENFEEED.
- Le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD-UMR SELMET) et le Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (CIRDES) pour l'appui scientifique et méthodologique apporté lors de la mise en œuvre du protocole d'accord à travers la contribution de l'ensemble de l'équipe sous le management de Dr Guiguigbaza-Kossigan DAYO, Directeur General du CIRDES et Dr Mohamed Habibou ASSOUMA Expert GES et qui a permis la rédaction de ce guide.
- Dr Lionel Gbaguidi, Fonctionnaire charge de la production et Santé Animale au Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique de l'Ouest pour la coordination globale et la revue du document.
- Dr Ibrahima Thiam, Expert Consultant en Production Animale, Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique de l'Ouest, pour la revue et les compléments apportés à ce document, ainsi que le suivi du protocole d'accord FAO/CIRDES.
- Pr Cheikh LY, Cadre retraité de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), pour la relecture et les pertinentes observations émises pour améliorer le document.
- M. Wilfried Soédja Gnanvi, Spécialiste de la communication, Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique de l'Ouest pour l'appui à la conception et à la publication du document.





## Structuration du guide

Le guide a été structuré de façon que chaque partie soit articulée avec la suivante, dans une démarche constructive et surtout progressive devant permettre, au lecteur désirant soit se former soit comprendre les enjeux et défis liés à l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES), de disposer de toutes les informations nécessaires.

C'est ainsi que dans la partie introductive, les défis en termes de changements climatiques globaux, d'enjeux pour le secteur de l'élevage tant en termes de nécessité de produire que celle de bien produire en réduisant les effets néfastes des rejets de GES sont posés.

Les parties suivantes traitent successivement des différents types de gaz et des origines de leurs émissions, des institutions porteuses de l'évaluation des émissions à toutes les échelles nationales, régionales et globales et de la démarche pour réaliser un inventaire de GES conforme aux standards internationaux, y compris les dispositifs et outils.

Le parcours de compétences pour être expert en évaluation des émissions de GES est décrit ainsi que les référentiels et formations en présentiel ou en ligne disponibles afin de guider le lecteur avec des liens vers des outils et logiciels disponibles.



# INTRODUCTION

Le réchauffement climatique et le déclin de la biodiversité sont au cœur des crises majeures du XXI<sup>e</sup> siècle. Ils sont souvent associés à des activités anthropiques émettrices de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, et altérant l'équilibre et l'intégrité des écosystèmes et puits de carbone.

Les activités d'élevage sont critiquées pour leurs impacts environnementaux, mais la demande mondiale croissante nécessite leur développement tout en intégrant les défis environnementaux et le bien-être animal. En plus de produire de la nourriture, les systèmes d'élevage jouent un rôle crucial dans l'aménagement durable des territoires, contribuant au développement économique, au maintien des paysages et à la vitalité sociale, surtout dans les zones rurales vulnérables. L'importance du secteur de l'élevage en tant qu'utilisateur de ressources naturelles, source de moyens de subsistance et moteur de la croissance économique est bien connue (Alders *et al.*, 2021). Cependant, l'impact négatif de l'élevage sur l'environnement, en particulier les émissions de GES, est un élément central de la discussion actuelle sur le climat (O'Mara, 2011). L'élevage est souvent mis en cause pour ses émissions ayant un impact sur le climat et la qualité de l'air, au premier rang desquelles les émissions de GES dont l'ammoniac qui engendre des odeurs désagréables et constitue une nuisance pouvant générer des conflits entre les éleveurs et leur voisinage. Il est clair que le changement climatique est réel et que les émissions de gaz à effet de serre sont à l'origine de ce changement. Trois rapports de la FAO, *Livestock's Long Shadow* (Steinfeld *et al.*, 2006), *Tackling Climate Change Through Livestock* (Gerber *et al.*, 2013) et *Pathways towards lower emissions* (FAO, 2023) ont joué un rôle clé dans ce débat. Ces publications ont estimé respectivement que le secteur de l'élevage contribue globalement à 18 pour cent des émissions mondiales de GES d'origine anthropique, puis ont revu ce chiffre à la baisse à 14,5 pour cent et l'ont récemment réévalué à 12 pour cent. Dans le dernier rapport (FAO, 2023), pour l'année 2015, tous les systèmes d'élevage dans le monde représentaient environ 6,2 milliards de tonnes

d'émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>eq) et que l'élevage des bovins contribue pour plus de 60 pour cent des émissions mondiales du secteur de l'élevage.

Pour traiter les défis liés aux changements climatiques, plusieurs rencontres internationales ont eu lieu et différents accords ont été signés pour marquer l'engagement des pays à soutenir des actions en faveur de l'adaptation et de l'atténuation. Parmi ces accords, celui de Paris sur le climat, adopté le 12 décembre 2015 à l'issue des négociations de la COP21 et qui est entré en vigueur le 4 novembre 2016. Cet accord fixe l'objectif de contenir d'ici 2100 une augmentation de la température mondiale limitée à moins de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels avec des efforts conséquents pour réduire la hausse des températures à 1,5°C. Ce premier accord international sur le climat a un caractère universel puisque presque tous les pays de la planète ont consigné un accord dans un document commun issu de rapports scientifiques.

C'est dans ce cadre que les États de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, se sont engagés à fournir des rapports de données sur leurs émissions de GES issues de tous les secteurs à travers les inventaires nationaux de GES. Ces inventaires sont réalisés selon les lignes directrices du GIEC (IPCC, 2006), qui proposent une méthodologie internationale (démarche applicable à l'échelle d'un pays ou d'un territoire) et des préconisations pour la réalisation de ces inventaires selon 3 niveaux d'investigation que sont les 1, 2 et 3. Le niveau 1 propose des données par défaut, non spécifiques au pays, et le niveau 2 propose à l'utilisateur d'appliquer des coefficients basés sur des données spécifiques au pays ou à la région. Quant au niveau 3, il propose à l'utilisateur d'utiliser des modèles et des systèmes de mesures d'inventaire adaptés aux circonstances nationales aboutissant à des estimations avec un meilleur niveau de certitudes.

Les services en charge des inventaires dans ces pays sont confrontés aux défis liés à l'absence de données propres au secteur de l'élevage et à l'insuffisance de maîtrise des différents outils de réalisation des inventaires. C'est pour accompagner ces structures des États de l'Afrique de l'Ouest et du Centre à améliorer leurs politiques de lutte contre les changements climatiques que la FAO, avec l'appui du CIRDES, a décidé d'appuyer le renforcement des capacités et la mise en

place de réseaux d'experts sur les mesures d'émission de GES dans le secteur de l'élevage. Ce guide harmonisé sur le parcours de compétences des experts en évaluation des émissions de GES en Afrique de l'Ouest et du Centre est le produit de cette coopération entre la FAO et le CIRDES et s'adresse aux experts des institutions impliquées dans les inventaires nationaux des GES du secteur de l'élevage dans les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre.



# DÉFINITION DES CONCEPTS

Le GIEC a recommandé que les estimations d'émissions de GES doivent inclure toutes les sources, mais aussi toutes les sources de GES associées directement ou indirectement à un produit ou à un service. Une évaluation de la contribution de l'élevage aux émissions de GES nécessite donc au préalable une définition de différents concepts permettant de mieux comprendre les différentes notions et les prérequis pour une meilleure évaluation des émissions de GES.

### Gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre, ou GES, sont des gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations au sein de l'atmosphère terrestre, phénomène appelé effet de serre. Il existe plus d'une quarantaine de gaz à effet de serre (GES) qui ont été recensés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les plus importants sont la vapeur d'eau ( $H_2O$ ), le dioxyde de carbone ( $eqCO_2$ ), le méthane ( $CH_4$ ), l'ozone ( $O_3$ ), le protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) et les gaz fluorés (HFC, PFC, SF6).

### Émissions de gaz à effet de serre

Dégagement dans l'air et refoulements dans l'eau et la terre produisant des gaz à effet de serre entrant dans l'atmosphère. Les principales émissions concernant les GES produits par l'activité d'élevage sont celles de dioxyde de carbone ( $eqCO_2$ ), de protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) et de méthane ( $CH_4$ ). D'une manière générale, la quantité d'émissions et d'éliminations des GES est calculée en multipliant la donnée d'activité par le facteur d'émission.

### Facteur d'émission de gaz à effet de serre

Coefficient quantifiant les émissions ou éliminations d'un GES par unité d'activité (émissions par ha, par exemple).

### Émissions absolues

Totalité des émissions de GES résultant d'une activité/action.

### Émissions directes

Émissions se dégageant physiquement d'activités dans le cadre de limites bien définies.

### Émissions en équivalents $CO_2$

Au cas où plusieurs gaz sont émis, les émissions absolues de GES sont souvent exprimées en unités agrégées appelées émissions

en «équivalents  $CO_2$ » ou émissions  $eqCO_2$ . Ces émissions  $eqCO_2$  sont communément calculées en multipliant l'émission de chaque gaz par son potentiel de réchauffement global (PRG), multiplicateur qui tient compte des différents effets du réchauffement et des diverses durées de vie des gaz à effet de serre hors  $eqCO_2$  à un horizon de temps donné comparé au  $eqCO_2$ . Les PRG sont mis à jour régulièrement par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Le tableau ci-dessous présente le potentiel de réchauffement global des trois principaux gaz à effet de serre à deux horizons temporels (PRG-20 et PRG-100), sur la base du sixième rapport d'évaluation du GIEC (IPCC, 2023).

**Tableau 1.** Potentiel de réchauffement global des trois principaux gaz à effet de serre

Gaz à effet de Serre (GES)	Temps de vie (en années)	PRG-20	PRG-100
$eqCO_2$	Milliers	1	1
$CH_4$ - fossile	Environ 12	82.5	29.8
$CH_4$ - non fossile	Environ 12	79.7	27
$N_2O$	Environ 109	273	273

### Intensité des émissions

Total des émissions de GES résultant d'une activité, par unité de produit généré par cette activité (comme kg  $eqCO_2$ /litre de lait ou par kg de viande). Là où une activité unique génère de multiples produits, les intensités des émissions doivent être calculées en attribuant aux différents produits (par ex. lait et viande produits par les troupeaux laitiers) des émissions absolues provenant de cette activité.

### Calcul des équivalents CO<sub>2</sub>

Que ce soit pour le CH<sub>4</sub> ou le N<sub>2</sub>O ou le éqCO<sub>2</sub>, a un pouvoir réchauffant qui lui est propre. Ainsi, l'impact d'un élevage sur le réchauffement climatique agrège en référence au CO<sub>2</sub> et se calcule de la façon suivante:

$$\text{Kg éqCO}_2 = (\text{CO}_2 \times 1) + (\text{CH}_4 \times 27) + (\text{N}_2\text{O} \times 273) - (\text{t de C}) \times 1000 \times 44/12$$

### Potentiel d'atténuation

Dans le contexte de changement climatique, le potentiel d'atténuation est le volume des réductions d'émissions qui pourrait être atteint dans la durée mais ne l'est encore pas.





QUELS SONT LES GAZ À  
EFFET DE SERRRE ÉMIS PAR  
LE SECTEUR DE L'ÉLEVAGE?

## 1. Les émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage

### 1.1 L'origine des gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage

Il est maintenant admis que le climat de la planète change et que les activités humaines en sont majoritairement responsables via les émissions de gaz à effet de serre (GES). Près du ¼ des émissions mondiales de GES sont imputables aux secteurs de l'agriculture, de la foresterie et des autres affectations des terres (AFAT), avec une forte contribution des systèmes d'élevage.

Les rapports internationaux et études de synthèse pointent du doigt la contribution des activités d'élevage aux émissions de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone (31 pour cent), le méthane (54 pour cent) et l'oxyde nitreux (15 pour cent) et aux changements climatiques. L'ampleur des émissions totales de GES provenant des différentes sources de produits de l'élevage varie fortement d'une région à l'autre. Selon les modèles actuels d'estimation, les émissions de GES de l'élevage de ruminants en systèmes (agro)pastoraux représentent une part importante des émissions totales de GES dans de nombreux pays en développement et devraient augmenter au cours des prochaines décennies. Les travaux actuels placent les systèmes d'élevage pastoraux et agropastoraux des États de l'Afrique de l'Ouest et du Centre comme étant les plus émetteurs de GES par unité de produit au monde.

Le sous-secteur de l'élevage émet des GES pour trois raisons principales:

- 1) le processus de fermentation entérique chez les herbivores;
- 2) les pratiques de gestion des effluents d'élevage;
- 3) la production, la transformation et le transport des aliments pour animaux.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant du secteur de l'élevage peuvent être regroupées en deux catégories: les émissions directes qui constituent 60 pour cent des émissions totales de l'élevage et les émissions indirectes. Les émissions directes

proviennent de la fermentation entérique et de la gestion du fumier, et les émissions indirectes de la production d'aliments pour les animaux et des activités post-exploitation. Il existe également des émissions de dioxyde de carbone (éqCO<sub>2</sub>) provenant de la respiration du bétail. Mais selon les lignes directrices du GIEC et le protocole de Kyoto, le éqCO<sub>2</sub> provenant de la respiration du bétail n'est pas considéré comme une source nette de éqCO<sub>2</sub>, car ce éqCO<sub>2</sub> est considéré comme faisant partie d'un système biologique rapide où le matériel végétal consommé par les animaux est créé par photosynthèse, piégeant le éqCO<sub>2</sub> dans le processus.

Dans les systèmes d'élevage, il existe des leviers qui permettent d'accroître la productivité moyenne et l'efficacité d'une part, et d'autre part, de réduire les émissions ou les intensités d'émission du secteur de l'élevage. Quatre approches principales sont actuellement disponibles pour cela: deux options spécifiques aux ruminants (amélioration de la qualité/ digestibilité des aliments et l'élevage de précision) et deux options applicables à la fois aux ruminants et aux animaux monogastriques (amélioration de la santé animale et de la zootechnie, gestion du fumier).

### 1.2. Quels sont les gaz à effet de serre émis dans le secteur de l'élevage

#### 1.2.1. Les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>)

Le CH<sub>4</sub> se distingue du éqCO<sub>2</sub> par sa courte durée de vie (9.1 ± 0.9 ans, AR6, 5.2.2, WGI) avec un fort pouvoir réchauffant. Autrement dit, sa capacité à piéger la chaleur dans l'atmosphère est 34 fois plus réchauffant sur une période de 100 ans. Le méthane a donc un effet direct important sur le réchauffement climatique et l'élevage est l'une des principales sources d'émission. Selon le dernier rapport du GIEC de 2023, la réduction des émissions de CH<sub>4</sub> entérique provenant de la production de ruminants est un élément clé des stratégies conçues pour limiter l'augmentation de la température mondiale à +1,5°C comme mentionné dans les Accords de Paris sur l'évolution du climat. Les 4 principales sources d'émissions

du méthane au sein d'une exploitation d'élevage sont ainsi le méthane entérique, les émissions de méthane au pâturage, les émissions de méthane en bâtiments d'élevage et les émissions de méthane lors du stockage des déjections. Les émissions de méthane proviennent de nombreux postes de l'exploitation. La fermentation entérique et la gestion des déjections sont les deux principaux phénomènes responsables de ces émissions. Les émissions de CH<sub>4</sub> à l'épandage existent, mais sont négligées.

### Le méthane entérique

La fermentation entérique est une partie naturelle du processus digestif des ruminants (bovins, ovins et caprins) où les bactéries, les protozoaires et les champignons contenus dans le rumen fermentent et décomposent la biomasse végétale consommée par l'animal. Les produits gazeux de la fermentation entérique, le dioxyde de carbone et le méthane sont principalement éliminés du rumen par éructation. Le taux d'émission de méthane entérique varie en fonction de l'ingestion et de la digestibilité des aliments. Les bovins sont les principaux responsables des émissions de méthane entérique (80 pour cent), suivis par les petits ruminants (20 pour cent) en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Le niveau de méthane entérique produit par les animaux dépend de facteurs tels que l'animal (niveau d'ingestion, espèce ou race, stade physiologique, santé animale, efficacité et taille corporelle), la composition chimique et la digestibilité du régime alimentaire, et son environnement, mais la part de la génétique de l'animal est également devenue très évidente au cours des dernières années.

Dans les systèmes de pâturage avec peu ou pas de supplémentation alimentaire, qui sont courants en Afrique de l'Ouest et du Centre, les pratiques d'élevage intelligentes face au climat, telles que les pratiques d'alimentation améliorées, qui réduisent l'intensité et le rendement en méthane, et augmentent la productivité animale et l'adaptation aux défis du changement climatique, sont les plus pertinentes. Les émissions de méthane entérique sont très variables dans le temps pour un même animal, variant entre les

animaux d'un même troupeau nourris dans les mêmes conditions. De plus, les intensités d'émission varient selon les systèmes d'élevage, avec des valeurs très élevées dans les systèmes extensifs tels que ceux que l'on trouve en Afrique subsaharienne. Les non-ruminants produisent également du méthane par fermentation microbienne de l'intestin postérieur, mais les niveaux sont généralement beaucoup plus faibles que chez les ruminants.

### Autres sources d'émission du méthane d'une exploitation

Les émissions de méthane proviennent de la gestion du fumier et résultent principalement de la décomposition de la matière organique des déjections dans des conditions anaérobies. Le méthane est produit lors de la décomposition anaérobie de la matière organique du fumier, en particulier dans les systèmes où le fumier est stocké ou traité dans des fosses sans oxygène. L'oxyde nitreux est produit par des processus microbiens dans le sol et le fumier, en particulier lors de la décomposition des composés contenant de l'azote. Les autres sources d'émission de méthane sont:

- les émissions de méthane au pâturage: elles sont dues aux déjections au pâturage et dépendent du temps de présence au pâturage;
- les émissions de méthane en bâtiments d'élevage: elles dépendent du type de bâtiment et du temps de présence des animaux en bâtiment;
- les émissions de méthane lors du stockage des déjections: le volume de déjections stockées et le temps de stockage sont nécessaires pour le calcul de ces émissions. Chaque type d'effluent produit solide (fumier) ou liquide (lisier, digestat, ...) est affecté par un coefficient d'émission spécifique.

L'absence de recherche sur les émissions liées à la gestion du fumier est une réalité, qui dans certains cas, comme les systèmes d'élevage pastoral dans les zones semi-arides

en Afrique de l'Ouest et du Centre, peut être un point chaud pour les émissions de GES autour des zones de forte concentration de fumier (Assouma *et al.*, 2017). La quantité d'émissions de GES provenant de la gestion du fumier dépend de divers facteurs, notamment le type et la taille de l'exploitation d'élevage, les pratiques de manipulation du fumier ainsi que le type de système de gestion du fumier utilisé, les méthodes de stockage et le système de gestion global. Les différents systèmes de gestion du fumier génèrent différents niveaux d'émissions, les émissions de méthane étant généralement plus élevées lorsque le fumier est stocké dans des systèmes liquides tels que les lagunes à fumier.

### 1.2.2. Les émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)

Le NO<sub>2</sub> est également émis au sein des exploitations d'élevage et les postes d'émissions de ce gaz sont nombreuses, déterminées et estimées en kg de N<sub>2</sub>O. Il existe 8 sources d'émissions du N<sub>2</sub>O au sein d'une exploitation d'élevage:

- la gestion des déjections au bâtiment;

- le stockage des déjections;
- la nitrification/dénitrification de l'azote présent dans les sols à la suite de l'apport de N minéral et de N organique;
- l'enfouissement des résidus de cultures;
- le retournement des prairies;
- la perte azotée par lixiviation;
- la restitution des déjections au pâturage.

Ces différentes sources d'émissions sont souvent liées à la gestion des déjections.

### 1.2.3. Les émissions de dioxyde de carbone (éqCO<sub>2</sub>)

Les émissions de éqCO<sub>2</sub> proviennent de l'utilisation d'énergies directes correspondant à la consommation d'énergie sur l'exploitation par les différents ateliers (ex: électricité, carburants). Il y a aussi l'utilisation d'énergies indirectes qui correspondent à l'énergie utilisée lors de l'extraction des ressources fossiles, de la fabrication des intrants de l'exploitation (en amont comme les aliments, les engrais, les semences) et de l'achat d'animaux.



QUELLES INSTITUTIONS  
POUR EFFECTUER  
LES INVENTAIRES ET  
COMMENT RÉALISER LES  
INVENTAIRES DE GAZ À  
EFFET DE SERRE?

## 2. Quelles institutions pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre?

- i. Les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GES) sont une composante clé des stratégies nationales de lutte contre les changements climatiques qui permettent de quantifier les émissions de différents secteurs et surveiller les progrès réalisés dans l'atteinte des objectifs des Contributions Déterminées au niveau National (CDN) dans le cadre de l'Accord de Paris<sup>1</sup>.
- ii. **Au niveau des pays**, la réalisation des inventaires nationaux des GES repose sur un cadre institutionnel bien défini. Les **ministères en charge de l'environnement** jouent souvent un rôle central en coordonnant les efforts nationaux avec le soutien des **Instituts nationaux de recherche**, les **agences en charge des statistiques** ou tout autre organisme habilité et les **ministères sectoriels**, notamment en charge de **l'agriculture, l'élevage** ... A titre d'exemple, notons que les données concernant le cheptel sont collectées par les ministères en charge de l'élevage à travers divers services et directions et les instituts ou centres nationaux de recherche agricole. Toutefois, les méthodologies d'évaluation des émissions de GES sont basées sur les lignes directrices du GIEC.
- iii. **À l'échelle globale**, l'**Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)** apportent un soutien à la fois technique et méthodologique, en particulier dans les secteurs de l'agriculture et de l'élevage, où des outils spécifiques comme le **GLEAM**<sup>2</sup> ont été développés pour réaliser les inventaires. D'autres outils comme le **LEAP**<sup>3</sup> ont aussi été développés par la FAO afin de renforcer les capacités nationales et promouvoir des pratiques agricoles climato-intelligentes en sus de projets qui promeuvent des approches efficaces pour réduire les émissions de méthane dans le secteur de l'élevage tout en augmentant la productivité animale. Ces outils et approches sont diffusés à travers des actions de sensibilisation et de formation visant à intégrer les mesures d'atténuation dans les politiques agricoles nationales et des actions concrètes au niveau mondial par le soutien à l'élaboration et l'amélioration des CDN.
- iv. **Au l'échelle du continent africain et de la sous-région centre et ouest-africaine**, la **FAO** collabore avec des partenaires comme l'Union africaine (UA) et le CIRDES pour adapter les méthodologies d'évaluation des GES aux réalités des systèmes pastoraux et agropastoraux. A cet effet, des dispositifs de mesure directe des émissions, comme les systèmes GreenFeed, qui ont été installés dans des pays comme le Burkina Faso, le Sénégal et le Bénin ont été mises à contribution à travers un projet comme le CaSSECS ayant permis de générer des données spécifiques aux systèmes d'élevage locaux, améliorant ainsi la fiabilité des inventaires nationaux, avec des ateliers régionaux pour former les experts nationaux à l'utilisation d'outils comme GLEAM et aux méthodologies avancées du GIEC (Niveau 2 et Niveau 3), favorisant ainsi une harmonisation des pratiques entre les pays visant à garantir des inventaires plus fiables.

<sup>1</sup> Les CDN se trouvent au cœur de l'Accord de Paris et de la réalisation de ses objectifs de long terme. Les CDN incarnent les efforts déployés par chaque pays pour réduire ses émissions nationales et s'adapter aux effets des changements climatiques. L'Accord de Paris (article 4, paragraphe 2) exige que chaque Partie établisse, communique et actualise les contributions déterminées au niveau national successives qu'elle prévoit de réaliser. Les Parties doivent également prendre des mesures internes pour l'atténuation en vue de réaliser les objectifs de ces contributions.

<sup>2</sup> Global Livestock Environmental Assessment Model.

<sup>3</sup> Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership.

### 3. Les principales étapes des inventaires nationaux de gaz à effet de serre

Les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GES) suivent un processus structuré en plusieurs étapes, alignés sur les directives du GIEC. Ces étapes permettent de collecter, analyser et rapporter les données relatives aux émissions de GES, en garantissant leur qualité et leur conformité aux exigences internationales. Les étapes des inventaires nationaux de GES visent à garantir une cohérence méthodologique, une

précision des données et une transparence dans le rapportage des émissions, tout en soutenant les objectifs de réduction définis par chaque pays. Les étapes des inventaires nationaux de GES appliquées spécifiquement au secteur de l'élevage suivent les mêmes principes généraux, mais nécessitent une approche adaptée aux spécificités des systèmes d'élevage (tableau 2 ci-dessous).

**Tableau 2.** Synthèse des étapes des inventaires de gaz à effet de serre pour le secteur de l'élevage

Étapes	Actions principales	Exemples/Résultats attendus
<b>1. Définition des objectifs et périmètres de l'inventaire</b>	Identification des sources d'émission et catégories d'animaux concernées.	Inclusion des bovins, ovins, caprins, camélins, ânes, équins, volaille, etc.
<b>2. Collecte des données d'activité</b>	Données sur les rations, pratiques d'élevage, gestion des déjections, production d'aliments pour animaux et effectifs. Sources de données: recensements agricoles et données statistiques (FAOSTAT, enquêtes nationales), études spécifiques sur les pratiques d'élevage locales (ex.: CIRDES pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre) et résultats des consultations auprès des agriculteurs et des experts locaux.	5 millions de bovins, 3 millions d'ovins
<b>3. Sélection des méthodologies</b>	Adoption des approches Niveau 1, 2 ou 3	Utilisation de Niveau 2 pour les ruminants locaux
<b>4. Calcul des émissions</b>	Estimation des émissions pour chaque source, espèce et catégorie d'animaux à l'aide de la formule: Émissions (kg CH <sub>4</sub> ) = Effectifs x Facteur d'émission (kg CH <sub>4</sub> / Animal/An).	56 000 tonnes CH <sub>4</sub> pour la fermentation entérique.
<b>5. Validation et vérification</b>	Comparaison des données collectées avec les inventaires précédents ou des moyennes régionales (Ex.: données FAOSTAT). Vérification des calculs et des facteurs d'émission utilisés.	Réduction des incertitudes à 15%
<b>6. Rapportage</b>	Compilation et soumission à la CCNUCC	Rapport exhaustif sur le Secteur Agricole.
<b>7. Suivi et mise à jour</b>	Formation et intégration de nouvelles données Mise à jour des données d'activité (recensements, enquêtes). Développement de nouveaux facteurs d'émission spécifiques aux conditions locales. Intégration des données de mesure directe issues de dispositifs comme GreenFeed.	Intégration de mesures locales par GreenFeed publiées

Le respect de ces étapes permet de disposer d'un inventaire précis et transparent des émissions de GES du secteur de l'élevage, facilitant ainsi l'application de mesures correctives adaptées.

## 4. Les dispositifs de mesure directe des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage

### 4.1. L'absence de données et l'imprécision des méthodes de mesure

Pour le méthane entérique qui est la principale source d'émission de GES du secteur de l'élevage en Afrique de l'Ouest et du Centre, il existe différentes méthodes de mesure ou d'estimation. Les méthodes utilisées pour estimer le méthane entérique chez les ruminants comprennent les méthodes d'estimation par mesure et celles d'estimation par prédiction. Un inventaire des méthodes de mesure des émissions de méthane entérique adaptées et applicables aux systèmes d'élevage de l'Afrique de l'Ouest a été publié par (Gbenou *et al.*, 2024b). Dans cet article, les différentes méthodes de mesure des émissions de méthane entérique ont été présentées et discutées afin de proposer celles qui s'adaptent le mieux aux systèmes d'élevage de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Parmi ces méthodes le système *GreenFeed*, développé par l'entreprise C-Lock Inc (Rapid City, SD, USA) présente l'avantage d'être utilisable aussi bien en station expérimentale (milieu contrôlé) qu'au pâturage en condition réelle d'élevage. Il faut en effet souligner qu'en Afrique de l'Ouest et du Centre, les études sur les émissions de GES du secteur de l'élevage sont rares, fragmentaires et imprécises. Pour élaborer les inventaires nationaux de GES, les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, à l'instar de nombreux pays au monde, ont souvent recours à des estimations de niveau 1 ou des équations du niveau 2 du GIEC qui ne prennent pas en compte les spécificités des systèmes d'élevage que sont la saisonnalité de la qualité et de la quantité des ressources fourragères et les pratiques d'alimentation des éleveurs.

C'est à ce défi lié au manque de données de référence sur les émissions de GES du secteur de l'élevage que tente de répondre le projet CaSSECS avec la mise en place de dispositifs expérimentaux de mesure directe des émissions de méthane entérique chez les ruminants au CIRDES à Bobo-Dioulasso avec le système *GreenFeed* et le dispositif de mesure directe des émissions de GES du sol avec des chambres à gaz automatiques équipées d'analyseurs de gaz au Sénégal. En plus de ces dispositifs, il existe au Burkina Faso un autre

dispositif *GreenFeed* pour petits ruminants à l'INERA dans la station de recherche de Farako Bâ et au Bénin dans la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey Calavi un dispositif *GreenFeed* adapté aux bovins et ovins. Ces différents dispositifs vont permettre de contribuer à améliorer les inventaires nationaux des GES du secteur de l'élevage avec la mise à disposition de références publiées comme c'est le cas avec les travaux de Gbenou *et al.* (2024a).

### 4.2. Les dispositifs de mesure des gaz à effet de serre disponibles

Les mesures sont regroupées en trois catégories: **les méthodes *in vivo***, **les méthodes *in vitro*** et **les méthodes micro-météorologiques**. Les **méthodes *in vivo*** mesurent les émissions au niveau de l'animal de façon continue et/ou discontinue. La chambre respiratoire et l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) font des mesures continues sur la période voulue. Les deux méthodes donnent le débit, mais avec le SF<sub>6</sub>, une partie des gaz érucés ne sont pas aspirés dans la bonbonne et ne sont pas comptabilisés. Parmi les méthodes de mesures discontinues, il y a le *GreenFeed* (GF) et le détecteur laser de méthane (LMD). Ces méthodes permettent de faire des mesures ponctuelles du méthane entérique, mais le GF mesure le débit alors que le LMD ne mesure que la concentration. La **méthode de mesures *in vitro*** est faite au laboratoire, à partir de jus de rumen frais, et estime le potentiel méthanogène des aliments. Enfin, les **méthodes micro-météorologiques**, mesurent sur une aire délimitée où divaguent des animaux, les émanations de méthane. L'estimation des émissions de méthane entérique par prédiction se fait uniquement par des modèles développés à partir de mesure en chambre respiratoire ou SF<sub>6</sub>.



## 5. Les principaux outils et logiciels d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur de l'élevage

### 5.1. Revue des principaux outils d'inventaire des gaz à effet de serre

Les inventaires des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour le secteur de l'élevage s'appuient sur des outils et logiciels spécialisés qui permettent de quantifier les émissions provenant de sources comme la fermentation entérique, la gestion des effluents et la production d'aliments pour animaux.

Parmi les principaux outils, le **Modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage (GLEAM)**, développé par la FAO, est largement utilisé. Il offre une évaluation détaillée des émissions sur le cycle de vie des systèmes d'élevage et permet de simuler des scénarii d'atténuation, notamment en ajustant les pratiques alimentaires.

Le **Logiciel d'inventaire du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC / IS)**, conçu par le GIEC, est un autre outil clé qui couvre tous les secteurs, mais intègre des modules spécifiques à l'agriculture. Il est idéal pour les inventaires nationaux et suit les approches méthodologiques Niveau 1, 2 et 3.

Pour une utilisation à l'échelle des exploitations, l'**Outil cool farm (CFT)** propose une interface conviviale permettant d'estimer les émissions et de comparer des stratégies d'atténuation comme l'amélioration des rations ou des systèmes de gestion des déjections.

D'autres outils, comme **Agriculture et utilisation des terres (ALU)** et **Outil de bilan carbone Ex-Ante (EX-ACT)**, sont spécifiquement adaptés aux secteurs agricoles et à l'utilisation des terres, en intégrant également le potentiel de séquestration du carbone.

Ces outils, chacun adapté à des besoins spécifiques, jouent un rôle essentiel dans l'amélioration des inventaires nationaux de GES, en augmentant leur précision et en aidant les décideurs à identifier des stratégies efficaces pour réduire l'empreinte carbone du secteur de l'élevage.

Le tableau 3 compare ces différents outils et logiciels et offre une vue d'ensemble des outils et logiciel, leurs spécificités et leur pertinence dans différents contextes d'utilisation. Ces outils et logiciels permettent d'améliorer la qualité des inventaires nationaux, d'adopter des méthodologies spécifiques aux conditions locales et de planifier des stratégies efficaces pour réduire les émissions de GES dans le secteur de l'élevage. Dans le présent guide méthodologique nous faisons le choix de développer les trois outils les plus connus en Afrique de l'Ouest et du Centre que sont: GLEAM, IPCC et EX-ACT.



**Tableau 3.** Tableau comparatif des principaux outils et logiciels d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur de l'élevage

Outil/Logiciel	Description	Objectif principal	Niveau de précision	Fonctionnalités clés	Avantages	Exemple d'application
<b>GLEAM</b>	Modèle développé par la FAO pour évaluer les impacts environnementaux des systèmes d'élevage.	Quantifier les émissions sur le cycle de vie des systèmes d'élevage.	Niveau 2-3	Analyse des émissions de CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, éqCO <sub>2</sub> pour la production d'aliments, la fermentation entérique et la gestion des effluents.	Conçu spécifiquement pour l'élevage; résultats détaillés.	Au Mali, utilisé pour estimer que l'amélioration des rations animales peut réduire les émissions de méthane de 10 %.
<b>IPCC IS</b>	Logiciel fourni par le GIEC pour aider les pays à réaliser leurs inventaires nationaux de GES.	Rapporter au niveau national les émissions conformément aux lignes directrices du GIEC.	Niveau 1-3	Modules pour tous les secteurs, y compris l'agriculture; calcul automatique des émissions; génération de tableaux standardisés pour la CC-NUCC.	Compatible avec les méthodologies du GIEC; gratuit.	Au Burkina Faso, utilisé pour intégrer des données spécifiques sur la gestion des effluents, réduisant les incertitudes de 15 %.
<b>CFT</b>	Logiciel convivial destiné aux agriculteurs et entreprises pour évaluer l'empreinte carbone des fermes.	Comparer et optimiser les pratiques agricoles pour réduire les émissions.	Niveau 2	Évaluation des émissions à l'échelle des exploitations; simulation d'impacts de pratiques telles que le changement de rations ou de gestion des effluents.	Interface facile à utiliser; résultats compréhensibles pour les non-experts.	Au Ghana, a permis de montrer que l'intégration de légumineuses dans les rations réduit les émissions de 25 % par kg de viande.
<b>ALU</b>	Logiciel développé par l'USDA pour les inventaires agricoles et l'utilisation des terres.	Quantifier les émissions agricoles et celles liées à l'utilisation des terres.	Niveau 1-2	Intègre des données sur les pâturages, les pratiques agricoles et la gestion des sols.	Idéal pour les inventaires combinant agriculture et utilisation des terres.	En Afrique subsaharienne, a permis d'estimer les émissions des systèmes pastoraux en prenant en compte les pratiques de gestion des pâturages.
<b>EX-ACT</b>	Outil de la FAO pour évaluer l'impact environnemental des projets agricoles et des politiques.	Estimer les émissions actuelles et prédire l'impact des interventions agricoles.	Niveau 2	Analyse de scénarios d'atténuation; évaluation des émissions actuelles et du potentiel de séquestration du carbone.	Utile pour la planification stratégique et les projets.	Au Cameroun, utilisé pour évaluer que l'introduction de biodigesteurs dans les exploitations porcines réduit les émissions de 30 %.

## 5.2. Description des outils disponibles

### 5.2.1. Le modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage: un modèle spécialement dédié à l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage

Le GLEAM est un modèle basé sur le SIG qui simule les processus et les activités biophysiques le long des filières d'élevage selon une approche d'analyse en cycle de vie (ACV). Le but de GLEAM est de quantifier la production et l'utilisation de ressources naturelles de l'élevage, et d'identifier ses impacts environnementaux afin de contribuer à l'évaluation de scénarii d'adaptation et d'atténuation pour améliorer la durabilité du secteur.

Ce modèle simule l'interaction des activités et des processus de production de l'élevage avec l'environnement et peut être utilisé à différentes échelles locale, nationale, sous-régionale et mondiale. Il différencie les étapes clés le long des filières d'élevage telles que la production, la transformation et le transport des aliments du bétail, la dynamique des troupeaux, l'alimentation animale et la gestion des effluents, la transformation et le transport des produits animaux.

Le modèle tient également compte des impacts spécifiques de chaque étape, offrant une image complète et désagrégée des impacts environnementaux de la production animale et de son utilisation des ressources naturelles.

#### Caractéristiques du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage

GLEAM est conçu pour analyser différentes dimensions environnementales, telles que l'utilisation des aliments pour animaux, les émissions de GES, l'utilisation des terres et la dégradation des sols, l'utilisation des éléments nutritifs et de l'eau et les interactions avec la biodiversité. Les principales caractéristiques de la version actuelle (février 2023) de GLEAM sont:

- Une couverture mondiale et systématique de six espèces animales et de leurs produits: viande et lait de bovins, buffles, ovins et caprins; viande de porc, volaille et œufs.

- Une modélisation spatialement explicite de la distribution des animaux d'élevage, des données climatiques, des rendements en aliment et des processus biophysiques qui permet d'appréhender les déterminants et/ou les contraintes de production, les impacts environnementaux et l'identification des mesures d'intervention.
- Une estimation des émissions de gaz à effet de serre à chaque étape de production. Le modèle couvre les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>), le dioxyde de carbone (éqCO<sub>2</sub>) et d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O).
- L'utilisation de la méthode de Niveau 2 et la production d'informations plus précises sur la façon dont les options de gestion du troupeau, de l'alimentation animale et des effluents peuvent contribuer à l'atténuation.
- La possibilité d'évaluer des scénarios d'interventions pour le secteur de l'élevage, et d'être couplé avec d'autres types de modèles (portant par exemple sur la séquestration du carbone dans les prairies ou sur des données économiques et le coût des options d'atténuation).

Les principales sources d'émission de GES considérées dans GLEAM sont présentées dans le tableau 4 (ci-après).

**Tableau 4.** Sources d'émissions de gaz à effet de serre prises en compte par le modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage

Sources d'émissions	Description	
Alimentation $\text{eqCO}_2$ <sup>1</sup>	Travaux aux champs	Émissions de $\text{eqCO}_2$ dues à l'usage d'énergie fossile durant les travaux aux champs
	Production d'engrais	Émissions de $\text{eqCO}_2$ dues à la fabrication et au transport d'engrais synthétiques azotés, phosphatés et potassiques
	Production de pesticides	Émissions de $\text{eqCO}_2$ dues à la fabrication, au transport et à l'application de pesticides
	Transformation et transport	$\text{eqCO}_2$ générés lors de la transformation des cultures destinées à l'alimentation animale et du transport
	Mélange et granulation	$\text{eqCO}_2$ générés lors du mélange et granulation des aliments concentrés
Alimentation CAT <sup>2</sup>	Culture de soja	Émissions de $\text{eqCO}_2$ dues au CAT associé à l'expansion de la culture de soja
	Tourteau de palmiste	Émissions de $\text{eqCO}_2$ dues au CAT associé à l'expansion de la plantation de palmier à huile
Alimentation $\text{N}_2\text{O}$ <sup>3</sup>	Déposition et application du fumier	Émissions directes et indirectes de $\text{N}_2\text{O}$ dues à l'application du fumier aux champs et à son utilisation et tant qu'engrais organiques
	Fertilisants et résidus de culture	Émissions directes et indirectes de $\text{N}_2\text{O}$ dues à l'application d'engrais synthétique azotés aux champs et à la décomposition des résidus de culture
Alimentation $\text{CH}_4$ <sup>4</sup>	Culture de riz	Émissions de $\text{CH}_4$ dues à la culture inondée de riz dont les résidus sont utilisés pour l'alimentation animale
Fermentation entérique $\text{CH}_4$		Émissions de $\text{CH}_4$ dues à la fermentation entérique
Gestion du fumier $\text{CH}_4$ et $\text{N}_2\text{O}$		Émissions de $\text{CH}_4$ et de $\text{N}_2\text{O}$ dues à la gestion et au stockage du fumier
Consommation d'énergie $\text{eqCO}_2$		Émissions directes de $\text{eqCO}_2$ dues à la consommation d'énergie à la ferme pour la ventilation, le chauffage, etc.
		Émissions indirectes de $\text{eqCO}_2$ intégrées dans la construction de ferme, bâtiments et équipements

**NB:** <sup>1</sup>dioxyde de carbone, <sup>2</sup>changements d'affectation des terres, <sup>3</sup>oxyde nitreux, <sup>4</sup>méthane

Pour utiliser GLEAM dans sa version interactive en ligne (Gleam-i), les variables d'entrée sont présentées dans le tableau 5 suivant:

**Tableau 5.** Variables d'entrée du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage

Variables d'entrée	Détails des variables	Unités
Type de simulation	Situation de référence	--
	Scénario	--
Espèces	Bovins laitiers	--
	Bovins à viande	--
Système d'élevage	Extensif (pâturage)	--
	Semi-intensif (mixte)	--
Effectifs du troupeau	Vaches reproductrices	Tête
	Taureaux reproducteurs	Tête
Paramètres zootechniques	Age de 1ère mise bas	Semaine
	Taux de fertilité des femelles	%
	Taux de mortalité des jeunes femelles	%
	Taux de mortalité des jeunes mâles	%
	Taux de mortalité des adultes	%
	Taux de remplacement des femelles	%
	Poids à la naissance	kg
	Poids des femelles adultes	kg
	Poids des mâles adultes	kg
	Poids des femelles à l'engraissement	kg
	Poids des mâles à l'engraissement	kg
	Quantité annuelle de lait	kg
	Taux de matière grasse du lait	%
	Taux de protéines du lait	%
Alimentation	Fourrage (frais, sec, pailles, fanes...)	%
	Grains (maïs et autres céréales)	%
	SPAI (Tourteaux, sons, drêche...)	%
Gestion du fumier	Pâturage	%
	Etable/parc	%
	Stockage solide/tas	%
	Epandage quotidien	%
	Biodigesteur	%
	Au feu directement	%
	Liquide/lisier	%
Bassin anaérobique ouvert	%	

### Résultats du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage mondial

Une simulation complète de GLEAM produit un grand nombre de résultats qui peuvent être soit des indicateurs et des cartes finales, soit des calculs intermédiaires pour des opérations ultérieures. Dans sa version actuelle, les résultats de GLEAM 3.0 comprennent:

- Le nombre d'animaux d'élevage, les systèmes de productions et leur distribution spatiale.
- La production d'effluents (fumier, lisier, fientes) et leur gestion.
- L'apport d'aliments, la composition des rations alimentaires des animaux d'élevage et leur qualité.
- L'utilisation des terres associée à l'alimentation des animaux.
- Les produits de l'élevage.
- Les émissions de GES découlant de chaque étape de la production.
- L'utilisation d'azote à chaque stade de la production.

Les variables de sortie de l'outil GLEAM sont présentées dans le tableau 6 suivant:

**Tableau 6.** Variables de sorties du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage

Variables de sortie	Détails des variables	Unités
Type de simulation	Situation de référence	--
	Scénario	--
Effectifs du troupeau	Total recalculé par GLEAM- <i>i</i>	tête
Productions	Quantité de viande (carcasse)	kg
	Quantité de lait (frais)	kg
	Quantité d'œufs	kg
Émissions	Total des émissions	kg <sup>c</sup> de CO <sub>2</sub> -eq
	Figure 5: Total des émissions par GES	100%
	- Quantité de CH <sub>4</sub>	kg de CO <sub>2</sub> -eq et %
	- Quantité de N <sub>2</sub> O	kg de CO <sub>2</sub> -eq et %
	- Quantité de CO <sub>2</sub>	kg de CO <sub>2</sub> -eq et %
	Émissions par espèce et par source	kg de CO <sub>2</sub> -eq
	- Production alimentaire	kg de CO <sub>2</sub> -eq
	- Fermentation entérique	kg de CO <sub>2</sub> -eq
- Gestion du fumier	kg de CO <sub>2</sub> -eq	
- Transformation et transport)	kg de CO <sub>2</sub> -eq	
Sources d'émissions	Sources d'émission	--
	- N <sub>2</sub> O, Engrais et résidus de culture	%
	- N <sub>2</sub> O, Épandage de déjections	%
	- N <sub>2</sub> O, Gestion et stockage du fumier	%
	- CH <sub>4</sub> , Fermentation entérique	%
	- CH <sub>4</sub> , Gestion du fumier	%
	- CO <sub>2</sub> , Transformation et transport	%
Comparaison GLEAM- <i>i</i> et IPCC-Tier1	Situation de référence	kg de CO <sub>2</sub> -eq et %
	Scénario	kg de CO <sub>2</sub> -eq et %

Les variables biologiques clés nécessaires pour les paramètres du troupeau regroupent des données sur la fécondité, le taux de croissance et le taux de remplacement. Des valeurs spécifiques pour les différentes cohortes, systèmes de production, et troupeaux laitiers vs non laitiers (dans le cas des ruminants) sont établies par des recherches bibliographiques approfondies, des consultations d'experts et la réalisation d'enquêtes.

## Résolution spatiale du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage

GLEAM est destiné à l'évaluation du secteur de l'élevage à l'échelle globale. Beaucoup des processus impliqués dans la production animale, cependant, ont lieu à de petites échelles et sont déterminés par les conditions environnementales et sociales locales ou sub-nationales. Ainsi, les moyennes et les indicateurs moyens à l'échelle mondiale sont généralement trompeurs et ne permettent pas une compréhension suffisante des problèmes réels et de la façon de les aborder. Pour capturer cette variabilité, GLEAM utilise l'information régionale, nationale ou sub-nationale sur les pratiques de production et les paramètres d'élevage. Des données supplémentaires sur le nombre d'animaux, les surfaces de pâturages et la disponibilité en aliment du bétail sont intégrées avec une résolution minimum de 5 minutes d'arc (environ 10 x 10 km à l'équateur). Cette résolution spatiale est également celle de GLEAM, pour la modélisation des processus et la production des résultats.

## Limites du modèle global pour l'évaluation environnementale de l'élevage mondial

L'outil GLEAM n'intègre pas les variables suivantes:

- la séquestration dans les prairies et les parcours pastoraux;
- les spécificités des systèmes pastoraux à faibles intrants (saisonnalité, les variations de poids au cours de l'année);
- les autres espèces animales que sont les camelins, équins et asins.

### 5.2.2. Logiciel d'inventaire du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage

#### Description générale du logiciel d'inventaire du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Le Logiciel d'inventaire du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC / IS) est un outil développé par le GIEC pour aider les pays à réaliser des inventaires nationaux de GES conformément aux

directives du GIEC. Ce logiciel est utilisé pour estimer les émissions de GES dans tous les secteurs économiques, y compris l'agriculture et l'élevage. Il est conçu pour faciliter la compilation des données et la génération des rapports nécessaires à la CCNUCC, dans le cadre des CDN des pays signataires de l'Accord de Paris. Le logiciel prend en compte les approches méthodologiques Niveau 1, Niveau 2 et Niveau 3, selon les spécificités des données disponibles dans chaque pays. Pour les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, qui sont confrontés à des défis spécifiques liés à l'agriculture, au changement climatique et à la gestion des ressources naturelles, cet outil est indispensable pour évaluer et rapporter les émissions du secteur de l'élevage et aligner les efforts nationaux sur leurs engagements climatiques. Les CDN de ces pays incluent des mesures pour réduire les émissions du secteur agricole, notamment par l'amélioration des pratiques de gestion des pâturages, l'adoption de pratiques agricoles climato-intelligentes et la gestion des effluents d'élevage, comme le montre l'exemple du Burkina Faso et du Sénégal.

#### Caractéristiques du logiciel d'inventaire du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Le IPCC Inventory Software repose sur un modèle flexible, permettant de couvrir les émissions de GES provenant de divers secteurs économiques, avec une attention particulière pour le secteur de l'agriculture et de l'élevage. Les principales caractéristiques du modèle sont les suivantes:

- Modèles d'émission pour chaque secteur: Le logiciel permet de calculer les émissions dans les secteurs de l'énergie, des transports, de l'agriculture (y compris l'élevage), des déchets, et de l'utilisation des terres.
- Méthodologies selon les Niveaux 1, 2 et 3: Le modèle supporte les méthodologies du GIEC, allant des estimations globales (Niveau 1) aux approches les plus détaillées et spécifiques (Niveau 3) qui nécessitent des données locales et des mesures directes.

- Modules spécifiques au secteur de l'élevage:
  - Calcul des émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) issues de la fermentation entérique.
  - Évaluation des émissions de CH<sub>4</sub> et de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) liées à la gestion des déjections animales.
  - Prise en compte des rations alimentaires, des systèmes de gestion des effluents et des conditions climatiques.
- Rapportage automatisé:
  - Génération automatique des tableaux requis par la CCNUCC.
  - Sorties au format standard pour faciliter la soumission des inventaires nationaux.

### Résultats du logiciel d'inventaire du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Le logiciel génère les résultats suivants:

- Estimation des émissions par source: le modèle calcule les émissions totales de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> en fonction des données d'activité collectées. Pour le secteur de l'élevage, cela inclut la fermentation entérique des ruminants, la gestion des effluents et la production alimentaire pour les animaux.
- Répartition des émissions par secteur: le logiciel décompose les émissions totales par secteur et sous-secteur, avec des détails sur les contributions de l'élevage par rapport à d'autres secteurs (ex.: énergie, transports).
- Niveaux d'incertitude: le logiciel génère des rapports qui indiquent les incertitudes associées à chaque estimation, en fonction des données et des facteurs d'émission utilisés.

### Résolution spatiale du logiciel d'inventaire du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Le IPCC/IS est conçu pour générer des résultats à l'échelle nationale, en respectant les exigences de la CCNUCC. Cependant, il permet également de ventiler les émissions par régions ou systèmes de production si des données spécifiques sont disponibles. Par exemple pour les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre:

- l'utilisation du logiciel peut être adaptée à différentes zones climatiques et agricoles pour mieux refléter les pratiques locales (ex.: élevage extensif ou intensif);
- les CDN de pays comme le Burkina Faso et le Sénégal incluent des données spécifiques sur la mobilité transfrontalière du bétail et l'élevage pastoral, ce qui peut être intégré dans les calculs si les données sont collectées correctement.

### Limites du logiciel d'inventaire du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Nonobstant ces avantages, le IPCC/IS présente certaines limites, notamment:

- la dépendance à la qualité des données: le modèle est limité par la disponibilité et la précision des données nationales sur les effectifs d'animaux, les rations alimentaires et la gestion des effluents. Pour les pays avec peu de données locales, les estimations basées sur Niveau 1 peuvent conduire à des résultats moins précis;
- sur les méthodologies génériques: les approches Niveau 1 reposent sur des facteurs d'émission standardisés qui ne tiennent pas toujours compte des spécificités locales, comme les types de rations alimentaires ou les méthodes de gestion des pâturages. Cela peut entraîner des imprécisions en termes de sous-estimation/surestimation des émissions générées par le logiciel;



- la complexité des approches avancées: l'utilisation des approches Niveau 2 et Niveau 3 nécessite des données détaillées et des ressources techniques importantes. Cela peut constituer un obstacle pour les pays en développement avec des ressources limitées en matière de recherche et de collecte de données locales;
- sur l'incapacité à estimer certains impacts: le logiciel ne prend pas en compte les bénéfices environnementaux comme la séquestration du carbone dans les pâturages.

En résumé, le IPCC/IS est un outil puissant pour réaliser des inventaires nationaux de GES dans le secteur de l'élevage. Son interface conviviale et sa conformité aux normes internationales en font une solution privilégiée pour les pays en développement. Cependant, pour obtenir des estimations plus précises, il nécessite des données spécifiques au contexte et un renforcement des capacités locales.

### 5.2.3. Description de l'outil de bilan carbone Ex-Ante pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre

#### Description générale de l'outil de bilan carbone Ex-Ante

Le Ex-Ante Carbon Balance Tool (EX-ACT) est un outil développé par la FAO pour estimer les bilans de carbone liés aux projets agricoles, forestiers et d'utilisation des terres. Il permet d'évaluer les GES ainsi que les capacités de séquestration de carbone. Conçu principalement pour une utilisation Ex-Ante, il aide à anticiper l'impact environnemental de projets et programmes avant leur mise en œuvre. EX-ACT est utilisé pour orienter les décisions politiques et opérationnelles, en intégrant des scénarios d'atténuation adaptés au contexte des pays en développement, notamment en Afrique de l'Ouest et du Centre.

#### Caractéristiques de l'outil de bilan carbone Ex-Ante

En matière d'approche méthodologique, EX-ACT suit les lignes directrices du GIEC et est compatible avec les méthodologies Niveau 1 et Niveau 2.

L'outil intègre tous les sous-secteurs agricoles (élevage, cultures, foresterie) et diverses pratiques, comme l'agriculture climato-intelligente. Il inclut également des modules pour la gestion des terres, des effluents et des pâturages.

Son interface est intuitive avec:

- une structure modulaire permettant une saisie facile des données, avec des options pour ajuster les paramètres locaux;
- une génération automatique des scénarios comparant les émissions entre une situation de référence (*Business as Usual*) et des alternatives atténuantes.

En termes d'utilisation sectorielle, le logiciel couvre spécifiquement le secteur de l'élevage, en intégrant les données sur la gestion des déjections animales, la fermentation entérique et la production d'aliments. Il offre également une capacité d'adaptation pour des systèmes extensifs et pastoraux, typiques de l'Afrique subsaharienne.

#### Résultats de l'outil de bilan carbone Ex-Ante

L'outil EX-ACT permet de disposer d'un bilan de carbone net ainsi qu'il suit:

- mesurer les émissions nettes (en eq.CO<sub>2</sub>) après prise en compte des émissions générées et des quantités de carbone séquestrées par le projet ou la politique évaluée;
- effectuer une analyse comparative en fournissant des indicateurs pour comparer les impacts de différentes stratégies d'atténuation (ex.: changements dans la gestion des rations animales ou des effluents);
- faire une projection à long terme qui permet d'évaluer les impacts environnementaux des projets sur des périodes allant jusqu'à 20 ans.

## Résolution spatiale de l'outil de bilan carbone Ex-Ante

L'outil permet une utilisation d'une échelle locale à nationale et s'applique à des projets individuels (fermes ou exploitations agricoles), à des paysages ou à des régions entières.

Cela n'empêche pas une adaptabilité régionale et est de facto:

- spécifiquement utile pour les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre qui intègrent des données locales pour adapter leurs CDN, notamment pour le secteur de l'élevage;
- permet une analyse détaillée des pratiques transfrontalières, comme le pastoralisme, qui est crucial dans ces régions.

## Limites de l'outil de bilan carbone Ex-Ante

L'outil EX-ACT comporte des limites notamment une dépendance aux données disponibles comme la plupart des outils actuels. Pour les contextes où les données locales sont limitées, EX-ACT dépend fortement des estimations globales (Niveau 1), ce qui peut réduire la précision des résultats.

Cet outil est basé aussi sur une approche *Ex-Ante*: il ne mesure pas directement les émissions ou les réductions réalisées après la mise en œuvre des projets, mais uniquement les impacts anticipés.

Enfin, il peut être complexe pour les novices bien que l'interface soit intuitive. Autrement dit, une connaissance approfondie des méthodologies du GIEC et des pratiques agricoles est nécessaire pour maximiser l'utilisation de cet outil.

Ces limites n'empêchent pas son utilisation pour appuyer les CDN des pays comme le Sénégal et le Burkina Faso. Ces nations s'appuient sur EX-ACT pour modéliser les impacts de projets d'amélioration des rations animales ou de gestion des effluents. Par exemple, EX-ACT a permis d'identifier que l'introduction de biodigesteurs dans les élevages pourrait réduire les émissions de méthane de 30 pour cent tout en augmentant la production d'énergie renouvelable. Il a également été récemment utilisé par le Sénégal pour modéliser la quantité de carbone à séquestrer dans le cadre des activités du projet de développement intégré de l'élevage au Sénégal (PNDIES) financé par la Banque africaine de développement (BAD).



QUEL PARCOURS DE  
COMPÉTENCES POUR LES  
EXPERTS EN ÉLEVAGE  
ÉVALUATEURS DES  
ÉMISSIONS SECTORIELLES  
DE GAZ À EFFET DE SERRE  
EN AFRIQUE DE L'OUEST ET  
DU CENTRE?

## 6. Compétences d'un expert en évaluation des émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'élevage

### 6.1. Prérequis 1: être capable de rechercher et de collecter les données

Pour réaliser un inventaire des émissions de GES, l'expert doit être capable de rechercher, trier et collecter les données requises pour l'évaluation. Toutes les données nécessaires peuvent être classées soit comme données de base, soit comme données intermédiaires. Les données de base sont définies comme des données primaires telles que le nombre d'animaux et leur distribution, les paramètres des troupeaux, les taux d'application d'engrais minéraux, les rendements des cultures, les systèmes de gestion du fumier, etc. Elles sont tirées de la littérature, des bases de données nationales, des enquêtes, de consultations ou d'avis d'experts ou de chercheurs. Quant aux données intermédiaires, elles sont calculées à partir des équations renseignées dans les outils (Niveau 2) et servent à leur tour de données de base pour de nouveaux calculs. Les données intermédiaires comprennent les taux de croissance des animaux, les rations alimentaires, les besoins énergétiques des animaux, etc.

L'une des principales données de base est la distribution géographique des populations d'animaux d'élevage. Les nombres totaux d'animaux au niveau national sont rapportés dans des bases de données comme [FAOSTAT](#) ou les données des recensements nationaux pour les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Les limites liées à la qualité de ces données utilisées dans les inventaires nationaux constituent un des grands points d'attention des évaluations. Il est recommandé de construire différents scénarii autour de ces chiffres en considérant des valeurs extrêmes de  $\pm 25$  pour cent.

### 6.2. Prérequis 2: des capacités d'analyse et de discernement

Il est établi que la fermentation entérique constitue une catégorie et la source clé des émissions de méthane dans le secteur de l'élevage en Afrique de l'Ouest et du Centre et cela, du fait principalement que les bovins constituent un effectif ruminant estimé à 85 145 972 de têtes (FAOSTAT, 2022) et qu'ils sont responsables pour plus de 60 pour cent des émissions de méthane entérique. De facto, les lignes directrices du GIEC recommandent

au préalable une caractérisation avancée du cheptel selon une typologie en classes d'âge et de services: veaux pré-sevrage, taurillons, bœufs élevés principalement pour la force de travail, taureaux élevés pour la reproduction, bœufs à l'engraissement, vaches utilisées à plusieurs fins de production (production de veaux, de viande, de lait), génisses laitières de remplacement.

Dans les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, la question de la mobilité transfrontalière des animaux vient complexifier l'estimation du cheptel à considérer dans un pays. C'est pour cela qu'il est important d'harmoniser les méthodologies d'inventaire afin d'éviter les doubles comptages.

Dans la pratique, pour s'assurer de la qualité des inventaires, les services en charge doivent s'assurer avoir toutes les compétences pluridisciplinaires dans leurs équipes (zootechnie, agronomie, foresterie, écologie, statistique, ...).

Le choix de l'outil à utiliser est une étape fondamentale et il est très important d'avoir un groupe de personnes maîtrisant l'outil qui sera utilisé et capable d'analyser et d'interpréter les résultats. Si un outil est utilisé, il est important de définir un certain nombre d'indicateurs de validation et de vérification qui seront chaque fois mesurés. Dans le cas où des données spécifiques de facteur d'émission existent pour le pays et les races locales, ne pas hésiter à faire le calcul de la part de ces émissions dans un fichier séparé. Il est dans ce cas très important de préciser dans la méthodologie l'origine des données qui doivent être des références publiées. Pour s'assurer une bonne compréhension des références locales qui sont en cours de production et pour prendre en compte les défis auxquels les responsables des inventaires sont confrontés, il est important d'organiser des formations théoriques et pratiques autour des principaux dispositifs de mesure en Afrique de l'Ouest et du Centre. Enfin, pour le modèle GLEAM de la FAO, qui a été conçu pour les systèmes d'élevage, il est important de s'inscrire dans une logique de formation continue pour les services en charge des inventaires dans les pays et garder ouvert l'outil pour la prise en compte des spécificités des systèmes d'élevage en Afrique de l'Ouest et du Centre.

En plus de la population animale et sa distribution géographique dans un pays où des disparités climatiques existent d'une région à une autre, il convient de retenir au titre des données d'activités indispensables pour un inventaire de GES l'identification et la distribution des systèmes de gestion des déjections animales: pâturages, prairies et parcours (PPP), parc d'élevage, épandage quotidien, stockage solide (fumier), digesteurs anaérobies, litière accumulée des bovins et des porcins (cas du Burkina Faso).

Outre les facteurs d'émission de référence comme ceux à définir par le CIRDES (mesures directes), les pays devront calculer des facteurs d'émission spécifiques qui tiennent compte de diverses variables comme la qualité des aliments, leur digestibilité, la consommation journalière d'alimentation, de protéines brutes et d'azote, etc.

### 6.3. Autres compétences essentielles

L'expert-évaluateur doit disposer de **compétences scientifiques et techniques** mais aussi avoir une capacité d'**utilisation des outils et logiciels**, de **gestion des données**, d'**application des méthodologies**, des **capacités organisationnelles**, de **communication technique** mais aussi d'**innovation** et d'**adaptation**.

Concernant les **compétences scientifiques et techniques**, l'expert-évaluateur des émissions de GES doit pouvoir comprendre les processus biologiques émetteurs de GES dans l'élevage (fermentation entérique, gestion des déjections). Il doit disposer d'une maîtrise des connaissances sur les gaz ciblés ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{éqCO}_2$ ) et de leur potentiel de réchauffement global (PRG), être capable d'analyser les systèmes de production et de faire une typologie descriptive des systèmes intensif, extensif pastoral et mixtes. Enfin, l'expert doit pouvoir comprendre les différences entre les rations alimentaires, les modes de gestion des effluents et leurs implications sur les émissions.

Pour ce qui est de l'**utilisation des outils disponibles**, l'expert doit maîtriser GLEAM, CFT, IPCC/IS pour modéliser les émissions, être capable de collecter des données avec des dispositifs comme *GreenFeed* ou des chambres respiratoires et d'intégrer les résultats dans les modèles adaptés aux systèmes locaux.

La **gestion des données** requiert de pouvoir les collecter, notamment celles sur les effectifs, les rations alimentaires et les pratiques de gestion des déjections, être capable de structurer les bases de données nationales et effectuer assurer la qualité de celles-ci et pouvoir faire les analyses requises pour les intégrer dans les calculs des émissions.

En termes d'**application des méthodologies**, l'expert devra appliquer les méthodologies des Niveaux 1, 2 ou 3 adaptées aux contextes locaux, calculer les incertitudes et documenter les choix méthodologiques avant de valider les données avec des approches multi-sources.

En ce qui concerne les **capacités organisationnelles**, il est requis de pouvoir faire les planifications des inventaires nationaux en fixant des échéanciers et en définissant les priorités sectorielles, de collaborer avec les ministères, institutions de recherche, et ONG et de suivre les objectifs climatiques nationaux alignés sur les CDN.

La capacité de **communication technique** tient à la nécessité de vulgariser les résultats des inventaires pour les décideurs et les parties prenantes, de sensibiliser les agriculteurs et les éleveurs sur les pratiques d'atténuation et de préparer des rapports techniques pour les organismes internationaux comme la CCNUCC.

Enfin, pour la **capacité d'innovation et d'adaptation**, l'expert doit pouvoir développer des facteurs d'émission locaux pour mieux refléter les spécificités des systèmes d'élevage d'Afrique de l'Ouest et du Centre, intégrer les innovations comme les additifs alimentaires ou les biodigesteurs pour réduire les émissions et adapter les outils et méthodologies pour inclure les pratiques transfrontalières (comme celles liées au pastoralisme).

Le tableau 7 suivant présente une vue détaillée des compétences nécessaires pour mener à bien les inventaires nationaux de GES dans le secteur de l'élevage, réparties par axe-clé, avec des exemples concrets d'application.

**Tableau 7.** Synthèse des compétences pour l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage

Compétences	Compétences spécifiques	Exemples d'application
<b>Scientifiques et techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre les processus biologiques émetteurs de GES dans l'élevage (fermentation entérique, gestion des déjections).</li> <li>- Maîtriser les gaz ciblés (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) et leur potentiel de réchauffement global (PRG).</li> <li>- Analyser les systèmes de production: intensif, extensif, pastoral.</li> <li>- Comprendre les différences entre les rations alimentaires, les modes de gestion des effluents et leurs implications sur les émissions.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculer les émissions de méthane entérique des ruminants dans des systèmes extensifs en Afrique de l'Ouest et du Centre.</li> <li>- Utiliser des données sur les rations alimentaires locales pour ajuster les émissions spécifiques.</li> </ul>
<b>Utilisation des outils et logiciels</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maîtriser les outils GLEAM, CFT, IPCC/IS pour modéliser les émissions.</li> <li>- Collecter des données avec des dispositifs comme <i>GreenFeed</i> ou des chambres respiratoires.</li> <li>- Intégrer les résultats dans les outils adaptés aux systèmes locaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modéliser les impacts des pratiques d'alimentation améliorée sur les émissions de méthane au Burkina Faso avec GLEAM.</li> <li>- Mesurer directement les émissions d'un troupeau pilote avec <i>GreenFeed</i> pour ajuster les facteurs Niveau 2.</li> </ul>
<b>Gestion des données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Collecter les données sur les effectifs, rations alimentaires, pratiques de gestion des déjections.</li> <li>- Structurer les bases de données nationales et assurer leur qualité.</li> <li>- Analyser les données pour les intégrer dans les calculs des émissions.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compiler les effectifs des espèces animales dans les régions pastorales du Mali.</li> <li>- Gérer une base de données nationale pour suivre les systèmes alimentaires au Cameroun.</li> </ul>
<b>Application des méthodologies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appliquer les méthodologies Niveau 1, 2 ou 3 adaptées aux contextes locaux.</li> <li>- Calculer les incertitudes et documenter les choix méthodologiques.</li> <li>- Valider les données avec des approches multi-sources.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adapter les méthodologies Niveau 2 aux rations alimentaires spécifiques aux ruminants en zone sahélienne.</li> <li>- Estimer les émissions par type d'animal et système de production au Ghana.</li> </ul>
<b>Organisationnelles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planifier les inventaires nationaux en fixant des échéanciers et en définissant les priorités sectorielles.</li> <li>- Collaborer avec les ministères, institutions de recherche, et ONG.</li> <li>- Suivre les objectifs climatiques nationaux alignés sur les CDN.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organiser un inventaire multi-acteurs au Sénégal avec le soutien de la FAO et des ONG locales.</li> <li>- Superviser la collecte et l'intégration des données dans un cadre national au Bénin.</li> </ul>
<b>Communication technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vulgariser les résultats des inventaires pour les décideurs et les parties prenantes.</li> <li>- Sensibiliser les agriculteurs et les éleveurs sur les pratiques d'atténuation.</li> <li>- Préparer des rapports techniques pour les organismes internationaux comme la CCNUCC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Former les décideurs locaux au Togo sur l'importance des pratiques d'atténuation des émissions de méthane.</li> <li>- Présenter des résultats sur la gestion des effluents lors d'une réunion régionale en Côte d'Ivoire.</li> </ul>
<b>Innovation et adaptation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développer des facteurs d'émission locaux pour mieux refléter les spécificités des systèmes d'élevage.</li> <li>- Intégrer les innovations comme les additifs alimentaires ou les biodigesteurs pour réduire les émissions.</li> <li>- Adapter les outils et méthodologies pour inclure les pratiques transfrontalières (pastoralisme).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concevoir des scénarios d'atténuation intégrant des biodigesteurs pour les exploitations porcines au Cameroun.</li> <li>- Tester les effets des additifs alimentaires sur les émissions des ruminants au Sénégal.</li> </ul>

## 7. Le référentiel de compétences pour l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre de l'élevage

Le terme «**référentiel**» indique que les compétences doivent être des conditions préalables minimales pour tout évaluateur d'émission de GES, dans le domaine de l'élevage. Ces compétences doivent être communes à tous les professionnels dans le domaine et qui veulent s'octroyer ce titre. Le référentiel de compétences centralise l'ensemble des compétences nécessaires à une pratique professionnelle, articulée généralement entre connaissances fondamentales (théorie), compétences techniques (mise en application) et aptitude professionnelle (savoir-être, déontologie, ...).

Ces compétences pour l'inventaire des

émissions de GES du secteur de l'élevage sont une combinaison de connaissances, de qualifications et d'aptitudes qu'un expert ou une équipe d'experts doit avoir pour accomplir efficacement ses tâches. Ces compétences permettront aux experts d'avoir un meilleur recul sur les résultats et leurs interprétations et de maîtriser les outils utilisés (atouts et limites) de même les dispositifs de production de données de références existantes dans la région. Le tableau 8 ci-dessus décrit par catégorie, les domaines et sous-domaines des **compétences spécifiques** pour bien conduire un inventaire national des émissions de GES du secteur de l'élevage.

**Tableau 8.** Référentiel de compétences spécifiques des experts nationaux d'évaluation des gaz à effet de serre du secteur de l'élevage

Catégories	Domaines	Sous-Domaines
<b>Compétences spécifiques à la profession</b>		
<b>Animal</b>	Zootecnie	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Alimentation des animaux</li> <li>→ Nutrition et physiologie des animaux</li> <li>→ Génétique animale</li> <li>→ Reproduction</li> </ul>
	Système d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Description des systèmes d'élevage par espèces</li> <li>→ Dynamique et structure des troupeaux</li> <li>→ Gestion des effluents</li> <li>→ Mobilité et transhumance</li> </ul>
	Santé animale	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Surveillance épidémiologique</li> <li>→ Campagnes de vaccinations</li> <li>→ Gestion de la santé animale</li> </ul>
<b>Utilisation et gestion des ressources alimentaires-pour animaux</b>	Écologie des pâturages	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Fonctionnement des pâturages naturels (herbacés et ligneux)</li> <li>→ Gestion de l'eau</li> <li>→ Contribution de l'écosystème (sol, eau et végétation) aux émissions de GES</li> </ul>
	Production des aliments	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Cultures fourragères</li> <li>→ Gestion des parcours naturels</li> <li>→ Feux de brousse</li> <li>→ Étude des sous-produits agro-industriels</li> <li>→ Production de céréales</li> <li>→ Marché d'aliments pour animaux</li> </ul>
<b>Aspects de mitigation</b>	Réduction des émissions de GES et Séquestration du carbone	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Dynamique du carbone dans les sols</li> <li>→ Dynamique de carbone dans la végétation</li> <li>→ Pratique de gestion de l'alimentation des animaux</li> <li>→ Intégration agriculture-élevage</li> <li>→ Agroécologie et élevage</li> <li>→ Utilisation et valorisation des effluents d'élevage</li> <li>→ Utilisation et valorisation des sous- et coproduits de récolte</li> </ul>

Outre ces compétences spécifiques pour l'inventaire des émissions de GES du secteur de l'élevage, des compétences communes sont requises (tableau 9 ci-après) décrites par catégorie, domaines et sous-domaines.

**Tableau 9.** Référentiel de compétences communes des experts nationaux d'évaluation des gaz à effet de serre du secteur de l'élevage par catégories, domaines et sous-domaines

Catégories	Domaines	Sous-Domaines
<b>Compétences communes à d'autres professions</b>		
<b>Traitement et gestion des données</b>	Cartographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Cartographie de l'occupation des terres</li> <li>→ Flux des matières</li> <li>→ Effectif des troupeaux</li> <li>→ Bilan fourrager</li> </ul>
	Biostatistique	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Inventaires nationaux des cheptels</li> <li>→ Utilisation des bases de données internationales</li> <li>→ Analyse statistique et autres analyses de données</li> </ul>
	Utilisation des outils référencés pour inventaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Logiciel IPCC,</li> <li>→ Modèle GLEAM</li> <li>→ Outil EX-ACT</li> </ul>
<b>Mise à jour continue de compétences</b>	Renforcement de capacités	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Etape méthodologique d'évaluation des émissions de GES selon les lignes directrices du GIES,</li> <li>→ Utilisation des outils de références d'inventaire des GES</li> <li>→ Communication écrite et orale</li> <li>→ Production de données de référence sur les émissions de GES du secteur de l'élevage</li> <li>→ Recherche d'informations sur internet</li> </ul>

A la lumière de l'analyse des tableaux 8 et 9, on peut en déduire que l'expertise en termes d'évaluateurs d'émissions de GES requiert des équipes multidisciplinaires, car peu d'experts peuvent disposer d'autant de compétences spécifiques et communes.



QUELLES SONT LES  
FORMATIONS DISPONIBLES  
POUR ACCOMPAGNER LES  
EXPERTS SOUS-RÉGIONAUX  
SUR L'ÉVALUATION DES  
ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET  
DE SERRE DU SECTEUR DE  
L'ÉLEVAGE?

Les formations identifiées donnent un aperçu des principales opportunités, en ligne ou en présentiel, pour renforcer les compétences dans l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur de l'élevage (Tableau 10). Ces formations sont offertes par des institutions reconnues telles que la FAO, le CIRDES et d'autres organisations impliquées dans le suivi des émissions de GES

et l'atténuation des impacts climatiques. Ces formations visent à développer les capacités des professionnels pour collecter des données précises, utiliser des outils adaptés, et élaborer des stratégies de réduction des émissions. Elles jouent un rôle clé dans l'atteinte des objectifs climatiques des pays en développement, notamment en Afrique de l'Ouest et du Centre.

**Tableau 10.** Formations identifiées pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage

Formation	Institutions	Objectifs principaux	Format et durée	Public cible	Lien/Source
EX-ACT	FAO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimer les émissions de GES dans l'agriculture et l'élevage.</li> <li>- Évaluer les scénarios de séquestration.</li> </ul>	En ligne (5 heures)	Techniciens, gestionnaires de projets agricoles	<a href="#">FAO eLearning Academy</a> <a href="#">FAO eLearning Academy</a>
GLEAM	FAO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser GLEAM pour modéliser les émissions.</li> <li>- Évaluer les impacts environnementaux des systèmes d'élevage.</li> </ul>	En ligne et présentiel (niveau avancé).	Experts nationaux, décideurs, et chercheurs	<a href="#">FAO - GLEAM</a> <a href="#">FAO Home</a>
CIRDES (CaS-SECS)	CIRDES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renforcer les capacités locales pour Niveau 2 et 3.</li> <li>- Intégrer les données locales dans les inventaires.</li> </ul>	Présentiel (5 jours)	Experts locaux en Afrique de l'Ouest et du Centre	<a href="#">CIRDES</a> <a href="#">FAO eLearning Academy</a>
Resilient Food Systems	FAO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Former sur l'évaluation des impacts climatiques des projets agricoles.</li> </ul>	En ligne avec soutien personnalisé	Gestionnaires de projets et techniciens locaux	<a href="#">Resilient Food Systems</a> <a href="#">Resilient Food Systems</a>
ADEME - bilan carbone	ADEME	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculer les émissions des exploitations agricoles.</li> <li>- Utiliser les bilans carbone pour des projets durables.</li> </ul>	En ligne et présentiel	Consultants, agriculteurs et décideurs politiques	<a href="#">ADEME</a>

# CONCLUSION

En Afrique de l'Ouest et du Centre, le secteur de l'élevage contribue aux émissions de GES liées à la production d'aliments du bétail, la fermentation entérique, la consommation d'énergie fossile pour le transport et la conservation des produits de l'élevage, et la gestion des effluents.

Tous les pays se sont engagés à fournir régulièrement des résultats des inventaires exhaustifs des GES de tous les secteurs y compris le secteur de l'élevage. Les principales difficultés communes à l'ensemble des pays de la région sont le manque de données de référence sur les facteurs d'émission, la non-maîtrise des outils d'évaluation des émissions de GES, les grandes incertitudes liées aux données sur les cheptels et la non-prise en compte des spécificités des élevages pastoraux et agropastoraux dans les logiciels qui existent.

Ce présent guide est un premier jalon vers une amélioration des inventaires nationaux de GES du secteur de l'élevage en mettant un accent particulier sur les dispositifs de recherche qui existent dans la région et les requis indispensables pour accompagner les services en charge des inventaires dans les pays.

L'estimation des émissions de GES des systèmes de production animale en Afrique de l'Ouest et du Centre est essentielle pour évaluer les options d'atténuation des impacts du changement climatique. Dans ces régions, les systèmes de production animale sont le plus souvent basés sur l'utilisation des parcours, des prairies et des pâturages pâturés, qui offrent un potentiel important de séquestration du carbone dans le sol et la végétation pour compenser les émissions de GES.

Néanmoins, ce potentiel de séquestration de carbone n'est pas intégré dans les analyses du cycle de vie du secteur réalisée à l'échelle mondiale jusqu'à présent comme c'est le cas avec l'outil GLEAM de la FAO qui est une référence mondiale. Le potentiel de séquestration de carbone dans ces espaces varie dans l'espace et dans le temps selon une multitude de facteurs pour lesquels les informations ne sont toujours pas disponibles.

Les instructions du GIEC précisent que les estimations d'émissions de GES doivent inclure toutes les sources, mais aussi tous les stockages de GES associés directement ou indirectement à un produit ou à un service. Une évaluation de la contribution de l'élevage aux émissions de GES nécessite donc de raisonner en termes de bilan, en considérant les compensations permises par la séquestration de carbone. La prise en compte de ce potentiel se fait à travers d'indicateurs comme le bilan carbone. Cependant, en Afrique de l'Ouest et du Centre, l'urgence est dans la maîtrise des émissions en général et de leurs évaluations pour interagir sur les systèmes de production et les bonnes pratiques, sans pour autant sous-estimer la nécessité du bilan carbone qui est un indicateur important. Le présent guide est destiné à contribuer aux avancées nécessaires en particulier dans la formation des experts en élevage des 15 pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre.

## Références bibliographiques

---

1. **Alders, R.G., Campbell, A., Costa, R., Guèye, E.F., Ahasanul Hoque, M., Perezgrovas-Garza, R., Rota, A. et Wingett, K.** 2021. Livestock across the world: diverse animal species with complex roles in human societies and ecosystem services. *Animal Frontiers*, 11 (5): 20-29.
2. **Assouma, M.H., Serça, D., Guérin, F., Blanfort, V., Lecomte, P., Touré, I., Ickowicz, A., Manlay R., Bernoux M. et Vayssières J.** 2017. Livestock induces strong spatial heterogeneity of soil  $\text{eqCO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  emissions within a semi-arid sylvo-pastoral landscape in West Africa. *Journal of Arid Land*, 9 (2) : 210-221.
3. **FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).** 2023. *Pathways towards lower emissions – A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems*. Rome.
4. **Gbenou, G.X., Assouma, M.H., Bastianelli, D., Kiendrebeogo, T., Bonnal, L., Zampaligre, N., Bois, B., Bérénice B., Sanogo, S., Sib, O., Martin, C., et Dossa, L.H.** 2024a. Supplementing zebu cattle with crop co-products helps to reduce enteric emissions in West Africa. *Archives of Animal Nutrition*, 78 (2) : 1-17.
5. **Gbenou, G.X., Assouma, M.H., Zampaligre, N., Martin, C., Bastianelli, D., Bonnal, L., Kiendrebeogo, T., Sib, O., BOIS, B., Sanogo, S. et DOSSA, L.H.** 2024b. Mesurer, prédire et réduire les émissions de méthane entérique en Afrique subsaharienne. *INRAE Productions Animales*, 37(1) : <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2024.37.1.7648>.
6. **Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. et Tempio, G.** 2013. *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
7. **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).**2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
8. **IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Lee H., and Romero, (eds.), Geneva, Switzerland, pp. 1-34, [doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001](https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001).
9. **O'Mara, F.P.** 2011. *The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future*, *Animal Feed Science and Technology*, (166–167) : 1-17.
10. **Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and De Haan, C. (2006).** *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. FAO, Rome.

Bureau sous-régional de la FAO pour l'Afrique de l'Ouest  
Résidence Moustapha Mbacké, Zone 6, Plot No. 9, Almadies  
P.O.Box 3300  
Tél: (+221) 33 889 16 59  
<http://www.fao.org/africa/west-africa>  
Courriel: [FAO-SFW@fao.org](mailto:FAO-SFW@fao.org)

**Organisations des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture**  
Dakar, Sénégal

