

Comptabilisation et réduction des gaz à effet de serre liés à l'élevage

Quels sont les enjeux et les limites de la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre dans la mise en œuvre de stratégies de réduction au sein des systèmes d'élevage ?



Marie Aubert
Apolline Boutin
Maxime Cécille
Camille Dargent

Hadrien Do Cao
Cristian Incacutipa
Marie-Anne Lacoste
Nicolas Rousseau

Cette publication a été réalisée par des étudiants en troisième année du cycle ingénieur de Mines Paris PSL Research University. Il présente le travail réalisé dans le cours intitulé « Descriptions de controverse », qui a pour objectif d'introduire les étudiants à l'univers incertain de la recherche scientifique et technique et de les sensibiliser aux enjeux de la participation citoyenne.

Mines Paris décline toute responsabilité pour les erreurs et les imprécisions que peut contenir cet article. Vos réactions et commentaires sont bienvenus. Pour signaler une erreur, réagir à un contenu ou demander une modification, merci d'écrire à la responsable de l'enseignement : madeleine.akrich@mines-paristech.fr.

■ Introduction.....	1
■ Comment prendre en compte les émissions de gaz à effet de serre de l'élevage ?	2
■ Comment prendre en compte les différences d'effets réchauffant entre les différents gaz à effet de serre ?	2
■ La France réduit-elle vraiment les émissions de l'élevage... ou les déplace-t-elle via la comptabilité territoriale ?	6
Différents périmètres de comptabilisation des émissions.....	7
Un encouragement au déplacement des émissions de gaz à effet de serre ?	7
Vers la décapitalisation de l'élevage français.....	8
■ Les stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont-elles compatibles avec le modèle actuel de l'élevage ?	11
■ Quelle est l'ampleur des systèmes dits "intensifs" d'élevage ?	11
■ Peut-on atténuer les émissions de l'élevage intensif sans remettre en cause son modèle productif ?	12
L'impact de l'alimentation des bovins	12
L'usage d'additifs.....	13
La sélection génétique.....	15
La conduite d'élevage.....	16
■ La comptabilisation des gaz à effet de serre suffit-elle pour évaluer l'impact de l'élevage sur la planète, particulièrement dans le cas du modèle "intensif" ?	17
■ Remise en question de ces modèles pour mettre en avant d'autres leviers de réduction ?	19
■ Vers d'autres leviers de réductions ?	19
Retour à un système extensif ?	19
...et/ ou une réduction du cheptel ?	20
■ Faire changer les consommateurs ? L'importance des habitudes de consommation pour faire baisser les émissions	22
Comment inciter les consommateurs à manger moins de viande, ou du moins à privilégier les viandes les moins émettrices de GES ?	22
■ Conclusion.....	27
■ Matériel et méthodes	29
■ Références	30
■ Articles de presse généraliste / presse professionnelle	30

▪ Article de revue scientifique	30
▪ Thèse, mémoires	31
▪ Littérature grise	31
▪ Images, photographies, tableaux et graphiques	33

■ Introduction

La question des émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à l'élevage est aujourd'hui au centre de tensions croissantes entre impératifs climatiques, contraintes économiques et attentes sociétales. Ces tensions se développent autour de la nécessité de limiter le réchauffement climatique, de préserver la biodiversité, d'assurer la sécurité alimentaire et de maintenir les systèmes agricoles (élevage intensif ou extensif).

L'élevage joue un rôle majeur dans les émissions mondiales de GES. Selon l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), le secteur agricole est responsable d'environ 14 % des émissions mondiales de GES, dont près de 60 % proviennent directement de l'élevage. Cette contribution élevée s'explique par la combinaison de trois gaz principaux. Le méthane (CH_4) représente une part significative de ces émissions et demeure particulièrement important pour le climat du fait de son pouvoir de réchauffement global élevé, environ 28 fois plus fort que celui du dioxyde de carbone, même si sa durée de vie atmosphérique est plus courte (12 ans contre 100 ans pour le CO_2). À l'échelle mondiale, l'élevage est responsable d'environ 16 % de ses émissions totales. Le protoxyde d'azote (N_2O), possède un potentiel de réchauffement encore plus élevé que le méthane et affecte durablement le bilan climatique. Enfin, le dioxyde de carbone (CO_2), bien que moins dominant dans les émissions directes de l'élevage, est associé aux activités connexes comme les transports, l'énergie utilisée pour le chauffage ou les machines agricoles, et l'ensemble des processus industriels associés aux chaînes de production.¹

Au cœur du débat se trouve une question méthodologique centrale : comment mesurer correctement l'impact climatique du méthane, puissant mais de courte durée de vie, par rapport au dioxyde de carbone, qui s'accumule durablement dans l'atmosphère ? Le Potentiel de Réchauffement Global à 100 ans (PRG100) tend à assimiler une tonne de méthane à une quantité fixe de CO_2 équivalent, indépendamment de la dynamique temporelle des émissions. Or, cette approche est aujourd'hui fortement remise en question par une partie de la communauté scientifique, qui souligne qu'une réduction des émissions de méthane va entraîner une baisse de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère du fait de sa durée de vie courte. C'est dans ce contexte qu'émerge le PRG*, présenté par une partie de la communauté scientifique et agricole comme plus cohérent avec la dynamique temporelle du méthane, son utilisation modifie profondément l'évaluation de l'impact climatique de l'élevage et fait l'objet de vives oppositions, tant scientifiques que politiques.²

Ces divergences méthodologiques se doublent d'une seconde question tout aussi centrale : que mesure-t-on exactement lorsque l'on parle des émissions de l'élevage ? Selon que l'analyse se limite aux émissions territoriales ou qu'elle intègre une empreinte carbone élargie, incluant les engrais azotés importés, l'alimentation animale issue de zones de déforestation, les changements d'affectation des sols et les transports, l'impact climatique de l'élevage peut apparaître radicalement différent. Plusieurs travaux montrent ainsi que les comparaisons basées uniquement sur les émissions nationales tendent à sous-estimer les impacts indirects associés aux systèmes d'élevage intensifs, fortement dépendants des importations de soja.³ Or, cette dépendance aux intrants cristallise un décalage structurel entre les systèmes intensifs et extensifs. Si les systèmes intensifs apparaissent souvent plus performants en termes d'émissions par kilogramme de produit, cette efficacité repose sur des périmètres de calcul restreints qui négligent fréquemment les effets sur la biodiversité, l'usage des sols et les émissions délocalisées. À l'inverse, les systèmes extensifs, bien que moins productifs, jouent un rôle central dans le maintien des prairies permanentes, la préservation des habitats et la

¹ (INRAE, 2024)

² (Oxford Martin School, 2017)

³ (AScA, 2013; Poore & Nemecek, 2018)

structuration socio-économique de nombreux territoires, ce qui complexifie toute hiérarchisation purement climatique des modes de production.⁴

Ces tensions, liées à l'exigence de réduire rapidement les émissions de gaz à effet de serre, à la dépendance économique de certains pays à l'élevage et aux attentes sociétales en matière de durabilité alimentaire, se traduisent concrètement dans les politiques climatiques nationales. La Nouvelle-Zélande constitue un cas particulièrement révélateur : près de la moitié de ses émissions de GES proviennent de l'agriculture, principalement de l'élevage bovin et ovin. En 2019, le pays a adopté une loi climatique dite "zéro carbone" qui distingue explicitement les trajectoires de réduction du dioxyde de carbone et du méthane. Contrairement au CO₂, pour lequel l'objectif est une neutralité nette à l'horizon 2050, le méthane fait l'objet d'une cible spécifique consistant non pas à atteindre zéro émission, mais à réduire les émissions agricoles de 24 à 47 % par rapport au niveau de 2017, afin de limiter son effet de réchauffement sans remettre en cause l'ensemble du système d'élevage. Cette approche, qualifiée de *split-gas*, repose sur l'idée que le méthane, en tant que gaz à durée de vie courte, ne contribue pas à un réchauffement supplémentaire si ses émissions sont stabilisées ou modérément réduites.⁵

Ainsi, la controverse autour de la comptabilisation des émissions de l'élevage ne se limite pas à un débat technique sur les métriques climatiques. Elle révèle des choix de société fondamentaux : quel modèle agricole souhaite-t-on promouvoir ? Quelle place accorder à la biodiversité face à l'urgence climatique ? Comment éviter que les outils scientifiques ne soient instrumentalisés au service d'intérêts économiques particuliers ? Et surtout, comment construire des politiques climatiques cohérentes, capables de réduire efficacement le réchauffement global sans sacrifier des systèmes agricoles, des territoires et des modes de vie entiers ?

C'est à l'intersection de ces enjeux méthodologiques, politiques, écologiques et socio-économiques que s'inscrit cette analyse. Elle interroge successivement la controverse entre PRG100 et PRG*, le rôle des importations de CO₂ non prises en compte dans les bilans d'émissions territoriaux des États, les oppositions entre élevage intensif et extensif, ainsi que les dynamiques de pouvoir entre différents acteurs (lobbys de la viande, organisations environnementales, acteurs agricoles) qui influencent la construction et la mise en œuvre des régulations internationales du climat et de l'agriculture.

■ Comment prendre en compte les émissions de gaz à effet de serre de l'élevage ?

■ Comment prendre en compte les différences d'effets réchauffant entre les différents gaz à effet de serre ?

Tout le principe de la décarbonation repose sur des objectifs d'émissions de gaz à effet de serre (GES) à ne pas dépasser. Afin d'établir et d'évaluer le respect de ces objectifs, des mesures bien définies des émissions d'élevages sont nécessaires. Dans le cadre de l'élevage, et particulièrement dans l'élevage bovin, on parle principalement des émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O), les autres étant en quantité plus limitée ou, dans le cas du CO₂, pas comptabilisées car relevant du cycle court (le CO₂ émis vient de la nourriture ingérée par les animaux qui l'avaient préalablement capté dans l'atmosphère).

⁴ (AScA, 2013; Poore & Nemecek, 2018)

⁵ (Darby, 2019)

Cependant, si la nécessité de ces mesures ne fait pas débat, les mesures en elles-mêmes et la façon dont on les compare avec d'autres secteurs constituent un des principaux points de discordance au sein de la communauté scientifique liée à l'élevage. Une méthode de comparaison des différents gaz à effet de serre est nécessaire pour pouvoir mettre sur le même plan CO_2 , CH_4 et autres. Ainsi, dès 1990, le premier rapport du GIEC⁶ a amené la création du Potentiel de Réchauffement Global⁷ (PRG, GWP⁸ en anglais). Le principe est de calculer le pouvoir réchauffant de ce gaz pendant une certaine durée, et de comparer le résultat avec le CO_2 . On obtient ainsi la formule suivante :

$$GWP_i(H) = \frac{\int_0^H RF_i(t) dt}{\int_0^H RF_{\text{CO}_2}(t) dt}$$

Équation 1 : Équation du GWP

Selon l'Équation 1, ici RF signifie Radiative forcing, i.e. le forçage radiatif, le GWP s'agit de la différence d'énergie reçue par la terre du fait de la présence de ce gaz. Autrement dit, cela mesure la puissance de l'effet de serre de ce gaz.

On obtient ainsi un score en équivalent CO_2 (CO_2eq) pour chaque gaz. La durée la plus utilisée est 100 ans (PRG_{100}), mais une durée de 20 ans (PRG_{20}) est aussi utilisée pour le méthane.

Néanmoins, cette méthode est critiquable car elle prend mal en compte la différence de comportement entre les gaz à longue durée de vie comme le CO_2 et le N_2O , et ceux à courte durée de vie comme le CH_4 . En effet, le CO_2 et le N_2O restent environ 100 ans dans l'atmosphère alors que le CH_4 disparaît en moyenne en 12 ans. Comparer l'effet du CH_4 sur 20 ans ou 100 ans change complètement le résultat, puisque dès que l'on dépasse la durée de vie du gaz, son pouvoir réchauffant devient zéro dans la formule du GWP. On passe ainsi d'un facteur 81,2 pour le PRG_{20} à un facteur 27,9 pour le PRG_{100} , alors même qu'à un instant t le méthane a un pouvoir réchauffant 80 à 90 fois supérieur à celui du CO_2 . Certains scientifiques⁹ jugent ainsi qu'il faudrait plutôt utiliser le PRG_{20} puisqu'il donne une valeur plus proche du pouvoir réchauffant instantané du méthane. D'autres suggèrent même d'utiliser d'autres durées. Des chercheurs de l'université de Stanford proposent ainsi d'utiliser la durée qui nous sépare des objectifs climatiques (par exemple 24 ans jusqu'à 2050 pour les objectifs d'émissions d'ici 2050)¹⁰.

Pour corriger ces limites, des chercheurs de la Oxford Martin School ont proposé en 2016 le GWP*.¹¹ Contrairement au GWP classique qui ajoute chaque émission au total cumulé, le GWP* considère la variation du flux d'émissions. Si les émissions de méthane d'un pays ou d'une entreprise sont stables depuis 20 ans, le GWP* considère que l'impact sur le réchauffement est nul, car le stock de gaz dans l'atmosphère n'augmente plus. Cette

⁶ (GIEC, 1992)

⁷ (Meinshausen & Nicholls, 2022)

⁸ Global Warming Potential

⁹ (Changing Markets Foundation, 2023)

¹⁰ (Abernethy & Jackson, 2022)

¹¹ (Oxford Martin School, 2017)

méthode fonctionne très bien pour relier les émissions historiques de méthane à l'augmentation des températures liées, puisqu'elle correspond bien à la dynamique globale du méthane.¹²

L'équipe de la Oxford Martin School justifie ainsi son approche :

« Combined in this way, total cumulative emissions predict temperature, with peak warming coinciding with net zero total emissions. »¹³

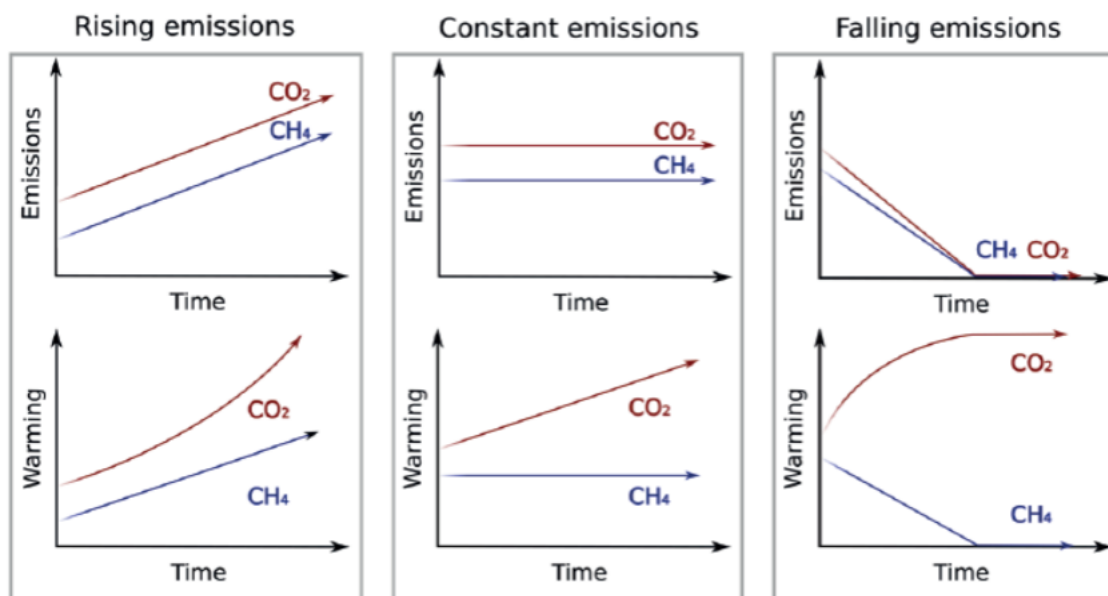


Figure 1 : Différence d'effet du méthane et du CO₂ dans différent cas d'évolution des émissions.¹⁴

Dans la Figure 1, les différents scénarios d'émissions sont présentés dans la partie supérieure, et leurs effets respectifs sur le climat sont présentés dans la partie inférieure. Ces différences de comportement sont dues à la différence de durée de vie du CO₂ et du CH₄ dans l'atmosphère.

Un scientifique du climat résume ainsi le PRG* :

« What GWP* very simply does, it tracks like the change in warming over time versus the actual emissions that are coming out. »¹⁵

La différence entre le GWP et le GWP* est très importante quand elle est utilisée pour calculer les émissions d'un pays, d'un secteur ou d'une entreprise. Par exemple, en janvier 2010, on comptait 80,4 millions de bovins élevés

¹² (Meinshausen & Nicholls, 2022)

¹³ Combinées de cette manière, les émissions cumulées totales permettent de prédire la température, le pic de réchauffement coïncidant avec des émissions totales nettes nulles.

(Oxford Martin School, 2017)

¹⁴ (Oxford Martin School, 2017)

¹⁵ Entretien avec un scientifique de la Changing Markets Foundation

traduction :

Très simplement ce que le PRG* fait, il traque l'évolution du réchauffement au cours du temps au lieu des émissions réelles qui sont rejetées.

pour leur production de viande aux États-Unis, et en janvier 2014, ce nombre était tombé à 74,5 millions de bovins¹⁶. Cette diminution du cheptel bovin de 7% a été largement due à une sécheresse historique dans la région des Grandes Plaines du Sud des États-Unis. Cela a entraîné une baisse des émissions de méthane de 7%. Si on calcule l'équivalent CO₂ de ces émissions, on obtient avec le PRG* des émissions cumulées de CO₂we (CO₂we désigne le CO₂eq calculé avec le PRG*) 208 MMT, contre, avec le PRG₁₀₀, 1791 MMT de CO₂e, au cours de la décennie 2010-2019.

Le graphe ci-dessous, **Figure 2**, qui donne les émissions par années (CO₂e calculé par PRG₁₀₀ à gauche, CO₂we calculé par PRG* à droite) montre ainsi que les émissions directes dues aux bovins sont devenues fortement négatives en 2015 avec le PRG*, alors qu'elles ont très peu changées avec le PRG₁₀₀.

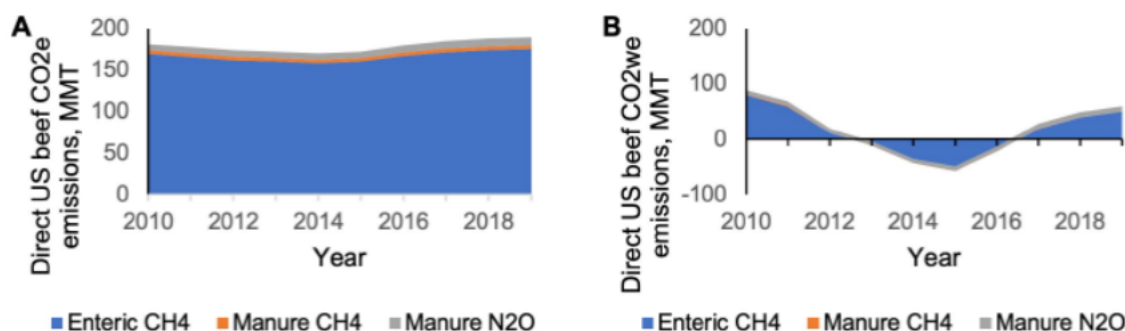


Figure 2 : Émissions directes de CO₂ eq de l'élevage bovin à viande aux US entre 2010 et 2019¹⁷.

Dans la **Figure 2**, on observe : en bleu, les émissions de méthane entérique (lié à la digestion), en orange les émissions de méthane liées au lisier (déjections) et en gris les émissions de protoxyde d'azote.

De façon étonnante, on obtient ainsi des émissions équivalentes négatives malgré le fait que l'on conserve ces émissions importantes de méthane. Ces émissions négatives sont dues au fait que le flux d'émission de méthane devient négatif quand on prend pour référence les émissions de l'année précédente. Cette émission négative est un effet très critiqué par différents scientifiques. Comme l'explique un scientifique du climat :

"Like a beef feedlot in the US, let's say it's 100,000 cattle in there. They reduce down to 90,000[...]. Under GWP*, that beef feedlot from 100,000 cows down to 90,000 would be considered cooling the planet. Where say there's 100 cattle on a pasture in a country in Africa and they increase to 500. They're significantly contributing to climate change under the GWP*. So, it doesn't make sense. Like it's not factoring in the base level emissions within that end." ¹⁸

¹⁶ (Place & Mitloehner, 2021)

¹⁷ (Place & Mitloehner, 2021)

¹⁸ Entretien avec un scientifique de la Changing Markets Foundation

traduction :

Prenons l'exemple d'un parc d'engraissement bovin aux États-Unis, qui compte 100 000 têtes de bétail. Leur nombre est réduit à 90 000 [...]. Selon le PRG*, ce parc d'engraissement, qui passe de 100 000 à 90 000 bovins, serait considéré comme contribuant au refroidissement de la planète. Imaginons qu'il y ait 100 bovins dans un pâturage dans un pays d'Afrique et que leur nombre passe à 500. Ils contribuent de manière significative au changement climatique selon le PRG*. Cela n'a donc pas de sens. C'est comme si cela ne tenait pas compte des émissions de base dans ce domaine.

Ce phénomène d'émissions négatives avantage donc énormément les grands émetteurs historiques qui ont une référence d'émission importantes¹⁹. D'autres conséquences sont également évoquées : incompatibilité avec la comptabilité actuelle qui demande de refaire tous les objectifs car les résultats sont très différents du PRG₁₀₀,²⁰ instabilité du résultat dès lors que les émissions changent un petit peu²¹ (cf. exemple précédent). Cette métrique risque donc d'être très mal utilisée. Pourtant, ces dernières années, l'équipe d'Oxford a beaucoup communiqué sur sa méthode, notamment auprès de différentes organisations agricoles. Plusieurs d'entre elles, principalement aux Etats-Unis et en Nouvelle-Zélande, en Irlande et au Royaume-Uni se sont donc basées sur cette méthode pour établir leurs objectifs de décarbonation,²² car elle leur permet de les atteindre plus facilement.

Ainsi, beaucoup de scientifiques semblent penser que le GWP* fait sens pour la modélisation du climat, mais n'est pas une bonne métrique pour des objectifs d'émissions. Un chercheur de l'ASCA (un Bureau d'études pour la gestion de l'environnement) interrogé résume ainsi que c'est l'utilisation politique du PRG* qui peut être catastrophique, plus que la métrique elle-même, et qu'il faut surtout qu'elle ne serve pas de prétexte à l'inaction. D'autres, comme l'équipe de la *Changing Markets Foundation*, vont même plus loin en faisant remarquer que l'on peut utiliser le PRG₂₀ en mettant constamment à jour la référence pour calculer l'augmentation des températures liées au méthane, et que le PRG* n'est même pas nécessaire dans ce cadre-là.²³

D'autres approches, sans comparaison avec le CO₂, sont aussi possible. C'est par exemple le cas du "Global Methane Pledge", qui est un accord international stipulant que le monde doit réduire ces émissions de méthane de 30% entre 2020 et 2030. Ces objectifs gaz par gaz évitent tout problème de conversion en équivalent CO₂, mais ne permettent pas de prioriser un gaz par rapport à un autre.

Ces différentes méthodes pour calculer l'effet du méthane ont des effets importants sur les objectifs d'émissions. Néanmoins, au-delà de savoir comment comptabiliser et comparer les émissions, il faut bien savoir ce qui est pris en compte dans les émissions.

■ La France réduit-elle vraiment les émissions de l'élevage... ou les déplace-t-elle via la comptabilité territoriale ?

Comme vu précédemment, la mesure des gaz à effets de serre émis par l'élevage est un sujet controversé en raison des variations de pouvoir réchauffant et d'impact temporel des différentes molécules libérées dans l'atmosphère. Si l'on met de côté cette question, on peut alors se demander comment les émissions mesurées doivent être assignées aux acteurs du secteur de l'élevage. En effet, prenons le cas d'une vache laitière réformée en fin de vie (elle produit du lait puis est abattue pour produire de la viande). Comment compter les émissions de méthane entérique de la vache avant sa période de production de lait ? Comment différencier ce qu'elle a ingéré pour produire du lait, ou bien ce qui lui a permis de gagner en masse musculaire donc de produire plus de viande ?²⁴ Répondre à cette question d'interprétation primaire permet ensuite de s'intéresser aux divergences entre les manières de compter des entreprises (agricoles) et les trajectoires prônées par les services publics, notamment sur les limites spatiales de la comptabilisation des émissions de GES de l'élevage. En effet, alors que les trajectoires de réduction de l'État sont focalisées sur les émissions sur le territoire national, des organismes

¹⁹ (Meinshausen & Nicholls, 2022; « Seeing Stars », s. d.)

²⁰ (Meinshausen & Nicholls, 2022)

²¹ (Meinshausen & Nicholls, 2022)

²² (NFU Cymru, 2026; Place & Mitloehner, 2021)

²³ (Changing Markets Foundation, 2023)

²⁴ (EPD, 2022)

indépendants attirent l'attention sur les nombreuses émissions "importées", réellement émises à l'étranger mais dues à l'activité agricole française. Ce décalage peut alors entraîner un déplacement des émissions de GES, voire leur augmentation, ainsi que la mise en péril du secteur agricole français.

Différents périmètres de comptabilisation des émissions

Tout d'abord, les émissions peuvent être comptées comme appartenant à différentes catégories, appelées "scopes". Le scope 1 contient toutes les émissions directes produites par l'activité de l'entreprise, à travers ses procédés (émissions de CH₄ et N₂O pour du fumier à l'air libre) ou encore à travers l'utilisation d'engins agricoles qui fonctionnent par combustion de carburants fossiles. Le scope 2 englobe quant à lui les émissions de GES associées à la production de l'électricité consommée par l'entreprise. Sa valeur dépend donc à la fois de la quantité d'électricité consommée et de l'empreinte carbone du mix électrique (plutôt faible en France). Enfin, le scope 3 est le plus vaste puisqu'il comprend toutes les autres émissions indirectes de l'entreprise qui ne sont pas négligeables par rapport à celles du scope 1 et 2²⁵. Par exemple, dans le cas d'une exploitation agricole, la production et le transport des céréales et compléments alimentaires (tourteaux de soja) achetés par l'agriculteur pour son troupeau, ou bien les émissions associées à la production d'engrais de synthèse appartiennent à cette dernière catégorie.

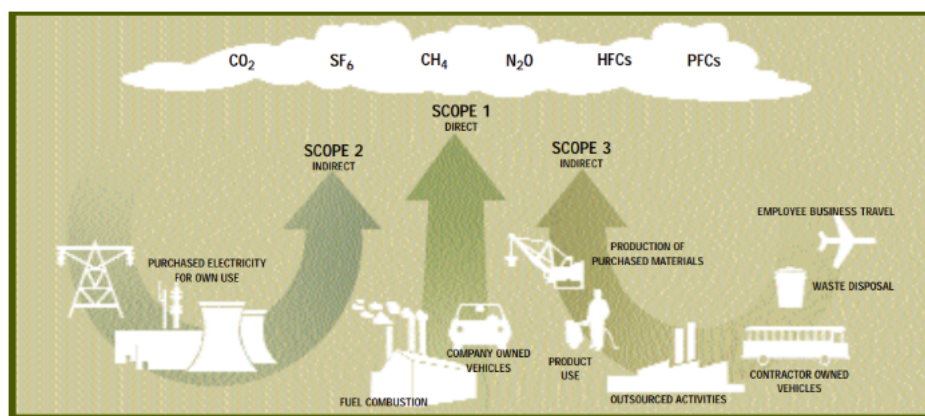


Figure 3 : Schéma explicatif de la répartition des émissions de GES d'une entreprise selon le GHG Corporate Standard²⁶

Un encouragement au déplacement des émissions de gaz à effet de serre ?

La stratégie de comptabilisation mise en place par le CITEPA (organisme chargé de réaliser le bilan carbone du secteur agricole pour l'État) se limite à ce qui est produit sur le sol français. En effet, le Ministère de la Transition Écologique s'appuie sur ces données pour planifier une stratégie de décarbonation qui s'applique uniquement aux émissions territoriales françaises²⁷. En 2024, un membre du projet "Agriculture" du Shift Project met alors en avant le risque de ne pas prendre en compte ces émissions indirectes, puisqu'on se prive de leviers de décarbonation qui peuvent être accessibles²⁸. Qui plus est, les agriculteurs qui reportent le scope 3 de leur bilan carbone pourraient tout à fait fournir une grande partie de ces informations aux organismes comme le CITEPA afin d'aider à décarboner la filière.

²⁵ (Ranganathan et al., 2004)

²⁶ (Ranganathan et al., 2004)

²⁷ (Urbano, 2025)

²⁸ (Synthese rapport Agriculture 2024 Shift Project, s. d.)

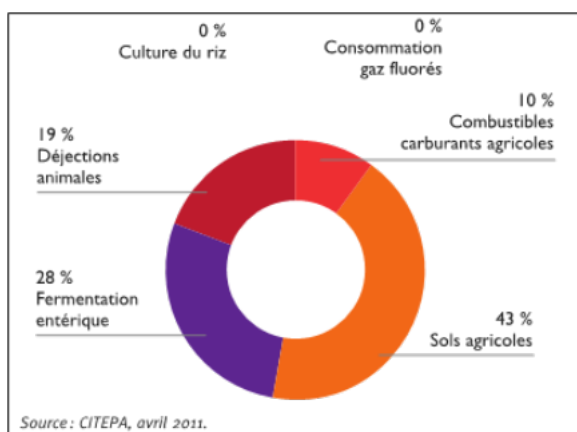


Figure 5: exemple de bilan carbone produits par le CITEPA en 2011. Il illustre les différentes sources d'émissions de GES dans le secteur agricole. Aucune source indirecte n'apparaît.

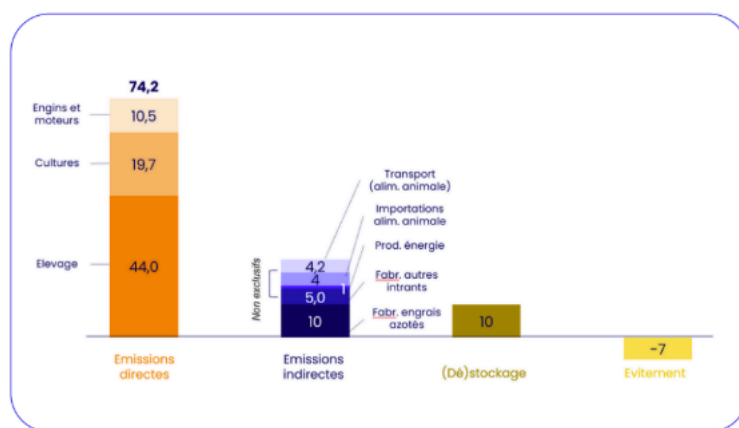


Figure 4: exemple de bilan carbone produit par le Shift Project en 2024. Il recense les catégories d'émissions du secteur agricole et identifie leurs sources.

La Figure 5 provient de (Urbano, 2025) et la Figure 4 provient de (*Synthese rapport Agriculture 2024 Shift Project*, s. d.)

Ainsi, en mettant de côté ces émissions, on se place alors dans une situation où un quart des émissions du secteur agricole français (voir Figure 4) sont considérées irréductibles puisqu'elles n'apparaissent pas dans les trajectoires de décarbonation. Néanmoins, un ingénieur d'étude du CITEPA rétorque qu'il serait très complexe d'intégrer les analyses de cycles de vie des produits consommés par le secteur agricole en raison de l'ampleur du marché, qui empêche la maîtrise des biens importés. La conservation de la comptabilisation territoriale permet alors de limiter les approximations et erreurs de calculs, inévitables si tous les intrants devaient être comptés.

Outre la mise de côté d'émissions qui ne sont pas forcément négligeables bien qu'indirectes, la comptabilisation territoriale met sur le devant de la scène l'élevage bovin comme particulièrement émissif. Pourtant, le réseau des CIVAM normands révèle dans un article qu'en prenant en compte l'impact carbone de l'alimentation importée, ce sont les élevages monogastriques (volailles et porcs) qui émettent le plus²⁹.

“En raison des émissions dues au changement d'usage des terres (conversion de prairies et de forêts en terres cultivées), l'intensité des émissions de GES liées à l'alimentation des monogastriques est beaucoup plus élevée que celle des ruminants.”

Vers la décapitalisation de l'élevage français

Des erreurs d'orientation des efforts français de décarbonation peuvent donc être causées par une prise en compte incomplète des émissions de GES du secteur agricole français. Or, ce secteur souffre déjà en France de la disparité entre le modèle économique compétitif dans lequel il évolue et les normes qui lui sont imposées. Selon un expert énergie-climat de la FNSEA, si on raisonne uniquement sur les émissions territoriales, on ne prend pas en compte le phénomène de fuite de carbone : on consomme moins de produits français mais on importe plus de produits étrangers. La conséquence directe de ce phénomène est la décapitalisation de l'élevage

²⁹ (Dupont, 2024)

: le secteur devient de plus en plus faible, c'est aujourd'hui particulièrement le cas pour l'élevage bovin³⁰. En somme, dans un marché ouvert aux importations (comme c'est le cas aujourd'hui en France), se concentrer sur les émissions territoriales n'a pas beaucoup de sens. Au-delà du fait que l'on affaiblit le système de production alimentaire national, les émissions ne baissent-elles pas que structurellement ? De même que la décarbonation de l'industrie a été permise ces dernières années par la désindustrialisation du pays, l'agriculture ne serait-elle pas moins émissive uniquement car moins productrice ?

Les émissions agricoles sont à la baisse notamment sur le sous-secteur de l'élevage avec un repli de 1,6 % pour les émissions de N₂O et de 1,9% pour les émissions de CH₄ entre 2023 et 2024, notamment en lien avec le recul du cheptel bovin et dans une moindre mesure avec le recul du cheptel porcin. Les émissions de CO₂ du secteur augmentent, quant à elles, de +4,8% en lien avec la hausse des livraisons d'engrais.³¹

Ajouté à la concurrence déloyale qui repose en partie sur des normes environnementales, ce phénomène amène à une remise en question de la cohérence de la stratégie de décarbonation française.

La fuite carbone mentionnée ci-dessus présente également des incohérences si on se place à l'échelle planétaire. Le but des politiques de décarbonation est de diminuer les émissions de GES qui ont un pouvoir réchauffant dans l'atmosphère. Or, produire moins et plus importer ne fait a priori que déplacer les émissions, mais la production (avec des méthodes probablement proches) aura bel et bien lieu quelque part d'autre.

Une réduction de l'élevage sans évolution des régimes alimentaires n'apporterait aucun bénéfice net pour le climat, car les émissions seraient déplacées, le déficit de production locale étant remplacé par des importations.³²

En se basant sur le fait que la France est un des pays dont le mix électrique est le moins carboné et en ajoutant à cela la part d'émissions liée au transport longue distance des produits qui doivent désormais être importés, on peut raisonnablement penser que cette opération résultera en une augmentation des émissions globales de GES. L'élevage étant une filière du secteur agricole qui dépend beaucoup de l'importation d'intrants (86% des 4 millions de tonnes de tourteaux de soja importés sont à destination des élevages de volailles, bovins ou porcins³³), cet enjeu est extrêmement important pour la comptabilisation de ses émissions de GES.

Ainsi, une comptabilisation territoriale aura tendance à favoriser les modèles agricoles qui s'insèrent le mieux dans le marché et sont donc les plus productifs à bas coût. Ceux-ci correspondent souvent à des élevages dits "intensifs", spécialisés dans un seul type de production et qui dépendent donc déjà des importations. En effet, comme expliqué par un expert agriculture du Shift Project, les élevages intensifs ont tendance à se regrouper régionalement en fonction de leur production, il n'y a donc pas beaucoup d'espace disponible dans ces régions pour produire l'alimentation nécessaire à ces élevages. Le modèle français est d'alors d'importer ce qui manque de l'étranger plutôt que de transporter des céréales produites autre part en France. De tels élevages seraient donc moins performants en bilan carbone si on internationalisait la comptabilisation des émissions étrangères. En revanche, des exploitations qui suivent un modèle dit plus "extensif", avec une plus grande occupation de l'espace et donc un apport propre en aliments pour l'élevage sont moins dépendantes des importations³⁴. Si elles trouvaient un moyen de survivre dans le modèle économique agricole actuel, elles pourraient produire en

³⁰ (Soutiens publics aux éleveurs bovins - Réponse de la DGPE à la Cour des Comptes 2023, s. d.)

³¹ (Urbano, 2025)

³² (Soutiens publics aux éleveurs bovins - Réponse de la DGPE à la Cour des Comptes 2023, s. d.)

³³ Selon un expert du Shift Project

³⁴ (Aubert, 2022)

dépendant moins de l'étranger, et seraient donc mises en avant par une comptabilisation non territoriale des émissions.

Il est, comme le souligne la Cour, nécessaire de promouvoir les systèmes d'élevage ayant les plus fortes externalités positives pour le climat (et la biodiversité généralement), c'est-à-dire les systèmes pâturant majoritairement, proches de l'autonomie protéique.³⁵

Ce changement de modèle est aujourd'hui difficile pour causes d'obstacles économiques rappelle un expert de la FNSEA, mais comme les agriculteurs représentés par ce syndicat l'expriment, la situation du secteur agricole français aujourd'hui ne peut être considérée durable.

³⁵ (Soutiens publics aux éleveurs bovins - Réponse de la DGPE à la Cour des Comptes 2023, s. d.)

■ Les stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont-elles compatibles avec le modèle actuel de l'élevage ?

■ Quelle est l'ampleur des systèmes dits "intensifs" d'élevage ?

Il est dès lors nécessaire d'interroger plus précisément la notion d'élevage intensif, fréquemment mobilisée dans les débats climatiques et agricoles, mais dont les contours, les critères et les implications environnementales restent hétérogènes selon les approches retenues. Avant d'évaluer la compatibilité du modèle actuel de l'élevage avec les objectifs de réduction des émissions de GES, il convient donc de définir ce que recouvre concrètement un système d'élevage dit intensif.

Le terme d'élevage intensif ne fait pas l'objet d'une définition unanimement partagée et renvoie à des lectures distinctes selon les acteurs qui s'en saisissent. Dans une acception largement mobilisée dans la littérature scientifique critique, notamment en agroécologie, en économie rurale et en sciences sociales de l'environnement, l'intensification de l'élevage est principalement appréhendée comme une forte dépendance vis-à-vis d'intrants exogènes (aliments achetés, engrais, énergie, capitaux), combinée à une densité animale élevée par unité de surface. Cette lecture se retrouve dans les travaux de nombreux chercheurs affiliés à des organismes de recherche tels que l'INRAE ou le CIRAD, ainsi que dans des rapports de synthèse produits par l'IPES-Food (groupe de réflexion international à but non lucratif) pour proposer une analyse critique des dynamiques d'intensification des systèmes alimentaires. Elle associe généralement l'élevage intensif à des systèmes majoritairement en bâtiment, reposant sur des infrastructures spécialisées et une forte standardisation des procédés de production, perçues comme des leviers d'augmentation de la productivité mais aussi comme des sources de vulnérabilité environnementale et sociale.

À l'inverse, de nombreux acteurs institutionnels, organisations internationales et organismes techniques agricoles privilégient une définition plus opérationnelle, graduelle et dépolitisée de l'intensification, fondée sur des critères quantifiables et comparables entre territoires. Cette approche est notamment portée par la FAO, l'OCDE, la Commission européenne (DG AGRI), ainsi que par des instituts techniques nationaux tels que l'Institut de l'élevage (IDELE) en France. Dans cette perspective, l'intensité d'un système d'élevage est moins appréhendée comme une catégorie binaire (« intensif » versus « extensif ») que comme un continuum, évalué à partir d'indicateurs tels que la part de l'alimentation produite sur l'exploitation, la densité animale rapportée à l'hectare, le degré de spécialisation des ateliers, le niveau de productivité par animal ou encore le recours aux systèmes hors-sol. Dans cette logique graduelle, les systèmes d'élevage peuvent être répartis le long d'un spectre allant des systèmes *landless*, caractérisés par une forte intensité productive et une faible dépendance au foncier, aux systèmes *grassland-based*, davantage fondés sur l'utilisation des prairies et assimilés aux formes les plus extensives. Entre ces deux pôles s'inscrivent les systèmes dits de *mixed-farming*, qui rompent avec une lecture strictement binaire de l'intensification. Ces derniers reposent sur une articulation fonctionnelle entre cultures et élevage : les animaux sont en partie nourris par des fourrages, résidus de cultures ou coproduits produits sur l'exploitation, tandis que les cultures bénéficient en retour des effluents d'élevage.

Cette grille de lecture, largement mobilisée dans les travaux de classification de la FAO³⁶ et reprise dans les analyses économiques de l'OCDE, tend à dissocier intensification et déconnexion totale du sol. Elle conduit ainsi à considérer qu'un élevage peut être fortement intensifié par ses niveaux de productivité, d'intrants et de

³⁶ (Chemineau et al., 2025)

spécialisation, tout en conservant un ancrage territorial partiel, notamment via la production locale d'une fraction de l'alimentation animale. Cette approche est également reprise par les acteurs professionnels majoritaires, tels que la FNSEA et les interprofessions, qui contestent l'assimilation systématique de l'intensification à un modèle hors-sol ou industriel, et défendent l'idée d'une « intensification raisonnée » ou « efficiente », compatible selon eux avec des objectifs environnementaux.

Appliquée à la production mondiale, la typologie FAO met en évidence l'ampleur des systèmes intensifiés. Les travaux fondateurs de Seré et Steinfeld en 1995³⁷, complétés par des rapports ultérieurs de la FAO³⁸, montrent que les systèmes *landless* représentent environ 36 à 37 % de la production mondiale de viande, tandis que les systèmes *mixed farming* en fournissent un peu plus de la moitié (environ 54 %), les systèmes purement pâturages (*grassland-based*) contribuant à moins de 10 %. Ces ordres de grandeur, qui varient selon les espèces et les régions, concernent la part de la production mondiale et non le nombre d'exploitations. Ils conduisent néanmoins à un constat clair : si l'on assimile l'élevage intensif aux systèmes hors-sol et aux formes de systèmes mixtes fortement dépendantes d'intrants, l'essentiel de la production animale mondiale relève de systèmes à fort degré d'intensification.

En France, malgré la persistance de systèmes herbagers et extensifs, l'analyse des critères structurants de l'intensification conduit à un diagnostic plus tranché. La concentration des exploitations, la spécialisation croissante des filières, l'augmentation de la taille des cheptels et le recours accru aux aliments achetés traduisent une dynamique dominante d'intensification fonctionnelle de l'élevage³⁹. Si les systèmes français ne relèvent pas majoritairement du *landless* au sens strict de la typologie FAO, ils s'inscrivent néanmoins, pour l'essentiel de la production, dans des systèmes mixtes fortement intensifiés et étroitement intégrés aux marchés d'intrants. Autrement dit, la singularité française tient moins à une opposition à l'intensification qu'à une forme spécifique d'intensification « avec sol », dont les logiques économiques et productives s'apparentent largement à celles des systèmes intensifs observés à l'échelle internationale.

■ Peut-on atténuer les émissions de l'élevage intensif sans remettre en cause son modèle productif ?

L'essentiel de la production française étant fortement intensifiée, la question se pose de savoir s'il est possible de réduire ses émissions sans changer le modèle de production déjà en place. Plusieurs technologies sont alors explorées afin de réduire le méthane entérique produits dans ces élevages bovins. Les additifs alimentaires, comme le 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ou certaines microalgues, ou la sélection génétique sont au centre de l'attention des politiques publiques et des industriels. Ces solutions présentent un avantage stratégique : elles permettent de réduire les émissions sans transformer les systèmes de production existants, conservant les mêmes volumes, les mêmes rations concentrées et les infrastructures existantes⁴⁰. Pour les gouvernements, elles offrent des résultats rapides, conformes aux engagements climatiques ; pour les industriels, de nouveaux marchés ; pour les éleveurs, la possibilité de maintenir le statu quo.

L'impact de l'alimentation des bovins

La modification de l'alimentation des bovins constitue aujourd'hui l'un des leviers les plus discutés pour réduire les émissions de méthane entérique, en raison de son efficacité mesurable à court terme et de sa compatibilité apparente avec les structures existantes de l'élevage. Sur le plan scientifique, un consensus relativement solide s'est établi autour du constat selon lequel l'augmentation de la part de concentrés (céréales, tourteaux de soja

³⁷ (Seré & Steinfeld, 1995)

³⁸ (FAO, 2023; Robinson et al., 2011)

³⁹ (Chemineau et al., 2025)

⁴⁰ (Yu et al., 2021a)

ou de colza, coproduits agro-industriels) dans la ration des ruminants permet de réduire la production de méthane par unité d'aliment ingéré, et souvent par unité de produit (lait ou viande)⁴¹. Cette relation est documentée de longue date dans la littérature zootechnique et synthétisée dans de nombreux travaux de référence, notamment ceux mobilisés par la FAO et par le GIEC dans leurs évaluations des options de mitigation du secteur agricole.

Les mécanismes biologiques sont bien identifiés : les régimes plus riches en amidon modifient la fermentation ruminale en orientant la production d'hydrogène vers des voies métaboliques moins favorables à la méthanogenèse, tout en améliorant l'efficacité alimentaire globale. En France, ces résultats sont régulièrement repris et discutés dans les travaux de l'INRAE et de l'Institut de l'élevage, qui soulignent le potentiel de ces ajustements alimentaires pour atteindre les objectifs climatiques sectoriels sans bouleverser l'architecture des systèmes existants.

À l'échelle européenne, la Commission européenne (DG AGRI) et plusieurs États membres intègrent explicitement l'optimisation des rations dans leurs stratégies de réduction des émissions agricoles, en lien avec les politiques de compétitivité des filières. Les organisations professionnelles majoritaires, telles que la FNSEA, défendent également ces approches, y voyant un moyen de concilier performance économique et réduction des émissions, sans remettre en cause la spécialisation des exploitations ni la dynamique d'intensification productive. Les entreprises de nutrition animale et les coopératives agricoles jouent ici un rôle clé, en promouvant des formulations alimentaires « bas méthane » présentées comme des solutions techniques immédiatement mobilisables par les éleveurs.

Cependant, cette orientation fait l'objet de contestations croissantes sur la scène scientifique critique et dans l'espace public. De nombreux chercheurs en agroécologie et en analyse des systèmes alimentaires soulignent que la réduction du méthane obtenue par l'augmentation des concentrés repose sur une externalisation accrue des impacts environnementaux.⁴² Ces critiques sont reprises par des organisations comme Greenpeace ou WWF, qui dénoncent une logique de « déplacement des émissions » plutôt qu'une réduction réelle à l'échelle globale.

De plus, comme nous l'a souligné un chercheur à l'INRAE, cette stratégie de réduction du méthane par l'augmentation des concentrés comporte un paradoxe biologique et conceptuel majeur : ces aliments ne valorisent pas les capacités naturelles de digestion des fourrages par les ruminants. En effet, les ruminants se distinguent précisément par leur aptitude unique à transformer des ressources non comestibles par l'homme (herbe, fourrages grossiers, résidus végétaux) en protéines animales de haute valeur nutritionnelle. Or, en privilégiant des rations riches en céréales et en tourteaux, on réduit mécaniquement le rôle fonctionnel du rumen dans la valorisation des prairies et des fourrages, au profit d'aliments directement concurrents de l'alimentation humaine.

Ce paradoxe éclaire une tension fondamentale entre efficacité climatique mesurée à court terme et cohérence écologique des systèmes d'élevage. D'un point de vue strictement zootechnique et comptable, l'introduction de concentrés permet bien de réduire les émissions de méthane par unité de produit, en améliorant l'efficacité alimentaire et en raccourcissant les cycles de production. Mais d'un point de vue systémique, cette stratégie revient à aligner le fonctionnement biologique des ruminants sur celui de monogastriques, en neutralisant partiellement l'avantage comparatif écologique que constitue leur capacité à exploiter les prairies permanentes.

L'usage d'additifs

Parallèlement à l'adaptation du régime alimentaire des bovins, l'additif alimentaire 3-Nitrooxypropanol (3-NOP), commercialisé sous le nom Bovaer, s'est imposé depuis le début des années 2020 comme une solution très

⁴¹ (Jiao et al., 2014)

⁴² (Scoones, 2023)

étudiée pour réduire le méthane entérique. Développé par DSM-Firmenich, il agit directement sur la méthanogenèse dans le rumen.

À la demande de la Commission européenne, l'EFSA (Autorité européenne de sécurité des aliments) a évalué son efficacité et sa sécurité. Dans son avis de 2022, le groupe FEEDAP, groupe scientifique sur les additifs et produits ou substances utilisées en alimentation animale, conclut que la toxicité pour les animaux est peu probable, mais souligne des risques pour les utilisateurs (irritation, inhalation, génotoxicité partiellement élucidée), justifiant des précautions strictes. Cette évaluation a permis une autorisation rapide dans l'Union européenne, suivie d'approbations au Canada, en Australie et au Brésil.⁴³

Les travaux de Karen A. Beauchemin, chercheuse de référence internationale sur le sujet, montrent que le 3-NOP permet de réduire les émissions de méthane de 20 à 35% chez les bovins laitiers et jusqu'à 80 % chez les bovins d'engraissement, selon la ration et la dose. Toutefois, elle insiste sur une limite structurelle majeure : l'additif est optimal dans des systèmes confinés (stabulations, *feedlots*) et largement inadapté aux systèmes extensifs ou pâturants. Son efficacité dépend fortement du type de ration et du mode d'administration⁴⁴.

Deux freins principaux émergent. Le premier est économique : le coût d'incorporation n'est pas compensé par un gain de productivité, ni en production laitière ni en croissance des animaux⁴⁵. Le second est logistique : aucune solution opérationnelle n'existe pour administrer efficacement le produit aux animaux en pâturage, ce qui limite fortement son potentiel dans de nombreuses régions du monde. Par ailleurs, Beauchemin et Thauer soulignent l'absence de données à long terme, certaines études récentes suggérant une possible diminution de l'effet au fil du temps.

L'adoption du 3-NOP révèle des tensions politiques et sociales. Au Canada et aux Pays-Bas, son acceptabilité repose sur des compensations financières (primes, crédits carbone, rémunération des fermes pilotes). À l'inverse, au Danemark, où son usage est devenu obligatoire en 2025, des signalements de problèmes sanitaires et de baisse de rendement ont alimenté une forte contestation. Au Royaume-Uni, les critiques de consommateurs sur la naturalité du produit ont entraîné des controverses autour des projets pilotes d'Arla Foods.

Ainsi, le 3-NOP illustre une approche typique de la transition technologique : scientifiquement validé et efficace, mais économiquement contraignant pour les éleveurs et socialement controversé, il apparaît comme un outil de réduction compatible avec l'élevage intensif, plutôt qu'un levier de transformation des systèmes.

Face aux réticences suscitées par les additifs chimiques, les solutions dites « naturelles », en particulier les algues rouges (*Asparagopsis*) et certains extraits végétaux, ont gagné en visibilité. En laboratoire, des réductions allant jusqu'à 95 % ont été observées avec une inclusion de 2 % d'*Asparagopsis*.⁴⁶ Toutefois, comme le souligne l'INRAE, le passage à l'échelle se heurte à des contraintes majeures : disponibilité de la biomasse, coûts, logistique d'incorporation, effets secondaires sur l'ingestion et la composition des produits animaux. En conditions réelles, les réductions observées ne dépassent généralement pas 25–30 %⁴⁷.

D'autres extraits naturels, comme les tanins ou huiles essentielles, offrent des réductions plus modestes (10–20 %) et posent les mêmes questions économiques : absence de gain direct de productivité, rendant leur adoption dépendante de mécanismes de soutien⁴⁸.

⁴³ (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP) et al., 2021)

⁴⁴ (Yu et al., 2021b)

⁴⁵ (PW Consulting Health Care Research Center, 2025)

⁴⁶ (Nunes et al., 2024)

⁴⁷ (Ahmad et al., 2025)

⁴⁸ (Thakur et al., 2025)

La sélection génétique

Depuis la fin des années 2010, la sélection génétique des bovins sur des critères environnementaux, et en particulier sur les émissions de méthane, émerge comme une piste de long terme. Une étude publiée en 2020 dans le *Journal of Dairy Science*⁴⁹ montre que l'intégration d'un trait « production annuelle de méthane par vache » dans les objectifs de sélection pourrait permettre une réduction des émissions totales de gaz à effet de serre allant jusqu'à 20 % en dix ans, à condition que ce trait soit correctement pondéré dans les indices de sélection. Les auteurs soulignent toutefois que l'augmentation de la productivité par animal, souvent présentée comme une solution indirecte, ne suffit pas à elle seule : à défaut d'action ciblée, le potentiel génétique de production de méthane tendrait même à augmenter.

Plusieurs travaux empiriques renforcent l'idée d'une variabilité génétique exploitable. En 2022, l'institut irlandais Teagasc a mis en évidence des différences allant jusqu'à 30% dans les émissions journalières de méthane entre bovins comparables en âge, race et alimentation. Aux États-Unis, Angus Genetics Inc. (AGI), en partenariat avec la Angus Foundation et plusieurs institutions de recherche internationales, a obtenu en 2025 une subvention fédérale de 4,85 millions USD⁵⁰ afin de mieux comprendre les liens entre efficacité alimentaire et émissions de méthane chez les bovins viande. Selon sa présidente, ces différences pourraient refléter une efficacité biologique globale accrue, associée à des coûts d'intrants plus faibles. Le Canada s'est positionné comme pionnier dans ce domaine ; en avril 2023, il est devenu le premier pays à commercialiser un sperme bovin intégrant un index génétique d'efficacité méthane (*Relative Breeding Value*) pour les vaches Holstein⁵¹. Les autorités estiment que ce levier pourrait réduire les émissions du cheptel laitier de 1,5 % par an, et jusqu'à 20–30 % à l'horizon 2050, illustrant une approche cumulative et progressive.

Cependant, cette stratégie soulève d'importantes questions économiques, techniques et éthiques. La sélection sur le méthane nécessite des investissements lourds en phénotypage, c'est-à-dire la mesure directe des émissions sur un grand nombre d'animaux, ainsi que le développement d'indices génomiques robustes. Par ailleurs, selon une chercheuse de l'INRAE que nous avons interrogée à ce sujet, une sélection trop sévère sur ce critère environnemental peut entraîner des compromis avec d'autres fonctions productives : volume et composition du lait, teneur en protéines ou gain de poids. En l'absence de compensation financière, une baisse de productivité constitue un frein majeur à l'adoption par les éleveurs, en particulier pour les exploitations de taille moyenne ou situées dans les pays en développement.

Sur le plan scientifique, plusieurs travaux montrent que les émissions entériques de méthane présentent une composante génétique modérée, ce qui signifie qu'il existe une variabilité transmissible d'un animal à l'autre, mais généralement inférieure à celle de traits de production classiques tels que le rendement laitier. Il faut donc davantage de données pour obtenir des valeurs sûres de sélection pour le méthane qu'avec des traits hautement héréditaires comme la production de lait. Cette variabilité génétique modérée signifie qu'une réduction des émissions de méthane par sélection est scientifiquement possible, mais qu'elle sera nécessairement plus lente et moins marquée que pour des traits de production classiques, dont l'hérédité est plus élevée et pour lesquels les outils de sélection sont déjà bien rodés. En pratique, intégrer le méthane comme critère unique de sélection produirait donc des effets progressifs, visibles seulement à moyen ou long terme. Les chiffres théoriques avancés par la communauté scientifique suggèrent une réduction du méthane entérique de 1% par an. Par ailleurs, plusieurs études montrent que les corrélations génétiques entre émissions de méthane et performances productives (production laitière, croissance, efficacité alimentaire) ne sont pas systématiquement favorables⁵². Cela implique qu'une sélection focalisée uniquement sur la réduction du méthane pourrait, si elle est mal conçue, dégrader d'autres caractères économiquement essentiels.

⁴⁹ (Tempelman & Lu, 2020)

⁵⁰ (American Angus Association, 2025)

⁵¹ (Lactanet, 2023)

⁵² (Ghavi Hossein-Zadeh, 2022)

À ces limites s'ajoutent des controverses sociétales fortes. Les enquêtes d'opinion montrent une acceptabilité limitée de la modification génétique des animaux, en particulier lorsque l'objectif est la performance ou la productivité⁵³. Les ONG de protection animale, telles que Compassion in World Farming ou L214, critiquent une trajectoire technologique qui viserait à adapter les animaux à des systèmes intensifs inchangés, plutôt qu'à améliorer les conditions d'élevage. Elles alertent sur les risques de souffrance animale et sur la poursuite d'une logique d'intensification rendue « acceptable » par la technologie.⁵⁴

La conduite d'élevage

La conduite d'élevage des bovins allaitants et laitiers présentent en elle-même plusieurs leviers de réduction. En jouant sur la longévité des vaches ou les modes de reproduction, il est possible de réduire les émissions sur la vie d'une vache vis-à-vis de sa production de lait et de viande. Plusieurs agences de recherche agricole en Europe se penchent sur ces sujets et un chercheur de l'INRAE que nous avons interrogé confirme que de fortes marges de manœuvres existent via une revisite de la conduite d'élevage.

L'âge au premier vêlage désigne l'âge auquel une vache donne naissance à son premier veau et peut commencer à produire du lait. En France, il est en moyenne de 3 ans alors qu'il est de deux ans seulement en Irlande. La réduction de cette durée permet de nourrir la vache pendant une année de moins, ce qui réduit la durée pendant laquelle la vache ne produit pas de lait, et ainsi diminuant les émissions par quantité de lait produit. Ce mode d'élevage a été adopté en Irlande pour diminuer les émissions de GES du secteur, mais en France il s'oppose à plusieurs freins chez les éleveurs. D'abord, les habitudes sont fortement ancrées dans les élevages, et certains éleveurs craignent que leurs génisses soient trop petites pour donner naissance à un veau à seulement 2 ans. De plus, l'organisation des naissances est échelonnée en France : un même élevage contient des vaches d'âges différents, et leur premier vêlage n'est pas déclenché à un âge fixe. Cela rend particulièrement complexe la diminution de l'âge du premier vêlage à 2 ans sans remise en question du système de production dans son ensemble.

L'allongement de la durée de vie des vaches laitières est également étudié comme levier de réduction. Pour une même production de lait, cela permettrait de réduire le nombre de vaches laitière, et ainsi l'empreinte carbone associée au cheptel. En France, une vache laitière produit en moyenne 2,1 lactations avant d'être réformée, ce qui laisse en théorie une grande marge de manœuvre à la hausse. Cependant, l'âge d'abattement de la vache laitière est déterminé par une balance entre le prix de la viande bovine et sa production de lait à un âge donné. Les prix de la viande étant particulièrement élevés depuis plusieurs années, les éleveurs sont enclins à réformer les vaches plus tôt. Ainsi, en l'état actuel du marché de la viande et sans incitations économiques, l'allongement de la longévité des vaches laitières n'apparaît pas comme un levier réaliste à mettre en œuvre.

Ainsi, pris dans leur ensemble, ces leviers technologiques traduisent une orientation claire des politiques publiques : réduire les émissions sans remettre en cause l'intensification des systèmes d'élevage. Ils permettent un découplage partiel entre production animale et émissions, mais au prix de nouvelles dépendances technologiques, de coûts supplémentaires pour les éleveurs et de controverses éthiques persistantes. Ils apparaissent ainsi moins comme des solutions structurelles que comme des outils d'ajustement d'un modèle productif inchangé, dont la soutenabilité à long terme reste débattue.

⁵³ (Hefferon, 2018)

⁵⁴ (Compassion in world farming, 2022)

■ La comptabilisation des gaz à effet de serre suffit-elle pour évaluer l'impact de l'élevage sur la planète, particulièrement dans le cas du modèle "intensif" ?

Si l'indicateur carbone est devenu la boussole unique des politiques agricoles, il risque de mener à une impasse écologique. Cette focalisation exclusive, que certains experts qualifient de "vision tunnel du carbone"⁵⁵, constitue une erreur méthodologique majeure car elle occulte l'effondrement parallèle de la biodiversité. Ce prisme rend invisibles les pollutions massives de l'eau par les nitrates ou la destruction des sols causées par les monocultures industrielles, tout en ignorant les refuges pour la faune qu'offre l'élevage traditionnel. Dès lors, le choix de la métrique dépasse le simple cadre technique pour devenir un enjeu éminemment politique : financer la seule "efficacité carbone" via les mécanismes de la Politique Agricole Commune (PAC) risquerait de légitimer une agriculture industrielle aveugle, sacrifiant les écosystèmes vivants pour optimiser un bilan comptable climatique.

Cette critique méthodologique est soutenue par une partie de la communauté scientifique, notamment à l'INRAE, qui met en garde contre les biais de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) lorsqu'elle est mal calibrée. En attribuant les émissions de gaz à effet de serre au kilogramme de produit final, on privilégie mathématiquement les systèmes intensifs, capables de produire vite et en masse. Or, cette approche comptable omet volontairement les services écosystémiques rendus par les systèmes extensifs. Comme le soulignent les travaux de chercheurs tels que Pauline Martin, si l'on changeait d'échelle pour évaluer l'impact sur le territoire et non plus sur le produit, la hiérarchie s'inverserait : les prairies permanentes redeviendraient des atouts majeurs grâce à leur capacité de stockage de carbone dans les sols, une fonction que les bâtiments d'élevage industriel ne peuvent assurer.⁵⁶

L'urgence est donc de sortir de cette cécité sélective pour observer les impacts concrets sur le terrain, souvent dénoncés par les ONG environnementales et le Ministère de l'Écologie. Le modèle intensif, vertueux sur le papier carbone, se révèle souvent désastreux pour la qualité de l'eau, comme en témoignent les crises récurrentes d'algues vertes liées aux excédents de nitrates. De même, la dépendance aux monocultures pour l'alimentation animale transforme les terres arables en déserts biologiques. À l'inverse, les pratiques ancestrales de polyculture-élevage maintiennent des haies et des bocages, essentiels à la survie des pollinisateurs et à la régulation hydraulique.

Repenser l'évaluation de l'élevage implique donc de réorienter les leviers de financement, et principalement ceux de la PAC. Tant que les subventions et les labels, tels que la certification HVE (Haute Valeur Environnementale), resteront indexés sur des critères de performance productive ou carbone isolés, la transition agroécologique restera un vœu pieux. Il est impératif de valoriser financièrement la performance globale des fermes, incluant la protection de l'eau, la vie des sols et la biodiversité, pour ne pas construire une agriculture "bas carbone" sur un sol mort.⁵⁷

Pour tenter d'objectiver ces débats, la communauté internationale s'est dotée d'un outil théoriquement robuste : le système EPD (*Environmental Product Declaration*). Conçu comme une méthodologie universelle de comptabilité environnementale, ce standard repose sur des normes strictes (ISO 14025) et oblige les producteurs à réaliser une Analyse de Cycle de Vie (ACV) complète. Contrairement à une simple empreinte carbone, l'EPD est par nature multicritère : elle ne se contente pas de mesurer le CO₂, mais quantifie également l'acidification des sols, l'eutrophisation des eaux (la pollution par les nitrates), l'épuisement des ressources ou encore la consommation d'énergie. Sur le papier, cet instrument semble être la réponse idéale pour sortir de la "vision tunnel" du carbone, en offrant un panorama complet des impacts écologiques d'un kilogramme de viande ou d'un litre de lait.

⁵⁵ (Pörtner et al., 2021)

⁵⁶ (Salou, 2017)

⁵⁷ (Rapport algues vertes - Cour des Comptes Juillet 2021, s. d.)

Cependant, cette exhaustivité se heurte à un obstacle majeur : l'absence de comparabilité réelle entre ces différents critères⁵⁸. L'EPD fournit une liste d'indicateurs bruts⁵⁹ — des kilos de CO₂, des moles de protons pour l'acidification, des mètres cubes d'eau — mais ne propose aucune clé de lecture pour les hiérarchiser. Il n'existe pas de "métrique d'impact global" ou de note unique qui permettrait de trancher objectivement entre deux paramètres. Comment un décideur ou un consommateur peut-il arbitrer entre un élevage intensif qui excelle sur le critère carbone mais désastreux pour l'eutrophisation, et un élevage extensif qui préserve la qualité de l'eau mais émet plus de méthane ? Faute d'une pondération scientifique consensuelle entre la protection du climat et celle de la biodiversité, comme le montre les débats qu'ont la Commission européenne autour du PEF (*Product Environmental Footprint*)⁶⁰, l'utilisateur final se retrouve souvent contraint de choisir arbitrairement l'indicateur qu'il privilégie.

Ce flou méthodologique favorise paradoxalement le retour à la case départ : la domination du carbone, et ceci s'est ressenti lors des échanges avec les intervenants. Face à la complexité d'une fiche EPD illisible pour le non-initié, les acteurs économiques et politiques ont tendance à simplifier le message en ne retenant que la seule ligne du "Potentiel de Réchauffement Global" (GWP). C'est la métrique la plus médiatisée, la plus standardisée et la plus facile à monétiser sur les marchés de quotas. Ainsi, bien que l'outil EPD ait été conçu pour élargir notre vision, son utilisation pratique renforce souvent la primauté du CO₂, transformant une évaluation multicritère riche en un simple classement climatique qui, une fois de plus, avantage les modèles industriels optimisés.

⁵⁸ (Product Rules Category - Meat of Animals, 2022)

⁵⁹ (EPD, 2022)

⁶⁰ (Sala et al., 2017)

■ Remise en question de ces modèles pour mettre en avant d'autres leviers de réduction ?

■ Vers d'autres leviers de réductions ?

Retour à un système extensif ?

Les systèmes intensifs, souvent valorisés pour leur efficacité par unité produite, présentent des impacts négatifs. L'usage considérable d'intrants (engrais, maïs fourrager, antibiotiques) entraîne la dégradation des sols, la pollution des eaux et la baisse de biodiversité.

L'élevage extensif, en s'appuyant sur de vastes surfaces en herbe et une faible densité animale, offre plusieurs bénéfices écologiques majeurs. Selon les CIVAM⁶¹, les prairies permanentes stockent entre 80 et 85t de carbone par hectare, contre seulement 40 à 50 t pour les terres cultivées. Ce stockage s'explique par la structure racinaire dense et durable des graminées, mais aussi par la réduction du travail du sol et de l'usage d'engrais azotés.

Ces prairies participent également à la fixation biologique de l'azote, limitant la dépendance aux engrais⁶² et réduisant les émissions de protoxyde d'azote (N_2O), un GES au pouvoir de réchauffement près de 300 fois supérieur à celui du CO_2 ⁶³.

De plus, d'après une revue de l'INRAE⁶⁴, certains systèmes laitiers extensifs présentent un bilan carbone de 0,13 kg CO_2 e par litre de lait, contre 1 kg en moyenne dans les élevages français, soit huit fois moins d'émissions.

De même, une étude holistique⁶⁵ menée en Europe sur neuf sites a montré que les parcelles en herbe pouvaient dégager un bilan net légèrement négatif (-38 g CO_2 -eq/m²/an) compte tenu de la séquestration et des émissions de CH_4 et N_2O , ce qui confère un potentiel d'atténuation non négligeable. La séquestration du carbone dans les prairies est donc un argument en faveur de l'élevage extensif.

En effet, le Shift Project souligne que ces systèmes « riches en biodiversité » favorisent le stockage de carbone de manière similaire à celui des forêts. Le stockage au sol des prairies et des forêts est équivalent. Cependant, alors que les forêts stockent autant de carbone dans les arbres plantés que dans le sol, la présence de haies et arbres de bocage délimitant les pâtures augmente le stockage des prairies de 125%. Ces haies, en plus de servir de refuge à la faune et de stockage de CO_2 , contribuent à la résilience face aux aléas climatiques (sécheresses, inondations).

“Les haies qui les bordent offrent à la fois de l'ombre et une ressource fourragère additionnelle pour les animaux, mais aussi un habitat pérenne pour la biodiversité, y compris pour les espèces utiles au contrôle des bioagresseurs et des adventices

⁶¹ (Dupont, 2024)

⁶² (Ministre de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté alimentaire, 2023)

⁶³ (Akean, 2024)

⁶⁴ (Aubert, 2022)

⁶⁵ (Soussana et al., 2010)

dans les parcelles cultivées voisines. Haies et prairies concourent ainsi à réduire l'usage des pesticides." ⁶⁶

Enfin, le projet européen LIFE LiveAdapt (Union européenne, 2018-2024) promeut également les systèmes extensifs comme solutions d'adaptation au changement climatique, en mettant en avant leur contribution à la souveraineté alimentaire, à la préservation des sols et à la vitalité rurale.

Malgré leurs atouts écologiques, les systèmes extensifs présentent des contraintes économiques importantes. Une ancienne chercheuse pour AGRIAL rappelle que les systèmes de production extensive exigent souvent plus de surface et de main-d'œuvre, ce qui augmente les coûts de production. La FNSEA met aussi en garde contre une approche normative qui imposerait un modèle unique : selon elle, « il n'existe pas un bon modèle contre un mauvais »⁶⁷, mais une pluralité d'équilibres économiques à trouver. Le syndicat souligne aussi la faible maîtrise des prix par les éleveurs, notamment dans les filières laitières, où les exploitations extensives, sauf en vente directe ou circuits courts, subissent une forte dépendance vis-à-vis des industriels. La répartition de la valeur ajoutée reste donc un obstacle majeur à la transition vers des systèmes plus durables.

Au-delà des inconvénients du système extensif que nous venons de souligner, les défenseurs du système intensif peuvent aussi s'appuyer sur un argument qui met en valeur l'intérêt d'un système intensif qui viendrait se substituer à un système extensif. Une étude publiée en 2024 montre qu'en retirant totalement les bovins des pâturages à fort « carbon opportunity », on pourrait théoriquement séquestrer jusqu'à 125 Gt CO₂ (22-43 GtC) à l'échelle globale, ce tout en réduisant seulement ~13 % de la production mondiale de viande bovine.⁶⁸ Cela serait donc une incitation à intensifier l'élevage pour permettre de stocker du carbone dans les prairies comme le soutient un chercheur en économie appliquée de l'INRAE. Le but ultime serait de convertir ces prairies en forêts.

...et/ ou une réduction du cheptel ?

Ainsi l'extensification est un levier controversé pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. La réduction du cheptel bovin est souvent présentée comme une condition nécessaire à la baisse des émissions de gaz à effet de serre issues de l'élevage. Le secteur bovin, notamment les vaches allaitantes, est en effet fortement émetteur de méthane entérique, l'un des principaux GES agricoles.

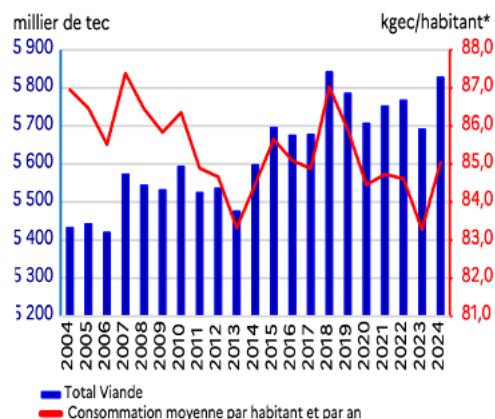
Actuellement, comme présenté dans les graphiques suivants⁶⁹, le niveau de consommation apparente de viande par habitants en France est revenu au niveau de 2016 à environ 85 kgec/hab. Cependant on observe une baisse de la production de viande bovine et une forte augmentation de la viande de volaille rattrapant la production de viande porcine restée stable ces dernières années.

⁶⁶ (INRAE, 2024)

⁶⁷ Entretien avec la FNSEA

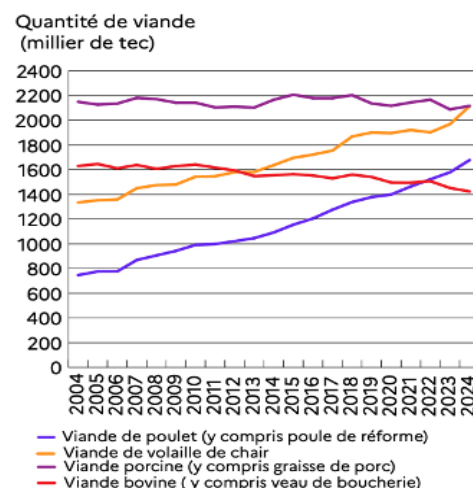
⁶⁸ (Hayek et al., 2021)

⁶⁹ (Synthèses Conjoncturelles 2025 - viande, s. d.)



* kgec : kg équivalent-carcasse.
Sources : Agreste, DGDDI, Insee

Figure 7 : évolution de la consommation totale de viande en France de 2004-2024



Sources : Agreste, DGDDI

Figure 6 : évolution de la consommation de viande différenciée selon trois types : poulet, volaille de chair, porcine et bovine.

Sur la Figure 7, on peut observer que la consommation de viande apparente par habitant a diminué depuis 2004, bien qu'un rebond soit visible en 2024. Cependant, selon la Figure 6, on observe que la production de viande bovine diminue au profit de la viande de poulet et de volaille, qui rejoint celle de la viande porcine.

Selon l'Académie de l'agriculture de France, le cheptel de vaches allaitantes est déjà en décroissance.

“La production de viande bovine issue des troupeaux allaitants a fortement augmenté en France particulièrement après les quotas laitiers, mais est maintenant en net recul avec une population de vaches allaitantes qui a baissé de 4,1 millions en 2010 à 3,5 millions aujourd'hui [2024].”⁷⁰

Or, selon la revue de l'INRAE⁷¹, réduire le nombre de vaches allaitantes, qui allaitent les veaux, permettrait de diminuer la consommation de viande, d'une part et l'espace pris par ce cheptel, d'autre part. Ainsi, l'extensification du cheptel laitier, produisant le lait pour notre consommation, serait possible car de l'espace a été « libéré » par l'élevage de vaches à viande. Ainsi, l'extensification de l'élevage nécessiterait une stabilisation du cheptel laitier car l'extensification implique une baisse de la productivité individuelle. Celle-ci est compensée par une meilleure valorisation du pâturage et des circuits locaux. Cela permettrait ainsi d'assurer la souveraineté en produits laitiers de la France. La réduction de la consommation de viande serait en faveur de l'extensification d'une partie de l'élevage.

De même, Shift Project évoque également une réduction de 10 % des effectifs d'élevage en moyenne sur 2020-2024⁷² qui n'est pas lié à l'extensification. Ils préconisent d'extensifier. Cela impliquerait une réduction des effectifs moins forte qu'actuellement pour s'adapter à ce mode moins rentable que le mode intensif. En effet, la

⁷⁰ (Chemineau et al., 2025)

⁷¹ (Aubert, 2022)

⁷² (Synthèses Conjoncturelles 2025 - viande, s. d.)

tendance actuelle laisse penser que la France ne sera plus auto-suffisante en 2027. Ainsi, il faudrait ralentir la baisse des effectifs si on veut garder le niveau de consommation actuel.

“La production de lait de vache s’est maintenue (23 millions de tonnes) après les quotas laitiers, la diminution du nombre de vaches ayant été compensée par l’accroissement de la production individuelle. Mais depuis 3 ans, la production de lait commence à décrocher et certaines prospectives laissent penser que la France ne sera même plus autonome en lait et produits laitiers vers 2027 alors qu’elle avait un excédent commercial de plus de 3 milliards d’euros en 2020.” ⁷³

Cependant, pour une chercheuse et spécialiste de la transition agricole travaillant chez AGRIAL cette réduction ne doit pas se faire au détriment de la production nationale, sous peine d’accroître les importations de viande issues de pays où les normes environnementales et sociales sont moins exigeantes. La FNSEA, principal syndicat agricole français, partage cette crainte : selon elle, la réduction du cheptel en France s’accompagne déjà d’un phénomène de « décapitalisation » de l’élevage, affaiblissant la filière. Le syndicat dénonce une concurrence déloyale liée à des importations de produits issus d’élevages ne respectant pas les mêmes standards environnementaux et de bien-être animal. La FNSEA rappelle aussi que les éleveurs subissent des surcoûts liés aux normes environnementales, insuffisamment compensés par le marché. Elle insiste sur le fait que les services écosystémiques fournis par les prairies permanentes (stockage de carbone, entretien du paysage, biodiversité) sont très mal rémunérés, alors qu’ils participent à l’atténuation du changement climatique.

■ **Faire changer les consommateurs ? L’importance des habitudes de consommation pour faire baisser les émissions**

En France, on constate une légère baisse de la consommation de viande bovine depuis une dizaine d’années, puisqu’elle est passée d’environ 1600 milliers de tonnes équivalent carcasse en 2010 à environ 1450 milliers de tonnes équivalent carcasse en 2024. Cependant, si l’on souhaite réduire suffisamment les cheptels français pour être en accord avec les objectifs climatiques sans compenser cette perte de production par des importations, une diminution bien plus marquée de la consommation de produits d’élevages serait nécessaire. Cela impliquerait un changement de comportement des consommateurs et une réduction de la place de la viande dans l’alimentation. En France, comme dans d’autres pays occidentaux où la viande occupe une place centrale dans la culture culinaire, un tel changement représente un véritable défi.

Comment inciter les consommateurs à manger moins de viande, ou du moins à privilégier les viandes les moins émettrices de GES ?

C’est là que la comptabilisation des émissions de GES entre en jeu. En effet, c’est en informant les consommateurs de l’empreinte carbone des aliments qu’ils consomment qu’on peut espérer influencer leurs choix vers des aliments moins émetteurs, et à fortiori vers moins de viande et de viande bovine en particulier, car ce sont de loin les plus émettrices.

⁷³ (Chemineau et al., 2025)

Le gouvernement français cherche ainsi à sensibiliser la population sur l'impact environnemental de l'alimentation depuis plusieurs années. Par exemple, sur le site d'information citoyenne « Notre-environnement », le Commissariat général au développement durable a publié un article d'informations à destination des citoyens intitulé « Moins de protéines animales pour réduire les conséquences de l'alimentation sur le climat »⁷⁴. L'article explique que les produits animaux sont plus émetteurs de GES que les autres produits alimentaires, et souligne que de plus en plus de personnes font le choix de diminuer voire supprimer leur consommation de viande en France, incitant à adopter des alternatives végétariennes à la place. Mais ces alternatives restent insuffisantes dans une culture où la viande reste l'élément principal d'un plat.

Pour orienter les choix des consommateurs vers une réduction des émissions de carbone, encore faut-il qu'ils disposent de données précises et compréhensibles sur l'empreinte carbone des aliments qu'ils consomment au quotidien.

En France, ce rôle d'information est assuré par le programme Agribalyse. Depuis 2013, ce programme créé par l'ADEME et l'INRAE met à disposition des professionnels et des consommateurs une large base de données publique sur l'impact environnemental des produits agricoles et alimentaires consommés en France, en utilisant la méthodologie des analyses de cycle de vie (ACV). Ainsi, les étapes de vie de plus de 200 produits agricoles et 2500 aliments prêts à la consommation sont analysées, de la production agricole à la fin de vie, en passant par la transformation, le transport, l'emballage et la préparation culinaire des plats.⁷⁵ Ces données prennent la forme de 16 indicateurs différents fournis pour chaque produit, qui sont ceux préconisés par la Commission Européenne. On retrouve parmi eux la Changement climatique, l'Appauvrissement de la couche d'ozone, les Ressources en eau ou encore l'Usage des terres. En ce qui concerne la sensibilisation des consommateurs aux émissions carbone des produits qu'ils consomment, c'est donc l'indicateur Changement climatique qui est concerné. Comme tous les autres indicateurs, il est exprimé par kg de produit alimentaire, ce qui tend à favoriser les élevages de type intensif qui ont un meilleur rendement que les systèmes agricoles extensifs et biologiques qui sont alors défavorisés. Cependant, le calcul par ACV permet, contrairement aux données territoriales utilisées par l'État français, de mieux rendre compte des impacts environnementaux externalisés des produits agricoles, comme l'import de tourteaux de soja pour les élevages dits « intensifs ». On peut également noter que la métrique choisie pour les équivalences carbone est le PRG100, à l'instar des objectifs nationaux.

Les données Agribalyse sont utilisées par de nombreux acteurs. L'application mobile française Yuka, par exemple, affiche par simple scan du code barre de n'importe quel produit de grande distribution son impact nutritionnel, sur la santé et son impact environnemental, par le biais d'un *Green-score*⁷⁶. Ce dernier est constitué d'une lettre de A à E calculée à partir des données Agribalyse. Open Food Fact est une base de données libre sur les produits alimentaires du monde entier qui utilise également les données Agribalyse pour fournir des Eco-score. L'impact de telles plateformes sur le comportement des consommateurs est loin d'être négligeable, puisque de nombreuses entreprises agroalimentaires ont déjà fait le choix d'adapter leurs recettes pour améliorer leur note sur l'application Yuka par exemple. Cela suggère qu'une baisse significative de la consommation avait eu lieu à cause du délaissement par les consommateurs de certains produits mal notés.

Très populaire en France, Yuka totalise 21 millions d'utilisateurs en France en 2024, mais elle est également disponible dans 12 pays étrangers, dont les États-Unis qui totalisent eux environ 14 millions d'utilisateurs en 2024. En seulement 5 ans, l'application a réussi à s'imposer comme le leader mondial et continue de d'attirer de plus en plus d'utilisateurs, ce qui permet d'envisager un impact croissant sur le comportement des consommateurs.

⁷⁴ (Moins de protéines animales pour réduire les conséquences de l'alimentation sur le climat, 2025)

⁷⁵ (Qu'est-ce que la base de données AGRIBALYSE ?, 2024)

⁷⁶ (Yuka, s. d.)

Dans les cantines et les restaurants d'entreprise, un système d'affichage de l'empreinte carbone des plats est de plus en plus fréquent, et il se base lui aussi sur les données d'Agribalyse. On retrouve dans les restaurants Elior par exemple un score entre A et E selon l'empreinte carbone pour chaque plat.

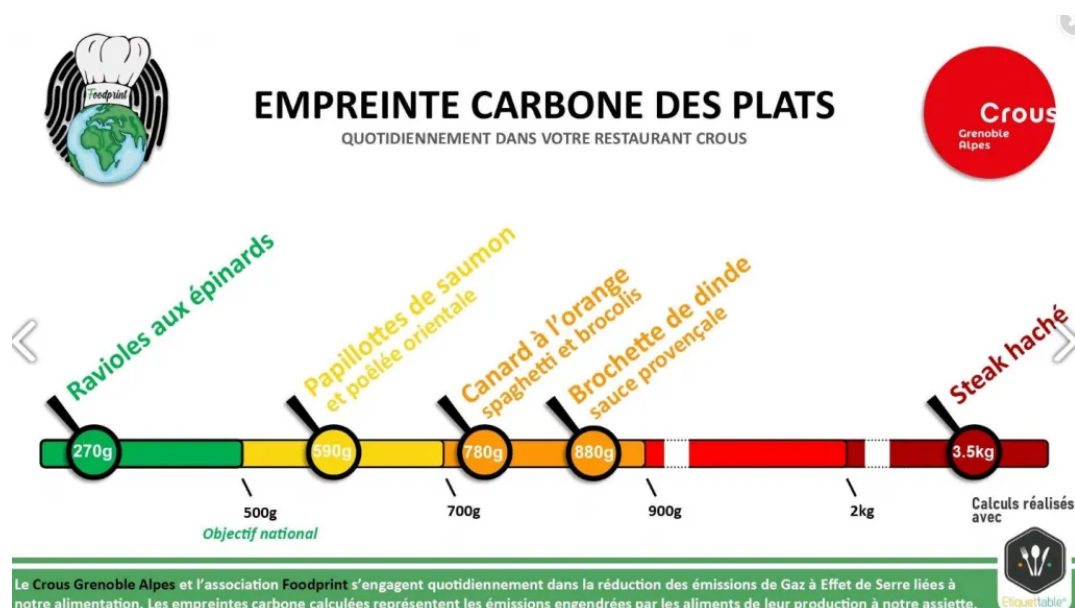


Figure 8 : Affichage de l'empreinte carbone des plats par le CROUS Grenoble

On retrouve ici une initiative du Crous de Grenoble en partenariat avec l'association Foodprint pour informer les usagers du restaurant universitaire de l'empreinte carbone des plats qu'ils choisissent. Le code couleur culpabilise les consommateurs et leur montre que leurs choix de tous les jours ont des impacts sur les émissions de gaz à effet de serre.

L'Eco-score est, comme le Green-score de l'application Yuka, un indicateur environnemental destiné à informer les consommateurs sur l'impact environnemental des produits alimentaires, sur le modèle du Nutri-Score pour la nutrition. Il prend également la forme d'une note de A à E associée à un code couleur (du vert au rouge) et repose principalement sur une analyse du cycle de vie (ACV) des produits. Il est né en 2020 d'une des propositions du rapport de la Convention citoyenne pour le climat, dans le but d'être affiché sur les produits alimentaires. Le projet de loi Climat et Résilience ouvre la possibilité d'une généralisation progressive de cet affichage, en fonction des retours issus des phases d'expérimentation et à condition qu'il soit compatible avec le droit européen. Le socle scientifique de l'Eco-score est la base de données Agribalyse. À partir de ces données, l'Eco-score applique des modulations liées notamment aux labels (bio, AOP...), à l'origine des ingrédients ou aux emballages, afin de mieux refléter certaines pratiques de production. Le projet reste aujourd'hui en phase de déploiement et de débat, notamment sur la robustesse des données, la comparabilité des produits et la lisibilité pour le grand public.

L'utilisation d'une base de données telle que Agribalyse porte donc la promesse d'aider à la modification du comportement alimentaire des consommateurs en les informant sur l'impact environnemental des produits qu'ils consomment dans leur vie de tous les jours. Mais cette promesse est à nuancer par le mode de calcul des différents indicateurs proposés par la base de données pour chaque aliment. En effet, pour chaque aliment, tel que l'aliment « Lait de vache – moyenne France », la valeur des indicateurs est obtenue en effectuant une moyenne sur toutes les catégories de produits consommées en France et analysés par le programme, en pondérant par leur consommation relative. Le tableau suivant montre donc les 6 catégories différentes retenues pour calculer l'impact du lait consommé en France :

Tableau 1 : Part des différents systèmes d'élevages considérés dans le produit "Lait de vache" sur Agribalyse⁷⁷

Type de système d'élevage	% dans le lait moyen
Lait de vache, conventionnel, système spécialisé de plaine de l'ouest, maïs dominant	58,2 %
Lait de vache, conventionnel, système spécialisé de plaine de l'ouest, herbe-maïs	18,2 %
Lait de vache, conventionnel, système spécialisé de plaine, herbe	10,8 %
Lait de vache, biologique, système spécialisé de plaine de l'ouest, herbe	
Lait de vache, conventionnel, système spécialisé de montagne	12,8 %

On constate ainsi que, malgré des modes de production très différents, une note moyenne est attribuée aux différents « laits », ce qui empêche la valorisation de systèmes moins émetteurs de GES. L'empreinte carbone affichée du "lait de vache" sera la même, que la vache vienne d'un élevage biologique nourri à l'herbe ou d'un élevage conventionnel nourri au maïs. Il en est de même pour tous les autres produits animaux, ce qui ne permet pas la mise en avant de modes de production moins émetteurs.

Les différentes initiatives pour encourager une transition alimentaire présentent une autre limite. En effet, l'accès à l'information ne garantit pas à lui seul un changement de comportement. Même lorsque les individus ont accès ou sont exposés à l'information concernant l'empreinte carbone de leur plat ou des produits qu'ils achètent, ils n'y sont pas tous sensibles de la même façon. Une étude réalisée par le département de psychologie de l'Université de Bath au Royaume Uni ayant pour objectif de quantifier l'impact des affichages d'empreinte carbone sur les choix de consommation alimentaire montre en effet que la sensibilisation préalable aux enjeux des émissions de GES influence grandement la valeur de tels affichages pour le consommateur :

The analysis revealed that carbon labels were used to a moderate extent similar to individual taste preference in choosing sandwiches, but the extent of use varied as a function of participant's perception of the negative impact of GHG emissions (the more negative perception, the greater use of carbon labels).⁷⁸

Finalement, la comptabilisation des émissions de GES des élevages est au cœur du levier de réduction de l'impact carbone des élevages par diminution des cheptels, en permettant au grand public une prise de conscience des impacts de la consommation de viande et autres produits issus de l'élevage. Cette comptabilisation reste cependant sujette à plusieurs sujets de controverse : utilisation de la métrique PRG100, expression de l'empreinte carbone par kg de produit, qui tend à favoriser les élevages les plus productifs sans considérations sur les autres impacts environnementaux, et enfin présentation des résultats sous forme de moyenne, masquant les grandes disparités qui peuvent exister entre les différents types d'élevage. Le principe

⁷⁷ (AGRIBALYSE® : RAPPORT METHODOLOGIQUE, VOLET AGRICULTURE, s. d.)

⁷⁸ L'analyse a montré que les étiquettes carbone étaient utilisées **dans une mesure modérée**, de manière comparable aux préférences gustatives individuelles, dans le choix des sandwiches. Toutefois, le degré d'utilisation variait en fonction de la **perception qu'avaient les participants de l'impact négatif des émissions de gaz à effet de serre (GES)** : plus cette perception était négative, plus le recours aux étiquettes carbone était important.

(Gan & Hinvest, 2025)

de l'Eco-score et son utilisation dans les cantines ou sur des applications reste néanmoins prometteur pour informer les citoyens et influencer leurs choix, même s'il faut pour cela qu'ils soient déjà sensibilisés aux enjeux des émissions de GES.

Conclusion

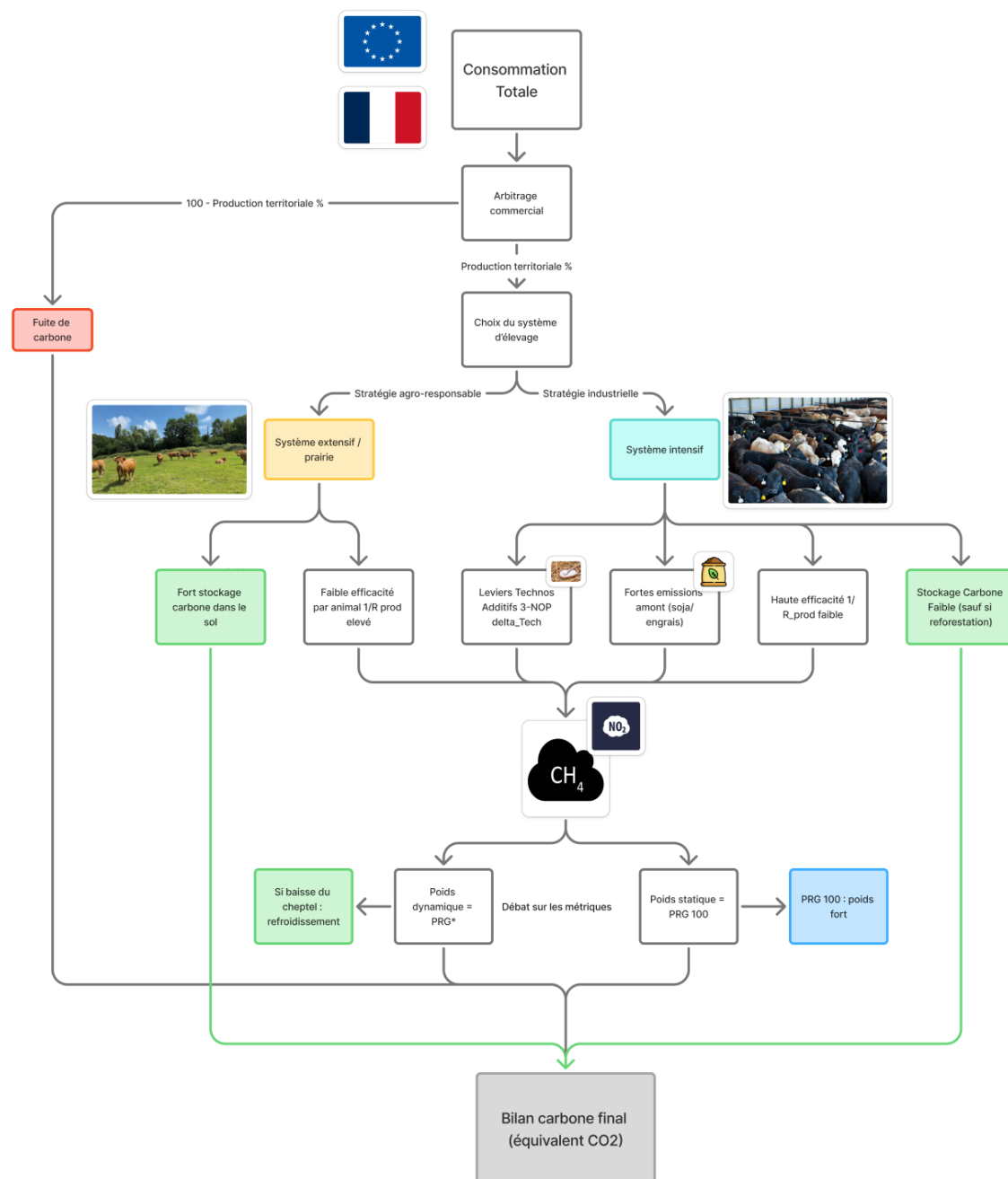


Figure 9 : Schéma de conclusion de la controverse

Équation 2 : Équation finale

Équation Finale

$$E_{Totale} = \underbrace{D_{Conso}}_{\text{Demande Totale}} \times \left[\underbrace{\%Imp I_{Ext}}_{\text{Fuite de Carbone}} + \underbrace{(1 - \%Imp)}_{\text{Part Territoriale}} \times \underbrace{\frac{\alpha_{Alloc}}{R_{Prod}}}_{\text{Ratio Eff. \& Alloc.}} \times \left(E_{Amont} + \sum_{t=Cycle} \left(\underbrace{e_{brutes}(1 - \delta)}_{\text{Émission Réduite}} - \underbrace{s_{sol}}_{\text{Puits}} \right) \right) \right]$$

Afin de conclure de manière visuelle et synthétique l'étude de cette controverse : "Comptabilisation et réduction des émissions GES de l'élevage", nous avons réalisé une carte mentale qui permet de représenter l'ensemble des paramètres identifiés au cours de nos échanges et lectures comme étant des nœuds.

La conclusion de notre analyse est que l'évaluation de l'impact GES de l'élevage est une équation comprenant de multiples paramètres : alimentation, espèce, système d'élevage, technologies, compensation (offset), stockage dans le sol, etc. Chaque acteur joue sur ces paramètres, sélectionne ceux qui permettent de réduire leur impact et occulte ceux qui auraient une image marketing négative. La complexité du sujet est telle qu'il est difficile pour un citoyen lambda de savoir de quelle manière appréhender cette question.

Au terme de notre analyse, la cartographie des flux que nous avons modélisée révèle une réalité contre-intuitive : il n'existe pas une vérité unique sur l'empreinte carbone de la viande bovine, mais une succession d'arbitrages qui modifient radicalement le bilan final. Il est tout d'abord évident que les émissions totales sont proportionnelles à la demande totale, c'est le levier de réduction le plus impactant et efficace. Ensuite, en suivant le cheminement logique du schéma, du haut vers le bas, nous comprenons que le périmètre géographique est déterminant. Comme l'illustre la boucle sur la « Fuite de carbone », toute politique visant à réduire la production territoriale française sans agir simultanément sur la « Demande Totale » ne fait que déplacer le problème. C'est le piège des vases communicants : réduire la production locale revient mécaniquement à augmenter les importations, souvent en provenance de pays aux normes environnementales moins strictes, annulant ainsi le bénéfice climatique espéré.

Une fois cet enjeu commercial posé, le cœur de la controverse se cristallise autour du choix du système d'élevage, matérialisé par la bifurcation centrale du graphique. Nous faisons face à un véritable paradoxe de l'efficacité. D'un côté, la voie industrielle cherche à minimiser les émissions par kilogramme de viande grâce à une haute productivité et des leviers technologiques, mais au prix d'émissions amont élevées liées à l'alimentation animale. De l'autre, la stratégie extensive sur prairies, bien que moins efficace mathématiquement par animal, active un levier crucial souvent ignoré des bilans carbone classiques : le stockage de carbone dans les sols. Le schéma met ainsi en lumière que l'optimisation du flux d'émissions (réduire le CO₂ sortant) peut parfois se faire au détriment du puits de carbone (le stockage dans la terre), nous obligeant à choisir entre une performance industrielle immédiate et une résilience écosystémique à long terme.

Enfin, l'issue de ce bilan carbone ne dépend pas seulement de la réalité pratique, mais de l'instrument de mesure utilisé pour comptabiliser le méthane. La partie basse de notre modélisation montre que selon la métrique choisie (le PRG100 statique ou le PRG* dynamique) la conclusion peut s'inverser. Si l'approche standard condamne uniformément les émissions, la prise en compte du cycle court du méthane via le PRG* révèle qu'en cas de baisse du cheptel, l'élevage peut théoriquement contribuer à un refroidissement. Le choix d'une métrique revient ainsi à arbitrer entre une logique de stabilisation du réchauffement et une logique de réduction cumulative des émissions, avec des implications profondes pour la légitimité du maintien de certains systèmes d'élevage.

Cette équation finale met ainsi en lumière un enseignement central : il n'existe pas de levier unique ni de solution purement technique à la réduction des émissions de l'élevage. Chaque choix méthodologique (métrique, périmètre, indicateur) produit ses propres hiérarchies de solutions et ses propres angles morts. La controverse ne porte donc pas uniquement sur la manière de mesurer les émissions, mais sur ce que les sociétés choisissent de prioriser : la performance climatique à court terme, la transformation structurelle des systèmes agricoles, ou la prise en compte conjointe du climat, de la biodiversité et des dynamiques socio-économiques.

En ce sens, la comptabilisation des émissions de l'élevage apparaît moins comme un outil neutre de diagnostic que comme un instrument de gouvernance, orientant les trajectoires agricoles futures. La résolution de cette controverse ne réside pas dans l'adoption d'une métrique unique ou d'un modèle dominant, mais dans la reconnaissance explicite des arbitrages qu'impliquent ces choix, condition nécessaire à l'élaboration de politiques climatiques cohérentes et socialement acceptables.

■ Matériel et méthodes

Le présent travail résulte tout d'abord d'une analyse de la presse nationale et internationale, ainsi que de la littérature grise, au sujet de la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'élevage et de l'émergence de la métrique PRG*. La recherche documentaire a été structurée autour d'équations ciblant les enjeux de mesure et de controverse : « élevage & PRG* (ou GWP*) », « méthane & métriques climatiques », « PRG100 vs PRG* » et « empreinte carbone & élevage bovin ».

Notre étude bibliographique a été complétée par l'analyse d'articles scientifiques issus de revues de référence en climatologie et en agronomie (notamment les travaux de l'Université d'Oxford sur le PRG*), ainsi que par l'examen des rapports du GIEC (notamment l'AR6). Nous avons également étudié une littérature institutionnelle et technique dense, incluant les rapports du CITEPA (OMINEA) et les synthèses du Shift Project, afin de comprendre les normes actuelles de l'inventaire national français. Cette phase liminaire a permis de cerner les points de friction entre les partisans d'une métrique "dynamique" (reflétant mieux la réponse thermique) et les défenseurs du PRG100 (garant de la stabilité des accords internationaux).

Le corpus de documents étudiés comprend également des positions d'acteurs engagés, allant des communications de la filière élevage (Interbev, Idele) aux analyses d'ONG environnementales et de spécialistes de la transition alimentaire. Ces documents ont été indispensables pour établir la chronologie de la controverse, depuis la publication des premiers papiers de Miles Allen jusqu'aux débats récents sur la taxe méthane en Nouvelle-Zélande ou au Danemark.

Ce travail initial a permis l'élaboration de grilles de questions adressées à six acteurs clés de la controverse, rencontrés lors d'entretiens semi-directifs. Leurs témoignages, issus de sphères professionnelles variées, ont été retranscrits et analysés :

- Un agroéconomiste, spécialiste des politiques agro-environnementales et de la transition des systèmes agraires ;
- Un expert en inventaire de gaz à effet de serre, co-rédacteur du rapport national OMINEA au sein du CITEPA ;
- Une ancienne chercheuse chez AGRIAL, une coopérative agricole, travaillant sur des projets d'innovation
- Une chercheuse en génétique animale à l'INRAE, travaillant sur la réduction du méthane entérique ;
- Un ingénieur agronome expert des systèmes d'élevage et de la production laitière ;
- Un directeur de recherche en économie environnementale, spécialiste des instruments de régulation thermique et des marchés carbone ;
- Un expert en stratégies de décarbonation agricole, impliqué dans les travaux de prospective du Shift Project ;
- Chargé de mission énergie climat à la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles ;
- Directeur de la recherche en sciences environnementales pour le Game Changers Institute.

Il convient toutefois de souligner que notre enquête a été effectuée dans un temps restreint — trois mois — et que le corpus aurait gagné à être enrichi par des voix politiques décisionnaires au niveau européen. Nous avons également sollicité des représentants de l'élevage intensif et des membres du secrétariat de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) pour approfondir la question de la standardisation internationale, mais nos demandes sont restées sans réponse à ce jour.

■ Références

■ Articles de presse généraliste / presse professionnelle

Aubert, C. (2022, novembre). Elles ont bon dos, les vaches ! *Revue SESAME*. <https://revue-sesame-inrae.fr/elles-ont-bon-dos-les-vaches/>

Darby, M. (2019, mai 8). New Zealand introduces « zero carbon » bill with concession to farmers. *Climate Home News*. <https://www.climatechangenews.com/2019/05/08/new-zealand-introduces-zero-carbon-bill-concession-farmers/>

■ Article de revue scientifique

Abernethy, S., & Jackson, R. B. (2022). Global temperature goals should determine the time horizons for greenhouse gas emission metrics. *Environmental Research Letters*, 17(2), 024019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4940>

Ahmad, I., Rawnsley, R. P., Bowman, J. P., & Omede, A. A. (2025). Graduate Student Literature Review : Limitations in feeding red seaweed *Asparagopsis* species for enteric methane mitigation in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 108(12), 13270-13288. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26915>

De Haas, Y., Aldridge, M., & Van Breukelen, A. (2021). *Genetics of enteric methane emissions of Dutch dairy cows : Climate Envelop project 2019*. Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/546572>

EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP), Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M. de L., Christensen, H., Dusemund, B., Fašmon Durjava, M., Kouba, M., López-Alonso, M., López Puente, S., Marcon, F., Mayo, B., Pechová, A., Petkova, M., Ramos, F., Sanz, Y., Villa, R. E., Woutersen, R., Aquilina, G., ... Pizzo, F. (2021). Safety and efficacy of a feed additive consisting of 3-nitrooxypropanol (Bovaer® 10) for ruminants for milk production and reproduction (DSM Nutritional Products Ltd). *EFSA Journal*, 19(11), e06905. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6905>

FAO. (2023). *Pathways towards lower emissions*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc9029en>

Gan, Y. S., & Hinvest, N. S. (2025). Quantifying the value of carbon label information in food choice using drift diffusion modelling. *Journal of Choice Modelling*, 56, 100564. <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2025.100564>

GIEC. (1992). Changement climatique : Les évaluations du GIEC de 1990 et 1992 : premier rapport d'évaluation du GIEC : aperçu général et résumés destinés aux décideurs et supplément 1992 du GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report_fr.pdf

Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2022). Estimates of the genetic contribution to methane emission in dairy cows : A meta-analysis. *Scientific Reports*, 12(1), 12352. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16778-z>

Hayek, M. N., Harwatt, H., Ripple, W. J., & Mueller, N. D. (2021). The carbon opportunity cost of animal-sourced food production on land. *Nature Sustainability*, 4(1), 21-24. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00603-4>

Jiao, H. P., Dale, A. J., Carson, A. F., Murray, S., Gordon, A. W., & Ferris, C. P. (2014). Effect of concentrate feed level on methane emissions from grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 7043-7053. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7979>

Meinshausen, M., & Nicholls, Z. (2022). GWP* is a model, not a metric. *Environmental Research Letters*, 17(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5930>

Nunes, H. P. B., Maduro Dias, C. S. A. M., Álvaro, N. V., & Borba, A. E. S. (2024). Evaluation of Two Species of Macroalgae from Azores Sea as Potential Reducers of Ruminant Methane Production : In Vitro Ruminant Assay. *Animals*, 14(6), 967. <https://doi.org/10.3390/ani14060967>

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>

Pörtner, H.-O., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W. L. (William), Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., ... Ngo, H. (2021). *IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change* (Version 2). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4782538>

Ranganathan, J., Corbier, L., Bhatia, P., Schmitz, S., Gage, P., Oren, K., Dawson, B., Spannagle, M., McMahon, M., Boileau, P., Frederick, R., Vanderborcht, B., Thomson, F., Kitamura, K., Woo, C. M., Pankhida, N., Miner, R., Segalen, L., Koch, J., ... Cook, E. (2004). *GHG Protocol Initiative Team*.

Sala, S., Cerutti, A., & Pant, R. (2017). *Development of a weighting approach for the Environmental Footprint*. JRC Publications Repository. <https://doi.org/10.2760/945290>

Scoones, I. (2023). Livestock, methane, and climate change : The politics of global assessments. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Climate Change*, 14(1), e790. <https://doi.org/10.1002/wcc.790>

Soussana, J. F., Tallec, T., & Blanfort, V. (2010). Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4(3), 334-350. <https://doi.org/10.1017/s1751731109990784>

Tempelman, R. J., & Lu, Y. (2020). Symposium review : Genetic relationships between different measures of feed efficiency and the implications for dairy cattle selection indexes. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5327-5345. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17781>

Thakur, S., Verma, R., & Patel, K. (2025). Reducing Greenhouse Gas Emissions in Livestock Farming. *Global Agronomy Research Journal*, 02, 10-12.

Yu, G., Beauchemin, K. A., & Dong, R. (2021a). A Review of 3-Nitrooxypropanol for Enteric Methane Mitigation from Ruminant Livestock. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 11(12), 3540. <https://doi.org/10.3390/ani11123540>

Yu, G., Beauchemin, K. A., & Dong, R. (2021b). A Review of 3-Nitrooxypropanol for Enteric Methane Mitigation from Ruminant Livestock. *Animals*, 11(12), 3540. <https://doi.org/10.3390/ani11123540>

■ Thèse, mémoires

Salou, T. (2017). *Combiner Analyse du Cycle de Vie et modèles économiques pour l'évaluation ex-ante d'instruments de politiques publiques – Application au secteur laitier français*. <https://theses.hal.science/tel-01661496>

■ Littérature grise

AGRIBALYSE® : RAPPORT METHODOLOGIQUE, VOLET AGRICULTURE. (s. d.). Consulté 8 janvier 2026, à l'adresse <https://3613321239-files.gitbook.io/~files/v0/b/gitbook-x-prod.appspot.com/o/spaces%2F-LpO7Agg1DbhEBNAvmHP%2Fuploads%2FQNOySICvr4UDCrC3JbmE%2FM%C3%A9thodologie%20AGB%203.1Production%20agricole.pdf?alt=media&token=4da12058-cd06-4948-9d20-d7fa7f371835>

Akean, F. (2024, juin 19). Les émissions mondiales du troisième GES, le N2O, ont augmenté de 40% sur 1980-2020 (données GCP). *Citepa*. <https://www.citepa.org/les-emissions-mondiales-du-troisieme-ges-le-n2o-ont-augmente-de-40-sur-1980-2020-donnees-gcp-2/>

American Angus Association. (2025, avril 15). *Angus joins global initiative to improve livestock efficiency*. American Angus Association. <https://www.angus.org/media-center/featured-press-releases/2025/04/angus-joins-global-initiative-to-improve-livestock-efficiency>

AScA. (2013, novembre). *Changement climatique et biodiversité agricole : Faut-il choisir ?* AScA. <https://www.asca-net.com/changement-climatique-et-biodiversite-agricole-faut-il-choisir-2/>

Changing Markets Foundation. (2023, novembre). Seeing Stars : The new metric that could allow the meat and dairy industry to avoid climate action - Changing Markets. *Changing Markets*. <https://changingmarkets.org/report/seeing-stars-the-new-metric-that-could-allow-the-meat-and-dairy-industry-to-avoid-climate-action/>

Chemineau, P., Peyraud, J.-L., & Rieu, M. (2025). *L'élevage intensif en France peut-il être durable ?*

Compassion in world farming. (2022, octobre 31). *Gene editing will perpetuate animal suffering*. <https://www.ciwf.org.uk/news/gene-editing-will-perpetuate-animal-suffering/>

Dupont, F. (2024, mars 22). *Mieux comprendre l'impact carbone de l'élevage*. Réseau des CIVAM normands – CIVAM Allouville. <https://www.civam-normands.org/index.php/actualites-elevage/1654-mieux-comprendre-limpact-carbone-de-lelevage>

EPD. (2022). *Product Category Rules—Meat of Mammals*. EPD. <https://www.environdec.com/pcr-library/pcr2012-11>

Hefferon, C. F. and M. (2018, août 16). Most Americans Accept Genetic Engineering of Animals That Benefits Human Health, but Many Oppose Other Uses. *Pew Research Center*. <https://www.pewresearch.org/science/2018/08/16/most-americans-accept-genetic-engineering-of-animals-that-benefits-human-health-but-many-oppose-other-uses/>

INRAE. (2024, août 14). *Le bilan carbone de l'élevage* | INRAE. <https://www.inrae.fr/dossiers/quels-defis-elevages-durables/bilan-carbone-lelevage>

Lactanet. (2023, mars 21). Introduction de l'Efficiencé du méthane! *Lactanet*. <https://lactanet.ca/introduction-efficiencé-méthane/>

Ministre de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté alimentaire. (2023, avril 21). *Prairie et élevage, un vecteur de la biodiversité*. Ministre de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté alimentaire. <https://agriculture.gouv.fr/prairie-et-elevage-un-vecteur-de-la-biodiversité>

Moins de protéines animales pour réduire les conséquences de l'alimentation sur le climat. (2025, octobre 27). notre-environnement. <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/société/les-effets-de-l'alimentation-sur-l'environnement-ressources/article/moins-de-proteines-animales-pour-reduire-les-consequences-de-l'alimentation-sur>

NFU Cymru. (2026, janvier 7). *Agricultural organisations unite in joint statement*. <https://www.nfu-cymru.org.uk/news-and-information/agricultural-industry-joint-statement/>

Oxford Martin School. (2017, novembre 13). *Climate metrics under ambitious mitigation*. Oxford Martin School. <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/climate-metrics-under-ambitious-mitigation>

Place, Dr. S. E., & Mitloehner, D. F. M. (2021). *Pathway to Climate Neutrality for U.S. Beef and Dairy Cattle Production*.

Product Rules Category—Meat of Animals. (2022). <https://hal.inrae.fr/hal-02983631>

PW Consulting Health Care Research Center. (2025, avril 26). *Methane Mitigating Feed Additives Market*. <https://pmarketresearch.com/hc/methane-mitigating-feed-additives-market/>

Qu'est-ce que la base de données AGRIBALYSE ? | Documentation AGRIBALYSE®. (2024, mai 30). <https://doc.agribalyse.fr/documentation/le-programme-agribalyse/introduction>

Rapport algues vertes—Cour des Comptes Juillet 2021. (s. d.). Consulté 7 janvier 2026, à l'adresse <https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2023-10/20210702-rapport-algues-vertes.pdf>

Robinson, T., Thornton, P., Franceschini, G., Kruska, R., Chiozza, F., Notenbaert, A., Cecchi, G., Herrero, M., Epprecht, M., Fritz, S., You, L., Conchedda, G., & See, L. (2011). *Global livestock production systems*. <https://www.fao.org/4/i2414e/i2414e.pdf>

Séré, C., & Steinfeld, H. (1995). *World livestock production systems—Current Status, Issues and Trends*.

Soutiens publics aux éleveurs bovins—Réponse de la DGPE à la Cour des Comptes 2023. (s. d.). Consulté 6 janvier 2026, à l'adresse https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2023-11/20230522-S2023-0466_Soutiens-publics-eleveurs-bovins-rep-DGPE.pdf

Synthese rapport Agriculture 2024 Shift Project. (s. d.). Consulté 6 janvier 2026, à l'adresse https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/10/Synthese-rapport-Agriculture_2024_Shift-Project.pdf

Synthèses Conjoncturelles 2025—Viande. (s. d.). Consulté 17 décembre 2025, à l'adresse https://www.franceagrimer.fr/sites/default/files/2025-07/SYN-VIA-Conso%20viande%20Fce2024_0.pdf

Urbano, S. (2025, juin 16). Le rapport Secten édition 2025 vient d'être publié. *Citepa*. <https://www.citepa.org/le-rapport-secten-edition-2025-vient-detre-publie/>

Yuka. (s. d.). Évaluez l'impact environnemental des produits alimentaires avec le Green-score. *Yuka*. Consulté 8 janvier 2026, à l'adresse <https://yuka.io/green-score/>

■ Images, photographies, tableaux et graphiques

Image page de garde : Lacoste M., (2025)

Figure 1 : Oxford Martin School. (2017, novembre 13). Climate metrics under ambitious mitigation. Oxford Martin School. <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/climate-metrics-under-ambitious-mitigation>

Figure 2 : Place, Dr. S. E., & Mitloehner, D. F. M. (2021). Pathway to Climate Neutrality for U.S. Beef and Dairy Cattle Production.

Figure 3 : Ranganathan, J., Corbier, L., Bhatia, P., Schmitz, S., Gage, P., Oren, K., Dawson, B., Spannagle, M., McMahon, M., Boileau, P., Frederick, R., Vanderborght, B., Thomson, F., Kitamura, K., Woo, C. M., Pankhida, N., Miner, R., Segalen, L., Koch, J., ... Cook, E. (2004). GHG Protocol Initiative Team.

Figure 4 : Urbano, S. (2025, juin 16). Le rapport Secten édition 2025 vient d'être publié. *Citepa*. <https://www.citepa.org/le-rapport-secten-edition-2025-vient-detre-publie/>

Figure 5: *Synthese rapport Agriculture 2024 Shift Project.* (s. d.). Consulté 6 janvier 2026, à l'adresse https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/10/Synthese-rapport-Agriculture_2024_Shift-Project.pdf

Figure 6 et 7: *Synthèses Conjoncturelles 2025—Viande.* (s. d.). Consulté 17 décembre 2025, à l'adresse https://www.franceagrimer.fr/sites/default/files/2025-07/SYN-VIA-Conso%20viande%20Fce2024_0.pdf

Tableau 1 : Part des différents systèmes d'élevages considérés dans le produit "Lait de vache" sur Agribalyse

Équation 1 : Équation du GWP. GIEC. (1992). Changement climatique : Les évaluations du GIEC de 1990 et 1992 : premier rapport d'évaluation du GIEC : aperçu général et résumés destinés aux décideurs et supplément 1992 du GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report_fr.pdf

Équation 2 : Équation finale. Synthèse de la controverse