HAL open science

Pourquoi les ruminants extensifs sont centraux pour des systèmes agrialimentaires durables en Europe

Xavier Poux

To cite this version:

Xavier Poux. Pourquoi les ruminants extensifs sont centraux pour des systèmes agrialimentaires durables en Europe. 2025, 28p. hal-05060055

HAL Id: hal-05060055

https://hal.science/hal-05060055v1

Submitted on 7 May 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pourquoi les ruminants extensifs sont centraux pour des systèmes agrialimentaires durables en Europe

Comment la prise en compte de la courte durée de vie du méthane avec le PRG* permet de résoudre le nexus biodiversité/climat

Synthèse de l'étude OFB : Analyse des métriques climat et conséquences sur la compréhension de la contribution des ruminants au changement climatique et sur l'agenda de conservation de la biodiversité

Xavier POUX – AScA

Avril 2025

Crédit photo : X.Poux

Avant-propos

- Ce powerpoint est une synthèse de l'étude commandée par l'OFB à AScA sur le thème :
  Analyse des métriques climat et conséquences sur la compréhension de la contribution des ruminants au changement climatique et sur l'agenda de conservation de la biodiversité
  (Commande ORD/2024/0062428)
- Il présente les principaux points du raisonnement et de conclusions faisant l'objet de deux documents constitutifs du corps de l'étude, mais ne remplace pas tous les points de cadrage et de méthode développés dans ces documents
  - 1er document : *Comportement du méthane dans l'atmosphère et analyse des enjeux techniques du PRG100 et du PRG* - application au secteur des ruminants en France et en Europe* (Poux, Allen, Cain, Patel, 2025) — Identifiant HAL : hal-05033353
  - 2nd document : *Revisiter les enjeux climat et biodiversité en lien avec les ruminants en Europe à l'aune des nouvelles métriques climat : arguments pour un élevage agroécologique favorable au climat et à la biodiversité* (Poux, 2025)

  On s'y référera pour la bonne compréhension de l'intégralité des conclusions.
- Son contenu n'engage que l'auteur et ne reflète pas nécessairement les positions de l'OFB

Les ruminants à la croisée de enjeux

- Les ruminants émettent du méthane pour valoriser la biomasse
  - En France, leurs émissions (entérique, déjections) représentent près de 50% de l'ensemble des émissions du secteur agricole en 2021
- Mais les ruminants extensifs sont centraux pour la conservation de la biodiversité des milieux ouverts constitués de prairies et parcours (habitats communautaires et au-delà)
  - Les milieux ouverts sont eux-mêmes une composante irremplaçable de la biodiversité en Europe
- La place des ruminants dans les systèmes agrialimentaires génère des controverses et une forte tension entre deux agendas identifiés tous deux comme prioritaires : la lutte contre le changement climatique et la conservation de la biodiversité

→ comment appréhender la tension autour du nexus climat/biodiversité en agriculture ?

→ Une question qui débouche sur les métriques climat mobilisées pour penser cette tension

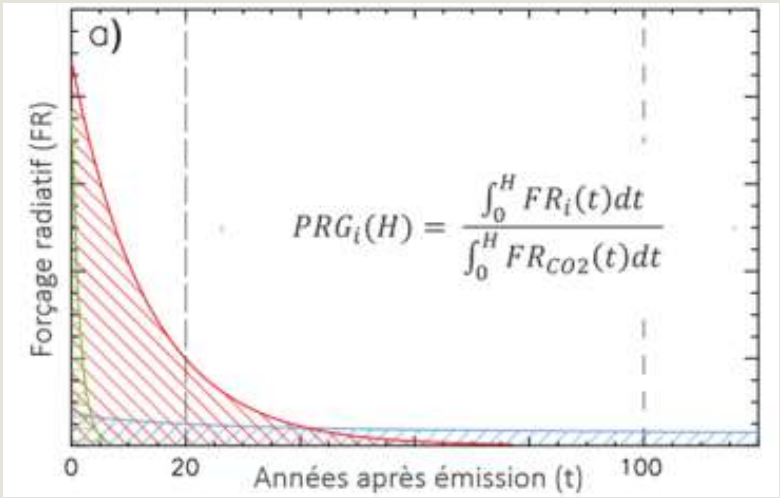
Comprendre les métriques et la physique du climat

Pourquoi le méthane ne doit pas être assimilé au CO_2 quant à son comportement

NB : le contenu de cette section a bénéficié de la contribution de Myles Allen (auteur principal dans le 4ème cycle du GIEC, Université d'Oxford – Oxford Martin School) et de Michelle Cain (Université de Cranfield)

Retour sur l'impact climatique des ruminants en tant qu'émetteurs de méthane : comprendre l'usage du PRG_{100}

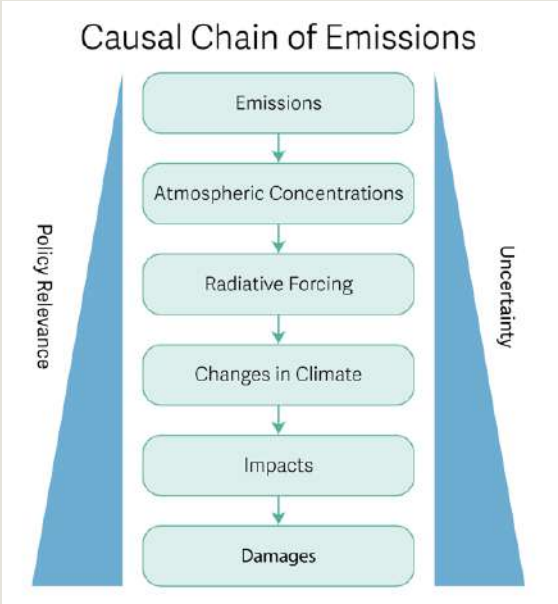
- Un constat : on assimile trop rapidement la part des émissions des ruminants dans le bilan carbone à leur impact sur le climat
- Il est déjà utile de mieux comprendre le mode de calcul ces émissions
  - La métrique la plus utilisée est le « pouvoir réchauffant à 100 ans » (PRG_{100})
  - Cette métrique est utile pour comparer des gaz aux caractéristiques et comportements très différents (durée de vie, efficacité radiative)
  - Elle prend comme unité de convention l'équivalent CO_2 (en tonne CO_2 équivalent)
  - Elle estime la quantité d'énergie apportée dans l'atmosphère sur une période de temps fixée par convention (100 ans, 20 ans [PRG_{20}]) par une tonne de gaz émise à un instant t_0
  - C'est un raisonnement pour une émission instantanée (*pulse*) et non pour un régime d'émission dans le temps



Comment est calculé le PRG100 : L'aire bleue représente la quantité d'énergie apportée au système climatique (forçage radiatif) d'une émission conventionnelle d'une tonne de CO_2 au temps t=0, cumulé sur une période donnée (par exemple 20 ans ou 100 ans selon les lignes verticales). Les aires en vert et rouge correspondent au forçage radiatif cumulé d'une tonne de gaz de durée de vie respective de 1,5 et 12 ans (méthane dans ce dernier cas)

Le PRG100 est pratique, mais ça n'est que la première étape dans l'évaluation de l'impact climatique

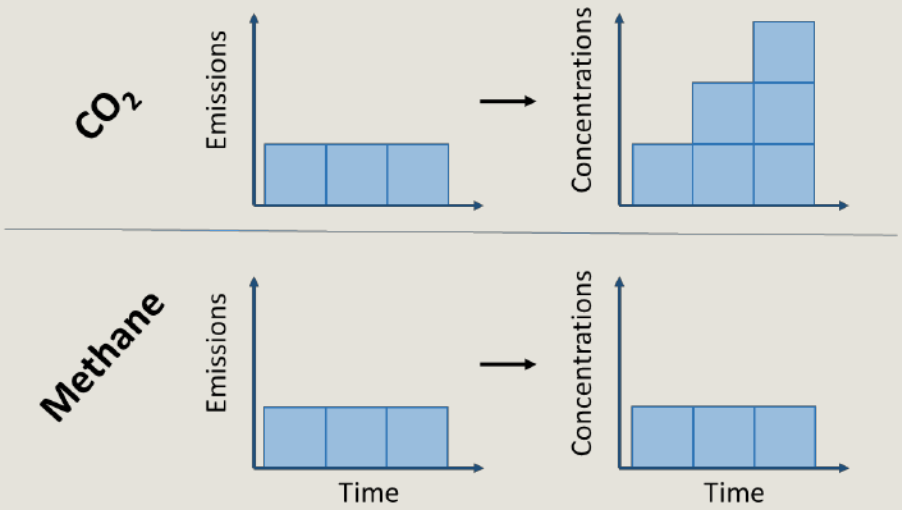
- L'impact climatique d'un gaz dépend de sa concentration et de son pouvoir radiatif dans l'atmosphère à un moment donné
- Les émissions ne sont qu'une composante de l'équation climatique : il faut aussi tenir compte de la durée de vie (flux entrants et sortants)
- Un gaz qui disparaît vite (par exemple la vapeur d'eau) n'a pas le même impact qu'un gaz qui demeure longtemps dans l'atmosphère (par exemple le CO_2), car la vitesse de disparition influence la concentration
  - Le méthane, avec 12 ans de durée de vie, est un gaz à courte durée de vie
  - Le protoxyde d'azote a une durée de vie de plus de 100 ans
  - Le CO_2 a une durée de vie très longue, de l'ordre de 1000 ans



Les émissions ne sont que la première étape de la chaîne de causalité qui induit le réchauffement. Le facteur clé est la combinaison de la concentration atmosphérique et du forçage radiatif (la quantité de rayonnement solaire captée par le gaz).

Que change la prise en compte de la durée de vie d'un gaz à effet de serre ?

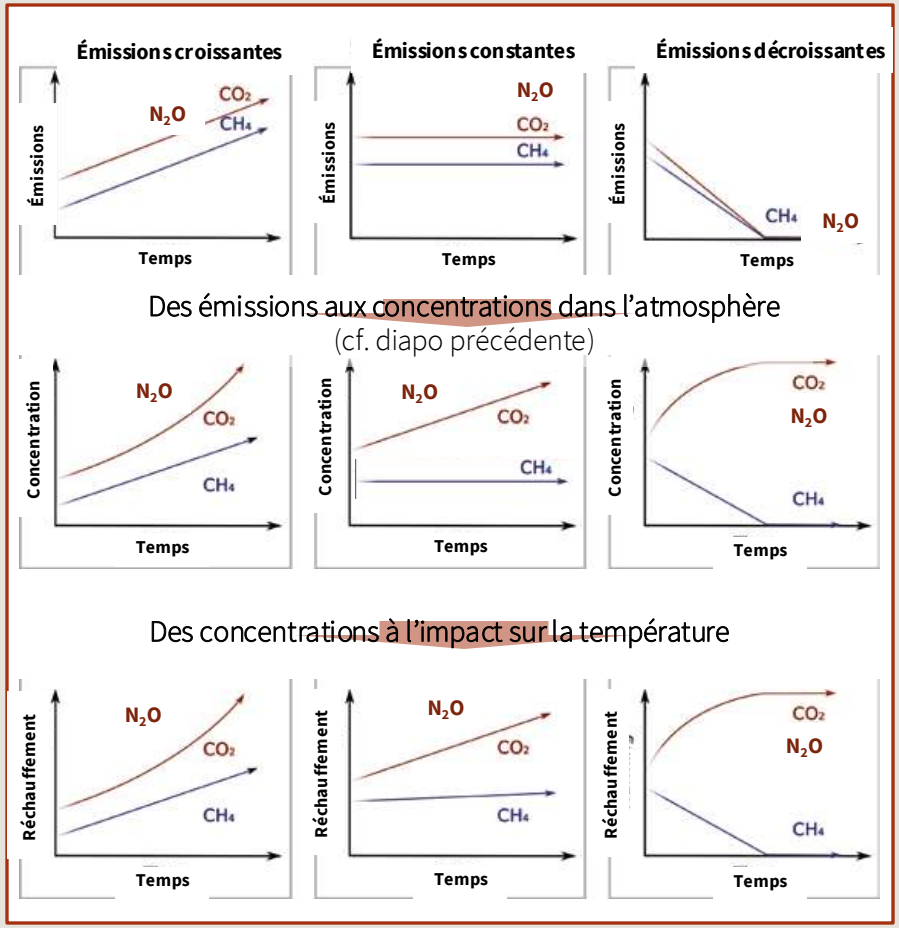
- Le CO2 a une longue durée de vie : toute molécule émise s'accumule dans l'atmosphère (comportement « stock »)
- Le méthane a une courte durée de vie : si les émissions sont stables, les flux entrants sont compensés par les sortants et la concentration reste également stable (comportement « flux »)



Conséquences sur la relation entre émissions, concentration et réchauffement

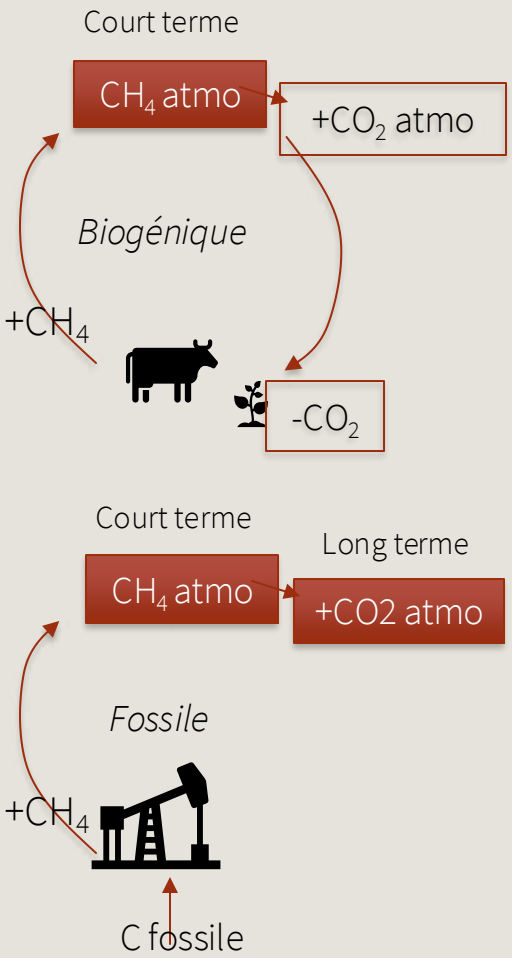
- De la figure de la page précédente, on conclut directement qu'un régime d'émission stable conduit à une accumulation dans l'atmosphère pour le CO_2 et donc à un réchauffement
- Pour le méthane des émissions stables induisent une concentration stabilisée et également à une quasi-stabilisation de la température
  - Alors qu'on aurait pu s'attendre à une neutralité climat pour une stabilité des émissions de méthane, cette « *quasi*-stabilisation » résulte de processus de réchauffement de la masse océanique et de réactions atmosphérique avec d'autres gaz, induites par la présence du méthane
- Si les émissions baissent, ça ralentit le réchauffement pour le CO_2, mais pour le méthane, sa disparition rapide conduit à une baisse de concentration et donc à un effet refroidissant tant que sa concentration baisse
- Si les émissions croissent, on observe un réchauffement, cumulatif pour le CO_2, linéaire pour le méthane
- Le N_2O est plus proche du CO_2 que du méthane à un horizon de 100 ans

➔ Raisonner en CO_2 eq avec le PRG_{100} ne permet pas de rendre compte d'un potentiel effet refroidissant. On pense à tort que le méthane se comporte comme le CO_2 avec simplement un coefficient plus fort, mais ce n'est pas le cas.
On ne peut pas avoir d'effet refroidissant avec le CO_2



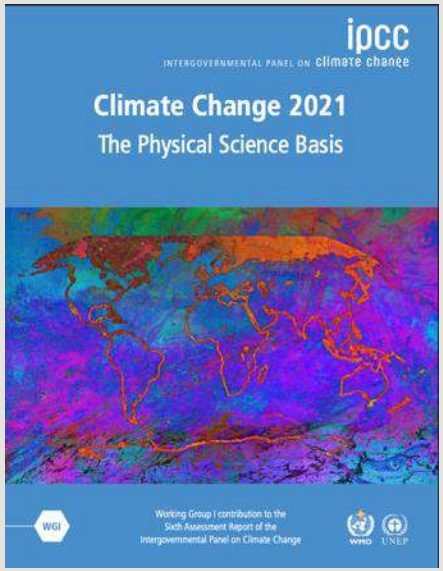
Distinguer le méthane biogénique du méthane fossile

- Le méthane se décompose principalement en CO_2 dans l'atmosphère
- On pourrait conclure que les émissions de méthane par les ruminants conduit ultimement à un réchauffement net lié à cette émission finale de CO_2, même si la phase « méthane » du cycle peut être climatiquement neutre ou très faible
- Mais les ruminants ne font que recycler du carbone : le CO_2 émis à la fin provient d'un CO_2 fixé en début de cycle à une période récente : - CO_2 + CO_2 = 0
  - C'est le même raisonnement qui conclut à une neutralité carbone d'un usage énergétique de la biomasse renouvelable
- Le raisonnement est différent pour du méthane fossile, qui va introduire une « nouvelle » molécule de CO_2 dans l'atmosphère
- À court terme, pendant leur présence dans l'atmosphère, l'impact climatique du méthane biogénique et fossile est très comparable, que les émissions soient à la hausse ou à la baisse



Le PRG* : une métrique adaptée pour le méthane

- Pour mieux prendre en compte la courte durée de vie du méthane de manière simple, l'équipe climat de l'Université d'Oxford a conçu une nouvelle métrique : le PRG* (GWP* en anglais)
- Cette métrique prend en compte la variation des émissions de méthane comme premier facteur d'impact sur le climat
- Elle rend bien compte de l'impact réchauffant/refroidissant de régimes d'émissions de méthane respectivement croissants/décroissants
- Elle a été discutée dans le 6ème rapport d'évaluation du GIEC, qui en reconnaît la valeur scientifique et la considère comme techniquement plus adaptée pour le méthane que le PRG_{100}
- Ce rapport ne conclut néanmoins pas sur l'usage d'une métrique plutôt qu'une autre (PRG_{100} vs PRG*), laissant aux parties le choix en fonction d'objectifs politiques
- Le *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice* de la CNUCC arrive aux mêmes conclusions en 2023



Final Government Distribution — Chapter 7 — IPCC AR6 WGI

New emission metric approaches such as GWP* **and the combined-GTP (CGTP) are designed to relate emission rates of short-lived gases to cumulative emissions of CO_2.** These metric approaches are well suited to estimate the GSAT response from aggregated emissions of a range of gases over time, **which can be done by scaling the cumulative CO_2 equivalent emissions calculated with these metrics by the transient climate response to cumulative emissions of carbon dioxide.** For a given multi-gas emission pathway, the estimated contribution of emissions to surface warming is improved by either using these new metric approaches or by treating short- and long-lived GHG emission pathways separately, as compared to approaches that aggregate emissions of GHGs using standard GWP or GTP emission metrics. By contrast, if emissions are weighted by their 100-year GWP or GTP values, different multi-gas emission pathways with the same aggregated CO_2 equivalent emissions rarely lead to the same estimated temperature outcome. (*high confidence*) {7.6.1, Box 7.3}

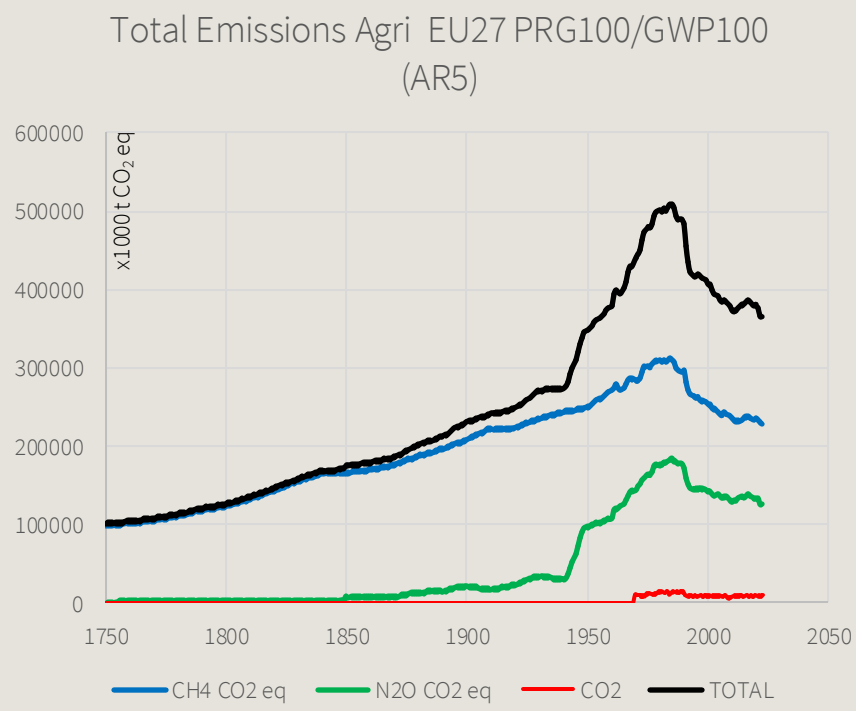
Application à l’analyse de l’impact climatique de l’agriculture de l’Union Européenne

Résultats et analyse d’une modélisation originale* réalisée dans le cadre de la présente étude sur l’impact sur le changement climatique des trajectoires d’émission passées et présentes de l’agriculture de l’Union Européenne à 27

* Contribution de Myles Allen, Michelle Cain et Vitas Patek (2025)

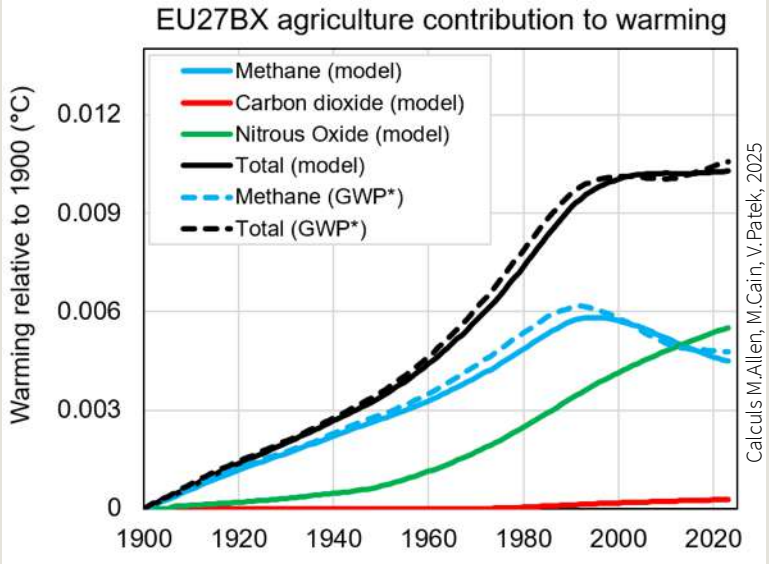
Des émissions de GES de l'agriculture européenne qui décroissent depuis les années 1990, après une forte croissance

- La base de données Primap permet de reconstituer les émissions de gaz à effet de serre directes de l'agriculture depuis la période pré-industrielle
  - Les émissions de CO_2 liées à la fabrication des engrais et pesticides ne sont pas prises en compte dans cet inventaire
- Avant la modernisation agricole de l'après-guerre (avant 1950) les émissions de méthane croissent régulièrement et représentent l'essentiel des émissions de GES
- De 1950 à 1990, les émissions de protoxyde d'azote croissent très rapidement et contribuent significativement au bilan total, mais le méthane reste majoritaire
- Depuis les années 1990, les émissions de méthane et de protoxyde d'azote baissent régulièrement
- Ce graphique, construit en utilisant le PRG_{100} pour pondérer le poids de chaque gaz, ne permet pas de conclure que les émissions de méthane étant 1,8 fois plus élevées que celles de N_2O, elles contribuent 1,8 fois plus au réchauffement, bien que ce soit l'interprétation classique



Des impacts sur le réchauffement sur la période industrielle (~ depuis 1900)

- Depuis 1900 et jusqu'aux années 1990, le méthane a le plus contribué au réchauffement
- Dans la dynamique de l'agriculture européenne – et française – depuis l'après-guerre, le protoxyde d'azote contribue au réchauffement, et pour longtemps
- Depuis les années 1990, la baisse des émissions de méthane de l'agriculture européenne contribue à un refroidissement partiel ; celle des émissions de protoxyde d'azote d'un ralentissement du réchauffement
- Depuis 1990 – période de référence pour les accords de Paris (2015) – le protoxyde d'azote est le principal gaz réchauffant de l'agriculture européenne



Ces courbes représentent la contribution spécifique du méthane (bleu), protoxyde d'azote (vert) et du CO_2 (rouge) d'origine agricole UE27 au réchauffement depuis 1900. Le trait noir est la résultante finale.
Elles procèdent d'un modèle climatique (trait plein) ou d'un calcul simplifié avec le PRG pour le méthane (trait pointillé).*
➔ Le PRG permet une très bonne approximation.*

Un nouveau regard sur les enjeux climatiques de l'agriculture européenne

- Une nécessité : raisonner sur la dynamique des émissions de GES, pas seulement en statique sur un bilan d'émissions à une année *n*
- La réduction des émissions de protoxyde d'azote d'origine agricole est une priorité climatique
  - Le N_2O est aujourd'hui la principale cause de réchauffement liées à l'agriculture
  - Toute émission non évitée aura un effet durable (> 100 ans)
- Elle doit s'articuler à l'agenda de réduction des émissions de méthane dans une vision systémique, tenant compte des antagonismes et des synergies entre émissions de méthane et mobilisation de l'azote minéral selon les options considérées
  - Cf. la section suivante
- Quand les émissions de méthane sont stables ou décroissantes, la question de leur « compensation » par un stockage additionnel de carbone dans les prairies est complètement revisitée : on n'a pas à compenser un effet refroidissant ou une neutralité climatique

Est-il légitime de raisonner les enjeux climatiques à l'échelle de l'agriculture européenne ?

- Nous conduisons un raisonnement à l'échelle de l'agriculture européenne, considérée comme un sous-système du système climatique mondial
- La question de la légitimité de ce découpage se pose : comment analyser un refroidissement partiel dans un contexte de réchauffement global auquel contribuent des émissions de méthane agricole croissantes ?
  - D'autant plus que la responsabilité historique des émissions passée ayant conduit à un réchauffement « hérité » se pose
- Cette question était au cœur des accords de Paris sur le climat de 2015, dont l'approche a reposé sur deux points clés au cœur de notre analyse :
  - L'atteinte de l'agenda global repose sur la définition d'agendas climatiques déclinés par entités politiques, définissant des objectifs par sous-système
  - La discussion de responsabilités historiques est complexe et conduit à des impasses politiques, juridiques et opérationnelles : 1990 est le point de référence pour définir les trajectoires compatibles avec la neutralité climatique pour l'ensemble des parties

Nouvelles perspectives sur l’analyse de la durabilité des systèmes agrialimentaires en Europe

Comment la prise en compte de la courte durée de vie du méthane permet de revisiter le nexus biodiversité-climat et de comprendre pourquoi une agroécologie mobilisant des ruminants extensifs est une option gagnant-gagnant pour le climat, la biodiversité et les ressources naturelles

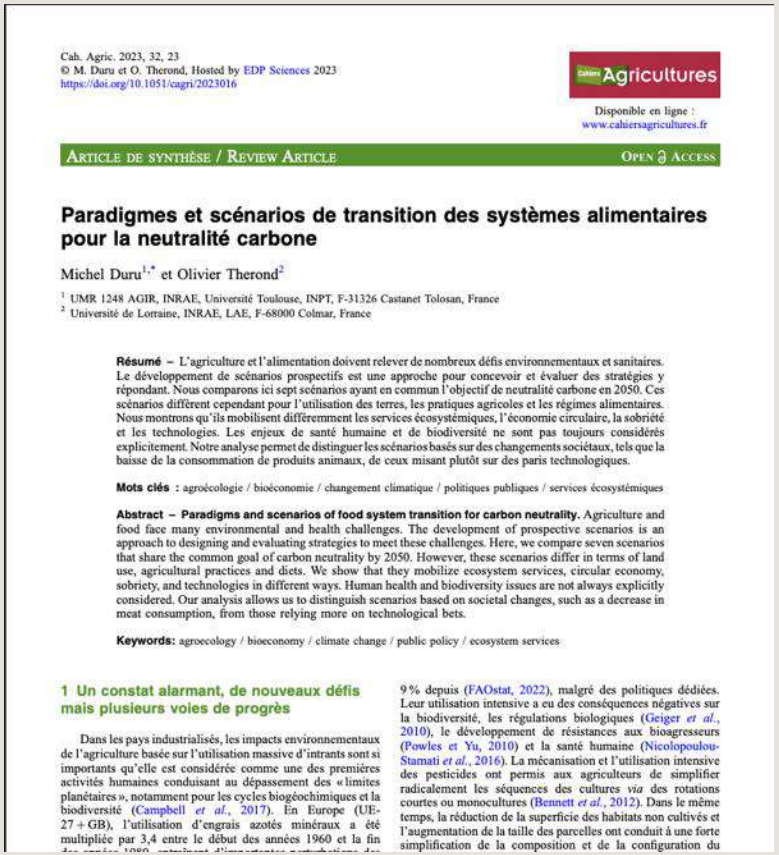
L’ombre du méthane sur les ruminants

- Les émissions de méthane croissent au niveau mondial, et la hausse du nombre de ruminants à cette échelle y contribue
- Il existe une forte tension de fait entre ce constat et la reconnaissance du rôle positif des systèmes ruminants extensifs à la conservation de la biodiversité et la gestion durable des ressources naturelles, avec notamment la place centrale des prairies
  - Le nexus biodiversité/climat en Europe s’inscrit dans cette tension

Le rapport Livestock’s long shadow de 2006 est une étape clé dans la critique radicale et globale des systèmes ruminants du fait de leurs émissions de méthane, estimée à 18% des émissions mondiales

Une question centrale dans la définition des systèmes agrialimentaires durables

- La durabilité des systèmes alimentaires européens (et français) fait l'objet de nombreux exercices de prospective
- Les scénarios qui en procèdent ont une portée prescriptive très forte, ayant vocation à cadrer des politiques publiques et des comportements
  - Définition de « l'alimentation durable »
  - Orientation du développement agricole
- L'analyse des enjeux climatiques sous l'angle de la « neutralité carbone » est centrale dans ces scénarios ; celle de la biodiversité est souvent accessoire
- La prise en compte de la courte durée de vie du méthane n'est pas considérée dans l'évaluation des scénarios



Cah. Agric. 2023, 32, 23
© M. Duru et O. Therond, Hosted by EDP Sciences 2023
https://doi.org/10.1051/cagri/2023016

Cahiers Agricultures
Disponible en ligne : www.cahiersagricultures.fr

Article de synthèse / Review Article — Open Access

Paradigmes et scénarios de transition des systèmes alimentaires pour la neutralité carbone

Michel Duru[1,*] et Olivier Therond[2]

[1] UMR 1248 AGIR, INRAE, Université Toulouse, INPT, F-31326 Castanet Tolosan, France
[2] Université de Lorraine, INRAE, LAE, F-68000 Colmar, France

Résumé – L'agriculture et l'alimentation doivent relever de nombreux défis environnementaux et sanitaires. Le développement de scénarios prospectifs est une approche pour concevoir et évaluer des stratégies y répondant. Nous comparons ici sept scénarios ayant en commun l'objectif de neutralité carbone en 2050. Ces scénarios diffèrent cependant pour l'utilisation des terres, les pratiques agricoles et les régimes alimentaires. Nous montrons qu'ils mobilisent différemment les services écosystémiques, l'économie circulaire, la sobriété et les technologies. Les enjeux de santé humaine et de biodiversité ne sont pas toujours considérés explicitement. Notre analyse permet de distinguer les scénarios basés sur des changements sociétaux, tels que la baisse de la consommation de produits animaux, de ceux misant plutôt sur des paris technologiques.

Mots clés : agroécologie / bioéconomie / changement climatique / politiques publiques / services écosystémiques

Abstract – **Paradigms and scenarios of food system transition for carbon neutrality.** Agriculture and food face many environmental and health challenges. The development of prospective scenarios is an approach to designing and evaluating strategies to meet these challenges. Here, we compare seven scenarios that share the common goal of carbon neutrality by 2050. However, these scenarios differ in terms of land use, agricultural practices and diets. We show that they mobilize ecosystem services, circular economy, sobriety, and technologies in different ways. Human health and biodiversity issues are not always explicitly considered. Our analysis allows us to distinguish scenarios based on societal changes, such as a decrease in meat consumption, from those relying more on technological bets.

Keywords: agroecology / bioeconomy / climate change / public policy / ecosystem services

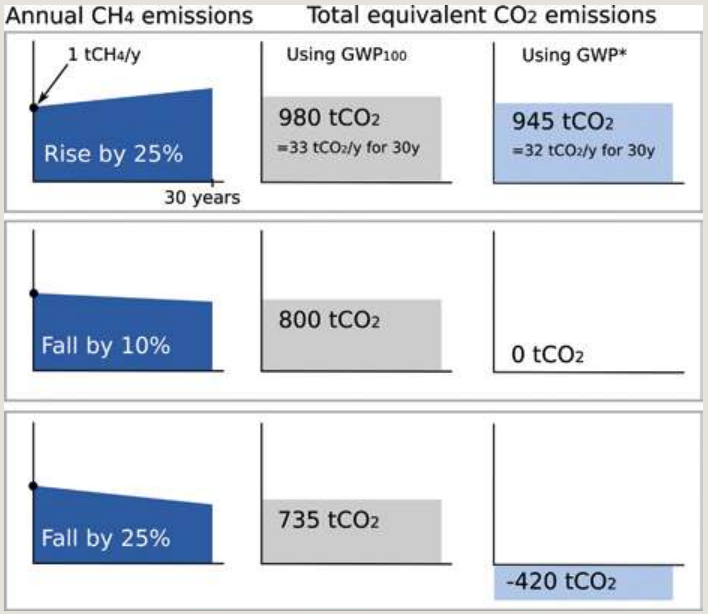
1 Un constat alarmant, de nouveaux défis mais plusieurs voies de progrès

Dans les pays industrialisés, les impacts environnementaux de l'agriculture basée sur l'utilisation massive d'intrants sont si importants qu'elle est considérée comme une des premières activités humaines conduisant au dépassement des « limites planétaires », notamment pour les cycles biogéochimiques et la biodiversité (Campbell *et al.*, 2017). En Europe (UE-27 + GB), l'utilisation d'engrais azotés minéraux a été multipliée par 3,4 entre le début des années 1960 et la fin

9 % depuis (FAOstat, 2022), malgré des politiques dédiées. Leur utilisation intensive a eu des conséquences négatives sur la biodiversité, les régulations biologiques (Geiger *et al.*, 2010), le développement de résistances aux bioagresseurs (Powles et Yu, 2010) et la santé humaine (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2016). La mécanisation et l'utilisation intensive des pesticides ont permis aux agriculteurs de simplifier radicalement les séquences des cultures *via* des rotations courtes ou monocultures (Bennett *et al.*, 2012). Dans le même temps, la réduction de la superficie des habitats non cultivés et l'augmentation de la taille des parcelles ont conduit à une forte simplification de la composition et de la configuration du

Neutralité carbone vs. neutralité climat : ce que change l'analyse à l'aide du PRG* pour l'agriculture

- Si on assimile abusivement le méthane au CO_2, la « *neutralité carbone* » implique de réduire les émissions de méthane de l'élevage à 0 (comme les autres GES), modulo ce qu'on peut compenser par les prairies, qui sera toujours insuffisant avec le PRG_{100}
- La prise en compte de la courte durée de vie du méthane permet de comprendre que la « *neutralité climat* » (= pas de hausse de la température) est atteinte pour une baisse de 10% des émissions sur 30 ans
  - Cette baisse est aujourd'hui plus rapide pour l'agriculture de l'UE 27 et conduit à l'effet refroidissant modélisé plus haut
- Une stabilité des émissions d'un cheptel de ruminants conduit à un réchauffement 4 fois moins fort que celui estimé avec le PRG_{100} du méthane

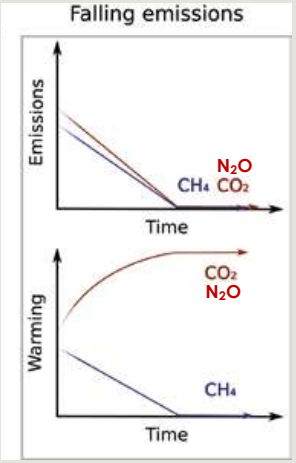


Avec le PRG100, il faut réduire à 0 les émissions de méthane pour atteindre une neutralité carbone assimilée à une neutralité climat. La prise en compte de la courte durée de vie du méthane avec le PRG atteint ce résultat dès une baisse d'émissions de 10% sur 30 ans (alors qu'on aurait conclu qu'à un ralentissement de 10% de la dynamique de réchauffement avec le seul PRG_{100}). Le « poids » du méthane s'en trouve notablement réduit.*

Deux temporalités dans les objectifs prioritaires de lutte contre le changement climatique

Méthane

- Courte durée de vie (12 ans)
- Une baisse des émissions conduit à un refroidissement
- Une fois que cette baisse est effectuée (et elle ne peut pas être infinie), son effet ne perdure pas dans le temps : on retombe sur le régime climatique induit par les gaz à longue durée de vie
- Effet rapide, uniquement à court terme (~20 ans)



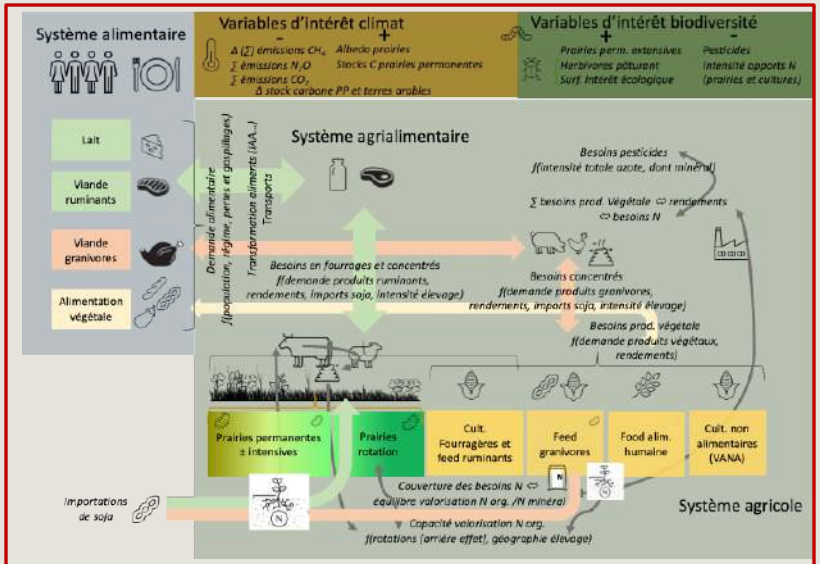
Une baisse d'émissions (en haut) n'a pas le même type d'impact sur le climat (en bas) et ne s'inscrit pas dans la même temporalité : effet à long ou court terme.

CO_2 et protoxyde d'azote

- Longue durée de vie (~1000 ans pour le CO_2 et plus de 100 ans pour le N_2O)
- Toute baisse d'émission a un impact durable (symétrique de : « toute émission a un impact réchauffant durable »)
- Une baisse des émissions ralentit le réchauffement
- <u>Effet de fond, à long terme : objectif prioritaire, dès que possible</u>

Une approche systémique pour relier les enjeux climat et biodiversité du système agrialimentaire européen

- L'impact climatique de l'agriculture européenne ne dépend pas seulement de la dynamique de ses émissions de méthane, mais d'autres variables majeures : émissions de protoxyde d'azote, niveau absolu et évolution des surfaces en prairies (stock de carbone conservé ou non)
  - Les émissions de N_2O sont 2,7 fois plus fortes pour 1 unité d'azote minéral qu'organique
- Ces variables sont reliées à d'autres qui sont d'importance pour la biodiversité
  - L'usage des engrais de synthèse a un impact sur le climat, mais aussi directement sur la biodiversité (altération de la vie des sols et de la flore) et indirectement par l'usage des pesticides qu'il induit
- <u>L'intensification d'ensemble du système agrialimentaire, notamment au regard de son lien avec la mobilisation d'azote minéral, est un critère central du fait de ses impacts combinés sur le climat et la biodiversité</u>



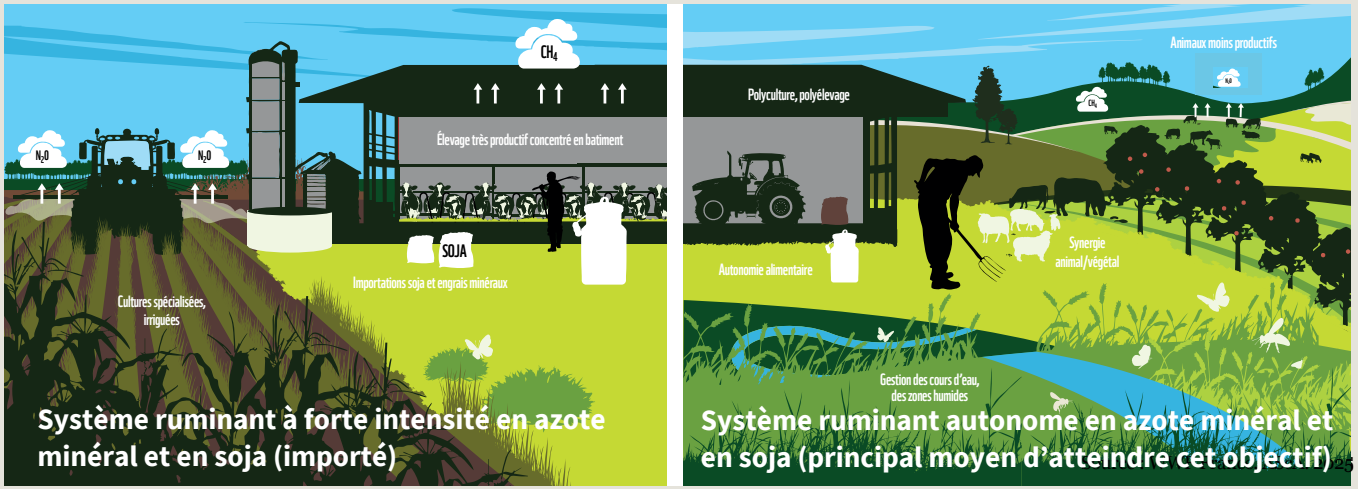
Pour la présente étude, nous avons défini un cadre d'analyse systématique permettant de relier des « variables résultats » clés pour le climat et la biodiversité et des « variables explicatives » dans le fonctionnement du système agrialimentaire européen, articulant offre et demande de manière cohérente.

Trois relations systémiques fondamentales dans la dynamique des systèmes agrialimentaires européens

Relation 1 : entre herbivores et usage de l'azote minéral

- L'alternative à l'azote minéral de synthèse est la fixation naturelle par les légumineuses
- Les légumineuses fourragères – dans les prairies permanentes et les rotations – sont celles qui apportent le plus d'azote aux agrosystèmes (par rapport aux légumineuses graines)
- Les systèmes les plus autonomes en azote minéral sont les systèmes pastoraux extensifs ou ceux qui reposent sur la complémentarité ruminants / cultures (polyculture élevage ruminants), permettant un transfert de fertilité vers la sole cultivée, y-compris non fourragère
- *A contrario*, les systèmes plus intensifs, y compris ceux ruminants, nécessitent des apports en azote à fort impact environnemental et climatique : azote minéral de synthèse et/ou soja importé
- Les relations entre ruminants et azote ne sont pas univoques, mais la minimisation des émissions de N_2O repose sur l'existence de systèmes avec des ruminants consommateurs de légumineuses fourragères des prairies permanentes et en rotations
- NB : entre les deux pôles intensif vs. extensif il existe tout une gamme de systèmes intermédiaires conservant des attributs intéressants pour la biodiversité : présence de prairies avec de gradients de gestion variés, conservation partielle d'infrastructures paysagères (haies, arbres, points d'eau…). L'extensification herbagère demeure la direction à prendre.

WWF-AScA 2025, plaidoyer prairies



Étude : Analyse des métriques climat et conséquences sur la compréhension de la contribution des ruminants au changement climatique et sur l'agenda de conservation de la biodiversité – synthèse – Avril 2025 -

Trois relations systémiques fondamentales dans la dynamique des systèmes agrialimentaires européens

Relation 2 : intensification laitière et co-production de viande

- Un constat : la plupart des recommandations alimentaires au nom du climat portent sur une réduction de la consommation de viande de ruminants et beaucoup plus rarement sur celle de lait ; dans tous les cas, la baisse de viande de ruminants est bien plus marquée que celle de produits laitiers dans les préconisations
- La production de lait co-produit de la viande ; en Europe, le cheptel laitier est le premier pourvoyeur de viandes de ruminants
- Le ratio production lait/production de viande est un indicateur de l'intensité de la production laitière, car une mère produit un veau (un agneau, un cabri) par an indépendamment de son niveau de production de lait :
  - Beaucoup de lait/kg de viande co-produit : système intensif (par exemple 10 t lait => un veau)
  - Peu de lait/kg de viande co-produit : système extensif (par exemple 5 t lait => un veau)
- Il y a une tension entre la décorrelation de la consommation de lait et de viande dans les préconisations alimentaires et la recherche d'extensification laitière (moindre usage d'engrais de synthèse, maintien des prairies gérées extensivement)

Relation 3 : entre usage des pesticides et azote minéral

- L'usage d'azote minéral modifie la physiologie des plantes et leur sélection génétique et induit un usage incontournable de pesticides
- Empiriquement, on constate que les systèmes sans pesticides ne mobilisent pas d'azote minéral (ou très peu)
- Les légumineuses en rotation, notamment fourragères, jouent un rôle clé dans le non-usage des pesticides

Trois propositions archétypales pour un système agrialimentaire durable en Europe

- Nous proposons ici une synthèse des scénarios couramment proposés pour répondre aux enjeux de durabilité agrialimentaire en Europe, sous forme d'archétypes présentant des trajectoires contrastées par rapport à la situation actuelle. Les logiques sont présentées de manière extrême pour faire ressortir les contrastes.
  - Des propositions intermédiaires peuvent être envisagées, jouant de l'équilibre entre les différents systèmes d'élevage, entre mobilisation des cultures et des produits animaux pour l'alimentation et des usages non alimentaires ainsi que des degrés d'intensification.
- Tous ces archétypes couplent la question de la « transition protéique » (quantité et qualité des protéine que l'UE devra consommer) avec celle de l'évolution technique des systèmes agraires.
  - Dans cette transition protéique, le niveau total et la part des produits laitiers, de la viande de ruminants et de la viande de monogastrique sont structurantes de l'évolution de la production végétale

Archétype	Intensification animale et végétale efficiente (Optimisation du système actuel)	Exploitation accrue de cultures multi-usages (Végétalisation optimisée du système actuel)	Agroécologie polyculture-élevage ruminants (Réduction dépendance aux intrants et territorialisation)
Logique d'ensemble	Répondre aux enjeux climatiques par la recherche d'efficience technique par kilo de produit obtenu selon les meilleures pratiques industrielles, sans changer fondamentalement le modèle agrialimentaire actuel	Répondre aux enjeux climatiques par la combinaison d'une réduction de la demande/offre en produits animaux et une substitution par des produits végétaux. Recherche d'une forte productivité végétale d'ensemble	Répondre aux enjeux climatiques et de biodiversité par la combinaison d'une réduction de la demande/offre en produits animaux et une substitution par des produits végétaux. Recherche de la productivité végétale permise sans intrants de synthèse. Forte mobilisation des prairies naturelles.
Transition protéique (demande)	Produits animaux issus d'élevages industriels. Consommation de produits laitiers ± stable Moins de viandes de ruminants (intensification laitière explicite), substitution par viandes de granivores	Moins de produits laitiers et beaucoup moins de viandes consommés - notamment celle de ruminants (intensification laitière) par rapport à celles issue de granivores	Moins de produits laitiers mais faible baisse relative des viandes de ruminants (extensification/systèmes mixtes) Baisse très forte de la consommation des viandes de granivores. Végétalisation d'ensemble de l'alimentation, mais moins que dans l'archétype « cultures ».
Transition des systèmes agraires (offre)	Recherche de maintien/augmentation de la productivité physique totale : hypothèse (forte) de possibilité de croissance des rendements élevée Intensification laitière optimisée Intensification granivores optimisée Intensification végétale optimisée Spécialisation des aires de production.	Recherche de maintien/augmentation de la productivité : hypothèse de possibilité de rendements végétaux élevés sans animaux Demande globale ± élevée fonction des hypothèses sur les usages non alimentaires de la production végétale Diversification des cultures non fourragères et spécialisation des aires de production en cultures.	Généralisation des systèmes polyculture-élevage intégrés Diversification des cultures, notamment fourragères Transferts de fertilité prairies permanentes => cultures Diversification territoriale
Place des prairies, des herbivores et des infrastructures agroécologiques (IAE)	Place limitée des prairies, en majorité intensifiées. Prairies extensives et herbivores pâturants résiduels (génisses…). IAE résiduelles, liées aux gradients de prairies.	Conceptuellement, absence de prairies sauf usage énergétique marginal. Pas d'herbivores pâturants. IAE recréées dans des paysages de grandes cultures..	Prairies naturelles centrales dans le fonctionnement de systèmes agraires ; maximisation des fonctions écologiques des herbivores pâturants. IAE intégrées dans systèmes polyculture-élevage.

Étude : Analyse des métriques climat et conséquences sur la compréhension de la contribution des ruminants au changement climatique et sur l'agenda de conservation de la biodiversité – synthèse – Avril 2025 -

Analyse comparée des performances biodiversité et climat des archétypes selon la métrique climat mobilisée

Archétype	Intensification animale et végétale efficiente (Optimisation du système actuel)	Exploitation accrue de cultures multi-usages (Végétalisation optimisée du système actuel)	Agroécologie polyculture-élevage ruminants (Réduction dépendance aux intrants et territorialisation)
Performance biodiversité et ressources naturelles (eau, sols)	- La logique d'ensemble repose sur un usage systémique d'engrais de synthèse et de pesticides, même « raisonné ». Les prairies permanentes qui demeurent dans cet archétype sont intensifiées et il y a peu d'herbivores pour jouer un rôle écologique. Quelques IAE subsistent.	-- L'absence d'herbivores/prairies/légumineuses dans les systèmes agraires limite la possibilité de se passer d'engrais de synthèse et de pesticides. Les composantes paysagères liées à l'élevage herbivore disparaissent, ainsi que le rôle écologique potentiel des animaux extensifs dans les paysages. Les IAE cultures jouent un rôle compensatoire.	+++ Recherche de maximisation de la présence et de l'usage fonctionnel de la végétation semi-naturelle (prairies extensives/IAE) et d'herbivores jouant un rôle écologique. Recherche d'affranchissement de l'usage de l'azote de synthèse et des pesticides.
Performance climat avec prise en compte courte durée de vie du méthane (PRG*) : distinction entre objectifs à court (CH_4) et moyen/long terme (N_2O) et prise en compte précise de la charge climatique du méthane dans les trajectoires d'émissions.	+ La baisse des émissions de méthane a un effet bénéfique à court terme, mais la régression des prairies qui déstockent du C et du N_2O et le maintien d'un usage relativement élevé d'engrais de synthèse conserve un réchauffement à moyen et long terme (moins élevé qu'aujourd'hui sous réserve de réalisation des hypothèses d'efficacité agronomique).	+ La forte baisse des émissions de méthane a un effet bénéfique à court terme, mais la forte régression des prairies qui déstockent du C et du N_2O et le maintien d'un usage relativement élevé d'engrais de synthèse conserve un réchauffement à moyen et long terme (moins élevé qu'aujourd'hui sous réserve de réalisation des hypothèses d'efficacité agronomique).	++ Peu d'effets à court terme car les émissions de méthane baissent relativement peu. Par contre, les performances sur l'azote (cf. forme organique) sont essentielles dans la performance climat de cet archétype. Le maintien des prairies est un atout climatique en lui-même, indépendamment d'un éventuel (et possible) stockage additionnel de C par des pratiques impliquant des herbivores.
Performance climat sans prise en compte courte durée de vie du méthane (PRG_{100}) : pas de distinction entre objectifs à court (CH_4) et moyen/long terme (N_2O) Surestimation du poids du méthane dans la charge climatique (non prise en compte de la baisse des émissions)	++ *Baisse modérée des émissions de méthane considérées comme la principale variable climatique sur laquelle jouer. Le maintien d'un usage relativement élevé, mais potentiellement moindre qu'aujourd'hui, des engrais de synthèse n'est pas l'enjeu majeur. Le retournement des prairies n'est pas rédhibitoire car les gains climat sont nets via la baisse des émissions de méthane.*	+++ *Maximisation de la baisse des émissions de méthane considérées comme la principale variable climatique sur laquelle jouer. Le maintien d'un usage relativement élevé, mais potentiellement moindre qu'aujourd'hui, des engrais de synthèse n'est pas l'enjeu majeur. Le retournement des prairies n'est pas rédhibitoire car les gains climat sont nets via la baisse des émissions de méthane.*	+ *Les émissions de méthane baissent peu alors que celles de protoxyde d'azote baissent beaucoup (la forme organique des .engrais azotés limite drastiquement les émissions) Mais ces dernières sont considérées comme secondaires par rapport à l'enjeu méthane. Le maintien des prairies n'est pas fondamentalement intéressant car le stockage de C ne compense pas les émissions de méthane conservées.*

Les codes couleur suggèrent des performances relativement à la situation actuelle.

- L'usage du PRG* conduit à une convergence dans la lutte contre le changement climatique et la conservation de la biodiversité et des ressources naturelles sur des bases scientifiques solides
- Celui du PRG_{100} débouche sur une tension entre les deux agendas, sur des bases scientifiques partielles

OFB OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ

ASCA

Conclusion : revisiter la compréhension des enjeux climat et biodiversité des systèmes ruminants européens en prenant en compte la courte durée de vie du méthane

Le PRG* : un changement de perspective sur la durabilité des systèmes agrialimentaires

- La compréhension des enjeux de durabilité dépend fortement de la métrique utilisée pour appréhender les enjeux climatiques
  - Le PRG_{100} est utilisé couramment de manière tellement naturelle qu'on n'en connaît souvent pas les principes, alors qu'il cadre des discours prescriptifs majeurs sur l'avenir souhaitable de notre système agrialimentaire
- L'usage du PRG_{100} permet d'appréhender les émissions de GES, mais pas d'en interpréter correctement les conséquences sur le climat, ce que permet le PRG* qui en est un complément pertinent et validé dans le 6ème rapport du GIEC
  - Le GIEC ne conclut pour l'usage d'une métrique plutôt qu'un autre, laissant aux parties le choix de la métrique adaptée aux objectifs politiques fixés
- La prise en compte de la courte durée de vie du méthane permet de mieux comprendre le rôle éminent du protoxyde d'azote dans le réchauffement ainsi que celui du méthane, moins univoque que ce qu'on comprend en raisonnant avec le seul PRG_{100}
  - Si la baisse des émissions de méthane demeure un objectif, elle ne doit pas se faire sur un mode conduisant à conserver celles de protoxyde d'azote à un niveau élevé en excluant les légumineuses fourragères des agrosystèmes
- Il reproblématise fondamentalement le rôle des prairies naturelles dans la lutte contre le changement climatique, en les considérant comme une option sans regret dans des trajectoires de baisse des émissions de méthane atteintes par une extensification des systèmes ruminants
- Dans cette perspective, la conservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique apparaissent comme deux agendas qui convergent vers la promotion d'une agroécologie extensive, où les ruminants ont un rôle fonctionnel essentiel
  - Nous interprétons la proposition du GIEC de choix de la métrique en fonction des objectifs politiques comme compatible avec celui de renforcer l'intégration des objectifs de lutte contre le changement climatique et de conservation de la biodiversité sur des bases scientifiques établies

Bibliographie sélective à l'appui de ce document (1/2)

Allard, V., Soussana, J.-F., Falcimagne, R., Berbigier, P., Bonnefond, J. M., Ceschia, E., D'hour, P., Hénault, C., Laville, P., Martin, C., & Pinarès-Patino, C. (2007). The role of grazing management for the net biome productivity and greenhouse gas budget (CO2, N2O and CH4) of semi-natural grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *121*(1), 47-58. https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.004

Allen, M. R., Fuglestvedt, J. S., Shine, K. P., Reisinger, A., Pierrehumbert, R. T., & Forster, P. M. (2016). New use of global warming potentials to compare cumulative and short-lived climate pollutants. *Nature Climate Change*, *6*(8), 773-776. https://doi.org/10.1038/nclimate2998

Allen, M., Shine, K., Fuglestvedt, J., Millar, R., Cain, M., Frame, D., & Macey, A. (2018). A solution to the misrepresentations of CO2-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *npj Climate and Atmospheric Science*, *1*. https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8

Bai, Y., & Cotrufo, M. F. (2022). Grassland soil carbon sequestration : Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, *377*(6606), 603-608. https://doi.org/10.1126/science.abo2380

Billen, G., Le Noe, J., Juliette, A., & Garnier, J. (2019). *Polyculture-élevage ou hyper-spécialisation territoriale? Deux scénarios prospectifs du système agro-alimentaire français*. *72*, 31-44.

Buendia, E. C., Guendehou, S., Limmeechokchai, B., Pipatti, R., & Rojas, Y. (2019). N_2O Emissions from Managed Soils, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application. In *Climate Change and Land : An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (IPCC).

Cain, M., Lynch, J., Allen, M. R., Fuglestvedt, J. S., Frame, D. J., & Macey, A. H. (2019). Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *Npj Climate and Atmospheric Science*, *2*(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4

Citepa. (2024). *Rapport Secten – Emissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques 1990-2023*. (p. 561). Citepa.

Dieguez Cameroni, F. J., Hornick, J. L., & Istasse, L. (2008). *Utilisation de la prairie permanente dans le contexte d'extensification : Application en productions de viande et de lait*. *152*(138-151).

Duru, M. (2021). Repenser le système alimentaire. *Études*, *6*, 33-44. https://doi.org/10.3917/etu.4283.0033

Duru, M., & Therond, O. (2023). Paradigmes et scénarios de transition des systèmes alimentaires pour la neutralité carbone. *Cahiers Agricultures*, *32*, 23. https://doi.org/10.1051/cagri/2023016

Forster, P., Storelvmo, T., Armous, K., Collins, W., Dufresne, J.-L., Frame, D., Lunt, D. J., Mauritsen, T., Palmer, M. D., Watanabe, M., Wild, M., & Zhang, H. (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis : Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 923-1054). Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896

Fuglestvedt, J. S. (2003). Metrics of Climate Change : Assessing Radiative Forcing and Emission Indices. *Climatic Change*, *58*(3), 267-331. https://doi.org/10.1023/A:1023905326842

Godard, O. (2015). *La justice climatique mondiale*. la Découverte.

Gütschow, J., Busch, D., & Pflüger, M. (2024). *The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1750-2023) v2.6* (Version 2.6) [Jeu de données]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.13752654

Haut Conseil pour le Climat. (2024). *Accélérer la transition climatique avec un système alimentaire bas carbone, résilient et juste* (p. 168).

Jeuffroy, M.-H., & Bamière, L. (2015). Action 2—Accroître la part de légumineuses en grande culture et dans les prairies temporaires pour réduire les émissions de N2O. In *Agriculture et gaz à effet de serre—Dix actions pour réduire les émissions* (p. 200). Quae.

Jordon, M. W., Buffet, J.-C., Dungait, J. A. J., Galdos, M. V., Garnett, T., Lee, M. R. F., Lynch, J., Röös, E., Searchinger, T. D., Smith, P., & Godfray, H. C. J. (2024). A restatement of the natural science evidence base concerning grassland management, grazing livestock and soil carbon storage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *291*(2015), 20232669. https://doi.org/10.1098/rspb.2023.2669

Laisse, S., Baumont, R., Dusart, L., Gaudré, D., Rouillé, B., Benoit, M., Veysset, P., Rémond, D., & Peyraud, J.-L. (2019). L'efficience nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : Une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. *INRA Productions Animales*, *31*(3), 269-288. https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2355

Bibliographie sélective à l'appui de ce document (2/2)

Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P., & Trommetter, M. (2008). *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies : Synthèse du rapport d'expertise* (p. 116 p.). INRA. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01173738

Lynch, J. (2019). *Agricultural methane and its role as a greenhouse gas*. Food Climate Research Network. https://doi.org/10.56661/0f7f7b1e

McElwee, P. D., Harrison, P. A., van Huysen, T. L., Alonso Roldán, V., Barrios, E., Dasgupta, P., DeClerck, F., Harmáčková, Z., Hayman, D. T. S., Herrero, M., Kumar, R., Ley, D., Mangalagiu, D., McFarlane, R. A., Paukert, C., Pengue, W. A., Prist, P. R., Ricketts, T. H., Rounsevell, M. D. A., ... Obura, D. (2025). *IPBES Nexus Assessment : Summary for Policymakers*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.13850289

Mora, O., Berne, J.-A., Drouet, J.-L., Le Mouël, C., & Meunier, C. (2023). *Foresight : European Chemical Pesticide-Free Agriculture in 2050*. https://doi.org/10.17180/CA9N-2P17

Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestvedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Zhang, H., Aamaas, B., Boucher, O., Dalsøren, S. B., Daniel, J. S., Forster, P., ... Shine, K. (2013). Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I. In *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]* (Cambridge University Press).

Oppermann, R., Beaufoy, G., & Jones, G. (Éds.). (2012). *High nature value farming in Europe*. Verlag Regionalkultur.

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*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.5101133

Poux, X., & Aubert, P. (2022). Putting permanent grassland at the heart of a European agroecological transition : Findings and questions arising from the 'Ten Years for Agroecology' (TYFA) scenario. *Grass and Forage Science*, gfs.12597. https://doi.org/10.1111/gfs.12597

Poux, X., & Pointereau, P. (2014). *L'agriculture à « haute valeur naturelle » en France métropolitaine* (p. 132). Ministère de l'agriculture, AScA, Solagro.

Rizzuto, M., Leroux, S. J., & Schmitz, O. J. (2024). Rewiring the Carbon Cycle : A Theoretical Framework for Animal-Driven Ecosystem Carbon Sequestration. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, *129*(4), e2024JG008026. https://doi.org/10.1029/2024JG008026

Shine, K. P. (2009). The global warming potential—the need for an interdisciplinary retrial : An editorial comment. *Climatic Change*, *96*(4), 467-472. https://doi.org/10.1007/s10584-009-9647-6

Smith, C. J., Forster, P. M., Allen, M., Leach, N., Millar, R. J., Passerello, G. A., & Regayre, L. A. (2018). FAIR v1.3 : A simple emissions-based impulse response and carbon cycle model. *Geoscientific Model Development*, *11*(6), 2273-2297. https://doi.org/10.5194/gmd-11-2273-2018

Smith, M. A., Cain, M., & Allen, M. R. (2021). Further improvement of warming-equivalent emissions calculation. *Npj Climate and Atmospheric Science*, *4*(1), 19. https://doi.org/10.1038/s41612-021-00169-8

Steinfeld, H., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). *Livestock's Long Shadow : Environmental Issues and Options* (p. 416). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice. (2023). In-session technical workshop on findings on emission metrics contained in the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Fifty-eight session; p. 13). United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/sbsta2023_inf02.pdf

Tichit, M., Magda, D., Durant, D., Lauvie, A., Lécrivain, E., Martel, G., Roche, B., de Sainte Marie, C., Sabatier, R., & Teillard d'Eyry, F. (2012). Systèmes d'élevage et biodiversité : Des antagonismes aux synergies. *19. Rencontres Recherches Ruminants*, 1-8. https://hal.science/hal-01191348

Tyburce, L., Billes, L., & Poux, X. (2025). *Plaidoyer pour les prairies et l'élevage durable* (p. 52). WWF France.

van Selm, B., Frehner, A., de Boer, I. J. M., van Hal, O., Hijbeek, R., van Ittersum, M. K., Talsma, E. F., Lesschen, J. P., Hendriks, C. M. J., Herrero, M., & van Zanten, H. H. E. (2022). Circularity in animal production requires a change in the EAT-Lancet diet in Europe. *Nature Food*, *3*(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00425-3