



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE,
DE L'AGRO-ALIMENTAIRE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Rapport final

Etude

Prairie & Élevage

Octobre 2025

ETUDE SUR LES FLUX DE GAZ A EFFETS DE SERRE
DANS UN SYSTEME D'ÉLEVAGE EN PRAIRIE EN
LIEN AVEC L'INVENTAIRE NATIONAL DES GES.

Ce rapport a été réalisé avec la participation financière du ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté Alimentaire (MAASA). Ce document constitue le rapport final de l'étude Prairie et Élevage 2025.

RÉDACTION			
Rôle	Nom	Date	Organisme
Coordination, Rédaction	Mélanie JUILLARD	25/07/2025	Citepa
Rédaction	Quentin BEDRUNE	30/07/2025	Citepa

VÉRIFICATION			
Rôle	Nom	Date	Organisme
Vérification	Mélanie JUILLARD	15/09/2025	Citepa
Approbation finale	Etienne MATHIAS	21/10/2025	Citepa

Pour citer ce document :

Citepa, 2025. Etude sur les flux de gaz à effets de serre relatif à l'élevage et aux prairies en lien avec l'inventaire national des GES.

© Citepa 2025 | Trame indice I/N | Référence projet 2444

Citepa 42, rue de Paradis | 75010 Paris | +33 1 44 83 68 83 | citepa.org



Sommaire

Sommaire.....	3
Introduction.....	4
1. Rappel des méthodes d'estimation et de rapportage des émissions pour les secteurs UTCATF et Agriculture	6
1.1 Principales composantes des sources de GES pour le secteur UTCATF.....	6
1.2 Format des résultats inventaire du secteur UTCATF	8
1.3 Format des résultats inventaire du secteur Agriculture	9
1.4 Cas particulier de l'inventaire Floréal	9
2. Flux de GES en Prairie et émissions de l'élevage, quel bilan ?	10
2.1 Analyse des émissions et absorptions de GES en prairies	10
2.2 Analyse des émissions de GES dans le secteur Agriculture	14
2.3 Bilan entre les émissions de l'élevage et le puits de carbone en prairie	18
3. Séquestration de carbone dans les sols minéraux en Prairie, vers un meilleur reflet de ce levier d'atténuation.....	20
3.1 Le stockage de carbone dans les sols en prairies, un levier d'atténuation parmi d'autres	20
3.2 Approche carbone du sol actuellement appliquée dans l'inventaire UTCATF	21
3.3 Autres approches identifiées	28
3.4 Sources de données identifiées pour la mise en œuvre des améliorations	35
3.5 Validation des résultats.....	39
Conclusion	40
Acronymes et abréviations.....	41
Table des figures.....	42
Table des tableaux.....	43
Bibliographie.....	44



Introduction

Dans le débat public, revient régulièrement l'idée selon laquelle les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à l'élevage de ruminants pourraient être compensées par la séquestration de carbone dans les prairies. L'emploi du terme « compensation » apporte un éclairage nouveau sur des activités évaluées séparément dans l'inventaire national des GES, où elles sont comptabilisées d'une part dans le secteur de l'Agriculture (élevage), d'autre part dans le secteur des terres (prairies). Pourtant, les prairies sont étroitement liées aux pratiques agricoles d'élevage : l'état prairial est sculpté par les pratiques répondant aux besoins alimentaires des animaux, elles sont ainsi pâturées ou fauchées, parfois les deux à la fois et rares sont les prairies non exploitées. Ainsi, on observe un recul des surfaces de prairies étroitement lié au recul de l'élevage en France. Ces surfaces cèdent progressivement du terrain au profit d'autres usages agricoles, forestiers ou artificialisés.

Estimées à environ 9 millions d'hectares, les prairies occupent une place importante dans le paysage français. Elles constituent à la fois un refuge pour la biodiversité, un marqueur paysager, une ressource pour l'élevage et un réservoir significatif de carbone dans leurs sols. Dans un contexte de développement des crédits carbone, du règlement européen CRCF¹, ou encore d'un éventuel système ETS agricole reliant émissions et séquestrations de carbone, le lien entre les pratiques agricoles et leurs effets sur le stockage de carbone dans les prairies devient un enjeu central. Mieux connaître les leviers d'atténuation, leurs effets et leur potentiel à court terme est donc essentiel pour donner les bonnes orientations de gestion.

Plusieurs approches ont été développées pour suivre les flux de carbone à l'échelle des exploitations agricoles ou de territoires plus larges. Elles apportent un éclairage précieux sur la séquestration de carbone dans les prairies et leur potentiel de « compensation » des émissions de l'élevage. Cependant, l'inventaire national des GES

reste la référence pour objectiver ce sujet, car il assure une cohérence d'analyse à l'échelle de l'ensemble du territoire français et constitue la source officielle mobilisée par les pouvoirs publics dans le cadre des travaux de planification stratégique, tels que la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC).

Selon l'édition 2025 de l'inventaire national, les prairies représentent un puits net de 4 MtCO₂e en 2021. La même année, la fermentation entérique des animaux d'élevage constitue à elle seule une source de 38 MtCO₂e, soit près de dix fois plus. Ces résultats, présentés de manière agrégée, ne reflètent pas le bilan net des systèmes d'élevage à base d'herbe. Si, à l'échelle nationale, les prairies semblent jouer un rôle limité dans la compensation des émissions de l'élevage, quel est le réel bilan selon les données de l'inventaire ? Quels postes doivent être pris en compte ? Que peut-on observer chez nos voisins européens ?

Ce rapport répond à ces questions en deux étapes. La première vise à fournir des ordres de grandeur et à identifier les principaux postes d'émissions dans les systèmes d'élevage en prairie, à partir des résultats de l'inventaire national et de l'outil Floréal², qui permet une lecture par filière. La seconde analyse les leviers d'atténuation, qu'ils relèvent des pratiques agricoles ou de la gestion des terres, avec un focus sur le stockage de carbone dans les sols de prairies. L'étude interroge ainsi les paramètres retenus dans l'inventaire à la lumière des travaux scientifiques récents, afin d'améliorer les méthodes et leur représentation spatiale. Elle explore aussi la disponibilité de nouvelles données, leur potentiel de régionalisation et les conditions de leur intégration dans l'inventaire.

¹ Le règlement (UE) 2024/3012 établissant le Carbon Removal Certification Framework (CRCF) a été adopté fin 2024, ce règlement met en place un système volontaire de certification des absorptions et réductions d'émissions de GES dans l'UE, en écho au Label bas-carbone français. Voir aussi le texte du [CRCF sur EUR-Lex](#).

² L'inventaire Floréal est un rapportage non officiel des émissions de gaz à effet de serre et polluants atmosphériques du secteur agricole, financé par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. Il décline plus finement les émissions de l'inventaire officiel du Citepa, en les rapprochant des secteurs d'activités et filières agricoles. (Pour aller plus loin : [Floréal - Citepa](#))

1. Rappel des méthodes d'estimation et de rapportage des émissions pour les secteurs UTCATF et Agriculture

Les inventaires nationaux suivent les lignes directrices du Giec 2006 pour la mise en place des principes et méthodes de calcul des émissions de gaz à effet de serre.

1.1 Principales composantes des sources de GES pour le secteur UTCATF

Contrairement aux autres secteurs de l'inventaire, l'UTCATF n'est pas estimé sur la base de données d'activités, mais sur la base de surfaces d'utilisation des terres. La méthode de calcul consiste à découper le territoire selon son historique d'utilisation. En utilisant les six catégories d'utilisation des terres proposées par le Giec on obtient 36 catégories différentes classiquement représentées sous forme de matrices de changements d'utilisation des terres (Figure 1). Le secteur UTCATF présente un bilan complet des émissions et absorptions de CO₂ pour chacune des catégories ainsi définies.

On distingue les émissions liées aux changements d'usages des terres et les émissions liées aux changements des modes de gestion pour les terres restant dans la même catégorie. Par convention les émissions liées à un changement d'usage sont comptabilisées dans la catégorie de destination. Par exemple, les flux de carbone générés par la conversion de forêts en prairie seront comptabilisés dans la catégorie « Prairie » ; précisément dans la sous-catégorie « Forêts converties en Prairies ».

	Forêts	Cultures	Prairies	Zones artificielles	Zones humides	Autres terres
Forêts	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Cultures	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Prairies	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Zones artificielles	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Zones humides	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Autres terres	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Figure 1 : Matrice de changement d'usage des terres.

Pour estimer les flux de carbone liés aux changements d'usages des terres, la différence des stocks de carbone entre l'usage cible et l'usage de départ détermine si le flux est une émission ou à l'inverse, une séquestration. Les périodes de transition par défaut sont de 20 ans lors de changements d'usages. Lors de changements d'usages, les flux de carbone sont estimés à l'échelle de plusieurs compartiments carbone plus ou moins impactés selon les cas. Pour la catégorie prairie, le stock de carbone est principalement présent dans les sols avec des stocks de biomasse variables selon le type de prairie et la présence de végétation ou de haies (Figure 2).

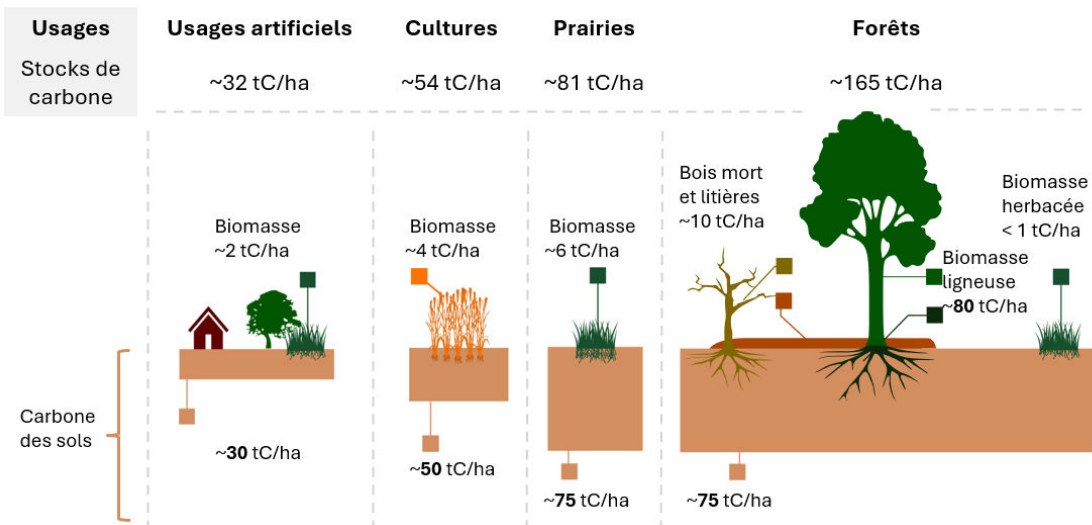


Figure 2 : Stocks de carbone moyens par catégorie d'usage des terres en France métropolitaine. (Source : Citepa, Rapport OMINEA, édition 2025).

Pour estimer l'effets des changements d'usages (ex : boisement, artificialisation) et de gestion des terres (ex : pratiques agricoles, gestion forestière), deux méthodes sont appliquées :

1. La méthode Gains & Pertes consiste à estimer de façon distincte l'ensemble des flux bruts, à savoir les gains et les pertes de carbone dont la somme permet d'obtenir un flux net. Cette approche est par exemple utilisée pour le bilan forestier estimé à partir des flux d'accroissement, de mortalité et de prélèvements (Figure 3.a).
2. La méthode par variation de stocks consiste à estimer un flux net à partir de la différence de stocks mesurés entre deux dates, sans pouvoir distinguer les composantes ayant générées des émissions ou des absorptions (Figure 3b).

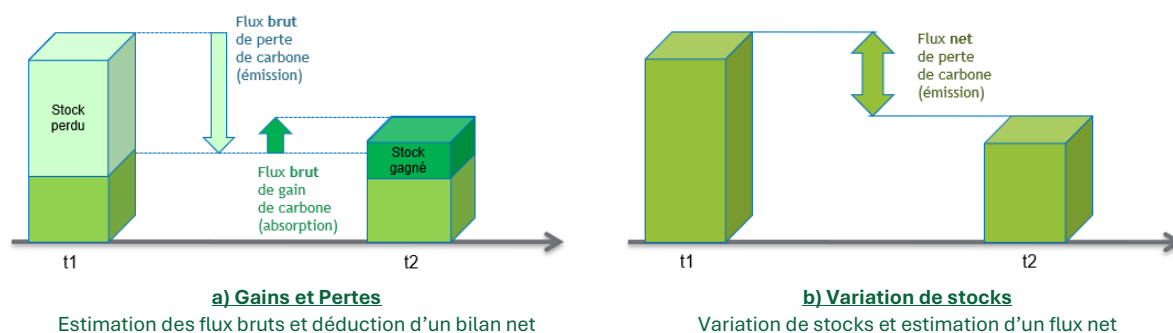


Figure 3 : Méthodes d'estimation des flux de carbone. Les concepts de stocks, flux nets et flux bruts.

Dans le cas d'un changement d'usage vers une catégorie dont le stock de carbone est plus élevé, la période de transition considérée pour l'attente du stock cible est par défaut de 20 ans (Giec, 2006). A l'inverse, lorsque le changement d'usage conduit à un déstockage de carbone, les pertes sont plus rapides et estimées directement l'année du changement. De la même manière, cette approche s'applique dans le cas de changement de régimes de gestion sur les terres sans changement d'usage.

Enfin, d'autres flux des GES sont estimés en complément des variations de stocks de carbone liées aux changements d'usages et de gestion. Ces flux complémentaires incluent par exemple les émissions directes et indirectes de protoxyde d'azote liées à la minéralisation du carbone dans les sols, les flux de GES liés au drainage et à la remise en eau des sols organiques, ceux liés au brûlage de biomasse ou encore les flux dans les stocks de produits bois.

Chacun de ces flux complémentaires est estimé et rapporté au sein des 36 catégories d'usages des terres puis agrégés afin de correspondre aux 6 catégories officielles du Giec.

Catégorisation spécifique aux inventaires nationaux des GES.

Pour faire la différence entre les flux de GES liée aux changements d'usages des terres et les autres flux du secteur UTCATF, le Giec distingue chaque catégorie d'usage des terres en deux sous-catégories : les surfaces en cours de conversion et les surfaces n'ayant pas subi de changements sur une période fixe de 20 ans.

Par exemple pour la catégorie Prairies, une distinction est faite entre les prairies de 20 ans rapportées dans la sous-catégorie « *Grassland remaining grassland* », et celles en cours de conversion, c'est-à-dire celles qui n'étaient pas encore des prairies il y a 20 ans. Ainsi, une prairie en place depuis 19 ans est donc rapportée comme une surface toujours en cours de conversion dans la catégorie « *Land converted to grassland* ». Cette approche s'applique à l'ensemble des 6 catégories d'usage des terres officielle utilisées pour le secteur UTCATF.

1.2 Format des résultats inventaire du secteur UTCATF

Les résultats de l'inventaire national au format CCNUCC sont diffusés dans les tables CRT (*Common Reporting Tables*) pour l'ensemble des secteurs d'activité. Les émissions du secteur UTCATF sont présentées dans les tables 4 avec une déclinaison selon 6 grandes catégories d'usages des terres, elles-mêmes identifiées par les lettres A à F (A pour Forestland, B pour Cropland, etc). La table 4.G présente une synthèse des flux dans le stock de produits bois récoltés (*Harvested Wood Products -HWP*) et enfin la table 4.H présente des émissions rapportées « à part » ; pour la France, ce sont uniquement les émissions associées à la mise en eau du lac de Petit Saut en Guyane.

En vue de rendre le rapportage des émissions du secteur UTCATF plus compréhensible par le grand public et afin de fournir plus de détails dans les résultats diffusés, le Citepa a développé le **format de rapportage complémentaire nommé « LULUCF_Background³ »**. Ce fichier Excel fournit les résultats selon plusieurs périmètres géographiques et par ancienne région administratives (22 régions). Dans ce fichier on trouve ainsi les flux bruts liés aux variations de stocks de carbone par type d'usage des terres (*Carbon Stocks Changes – CSC*) détaillés par compartiment carbone (biomasse vivante, bois mort, litière, sols minéraux, etc) et les flux complémentaires présentés précédemment. Dans ce document, l'ensemble des flux sont exprimés en CO₂ équivalent (CO₂e).

Tableau 1 : Description du format de rapportage des résultats du secteur UTCATF (format CCNUCC).

Catégorie de rapportage des émissions et absorptions		Détails sur les catégories
4.C.1. Grassland remaining grassland		Sous-catégorie d'usage des terres de la catégorie « Prairie » correspondant aux flux de GES rapportés sur les terres en prairies depuis plus de 20 ans.
(CSC) Variation de stocks de carbone		Résultante des variations de stocks de carbone par compartiment
Biomasse vivante (LB)	(CSC LB Increment) Accroissement biologique	Flux (gains ou pertes) de carbone impactant les différents compartiments carbone
	(CSC LB NatMort) Mortalité naturelle	
	(CSC LB NatDist) Mortalité liée aux perturbations naturelles	
	(CSC LB WoodRem) Récoltes	
Bois mort (DW)	(CSC DW NatMort) Variation bois mort lié à la mortalité naturelle	
	(CSC DW NatDist) Variation bois mort lié aux perturbations naturelles	
Litière (LT)	(CSC LT) Variation stock de carbone litière	
Sols minéraux (MinS)	(CSC MinS) Variation sols minéraux	
Sols organiques (OrgS)	(CSC OrgS) Variation sols organiques	
Flux complémentaires	(I) Direct nitrous oxide (N ₂ O) emissions from nitrogen (N) inputs to managed soils	Emissions des intrants azotés. Rapportées dans le secteur Agriculture pour la France.
	(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils	Emissions de CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O liées au drainage des sols organiques.
	(III) Direct nitrous oxide (N ₂ O) emissions from nitrogen (N) mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter	Emissions directe et indirectes de N ₂ O liées à la minéralisation du carbone perdu dans les sols gérés.
	(III) Indirect nitrous oxide (N ₂ O) emissions from managed soils	
	(IV) Biomass Burning	Emissions de CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O liées aux incendies. Uniquement rapportées pour les terres en Forêt.

³ Les résultats du secteur UTCATF par région administrative sont disponibles sur [le site du Citepa](#).

1.3 Format des résultats inventaire du secteur Agriculture

Les résultats du secteur de l'agriculture sont déclinés au sein des tables CRT selon 9 postes d'émissions également identifiés par des lettres A à I. Pour les secteurs 3.A et 3.B, respectivement fermentation entérique des animaux d'élevage et gestion des déjection animales, les résultats sont déclinés par grandes espèces animales (bovins, ovins, porc et autres animaux d'élevage). Le secteur 3.D présente les émissions générées sur les sols agricoles liées aux différentes formes de fertilisation (azote organique et minérale, fertilisation organique par les animaux à la pâture, retour aux sols des résidus de culture, etc.).

Tableau 2: Description du format de rapportage des résultats du secteur Agriculture dans les tables CRT (format CCNUCC).

Catégorie de rapportage des émissions et absorptions	Explications
3. Total agriculture	Emissions totales du secteur 3
3.A. Enteric fermentation	Emissions de CH ₄ - Fermentation entérique des animaux d'élevage
3.A.1. Cattle	
3.A.2. Sheep	
3.A.3. Swine	
3.A.4. Other livestock	
3.B. Manure management	Emissions directes et indirecte de N ₂ O et de CH ₄ - Gestion des déjections animales (bâtiments et stockage) <i>N.B. Les émissions liées à l'épandage des déjections au champ sont comptabilisées en 3.D</i>
3.B.1. Cattle	
3.B.2. Sheep	
3.B.3. Swine	
3.B.4. Other livestock	
3.B.5. Indirect N ₂ O emissions	
3.C. Rice cultivation	Emissions de CH ₄ liées à la riziculture
3.D. Agricultural soils	Emissions directes et indirectes de N ₂ O sur les sols agricoles
3.D.1. Direct N ₂ O emissions from managed soils	Emissions directes de N ₂ O liées ...
3.D.1.a. Inorganic N fertilizers	... à la fertilisation azotée organique et minérale
3.D.1.b. Organic N fertilizers	
3.D.1.c. Urine and dung deposited by grazing animals	... aux déjections des animaux à la pâture
3.D.1.d. Crop residues	... au retour au sols des résidus de cultures
3.D.1.e. Mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter	... à la minéralisation du carbone perdu, basé sur les flux de carbone estimés dans le secteur UTCATF
3.D.1.f. Cultivation of organic soils (i.e. histosols)	... au drainage des sols organiques cultivés (cultures et prairies)
3.D.1.g. Other	... aux autres émissions de N ₂ O
3.D.2. Indirect N ₂ O Emissions from managed soils	Emissions indirectes de N ₂ O liées la volatilisation de l'ammoniac et au lessivage de nitrates dans les sols.
3.E. Prescribed burning of savannahs	Brûlages des prairies (non estimé)
3.F. Field burning of agricultural residues	Brûlage des résidus de récoltes (CO ₂ , CH ₄ N ₂ O)
3.G. Liming	Emissions de CO ₂ liées au chaulage des sols
3.H. Urea application	Emissions de CO ₂ liées à l'application d'urée aux sols

1.4 Cas particulier de l'inventaire Floréal

À partir des données de l'inventaire national GES, le Citepa réalise l'inventaire Floréal, un format complémentaire d'inventaire spécifique au secteur de l'agriculture. Cet inventaire détaille les émissions agricoles, soit par type de culture, soit par espèce d'animaux d'élevage, attribuant les postes d'émissions du format CCNUCC selon une logique de responsabilité. Floréal est utilisé dans cet étude pour affiner le bilan des émissions liées à un système d'élevage sur prairie.

Les résultats et rapports associés à ce format sont consultables sur le site du Citepa :

<https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/floreal/>.

2. Flux de GES en Prairie et émissions de l'élevage, quel bilan ?

2.1 Analyse des émissions et absorptions de GES en prairies

2.1.1 Contribution des prairies au secteur UTCATF

Dans l'inventaire UTCATF, la catégorie Prairie au sens du Giec contribue de façon peu significative au bilan des émissions du secteur par rapport aux émissions et absorptions estimées sur les autres catégories d'usages des terres (cf. Figure 4). En moyenne depuis 1990, la catégorie est toutefois un puits de carbone avec des émissions négatives, les prairies participent donc plus ou moins selon les périodes au puits de carbone en France.

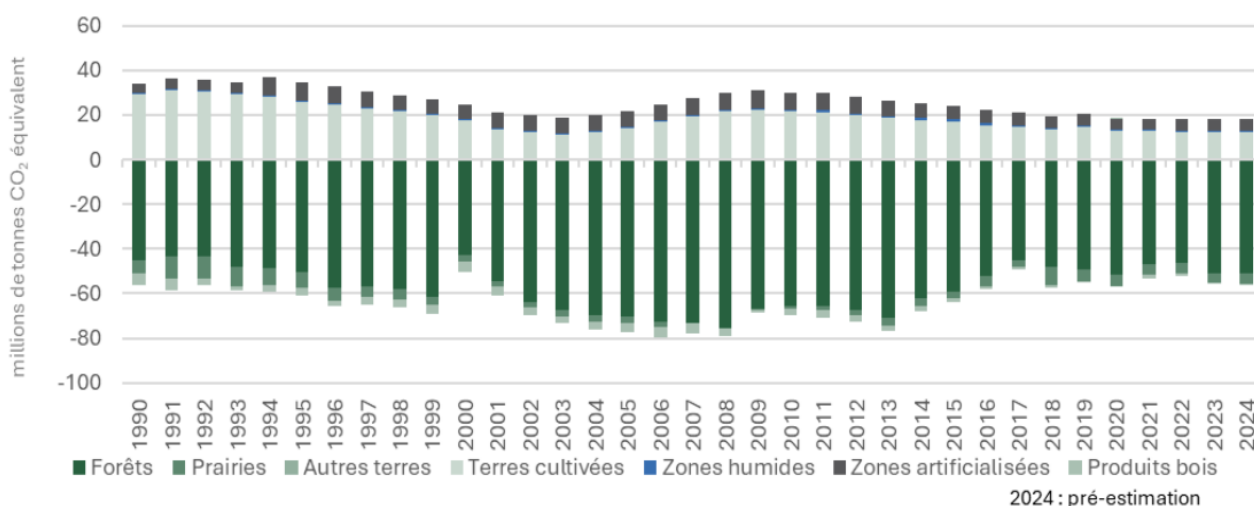


Figure 4 : Bilan des émissions du secteur UTCATF depuis 1990 par grande catégorie d'usages des terres.
(Source : SECTEN 2025- Périmètre France métropole et Outre-mer incluses dans l'UE).

D'après l'inventaire national, les prairies représentaient, en 2021, environ 17 % du territoire de la France métropolitaine, soit près de 9 millions d'hectares. Elles constituent ainsi la troisième catégorie d'usage des terres, après les terres cultivées (41 %) et les forêts (32 %) (Figure 5).



Figure 5 : Surfaces d'utilisation des terres par grande catégorie d'usage Giec en France métropolitaine en 2021.
(Source : Inventaire UTCATF édition 2025).

En agriculture, les prairies sont généralement distinguées selon leur ancienneté : on parle de prairies temporaires lorsqu'elles sont en place depuis moins de six ans, et de prairies permanentes à partir de 6 années et plus sans changement d'usages. Les prairies temporaires sont habituellement gérées différemment des prairies permanentes car elles sont intégrées à des rotations avec des terres cultivées. Dans l'inventaire, les prairies temporaires sont rapportées dans la catégorie « Cultures » et bien que ce type de terres représente 1,7 millions d'hectares en 2021, elles ne rentrent pas dans la définition des prairies au sens du Giec. Ainsi, la catégorie « Prairies » dans l'inventaire fait principalement référence aux prairies permanentes.

Il convient également de noter que la catégorie Prairie regroupe un ensemble hétérogène de surfaces dont l'usage s'apparente à celui d'une prairie, sans pour autant correspondre strictement à une définition agricole. La catégorie inclut notamment les landes, les pelouses naturelles ou d'alpage, ainsi que certaines surfaces partiellement boisées ne répondant pas entièrement aux critères de classification des terres forestières.

Au total, environ 72 % de la catégorie « Prairies » dans l'inventaire sont des prairies permanentes au sens agricole du terme, les 28 % restants relèvent d'autre usages détaillés dans la (Figure 6). Le terme de « prairies » sera pour la suite de ce rapport employé au sens du Giec comme étant une catégorie d'usage des terres qui regroupe plusieurs sous-catégories d'usages présentées ci-dessous.

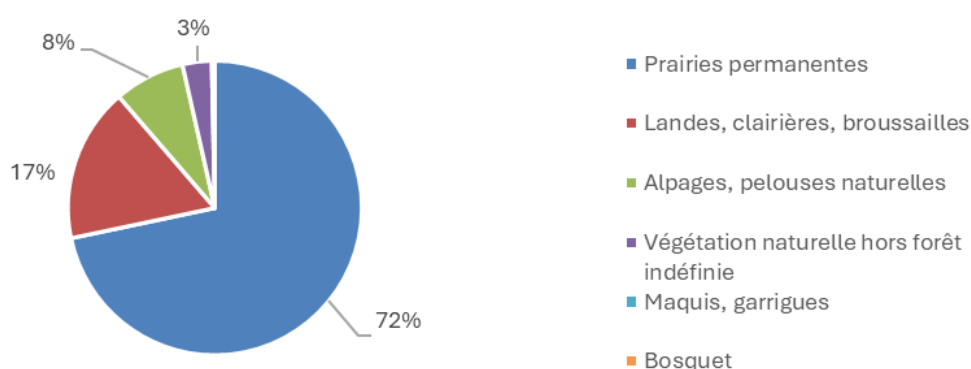


Figure 6 : Sous-catégories d'usage comptabilisées de la catégorie Prairie de l'inventaire UTCATF. (Source : *Inventaire édition 2025 - Année 2021 - France métropolitaine*).

2.1.1 Davantage de prairies retournées que de nouvelles prairies

Depuis 1990, les surfaces de prairies en France métropolitaine ont diminué, passant de plus de 12 millions d'hectares à 9 millions en 2021. Cette réduction nette résulte d'un solde négatif entre les pertes de prairies et l'apparition de nouvelles surfaces.

- Sur la période récente⁴, le bilan des changements d'usages basés sur la période de transition de 20 ans donnent 3,8 millions d'hectares de prairies convertis vers d'autres usages, contre seulement 1,5 million d'hectares de nouvelles prairies. Exprimées en conversions annuelles, ces dynamiques correspondent à une disparition d'environ 175 000 hectares de prairies par an, contre 80 000 hectares de nouvelles prairies⁵.
- Les flux de gaz à effet de serre (GES) associés à ces changements d'usage présentent donc logiquement un bilan dissymétrique : les conversions de prairies vers d'autres catégories ont généré environ 4 600 ktCO₂e d'émissions, tandis que les apparitions de nouvelles prairies ont séquestré environ 2 700 ktCO₂e (Figure 7).

Il convient de noter que, selon les règles de comptabilisation de l'inventaire UTCATF, les émissions générées par la conversion de prairies vers d'autres usages sont reportées dans la catégorie d'usage de destination. Par exemple, les émissions issues de la conversion de prairies en terres cultivées sont comptabilisées dans la catégorie « Cultures ». La catégorie « Prairies » de l'inventaire ne comprend donc que les émissions liées à la création de nouvelles prairies, ainsi que celles estimées sur les prairies n'ayant pas changé d'usage.

⁴ Moyenne des conversions 20 ans pour les années 2013-2017.

⁵ Dans l'inventaire, les surfaces d'utilisation des terres et leurs conversions sont rapportées dans des matrices dites de 20 années. Cette période définie par les lignes directrices du Giec permet notamment de calibrer les rythmes de gains et pertes de carbone lors des changements d'usage pour les calculs carbone. Lorsqu'on veut calculer les gains de carbone en 2020 liés à l'apparition de nouvelles prairies, il faut utiliser une « fenêtre » de 20 ans, pour comptabiliser les flux de carbone. Les nouvelles prairies de 2001, jusqu'à 2020 sont en conversion, et ce sont ces 20 ans de conversions qui jouent dans le stockage carbone comptabilisé l'année 2020.

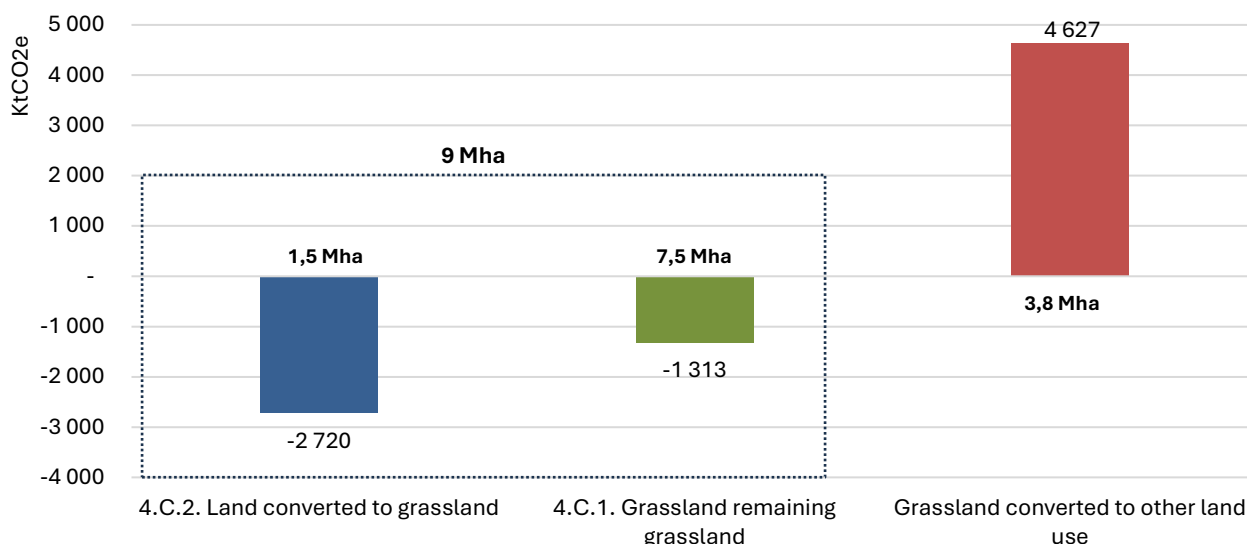


Figure 7 : Bilan des émissions associées aux prairies en France Métropolitaine (ktCO₂e). Les surfaces renseignées sont basées sur des matrices de conversions de 20 ans. (Source : LULUCF Background ed2025. Moyenne 2013–2017 France Métropolitaine)

2.1.2 Un puits de carbone généré par l'apparition de nouvelles prairies

Entre 2013 et 2017, la catégorie prairie représente environ 9 millions d'hectares et représente un puits de carbone estimé à environ -4 MtCO₂e. Ce flux est majoritairement attribuable aux 1,5 million d'hectares de prairies en cours de conversion (c'est-à-dire établies depuis moins de 20 ans). À l'inverse, les prairies stables sans changement d'usages, couvrent 7,5 millions d'hectares (soit environ 80 % de la surface totale de prairies) mais contribuent de manière limitée au bilan global avec un puits net de -1,3 MtCO₂e.

Environ 71 % des terres converties en prairies (soit 1 million d'hectares) proviennent de terres cultivées, dont les stocks de carbone sont inférieurs à ceux des prairies (voir Figure 2). Cette différence se traduit par un gain net de carbone principalement dans les sols. À l'inverse, 28 % des surfaces converties (soit 0,4 million d'hectares) correspondent à d'anciennes terres forestières, dont les stocks de carbone initiaux sont supérieurs à ceux des prairies, entraînant un déstockage. La création de prairie sur des usages autrefois urbains ou de type zones humides est peu représentée. Le bilan des flux liés aux nouvelles prairies, largement dominée par le stockage lié à la conversion des cultures en prairies, aboutit à un puits moyen estimé à -2,7 MtCO₂e par an sur la période 2013-2017 en France métropolitaine (Figure 8).

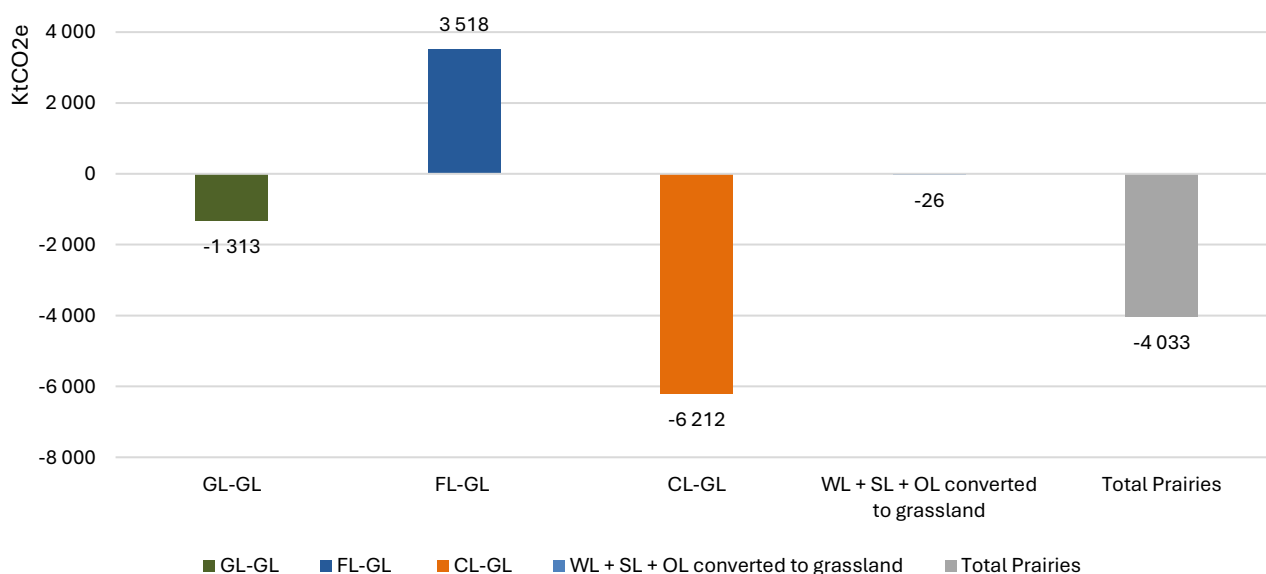


Figure 8 : Composante des émissions et absorptions de la catégorie Prairie dans l'inventaire UTCATF (ktCO₂e). (Source : LULUCF Background ed2025. Moyennes 2013-2017 – France Métropolitaine).

2.1.1 Un stockage de carbone peu significatif pour les prairies restant prairies

Si les changements d'usage sont responsables des plus fortes variations de carbone comme décrit précédemment, **les prairies sans changement d'usage constituent néanmoins un puits de carbone sur la période étudiée (2013–2017) estimé à -1,3 MtCO₂e**. Ce résultat résulte d'un bilan combinant émissions et absorptions, dominé par un stockage significatif de carbone dans les sols, évalué à -1,2 MtCO₂e (Figure 9).

Les variations de biomasse observées au sein de cette catégorie s'expliquent par plusieurs phénomènes, tels que l'évolution des haies présentes en prairies, la croissance de la biomasse sur les prairies boisées, les récoltes de bois énergie, ainsi que les repousses qui suivent ces récoltes.

Par ailleurs, d'autres flux viennent amoindrir le puits de carbone associé aux prairies. Il s'agit notamment des émissions liées au drainage de sols organiques et à la combustion de biomasse lors du brûlage des résidus après récolte de bois. Les pratiques de drainage des sols organiques restent localisées, principalement en prairies humides, où le pâturage rendu possible par le drainage représente souvent l'une des rares activités agricoles viables. Bien qu'elles ne reflètent pas les modalités de gestion majoritaires des prairies françaises, ces pratiques pèsent suffisamment dans le bilan national pour justifier leur prise en compte dans l'analyse des émissions du secteur.

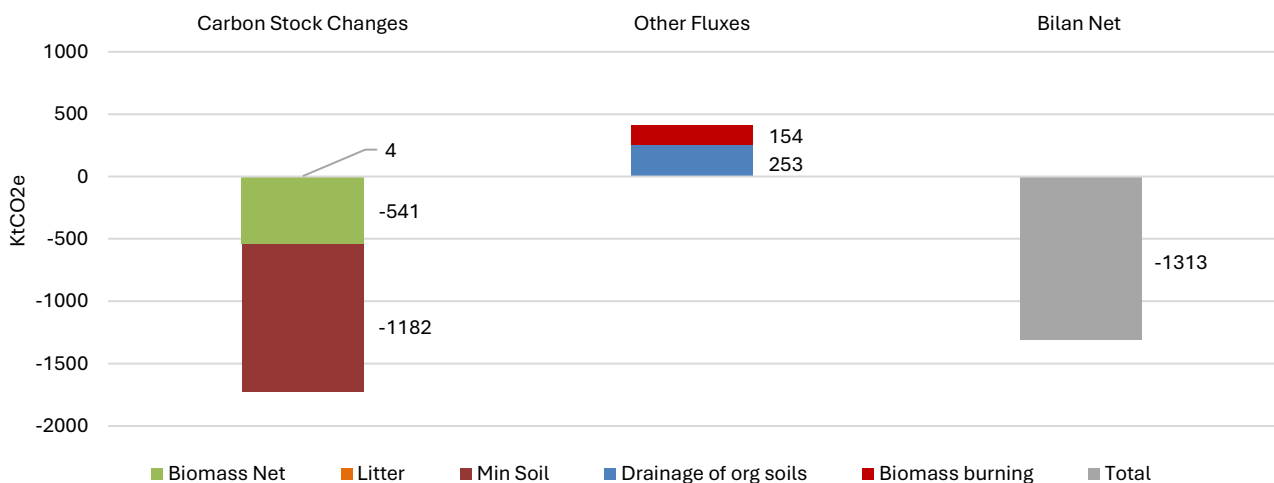


Figure 9 : Composantes des émissions et absorptions en Prairies restant Prairies. (Source : LULUCF_Background ed2025. Moyenne sur la période 2013-2017 – France Métropolitaine)

2.2 Analyse des émissions de GES dans le secteur Agriculture

Le secteur de l'agriculture est un émetteur majeur de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) à l'échelle de la France. Les émissions de méthane proviennent principalement de la fermentation entérique des ruminants, ainsi que de la gestion des déjections animales (en bâtiments et en stockage), cette dernière contribuant également aux émissions de N₂O. Pour ce dernier gaz, les principales sources restent toutefois la fertilisation des sols, qu'elle soit minérale ou organique.

En revanche, le secteur agricole au sens du rapportage inventaire émet très peu de dioxyde de carbone (CO₂). Les émissions de CO₂ se limitent essentiellement à certaines pratiques de fertilisation des sols, notamment le chaulage, l'épandage d'urée, et l'utilisation d'engrais contenant du carbone (tels que le nitrate de calcium et d'ammonium – CAN).

En équivalent CO₂, les émissions de CH₄, N₂O et CO₂ du secteur agricole représentaient en 2021 environ **19 % des émissions totales de gaz à effet de serre** avec un total de 69,7 MtCO₂e. La fermentation entérique des animaux (poste 3A) et la fertilisation des sols agricoles (poste 3D) sont les deux postes qui contribuent le plus aux émissions du secteur (Figure 9).

Tableau 3 : Synthèse des émissions du secteur de l'Agriculture selon le format officiel de rapportage auprès de la CCNUCC, table CRT secteur 3. *Surlignés en bleu les secteurs associés aux activités de l'élevage.*

(Source : Inventaire CCNUCC_ed2025. Année 2021, Périmètre France métropole et Outre-mer incluses dans l'UE).

	Total
	ktCO ₂ e
3. Agriculture	69 705
A. Enteric fermentation	38 074
B. Manure management	9 895
C. Rice cultivation	45
D. Agricultural soils	19 714
3.D.1. Direct N ₂ O emissions from managed soils	15 148
3.D.1.a. Inorganic N fertilizers	8 477
3.D.1.b. Organic N fertilizers	1 474
3.D.1.c. Urine and dung deposited by grazing animals	1 513
3.D.1.d. Crop residues	3 641
3.D.1.e. Mineralization/immobilization associated with loss/gain of soil organic matter	NO
3.D.1.f. Cultivation of organic soils (i.e. histosols)	43
3.D.1.g. Other	NO
3.D.2. Indirect N ₂ O Emissions from managed soils	4 566
E. Prescribed burning of savannas	NO
F. Field burning of agricultural residues	18
G. Liming	781
H. Urea application	1 015
I. Other carbon-containing fertilizers	164
J. Other	NO

NO : not occurring

2.2.1 Contribution de l'élevage au secteur de l'agriculture

Les émissions de gaz à effet de serre associées à l'élevage en France proviennent principalement du méthane (CH₄) émis par la fermentation entérique des ruminants et par la gestion des déjections animales. Les effluents d'élevage sont aussi une source importante de CH₄, et dans une moindre mesure de protoxyde d'azote (N₂O).

Lorsque les animaux sont élevés en bâtiments, les émissions varient selon le type d'hébergement qui a un impact sur la fermentation anaérobie (ex : caillebotis, litières accumulées, logettes raclées, etc). Le mode de stockage des déjections jusqu'à leur valorisation est également déterminant : les fosses à lisier favorisent les émissions de CH₄, tandis que les tas de fumier à l'air libre (en plein champ ou sur plateforme) peuvent produire du CH₄ et du N₂O. Aussi, les méthaniseurs permettent quant à eux de réduire une partie des émissions en valorisant les déjections.

Les émissions de N_2O et NH_3 (ammoniac) ont également lieu lors de l'épandage des déjections sur les terres agricoles, qu'il s'agisse de cultures ou de prairies. On distingue les émissions directes de N_2O , issues des processus de nitrification et dénitrification dans le sol, et les émissions indirectes, comme le NH_3 et le NO_x , dues à la volatilisation de l'azote, suivie de sa redéposition ou de son lessivage. A la pâture, les déjections sont déposées directement au sol, cela évite les émissions liées au stockage, mais engendre aussi des émissions de N_2O et NH_3 .

Par conséquent, les émissions associées à l'élevage sont réparties dans quatre postes de l'inventaire : fermentation entérique des ruminants (75%), gestion des déjections animales (19%), épandage des engrais organiques (3%) et pâture des animaux (3%) (Figure 10).

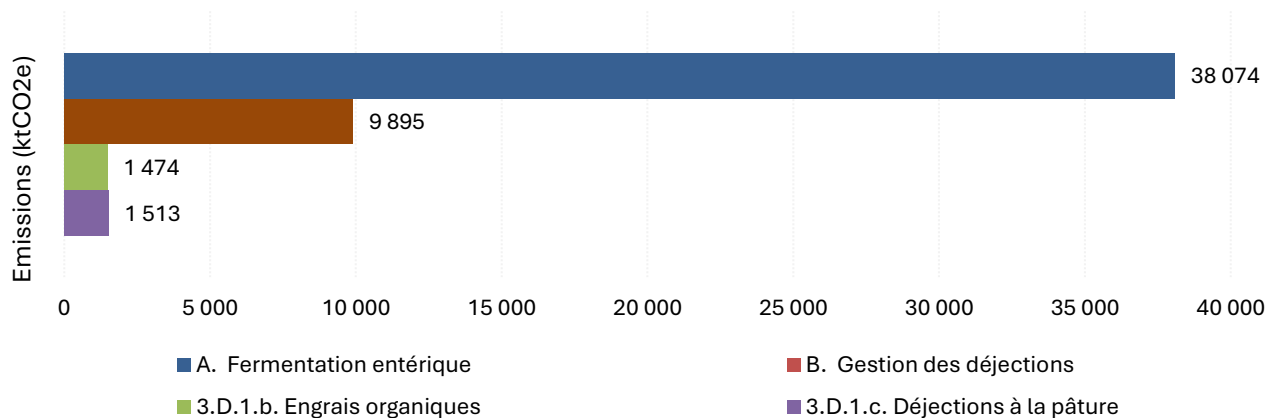


Figure 10 : Secteur Agriculture, postes d'émissions associés à l'élevage. (Source : Inventaire CCNUCC_ed2025. Année 2021, Périmètre France métropole et Outre-mer incluses dans l'UE).

2.2.2 Emissions de GES attribuées à l'élevage de bovins en France

Au-delà des émissions directes de l'élevage d'animaux, des émissions indirectes peuvent être attribuées à l'élevage dans la mesure où une autre partie de l'agriculture française est liée à cette activité. En effet, une partie importante des terres cultivées servent à produire des céréales et des fourrages pour nourrir et entretenir le bétail. Selon une approche en cycle de vie, une partie des émissions générées sur les terres cultivées est donc attribuable aux activités d'élevage en France.

Cet exercice de répartition des émissions du secteur de l'agriculture a été réalisé dans le cadre de l'inventaire Floréal réalisé en 2023 à partir des données de l'inventaire SECTEN. L'agriculture est considérée au sens de secteur économique, ce qui inclut notamment les consommations énergétiques à la ferme. Deux propositions d'allocation sont réalisées dans Floréal, une allocation des émissions par espèce d'animaux d'élevage et une seconde approche selon les types de cultures. Seules les émissions pouvant être associées aux espèces animales ou aux types de cultures selon le cas ont été réparties. Ainsi, le secteur de l'élevage ne récupère que les émissions dont il est indirectement responsable.

Selon cette approche, l'élevage bovin est responsable de 66 % des émissions du secteur agricole⁶ en France, en raison de sa forte contribution à plusieurs postes majeurs d'émissions : il représente 90 % des émissions de méthane liées à la fermentation entérique, 60 % des émissions issues de la gestion des déjections animales, et 27 % des émissions liées à l'épandage d'engrais minéraux sur les cultures destinées à l'alimentation des bovins. Ces trois postes figurent parmi les plus émetteurs du secteur agricole, respectivement responsables de 41%, 10% et 14% des émissions du secteur (voir Figure 11).

⁶ Contribution de l'élevage calculée les émissions totales du secteur Agriculture SECTEN, ne prenant pas en compte les émissions représentées dans les 4 derniers postes à droite du graphique dans la Figure 11 (Production des intrants ; Consommation électrique à la ferme ; Fabrication d'aliments du bétail ; Transformation IAA produits agricoles (hors aliments du bétail)).

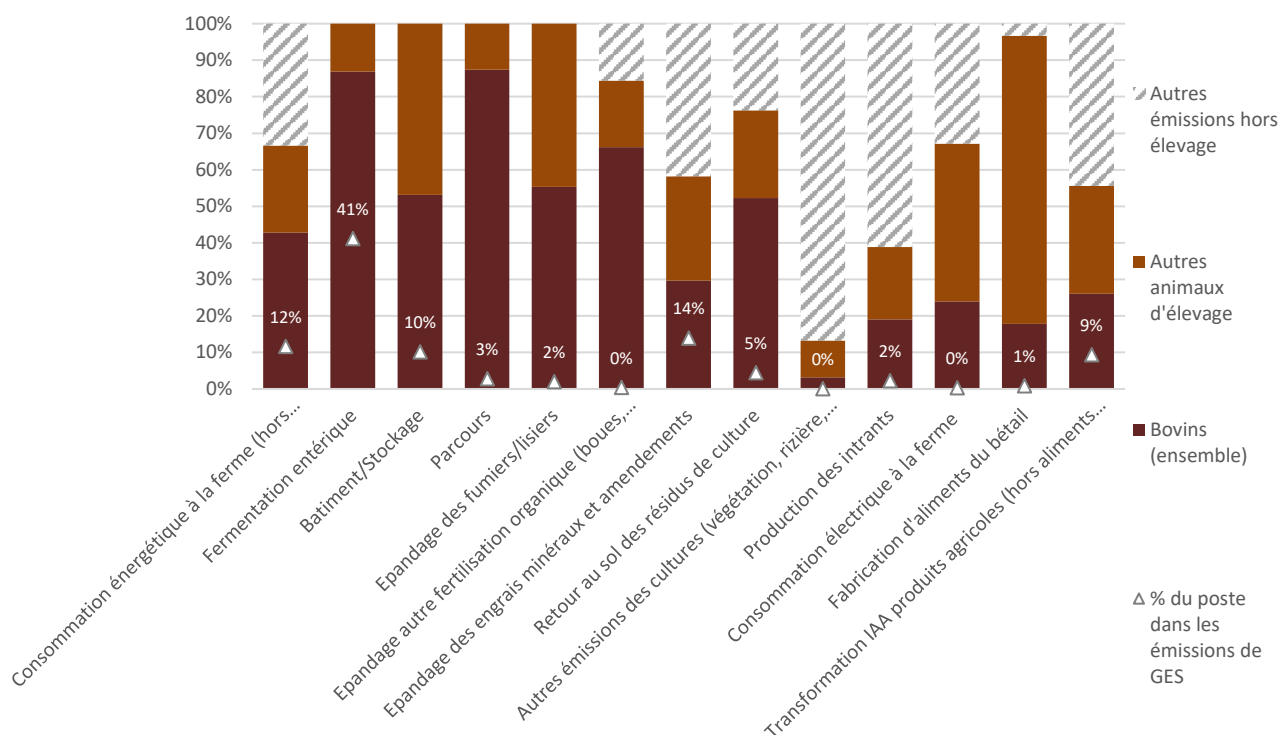


Figure 11 : Contribution de l'élevage de bovin aux émissions du secteur de l'agriculture (Source : Inventaire Floréal édition 2023 – Synthèse Elevage).

2.2.3 Emissions de GES attribuées aux prairies en France

Dans l'inventaire Floréal, les émissions sont réparties par type de culture selon une nomenclature qui distingue les prairies artificielles et temporaires d'une part, et les prairies permanentes d'autre part. Cette approche diffère de la classification utilisée dans la partie dédiée au secteur UTCATF, ainsi que dans le reste du présent rapport.

Selon la même approche que celle appliquée précédemment aux bovins, une part des émissions du secteur de l'agriculture peut être attribuée aux prairies en France. En effet, pour assurer leur fonction principale de production de fourrages destinés à l'alimentation du bétail, un ensemble de travaux agricoles sont réalisés sur les prairies (fertilisation, fauche, etc). L'ensemble de ces pratiques génère des émissions de gaz à effet de serre (GES) et contribue donc au bilan GES des prairies.

Selon cet inventaire, les prairies permanentes sont responsables de 11,5 % des émissions du secteur agricole, soit un total de 5,8 MtCO₂e (hors flux de carbone estimés dans le secteur UTCATF). Ce total se répartit principalement entre les émissions liées aux déjections animales déposées au pâturage (33 %) et les émissions liées à l'utilisation d'engrais minéraux (21 %) (Figure 12).

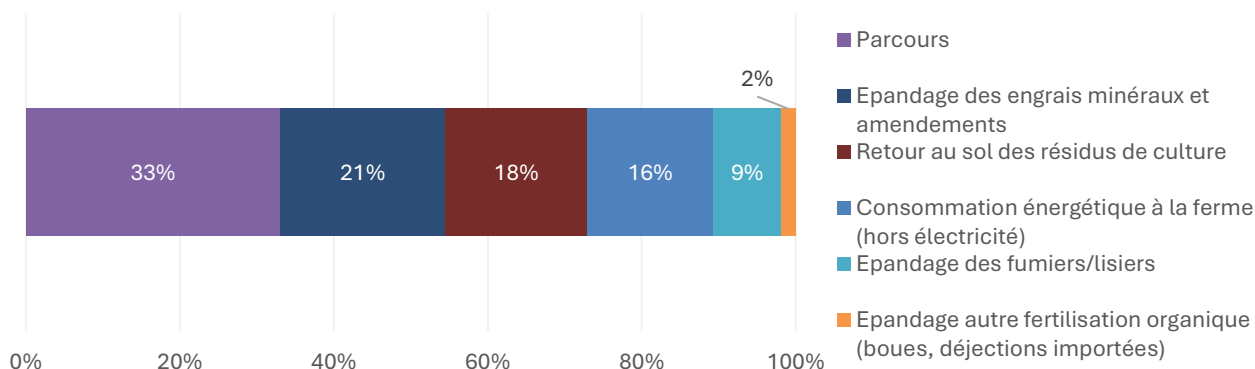


Figure 12 : Composantes des émissions des GES associées aux prairies permanentes dans Floréal. (Source : Inventaire Floréal | Édition 2023 – Synthèse cultures. Pourcentage de CO₂ équivalent par rapport à la catégorie).

Parmi les différents postes d'émissions du secteur de l'agriculture figurant également dans l'inventaire Floréal, les émissions associées aux épandages des engrais organiques (fumiers, lisiers et autres fertilisants d'origine organique) sont des postes fortement attribués aux prairies permanentes. Cela s'explique notamment par la part importante que représentent les prairies dans la surface agricole utile, mais aussi par des pratiques de fertilisation organique plus fréquentes sur prairies que sur les cultures de céréales, de protéagineux ou sur d'autres cultures pérennes (Figure 13).

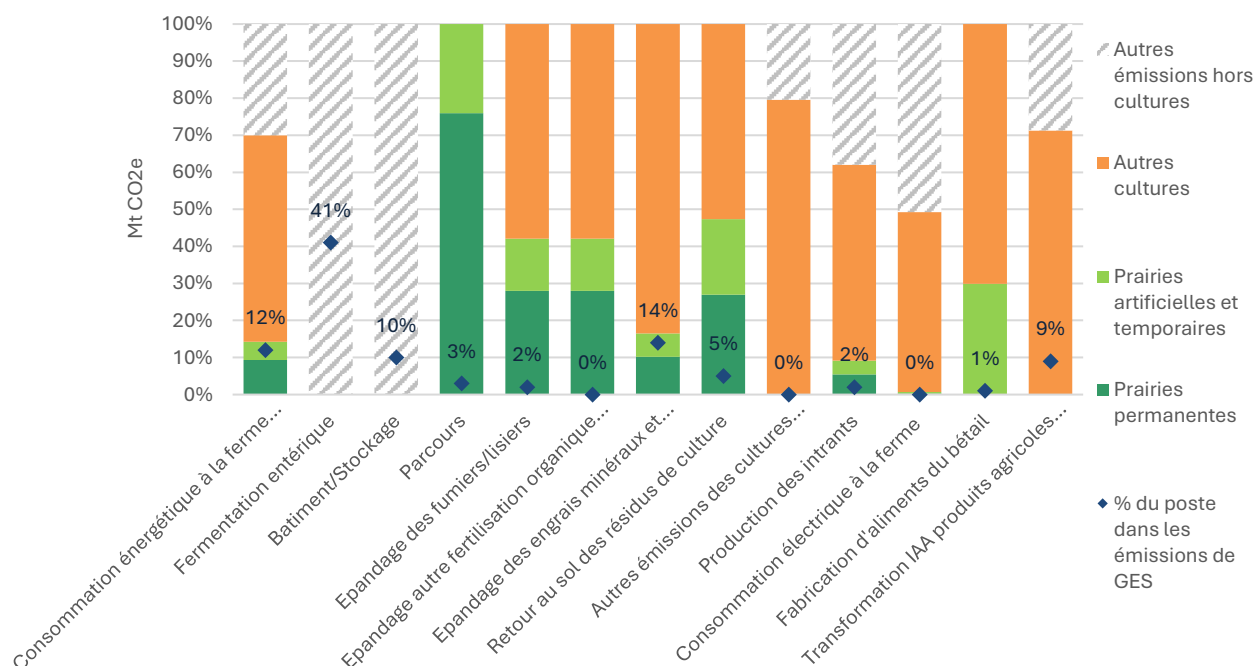


Figure 13 : Contribution des prairies temporaires et permanentes aux émissions du secteur de l'agriculture (Source : Inventaire Floréal édition 2023 – Synthèse cultures).

L'inventaire Floréal met en évidence la diversité des postes d'émissions du secteur agricole pouvant être attribués, de manière plus ou moins significative, aux prairies en France. Cette diversité souligne la complexité à définir un périmètre à la fois exhaustif et cohérent, en fonction des approches méthodologiques et des différentes sources de GES à prendre en compte dans l'établissement d'un bilan GES spécifique aux prairies. La Figure 14 présente une synthèse de ces différentes sources, présentées selon la nature des gaz émis ou, le cas échéant, séquestrés.

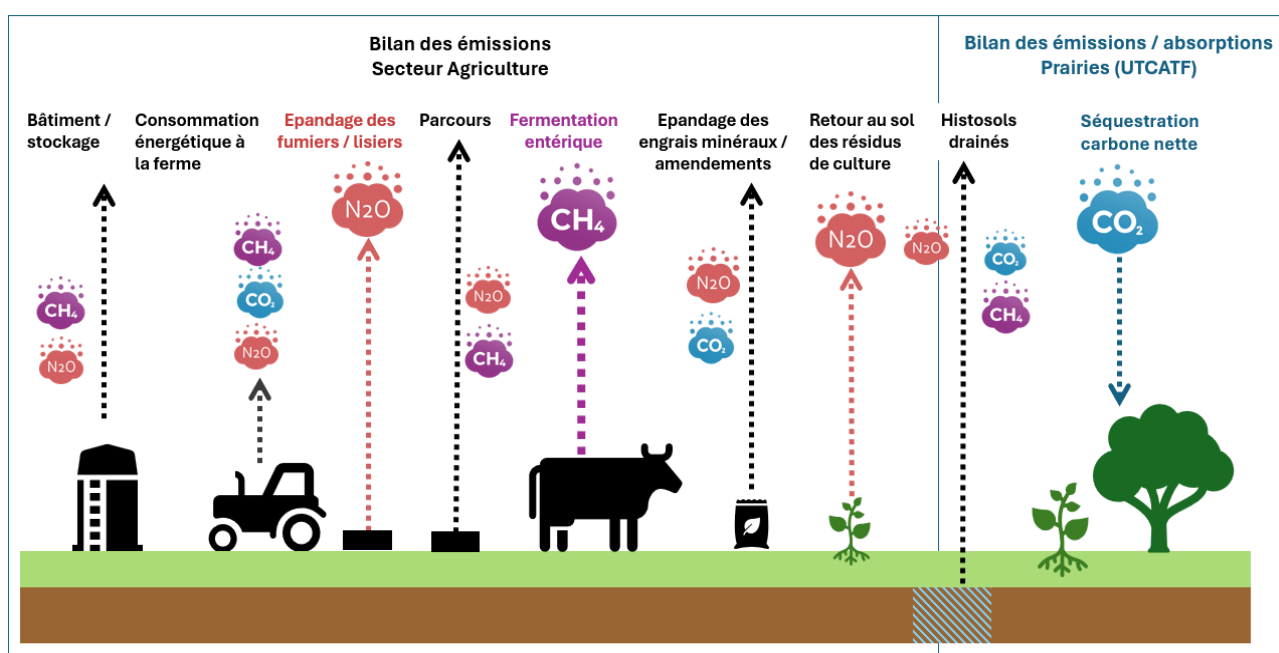


Figure 14 : Synthèse des sources d'émissions et d'absorptions de GES associées aux prairies dans l'inventaire Floréal

2.3 Bilan entre les émissions de l'élevage et le puits de carbone en prairie

2.3.1 Quel bilan en France ?

Les émissions associées à l'élevage, au sens large, représentaient environ **51 MtCO₂e** en France (périmètre métropole et Outre-Mer) pour l'année **2021**. Ce total inclut les émissions liées à la fermentation entérique, à la gestion des déjections animales, à l'épandage d'engrais organiques et aux déjections déposées au pâturage (voir section 2.2.1). Dans le secteur UTCATF, les prairies constituent un puits de carbone estimé à **-4 MtCO₂e** sur la période 2013-2017 au même périmètre. **Si l'on met en regard ces émissions et absorptions de CO₂e, les prairies permettent ainsi de « compenser » environ 8 % des émissions de l'élevage.**

Sur un périmètre comparable, mais avec des méthodes d'estimation des flux de GES différentes (notamment pour le secteur UTCATF), l'approche CAP'2ER présentée par Dollé et al. (2013) mettait en avant un taux de compensation des émissions de l'élevage par les prairies de **28 %**. La méthode appliquée dans CAP'2ER se caractérise, entre autres, par l'application d'un stockage de carbone systématique sur les prairies restant prairies, à hauteur de 570 kg de C/ha/an. Cette approche diffère significativement des méthodes issues des lignes directrices du GIEC, telles qu'appliquées par le Citepa, qui tiennent compte de l'ancienneté des prairies et aboutissent à des conclusions différentes quant aux effets des pratiques agricoles sur le stockage de carbone dans les sols minéraux en France. Les méthodes en question sont présentées dans la section 3.3.2 du présent rapport.

2.3.2 Comparaison avec les pays de l'Union Européenne

Une comparaison des flux de gaz à effet de serre associés à l'élevage et aux prairies a été menée pour l'ensemble des pays de l'Union européenne, selon la même approche que celle développée pour la France dans la section 2.2.1 du présent document. Pour rappel, cette analyse mettait en évidence une compensation des émissions de l'élevage par les prairies à hauteur de 8 % sur la période 2013 -2017. Afin de faciliter la collecte et la comparaison des données entre pays, l'analyse suivante repose sur une seule année de référence, 2021.

L'analyse révèle que, parmi les 27 États membres de l'Union européenne, **10 pays rapportent des émissions nettes positives** (c'est-à-dire une source de GES) sur les prairies dans le secteur UTCATF (voir Figure 15). Cette situation s'explique, dans certains cas, par des émissions importantes liées au drainage des sols organiques en prairies, comme en Allemagne, Irlande, Lituanie ou Autriche. Pour les 17 autres pays, les puits de carbone en prairies permettent de compenser **14 %** (valeur médiane) des émissions liées à l'élevage (second graphique de la Figure 15). Cette proportion est globalement cohérente avec celle observée pour la France (8 %), si l'on exclut les cas particuliers où le drainage génère des émissions importantes.

Une analyse plus approfondie croisant les surfaces de prairies avec les flux de GES rapportés par pays permettrait d'explorer plus finement les écarts ou similitudes méthodologiques dans l'estimation des flux de carbone en prairies. Elle pourrait notamment contribuer à identifier des pistes d'amélioration ou de questionnement sur le potentiel réel de séquestration de carbone dans les sols minéraux des prairies en Europe — un levier d'atténuation central pour les politiques climatiques agricoles.

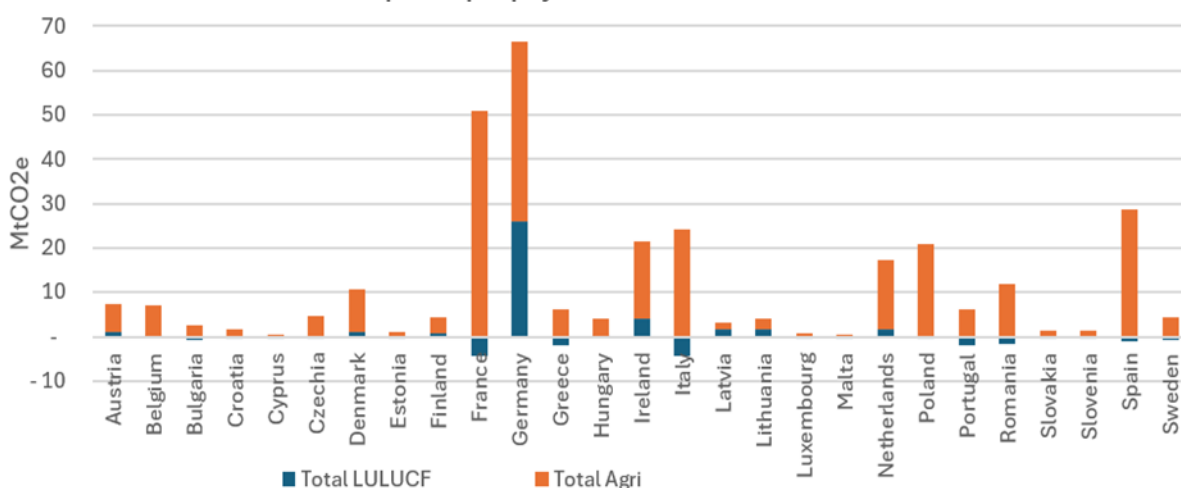
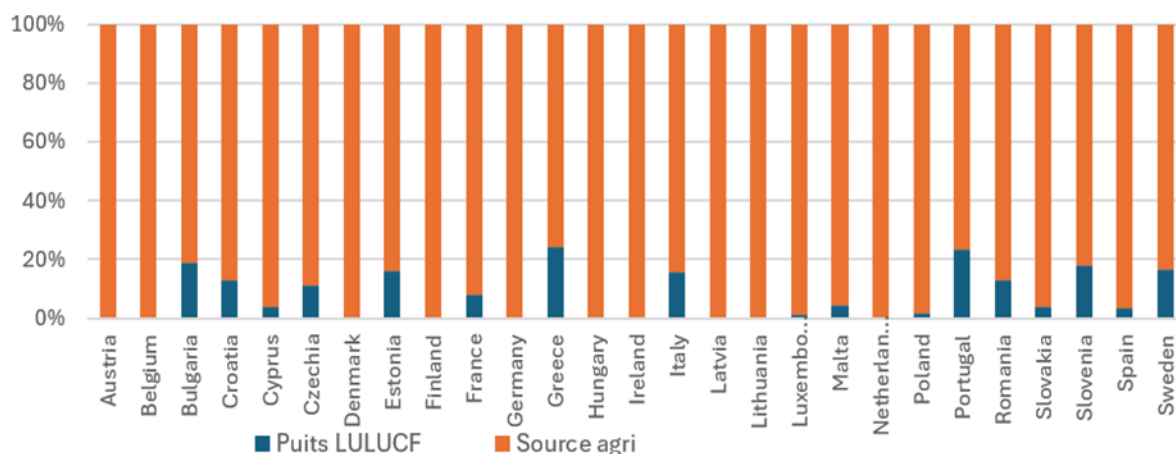
a. Bilan des émissions et absorptions par pays de l'UE.**b. Stockage de carbone en prairie rapporté aux émissions de l'élevage par pays de l'UE**

Figure 15 : Comparaison des émissions et absorptions liées au secteur agricole et aux prairies (MtCO₂e) dans les 27 pays de l'Union européenne.

Le graphique a présente, en volume, le bilan des émissions de l'élevage et des flux de carbone des prairies pour chaque pays de l'UE (selon le périmètre défini ci-dessous). Le graphique b montre, pour chaque pays, la part des émissions de l'élevage « compensées » par le stockage de carbone dans les prairies.

Périmètre UTCATF (LULUCF) : Total prairies (4C1 et 4C2) + Drainage and remise en eau 4(II) en 2021.
Périmètre Agriculture : Fermentation entérique (3A) + Gestion des déjections animales (3B) + Pâturage et fertilisation organique (3.D.1b et 3.D.1.c).

Source : Inventaires CCNUCC des pays de l'UE, édition 2025 ([EEA GHG data viewer](#)).

3. Séquestration de carbone dans les sols minéraux en Prairie, vers un meilleur reflet de ce levier d'atténuation

Cette troisième partie s'intéresse à la séquestration de carbone dans les sols des prairies et à la manière dont elle est prise en compte dans l'inventaire national. Si les prairies représentent un levier majeur d'atténuation du bilan de l'élevage, leur contribution reste difficile à quantifier : l'approche appliquée dans le secteur UTCATF demeure marquée par de fortes incertitudes, en particulier pour l'estimation des effets des pratiques agricoles les stocks de carbone des sols. Cette section vise donc à interroger la méthode actuellement utilisée dans l'inventaire et à explorer les améliorations possibles. Elle s'organise en quatre volets : le rôle de la séquestration de carbone dans les prairies au regard des autres leviers d'atténuation ; l'approche retenue dans l'inventaire UTCATF et ses limites ; un examen d'autres méthodes permettant d'estimer l'évolution des stocks de carbone selon les pratiques agricoles ; et enfin, la question de la disponibilité des données, condition incontournable pour améliorer les méthodes et affiner la résolution spatiale du suivi des pratiques.

3.1 Le stockage de carbone dans les sols en prairies, un levier d'atténuation parmi d'autres

Il a été montré, selon les résultats de l'inventaire national des gaz à effet de serre, que les émissions liées aux activités d'élevage en France sont environ dix fois supérieures au stockage de carbone estimé dans les prairies. Pour améliorer ce bilan, plusieurs leviers d'atténuation ont été identifiés dans la littérature (Pellerin et al., 2013 ; Pellerin et al., 2020). Certains visent à réduire directement les émissions de l'élevage, notamment par l'amélioration de l'alimentation animale, la gestion des déjections en bâtiment ou encore le progrès génétique. D'autres ciblent la réduction des pertes de carbone ou le renforcement du stockage dans les prairies en place, via le maintien ou la restauration des prairies permanentes, le développement de la biomasse aérienne (haies, agroforesterie), ou l'adoption de pratiques favorables au carbone des sols (pâturage, fauche, fertilisation organique).

Tableau 4 : Synthèse des leviers d'atténuation identifiés et de leur niveau d'intégration dans l'inventaire national.

Levier d'atténuation	Prise en compte dans l'inventaire édition 2025 ?
Leviers d'atténuation secteur agriculture	
Alimentation animale (additifs, lipides)	Non reflété dans l'inventaire / améliorations en cours
Gestion des déjections : méthanisation	Directement reflété dans l'inventaire
Gestion des déjections : couverture des fosses à lisier	Non reflété dans l'inventaire / améliorations en cours
Génétique (optimisation de la productivité)	Indirectement reflété dans l'inventaire
Leviers d'atténuation secteur UTCATF	
Maintien et restauration des prairies permanentes	Directement reflété dans l'inventaire
Biomasse aérienne : Haies	Directement reflété dans l'inventaire
Biomasse aérienne : Agroforesterie	Non reflété dans l'inventaire / améliorations en cours
Carbone du sol : impact du mode de gestion pâturage/fauche	Non reflété dans l'inventaire / améliorations en cours
Carbone du sol : impact de la fertilisation	Directement reflété dans l'inventaire

À ce jour, seul le levier lié à la méthanisation est explicitement intégré dans l'inventaire du secteur agriculture. Dans le secteur UTCATF, les effets du maintien ou de la restauration des prairies sont déjà pris en compte à travers le suivi des changements d'usage des terres, tout comme le suivi des haies, bien qu'en déclin depuis 1990. Des travaux sont en cours pour améliorer leur suivi. En revanche, l'agroforesterie n'est pas encore intégrée de manière spécifique, en raison de la diversité des systèmes existants et la difficulté à la caractériser par rapport à d'autres usages des terres existants.

Le carbone des sols constitue par ailleurs un enjeu central, compte tenu de l'importance des surfaces de prairies en France (environ 9 millions d'hectares). Le suivi des pratiques agricoles et leur impact sur les stocks de carbone en prairie reste complexe. Dès 2013, Besson et al. (2013) soulignaient les difficultés liées à la disponibilité des données et au choix des méthodes pour estimer ces flux. Aujourd'hui, la fertilisation minérale et la fertilisation organique sont les seules pratiques suivies dans l'inventaire depuis 1990 pour estimer les variations de stocks de carbone des sols en prairie. La question de l'intégration de nouvelles pratiques, telles que le chargement animal, la fauche ou le pâturage, se pose afin d'améliorer la capacité de l'inventaire à refléter l'évolution des leviers d'atténuation mobilisés sur les prairies.

3.2 Approche carbone du sol actuellement appliquée dans l'inventaire UTCATF

3.2.1 Principes de la méthode Giec

Pour refléter les variations de stocks de carbone du sol liées aux pratiques agricoles, trois niveaux de méthodes (tier) sont possibles.

Méthode de niveau 1 du GIEC

La méthode de niveau 1, aussi dite de "tier 1" proposée dans les lignes directrices du GIEC est la méthode par défaut utilisée dans les inventaires nationaux d'émissions de GES. Elle utilise des données agrégées et des données de paramétrage fournis par défaut par le Giec. L'équation suivante (GIEC, 2006) est l'équation de base utilisée pour tous les calculs de variation de stocks de carbone dans les sols minéraux.

Eq. (1)

$$\Delta C_{\text{minéraux}} = \frac{COS_0 - COS_{(0-20)}}{20}$$

Où :

$\Delta C_{\text{minéraux}}$ = Variations annuelles des stocks de carbone des sols minéraux, tC an⁻¹

COS_0 = Stock de carbone organique des sols (final), tC

$COS_{(0-20)}$ = Stock de carbone organique des sols (initial), tC

Eq. (2)

$$\text{Avec : } COS = COS_{REF} \times F_{UT} \times F_{gestion} \times F_{apports} \times S$$

Où :

COS_{REF} = Stock de carbone de référence, tC ha⁻¹

F_{UT} = Facteur de variation des stocks liée à l'utilisation des terres, non dimensionnel

$F_{gestion}$ = Facteur de variation des stocks pour les régimes de gestion, non dimensionnel

$F_{apports}$ = Facteur de variation des stocks pour les apports de fertilisants, non dimensionnel

S = Superficie de catégorie, ha

Classification des surfaces de prairies et application des facteurs d'ajustement

Dans la méthode du GIEC, les surfaces de prairies sont d'abord classées en différentes catégories de gestion en fonction des pratiques agricoles observées : intensité du pâturage, fréquence de fauche, présence de légumineuses, apports organiques ou minéraux, etc. Cette classification permet d'identifier si une prairie est « dégradée », « moyennement dégradée » ou « améliorée », chaque classe étant associée à un facteur d'ajustement spécifique comme présenté Figure 16.

Ces facteurs d'ajustement ($F_{gestion}$ et $F_{apports}$) reflètent l'effet des pratiques de gestion sur l'évolution des stocks de carbone par rapport à une situation de référence. Par exemple, les prairies améliorées, combinant plusieurs pratiques favorables, se voient appliquer un facteur d'ajustement supérieur à 1, traduisant un enrichissement du stock de carbone. À l'inverse, les prairies dégradées se voient appliquer un facteur inférieur à 1, traduisant une perte de carbone.

L'évolution des pratiques agricoles peut ainsi modifier la classification des surfaces dans le temps et entraîner une augmentation ou une diminution des stocks de carbone dans les sols. Ces dynamiques sont comptabilisées dans l'inventaire sous forme de stockage ou de déstockage de carbone, l'atteinte du nouveau stock est calibrée sur une période de transition de 20 ans.

TABLEAU 6.2 FACTEURS DE VARIATION DES STOCKS RELATIFS POUR LA GESTION DES PRAIRIES					
Facteur	Niveau	Régime climatique	Valeur par défaut	Erreur ^{1,2}	Définition
Affectation des terres (F _{Aff})	Tous	Tous	1,0	SO	Un facteur d'affectation des terres de 1 est attribué à toutes les prairies permanentes
Gestion (F _{Gestion})	Géré nominalelement (non dégradé)	Tous	1,0	SO	Représente des prairies non dégradées et gérées durablement, mais sans améliorations de gestion significatives.
Gestion (F _{Gestion})	Prairies moyennement dégradées	Tempéré/boréal	0,95	± 13 %	Représente des prairies à surpâturage ou moyennement dégradées, avec une certaine perte de productivité (par rapport à des prairies naturelles ou à gestion nominale) et ne recevant pas d'apports de gestion.
		Tropical	0,97	± 11 %	
		Tropical montagnard ₃	0,96	± 40 %	
Gestion (F _{Gestion})	Fortement dégradées	Tous	0,7	± 40 %	Indique une perte de productivité importante et de couverture végétale à long terme, en raison des dégradations mécaniques importantes de la végétation et/ou une forte érosion des sols.
Gestion (F _{Gestion})	Prairies améliorées	Tempéré/boréal	1,14	± 11 %	Représente des prairies gérées durablement, subissant une pression moyenne par les pâturages et recevant au moins un type d'amélioration (fertilisation, amélioration des espèces, irrigation, etc.).
		Tropical	1,17	± 9 %	
		Tropical montagnard ₃	1,16	± 40 %	
Entrées (appliqué seulement sur des prairies améliorées) (F _E)	Nominal	Tous	1,0	SO	S'applique à des prairies améliorées sans apports supplémentaires de gestion.
Entrées (appliqué seulement sur des prairies améliorées) (F _E)	Élevé	Tous	1,11	± 7 %	S'applique à des prairies améliorées où un ou plusieurs apports supplémentaires de gestion/améliorations ont été utilisés (en plus de ce qui est requis pour la classification dans les prairies améliorées).

Figure 16 : Facteurs d'ajustement des stocks de carbone organique des sols minéraux selon les différentes classes de modes de gestion et d'apports en prairies (GIEC, 2006). À noter que le Raffinement 2019 des lignes directrices du GIEC remplace les facteurs d'ajustement du COSref pour la classe « prairies moyennement dégradées » par une valeur unique de 0,9, quel que soit le régime climatique.

Pour certaines catégories de terres, les pays peuvent choisir d'appliquer une hypothèse d'équilibre du compartiment sol s'ils n'ont pas les moyens de proposer un suivi rigoureux des flux. Par conséquent, le flux net de carbone est considéré neutre, les émissions et absorptions brutes se compensant ou étant chacune égale à zéro. Pour faire cette hypothèse de neutralité permise par l'approche de niveau 1, les pays doivent néanmoins proposer des arguments pour prouver que le compartiment ne semble pas être une source significative d'émissions.

Méthode de niveau 2 du GIEC

La méthode de niveau 2 (tier 2) reprend les bases méthodologiques des équations définies pour le niveau 1, mais applique des stocks de référence, ou des facteurs d'ajustement des stocks de carbone (F_{gestion} et F_{apports}) spécifiques au pays, variant éventuellement dans le temps ou selon les régions.

Pour les méthodes de niveau 1 et 2, les stocks de carbone organiques des sols minéraux sont calculés à une profondeur par défaut de 30 cm (soit l'horizon 0-30cm, excluant la litière) (en niveau 2, on peut choisir une profondeur plus importante si les données sont disponibles).

Méthode de niveau 3 du GIEC

Les méthodes de niveau 3 du GIEC reposent sur l'application de modèles qui estiment les variations de stocks de carbone du sol. Ces modèles sont habituellement fondés sur une représentation compartimentée de la matière organique du sol, avec des dynamiques de transfert entre compartiments, en fonction des pratiques agricoles, des conditions climatiques et des propriétés des sols.

3.2.2 Traduction de la méthode Giec dans l'inventaire Citepa

Actuellement, dans l'inventaire national, la classification des surfaces de prairies selon les catégories du GIEC repose sur deux types de pratiques agricoles : la **fertilisation minérale** (exprimée en kg d'azote par hectare et par an) et la **fertilisation organique** (présence ou absence d'apports). Le suivi de ces pratiques est assuré à partir des données des enquêtes sur les pratiques culturales publiées par le Service de la statistique publique (SSP), qui présentent l'avantage de couvrir plusieurs années de référence (1982, 1998, 2006, 2011 et 2017), permettant ainsi d'analyser l'évolution des pratiques dans le temps.

Pour traduire l'effet des pratiques agricoles sur les stocks de COS en prairies, le Citepa applique un arbre de décision (présenté dans le Tableau 5) qui permet, selon l'intensité des pratiques, de classer les surfaces de prairies dans les différentes catégories définies par le GIEC. Toutefois, dans la mesure où seules deux pratiques sont prises en compte, les classes extrêmes de gestion (prairies sévèrement dégradées d'une part, prairies fortement améliorées combinant plusieurs pratiques favorables d'autre part) ont été écartées de cet arbre de décision.

Tableau 5 : Arbre de décision appliqué par le Citepa pour classer les surfaces de prairies selon les modalités de gestion du Giec

Fertilisation minérale	Fertilisation organique	Mode de gestion				
		Sévèrement dégradée	Légèrement dégradée Surpâturée	Nominal Non dégradée	Améliorée Apports moyens	Améliorée combinant plusieurs pratiques favorables Apports élevés
Pas d'apport	Oui				X	
	Non		X			
1-100Kg N/ha/an	Non			X		
>100Kg N/ha/an	Non				X	

A partir de cet arbre de décision, les surfaces de prairies sont classées selon les modalités de gestion pour chaque année depuis 1990. Les facteurs Giec d'ajustement des stocks de COS sont ensuite pondérés par le poids de chaque modalité de gestion ce qui permet d'obtenir un facteur d'ajustement des stocks de COS pour l'ensemble des prairies à l'échelle nationale qui varie chaque année selon l'évolution des pratiques agricoles (Figure 17 et

Figure 18). Pour illustrer une dynamique dans l'évolution des pratiques agricoles entre les différentes éditions des enquêtes PK (1982, 1998, 2006, 2011 et 2017) le poids des surfaces par modalité de gestion est lissé de façon linéaire sur les années entre les éditions.

Les stocks de référence du COS des prairies se retrouvent impactés à la hausse ou à la baisse selon les années, impliquant un stockage ou un déstockage de carbone. Le profil ci-dessous (Figure 18) indique par exemple que le facteur d'ajustement diminue entre les enquêtes 2006 et 2011 en lien avec l'évolution des pratiques en prairies (fertilisation minérale et organique). Cette évolution donnera une évolution à la baisse du stock de COS en prairies, et donc une émission de carbone.

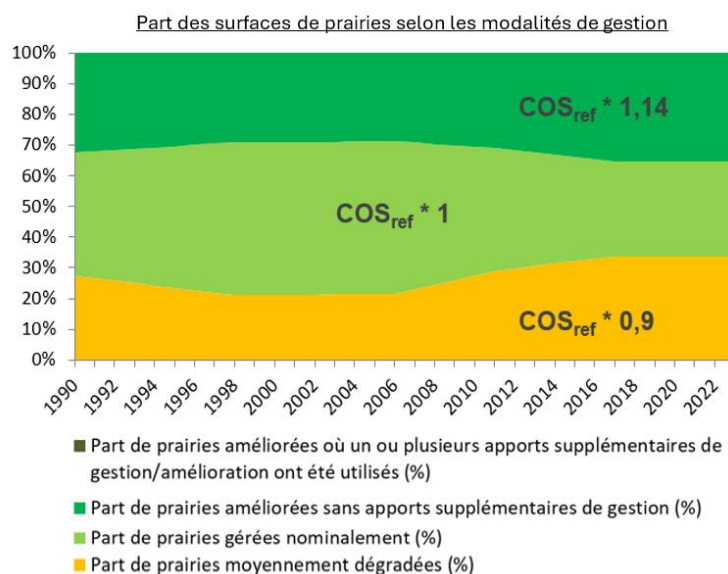


Figure 17 : Part des surfaces de prairies classées selon les modalités de gestion (les facteurs d'ajustement Giec 2019- associés aux catégories d'apports sont affichés).

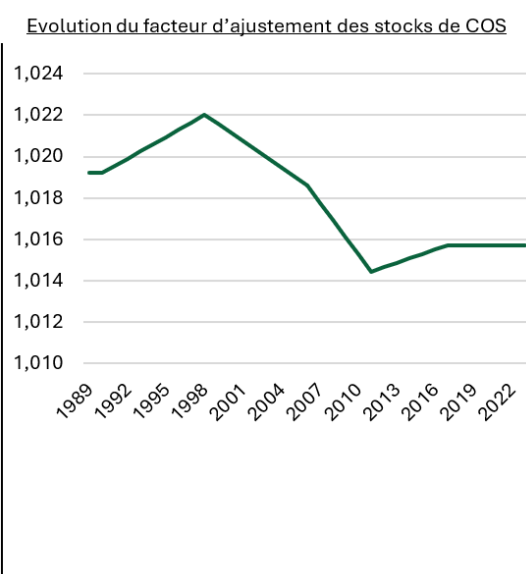


Figure 18 : Evolution du facteur d'ajustement des stocks de référence de COS pour les prairies (sans unité).

Application des facteurs d'ajustements des stocks de COS aux surfaces en prairies

Le facteur d'ajustement du stock de référence pour le COS est ensuite appliqué sur la base des stocks de carbone des sols issus du RMQS, lesquels varient selon les zones pédoclimatiques de la métropole (Figure 19). En outre, ce dernier élément justifie de considérer la méthode actuellement appliquée par le Citepa dans l'inventaire national comme un Tier 2, en effet permis par la présence de données spécifique au pays sur au moins un des paramètres de l'équation à savoir le stock de carbone de référence.

Si le facteur d'ajustement reste identique sur l'ensemble du territoire, l'effet des pratiques agricoles se traduit néanmoins de façon différenciée selon le niveau de stock initial des sols. En moyenne, le stock de carbone de référence considéré dans l'horizon 0-30 cm sous prairies est estimé à environ 74 tC/ha, avec de fortes variations entre zones pédoclimatiques (moyenne pondérée par la représentativité des zones). Les stocks les plus élevés se trouvent dans les régions de montagne (Alpes, Pyrénées, Massif central, Jura, Vosges), en raison notamment des conditions climatiques peu favorables à la minéralisation (températures basses, forte pluviométrie et épisodes d'anoxie) (Pellerin et al., 2020).

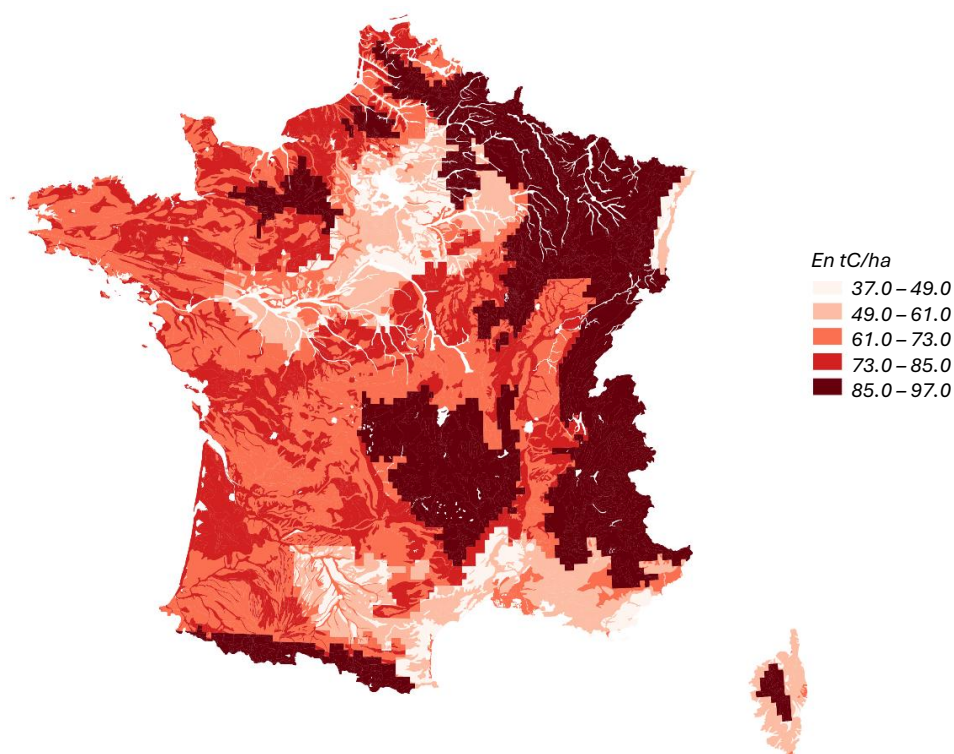


Figure 19 : Carte des stocks médians de carbone organique du sol sous Prairies par zones pédoclimatiques.

La méthode de calcul des variations de stocks de carbone en lien avec les pratiques agricoles présentée ci-dessus est intégrée dans le modèle de calcul à haute résolution des variations de carbone développé par le Citepa pour la réalisation de l'inventaire UTCATF. Le calcul est réalisé à l'échelle d'une maille de 0,25 ha sur les surfaces classées en prairies permanentes et sur toute la France métropolitaine. Le facteur d'ajustement des stocks de COS en prairie étant identique pour l'ensemble du territoire, la variabilité géographique des flux de carbone observés dans les sols des prairies permanentes en France est principalement liée au stock de carbone en place (Figure 19) et à l'intensité des surfaces de prairies par unité géographique (Figure 20).

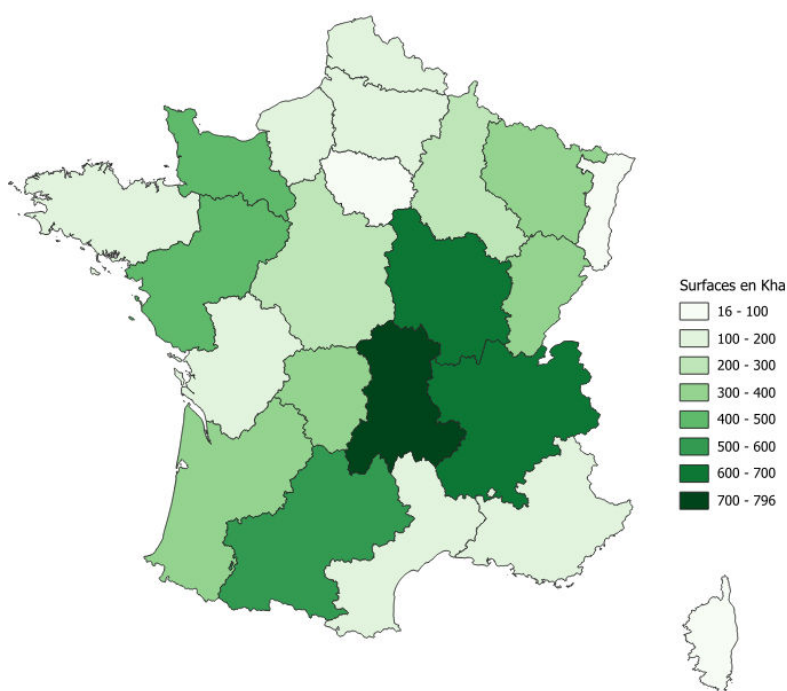


Figure 20 : Surfaces de prairies permanentes par anciennes régions administratives pour l'année 2021.
(Source : inventaire UTCATF édition 2025).

3.2.3 Résultats : flux de carbone dans les sols minéraux des prairies en France métropolitaine

À l'échelle nationale, les flux de carbone estimés dans les sols des prairies permanentes reflètent l'évolution des pratiques agricoles entre 1990 et 2023. Selon la méthode précédemment décrite, ces pratiques ont en France un effet positif sur les stocks de carbone du sol : le facteur d'ajustement du stock de COS est en effet systématiquement supérieur à 1, indiquant un stock cible supérieur à la valeur de référence. Toutefois, le déploiement de ces pratiques évolue dans le temps et se traduit dans l'inventaire par une fluctuation de cet effet positif sur les stocks de COS. Exprimée en flux de carbone (c'est-à-dire la dérivée de l'évolution des stocks) cette dynamique correspond soit à un stockage net de carbone dans les sols, soit à un déstockage par exemple sur la période 2000-2010 où la diminution des stocks de référence se traduit par une émission nette (Figure 21).

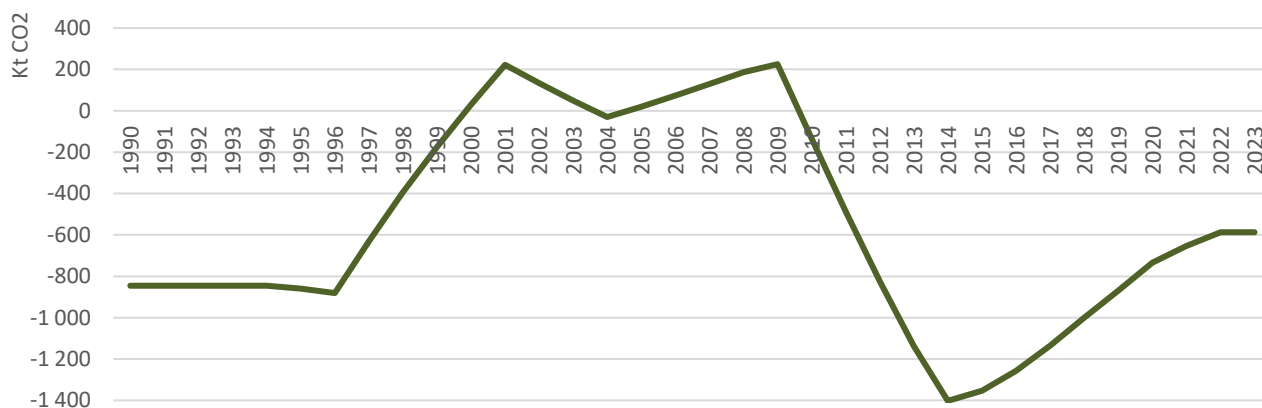


Figure 21 : Bilan Net des flux de carbone (en ktCO₂/an) dans les sols minéraux des prairies en France entre 1990 et 2023. (Source : catégorie « Grassland Remaining Grassland » ; Background édition 2025).

3.2.1 Limites de la méthode inventaire

La méthode décrite présente certaines limites, parmi lesquelles :

- Les résultats sont très sensibles à la construction de l'arbre de décision traduisant les pratiques en classes de gestion. Les modalités de gestion définies par le Giec sont assez floues, et il faut alors nécessairement définir des seuils pour discrétiser un continuum de pratiques. La validation de l'arbre de décision est ensuite délicate, car peu de travaux sont disponibles avec cette approche pour traiter d'une pratique indépendamment des autres.
- Il est difficile de dégager des signaux clairs d'évolution des pratiques de gestion selon les enquêtes pratiques culturales (source actuellement utilisée). Les éléments déclarés par les enquêtes varient parfois légèrement en termes de nomenclature entre éditions, et sont souvent des éléments qualitatifs et non quantitatifs, ce qui laisse une incertitude sur les tendances dégagées. Par exemple, pour le suivi de la fertilisation organique en prairie, l'exercice requiert une source de donnée spécifique aux prairies, et non aux zones agricoles dans leur ensemble. C'est pourquoi les enquêtes pratiques culturales sont utilisées, mais seul un signal de présence ou absence de fertilisation est mobilisé, sans précision sur les quantités épandues. La dynamique obtenue ne donne pas un signal clair et cohérent avec le recul des quantités épandues toutes destinations confondues, souligné par le secteur Agriculture.
- Les facteurs d'ajustement actuellement utilisés sont les facteurs du Raffinement 2019 du Giec, et non des facteurs spécifiques à la France. Des facteurs pourraient être tirés de Pellerin et al. 2019, même si la traduction de l'étude en facteurs compatibles avec la méthode Giec ne semble pas évidente, notamment pour la correspondance entre la nomenclature des pratiques actuellement prise en compte (issue des enquêtes PK) et celle associée aux facteurs d'ajustement disponibles dans Pellerin et al. 2019 (plutôt associée à des leviers d'atténuation).
- Enfin, toutes les pratiques stockantes ne sont pas prises en compte et reflétées dans le calcul.

Enfin, le résultat national actuel masque une contribution hétérogène des différentes régions au total. Les régions disposant des plus grandes surfaces de prairies permanentes contribuent logiquement davantage que les autres (Figure 22). En revanche, cette variabilité ne résulte pas de différences de pratiques agricoles entre régions, puisque, comme souligné précédemment, celles-ci sont suivies à l'échelle nationale. Un travail visant à intégrer d'autres données d'activité disponibles à des échelles géographiques plus fines pourrait toutefois permettre un suivi différencié des pratiques agricoles à l'échelle régionale, départementale, ou encore selon les petites régions agricoles (PRA). Par ailleurs, des analyses complémentaires, mobilisant d'autres approches, ont été menées afin d'identifier des pistes d'amélioration pour l'inventaire national. Les sections suivantes de ce document présentent les résultats de ces analyses prospectives.

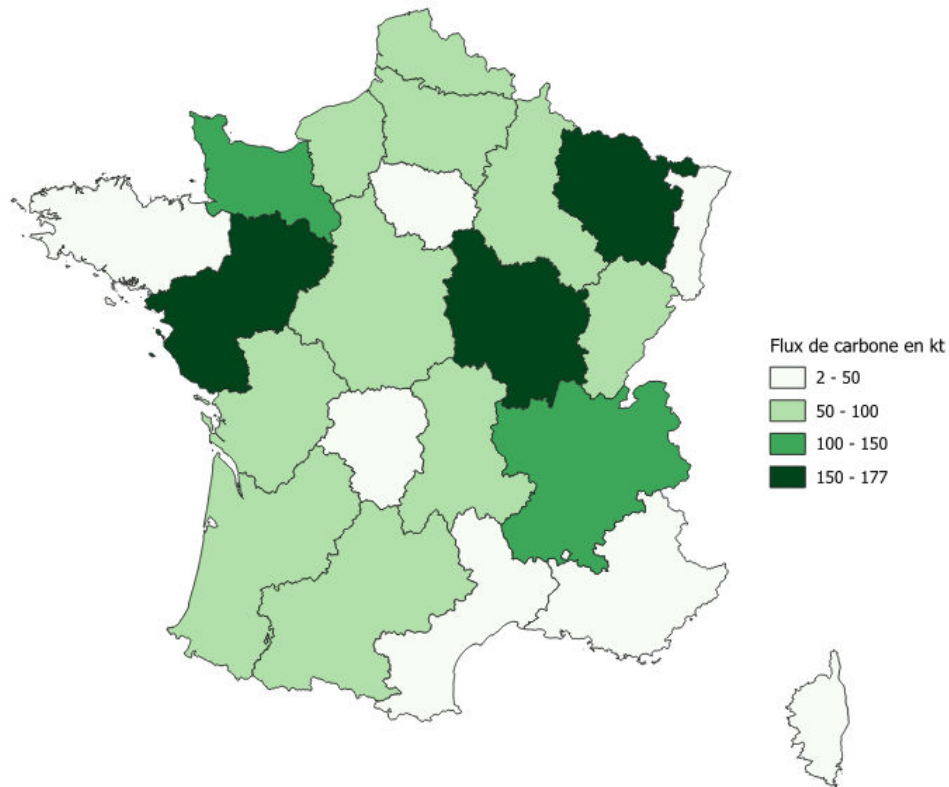


Figure 22 : Flux de carbone dans les sols en prairies permanentes pour l'année 2021.
(Un flux de carbone positif traduit une séquestration de carbone, une augmentation du stock).

3.3 Autres approches identifiées

Afin de répondre aux limites de l'approche inventaire, cette section rappelle les travaux structurants relatifs au sujet du carbone du sols en prairie, en interrogeant leurs divergences ou leur possible mobilisation pour les améliorations méthodologiques.

3.3.1 Pratiques stockantes issues de l'étude 4 pour 1000

L'étude « 4 pour 1000 », conduite par l'INRAE et coordonnée par Pellerin et al. (2020), vise à évaluer le potentiel de stockage de carbone dans les sols agricoles français à travers un ensemble de pratiques agricoles dites « stockantes ». Commandée par le ministère de l'Agriculture, cette étude s'inscrit dans l'initiative internationale « 4 pour 1000 » et fournit une quantification des gains potentiels de carbone selon les types de pratiques, les sols et les systèmes de production, en s'appuyant à la fois sur une revue approfondie de la littérature scientifique et sur des simulations agro-environnementales.

L'étude 4 pour 1000 propose une synthèse des pratiques favorables au stockage de carbone dans les prairies, ainsi que l'impact potentiel de ces pratiques sur le COS dans le cas français (voir Tableau 6). Parmi ces pratiques, on retrouve les niveaux de fertilisation minérale et organique déjà présents dans l'approche inventaire, mais également d'autres pratiques dont le suivi pourrait être intégré.

Tableau 6 : Synthèse des pratiques stockantes issues de Pellerin et al., 2020 et impact sur COS associés selon plusieurs sources scientifiques.

Pratiques agricoles	Descriptions	Stockage additionnel de COS en kgC/ha/an	Sources
Fertilisation	Stockage additionnel par rapport à une situation non fertilisée ² . Augmenter les apports pour les prairies peu fertilisées ^{1 et 3} . Réduction moyenne de 10-14% des apports azoté sur les prairies fertilisées, sans baisse de rendements ³ .	0-300 ² 200-250 ² 0-210 ¹ 176 ⁴	Poeplau et al., 2018 ² Besson et al, 2013 ² Bamière et al, 2023 ¹ Pellerin et al, 2013 ³ Pellerin et al, 2020 ⁴
Pâturage	Mise en pâture de prairies non pâturées. Jusqu'à un certain seuil le pâturage favorise le stockage de carbone dans les sols.	203 ¹ 250 ²	Bamière et al, 2023 ¹ GES'TIM ² .
Privilégier la pâture à la fauche	La pâture stimule la production primaire, alors qu'en fauche, les exports ne sont pas compensés par les apports de matière organique exogènes. (Ex. remplacement de 1 à 2 fauches par un pâturage par an) ^{1 et 2}	111 – 380 ¹ 265 ²	Besson et al, 2013 Bamière et al, 2023 ¹ Pellerin et al, 2020 ²
Fertilisation organique	Favoriser les apports de matière organique au sol (fumiers, lisiers, pâture, ajout de matière organique non agricoles)	-	Pellerin et al., 2020
Introduction d'espèces améliorantes	Ex. légumineuses : favorise la production primaire en réponse à la fixation symbiotique d'azote dans le sol.	100-800	Besson et al, 2013. et autres.
Irrigation	Favorise la production de biomasse et la minéralisation de la matière organique du sol.	100	Besson et al, 2013 Arrouays et al., 2002

En lien avec ces travaux, Bamière et al. (2023) ont conduit un exercice prospectif de quantification du potentiel d'atténuation de ces pratiques à l'échelle nationale. Sur la base des pratiques identifiées par l'étude 4 pour 1000, les auteurs ont défini des critères de mise en œuvre, estimé des surfaces potentiellement mobilisables par région, et appliqué des facteurs d'ajustement des stocks de carbone pour calculer un potentiel de séquestration à l'échelle France métropole. Les résultats mettent en évidence un potentiel de stockage de carbone additionnel dans les sols limité pour les prairies. A noter que seules deux pratiques ont été retenues pour les prairies permanentes : l'intensification modérée des prairies extensives peu exploitées, et le remplacement d'opérations de fauche par du pâturage. Pour chacune de ces deux pratiques, le potentiel de stockage net estimé reste inférieur à 500 ktCO₂e par an à l'échelle nationale. Le potentiel de séquestration additionnelle à l'horizon 2050 est donc assez faible selon les auteurs.

A noter que l'un des principaux défis dans l'utilisation de résultats de l'étude 4p1000 dans une approche inventaire tient à l'interdépendance entre les pratiques agricoles mises en œuvre sur une même parcelle. Dans le cadre de l'inventaire national, qui nécessite une application à des échelles supérieures celle de la parcelle agricole, il reste difficile d'isoler des surfaces de prairies sur lesquelles ces pratiques seraient mobilisées indépendamment d'autres facteurs susceptibles de moduler leur effet.

3.3.2 Les modèles PaSim et STICS de l'INRAe

Le modèle *PaSim* (Pasture Simulation Model), développé par INRAE, est un modèle mécaniste de type sol-plante-animal conçu spécifiquement pour les prairies permanentes. Il simule de manière détaillée les flux de carbone, d'azote et d'eau dans le système sol-plante, en tenant compte du pâturage, de la fauche, des apports organiques et de la croissance végétative. *PaSim* est notamment utilisé dans les travaux du GIS Sol et dans certaines études de validation de scénarios climatiques ou de pratiques agricoles.

Le modèle *STICS* (Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standard), également développé par INRAE, est un modèle de culture plus généraliste. Il permet de simuler la croissance des cultures et les flux de matière et d'énergie dans le sol, avec une attention particulière aux bilans de carbone et d'azote. Bien qu'il soit principalement utilisé pour les grandes cultures, il peut aussi modéliser les prairies temporaires, notamment lorsqu'elles sont intégrées dans des rotations. *STICS* est souvent utilisé dans le cadre de couplages avec des modèles de bilan de carbone comme *AMG*, pour enrichir les simulations à plus grande échelle ou à des fins de calibration.

Dans le cadre de l'étude 4 pour 1000 (Pellerin et al., 2020), le modèle PaSim a été mobilisé pour simuler l'effet des pratiques agricoles actuelle sur les sols des prairies permanentes. Il semblerait que les pratiques prises en compte dans la modélisation soient basées sur les données des enquêtes pratiques culturales de 2006 fournissant un niveau de détail sur les prairies permanentes. Les données relatives aux pratiques utilisées pour la modélisation ne semblent pas évoluer dans le temps, la projection des effets des pratiques sur les stocks de carbone du sol n'est donc pas induite par l'évolution des pratiques dans le temps mais bien sur les effets directs des pratiques sur une période de 30 ans. Les pratiques prises en compte dans le modèle sont les suivantes : mode de gestion (Fauche, pâture et mixte), fertilisation azotée (minérale et organique) et chargement (via le nombre de pâturages).

Les résultats mettent en avant **un stockage moyen national de +212 kgC/ha/an sur l'horizon 0-0,3 m, soit + 2,9‰/an du stock initial**. Deux types de prairies se distinguent : les prairies permanentes productives stockent +189 kgC/ha/an avec un écart-type de 348 kgC/ha/an, et les prairies peu productives (landes, parcours...) stockent +396 kgC/ha/an avec un écart-type de 424 kgC/ha/an. L'étude souligne que le stockage est plus élevé dans les prairies peu productives, du fait d'un mode d'exploitation en pâturage très extensif. En revanche, sur les prairies productives, un stock initial élevé conduit au déstockage de carbone, une tendance qui n'est pas observée dans les prairies peu productives. Enfin, une partie du territoire n'a pas fait l'objet de simulations et ne dispose donc pas de résultats sur les flux de carbone dans les sols (zones en gris sur la carte de la Figure 23).

A titre de comparaison, dans l'inventaire national les variations de stocks de carbone estimées sur l'horizon 0-0,3m en prairies restant prairies mettent en avant un stockage net d'environ 43 KgC/ha/an⁷ sur la période 2013-2017. Il semble important de souligner que la méthode de l'inventaire se concentre sur l'évolution des pratiques dans le temps, là où la modélisation PaSim permet d'estimer sur le long termes l'impact de pratiques constantes.

⁷ Stockage moyen national estimé à partir des valeurs de l'inventaire national : un bilan net de 1,2 MtCO₂ est estimé dans les sols minéraux sur les 7,5 millions d'hectare de prairies restant prairies (voir Figure 7 et Figure 8 des section 2.1.1 et 2.1.2)

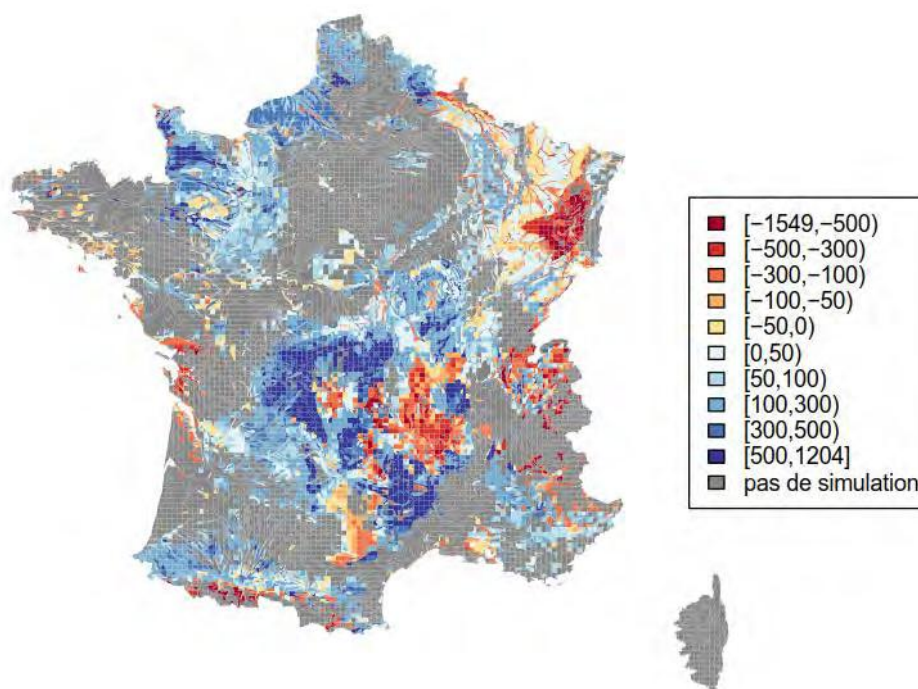


Figure 23 : Carte du stockage de carbone annuel absolu sur l'horizon 0-0,3 m pour les prairies permanentes simulées sur 30 ans avec PaSim (Source : Pellerin et al., 2020)

3.3.3 Approche CAP'2ER

La méthode CAP'2ER (Calcul Automatisé des Performances Environnementales en Élevage de Ruminants) a été développée par l'Institut de l'Élevage (IDELE) pour évaluer les performances environnementales des exploitations d'élevage à l'échelle de l'exploitation ou de l'atelier. Elle repose sur une approche de type "empreinte carbone", fondée sur l'analyse des émissions de GES d'une part, et la prise en compte du stockage de carbone dans les sols et la biomasse d'autre part. Cette méthode est par ailleurs largement appliquée par les acteurs de la profession dans le cadre de bilan carbone d'exploitations agricoles, ou par exemple pour estimer les réductions d'émissions de GES en lien avec des actions de décarbonations.

Pour la partie en lien avec la séquestration de carbone, plusieurs composantes sont estimées selon une logique comparable à la méthode appliquée dans les inventaires UTCATF. Ainsi, des flux de GES sont estimés à la fois pour les conversions des terres vers d'autres usages (ex : retournement des prairies vers cultures) et pour différents modes de gestion sur les terres sans changement d'usages. Dans CAP'2ER, la séquestration de carbone dans les sols minéraux des prairies permanentes est une composante significative du bilan puisqu'un coefficient de **stockage systématique de 570 kgC/ha/an** est appliqué à l'ensemble des surfaces en métropole, conformément à la publication de Dollé et al. (2013). Les valeurs sous-jacentes sont issues de Schulze et al. 2009. La variabilité associée à la valeur utilisée dans l'article source est de +/- 340 kgC/ha/an. Cette étude se base sur toute l'Europe, et l'ensemble des prairies, non spécifiquement concernées par les pratiques d'élevage.

Toujours selon cette même approche, les prairies temporaires en rotation bénéficient d'un coefficient de séquestration systématique de 80 kgC/ha/an, et d'autres facteurs comme les haies ou le parcours sont également valorisés avec des coefficients de séquestration de carbone spécifiques (haies : 125 kg C/100 mètres linéaires/an ; parcours montagnards : 250 kg C/ha/an).

Comparée au flux estimé dans l'inventaire national (43 kgC/ha/an), cette valeur de stockage systématique apparaît très éloignée. L'approche CAP'2ER poursuit des objectifs différents : elle ne traduit pas directement l'évolution des pratiques dans le temps et ne tient pas compte de leur historique. Enfin, l'hypothèse d'un stockage illimité, sans plafond, interroge au regard des principes actuellement appliqués dans l'inventaire.

3.3.4 Méthode Giec appliquée par le GIS Revalim pour Agribalyse

Le **GIS REVALIM** (Groupement d'Intérêt Scientifique Réseau d'Évaluation des produits agricoles et ALIMentaires) est une instance de gouvernance mise en place en septembre 2021 pour structurer le programme **AGRIBALYSE®**, base de données de référence sur les impacts environnementaux des produits agricoles et alimentaires.

Dans le cadre des travaux du GIS sur l'estimation des flux de carbones liés au secteur UTCATF (le Citepa était par ailleurs membre du Comité de pilotage), la méthode Giec de niveau 1 a été appliquée pour estimer l'impact des pratiques agricoles sur les stocks de COS en prairies permanente. Cette méthode a fait l'objet d'une validation scientifique suivie d'une publication scientifique (Botton et al., 2025) et d'un rapport officiel (Botton et al., 2024). On pourrait décrire cette méthode comme une méthode Giec intégrant davantage de leviers que la traduction actuelle de l'inventaire français, travaillée pour le cadre du GIS, dont la mobilisation pourrait être directement envisagée pour les évolutions de l'inventaire.

La méthode mise en place repose sur l'arbre de décision présenté dans la Figure 24. Le chargement animal est considéré comme une pratique déterminante pour catégoriser les surfaces de prairies selon les différentes modes de gestion (sévérement dégradées ; modérément dégradées ou non dégradées/gestion nominale). Dans un second temps, 4 autres pratiques sont étudiées afin d'estimer la part des surfaces de prairies considérées comme en gestion améliorées ou améliorées avec plusieurs améliorations ; ce dernier mode de gestion donne lieu aux facteurs d'ajustement du stock les plus élevés.

Cette méthode mobilise les données enquêtes pratiques culturales de 2001 et de 2017, des données sur nombre d'UGB (bovins principalement) par région et des données sur l'utilisation des terres comme la surface fourragère totale (surfaces de prairies temporaire, permanentes et cultures fourragères) entre autres issues de la SSP. Les pratiques agricoles suivies pour ces travaux sont les suivantes :

- Le chargement théorique (*Nombre d'UGB/surface fourragère totale*)
- La fertilisation minérale (considéré améliorante si $> 90\text{KgN/ha/an}$)
- La présence d'apport organiques (améliorant si oui)
- La présence d'une irrigation (améliorant si oui)
- La présence de Coupe ou broyat des refus au pâturage (améliorant si présence)

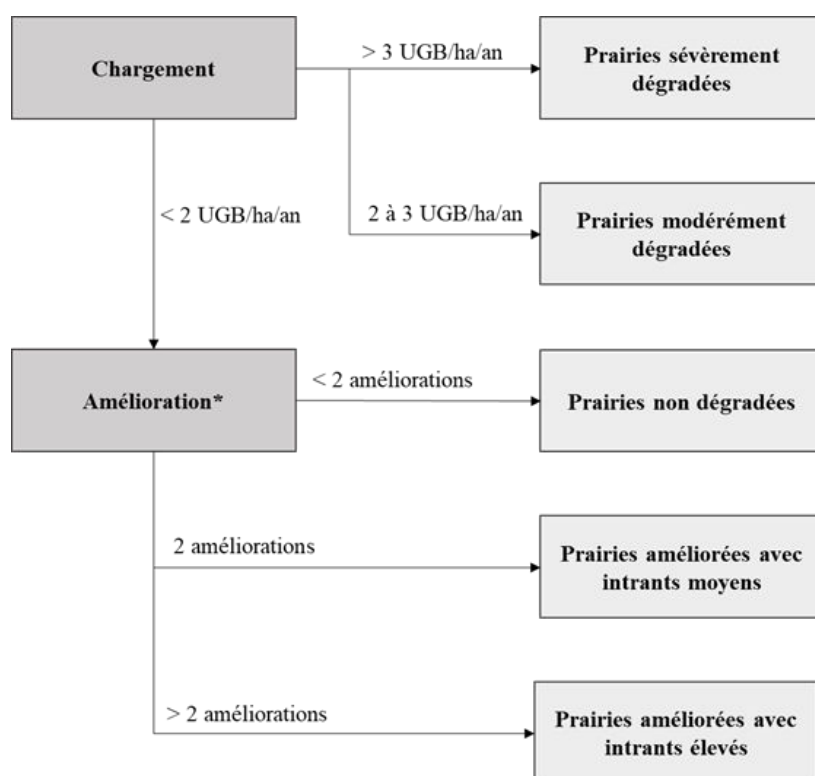


Figure 24 : Arbre de décision appliqué dans le cadre de Agribalyse par le GIS Revalim.
(Source : Botton et al., 2024. ACV Carbone. Rapport Final).

Les résultats obtenus avec cette méthode sont présentés dans les tableaux 7 & 8. Ces résultats mettent en évidence une très faible tendance au stockage de carbone dans les sols des prairies permanentes. Dans leur rapport final de novembre 2024, Boton et al. (2024) précisent que « Pour les prairies permanentes, seules les LMC⁸ dans les 19 départements du nord-ouest [...] ont pu être prises en compte en raison du périmètre des enquêtes pratiques culturelles du SSP de 2001 ; nous n'avons pas considéré de LMC pour les autres prairies permanentes. » Ce manque de données explique le faible écart observé entre les facteurs d'ajustement des stocks de carbone de 2001 (1.015) et 2017 (1.018), estimé à seulement 0,003 (Tableau 8). Pour un stock théorique de 70 tC/ha en prairie permanente, cela correspond à un stockage d'environ **200 kgC/ha** lissé sur vingt ans, soit **10 KgC/ha/an**.

Bien que développée uniquement pour certains départements du nord-ouest, cette approche estime un flux annuel de carbone de 10 kgC/ha/an, proche de la valeur retenue dans l'inventaire national (43 kgC/ha/an). Elle montre que, dans le cadre de la méthode Giec appliquée aux sols minéraux en prairies restant prairies (utilisée à la fois dans Revalim et dans l'inventaire national), de fortes variations du facteur d'ajustement des stocks sont difficiles à mettre en évidence. Pour observer un tel effet, il faudrait disposer d'un signal clair de changement de pratiques, reflété dans la répartition entre catégories de gestion et niveaux d'intrants. Or, les données issues des enquêtes PK actuellement mobilisées ne montrent pas de tels signaux. Par ailleurs, plus le nombre de pratiques agricoles intégrées dans le modèle est élevé, plus l'effet d'un changement isolé est atténué, car dilué dans l'arbre de décision.

Enfin, bien que validée par un comité technique, cette approche reste limitée par l'absence de données permettant un suivi temporel fin. Cette contrainte concerne en particulier plusieurs pratiques agricoles propres aux prairies et présentées dans l'arbre de décision (Figure 24).

Tableau 7 : Pourcentage de la superficie en Prairies permanentes dans le nord-ouest par catégorie IPCC des facteurs de gestion et de niveau d'intrant et par an. (Source : Boton et al., 2024)

Catégorie IPCC de gestion et de niveau d'intrant	2001	2017
Amélioré avec intrants élevés	8 %	8 %
Amélioré avec intrants moyens	24 %	20 %
Non dégradé	48 %	58 %
Modérément dégradé	12 %	4 %
Sévèrement dégradé	9 %	9 %

Tableau 8 : Facteurs de gestion et de niveau d'intrant moyens pour les années 2001 et 2017 ($F_G \cdot F_I$) et facteurs de transition ($F^{(2001 \rightarrow 2017)}$) par catégorie d'usage des terres et régime hydrique. (Source : Boton et al., 2024)

Catégorie d'usage des terres	Régime hydrique	$F_G^{2001} \cdot F_I^{2001}$	$F_G^{2017} \cdot F_I^{2017}$	$F^{2001 \rightarrow 2017}$
Grandes cultures et prairies temporaires	Sec	0,991	1,015	1,024
	Humide	0,986	1,022	1,036
Prairies permanentes du nord-ouest	All	1,015	1,018	1,003

⁸ Land Management Changes (LMC) fait référence aux changements de pratiques agricoles dans le temps, estimée dans l'approche mobilisée par Revalim au travers des classes de gestion et de niveau d'intrant Giec.

3.3.5 Bilan et analyse de l'intérêt des différentes approches pour l'inventaire national

La comptabilisation des flux de carbone dans les sols des prairies selon les pratiques agricoles demeure un exercice complexe, sujet à diverses approches selon les objectifs en jeux. L'inventaire français repose sur la méthode Tier 2 recommandée par le Giec, généralement utilisée dans les inventaires nationaux de GES. Cette approche présente toutefois des limites qui pourraient être comblées ou corrigées en s'inspirant d'autres méthodes résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Bilan des flux de carbone estimé dans les sols en prairies selon la méthode appliquée.

Méthode	Flux moyen
Inventaire Citepa	43 KgC/ha/an pour les prairies restant prairies entre 2013 et 2017.
CAP2ER	Coefficient de stockage systématique de +570 KgC/ha/an (+/- 340 kgC/ha/an)
Modélisation PaSim (issue des travaux 4p1000)	Sur 30 ans : stockage moyen de +212 KgC/ha/an sur l'horizon 0-0,3 m . Deux types de prairies : - prairies permanentes productives +189 KgC/ha/an (+- 348 KgC/ha/an) - prairies peu productives (landes, parcours...) +396 KgC/ha/an (+-424 KgC/ha/an).
Boton et al. 2024	10 KgC/ha/an (estimé pour les prairies permanentes du nord-ouest). Pour un stock théorique de 70 tC/ha en prairie permanente : stockage d'environ 200 KgC/ha lissé sur vingt ans entre 2001 et 2017

Les approches parallèles étudiées mettent en évidence trois pistes d'évolution de la méthode actuelle : (i) l'application de valeurs de stockage de carbone additionnel propres aux pratiques agricoles ; (ii) l'utilisation de modèles mécanistes des prairies (exemple : PaSim) ; (iii) l'intégration d'un plus grand nombre de pratiques agricoles dans la méthode Giec, comme amorcé dans le cadre d'AGRIBALYSE.

Facteurs d'émission spécifiques aux pratiques agricoles

L'étude 4 pour 1000 (Pellerin et al., 2020), ainsi que d'autres travaux scientifiques (sections 3.3.1 et 3.3.2) recensent plusieurs pratiques favorables au stockage de carbone dans les sols et proposent des valeurs de séquestration additionnelles. Ces références pourraient être mobilisées pour définir des facteurs d'ajustement du COS spécifiques à la France.

Elles soulèvent néanmoins plusieurs questions méthodologiques. D'une part, s'il est déjà complexe de quantifier les effets positifs liés à la mise en place d'une pratique, quelle valeur retenir en son absence ? Une option consisterait à appliquer une hypothèse de perte équivalente au gain estimé, en considérant toutefois que les cinétiques de stockage sont généralement plus lentes que celles de déstockage. D'autre part, l'interdépendance entre les pratiques et leurs effets reste source de débats et devra être examinée afin de vérifier leur compatibilité avec les exigences méthodologiques de l'inventaire national.

Modélisation mécanistique des flux de C en prairie (PaSim)

Le modèle PaSim, développé par l'INRAE, pourrait correspondre à une approche de type Tier 3 pour l'inventaire national. Il permet de représenter la variabilité spatiale et temporelle des effets des pratiques agricoles (fauche, pâturage, fertilisation) sur le stockage de carbone dans les sols. Sa légitimité scientifique est élevée pour le contexte français dans la mesure où ses résultats ont déjà été mobilisés dans plusieurs études (Pellerin et al., 2020 ; Bamière et al., 2025).

Néanmoins, ce modèle présente des limites : il nécessite des données fines, inexistante ou difficile à obtenir à ce jour. En effet, la modélisation réalisée dans l'étude 4p1000 illustre ce manque, avec une couverture partielle du territoire métropolitain et des données de pratiques agricoles en apparence fixe dans le temps. En l'état, PaSim apparaît donc comme une source pertinente de validation externe pour les résultats de l'inventaire national, mais ne constitue pas une alternative évidente à la méthode actuellement en vigueur.

Intégration d'un plus grand nombre de pratiques agricoles et évolution de l'arbre de décision

L'approche développée dans le cadre d'AGRIBALYSE (GIS Revalim) innove en intégrant un plus grand nombre de pratiques agricoles dans l'arbre de décision utilisé pour catégoriser les prairies en France. Cette méthode, cohérente avec la méthode Giec, repose notamment sur le chargement animal comme indicateur principal de gestion pour estimer l'état de dégradation d'une prairie. Ce choix, validé par le comité technique du GIS Revalim, bénéficie donc d'une certaine légitimité pour le contexte français. La principale limite de cette approche demeure

toutefois l'absence de données exhaustives à l'échelle nationale permettant de suivre l'ensemble des pratiques agricoles intégrées dans l'arbre de décision.

Dans le cadre de l'inventaire national, l'intensité de la fertilisation azotée (minérale et organique) a été retenue comme indicateur clé, en raison de la richesse et de la continuité des données disponibles. Cet indicateur, suivi de manière constante en France depuis les enquêtes pratiques culturales de 1982 à 2017, est par ailleurs l'une des deux variables explicatives retenues par Pellerin et al. (2020) pour expliquer les variations de carbone dans les sols de prairie.

En effet, les auteurs montrent que les pratiques agricoles interagissent fortement entre elles et que la séquestration optimale de carbone résulte d'une gestion combinant fertilisation et utilisation de l'herbe (pâture et/ou fauche) (Figure 26). Si la fertilisation azotée apparaît comme la variable principale expliquant les flux de carbone dans les sols, il reste difficile d'évaluer précisément le poids de l'utilisation de l'herbe. La dépendance entre ces deux variables semble forte, et leur mobilisation conjointe, sans impliquer d'autres pratiques supplémentaires, constitue une piste prometteuse pour mieux refléter les flux de carbone dans les sols.

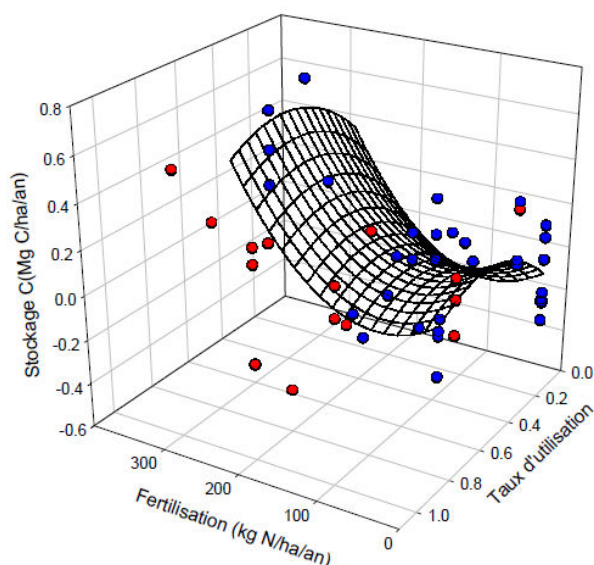


Figure 25: Taux de stockage de carbone moyen en fonction du taux d'utilisation de l'herbe et de la fertilisation azotée en prairie. (Source : Pellerin et al., 2020).

En conclusion, la piste d'amélioration la plus réaliste à court terme, semble être l'intégration de nouvelles pratiques agricoles permettant de refléter le taux d'utilisation de l'herbe (chargement et/ou fauche) dans le cadre méthodologique actuel. Parallèlement, une refonte complète du modèle via l'utilisation de PaSim ou la mobilisation de facteurs d'ajustement des stocks de carbones spécifiques à chaque pratique agricole et au contexte français nécessiterait un investissement scientifique et méthodologique important, non priorisé pour le moment. Comme souvent dans les inventaires, les marges de progression dépendent de la disponibilité de données nouvelles ou de travaux spécifiques permettant d'exploiter des données existantes. Les contraintes majeures demeurent la complétude temporelle (1990 à aujourd'hui) et spatiale (méthodologie uniforme pour tout le territoire), qui limitent la mise en œuvre des améliorations identifiées.

3.4 Sources de données identifiées pour la mise en œuvre des améliorations

À partir des connaissances actuelles et des pistes d'amélioration identifiées précédemment, cette section examine les sources de données mobilisables pour suivre plus finement l'évolution des pratiques agricoles en prairie. L'accent est mis sur la fertilisation azotée et l'utilisation de l'herbe (fauche et pâturage). Il semble important de disposer d'informations permettant d'analyser conjointement ces deux composantes afin d'améliorer la méthode actuelle.

La fertilisation azotée étant déjà intégrée, d'autres sources de données sont explorées pour affiner et valider le suivi existant. En parallèle, le suivi de l'utilisation de l'herbe peut s'appuyer sur les données relatives au chargement animal, à la pâture et à la fauche. La notion de chargement animal théorique, appliquée à une échelle géographique fine (région, département, commune), présente l'intérêt de refléter les besoins en fourrages et donc la pression potentielle exercée sur les prairies. Elle pourrait ainsi constituer un indicateur unique permettant d'approcher simultanément les pratiques de pâture et de fauche, en s'approchant d'un taux théorique d'utilisation de l'herbe. La dimension spatiale des données revêt également un intérêt important pour améliorer la capacité de l'inventaire à rendre compte des dynamiques locales ; un focus à l'échelle régionale est présenté dans cette section. Les pratiques complémentaires intégrées au modèle mobilisé par le GIS Revalim (irrigation, coupe et broyage des refus au pâturage, rendements en herbe) apparaissent en revanche plus difficiles à suivre dans le temps et suscitent donc moins d'intérêt pour l'amélioration de l'inventaire.

Enfin, cette partie propose une lecture critique des données disponibles, qui sera prise en compte dans le cadre des prochains travaux de mise à jour pour le secteur UTCATF.

3.4.1 La fertilisation minérale et organique

Les fertilisations minérale et organique sont déjà des données sur lesquelles le Citepa réalise un suivi dans le temps. Ces informations sont mobilisées à la fois pour le secteur UTCATF, dans l'estimation des flux de carbone liés aux pratiques agricoles (comme présenté précédemment), et pour le secteur Agriculture, afin d'évaluer les émissions de N_2O associées aux pratiques de fertilisation sur les sols.

Divergence des sources de données

Pour le secteur UTCATF, les données proviennent directement des enquêtes pratiques culturales réalisées entre 1982 et 2017. Elles permettent d'estimer, dans un premier temps, la part des prairies avec ou sans apport de fumure organique sur les trois dernières années, puis la part des prairies avec ou sans fertilisation minérale. Pour la fertilisation minérale uniquement, la répartition est détaillée selon la dose totale d'azote appliquée (en unités d'azote par hectare) dans les classes suivantes : ≤ 50 uN/ha ; 50–100 uN/ha ; 100–150 uN/ha ; ≥ 150 uN/ha.

Dans le cadre des travaux relatifs au secteur Agriculture, notamment pour l'inventaire national GES et l'inventaire Floréal, un suivi est également assuré sur les quantités d'azote minéral livrées et sur les volumes d'azote organique disponibles. Pour répondre aux besoins de l'inventaire Floréal, un travail d'allocation des apports d'azote (organique et minéral) par type de culture, incluant prairies permanentes et temporaires, a été mené à partir de plusieurs sources de données différentes : les données des enquêtes PK sur prairies et les surfaces par type de culture issues des enquêtes SSP. À partir des doses moyennes d'azote appliquées et des surfaces correspondantes, un total est estimé et mis en cohérence avec les quantités totales d'azote disponibles (quantités d'azote minéral livrées). Ce travail couvre l'azote minéral comme l'azote organique (pâturage et épandages), pour toutes les années de 1990 à 2021. Dans le cas de l'azote minéral, le travail est fait à l'échelle régionale. L'évolution des apports moyens d'azote organique et minéral sur prairies permanentes (Figure 26) est par conséquent disponible à plusieurs échelles géographiques et tout au long de la série temporelle. Ces données reconstruites à partir de données brutes sont par conséquent cohérentes avec les données mobilisées pour l'inventaire national dans le secteur Agriculture.

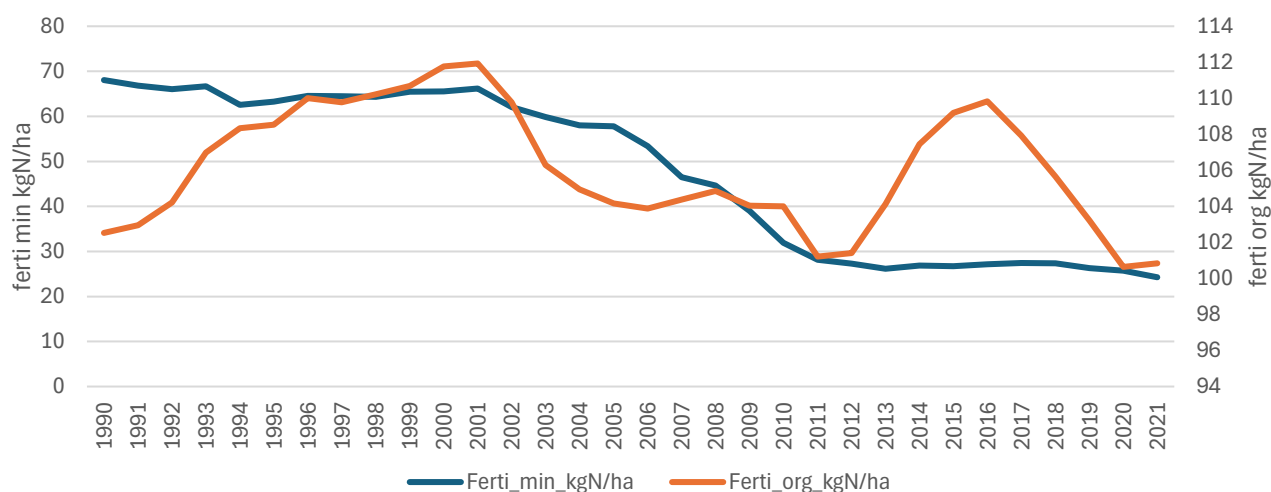


Figure 26 : Evolution des quantités d'azote minérale et organique apportées par hectare de prairies permanentes en France métropolitaine. (Source : données Floréal édition 2023).

Observations sur les apports azotés en prairie à partir des données reconstruites dans le cadre de Floréal (Figure 26) : Les apports moyens d'azote minéral par hectare de prairie permanente sont en baisse continue depuis 1990 : estimés à 68 uN/ha en 1990, ils ont diminué de 64 % pour atteindre 24 uN/ha en 2021. Concernant la fertilisation organique, les apports moyens par hectare varient moins nettement au cours de la période, avec une moyenne proche de 100 uN/ha, bien que des pics soient observés autour des années 2000 et 2017. Il demeure toutefois difficile d'expliquer ces fluctuations, qui pourraient être liées à la fois à des pratiques qui évoluent dans le temps et à des effets statistiques issus des différentes enquêtes PK.

Le calcul pour estimer les doses moyennes par hectare englobe l'ensemble des prairies, ce qui masque d'éventuelles évolutions des pratiques de fertilisation à une échelle plus fine. Les enquêtes PK apportent néanmoins une information précieuse non reflétée par ces moyennes : la répartition des prairies permanentes selon la présence et l'intensité des apports. Ainsi, la part des prairies recevant des apports organiques est passée d'environ 15 % avant 2010 à près de 30 % en 2017. Compte tenu de la baisse du cheptel et des surfaces fourragères depuis 1990, il reste difficile de conclure à une évolution marquée des pratiques de fertilisation organique au-delà de ce premier constat sur l'augmentation de la part des prairies recevant des apports organiques. La part des prairies recevant des apports d'azote minéral est quant à elle plutôt en diminution, passant d'environ 50% en 1990 à 36% en 2017. A ce jour, aucune information n'a encore permis d'identifier s'il y avait un lien entre la baisse des surfaces avec apports d'azote minéral et l'augmentation de surfaces avec apports organiques. En l'état, ces données pourraient donc servir l'inventaire UTCATF en apportant des informations nécessaires au suivi des flux de carbone dans les sols en prairie permanente.

Spatialisation

Il est possible de reproduire à l'échelle régionale la méthode utilisée pour estimer les apports azotés moyens sur les prairies permanentes. On observe ainsi une hétérogénéité plus marquée des pratiques de fertilisation, comme l'illustrent la Figure 27 (fertilisation organique) et la Figure 28 (fertilisation minérale). L'évolution des apports moyens par hectare, qu'ils soient organiques ou minéraux, dépend de plusieurs facteurs : les données des enquêtes PK, qui offrent une photographie des pratiques régionales en 2006, l'évolution des surfaces en prairies permanentes par région, ainsi que les quantités d'azote disponibles (organique et minéral), estimées en cohérence avec les données agricoles et ajustées aux besoins de l'ensemble des cultures. Enfin, un approfondissement pourrait porter sur les apports totaux d'azote par hectare de prairie permanente, en combinant les deux types de fertilisation et en les mettant en regard d'autres indicateurs, tels que le chargement animal.

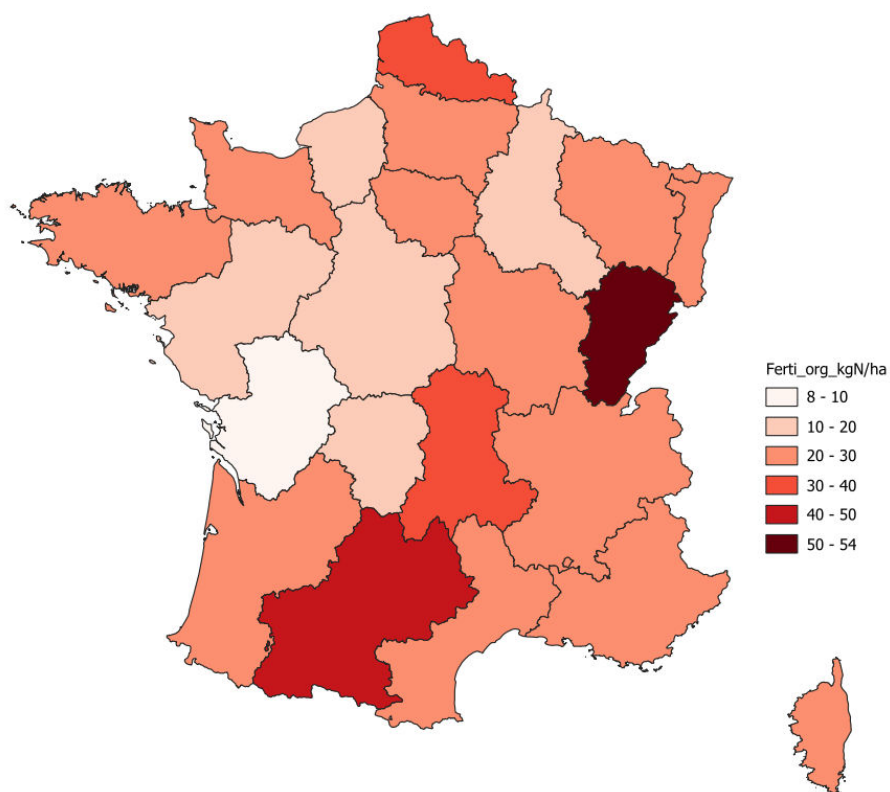


Figure 27 : Carte de la quantité d'azote organique apporté par hectare de prairies permanentes et par région.
(source : fichiers de calcul de l'inventaire Floréal édition 2023).

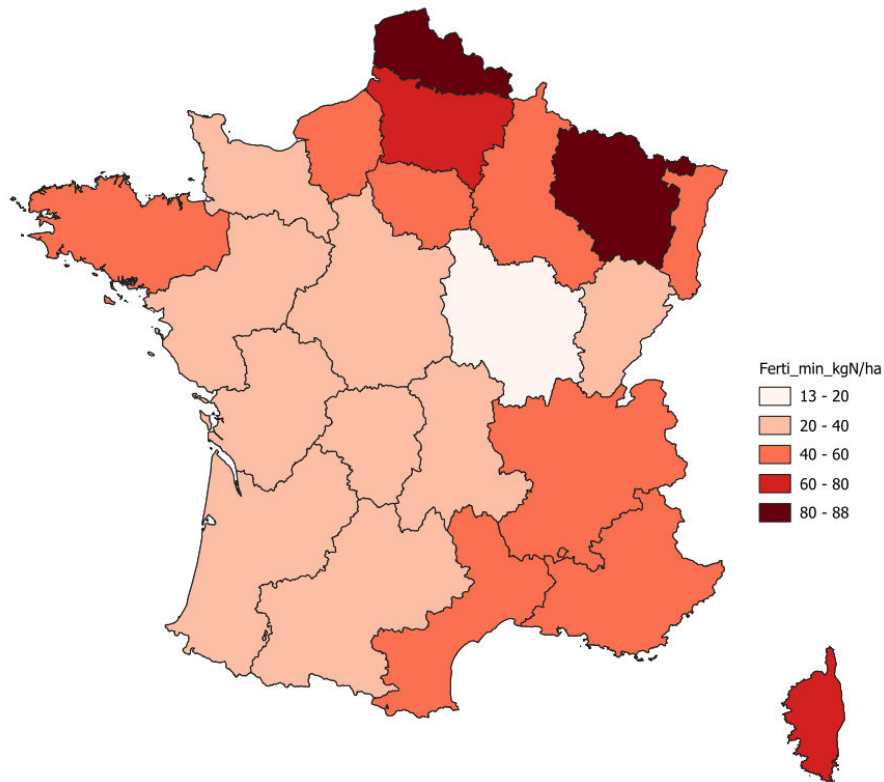


Figure 28 : Carte de la quantité d'azote minéral apporté par hectare de prairies permanentes et par région.
(source : fichiers de calcul de l'inventaire Floréal édition 2023).

3.4.2 Chargement animal

Le chargement correspond par définition au rapport entre un nombre d'animaux (ou d'UGB) et une surface donnée (parcelle, SFP, SAU). Cette donnée n'est pour l'instant pas utilisée dans la méthode inventaire. Cet indicateur permet d'évaluer l'intensité d'utilisation de l'herbe ainsi que le retour au sol de matières organiques végétales et animales via les déjections à la pâture. Par rapport à une prairie non pâturée, la présence d'animaux peut contribuer au stockage de carbone, à condition que l'intensité ne soit pas excessive : par exemple, le GIS Revalim considère qu'au-delà de 2 UGB/ha, la pâture devient déstockante⁹. À une échelle régionale ou nationale, cette valeur théorique de chargement peut être calculée comme le rapport entre le nombre d'UGB et la surface fourragère principale (prairies permanentes et temporaires, cultures fourragères).

Les données de cheptel (bovins, ovins, caprins, etc.), disponibles depuis 1970 à des échelles géographiques fines (SSP, ministère de l'Agriculture), sont mobilisées et retraitées dans le cadre de l'inventaire national agricole. Leur croisement avec les données d'utilisation des terres du secteur UTCATF ou avec les surfaces par type de culture issues du SSP permet d'estimer un chargement théorique depuis 1990, par exemple à l'échelle des anciennes régions administratives. Ainsi, à partir du cheptel herbivore total (UGBHE) et des surfaces fourragères principales pour 2010, il est possible d'obtenir une photographie du chargement animal théorique (Figure 29). Les régions apparaissant en vert foncé (1,9 à 2,2 UGB/ha) correspondent à celles où la surface fourragère est relativement limitée par rapport à la taille du cheptel herbivore total. Cette cartographie n'identifie donc pas les régions d'élevage les plus importantes ni celles disposant du plus de prairies, mais propose un éclairage théorique sur la pression potentiellement exercée sur les surfaces fourragères à la région. Ces éléments pourraient être mobilisés dans la mise à jour de la méthode.

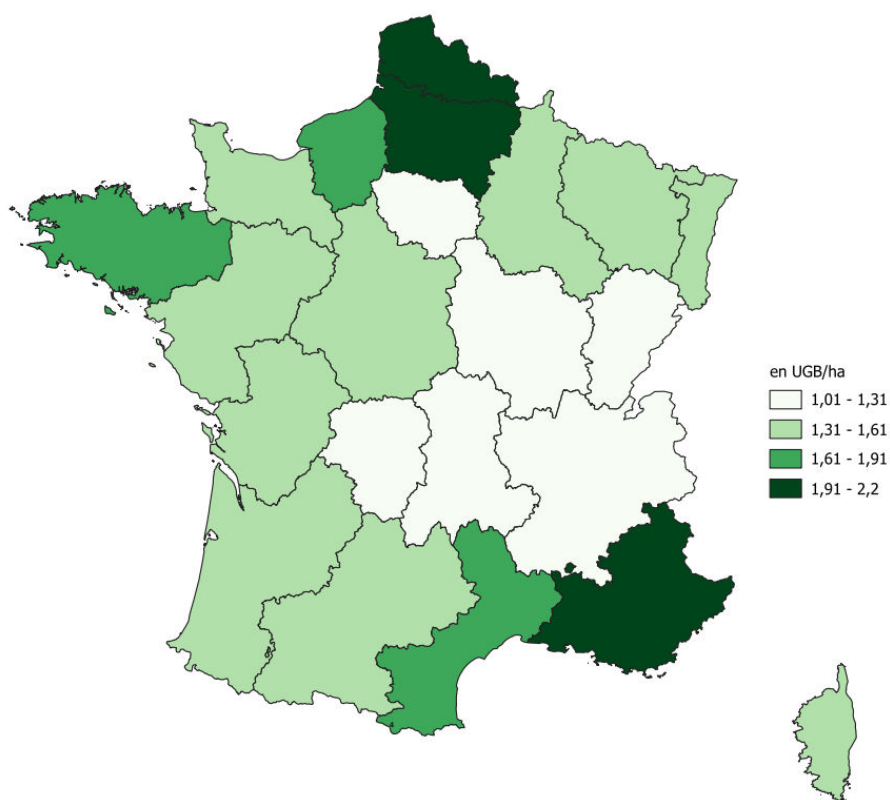


Figure 29 : Chargement théorique : nombre d'unité gros bétail herbivores sur la surface fourragère totale par anciennes régions administratives en 2010. (Source, cheptel et surfaces par type de culture, enquête SSP).

⁹ La méthode appliquée par dans le cadre de Revalim est inspirée des travaux de Besson et al., 2013. Dans ces travaux, le seuil de chargement à partir duquel la pâture est considérée comme défavorable aux stocks de COS est fixé à 1,4 UGH/ha, l'utilisation de ce chiffre dans l'attribution des Primes Herbagères Agro-Environnementales avait servi de référence. Depuis 2014, cette « Prime à l'herbe » de la PAC a été remplacée pas d'autres dispositifs entre autres les BACAE, plus flous sur la notion de chargement animal en prairie. Un critère de chargement est toutefois appliqué pour l'éligibilité aux aides ICHN, avec un chargement optimal définit entre 0,6 et 1,4 UGB/ha.

3.4.3 Irrigation, coupe et broyat des refus au pâturage, rendements en herbe

Les pratiques d'irrigation, de coupe ou de broyage des refus au pâturage intégrées à la méthode du GIS Revalim, ainsi que d'autres indicateurs comme les rendements en matière sèche ou la durée des pâtures, restent difficiles à suivre dans le temps. Les enquêtes de pratiques culturales de 2006 en fournissent un aperçu détaillé à l'échelle régionale, mais il s'agit de la seule édition proposant un niveau de précision aussi fin. Plus récemment, un produit cartographique multi annuel développé par le Copernicus Land Monitoring System (CLMS), le [Grassland Mowing event](#), permet de localiser pour les années 2017 à 2021 les zones de prairies permanentes et temporaires ayant fait l'objet d'une ou plusieurs fauches ou épisodes de pâturage. Toutefois, l'absence d'autres sources comparables limite encore la possibilité de documenter de manière homogène l'évolution des pratiques agricoles en prairies permanentes sur l'ensemble de la période 1990 à aujourd'hui.

3.5 Validation des résultats

Les incertitudes demeurent importantes, tant dans l'interprétation des données de pratiques agricoles et de leurs effets potentiellement interdépendants sur les stocks de carbone, que dans les résultats mêmes de l'inventaire. Autant pour la méthode actuelle que pour d'éventuelles évolutions à venir, un besoin de validation externe est nécessaire. Par exemple via la comparaison avec d'autres approches reposant sur des méthodes et données indépendantes. Les possibilités de validation identifiées à l'heure actuelle sont les suivantes :

- **Résultats issus de modélisations** : Le modèle PaSim, déjà mobilisé à l'échelle nationale par Pellerin et al., 2020, constitue une référence crédible pour simuler les flux de carbone dans les prairies en lien avec les pratiques agricoles. Il repose sur des données et une approche différente de la méthode appliquée dans l'inventaire, et a fait l'objet de plusieurs publications scientifiques. S'il présente ses propres incertitudes et limites (détaillées en section 3.3.3), il semble présenter un cadre robuste pour confronter les résultats de l'inventaire.
- **Résultats issus de mesures de terrain** : Les suivis de terrain constituent une autre voie de validation, en mesurant les stocks de carbone à deux dates sur des points fixes géoréférencés, enrichis d'informations sur les usages des terres et pratiques agricoles. En France, le **RMQS** (2 240 sites sur une maille de 16 km × 16 km, rééchantillonnés tous les 12 à 15 ans) représente un dispositif majeur. Les données de la première campagne (2000-2009) sont publiques et utilisées pour les stocks de référence de l'inventaire UTCATF. En revanche, les résultats de la deuxième campagne (2016-2027) ne sont pas encore disponibles, ce qui empêche pour l'instant toute analyse d'évolution des stocks de COS en prairie. Enfin, à l'échelle européenne, l'enquête **LUCAS**, coordonnée par Eurostat, propose un réseau harmonisé d'observations de terrain et de prélèvements de sols comparable au RMQS. LUCAS fournit des données pour les pays de l'UE sur l'occupation des terres, les pratiques agricoles et les stocks de carbone. L'accès aux données concernant les sites restés en prairie permanente ouvrirait une perspective précieuse pour une validation scientifique complémentaire et indépendante de l'inventaire. Ce travail ne semble toutefois pas encore avoir fait l'objet de publication scientifique spécifique pour la France, pourtant déjà réalisé à l'échelle de l'UE (De Rosa et al., 2024). Des limites ont été signalées pour l'exploitation des résultats, reposant sur les définitions de la densité apparente du sol et la profondeur des mesures. L'utilisation des données RMQS reste priorisée.

Conclusion

Cette étude met en avant le rôle de puits de carbone joué par les prairies françaises sur la période 2013-2017, estimé à environ $-4 \text{ MtCO}_2\text{e}$. Toutefois, les prairies n'ont pas toujours été un puits de carbone depuis 1990, cela varie en fonction de nombreux paramètres, eux-mêmes associés à de grandes incertitudes. Cette étude souligne également que lorsque les prairies séquestrent du carbone, les flux estimés demeurent nettement inférieurs aux émissions de l'élevage en France, estimées à près de $52 \text{ MtCO}_2\text{e}$ sur la période 2013-2017. L'ordre de grandeur est clair : la séquestration de carbone en prairie compense seulement entre 7 et 8% des émissions associées à l'élevage en France. Ce constat est cohérent avec les inventaires d'autres pays européens, où la séquestration de carbone en prairie compense en médiane environ 14% des émissions de l'élevage. Cette observation repose sur 17 pays, dans d'autres cas, la catégorie « Prairies » constitue même une source nette de GES, ne permettant donc pas de compenser d'autres émissions.

Les flux de GES rapportés pour la catégorie Prairies de l'inventaire sont principalement liés à l'apparition de nouvelles prairies issues d'autres usages des terres, caractérisés par des stocks de carbone plus faibles. Ces nouvelles prairies contribuent à hauteur de 65% du stockage net de la catégorie, le reste provenant des prairies sans changement d'usages où la séquestration est principalement liée au carbone des sols. Rapporté aux 7,5 millions d'hectares de prairies, le bilan net estimé dans les sols correspond à un stockage d'environ 43kgC/ha/an . Si les sols de prairies sont bien des puits de carbone sur la période étudiée, leur contribution reste modeste au regard des émissions de l'élevage.

Face à ce constat, l'analyse met également en évidence plusieurs leviers d'atténuation existants. Côté élevage, l'amélioration de la gestion des intrants, des effluents et de l'alimentation animale constitue un levier de réduction significatif. Côté prairies, le maintien voire le développement des surfaces de prairies permanentes, l'intégration de haies et de systèmes agroforestiers, ainsi que l'adoption de pratiques agricoles favorables au stockage de carbone dans les sols (pâturage raisonné, apports organiques, réduction de la fauche, etc.) apparaissent comme des pistes à favoriser.

Sur ce sujet spécifique, l'étude souligne les limites actuelles de l'inventaire national pour rendre compte de la mise en œuvre effective des leviers d'atténuation. Aujourd'hui, seules certaines pratiques sont intégrées à la méthode de l'inventaire national (fertilisation azotée et apports organiques), alors que d'autres déterminants, comme le chargement animal, la fauche ou le taux d'utilisation de l'herbe, restent difficilement documentés. La disponibilité de données permettant de suivre l'évolution de ces pratiques dans le temps constitue l'une des principales contraintes actuelles.

Toutefois, des marges de progrès existent à travers la mobilisation de nouvelles sources de données, y compris celles déjà exploitées dans l'inventaire du secteur agriculture (ex. suivi des apports azotés, évolution du cheptel), mais aussi via l'intégration progressive de méthodes plus fines, via la mobilisation de facteurs d'émissions spécifiques à chaque pratique agricole dans le contexte français. Un travail est par ailleurs en cours pour étudier dans quelle mesure une évolution de la méthode actuelle permettrait de mieux refléter les effets individualisés de pratiques agricoles sur les sols des prairies. Ces travaux s'intègrent dans la logique d'amélioration continue des méthodes de l'inventaire et pourraient donner lieu dès les prochaines éditions à des résultats différents. De plus, le développement d'une approche régionalisée est également une piste pour améliorer la représentation spatiale, même si l'incertitude associée à cette granularité accrue reste à évaluer.

Enfin, la validation externe représente un enjeu central. La confrontation des estimations issues de l'inventaire avec les données de terrain du RMQS2, des modélisations indépendantes (PaSim) ou des données issues du réseau de mesure européen LUCAS-Teruti permettrait de consolider la robustesse des résultats et de renforcer leur légitimité dans le débat public. Des premières avancées sur ces sujets sont attendues pour la prochaine édition 2026 de l'inventaire national GES du secteur UTCATF.

Acronymes et abréviations

ACV	Analyse de Cycle de Vie
C	Carbone
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CL	Cropland – Terres cultivées
COS	Carbon Organique du Sol
CRCF	Carbon Removal Certification Framework
CRT	Common Reporting Tables
CSC	Carbon Stock Changes / Variation de carbone
DROM	Départements et Régions d’Outre-Mer
ETS	European Emissions Trading System
FL	Forestland – Forêts
GES	Gaz à effet de serre
GL	Grassland – Prairies
Ha	Hectares
ICHN	Indemnité Compensatoire d’Handicap Naturel
LMC	Land Management Change
LUCAS	Land Use and Coverage Area frame Survey
NIR/NID	Rapport ou Document d’Inventaire National (NID)
OL	Other Land – Autres terres
PAC	Politique Agricole Commune
PK	Pratiques culturales (enquêtes du SSP)
RMQS	Réseau de Mesure de la Qualité des Sols
SL	Settlement – Zones artificialisées
SSP	Service Statistique Publique
UE	Union Européenne
UGB	Unité Gros Bétail
UTCATF	Utilisation des Terres, Changement d’Utilisation des Terres et Forêts
WL	Wetland – Zones humides

Table des figures

Figure 1 : Matrice de changement d'usage des terres.	6
Figure 2 : Stocks de carbone moyens par catégorie d'usage des terres en France métropolitaine. (Source : Citepa, Rapport OMINEA, édition 2025).	6
Figure 3 : Méthodes d'estimation des flux de carbone. Les concepts de stocks, flux nets et flux bruts.	7
Figure 4 : Bilan des émissions du secteur UTCATF depuis 1990 par grande catégorie d'usages des terres. (Source : SECTEN 2025- Périmètre France métropole et Outre-mer incluses dans l'UE).	10
Figure 5 : Surfaces d'utilisation des terres par grande catégorie d'usage Giec en France métropolitaine en 2021. (Source : Inventaire UTCATF édition 2025).	10
Figure 6 : Sous-catégories d'usage comptabilisées de la catégorie Prairie de l'inventaire UTCATF. (Source : Inventaire édition 2025 - Année 2021 - France métropolitaine).	11
Figure 7 : Bilan des émissions associées aux prairies en France Métropolitaine (ktCO ₂ e). Les surfaces renseignées sont basées sur des matrices de conversions de 20 ans. (Source : LULUCF Background ed2025. Moyenne 2013–2017 France Métropolitaine).	12
Figure 8 : Composante des émissions et absorptions de la catégorie Prairie dans l'inventaire UTCATF (ktCO ₂ e). (Source : LULUCF Background ed2025. Moyennes 2013–2017 – France Métropolitaine).	12
Figure 9 : Composantes des émissions et absorptions en Prairies restant Prairies. (Source : LULUCF_Background ed2025. Moyenne sur la période 2013–2017 – France Métropolitaine)	13
Figure 10 : Secteur Agriculture, postes d'émissions associés à l'élevage. (Source : Inventaire_CCNUCC_ed2025. Année 2021, Périmètre France métropole et Outre-mer incluses dans l'UE).	15
Figure 11 : Contribution de l'élevage de bovin aux émissions du secteur de l'agriculture (Source : Inventaire Floréal édition 2023 – Synthèse Elevage).	16
Figure 12 : Composantes des émissions des GES associées aux prairies permanentes dans Floréal. (Source : Inventaire Floréal Édition 2023 – Synthèse cultures. Pourcentage de CO ₂ équivalent par rapport à la catégorie).	16
Figure 13 : Contribution des prairies temporaires et permanentes aux émissions du secteur de l'agriculture (Source : Inventaire Floréal édition 2023 – Synthèse cultures).	17
Figure 14 : Synthèse des sources d'émissions et d'absorptions de GES associées aux prairies dans l'inventaire Floréal.	17
Figure 15 : Comparaison des émissions et absorptions liées au secteur agricole et aux prairies (MtCO ₂ e) dans les 27 pays de l'Union européenne.	19
Figure 16 : Facteurs d'ajustement des stocks de carbone organique des sols minéraux selon les différentes classes de modes de gestion et d'apports en prairies (GIEC, 2006). À noter que le Raffinement 2019 des lignes directrices du GIEC remplace les facteurs d'ajustement du COSref pour la classe « prairies moyennement dégradées » par une valeur unique de 0,9, quel que soit le régime climatique.	22
Figure 17 : Part des surfaces de prairies classées selon les modalités de gestion (les facteurs d'ajustement Giec 2019- associés aux catégories d'apports sont affichés).	24
Figure 18 : Evolution du facteur d'ajustement des stocks de référence de COS pour les prairies (sans unité).	24
Figure 19 : Carte des stocks médians de carbone organique du sol sous Prairies par zones pédoclimatiques.	25
Figure 20 : Surfaces de prairies permanentes par anciennes régions administratives pour l'année 2021. (Source : inventaire UTCATF édition 2025).	25
Figure 21 : Bilan Net des flux de carbone (en ktCO ₂ /an) dans les sols minéraux des prairies en France entre 1990 et 2023. (Source : catégorie « Grassland Remaining Grassland » ; Background édition 2025).	26
Figure 22 : Flux de carbone dans les sols en prairies permanentes pour l'année 2021. (Un flux de carbone positif traduit une séquestration de carbone, une augmentation du stock).	27
Figure 23 : Carte du stockage de carbone annuel absolu sur l'horizon 0-0,3 m pour les prairies permanentes simulées sur 30 ans avec PaSim (Source : Pellerin et al., 2020)	30
Figure 24 : Arbre de décision appliqué dans le cadre de Agribalyse par le GIS Revalim. (Source : Boton et al., 2024. ACV Carbone. Rapport Final).	31
Figure 25: Taux de stockage de carbone moyen en fonction du taux d'utilisation de l'herbe et de la fertilisation azotée en prairie. (Source : Pellerin et al., 2020).	34
Figure 26 : Evolution des quantités d'azote minérale et organique apportées par hectare de prairies permanentes en France métropolitaine. (Source : données Floréal édition 2023).	36
Figure 27 : Carte de la quantité d'azote organique apporté par hectare de prairies permanentes et par région. (source : fichiers de calcul de l'inventaire Floréal édition 2023).	37
Figure 28 : Carte de la quantité d'azote minéral apporté par hectare de prairies permanentes et par région. (source : fichiers de calcul de l'inventaire Floréal édition 2023).	37
Figure 29 : Chargement théorique : nombre d'unité gros bétail herbivores sur la surface fourragère totale par anciennes régions administratives en 2010. (Source, cheptel et surfaces par type de culture, enquête SSP).	38

Table des tableaux

Tableau 1 : Description du format de rapportage des résultats du secteur UTCATF (format CCNUCC).	8
Tableau 2: Description du format de rapportage des résultats du secteur Agriculture dans les tables CRT (format CCNUCC. 9	
Tableau 3 : Synthèse des émissions du secteur de l'Agriculture selon le format officiel de rapportage auprès de la CCNUCC, table CRT secteur 3. <i>Surlignés en bleu les secteurs associés aux activités de l'élevage. (Source : Inventaire_CCNUCC_ed2025. Année 2021, Périmètre France métropole et Outre-mer incluses dans l'UE).</i>	14
Tableau 4 : Synthèse des leviers d'atténuation identifiés et de leur niveau d'intégration dans l'inventaire national.	20
Tableau 5 : Arbre de décision appliqué par le Citepa pour classer les surfaces de prairies selon les modalités de gestion du Giec.	23
Tableau 6 : Synthèse des pratiques stockantes issues de Pellerin et al., 2020 et impact sur COS associés selon plusieurs sources scientifiques.	28
Tableau 7 : Pourcentage de la superficie en Prairies permanentes dans le nord-ouest par catégorie IPCC des facteurs de gestion et de niveau d'intrant et par an. (Source : Boton et al., 2024)	32
Tableau 8 : Facteurs de gestion et de niveau d'intrant moyens pour les années 2001 et 2017 ($F_G \cdot F_I$) et facteurs de transition ($F^{(2001 \rightarrow 2017)}$) par catégorie d'usage des terres et régime hydrique. (Source : Boton et al., 2024)	32
Tableau 9 : Bilan des flux de carbone estimé dans les sols en prairies selon la méthode appliquée.....	33

Bibliographie

- Arrouays, D., Balesdent, J., Germon, J. C., Jayet, P. A. P. A., Soussana, J. F., & Stengel, P. (2002). *Stocker du carbone dans les sols agricoles de France? Rapport* (Doctoral dissertation, Inra).
- Bamière, L., Bellassen, V., Angers, D., Cardinael, R., Ceschia, E., Chenu, C., ... & Pellerin, S. (2023). *A marginal abatement cost curve for climate change mitigation by additional carbon storage in French agricultural land* (No. hal-03899905).
- Bamière, L., Fugerey-Scarbel, A., & de Cara, S. (2023). *Agri-GES Asirpa* (Doctoral dissertation, INRAE).
- Bellassen, V., Angers, D., Kowalczewski, T., & Olesen, A. (2022). Soil carbon is the blind spot of European national GHG inventories. *Nature Climate Change*, 12(4), 324-331.
- Besson A, Martin M, Tosser V. (2013). Amélioration de la méthodologie d'inventaire des stocks de carbone dans les sols agricoles et forestiers. INRA: France.
- Boton X., Nitschelm L., Van der Werf H. M., (2024). ACV Carbone – Modélisation des émissions de gaz à effet de serre liées aux usages et changements d'usage des terres pour la base de données d'inventaires de cycle de vie Agribalyse. RAPPORT FINAL. 66 pages.
- Boton, X., Nitschelm, L., Juillard, M., & van der Werf, H. M. (2025). Modelling greenhouse gas emissions of land use and land-use change using spatially explicit land conversion data for French crops. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 30(2), 285-300.
- De Rosa, D., Ballabio, C., Lugato, E., Fasiolo, M., Jones, A., & Panagos, P. (2024). Soil organic carbon stocks in European croplands and grasslands: How much have we lost in the past decade?. *Global change biology*, 30(1), e16992. <https://doi.org/10.1111/gcb.1699>
- Dolle, J. B., Faverdin, P., Agabriel, J., Sauvant, D., & Klumpp, K. (2013). Contribution de l'élevage bovin aux émissions de GES et au stockage de carbone selon les systèmes de production. *Fourrages*, (215), 181-191.
- Gac, A., Cariolle, M., Deltour, L., Dollé, J. B., Espagnol, S., Flénet, F., ... & Tailleur, A. (2011). GES'TIM—des apports pour l'évaluation environnementale des activités agricoles. *Innovations Agronomiques*, 17, 83-94.
- Gac, A., Dollé, J. B., Le Gall, A., Klumpp, K., Tallec, T., Mousset, J., ... & Faverdin, P. (2010). Le stockage de carbone par les prairies. *Le stockage de carbone par les prairies: Une voie d'atténuation de l'impact de l'élevage herbivore sur l'effet de serre*, 12-p.
- IPCC. 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Kanagawa, Japan.
- La Fabrique de L'élevage, 2022. Les prairies et lelevage des ruminants au coeur de la transition agricole et alimentaire. Note définitive n°44, Octobre 2022. Disponible [en ligne](#).
- Pellerin S, Bamière L, Launay C et al. (2020). Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? INRA: France.
- Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., Béline, F., Benoit, M., Butault, J. P., ... & Pardon, L. (2013). *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques* (Doctoral dissertation, INRA).
- Poeplau C, Don A, Vesterdal L et al. (2011). Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Glob Change Biol*. 17(7):2415–2427.
- Schulze, E D, et al. (2009). Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. *Nature Geoscience*. Vol. 2, 842-851.



*Liberté
Égalité
Fraternité*



© Citepa 2025

www.citepa.org

infos@citepa.org

42, rue de Paradis
75010 PARIS

Ce rapport a été réalisé avec la participation financière du ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté Alimentaire (MAASA).