

22
JANV
2026

AVIS

L'agriculture francilienne au service de la neutralité carbone



**AVIS N°
2026-02**

L'agriculture francilienne au service de la neutralité carbone

Avis n° 2026-02

présenté au nom dela commission Agriculture,
Ruralité et Espaces Naturels par Christophe
Parisot, rapporteur et présidée par Hervé Billet

22 janvier 2026

La présidente
Valérie MULLER



Cet avis a été adopté :

Suffrages exprimés : 158

Pour : 148

Contre :1

Abstentions : 9

Ne prend pas part au vote : 0

SOMMAIRE

Recommandations

Introduction

I - Eviter d'émettre, principe essentiel de la neutralité carbone.

1. Le mode fertilisation des sols franciliens, un levier d'action pertinent.
2. Le non-retournement des prairies, ou comment préserver les stocks de carbone.
3. L'impact et le besoin de matériel dans la transition agricole francilienne.
4. Focus sur le rôle de l'élevage essentiel dans la neutralité carbone.

II – La préservation des stocks de carbone franciliens, facteurs de non-émission.

1. La préservation des prairies permanentes : une priorité.
2. La préservation des haies, un processus maintenant et améliorant les stocks de carbone.

III – Le stockage de carbone dans les sols, élément central d'une politique de transition agricole.

1. Des prairies permanentes à développer.
2. L'agriculture de conservation, une pratique à généraliser.
3. Des sols à enrichir en biomasse.
4. Le rôle des cultures intermédiaires et leur contribution à l'atteinte de la neutralité carbone.
5. Favoriser des cultures permettant le stockage de carbone ou la substitution à du carbone fossile.

- 6. Développer l'agroforesterie et la plantation de haies.**
- 7. Des financements possibles**
- 8. Le Label Bas-Carbone, un moyen de valoriser les transitions**

IV - Conclusion

V - Remerciements

VI - Liste des membres

VII - Bibliographie



LE CONSEIL ÉCONOMIQUE,
SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL
RÉGIONAL D'ÎLE-DE-FRANCE

Émet l'avis
Suivant

01.

Recommandations

La Région définit sa contribution à la transition carbone de l'Île-de-France à travers son Schéma Régional Climat Air Energie – SRCA. En effet, celui-ci a comme objectif « l'atteinte de la neutralité carbone française et des normes de qualité de l'air en prenant en compte les spécificités franciliennes ». Il définit également « la stratégie d'adaptation du territoire aux effets du changement climatique » (B1).

Si la Région vise à atteindre la neutralité carbone elle devra miser, pour partie, sur ses capacités de séquestration de carbone pouvant notamment être opérées par l'agriculture et les espaces forestiers franciliens.

Recommandation 1. Formations

Le CESER demande à la Région de développer des formations continues sur les techniques bas-carbone auprès des agriculteurs. Ces formations étant essentielles à l'accompagnement à la transition et à la pérennité du système agricole francilien.

Le CESER propose à la Région de se saisir de la formation continue des ingénieurs et architectes aux nouvelles méthodes de construction intégrant des objectifs de neutralité carbone passant par les matériaux biosourcés agricoles (pouvant passer par le Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation – SRESRI 2023-2028 – B25).

Recommandation 2.

Mise en relation et accompagnement

Le CESER demande à la Région d'aider les exploitants agricoles dans la mobilisation des crédits carbone par l'accompagnement de manière directe ou indirecte (financement de structures ad'hoc) à la labellisation bas carbone afin de faire la passerelle entre les exploitants agricoles et les entreprises s'inscrivant dans une démarche décarbonée.

Le CESER exprime le souhait que la Région facilite la combinaison des fonds FEADER, des MAEC eau et biodiversité avec les crédits carbone. Il s'agirait d'un accompagnement au montage financier et au montage administratif des dossiers (mise à disposition d'une ingénierie financière et administrative).

Le CESER insiste pour que la Région bonifie des aides ou propose des aides aux agriculteurs disposant déjà, en ayant été précurseurs, des pratiques ou des éléments paysagers stockant du carbone afin de préserver le stock avant toute chose et d'éviter des comportements opportunistes (destruction pour refaire pour les aides). Ainsi, la Région doit tout faire pour préserver les prairies permanentes existantes ainsi que les haies et faciliter le maintien des pratiques stockant du carbone.

Le CESER recommande à la Région de poursuivre ou développer des accompagnements financiers (en proposant des financements régionaux ou en mobilisant les aides existantes dans une démarche pro-active) auprès des agriculteurs volontaires souhaitant planter des haies et/ou développer de l'agroforesterie et/ou passer au non labour et/ou à l'agriculture biologique afin d'encourager les démarches vertueuses pour l'environnement (eau -quantité-qualité-ruissellement/air/biodiversité).

Le CESER suggère que la Région conditionne ses financements aux pratiques des agriculteurs ayant des impacts favorables eau/carbone/biodiversité, tout en s'assurant d'une production locale. Il convient de convertir les financements publics en Paiement pour Services Environnementaux (PSE) de sorte à aider et accompagner les agriculteurs dans la transition.

Le CESER considère que l'agriculture seule ne peut changer s'il n'y a pas de transformation de la consommation sur le territoire. Aussi, le CESER demande que la Région, sur le même principe que les PSE, oriente ses financements vers l'accompagnement du développement de filières (cameline, chanvre, abattoirs mobiles...) : permettant les études et recherches nécessaires et garantissant des débouchés et des consommations au plus près du territoire et œuvrant pour limiter l'empreinte carbone du territoire. Cela peut se faire par l'intermédiaire des marchés publics en intégrant des clauses favorisant le stockage de Carbone en Ile-de-France mais également lutte contre les aberrations (ex : le chanvre est surtaxé dans la filière construction car il ne bénéficie pas de filière de recyclage). A ce titre le CESER regrette que le plan régional de prévention et gestion des déchets n'ait pas prévu le cas des matériaux biosourcés afin de sortir de cette impasse.

Recommandation 3.

Soutien à l'élevage et à la préservation des prairies permanentes

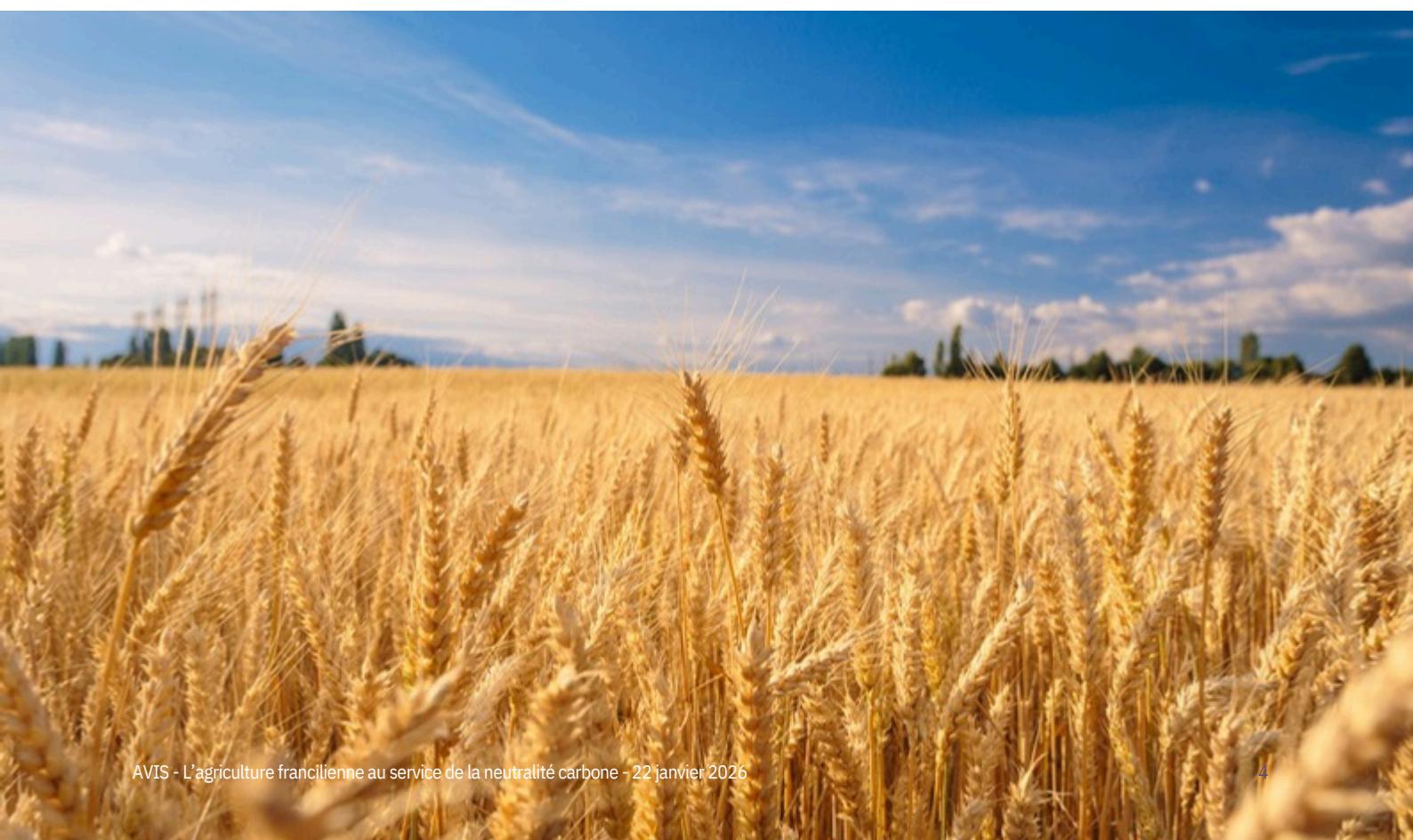
Le CESER souhaite que la Région aide au développement de l'élevage de sorte à relocaliser un élevage extensif en Ile-de-France. Cela passe notamment par l'évolution du label « Produit en Ile-de-France » dans le but de valoriser les produits dont l'ensemble de la filière est localisé en Île-de-France et générant des co-bénéfices localement. Cela peut aussi passer, en zone Natura 2000, par un démarchage pour permettre le maintien de prairie à intérêt écologique via des aides.

A cet effet, le CESER propose à la Région de financer une étude sur le bilan carbone de la filière élevage francilienne.

Recommandation 4.

Communication

Le CESER souhaite que la Région communique sur l'intérêt des activités agricoles (grandes cultures et élevage) favorables à l'environnement et au stockage de carbone auprès du grand public.



Introduction

D'après le parlement européen, la neutralité carbone désigne « un équilibre entre les émissions de carbone et l'absorption du carbone de l'atmosphère par les puits de carbone. Pour atteindre des émissions nettes nulles, toutes les émissions de gaz à effet de serre dans le monde devront être compensées par la séquestration du carbone. » (B18).

Potentiel de réchauffement global des différents gaz à effet de serre (à 100 ans) (B34)

Gaz à effet de serre	PRG
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

Avec **4 425 exploitations agricoles**, les espaces dédiés à l'agriculture occupent **50%** du territoire Francilien (B26).

L'INSEE précise : « *L'Île-de-France est fortement tournée vers la production de grandes cultures (céréales, oléagineux, protéagineux, autres grandes cultures) : 79 % des exploitations sont spécialisées dans les grandes cultures et 88 % de la surface agricole utile (SAU) est dédiée à cette spécialisation.* » (B8). Bien que l'élevage bovin tende à diminuer (-21% de bovins entre 2010 et 2020 – B26), 6% des exploitations sont spécialisées dans l'élevage et 7% en polyculture-élevage (B27).

L'agriculture est aujourd'hui principalement émettrice de gaz à effet de serre bien que le secteur agricole ne représente que 2% des émissions régionales de GES (B6).

Les activités agricoles génèrent principalement trois gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O).

Gaz à effet de serre et sources	Émissions (Mt éq. CO ₂)
CH ₄ entérique	28,7
CH ₄ déjections	14,3
CH₄ total	43,1
N ₂ O lié aux déjections	6,1
N ₂ O lié aux engrains organiques et minéraux	49,5
N₂O total	55,5
CO ₂ lié à la consommation d'énergie	10,4
TOTAL Mt eq. CO₂	109,0
Part de l'agriculture dans le total national (%)	20,5

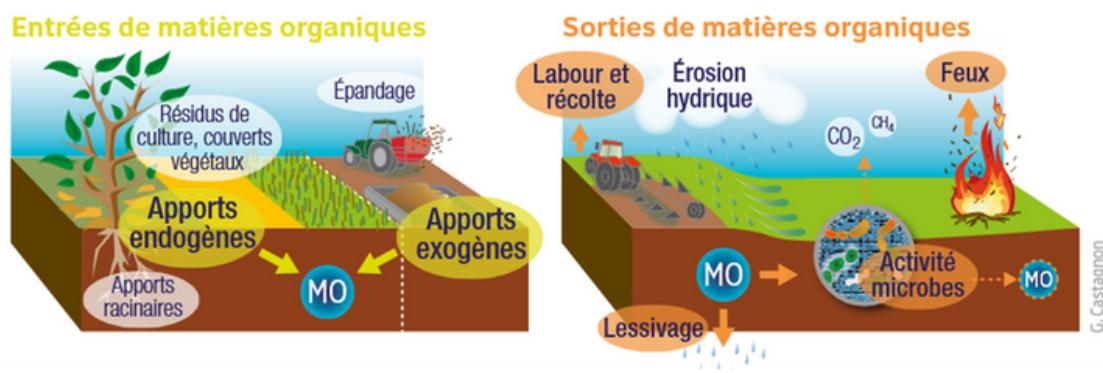
Source : Citepa, 2010

Émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole en 2008 (Source - B34)

En France, l'agriculture contribue pour environ **20 %** au pouvoir de réchauffement global national (B34).

En moissonnant ses parcelles, l'agriculteur préleve une quantité substantielle de végétaux. Le retour de matières organiques au sol est alors limité. En outre, des pratiques telles que le labour, en aérant le sol, favorisent l'activité microbienne, et donc la minéralisation.

À l'exception des apports racinaires, l'essentiel des entrées de matières organiques s'effectue depuis la surface. En revanche, une grande partie de leur dégradation se joue dans le sol, via l'activité microbienne. Des leviers sont actionnables, à la fois pour augmenter les entrées et pour limiter les sorties (Ademe) (B39).



Modalités de formation et de dégradation des matières organiques dans un agro-écosystème (ADEME) (Source - B39)

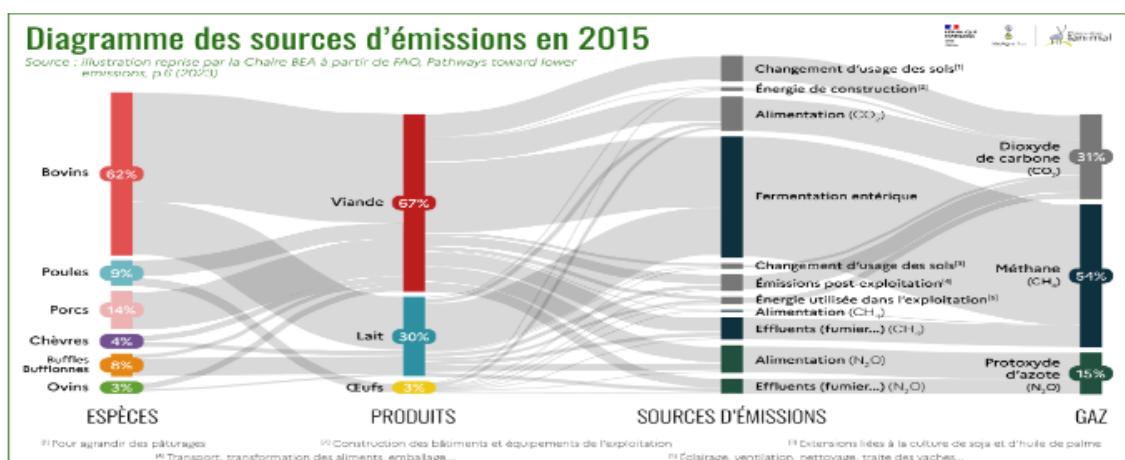
Les sols agricoles sont en perte de matière organique, qui constitue un réservoir temporaire de carbone organique. Cette perte est estimée à 6 millions de tonnes de carbone par an (soit près de 0,2 % par an) entre les périodes 1990-1995 et 1999-2004. Elle touche principalement les sols qui disposaient des teneurs initiales les plus fortes. Ceci s'explique à la fois par une évolution globale des écosystèmes, une conversion des surfaces en prairies vers des cultures annuelles et une modification des pratiques agricoles (approfondissement du travail du sol, chaulage...) (B34).

Parmi les critiques, **l'élevage des ruminants et des bovins** en particulier est souvent pointé du doigt, notamment en ce qui concerne ses **émissions de méthane, puissant gaz à effet de serre (GES)** qui contribue au dérèglement climatique. En effet, dans son rapport publié en décembre 2023, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) souligne que **l'élevage est à l'origine de 12% des émissions de GES mondiaux** (20,5% en France) causées par l'humain ; **le méthane représentant un peu plus de la moitié de ces émissions (54%)**.

Or, dès 2009, la FAO soutenait que « avec de meilleures pratiques de gestion, le secteur de l'élevage peut aussi contribuer de manière significative à l'atténuation des effets du changement climatique [...]. L'augmentation de l'utilisation des pâturages pour l'alimentation animale et leur bonne gestion en pâturage rotatif sont potentiellement le moyen le plus rentable de réduire et compenser les émissions de gaz à effet de serre. La régénération du couvert végétal et de la teneur des sols en matière organique favorise la séquestration du carbone, tandis que l'incorporation de fourrage de haute qualité dans l'alimentation animale contribue à la réduction des émissions de méthane par unité de produit animal » (B15).

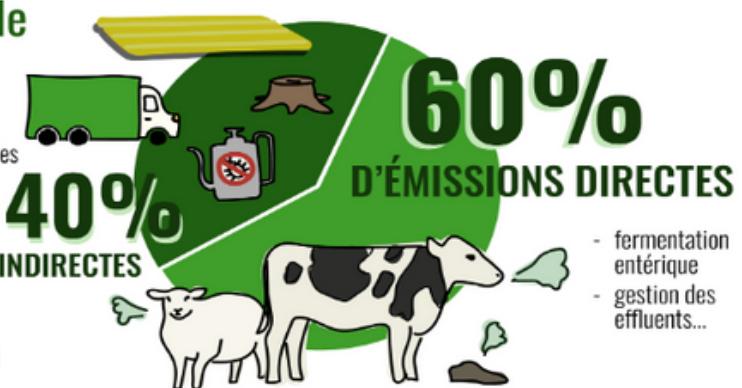


Le poids des émissions de GES n'est pas identique selon les espèces animales. Selon la FAO (2023), l'élevage bovin représenterait 62% des émissions de GES attribuées à l'élevage au niveau mondial, loin devant celles liées à l'élevage d'autres animaux. Cela est dû à leur biomasse totale qui est supérieure à celle des autres animaux d'élevage, mais également à leur processus de digestion spécifique (B15).



Les émissions de GES (gaz à effet de serre) liées à l'élevage à l'échelle mondiale

- fabrication de fertilisants et de pesticides
- production de nourriture destinée à la consommation animale
- transport
- déforestation...



Pour autant, l'agriculture, et notamment l'agriculture francilienne, a une forte potentialité à stocker des gaz à effet de serre (audition Sylvain Pellerin, INRAE). Cette capacité est due à la surface de sol maîtrisé par l'agriculture. Or, un sol vivant et bien portant est capable d'absorber de grande quantité de carbone et de le stocker. Une agriculture qui prend plus soin de ses sols est donc une agriculture qui stocke plus de carbone qu'elle n'en émet.

Quant à l'élevage, il n'est pas uniquement émetteur de gaz à effet de serre : les prairies, qui sont, en France tout du moins, à la base de l'alimentation des bovins, permettent de stocker du carbone (B15).

Par ailleurs, beaucoup de ces pratiques à mettre en œuvre ont des co-bénéfices en matière de biodiversité mais aussi de la qualité de l'eau ou encore de la résilience au changement climatique. Ces nouvelles pratiques permettent notamment de développer la résilience des systèmes agricoles à travers l'agroforesterie, l'agriculture de précision ou encore la couverture des sols.

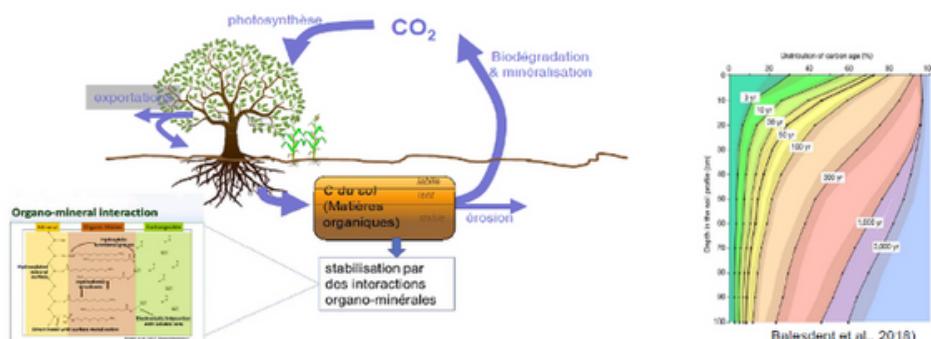
Au niveau international, l'ONU affirmait le 30 avril 2025 « Dans un monde qui se réchauffe, l'agriculture doit être au cœur de l'action pour le climat et l'air pur » en indiquant « L'agriculture est au cœur des solutions pour réduire le réchauffement climatique. [...] De plus, l'agriculture offre de nombreuses solutions pour lutter contre les super-polluants. Des pratiques durables, des systèmes plus efficaces et des alternatives plus propres en agriculture peuvent réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la pollution atmosphérique, tout en améliorant les rendements, les conditions de vie et les moyens de subsistance. » (B19).

En s'appuyant sur la loi LTECV de 2015 (B2) le gouvernement a posé la Stratégie Nationale Bas-Carbone. En ce sens, le ministère de l'agriculture indique « la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) adoptée en 2015 puis révisée en 2019 vise une réduction des émissions agricoles de 46 % d'ici 2050, ainsi qu'une augmentation de l'absorption des émissions résiduelles. » (B20).

Le ministère de l'environnement a également lancé plusieurs projets en lien avec l'agriculture et la neutralité carbone. C'est le cas du projet agro-écologique[1] de 2017 (avec un plan d'action comprenant des éléments sur la formation, le soutien financier, l'accompagnement des agriculteurs, etc.) ainsi que du projet « 4 pour 1 000 » (visant à améliorer le stockage du carbone dans les sols) (B21 & B22).

Les matières organiques du sol constituent le réservoir de carbone organique le plus important, devant la biomasse des végétaux. En France, 3 à 4 milliards de tonnes de carbone sont stockés dans les 30 premiers centimètres de sols, soit trois fois plus de carbone que dans le bois des forêts (B39).

Les voies de limitation de l'effet de serre concernent ainsi l'augmentation des stocks de carbone dans les sols mais aussi, et avant tout, la protection des puits de carbone terrestres existants que sont les forêts primaires ou anciennes, les écosystèmes prairiaux et les tourbières (B34)



L'existence d'un stock de carbone organique dans les sols, à temps de résidence long, contribue à l'atténuation du changement climatique (Source - B35)

Ainsi, un projet multi-universitaires de l'INRAE, du CNRS et d'autres universités européennes a notamment montré que l'agriculture pourrait réduire d'un tiers l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère (B16).



PARTIE

01.

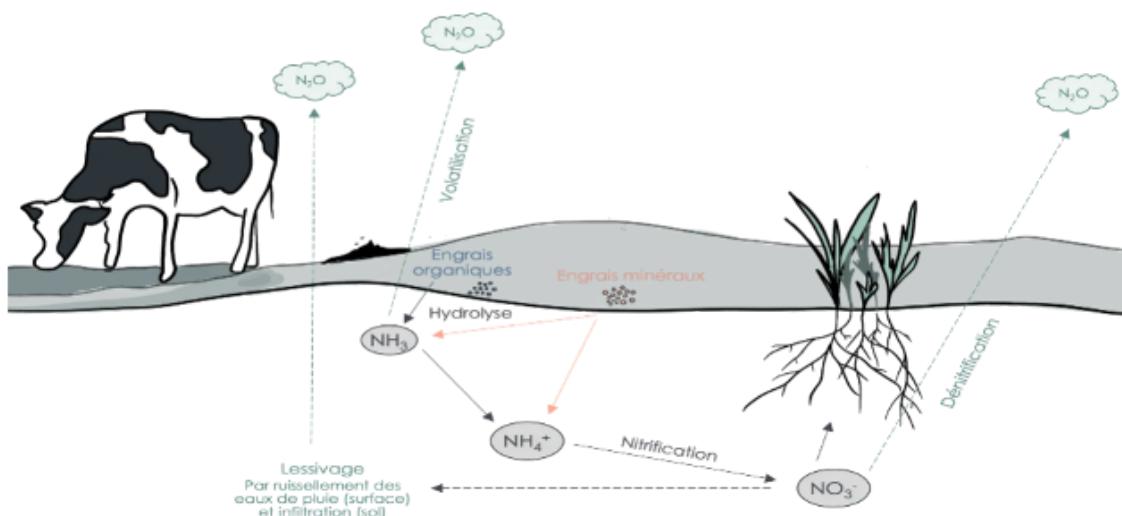
1. Eviter d'émettre, principe essentiel de la neutralité carbone

A

vant de vouloir stocker, il faut commencer par éviter d'émettre. L'émission de Gaz à effets de serre dans une exploitation agricole a plusieurs origines :

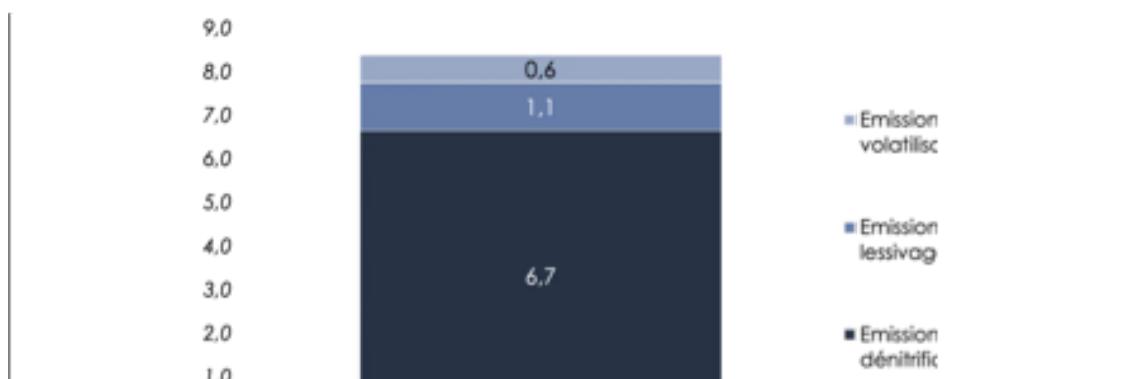
- le matériel et notamment le travail du sol qui nécessite une forte puissance des tracteurs avec des émissions carbone qui en sont le corollaire ;
- l'utilisation d'engrais minéraux azotés notamment sous forme liquide : les engrais issus de l'industrie pétrochimique pour la plupart sont déjà émetteur à leur conception. Les émissions de protoxyde d'azote (N_2O) liées à la fertilisation azotée minérale et organique représentent plus des trois quarts de l'empreinte carbone des grandes cultures (B3).

En effet, la part importante des émissions de gaz à effet associée à l'utilisation des engrais est due à l'émission de protoxyde d'azote dans l'air qui est un gaz avec un pouvoir de réchauffement global environ 270 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone : émettre 1 kg de N_2O dans l'air est équivalent à émettre 270 kgCO₂e (B17). On distinguera les émissions directes de protoxyde d'azote (N_2O) liées au processus de dénitrification et les émissions indirectes de protoxyde d'azote liées aux processus de lessivage et de volatilisation (B17).



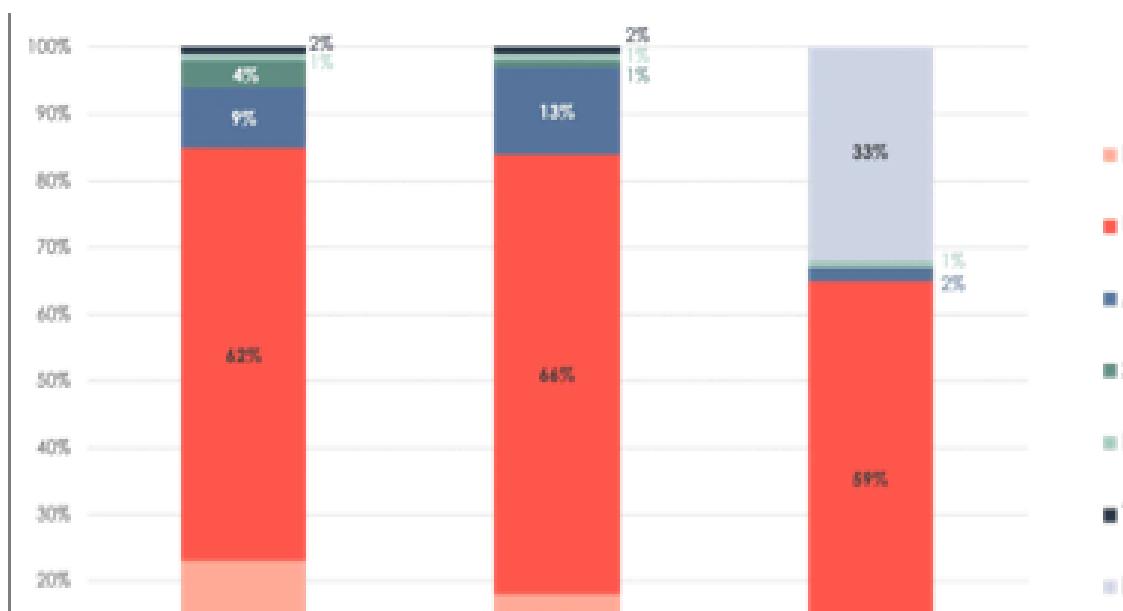
(Source - B17)

Empreinte carbone moyenne de l'usage d'un engrais synthétique azoté (en kgCO₂e / kg N)



(Source - B17)

Répartition des émissions de gaz à effet de serre par type de production



(Source - B17)

Le retournement des prairies permanentes, suite à l'abandon de l'élevage, pour des raisons économiques mais aussi sanitaires et liés à la pénibilité d'un travail mal rémunéré, conduit au déstockage de carbone quelquefois stocké depuis des décennies voire des siècles et ce, sans considérer l'impact sur la biodiversité.

1.1 Le mode de fertilisation des sols franciliens, un levier d'action pertinent.

Afin de limiter ces effets des solutions existent. Ainsi enfouir l'engrais dans les 12 heures – notamment l'urée ou la solution azotée, lorsque c'est possible au regard de la culture en place – est une solution permettant de réduire les émissions indirectes de N₂O « volatilisation » (liées aux émissions de NH₃) par rapport au même engrais non enfoui. La réduction d'intrants permet également de limiter ces gaz à effet de serre.

Toutefois, la solution qui permet plus que réduire mais même permettre de capter des GES reste l'apport de matière organique.

Dans les sols, les matières organiques sont essentielles au bon fonctionnement et à la durabilité des écosystèmes agricoles et forestiers : stabilité des sols, stockage de carbone, qualité des eaux, biodiversité... (B39).

Il est important de reconstituer au fur et à mesure le stock de matières organiques, via les végétaux ou par des apports exogènes conformes à la réglementation. Si ce stock est maintenu, les services rendus par la minéralisation peuvent être assurés, les stocks de carbone conservés et les transferts de contaminants limités (B39).

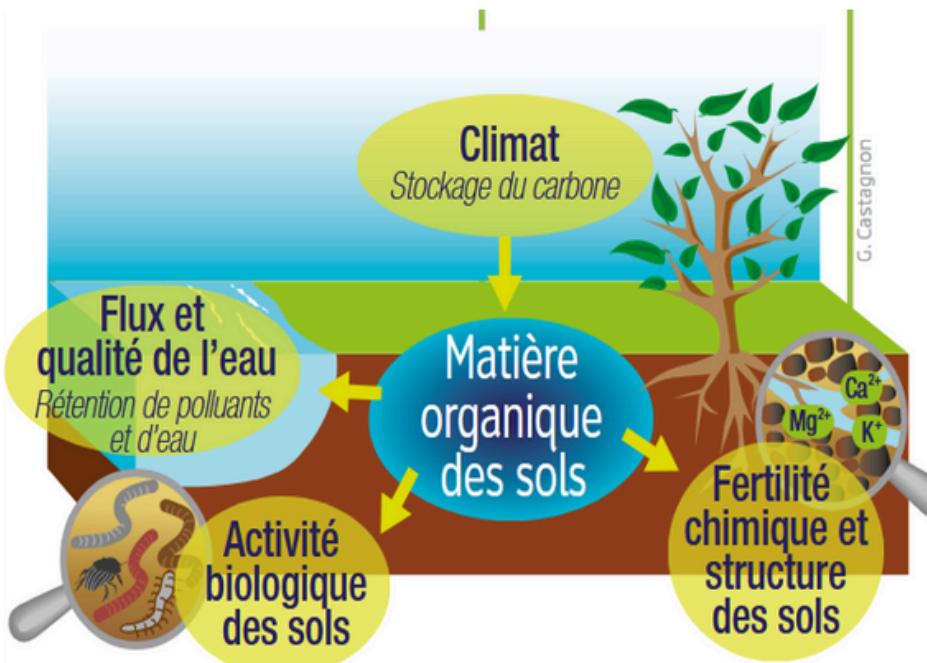
C'est pourquoi l'apport équilibré d'azote organique via des déjections animales ou via un couvert végétal riche en azote comme les légumineuses accroît la séquestration de carbone (B15). Aussi, ces pistes sont à développer.

De même, il ne faut pas ignorer les recherches et les pistes de réflexion étudiées aujourd'hui notamment par l'IPR (Institut Paris Région) sur la valorisation des excréments humains et notamment de l'urine par séparation à la collecte. Alors que l'azote et le phosphore, nécessaires à l'agriculture, dépendent aujourd'hui de ressources fossiles massivement importées, la collecte séparée des urines pour les recycler en engrais est susceptible de répondre à ces enjeux (B4).

Cela permettrait la réduction de GES liés aux transports et à la fabrication des engrais de synthèses, et, par la mise en œuvre avec des outils adaptées permettant l'enfouissement immédiat, d'éviter les émissions de GES liés à l'épandage.

Concernant les surfaces en grandes cultures, la restitution des résidus de culture, l'implantation d'engrais verts, la diminution du travail du sol ainsi que l'épandage de déchets organiques contribuent à alimenter les stocks de carbone des sols (B34).

Une autre solution, expérimentée par AGROFILE, consiste à remettre des animaux d'élevage dans les champs en après culture.



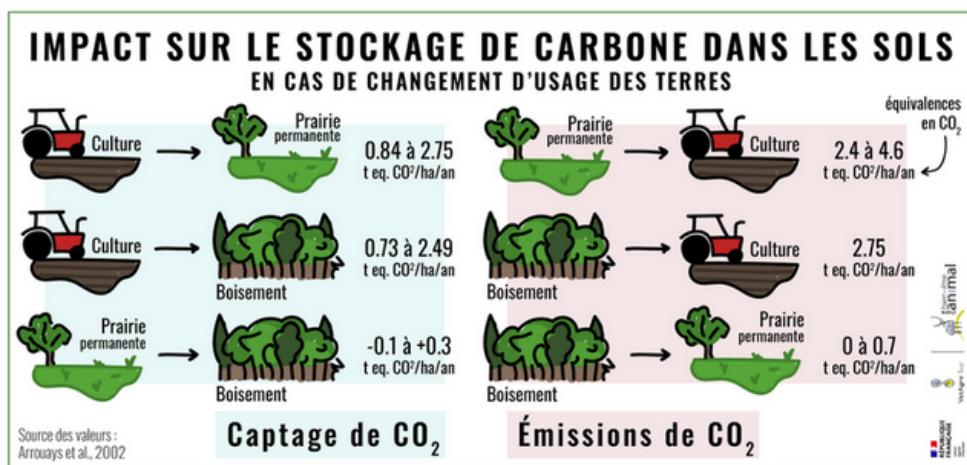
(Source - B28)

L'augmentation d'un apport de matière organique permet de dynamiser la faune et la fonge du sol conduisant donc à une amélioration de la biodiversité. Par ailleurs, ces organismes vont permettre une décompaction du sol et la création de galeries favorisant l'infiltration de l'eau avec des impacts tant sur l'alimentation des nappes que la limitation du ruissellement.

1.2 Le non-retournement des prairies, ou comment préserver les stocks de carbone.

Le retournement de prairies conduit à une perte importante et rapide de la matière organique du sol (B30).

La conversion d'une prairie (ou d'une forêt) en culture, du simple fait du travail du sol, engendre un déstockage de carbone deux fois plus rapide et deux fois plus important durant les 20 premières années que le stockage induit par la conversion inverse. En effet, ces conversions engendrent des conditions qui conduisent à une perte du carbone stocké par le sol, libéré dans l'atmosphère sous forme de CO₂ (aération du sol, accroissement de la minéralisation, etc.) (B34).



(Source - B15)

La surface des prairies a largement diminué depuis la mécanisation agricole. Cette perte s'est accompagnée d'une perte de la biodiversité qui y est liée et qui avait co-évolué sur plusieurs milliers d'années. Aussi, la préservation des espaces prairiaux contribue au maintien voire au renforcement des populations animales et végétales liées à ces milieux donc de nombreuses espèces sont aujourd'hui considérées comme vulnérables, en danger voire disparues d'Île-de-France.

Concernant l'eau, les prairies ralentissent les crues et favorisent l'infiltration.

1.3 L'impact et le besoin de matériel dans la transition agricole francilienne

Le matériel agricole est aussi un levier, même s'il reste plus modeste que les autres. Ainsi, la pratique du non-labour permet d'éviter la nécessité de tracteurs de forte puissance dans la ferme. Ces tracteurs sont fortement émetteurs de gaz à effet de serre sachant que le labour demande une puissance importante. Il s'agit également d'économie substantiel pour l'exploitation.

L'innovation technologique telle que l'agriculture de précision est une des solutions potentielles mises en avant dans la diminution des émissions carbone et la hausse de la séquestration. En effet, le ministère de l'agriculture indique notamment : « *Les principaux leviers de la SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) sont le développement de l'agro-écologie et de l'agriculture de précision[PB1] [...]* » (B20).

Par ailleurs, une partie de la flotte de tracteurs peut aussi fonctionner au biogaz afin de limiter le recours aux énergies fossiles et de limiter l'émission de GES.

1.4 Focus sur le rôle de l'élevage, essentiel dans la neutralité carbone

Afin de baisser les émissions de GES, il convient d'agir sur l'alimentation des animaux : en favorisant un élevage extensif en extérieur au dépend d'un élevage en bâtiment avec une nourriture issue de culture (et encore plus s'il s'agit d'une alimentation non produite sur la ferme voire importée). En effet dans ce cas la prairie permanente se substitue, par exemple, au maïs ensilage qui nécessite un travail du sol et dont l'exploitation laisse peu de matière organique au sol.

La relocalisation de la consommation de viande permet également d'éviter le transport sur de longue distance, de ces denrées et donc des émissions de GES qui en découlent.

Enfin, la mise en œuvre d'abattoirs mobiles, outre le fait d'être moins stressant pour les animaux, permet d'éviter le transport d'animaux vivants.



PARTIE

092.

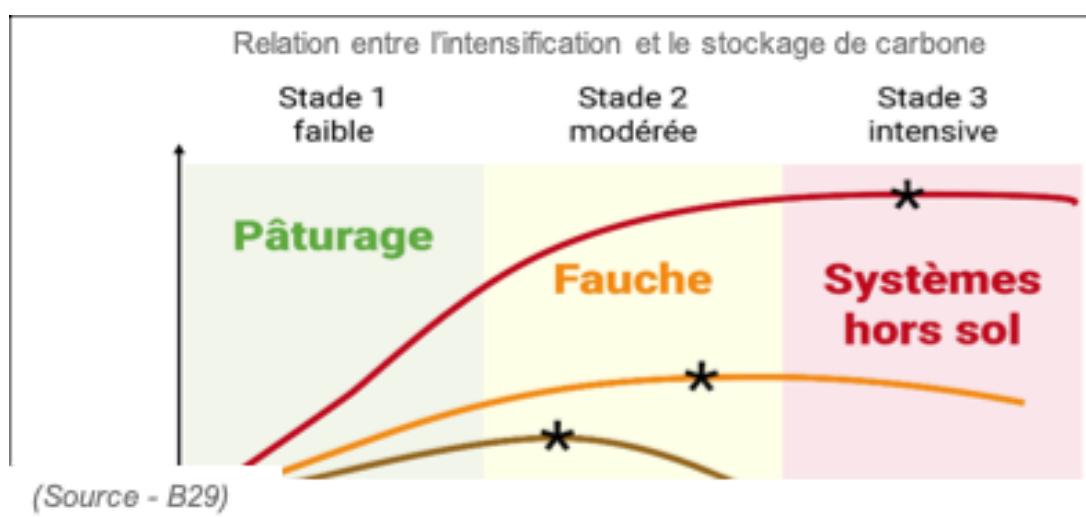
2. La préservation des stocks de carbone franciliens, facteurs de non-émission

La reconstitution d'un stock de carbone organique dans le sol demande plusieurs décennies. Mieux vaut donc préserver les zones ayant les réserves les plus importantes et maîtriser l'artificialisation des terres (B39).

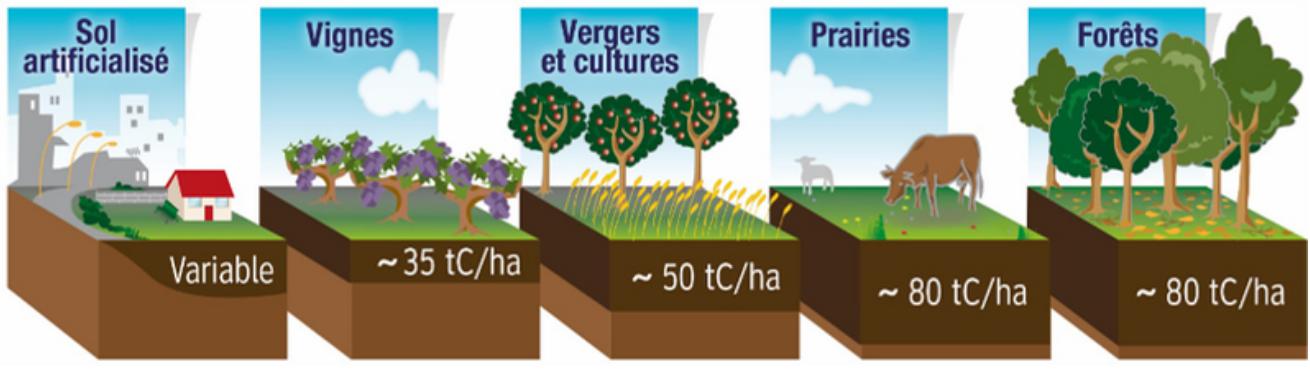
2.1 La préservation des prairies permanentes : une priorité

D'après la statistique agricole annuelle du ministère de l'Agriculture, les principaux changements d'affectation des sols opérés entre 1990 et 2010 ont impacté 1,6Mha de prairies permanentes au profit des cultures (d'après l'ADEME – B39).

Pourtant, les prairies permanentes se comportent comme des puits de carbone. Une exploitation « modérée » (fauche ou pâturage) accroît le stockage du carbone, suite à la stimulation de la production végétale et un prélèvement moindre. En gestion « intensive », les exportations importantes de carbone (biomasse) réduisent les apports organiques dans le sol (stockage du carbone). **En mode « modéré », le stockage de carbone dans le sol compense les autres émissions associées à l'élevage (N_2O , CH_4) (bilan GES 0.4 Tg C/ha.an) (B29).**



Contribution des différents usages du sol au stockage de carbone



(Source - B30)

Les régions d'élevage conservent des stocks de matière organique nettement plus importants. Elles bénéficient de l'effet combiné des prairies, des apports de fumier et d'un moindre recours au labour. En effet, **les prairies, au même titre que les forêts, constituent des réservoirs de carbone importants, puisqu'elles peuvent stocker 70 t C/ha sur l'horizon 0-30 cm**, alors que les terres arables ne comptent que 43 t C/ha (B34).

Type de couvert	Stock de carbone (t C/ha)
Terre arable	43
Prairie	70
Forêt mélangée	70
Pelouse d'altitude	93

Stock de carbone dans le sol par hectare, sur l'horizon 0-30 cm, en fonction du type d'occupation du sol (Source - B32)



2.2 Préservation des haies, un processus maintenant et améliorant les stocks de carbone.

Il ne faut pas négliger le stockage du carbone dans le sol sous les haies et les bosquets, très fréquemment présents dans les fermes d'élevage d'herbivores. Leur surface peut représenter entre 10 et 15 % de la SAU de ces exploitations (B34).

Les haies issues d'espaces agricoles sont très favorables à la biodiversité. Elles accueillent une faune menacée aujourd'hui par la raréfaction de ces espaces et elles contribuent également à la création de continuités écologiques entre espaces de vies pour de nombreuses espèces. Elles contribuent en outre à favoriser l'infiltration de l'eau et à limiter le ruissellement donc le risque de crue.



The background of the top half of the image is a close-up photograph of a dense field of green grass and small, light-colored wildflowers, possibly chickweed or similar tiny flowers.

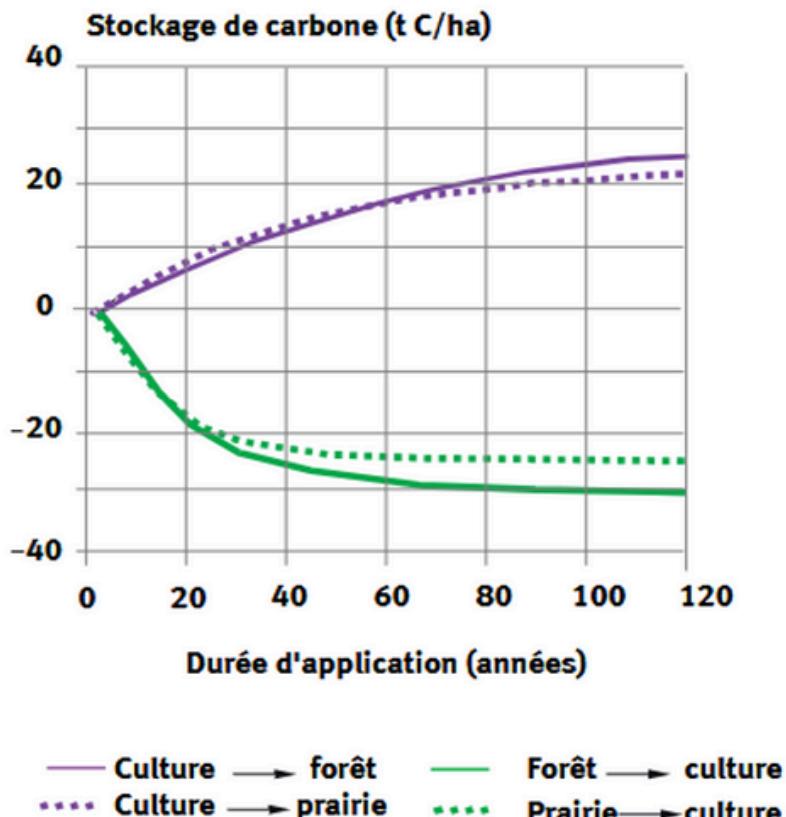
PARTIE

03.

3. Le stockage de carbone dans les sols, élément central d'une politique de transition agricole.

3.1 Des prairies permanentes à développer

Le stockage du carbone est non linéaire. Rapide durant les 30 à 40 premières années, il ralentit ensuite. Il dépend en effet de la cinétique de décomposition de la matière organique par la communauté microbienne du sol, et tend à terme vers un équilibre où les entrées et les sorties se compensent. Cependant, il ne semble pas y avoir de limite temporelle au stockage du carbone, des prairies très anciennes pouvant continuer à stocker du carbone sur de très longues périodes (B34).



Évolutions du stock de carbone dans le sol associé aux pratiques provoquant des stockages ou déstockages de carbone.

(Source - B31)

Les prairies non pâturées

La séquestration du carbone par les prairies est un **processus naturel**. Dans l'atmosphère, le carbone est présent majoritairement sous forme de dioxyde de carbone (CO_2) et de méthane (CH_4).

Grâce à la **photosynthèse**, le carbone est fixé naturellement par les plantes, leur métabolisme l'incluant dans la constitution de différentes molécules et des tissus végétaux.

Ce carbone sera alloué au sol via les **résidus de parties aériennes** (feuilles, tiges) et les racines, mais aussi via les **exsudats racinaires**, et sera intégré dans le stock de matière organique. Une partie du carbone est donc **stockée dans la matière organique du sol ainsi que dans le couvert végétal**, et sera possiblement restituée à l'atmosphère sous forme de CO_2 via la respiration des plantes et des micro-organismes du sol.

Plusieurs études scientifiques ont montré que les **prairies tempérées d'Europe sont des « puits de carbone » : elles captent et stockent plus de carbone qu'elles n'en restituent dans l'atmosphère (B15)**.

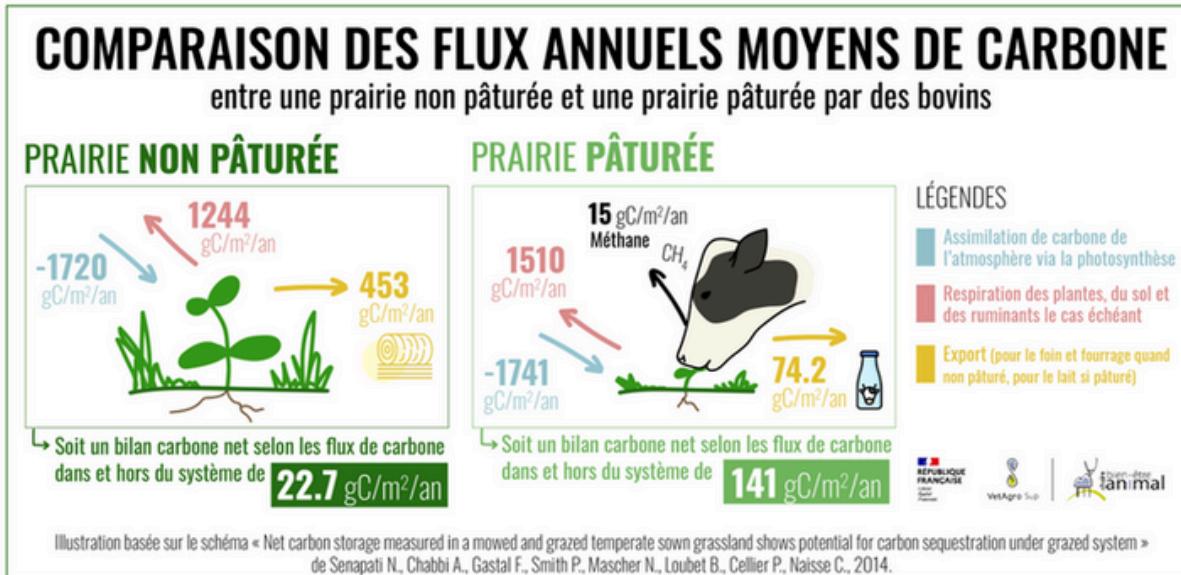
Le pâturage permet un meilleur stockage du carbone que la fauche via un apport direct de matière organique par les déjections et moins d'exportation de carbone du fait de l'herbe résiduelle. Inversement, la fauche exclusive et fréquente de la prairie peut conduire à des niveaux de prélèvement trop forts (exportations de carbone importantes et répétées) (B34).

Les prairies pâturées

Dans le cas de jeunes prairies, durant les 40 premières années notamment, lorsque la prairie est pâturee par des ruminants, les mêmes processus s'appliquent qu'avec la fauche : le carbone présent dans l'atmosphère sous forme de CO et CH_4 est fixé par les plantes sous forme de carbone organique. Une partie du carbone est stockée dans la matière organique du sol et dans les plantes. Une partie est restituée à l'atmosphère via la respiration des plantes et des micro-organismes du sol, mais aussi via **la respiration des ruminants**. Les bovins rejettent en plus du CH_4 dans l'atmosphère suite au processus de fermentation entérique lors de **leur digestion**. Les bovins rejettent donc à la fois dans l'atmosphère du CO_2 et du CH_4 . **Ainsi, la respiration globale du système** ($1510 \text{ gCm}^{-2} \text{ année}^{-1}$) **est supérieure par rapport à une prairie sans animaux** ($1244 \text{ gCm}^{-2} \text{ année}^{-1}$).

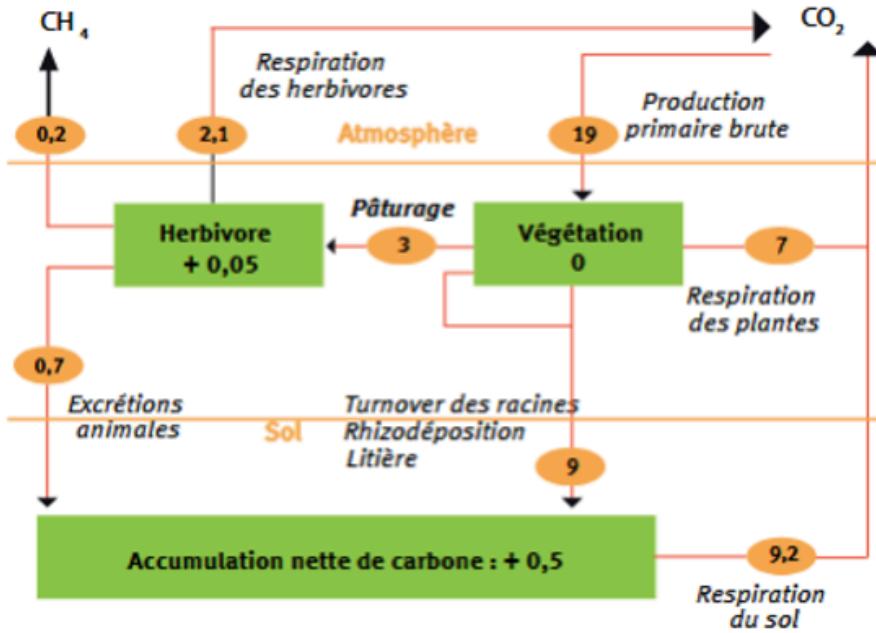
Toutefois, l'étude de Senapati et al. (2014) montre que le bilan carbone net d'une prairie pâturée est supérieur à celui d'une prairie non pâturée. Cela est principalement dû au fait que dans le cas d'une prairie pâturée, une grande partie du fourrage est directement recyclée sur place par les animaux qui s'alimentent (permettant au carbone organique contenu dans l'herbe d'être alloué au sol de la prairie), alors que dans une prairie non pâturée, la majeure partie du carbone organique contenu dans l'herbe (95%) sort du système via le foin/fourrage et n'est pas recyclée sur place. Dans une prairie pâturée, environ 25-40% du carbone organique contenu dans l'herbe ingérée par les animaux retourne dans le sol via les fèces des animaux. Une petite partie carbone organique contenu dans l'herbe ingérée est exportée en dehors du système via le lait/la viande produit par les animaux (B15).

Dans les systèmes prairiaux, une partie du CO₂ fixé par les plantes est restituée à l'atmosphère par la respiration des animaux, après consommation des fourrages. Une petite partie est perdue sous forme de méthane, alors qu'une dernière partie retourne au sol, par l'intermédiaire des fèces (directement au pâturage ou sous forme de fumier et lisier). Ce retour au sol via les déjections animales s'ajoute aux apports de carbone par les litières, les résidus d'herbe et les racines. La différence entre ces apports et la respiration au niveau du sol constitue le stockage net de carbone au niveau d'un sol. Le flux total de carbone au niveau d'une prairie est donc très important, de l'ordre de 20 tonnes de carbone par hectare et par an. Le flux de carbone dû à l'émission de méthane est faible (de l'ordre de 0,2 t de carbone par ha et par an soit 1 % du flux total de carbone). Le carbone séquestré au niveau du sol est de l'ordre de 0,5 tonne de carbone par hectare, soit 2,5 % du flux total, et représente 1,83 tonnes de CO₂(B34).



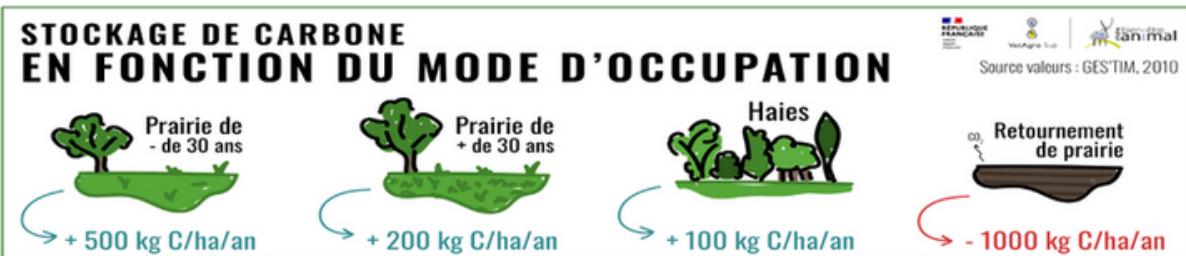
(Source - B15)

Flux de carbone d'une prairie pâturée en t C/ha/an



(Source - B34)

Il convient toutefois de noter qu'une **prairie permanente stocke plus de carbone** qu'une **prairie temporaire** (B15).



(Source - B15)

L'intensité du pâturage est également un facteur impactant : le **surpâturage**, qui consiste en une exploitation excessive de la végétation d'une surface fourragère par les bovins et autres ruminants, peut dégrader le couvert végétal et **diminuer les capacités de stockage du carbone par le sol**, par une moindre restitution de litières (débris végétaux en décomposition) au sol. A l'inverse, une **pratique de pâturage tournant** (avec des rotations courtes) permet d'**éviter le surpâturage**, de stimuler la production de biomasse **tout en réduisant la consommation d'aliments concentrés** (céréales, soja, etc.).

Cela permet aussi de **réduire les émissions de GES liées à la gestion et au stockage des effluents**, avec une répartition uniforme des nutriments sur les parcelles (B15).

L'augmentation de la surface en prairie permettrait de créer un réseau viable pour le maintien et la dispersion d'espèces liées à ces habitats. Par ailleurs, la gestion extensive est très favorable à la biodiversité. La présence d'élevage extensif à faible consommation d'antiparasitaire est également très favorable au développement de la faune des coprophages (animaux se nourrissant des excréments) favorisant le retour au sol de la matière organique.

Ces prairies auront également des fonctionnalités liées au ruissellement de l'eau et à son infiltration.

3.2 L'agriculture de conservation, une pratique à généraliser.

Les **trois piliers** de ce que l'on appelle « l'**agriculture de conservation** » sont :

- **le non-labour ou la réduction du travail du sol.** Cette technique consiste à semer les cultures sans que l'intégralité du champ n'ait été travaillée ou labourée, au préalable. Cette pratique permet de réduire l'érosion du sol, de ralentir la décomposition des matières organiques par une moindre oxygénéation du sol, de préserver sa biodiversité (notamment les vers de terre).
- **la couverture permanente des sols,** soit avec des paillis issus des résidus de culture laissés sur le champ, soit par des couverts végétaux vivants entre les différentes cultures. Cette couverture des sols les protège contre l'érosion notamment hydrique, permet de fixer du carbone tout en étant bénéfique pour la faune du sol (bactéries, champignons, lombrics...).
- **la diversification des cultures,** soit en rotation, soit en association. Cette diversification permet de limiter le développement des bioagresseurs et maladies des plantes, mais aussi d'augmenter la productivité des parcelles cultivées notamment grâce à des effets précédents des cultures. Par exemple, une légumineuse (pois, haricot, arachide, féverole, luzerne...) dans la rotation va fixer de l'azote de l'air et le rendre disponible dans le sol pour la culture suivante, favorisant ainsi sa croissance. Une meilleure productivité des cultures permet d'avoir plus de carbone fixé sur la parcelle, et donc plus de carbone dans les sols, notamment via les racines des cultures.

Ces pratiques deviennent réellement efficaces pour augmenter le carbone des sols lorsqu'elles sont associées. Pratiquées seules, elles n'ont parfois que peu ou pas d'impact. C'est notamment le cas du non-labour seul, qui peut avoir un effet positif sur le carbone des sols dans certains contextes mais pas dans d'autres (B5).

L'abandon du labour induirait une augmentation des teneurs en carbone des sols par une moindre minéralisation des matières organiques en raison de leur meilleure protection physique dans les agrégats et à des conditions plus froides et humides en surface.

Actuellement, 34,4 % des surfaces cultivées sont conduits en techniques culturales simplifiées selon Arvalis Institut du végétal, ce sont principalement les cultures d'automne. Les techniques sans labour s'étendent du semis direct à des interventions plus ou moins profondes. Leur impact sur les stocks de carbone a souvent été surestimé. Moins de 1 % des surfaces cultivées sont exploitées en semis direct (B39).

Sur la base des suivis expérimentaux réalisés par la communauté scientifique internationale, seul le semis direct affiche un stockage moyen de 0,15 tonne de carbone de plus par an que le labour. Ce résultat est très variable selon les situations. D'ailleurs, un essai mené par Arvalis pendant quarante ans sur le site de Boigneville, dans l’Essonne, montre qu’après avoir permis un stockage de l’ordre de 2 t/ha de carbone organique pendant 24 ans, le semis direct ne se différencie pas du labour au bout de 40 ans. De plus, un labour s’avère parfois nécessaire pour des raisons agronomiques. Selon l’INRA un labour occasionnel tous les cinq ans, permettrait de conserver une partie du possible gain sur les stocks de carbone, et surtout les économies de carburant (B39).

La production de biomasse par les couverts végétaux permet de stocker du carbone et d’augmenter la teneur en carbone du sol (ainsi que son potentiel à le stocker) (B15).

Aussi, l’augmentation de la durée de la rotation impliquant des prairies temporaires ou la conversion de prairies temporaires en prairies permanentes augmente le stockage de carbone (B34).

La présence de légumineuses permet une autorégulation en azote et donc le maintien du stock de carbone de l’humus (pas de carence) (B34).

La conversion de 50 % des terres arables françaises, dans l’hypothèse d’une conversion progressive au semis direct en 20 ans, représenterait en effet un stockage additionnel de presque 40 MtC (soit 150 Mt eq. CO₂) d’ici 2050 (Arrouays et al. 2002) (B6).

Ce mode d’exploitation va permettre de développer la faune et la fonge du sol. Le maintien de couvert herbacée florifère permet également de contribuer à l’alimentation des polliniseurs.

On retrouvera également des bénéfices proche de celles de la prairie concernant l’eau. Le seul point négatif reste le recours au désherbant total qui peut avoir des impacts sur la biodiversité du sol mais aussi sur la qualité de l’eau.

3.3 Des sols à enrichir en biomasse

Comme évoquer auparavant, la fertilisation peut permettre le stockage de carbone si l’on utilise pour cela de la biomasse. Ainsi l’apport de déjections animales, de compost, le semis en interculture d’engrais vert, permettent cet enrichissement et contribue donc au stockage.

3.4 Le rôle des cultures intermédiaires et leur contribution à l'atteinte de la neutralité carbone.

Pour accroître le retour au sol de matières organiques, il faut favoriser la couverture des sols nus par l'incorporation des cultures intermédiaires dans la rotation (B39).

Sur les mêmes principes que la prairie, la mise en place de couvert végétaux va donc se rapprocher d'une prairie temporaire, voire permanente en cas de mise en œuvre de technique de non-labour.

La mise en œuvre de cultures intermédiaires permet de capter du CO₂ supplémentaire par les parties aériennes et racinaires des plantes. Cela permet aussi de limiter l'érosion des sols et notamment la perte de la partie riche en matière organique.

Elles permettraient de stocker +126 +/-93kgC/ha/an (B7).

Ces cultures intermédiaires peuvent avoir plusieurs usages :

- une incorporation au sol pour un enrichissement en matière organique (engrais vert)
- la production de végétaux destinés à la production de carburant alternatif aux ressources fossiles qu'ils s'agissent de végétaux destinés à être méthanisés afin de produire du gaz, de colza pour la création de diester ou encore de cameline, plante à développer, en usage de substitution au Kérosène.

Ainsi, si l'on prend l'exemple de la cameline, en plus de l'effet de stockage en culture intermédiaire, elle permet de créer un carburant de substitution pour les aéronefs permettant la diminution des GES. Or, la norme européenne 2023/2405 dite ReFuelEU Aviation impose aux compagnies aérienne une part minimale de 2 % de carburant durable à compter du 1er janvier 2025. Cette part devra atteindre 6% en 2030, 20 % en 2035 puis 70 % en 2050 (B70).



Cameline

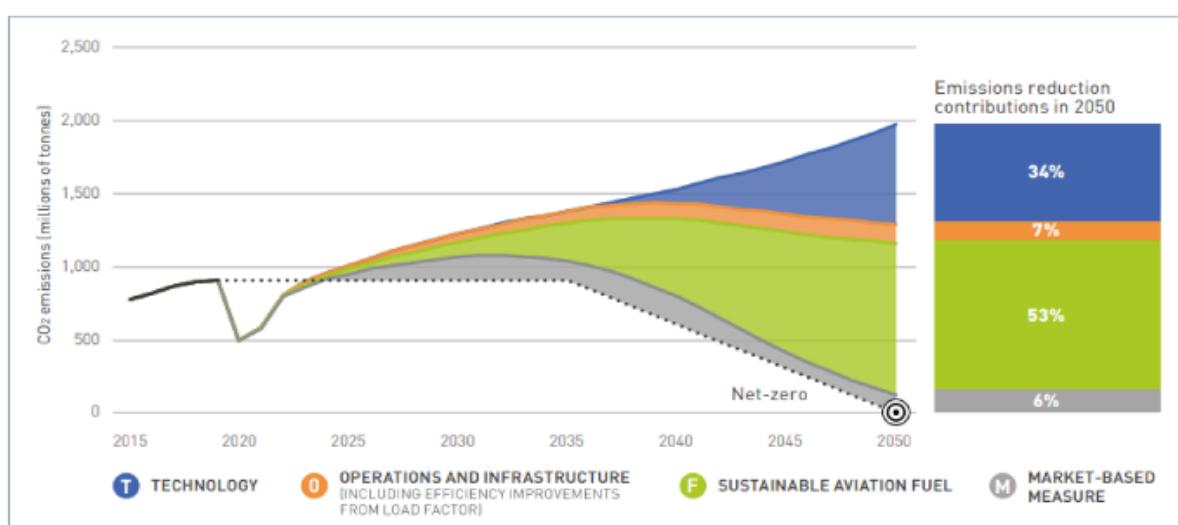
Les avionneurs se sont tournés vers des huiles végétales comme carburant durable (B71). Afin de satisfaire la production d'huiles végétales, diverses entreprises tel que Avril cherchent à développer de nouvelles cultures agricoles permettant de répondre aux prérogatives des avionneurs. Lors de l'audition de Perrine Tonin du groupe Avril, les conseillers ont découvert la camelina, une nouvelle culture pouvant être mise en avant afin de répondre à la demande d'huile végétale de combustion. La camelina est une interculture d'été en cycle court. Une fois récoltée une partie est transformée en huile et une autre partie en « tourteau » pouvant être utilisée dans l'alimentation animale ou humaine (B71).

Cette espèce est par ailleurs :

- Résistante au stress hydrique
- Résistante aux bioagresseurs et maladies
- Peu exigeante en intrants
- Cycle court (90-100 jours)
- En culture intermédiaire estivale, levée idéale entre mi-juin et mi-juillet, afin de garantir une récolte entre septembre et fin octobre

La filière de la camelina est à développer. Au vu des bénéfices écologiques que pourrait apporter la culture de la camelina sur l'aviation et donc sur la réduction des gaz à effet de serre, la Région pourrait contribuer au développement de ces nouvelles filières en accompagnant la création de celle-ci à travers le financement d'équipement de triage, stockage et séchage.

Il convient toutefois de faire attention aux cultures printanières récoltées ou détruites au printemps qui peuvent avoir des impacts sur la biodiversité. La précocité des récoltes pose en effet des problèmes aux espèces qui nichent dans les cultures à cette période, notamment les busards. Leur survie nécessite le repérage et la protection des nids, en collaboration avec les agriculteurs. Une meilleure concertation entre les acteurs en amont des récoltes permettrait d'éviter la destruction des nichées.



(Source - B33)

3.5 Favoriser des cultures permettant le stockage de carbone ou la substitution à du carbone fossile

Comme déjà évoqué, certaines pratiques agricoles peuvent également permettre de substituer des GES fossiles par des GES contemporains souvent en accompagnant d'une réduction de leurs émissions. Il s'agit notamment de la pratique de la méthanisation, des cultures permettant la production d'agrocarburants ou alors de bois énergie issu de l'agroforesterie ou de l'entretien des haies.

Toutefois cette substitution ne doit pas se faire au détriment d'autres cultures sur de longues périodes comme c'est le cas pour le Miscanthus, qui, certes, peut permettre de produire de l'énergie, mais qui mobilise les sols sur plusieurs décennies. De même, il faut veiller aux impacts sur la biodiversité qui peuvent exister notamment sur les cultures énergétiques printanières.

Outre les cultures évoquées en culture intermédiaire, destinées à la production d'énergie renouvelable, d'autres cultures permettent le stockage de carbone tel que le chanvre et le lin.

Ainsi, le chanvre peut stocker 9 à 15t de CO₂ à l'hectare (B8).

La filière du chanvre qui possède une croissance en France nécessite une augmentation de la production du chanvre pour se développer et atteindre de nouveaux paliers. (B72). En effet, lors de l'audition du 3 juin de Planète Chanvre les personnes auditionnées ont soulevé la croissance du marché du chanvre, la résistance du chanvre au aléas climatiques, sa résistance au stress hydrique et son potentiel de croissance n'ayant pas besoin de pesticide (le chanvre est également intéressant pour la biodiversité et les économies d'eau) (B72). De plus, le chanvre possède une pluralité d'utilisations telles que l'isolation, l'alimentation humaine et animale ainsi que l'habillement (B72). Le chanvre comme matériaux de construction possède de nombreux avantages à savoir :

- Stockage du carbone : Le béton de chanvre permet d'éviter l'émission de 0,91 tonne de carbone par hectare lors de la production et les isolants à base de chanvre permettent d'éviter l'émission de 0,24 tonne de carbone par hectare lors de la production d'après Interchanvre en collaboration avec l'INRAE. Ces atouts permettent au chanvre de contribuer à la neutralité carbone.
- La résistance à la chaleur (EI 240[1], affaiblissement acoustique, très bon isolant thermique.

[1]EI 240 indique que le matériau est coupe-feu pendant 240 minutes (d'après la présentation de Planète Chanvre à la commission. – L'isolation thermique peut engendrer une économie de chauffage de 70% d'après interchanvre, avançant une étude du Cerema de 2020.

Le chanvre, comme matériaux de construction, représente un réel atout pour l'atteinte de la neutralité carbone et la Région a d'ores-et-déjà poussé ce matériau en l'utilisant pour construire les logements du lycée de Saint-Ouen en 2022.

Dans les deux cas, ces plantes permettent, par leurs usages, de conserver du carbone stocké : la principale utilisation concernée est celle en isolation de bâtiments permettant un stockage sur plusieurs décennies. Elles ont en outre le co-bénéfice, qu'en isolant, elles permettent d'éviter la production de GES liés au chauffage des bâtiments.

Toutefois, ces filières peinent à émerger et il est nécessaire de les accompagner et de les renforcer.

Outre la faune et fonge du sol qui sera favorisé par plus d'apport de matière organique, le couvert végétal peut favoriser le déplacement de certaines espèces et s'il s'agit de cultures florifères, une alimentation des polliniseurs. Toutefois, la récolte printanière peut être impactant sur des espèces de vertébrés notamment oiseaux durant leur cycle de reproduction.

Concernant l'eau, la présence de végétation et d'un sol plus vivant limite le ruissellement, l'érosion et favorise l'infiltration, notamment avec le chanvre dont le système racinaire est très développé et profond.

Dans tous les cas, qu'il s'agisse d'eau ou de biodiversité, le moindre recours aux intrants et notamment aux pesticides, est le préalable indispensable.



Chanvre

Le cas de la méthanisation

La caractérisation des digestats et leurs impacts sur les sols sont encore mal connus.

Le ratio de carbone stable/carbone labile en sortie de digestat diffère et n'a pas les mêmes caractéristiques de restitution dans le temps.

Certains chercheurs considèrent que la méthanisation risque de conduire à un appauvrissement en carbone des sols. D'autres acteurs indiquent que la méthanisation peut être très positive pour les sols, à condition qu'elle s'inscrive dans une logique d'économie circulaire de l'exploitation, avec des tailles raisonnables (un modèle de méthanisation à la ferme) et des pratiques culturales favorisant une production végétale importante (B12).

Toutefois, le modèle de méthanisateur avec les pratiques culturales actuelles va conduire à un appauvrissement des sols, en contribuant à l'ensemble des mécanismes qui font baisser le taux de matières organiques. En effet, le digestat standard ne permet pas d'augmenter la teneur en matière organique des sols avec un digestat liquide (B12).

Aussi, il est nécessaire d'augmenter la production végétale pour arriver à un équilibre. Le bilan humique doit être positif, c'est la première condition. Une production de biogaz sans le retour au sol de suffisamment de carbone va appauvrir les sols (B12). Toutefois, la méthanisation peut au contraire être une chance pour une agriculture vertueuse si l'on applique les pratiques culturales dites « de conservation des sols » (B12). Avec un mix élevage/cultures, l'absence de travail du sol, une rotation agronomique des cultures et un couvert végétal permanent, permettraient de conserver des sols riches tout en produisant de l'énergie. Le secret, c'est d'augmenter la production végétale et de faire travailler bactéries et champignons (B12).

L'exploitation des CIVE permet une augmentation constante du taux de matière organique par le maintien du système racinaire en place. Si la politique agricole misait sur la conservation des sols avec restitution de pailles, CIVE, grains, il serait alors très positif de faire de la méthanisation parce que l'on permettrait un retour au sol de carbone (B12).

Influence de la séparation de phase

Obtention d'un digestat liquide majoritairement fertilisant (NH_4^+) et d'un digestat solide majoritairement amendant



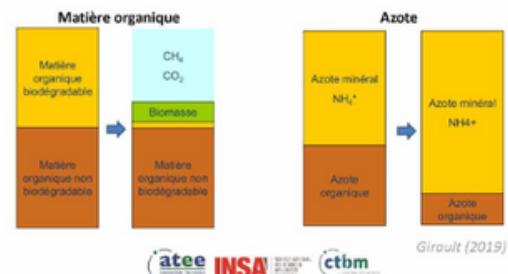
* Dépend de l'utilisation des coagulants / flocculants pour la séparation de la phase solide

** Dépend de la technique utilisée

➤ Issu de l'« Etat de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne», EREP SA, EAWAG, 2009

Transformation de la matière au cours de la méthanisation

- Dégradation +/- complète de la matière organique :
 - ✓ matière organique dans le digestat, mais relativement + stable
 - Conservation de l'azote dans le digestat, mais ↗ de la fraction minérale
 - Conservation des autres éléments (P, K...)



atee INSA ctbm

Girault (2019)



Le cas de la méthanisation (suite)

Enfin, le digestat pourrait avoir un effet positif sur le sol, mais sous certaines conditions (B12) : On sait que le digestat est riche en azote sous forme ammoniacal et que la problématique réside donc dans les techniques d'épandage, qui doivent tenir compte de sa volatilité. Le procédé de méthanisation assure une première dégradation de la matière organique biodégradable pour faire du biogaz. La matière organique qui reste dans les digestats est donc stabilisée, ce qui lui permet d'entretenir la teneur des sols. Son efficacité dépend de la quantité de digestat apportée dans le sol, de sa teneur en matière organique et de la fréquence d'apport. Avec les digestats solides, on a tendance à augmenter la teneur en matière organique du sol. Avec un digestat liquide, en revanche, cette teneur n'évolue pas ou très peu. » (B12).

Aussi, les intrants du méthaniseur conditionnent les caractéristiques du digestat.

Des "digestats solides" sont des digestats qui ont subi un traitement complémentaire : séparation de phase couplée éventuellement avec un compostage. Ce type de digestat peut effectivement contribuer à augmenter la teneur en matière organique des sols, mais ce type de traitement complémentaire est marginal (B12). Si l'on introduit dans le méthaniseur des intrants riches en produits ligneux, on va améliorer la teneur en carbone organique humifiable des digestats, mais, dans la réalité des pratiques, les entrepreneurs n'ont aucun intérêt à introduire dans les méthaniseurs des intrants riches en produits ligneux, car le carbone organique de type ligneux ne sera pas décomposé par les bactéries anaérobies du digesteur.

Il y a donc conflit entre l'objectif de vouloir produire du méthane et l'objectif d'obtenir des digestats de bonne qualité pour amender les sols cultivables. » (B12). Par ailleurs, la matière labile des intrants de méthanisation, matière fermentescible par les bactéries anaérobies, ne se retrouve pas dans le digestat solide.

Cette dernière, servant d'énergie, de nourriture, à une grande partie de la biosphère du sol, part avec le biogaz, sous forme de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2). Le corollaire de l'obtention de digestat solide pour "nourrir" une partie de la biosphère du sol est donc la privation de nourriture pour l'autre partie. L'absence de carbone labile dans les digestats est préjudiciable au développement et à l'activité biologique de la biosphère microbienne du sol (c'est "la faim en carbone des sols"). Ce point est important pour le maintien de la vie des sols à moyen et à long terme. Il est également important pour l'utilisation racinaire des nutriments du sol par les plantes.

Ce déséquilibre peut faire craindre l'obtention de sols déstructurés et infertiles à moyen ou à long terme. » (B12). Pour ce qui est des pratiques culturales, l'introduction de ligneux, la production accrue de végétaux pour nourrir le méthaniseur sont évidemment des pistes intéressantes. Les pratiques d'agriculture de conservation des sols, permettant cet accroissement et se basant sur le travail des bactéries, des champignons et des plantes permet une gestion efficace du sol (B12).



3.6 Développer l'agroforesterie et la plantation de haies.

La pratique d'agroforesterie ou la présence de haies dans une prairie permet aussi d'augmenter les stocks de carbone de cette dernière (B15).

On distinguera d'une part la fonction de fixation de carbone (photosynthèse) et la fonction de stockage de carbone (création d'un stock de carbone dans le temps).

Pour les haies, le stockage varie selon la morphologie de la haie. Par ailleurs, le bénéfice se fait aussi via la valorisation du bois qui en est fait (ex : valorisation énergétique) (B9).

Les équipes de l'INRA ont travaillé sur le carbone organique des sols dans le réseau de bocage français (Baudry et al. 2000, Walter et al. 2003). Ces travaux ont été repris par l'Expertise Scientifique Collective **qui suggère des estimations de flux annuels nets** (pour un scénario à 20 ans) de 0.1 tC/ha/an pour 100ml de haie par hectare (Arrouays et al. 2002).

Ces stocks additionnels sont principalement localisés autour de la haie grâce un horizon superficiel préservé et enrichi par la litière aérienne de l'arbre (feuillage, bois) (Follain et al. 2007). Même si le rôle des haies et du réseau bocager dans le stockage de carbone est avéré, les données et la connaissance sur le fonctionnement de la dynamique du carbone du sol manquent cruellement, si l'on veut pouvoir proposer des estimations fiables pour des politiques environnementales qui viendraient s'inscrire dans la réduction de nos émissions de GES (B6).

Estimation des plantations de haies champêtres en bords de champs et de leur contribution aux réductions des émissions de GES pour les horizons 2020 et 2050.

Plantation (ha)			Taux de stockage (t C.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	Potentiel de stockage (en Mt eq CO ₂ .an ⁻¹) et (en % des objectifs de réduction)	
	2020	2050		2020	2050
Haies champêtres (100ml/ha)	5 144 301 (20%)	10 288 602 (40%)	0.1	1.89 (1.7%)	3.77 (1.3%)

(Source - B36)

Si l'on fait l'hypothèse que chaque hectare peut être bordé au minimum de 100 m de haies champêtres (soit 1 km de haies pour une parcelle de 10ha) on pourrait alors à terme stocker annuellement entre 2 et 4 millions de tonnes équivalent CO₂ grâce aux haies ce qui représenterait une contribution d'environ 1.5% des objectifs de réductions des GES en 2020 et 2050 soit 8% des émissions de GES imputables aux secteurs agricoles et forestier (B6).

En agroforesterie, les arbres se distinguent par 2 aspects :

1. Leur enracinement est plus profond. En effet, du fait de l'environnement cultivé et de son relatif isolement, les racines des arbres agroforestiers descendent plus profondément dans les couches du sol que celles des arbres forestiers (Mulia and Dupraz 2006).
2. Les arbres agroforestiers poussent plus vite et produisent plus de biomasse. Les arbres agroforestiers sont des arbres de pleine lumière et bénéficient d'un environnement qu'il leur est favorable (fertilisation de la culture, faible concurrence entre eux, travail du sol) (Dupraz and Liagre 2008). A âge égal, ils produisent ainsi 3 fois plus de biomasse par arbre (Gavaland and Burnel 2005) (B6).

Les travaux de Haile et al. (2008) montrent que, comparées à une prairie sans arbres, les parcelles sylvopastorales contiennent plus de carbone dans les couches profondes du sol dans des conditions écologiques équivalentes. Ceci serait imputé au fait que la décomposition des racines mortes des arbres est une source importante de carbone organique dans le sol.

On retiendra qu'une estimation raisonnable du stockage potentiel des prairies agroforestières, pour des densités de 100 arbres/ha est de l'ordre de 2 tC/ha/ an (B6). Par exemple, des noyers noirs (*Juglans nigra*) en climat océanique, ont montré une capacité de stockage estimée à 190 Kg C/arbre en 30 ans (CASDAR 2008) dans la partie aérienne et d'environ 100 KgC/arbre dans les racines de structure (Gavaland et Burnel 2005 ; Gavaland. Comm.pers.) ce qui représente un potentiel de stockage de carbone dans la composante arborée de 20.3 tC/ha sur une période de 30 ans. A cela s'ajoute le carbone stocké dans le sol à travers le turn-over des racines fines des arbres. Le potentiel total de la parcelle est donc estimé à 30.3 t C/ha en 30 ans soit un stockage potentiel de 1 t C/ha/an pour une plantation de noyers noirs (70 arbres/ha) sur sols argilo-calcaires superficiels en climat océanique (B6).

Un autre exemple avec des noyers hybrides (80 arbres/ha) dans des cultures céréalières permet d'estimer la fixation annuelle des noyers à 3tC/ha/an (sur 40 ans) conduisant à un stock final dans les parties ligneuses de 120 tC/ha. Les travaux sur l'évaluation des variations de la teneur en C du sol sont en cours et se situent dans la fourchette de 4 à 20 tC/ha sur 40 ans, soit 0.1 à 0.5 tC/ha/an stockés dans le sol. Le stockage potentiel cumulé (biomasse de l'arbre et carbone du sol) serait compris entre 3 et 3.5 tC/ha/an pour des parcelles de 80 noyers hybrides par hectare (B6).

Potentiel de stockage des principaux systèmes agroforestiers en fonction du type d'arbres et de la densité. D'après Hamon, Dupraz et Liagre 2009

Type d'arbres	Durée de la rotation	Densité d'arbres	Potentiel de stockage (tC/ha/an)	Stockage moyen sur la durée de la rotation (tC/ha)	Stockage final (tC/ha)
Croissance lente	50 ans	50 arbres/ha	1.5	37.5	75
Croissance lente	50 ans	100 arbres/ha	3	75	150
Croissance rapide	15 ans	50 arbres/ha	2	15	30
Croissance rapide	15 ans	100 arbres/ha	4	30	60

La création d'une parcelle agroforestière conduit à stocker annuellement entre 1.5 et 4 tC/ha pour des densités comprises entre 50 et 100 arbres/ha soit en moyenne 2 fois plus qu'un hectare forestier moyen, estimé à 1 tC/ha/an (Chevassus au Louis 2009) et entre 5 et 10 fois plus que les Techniques Culturales Simplifiées (0.3 tC/ha/an) (TCS 2009) (B6). De plus, 40 % des terres arables d'Europe pourrait potentiellement être converties en agroforesterie.

Utilisation des terres (Agreste 2007)	Superficie (ha)	Adoption / Conversion (ha)		Taux de stockage (t C.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	Potentiel de stockage en (Mt eq CO ₂ .an ⁻¹) et (% des objectifs de réduction)	
		2020	2050		2020	2050
Terres arables (a)	13 052 834	400 000 (3%)	1 300 000 (10%)	2	2.93 (2.6%)	9.53 (3.4%)
Prairies (b)	12 668 673	200 000 (2%)	600 000 (5%)		1.47 (1.3%)	4.40 (1.6%)
TOTAL	25 721 507	600 000 (5%)	1 900 000 (15%)		4.40 (3.9%)	13.93 (4.9%)

Estimations des surfaces convertibles en agroforesterie en France et du potentiel de stockage de carbone en 2020 et 2050. (a) Céréales (sauf riz), Oléagineux, Protéagineux, Fourrage annuel (maïs fourrage et ensilage) ; (b) Prairies temporaires et Surface Toujours en Herbe (STH). (Source - B36)

Si l'on prévoit la plantation de 1.9 million d'hectares d'agroforesterie d'ici 2050 (15% de la SAU), on pourrait alors envisager de stocker 13.9 Mt eq CO₂/an ce qui représenterait environ 5 % des objectifs de réduction d'émissions soit 25 % des émissions de GES imputables aux secteurs agricole et forestier. L'agroforesterie est un outil économique et facile à mettre en place sur le territoire agricole dans le cadre des réductions des émissions, d'autant plus que contrairement à la forêt, le stock de carbone est entièrement créé et restera constant par replantation des parcelles exploitées. Un programme de soutien à la conversion agroforestière d'une partie de la SAU française conduirait à la création d'un puits supplémentaire de carbone stable dans le temps (B6).

Ces deux pratiques sont favorables à la biodiversité ne serait-ce que par la structuration du paysage qu'elles permettent. L'autre action porte sur la préservation des sols et donc de la faune et la fonge qui y est liées avec des apports de matière organique. Toutefois les co-bénéfices en matière de biodiversité dépendent de beaucoup d'autres facteurs : les essences plantées, il doit s'agir d'essences locales, de la diversité des essences plantées, de la nature du paillage (seul le paillage naturel sera bénéfique à la faune du sol), la longueur, la largeur, la connexion entre espaces naturels... A noter notamment l'impact négatif de la plantation de noyers (plante allélopathique[1]) dans des prairies à forte valeur écologique.

L'infiltration de l'eau est favorisée par ces pratiques par les systèmes racinaires. Leur orientation par rapport à la pente aura également un effet ainsi que leur densité.

[1] Phénomène biologique par lequel un organisme produit une ou plusieurs substances biochimiques ayant des effets sur la germination, la croissance, la survie et la reproduction d'autres organismes.

3.7 Des financements possibles

Certaines pratiques ouvrent droit à des Mesures Agri-Environnementales et Climatiques (MAEC) ou des aides d'investissement de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie par leur co-bénéfices sur l'eau.

Il existe également par exemple les dispositifs de financement « Agriculture - Alimentation » tels que le fonds de financement centré sur « Accompagnement des agriculteurs face au changement climatique » ou encore le fonds « Décarbonation de l'agriculture » (B62).

D'autres labels s'appliquent à l'échelle de l'exploitation et concernent plus directement la réduction des GES et le stockage du carbone, comme le label Au cœur des sols. » (B62). Néanmoins, plusieurs critiques ont été posées sur la multiplicité des labels. Le ministère de l'agriculture indique par exemple que « La diversité des labels environnementaux et climatiques des secteurs agricole et alimentaire induit des confusions sur leurs degrés d'exigence et de fiabilité. » (B20). Ensuite, plusieurs critiques sont portées par certains agriculteurs concernant les normes environnementales imposant une modification des pratiques mais n'étant pas suffisamment subventionnées afin que les agriculteurs puissent transitionner (B11).

Au niveau régional, la Conseil Régional cherche à accompagner les agriculteurs inscrits dans une démarche agro-écologique favorisant la séquestration carbone et qui contribuent à l'effort collectif d'atteinte de la neutralité carbone. Ainsi, la Région Île-de-France a lancé en juillet 2025 une nouvelle aide Régionale « Bio+ » ayant comme objectif de soutenir les exploitations biologiques (B23). La Région Île-de-France mène également un pacte agricole 2018-2030 ayant différents objectifs tels que l'installation et la formation des jeunes agriculteurs mais aussi « une préoccupation majeure avec des actions sur la réduction du bilan carbone de nos assiettes, la lutte contre les perturbateurs endocriniens, le recours au vrac et à la consigne. » (B24). Enfin, la Région Île-de-France a mis en place le label « Produit en Île-de-France » afin de valoriser le circuit court et donc de limiter les émissions carbone (B24).

Par ailleurs, le marché du Carbone se développe avec des entreprises recherchant à compenser leurs émissions.

Des outils se mettent en place pour réguler ce marché et notamment les Labels bas carbone détaillés ci-après. Ces Labels viennent d'être mis à jour par le Décret n° 2025-917 du 5 septembre 2025 modifiant le décret n° 2018-1043 du 28 novembre 2018 créant un label « Bas-Carbone ». L'État valide la vérification des crédits carbone associés (B10).

A noter l'évolution du texte : les mots : « générer des réductions d'émissions » sont remplacés par les mots : « effectuer des efforts de transition et de changements de pratiques » qui semble ainsi baisser l'ambition d'atteinte d'objectif de réduction en saluant l'effort, prenant ainsi en compte les biais des méthodes de calcul.

3.8 Le Label Bas-Carbone, un moyen de valoriser les transitions

En labellisant certaines méthodes de gestion forestières ou agricoles, le dispositif permet aux porteurs de projets qui respectent le cahier des charges correspondant, d'émettre des certificats carbone. Ces derniers peuvent alors être achetés par des entreprises : soit de manière volontaire dans le cadre de leur stratégie RSE, soit pour répondre à une obligation réglementaire de compensation de leurs émissions. Cette obligation concerne aujourd'hui principalement les compagnies aériennes (B13). Ces labels permettent d'acheter des crédits carbone (B10).

CarbonAgri : développée par l'Institut de l'élevage (Idele), cible les réductions d'émissions en élevages bovins et de grandes cultures.

Leviers visés : Les leviers de réduction d'émissions dans le cadre de la méthode CarbonAgri peuvent être regroupés en 10 catégories :

1. Réduction de la consommation d'énergie de l'exploitation
2. Stockage de carbone dans le sol
3. Stockage de carbone dans la biomasse aérienne
4. Fertilisation azotée organique et gestion des effluents d'élevage
5. Fertilisation minérale
6. Fertilisation azotée organique et minérale
7. Amélioration de l'autonomie protéique
8. Optimisation de l'alimentation animale
9. Optimisation de
10. Conduite de l'élevage

- **Haies** développée par la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, cible la gestion durable des haies.
- **Plantation de vergers** développée par la Compagnie des Amandes.
- **SOBAC'ECO TMM** développée par l'entreprise SOBAC, cible la gestion des intrants.

Leviers visés : La méthode SOBAC'ECO – TMM a pour but principal la réduction des intrants, avec un objectif affiché de réduction de 30% des engrains azotés à rendement constant. Cela implique donc une meilleure gestion de la fertilisation azotée, et non uniquement sa diminution. En effet, une simple baisse des apports en azote conduit en général à un effet de diminution des rendements.

Les leviers de réductions d'émissions peuvent être regroupés en 4 catégories :

- Les leviers spécifiques à la gestion de la fertilisation azotée organique et des effluents d'élevage ;
- Les leviers touchant à la fertilisation minérale ;
- Les leviers concernant la fertilisation azotée (minérale et organique) ;
- Les leviers d'optimisation des itinéraires techniques.

Ecométhane développée par l'entreprise Bleu Blanc Cœur, cible la réduction des émissions de méthane d'origine digestive par l'alimentation des bovins laitiers.

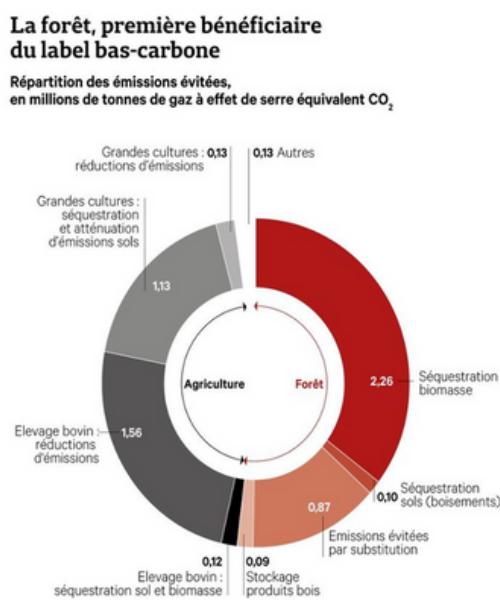
Grandes cultures développée par Arvalis, Terres Inovia, l'ITB, l'ARTB et Agrosolutions, cible les réductions d'émissions en exploitations de grandes cultures.

Le problème de ces méthodes résident dans :

- Le manque de garantie à long terme, une fois les engagements passés
- Le fait que les financements carbone reposent sur de l'additionnalité et ainsi pénalisent ceux qui font déjà, les précurseurs
- Les biais d'incertitude liées aux estimations du stockage de carbone
- et la difficile accessibilité de ces méthodes (DDF2)

Six ans après sa création en 2018, le label bas carbone (LBC) peine à décoller, et surtout à financer des pratiques vertueuses dans le secteur agricole. Au 31 mars 2025, le dispositif a permis de financer au total 1.685 projets, qui ont permis de réduire ou d'éviter l'émission de 6,41 millions de tonnes équivalent carbone (MtCO₂ eq).

Le montant des financements apportés est complexe à évaluer, car les prix des certificats carbone correspondants ne sont pas forcément connus, mais les experts de l'I4CE l'estiment compris dans une fourchette de « 50 à 150 millions d'euros » (B13).



SOURCES : I4CE, MTE

Les Echos

(Source - B13)

Conclusion

Les sols représentent le puits de carbone naturel le plus important sur les surfaces continentales. Les sols contiennent, sous forme de carbone organique, approximativement trois fois plus de carbone que l'atmosphère (B15).

La séquestration du carbone est fortement dépendante de l'**activité biologique d'un sol** en ce sens que les organismes du sol vont jouer à la fois sur les **mécanismes de protection du carbone** (protection physique dans les agrégats, protection chimique par la libération de molécules récalcitrantes) et de minéralisation de matières organiques. La **respiration** (et la libération subséquente de CO₂) est le principal processus par lequel les sols agissent comme source de GES. Les organismes du sol sont également impliqués dans la production d'autres GES comme le N₂O (résultant de la dénitrification) et le CH₄ (résultant de la méthanogenèse).

Parmi les 4 fonctions écosystémiques assurées par les organismes du sol, la séquestration du carbone est principalement dépendante de la transformation des molécules carbonées et du maintien de la structure du sol (B14).

Si le niveau de carbone stocké par les sols dans les 30 à 40 premiers centimètres augmentait de 0,4% (soit 4 %) par an, l'augmentation annuelle de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère serait presque compensée.

Aussi, le principal défi, pour que l'agriculture francilienne stocke du carbone, est de retrouver des sols vivants, riche en matière organique et en micro-organismes. Pour cela, différentes solutions s'offrent à l'agriculture (B15).

Le potentiel maximal de stockage additionnel du carbone dans les sols agricoles pourrait être de l'ordre de 1 à 3 millions de tonnes par an pendant vingt ans selon des estimations effectuées par l'INRA en 2002 puis en 2013. Ce stockage pourrait compenser jusqu'à 3 à 4 % des émissions annuelles en gaz à effet de serre de la France, ce qui n'est pas négligeable, mais supposerait des actions très volontaristes. Les pratiques à mettre en œuvre agissent soit en augmentant la matière organique soit en limitant les pertes (B39).

Estimation de l'impact des pratiques agricoles sur le stockage du carbone

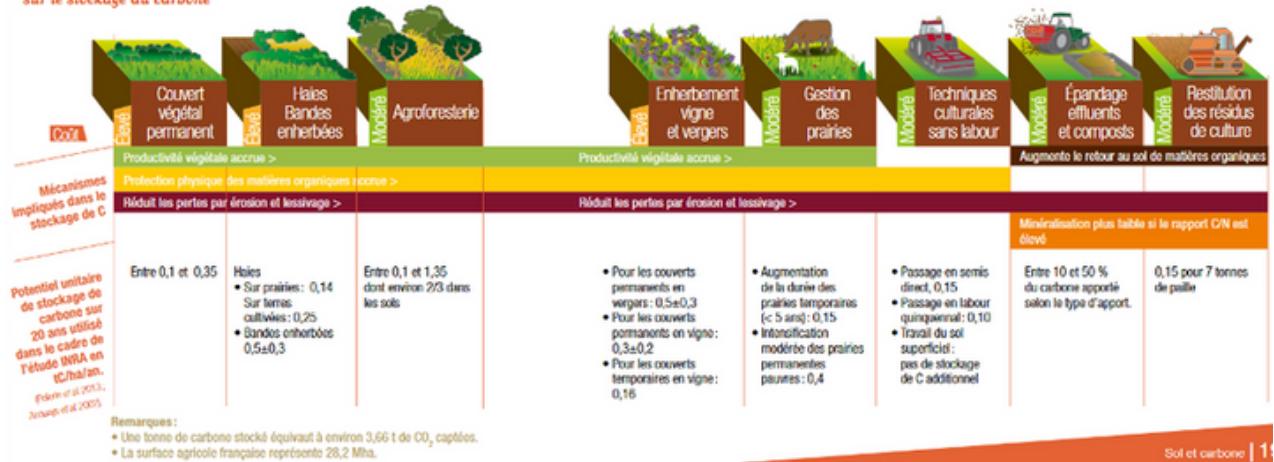


Schéma du rapport de l'Ademe de 2014 – Estimation de l'impact des pratiques agricoles sur le stockage du carbone. – (Source - B39)

Par rapport à la séquestration du carbone dans le sol, les mesures les plus efficaces en termes d'atténuation concernent le labour occasionnel (3,77 Mt équivalent CO₂ par an) et l'agroforesterie (1,53 Mt eqCO₂). Autres mesures à coût modéré favorisant les stocks de matières organiques : l'augmentation de la durée de vie des prairies temporaires (1,44 Mt eqCO₂ par an) et l'allongement de la durée du pâturage. Une mise à l'herbe prolongée aura en plus un effet sur les autres GES puisque la part des déjections émises en bâtiment, et donc les émissions de N₂O et CH₄ associées, seront réduites.

L'implantation des haies, les cultures intermédiaires, l'enherbement permanent en vigne et verger, les bandes enherbées (2,77 Mt eqCO₂ par an) ont un coût plus élevé, notamment en raison du temps de travail dédié. Ces actions se révèlent néanmoins bénéfiques sur d'autres aspects environnementaux comme la préservation de la qualité des eaux, de la qualité des sols et de la biodiversité (B39).

De meilleures pratiques de gestion des sols comme l'**apport de fumier** (qui permet, en apportant de la matière organique, de stimuler les micro-organismes du sol), l'**agroforesterie**, ou le **pâturage tournant** offrent des possibilités d'accroître la capacité de stockage de carbone des sols des prairies à court terme. **Lutter contre les mauvaises pratiques de gestion des sols** (surpâturage, labour systématique et profond, retournement, fertilisation excessive) participent également à cet effort (B15).

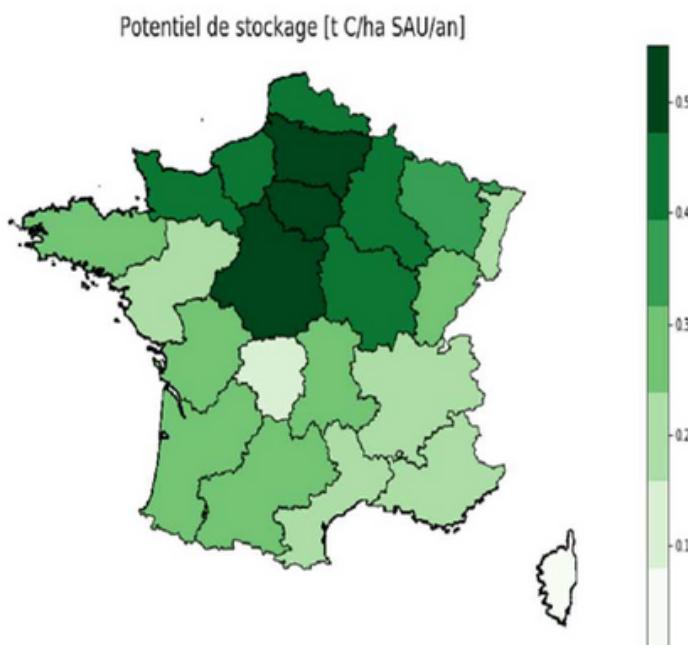
Concernant l'élevage, malgré ce qui est souvent clamé, il peut facilement stocker du Carbone si l'on reste dans un élevage extérieur et extensif, sur prairie, destiné à une consommation locale.

Du fait de leur potentiel de séquestration élevé (entre 1.5 et 4tC/ha/an) et de l'importance des surfaces potentiellement convertibles (atténuation de risques environnementaux en zones sensibles, adaptation aux systèmes de productions agricoles modernes) l'agroforesterie et les haies sont deux techniques économiques, simples et rentables de valorisation du potentiel du secteur agricole dans le cadre des objectifs de réduction des émissions à l'horizon 2050.

En convertissant 15 % de la SAU française en agroforesterie et en plantant des haies sur 20 %, ces aménagements pourraient alors contribuer à la réduction des émissions des secteurs agricole et forestier en 2050.

Un changement significatif des pratiques agricoles et le réaménagement arboré partiel de la surface agricole française permettraient de garantir une agriculture décarbonée et productive en France (B6).

L'essentiel des possibilités de stockage additionnel se trouve dans les systèmes de grandes cultures (+5,1 % par an; 86 % du potentiel total).



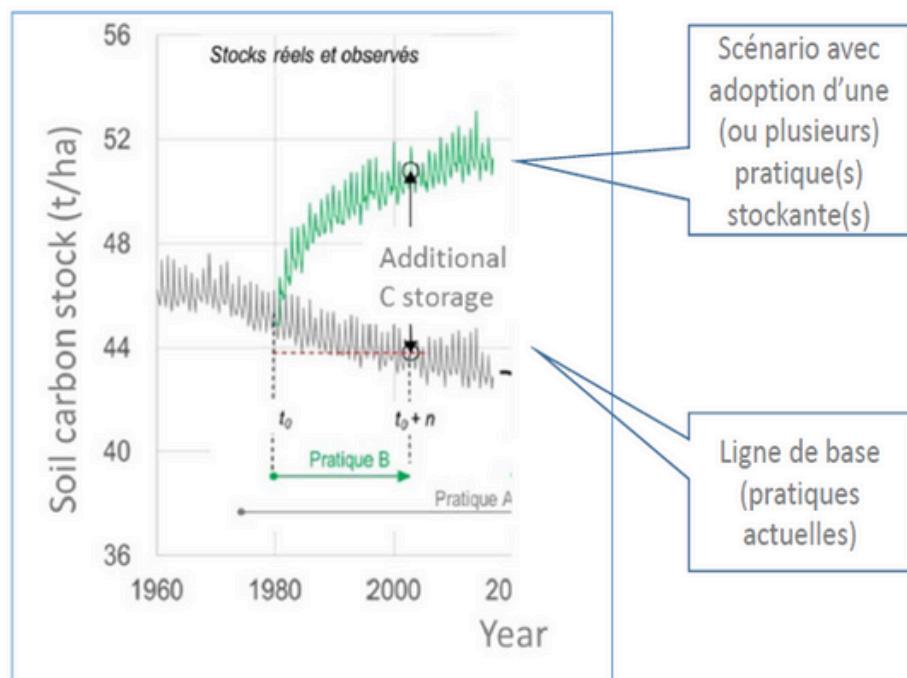
(Source - B37)

En résumé, les pratiques avec les plus forts potentiels de stockage additionnel sont:

- La généralisation des cultures intermédiaires (éviter les sols nus) (35,5%)
- L'agroforesterie intra-parcellaire et les haies (19,4%)
- L'insertion et l'allongement de prairies temporaires à la place du maïs ensilage (14,8%)

Le potentiel d'atténuation lié à la mise en place de pratiques stockantes en agriculture est de 59 MtCO₂e/an.

Cela permettrait de compenser 13 % des émissions françaises (436 MtCO₂e en 2019) (B7).

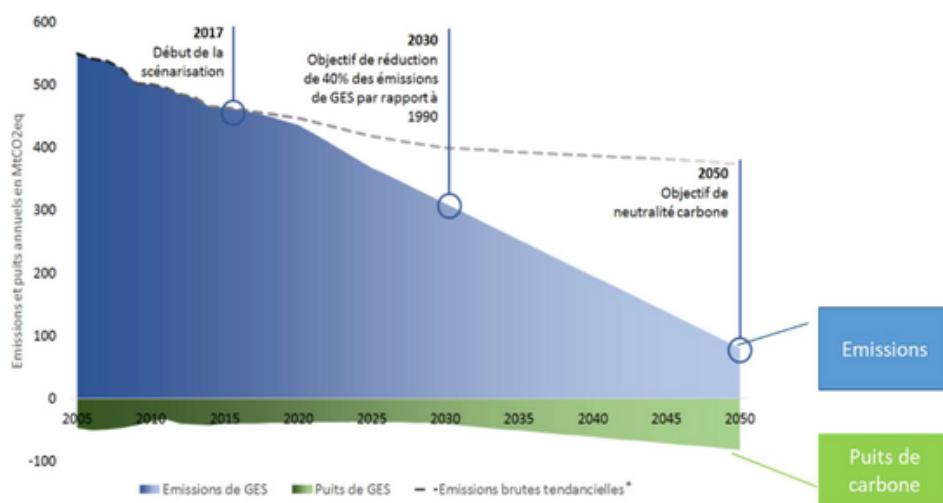


(Source - B38)

En prairie permanente et sous forêt l'objectif est plutôt de préserver les stocks, déjà élevés.

Ce puits de carbone additionnel représenterait 73% du puits de carbone nécessaire en 2050 pour équilibrer les émissions françaises résiduelles sous le scénario SNBC (~ 80 Mt CO₂e) (B7).

Evolution du puits de carbone par rapport aux émissions

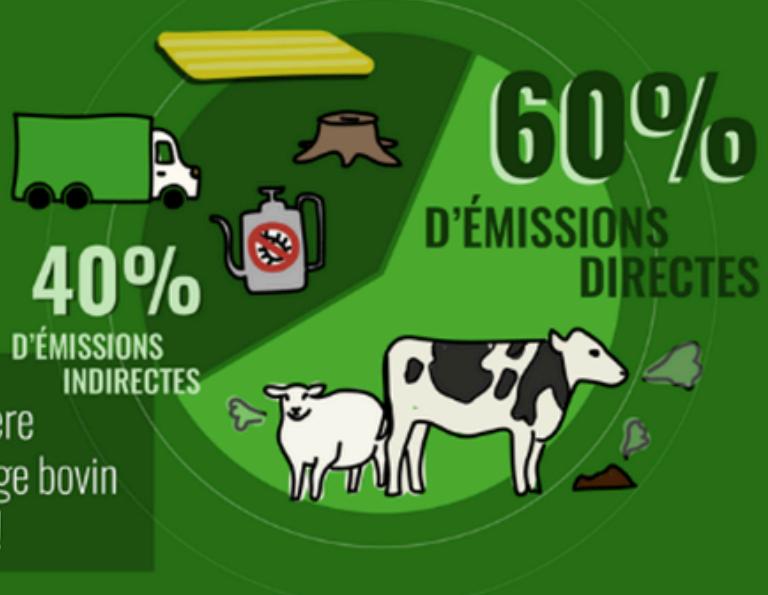


(Source - B38)

Aussi, la Région Ile-de-France a un fort potentiel du fait de son modèle agricole principal en grande culture.

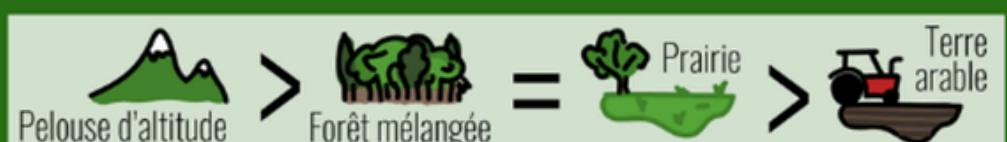
Les activités agricoles génèrent principalement 3 gaz à effet de serre :

dioxyde de carbone (CO_2)
méthane (CH_4)
protoxyde d'azote (N_2O)



LES PRAIRIES PERMETTENT DE COMPENSER UNE PARTIE DES ÉMISSIONS EN PARTICIPANT AU STOCKAGE DE CARBONE !

↳ Mais tous les sols n'ont pas les mêmes capacités de stockage.



Quelques bonnes pratiques de gestion des sols :



Pâturage tournant



Apport de fumier



Agroforesterie



Protéger les forêts, tourbières, prairies permanentes



(Source - B15)

Remerciements

La Commission Agriculture, Ruralité et Espaces Naturels remercie vivement les personnes ayant contribué à la réalisation de ce rapport, à savoir :

- **Christophe Parent** – Agriculteur - Vice-Président de la FDSEA 77
- **Planète Chanvre** – représenté par Messieurs Philippe Lamarque (Président et fondateur de Wall-up, Marc Granier, Joël Lagneau, Franck Barbier (Président et fondateur de planète chanvre) et par Madame Nathalie Fichaux (Directrice d'InterChanvre et secrétaire général de construire en chanvre).
- **Perrine Tonin** - Responsable études d'opportunité et performance de l'innovation au sein du groupe Avril

Liste des membres de la commission

Président : Hervé BILLET
Rapporteur : Christophe PARISOT

Hervé BILLET - Président
Benjamin DEMAILLY - Vice Président
Thierry GRIMALDI - Vice-Président
Wiam BAMA
Bernard BRETON
François DE CUREL
Anne-Marie MASURE
Marie-Odile LEFORT
Philippe WAGUET
Alain MARTINEZ
Nathalie DE NOBLET
Marie-Christine OUDART
Jean-Michel RICHARD
Christophe PARISOT
Ike CHAPOTOT
Jean-Pierre FAUCHER
Brigitte DESINDES
Sébastien MEHA
Marie-José ROSSI-JAOUEN
Dominique VEUILLET
Laurent LAFARGE
Déborah LAMBERT
Franck THOMASSE
Yolande GOURNAY
Jérôme RITTLING
Frédéric ARNOULT
Hélène GANCHOU
Pascal LEPERE

Chargé de mission : Paul BOSTYN

Bibliographie

B1 – « Déclaration d'intention pour la révision du schéma régional Climat Air Energie d'Île-de-France » - Préfecture d'Île-de-France – novembre 2024 <https://www.prefectures-regions.gouv.fr/ile-de-france/Documents-publications/Declaration-d-intention-pour-la-revision-du-schema-regional-Climat-Air-Energie-d-Ile-de-France> et « Le Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) » - Région Île-de-France - <https://www.iledefrance.fr/dcouvrir-le-fonctionnement-de-la-region/la-region-en-action/le-schema-regional-du-climat-de-lair-et-de-lenergie-srcae>

B2 - par ailleurs, au niveau national, la Loi sur la Transition Energétique pour la Croissance Verte - LTECV publiée en août 2015 fixe « la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique à travers la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) » - « Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) » - Ministère de l'environnement - 2025 - <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/strategie-nationale-bas-carbone-snbc#:~:text=En%20signant%20l'Accord%20de,e%20si%C3%A8cle%20au%20niveau%20mondial.>

B3 – « Quels engrains minéraux azotés choisir pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ? » - Arvalis – 27/03/2025 - <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/quels-engrais-mineraux-azotes-choisir-pour-reduire-les-emissions-de-gaz-effet-de-serre>

B4 - « Note rapide – Valoriser l'azote et le phosphore des urines pour une meilleure sécurité écologique et alimentaire. » - Institut Paris Région – Juillet 2020 - 6p.

B5 – « Piéger le carbone dans le sol : ce que peut l'agriculture » - CIRAD – 06/11/2023 - <https://www.cirad.fr/les-actualites-du-cirad/actualites/2023/pieger-le-carbone-dans-le-sol-par-l-agriculture>

B6 – « L'agroforesterie – Outil de séquestration du carbone en agriculture » - INRA – Décembre 2009 - <https://www.agroforesterie.fr/wp-content/uploads/2022/07/agroforesterie-outil-de-sequestration-du-carbone-en-agriculture.pdf>

B7 - Pellerin Sylvain, INRAE, « La séquestration de carbone dans les sols : un levier d'atténuation du changement climatique » - S. Pellerin – INRAE - présentation à la Commission Agriculture, Ruralité et Espaces Naturels du CESER Île-de-France du 30 juin 2025

B8 – Planète chanvre – Audition de planète chanvre par la Commission Agriculture, Ruralité et Espaces Naturels du CESER Île-de-France le 3 juin 2025

B9 – « Inter-ONVAR Webinaire – Haies et Carbone » - Solagro – 04/09/2025 - <https://solagro.org/agenda/haies-et-carbonequelle-place-de-la-haie-dans-limpact-carbone-dune-ferme>

B10 - Décret n° 2025-917 du 5 septembre 2025 modifiant le décret n° 2018-1043 du 28 novembre 2018 - <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000052201110>

B11 - Mis en avant par l'étude de Sciencepo - « Colère des agriculteurs : l'étude de nos chercheurs » - Novembre 2024 - <https://www.sciencespo.fr/cevipof/fr/actualites/etude-agriculture-de-quelles-coleres-et-attentes-es-tu-le-nom/>

B12 - « Méthanisation et carbone : la clé du retour au sol » - Biogaz – 21 mars 2022 - <https://www.innovation24.news/2022/03/21/methanisation-et-carbone-la-cle-du-retour-au-sol/>

B13 – « Transition écologique : le label bas carbone, un outil de financement à améliorer » - Les Echos - <https://www.lesechos.fr/politique-societe/societe/transition-ecologique-le-label-bas-carbone-un-outil-de-financement-a-ameliorer-2168264>

B14 – « Séquestration du carbone – Agriculture de conservation » - Université Virtuelle Environnement et Développement durable (UVED) – 2014 - <https://www.supagro.fr/ress-pepites/AC/co/RegSequestrationC.html>

B15 – « Les prairies permettent de compenser une partie des émissions de gaz à effet de serre des vaches, VRAI ou FAUX ? » - République Française & VetAgro Sup - 10/10/2024 - Les prairies permettent de compenser une partie des émissions de gaz à effet de serre des vaches, VRAI ou FAUX ? - Chaire bien-être animal

B16 – « Une gestion durable des sols agricoles pour séquestrer le carbone et limiter le changement climatique » - INRAE – octobre 2020 - <https://www.inrae.fr/actualites/gestion-durable-sols-agricoles-sequestrer-carbone-limiter-changement-climatique>

B17 – « Impact carbone et trajectoires de décarbonation pour les engrains minéraux » - Carbone 4 - 20/02/2025 - <https://www.carbone4.com/analyse-decarbonation-engrais-mineraux> - INRAE & S. Pellerin – 20/01/2022 - https://www.inrae.fr/sites/default/files/3rdf2022_pellerin.pdf

B18 – « Qu'est-ce que la neutralité carbone et comment l'atteindre d'ici 2050 ? » - Parlement européen – Màj 2023 - <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20190926STO62270/qu-est-ce-que-la-neutralite-carbone-et-comment-l-atteindre-d-ici-2050#:~:text=La%20neutralit%C3%A9%20carbone%20implique%20un,par%20la%20s%C3%A9stration%20du%20carbone>.

B19 – « Dans un monde qui se réchauffe l'agriculture doit être au cœur de l'action pour le climat et l'air pur » - Organisation des Nations Unies – Avril 2025 - <https://www.un.org/fr/chronique-onu/dans-un-monde-qui-se-rechauffe-l-agriculture-doit-%C3%AAtre-au-c%C5%93ur-de-l-%E2%80%99action-pour-le>

B20 – « Dispositifs de décarbonation de l'agriculture : leviers et perspectives – Analyse n°196 » - Ministère de l'agriculture – 2023 – <https://agriculture.gouv.fr/dispositifs-de-decarbonation-de-lagriculture-leviers-et-perspectives-analyse-ndeg196>

B21 – « Le plan d'action global pour l'agro-écologie » - Ministère de l'agriculture – 2017 - <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-daction-global-pour-lagro-ecologie>

B22 – « 4 pour 1000 : stocker le carbone dans le sol pour lutter contre le changement climatique » - Ministère de l'agriculture - <https://agriculture.gouv.fr/4-pour-1000-stocker-le-carbone-dans-le-sol-pour-lutter-contre-le-changement-climatique>

B23 – « Bio+ : une nouvelle aide régionale pour l'agriculture biologique disponible cet automne » - Région Île-de-France – 2025 - <https://www.iledefrance.fr/toutes-les-actualites/bio-une-nouvelle-aide-regionale-pour-lagriculture-biologique-disponible-cet-automne> Information complémentaire : cette aide concerne près de 450 exploitations franciliennes et possède une enveloppe de 1,5 millions d'euros.

B24 – « L'action régionale pour l'agriculture, la ruralité et l'alimentation » - Région Île-de-France - <https://www.iledefrance.fr/decouvrir-le-fonctionnement-de-la-region/la-region-en-action/laction-regionale-pour-lagriculture-la-ruralite-et-lalimentation>

B25 – « L'action régionale pour l'enseignement supérieur » - Région Île-de-France <https://www.iledefrance.fr/decouvrir-le-fonctionnement-de-la-region/la-region-en-action/laction-regionale-pour-lenseignement-superieur>

B26 – « L'agriculture francilienne » - Chambre Régionale d'Agriculture d'Île-de-France - <https://idf.chambres-agriculture.fr/sinformer/ressources-documentations/notre-agriculture/detail-notre-agriculture/lagriculture-francilienne>

B27 – « Les ménages agricoles dirigeant une exploitation en Île-de-France disposent d'un revenu moyen de 81 080 euros en 2020 » - INSEE - février 2025 - <https://www.insee.fr/fr/statistiques/8377076#:~:text=L'%C3%8Ele%2Dde%2DFrance,est%20d%C3%A9di%C3%A9e%20%C3%A0%20cette%20sp%C3%A9cialisation>.

B28 – « Le carbone organique du sol, élément clé pour la santé du sol et la régulation du climat. » - INRAE & ENS & Université de Rouen - 13/10/2020 - https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.eau-seine-normandie.fr%2Fsites%2Fpublic_file%2Finline-files%2FCecillon_CS_13-10-2020.pdf&psig=AOvVaw2q1UZf6qyFjU3NSggFom3Y&ust=1763734087949000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQ3YkBahcKEwig44fS84CRAxUAAAAAHQAAAAAQBA

B29 - « Contribution des prairies pâturées au stockage du carbone » - Université Clermont Auvergne – Soussana & Lemaire – 2014 - <https://innovherbe.bu.uca.fr/impacts-positifs-negatifs-elevage/qrcodes/qr1-p4-4>

B30 - « Contribution des prairies pâturées au stockage du carbone » - Université Clermont Auvergne – 2014 - <https://innovherbe.bu.uca.fr/impacts-positifs-negatifs-elevage/qrcodes/qr1-p4-4>

B31 - Fuglestvedt J., Rogelj J., Millar R.J., Allen M., Boucher O., Cain M., Forster P.M., Kriegler E., Shindell D. 2018. Implications of possible interpretations of 'greenhouse gas balance' in the Paris Agreement. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 376(2119), 20160445. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0445> & « Future of EU livestock: how to contribute to a sustainable agricultural sector ? » - Dr. Jean-Louis Peyraud (INRAE) and Dr. Michael MacLeod (SRUC) – Juillet 2020 - <https://www.stargate-h2020.eu/wp-content/uploads/2021/03/Study-on-Future-of-EU-livestock-how-to-contribute-to-a-sustainable-agricultural-sector.pdf> Pour ce graphique il existe une incertitude de +/- 40% d'après les auteurs.

B32 – « Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? » - INRAE & Dominique Arrouays (1) , Jérôme Balesdent (2) , J.C. Germon (3) , Pierre-Alain P.-A. Jayet (4) , Jean-François Soussana (5) , Pierre Stengel (6) – 2002 - <https://hal.science/hal-02832401/>

B33 – « Décarbonation du secteur de l'aéronautique » - Sénat - 30/05/2024 - https://www.senat.fr/rap/r23-650/r23-650_mono.html – Décembre 2020 - <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Rapport%20Etude%204p1000.pdf>

B34 – « Le stockage de carbone par les prairies » - Armelle Gac, Jean-Baptiste Dollé, André Le Gall, Katja Klumpp, Tiphaine Tallec, Jerome Mousset, Thomas Eglin, Antonio Bispo, Jean-Louis J.-L. Peyraud, Philippe Faverdin – INRAE & Institut de l'élevage – 2010 - https://hal.inrae.fr/hal-02824535/file/prairies_puit_carbone_1.pdf

B35 – « Webinaire - Changement climatique et grandes cultures : réduction et séquestration des gaz à effet de serre » - ORECA – 10/06/2022 - <https://www.oreca-bfc.fr/actualites-oreca/actualites-archivees/18102019-ledition-2019-du-bilan-energie-climat-air-de-la-bourgogne-franche-comte-est-en-ligne?detail=30310> & <https://ispa.hub.inrae.fr/equipes/agrofor/pages-equipe-agrofor/pellerin-sylvain> & « Stocker du carbone dans les sols français » - INRAE

B36 – « L'agroforesterie, outil de séquestration du carbone en agriculture » - Xavier Hamon (1) , Christian Dupraz (2) , Fabien Liagre (2) – INRAE – 2009 - <https://hal.inrae.fr/hal-02820921>

B37 - « Stocker du carbone dans les sols français » - INRAE – Décembre 2020 - <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Rapport%20Etude%204p1000.pdf> (p319)

B38 – « Stocker du carbone dans les sols agricoles français : Quel potentiel et à quel coût ? » - INRAE & S. Pellerin – 20/01/2022 - https://www.inrae.fr/sites/default/files/3rdf2022_pellerin.pdf

B39 – « Carbone organique des sols – L'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat » - ADEME – 2014 - <http://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/carbone-organique-sol.pdf>



CONSEIL ÉCONOMIQUE, SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL RÉGIONAL D'ÎLE-DE-FRANCE

2, rue Simone Veil - 93400 Saint-Ouen-sur-Seine

Email : ceser@iledefrance.fr www.ceser-iledefrance.fr