



PROGRAMME  
DE RECHERCHE

CARBONE ET  
ÉCOSYSTÈMES  
CONTINENTAUX



anr<sup>®</sup>  
agence nationale  
de la recherche

INRAE



# Journée de l'économie du carbone



**PEPR FairCarbon**

*12 septembre 2024*

*sur le campus Agro Paris-Saclay à Palaiseau*

---

# Introduction

---

Les enjeux environnementaux occupent aujourd'hui une place centrale dans les débats économiques et politiques à l'échelle mondiale. Le dérèglement climatique, la perte de biodiversité et la dégradation des ressources naturelles figurent parmi les problématiques les plus pressantes de notre époque. Ces menaces perturbent non seulement les équilibres écologiques, mais également les systèmes socio-économiques, rendant impératif un effort global pour les contrer. Dans ce contexte, le secteur agricole, responsable de 13,2 % des émissions nettes de gaz à effet de serre (GES) dans l'Union européenne, apparaît comme un acteur clé de la transition écologique.

Face à ces défis, des initiatives internationales ambitieuses ont été mises en place pour limiter les émissions de GES et atténuer les fuites de carbone. L'Accord de Paris (2015) constitue une avancée majeure : premier accord universel juridiquement contraignant sur le climat, il engage les pays signataires à limiter le réchauffement climatique à 2 °C, avec un objectif idéal de 1,5 °C.

Dans cette dynamique, la recherche scientifique joue un rôle primordial pour éclairer les politiques publiques et proposer des solutions innovantes. C'est dans ce cadre que le programme PEPR FairCarboN, financé par le plan d'investissement France 2030 à hauteur de 40 millions d'euros sur 6 ans, mobilise la communauté scientifique française autour de la question du carbone dans les écosystèmes continentaux.

Piloté par le CNRS et l'INRAE, ce programme a pour ambition de mieux comprendre et quantifier la contribution des écosystèmes continentaux à l'atténuation du changement climatique. Sans cette contribution, les objectifs de neutralité carbone et les engagements de l'Accord de Paris restent hors d'atteinte.

Le PEPR FairCarboN soutient notamment des projets de recherche à l'échelle nationale et européenne et valorise les savoirs produits à travers des événements scientifiques. Une journée dédiée à l'économie du carbone, organisée le 12 septembre 2024 sur le campus Agro Paris-Saclay à Palaiseau, a été l'occasion de croiser les perspectives d'experts issus de différents champs disciplinaires. Cinq intervenants de renom, dont Alan Matthews, Claire Chenu, Hugo Valin, Marc Fleurbaey et Stéphane De Cara ont enrichi les discussions sur les leviers économiques et scientifiques pour accélérer la transition.

Ce livrable, destiné à alimenter le site de FairCarboN, rassemble les principaux enseignements issus des présentations de ces experts. Il vise à synthétiser leurs analyses et à contribuer à une meilleure compréhension des enjeux liés à l'économie du carbone, tout en éclairant les politiques et stratégies nécessaires pour atteindre les objectifs climatiques et environnementaux fixés à l'échelle nationale, européenne et internationale.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet d'ingénieur (septembre à décembre 2024) proposé aux étudiants\* de la spécialisation Agroéconomie et politiques publiques de l'Institut Agro Rennes-Angers, sous la direction de Catherine Laroche - Enseignante-chercheuse au sein de l'unité de recherche SMART à l'Institut Agro Rennes-Angers.

*\*Romain Moussa, Alice Ferrero-Lesur, Amira Nabli, Emma Bauquerey et Angélique de Raignac*

# Journée de l'économie du carbone

Numéro 1

12 septembre 2024



## ALAN MATTHEWS

CHERCHEUR À TRINITY COLLEGE  
DUBLIN

- Politique agricole commune
- Commerce agricole international
- Conseiller de l'OCDE, FAO

Alan Matthews est un expert en politique agricole européenne. Il est professeur émérite de politique agricole européenne au Trinity College de Dublin.

Ses recherches portent principalement sur la politique agricole commune (PAC) de l'Union européenne, le commerce agricole et les questions de développement, en particulier en ce qui concerne les pays en développement. Il a fourni des services de conseil à des organisations internationales telles que l'OCDE, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et le Parlement européen. Il a également participé à des groupes spéciaux de règlement des différends de l'Organisation mondiale du commerce (OMC).

Dans un contexte de lutte contre le changement climatique, Alan Matthews examine comment les politiques commerciales peuvent être adaptées afin de limiter les fuites de carbone dans le secteur agro-alimentaire. M. Matthews se penche sur des solutions comme la taxation carbone et le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) pour limiter ce phénomène. Cependant, ces mécanismes soulèvent des défis complexes en termes de faisabilité, d'équité et de conformité aux règles de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), ainsi que des implications importantes pour les pays en développement.

## Concept de la Fuite de carbone

Le concept de fuite de carbone fait référence à l'effet paradoxal qui peut se produire lorsque des efforts pour réduire les émissions de carbone dans un pays ou une région entraînent une augmentation des émissions dans d'autres régions. Cela se produit principalement dans un contexte où les politiques climatiques sont mises en place de manière inégale à travers le monde.

Lorsqu'un pays ou une région impose des règles contraignantes sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), telles que des taxes, des quotas d'émissions ou des réglementations environnementales strictes, cela peut entraîner une hausse des coûts pour les entreprises locales, notamment dans les secteurs à forte intensité énergétique (comme l'industrie lourde, la production d'acier, le ciment, etc.). Face à ces coûts supplémentaires, certaines entreprises peuvent être incitées et choisir de délocaliser leurs activités vers des pays où les normes climatiques sont plus laxistes. Le résultat est que, bien que les émissions diminuent dans le pays ou la région qui applique ces politiques strictes, elles augmentent dans les pays vers lesquels les industries se sont déplacées.

Ainsi, si l'Union européenne impose une taxe carbone stricte aux industries des Etats membres, certaines entreprises peuvent choisir de transférer leurs usines dans des pays en dehors de l'UE, comme la Chine ou l'Inde, où les réglementations sont moins strictes. Cela pourrait entraîner une augmentation des émissions mondiales, alors même que les émissions dans l'UE diminuent.

Le concept de la fuite de carbone est donc central dans les débats sur la coopération internationale en matière de politique climatique, car il montre que des actions locales isolées ne suffisent pas à résoudre le problème mondial du changement climatique. Cela met en lumière la nécessité d'une coordination internationale et incite l'UE à prévoir un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières pour empêcher la fuite de carbone et garantir que les efforts de réduction des émissions soient réellement efficaces à l'échelle globale.

### Contexte International inégal

Le principe de « responsabilité commune mais différenciée » stipulé dans la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), reconnaît que les capacités économiques et les niveaux de développement varient entre les pays. En conséquence, le contexte international est marqué par une asymétrie dans les politiques climatiques : les pays développés, plus avancés économiquement, se voient imposer des obligations plus strictes en matière de réduction des émissions que les pays en développement. Or les fuites de carbone compromettent les efforts de réduction entrepris par les pays adoptant des régulations strictes. Par ailleurs, l'importation de produits contenant des « émissions incorporées » produit par des pays aux normes environnementales plus souples contribue aussi aux émissions mondiales, rendant la réduction des émissions locales insuffisante pour atteindre des objectifs globaux ambitieux.

Les facteurs qui influencent la fuite de carbone sont multiples. La sensibilité des industries à la concurrence internationale et le niveau de réglementation dans les pays d'origine des produits, sont les principaux facteurs influents. Cela crée des mécanismes économiques différents susceptibles d'être à l'origine de fuite de carbone.

### Des mécanismes divers à l'origine des fuites de carbone :

**Compétitivité** : Lorsqu'un coût supplémentaire lors de la production (industrielle par exemple) est imposé dans une filière d'un pays réglementé, la production dans ce pays va se contracter, pour autant la demande globale reste la même. La conséquence est donc une augmentation de la production dans un autre pays non-réglementé.

**Effet fossil-fuel ou effet de la demande** : Si on se met dans le cadre d'une taxe sur l'énergie dans un pays régulé : une baisse d'une demande d'énergie, entraîne une baisse du prix mondial de l'énergie, ce qui, à son tour, fait augmenter la demande dans le reste du monde. Tout cela implique une compensation d'une partie de l'impact direct de la taxe dans le pays réglementé.

**Utilisation des terres** : Lorsqu'il y a une subvention de la reforestation dans un pays, la production domestique de produits agricoles va baisser. Si la demande de produits agricoles reste inchangée, elle sera satisfaite par les importations. A noter que dans d'autres situations, cet effet peut aussi être à l'inverse incitatif pour d'autres pays non réglementés.

**Technologique** : Il est possible enfin d'induire une fuite négative de carbone, cela peut être le cas lorsqu'il y a une subvention sur les énergies renouvelables dans un pays réglementé, d'autres pays non réglementés peuvent suivre le même exemple, les émissions de gaz à effet de serre peuvent donc être réduites au global.

---

### Fuite de carbone, une histoire d'acceptabilité

Il est possible de calculer le taux de fuite de carbone : c'est l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans les pays non-réglementés rapporté à la diminution des émissions de gaz à effet de serre dans le pays réglementé, exprimé en %. Ainsi, tant que le taux de fuite est inférieur à 100%, les émissions nettes diminuent par rapport à la situation initiale.

Au sein de la littérature scientifique, les estimations de taux de fuite de carbone varient considérablement, avec des taux de fuite pouvant atteindre entre 50 % et 70 % dans certains secteurs, selon les études, et parfois des fuites négatives comme -5%. Il est impossible d'atteindre un niveau 0% du taux de fuite de carbone dans l'état actuel du commerce international. La question d'un niveau acceptable peut être posée. A un taux de 100%, la politique climatique ne doit pas être mise en œuvre, car il n'y a pas de bénéfice climatique global. Cependant, entre -5% et 100% un arbitrage à trouver est possible.

En parallèle, certaines fuites de carbone sont plus acceptables que d'autres en fonction des externalités négatives non-climatiques qui peuvent être réduites. Par exemple, un pays qui dispose d'un problème de pollution (cycle de l'azote dérégulé) qui décide de mettre en place une réglementation liée aux émissions de gaz à effet de serre, il y aura certes une fuite de carbone dans un autre pays non-réglementé, cependant la politique induira aussi une baisse de la pollution dans le pays réglementé en plus d'une baisse d'émission domestique. Ainsi, la fuite de carbone peut être acceptable en fonction des enjeux et externalités de politiques publiques.

Par ailleurs, l'externalisation des émissions de production d'un pays ne permettent pas d'évaluer l'impact de sa politique climatique : celle-ci doit aussi considérer les émissions importées pour sa production afin de compléter le bilan de la politique mise en œuvre.

# Le Système de Taxation du Carbone et Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières (MACF) pourrait-il s'appliquer au secteur agroalimentaire ?

Le Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières (MACF), également connu sous l'acronyme anglais CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) est un nouvel instrument réglementaire européen qui vise à soumettre les produits importés dans le territoire douanier de l'Union Européenne, à une tarification du carbone équivalente à celle appliquée aux industriels européens fabriquant ces produits. L'objectif premier de ce dispositif est de lutter contre les fuites de carbone, dans un contexte de renforcement de l'ambition climatique au niveau européen." (Définition du gouvernement français, 2024)

Dans un avenir proche, le MACF couvrira non seulement les émissions directes issues du processus de fabrication, mais également les émissions indirectes liées à l'électricité consommée. Il s'étendra aussi aux émissions incorporées dans les intrants utilisés pour produire des biens complexes, comme dans le cas du secteur de la production de fer et d'acier. Toutefois, certaines incertitudes demeurent, notamment en ce qui concerne l'inclusion des émissions provenant de l'extraction des matières premières, telles que le minerai de fer, ce qui reste à clarifier.

L'utilisation des recettes douanières générées par le MACF fait débat en lien avec l'acceptabilité intra et extra-UE du dispositif. La Commission européenne a pour l'instant proposé d'utiliser ces fonds comme une nouvelle source de ressources propres pour le budget de l'Union européenne.

Mais la compatibilité d'un MACF avec les règles de l'OMC fait également débat. La plupart des experts estiment qu'il pourrait constituer une barrière au commerce considérée comme du protectionnisme par les partenaires commerciaux. C'est pourquoi certains proposent d'utiliser les ressources douanière du MACF pour compenser les exportateurs, en contrepartie du préjudice subi.

Dans le domaine alimentaire, la majorité des émissions proviennent des intrants agricoles, tandis que les émissions de transformation peuvent être négatives en raison des sous-produits réutilisés. L'utilisation de quelques modèles pour calculer les émissions le long de la chaîne agroalimentaire limite la prise en compte de la diversité des options de conception et spécificités du secteur. Cela soulève des questions sur la profondeur à laquelle il faudra descendre dans la chaîne de production pour mesurer les émissions.

Le secteur agro-alimentaire est également caractérisé par des chaînes d'approvisionnement mondialisées, où les ingrédients proviennent de différentes régions du globe. Par exemple, pour un produit complexe comme la pizza, il serait difficile de suivre le carbone incorporé dans chaque ingrédient provenant de pays ayant des niveaux d'émissions différents. Il est également crucial de déterminer si les pays producteurs de ces ingrédients sont soumis à des systèmes de taxation carbone similaires, ce qui pourrait les exempter de l'application du MACF.

L'extension du MACF au secteur agroalimentaire pourrait théoriquement aider à réduire les émissions mondiales des GES. Cependant, cela n'aurait qu'un impact modéré sur la compétitivité des entreprises européennes, alors qu'il pourrait être très fort pour certains pays tiers exportateurs de produits alimentaires qui contestent cette mesure auprès de l'OMC. En plus, comme le MACF ne reconnaît pas le principe de "responsabilité commune, mais différenciée", il pourrait pénaliser les pays en développement. Ces pays, dont les exportations agricoles sont souvent plus polluantes, pourraient subir des coûts supplémentaires pour accéder aux marchés européens, ce qui rendrait leur situation économique plus difficile.

L'équité internationale apparaît donc comme un aspect central de cette discussion. L'instauration d'un MACF sans prise en compte des différences de développement pourrait pénaliser l'exportation de ses pays pauvres, au risque de détériorer leurs termes de l'échange. C'est pourquoi, bien que la Commission européenne ait exprimé son souhait de conserver ces fonds pour le budget de l'UE certaines voix envisagent de recycler une partie des recettes générées pour soutenir les pays en développement.

### Alternatives et Perspectives

Alan Matthews souligne l'importance de réduire les émissions agricoles pour atteindre l'objectif d'un continent neutre en carbone d'ici à 2050. Cependant, le phénomène de "fuite de carbone" reste une préoccupation majeure, souvent utilisé comme argument par les groupes agricoles pour s'opposer à toute taxation des émissions issues de leur secteur. Afin de mieux évaluer les impacts potentiels, il est essentiel de travailler sur une meilleure estimation des taux de fuite. Selon Alan Matthews, l'introduction d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) permettrait de surmonter cette opposition et obtenir un soutien politique à la taxation des émissions agricoles. L'application d'un tel mécanisme dans le commerce agro-alimentaire permettrait de réduire les émissions globales tout en compensant les pertes de compétitivité. Cependant, cela engendrerait une augmentation des barrières non tarifaires, rendant plus coûteuses les importations dans les chaînes d'approvisionnement alimentaires complexes. Matthews souligne que la question de l'affectation des recettes issues de la mise en œuvre d'un MACF mérite une attention accrue, notamment pour concilier les objectifs environnementaux avec les impératifs de justice économique et commerciale.

### Plusieurs alternatives au MACF permettraient d'inciter à la réduction de émissions de GES du secteur agricole

Dans le domaine alimentaire, la majorité des émissions proviennent des intrants agricoles, tandis que les émissions de transformation peuvent être négatives en raison des sous-produits réutilisés. L'utilisation de quelques modèles pour calculer les émissions le long de la chaîne agroalimentaire limite la prise en compte de la diversité des options de conception et spécificités du secteur. Cela soulève des questions sur la profondeur à laquelle il faudra descendre dans la chaîne de production pour mesurer les émissions.

Le secteur agro-alimentaire est également caractérisé par des chaînes d'approvisionnement mondialisées, où les ingrédients proviennent de différentes régions du globe. Par exemple, pour un produit complexe comme la pizza, il serait difficile de suivre le carbone incorporé dans chaque ingrédient provenant de pays ayant des niveaux d'émissions différents. Il est également crucial de déterminer si les pays producteurs de ces ingrédients sont soumis à des systèmes de taxation carbone similaires, ce qui pourrait les exempter de l'application du MACF.

L'extension du MACF au secteur agroalimentaire pourrait théoriquement aider à réduire les émissions mondiales des GES. Cependant, cela n'aurait qu'un impact modéré sur la compétitivité des entreprises européennes, alors qu'il pourrait être très fort pour certains pays tiers exportateurs de produits alimentaires qui contestent cette mesure auprès de l'OMC. En plus, comme le MACF ne reconnaît pas le principe de "responsabilité commune mais différenciée", il pourrait pénaliser les pays en développement.

Ces pays, dont les exportations agricoles sont souvent plus polluantes, pourraient subir des coûts supplémentaires pour accéder aux marchés européens, ce qui rendrait leur situation économique plus difficile.

L'équité internationale apparaît donc comme un aspect central de cette discussion. L'instauration d'un MACF sans prise en compte des différences de développement pourrait pénaliser l'exportation de ses pays pauvres, au risque de détériorer leurs termes de l'échange. C'est pourquoi, bien que la Commission européenne ait exprimé son souhait de conserver ces fonds pour le budget de l'UE, certaines voix envisagent de recycler une partie des recettes générées pour soutenir les pays en développement.

### Conclusion

La taxation des émissions de carbone apparaît comme une solution indispensable pour atteindre les objectifs climatiques de neutralité carbone d'ici 2050. Cependant, les défis liés à la fuite de carbone et à l'impact sur les échanges commerciaux internationaux ne doivent pas être sous-estimés. L'extension du BCAM au secteur agro-alimentaire pourrait permettre de réduire les émissions globales tout en compensant certaines pertes de compétitivité, mais elle entraînerait également une augmentation des barrières commerciales et des coûts d'importation. Enfin, il est crucial de traiter les questions d'équité internationale pour garantir une transition juste vers une économie bas-carbone.

## Le rôle des sols et des agrosystèmes dans l'objectif de neutralité carbone

Angélique de Raigniac, Romain Moussa



### CLAIRE CHENU

CHERCHEUSE À L'INRAE

- Sciences du sol
- Stockage carbone
- Ambassadrice des sols

Claire Chenu est chercheuse à l'INRAE et professeure en sciences du sol à AgroParisTech. Dans ses récents travaux, elle étudie le rôle de la matière organique pour les écosystèmes et le stockage du carbone dans les sols. En 2015, elle a été nommée ambassadrice des sols par la FAO. Elle est la présidente du réseau Rnest Sol, qui regroupe les experts en sols en France, et est vice-présidente du comité scientifique de l'initiative "4 pour 1000". En 2019, elle a reçu une médaille en sciences du sol de l'EGU et le prix Inra Lifetime Achievement Award.

Comment les sols et les agrosystèmes peuvent-ils contribuer à l'atténuation des émissions nettes de gaz à effet de serre ? C'est la question que pose Claire Chenu, directrice de recherche à l'INRAE en sciences du sol. Son intervention permet de mettre en évidence comment les intérêts agro écologiques sont étroitement liés aux questions de l'économie du carbone, dès lors qu'ils concernent les émissions de GES et le stockage du carbone. Elle concentre son analyse sur les sols agricoles et les agrosystèmes végétaux, plutôt que sur les émissions de méthane liées à l'élevage.

## Les sols, un réservoir naturel crucial

L'agriculture tient une place importante dans le bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES). D'après le rapport CITEPA de 2024 rédigé à l'occasion du Haut Conseil pour le Climat, c'est tout le secteur qui est largement impliqué : élevage et cultures, mais également engins agricoles, moteurs et chaudières. Au total, l'agriculture française constitue 18% des émissions nationales en équivalents carbone, auxquelles il faut ajouter 6,4 millions de tonnes d'équivalent carbone liés aux changements d'usage des terres et des sols.

En ce qui concerne le carbone à l'échelle mondiale, les sols contiennent environ 2 400 milliards de tonnes de carbone, soit trois fois plus que l'atmosphère. Les sols représentent donc un réservoir de carbone majeur qui influence les flux réguliers entre les différents compartiments, notamment l'atmosphère.

Le flux majeur de carbone vers l'atmosphère, devant l'érosion des sols, est causé par la minéralisation de la matière organique, cette dernière étant constituée à 50% de carbone. Bien qu'on parle d'équivalents carbone, à l'échelle du secteur agricole mondial, c'est le méthane (CH<sub>4</sub>) qui représente les plus gros flux de GES, suivi du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et enfin du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Si on met en perspective la quantité de carbone présente dans la couche superficielle des sols de la planète entière avec les flux nets de carbone entre la planète et son atmosphère, on s'aperçoit que si les sols perdent 0,04 % de leur carbone chaque année (l'équivalent de 4 pour 1 000), cela pourrait doubler le flux net de carbone vers l'atmosphère. Inversement, si nous pouvions stocker davantage de carbone dans les sols à ce même taux, nous pourrions, théoriquement, compenser ces émissions nettes. Ce calcul, bien qu'approximatif, est à l'origine de l'initiative « 4 pour 1 000 », lancée en 2015 à la COP21, qui vise à promouvoir le stockage de carbone dans les sols pour la sécurité alimentaire et climatique. Cette démarche met en lumière l'intérêt de la gestion des sols et de leur capacité à stocker du carbone, un aspect central dans les politiques publiques et les initiatives émergentes, telles que le "Carbon Farming", qui se développent de plus en plus.

Les sols, la végétation, et les matières organiques qu'ils contiennent sont donc au cœur des enjeux liés aux puits et aux émissions de gaz à effet de serre.

### Un double potentiel d'action

La réduction nette des émissions de GES liée à l'exploitation du sol passe non seulement par la baisse des émissions des agrosystèmes, mais aussi par l'augmentation du stockage dans les puits de carbone.



### La baisse des émissions de GES

Certains types de sols émettent bien plus de GES que d'autres. L'un des cas les plus critiques concerne les sols organiques comme les tourbières, particulièrement importants dans les zones de haute latitude. Ces sols, historiquement drainés pour l'agriculture, sont responsables d'importantes émissions de CO<sub>2</sub> lorsqu'ils perdent leur saturation en eau, représentant 7 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre et 25 % des émissions agricoles en Europe.

Or la restauration des tourbières revient à retirer ces sols de la surface agricole disponible (SAU) pour les agriculteurs et donc à une réduction du potentiel de production agricole.

Également, la paludiculture est une méthode de culture dans des sols submergés, et permet une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> tout en minimisant celles de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O. Cependant, ce système est pour l'instant adapté à la production de la biomasse non alimentaire (roseaux, massettes), donc son développement pourrait également entrer en concurrence avec les productions alimentaires.

Cela pose la question de l'opportunité d'un zonage des ressources foncières et de leur utilisation potentielle selon qu'elles sont à protéger ou exploitables.

En outre, la réduction des émissions des sols agricoles passe avant tout par la protection des sols existants, en réduisant la déforestation, l'arrachage de haie et l'artificialisation des sols. En effet, en France métropolitaine, les plus grands stocks de carbone se trouvent sous les prairies permanentes et les forêts, suivis par les cultures, les vignes, et les sols artificialisés.

A l'échelle mondiale, les rizières sont responsables de 12% des émissions de méthane avec une irrigation alternée diminuerait de 30-50% leurs émissions au prix d'une baisse de rendement limitée.

Enfin il est possible d'amoinrir les émissions de protoxyde d'azote, en remplaçant la fertilisation azotée par l'introduction de légumineuses dans les rotations de culture. L'INRAE estime un potentiel de réduction d'émissions nettes de la France de 7,5 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. (Pellerin et al. 2017)

### Stocker le carbone

L'augmentation de la capacité de stockage du carbone dans le sol représente un fort potentiel d'absorption. Comme pour la réduction des GES, plusieurs méthodes sont à allier pour atteindre les objectifs escomptés.

L'agroforesterie est un moyen très efficace pour augmenter le stockage de carbone, avec des estimations qui atteignent 2 tonnes par hectare et par an.

Au niveau des sols agricoles, différentes techniques permettent de développer le stockage de carbone :

- En instaurant des cultures intermédiaires (comme de l'herbe dans les vignes et les vergers), permettant une augmentation de la photosynthèse,
- En limitant le brûlage des résidus de culture,
- En favorisant le recyclage des matières organiques,
- En réduisant l'érosion des sols et la minéralisation par une diminution du labour.

Le stockage additionnel est différent de la séquestration, il correspond au carbone que l'on stocke en plus par rapport à la norme. C'est un piégeage net de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Dans certaines situations, un stockage additionnel ne va pas compenser la perte de carbone, il n'y a donc pas de séquestration de CO<sub>2</sub>.

Selon les pratiques mises en œuvre, il existe différents scénarios de stockage. La dynamique actuelle montre une trajectoire où les sols émettent plus qu'ils n'absorbent. Toutefois, le scénario optimal n'implique pas un stockage illimité du carbone dans le sol ; un nouvel équilibre entre émissions et absorption forment un plateau. Une trajectoire de stockage est donc une stratégie long terme, sur plusieurs dizaines, voire centaines d'années. En effet, si les pratiques sont abandonnées, on pourrait observer un retour à un scénario de stockage inférieur très rapidement en raison d'une cinétique de déstockage plus forte que celle de stockage. Il est donc nécessaire de protéger les stocks existants. Cela met en évidence l'aspect réversible du stockage de carbone, et l'importance de conserver les usages dans le temps. De surcroît, des politiques publiques pourraient encourager, par exemple par des aides couplées, le stockage et sa préservation à long terme et créer une aversion au déstockage chez les agriculteurs.

Afin d'estimer l'impact de ces pratiques au niveau français, une étude INRA de Pellerin et al. en 2019 a réuni près d'une trentaine de chercheurs, qui ont estimé l'atténuation des émissions nationales annuelles de GES de 7%, soit 39% des émissions agricoles françaises annuelles. Ces actions ne compenseront donc pas entièrement les émissions nettes de GES, mais c'est bien l'ensemble des pratiques de stockage, de limitation d'émissions, de séquestration et de protection qui permettront d'atteindre une neutralité carbone effective. L'étude a également intégré une dimension économique, estimant le potentiel de stockage en prenant en compte les coûts d'implantations des pratiques. Il en résulte que le coût des cultures intermédiaires ou de l'agroforesterie reste un frein important à leur implantation.

À l'échelle européenne, la France est l'un des rares pays à avoir introduit une évaluation économique. Toutefois, une étude a été réalisée dans 14 Etats membres, mais utilisant des méthodologies différentes, car étudiant des pratiques distinctes. Par exemple, l'étude a uniquement porté sur la mise en œuvre du non-labour. Les résultats d'un projet européen visant à réaliser une estimation du stockage additionnel de carbone, en utilisant des méthodologies unifiées dans 23 pays européens, sont attendus prochainement.

Si les estimations de stockage sont variables à l'échelle européenne, elles le sont encore plus à l'échelle mondiale. Les estimations vont de 0,5 à 1,5 milliard de tonnes de carbone par an, comparées aux 5,2 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> émises par les activités humaines. Même si le stockage de carbone est significatif, il ne peut pas à lui seul compenser l'ensemble de nos émissions de CO<sub>2</sub>. Ce levier d'action doit être utilisé, mais il est nécessaire de s'attaquer aux émissions des activités humaines.

La mise en place de modèles prédictifs est essentielle pour mesurer l'impact des pratiques agricoles. Des mêmes cultures vont avoir un stockage de carbone différent dans le sol s'ils sont dans des environnements pédoclimatiques différents. Les pratiques agricoles doivent donc être ajustées en fonction des conditions pédoclimatiques locales.

Afin de mieux mesurer le potentiel de stockage de carbone obtenu, et non de s'en tenir aux effets attendus ou annoncés des pratiques, des modèles peuvent s'appuyer sur le principe Mesurer, Rappporter et Vérifier (MRV). Sa mise en œuvre suppose l'accès à des données provenant des exploitations agricoles individuelles, de la télédétection, de mesures directes sur les sols ou de bases de données d'ores et déjà existantes actualisées.

---

## Conclusion

Il existe une grande diversité de solutions à mettre en place, pour réduire les émissions nettes d'une part, et augmenter les puits de stockage d'autre part.

La matière organique dans les sols rend de nombreux services écosystémiques, notamment pour la fertilité et la santé des sols. Le carbone des sols permet une résilience des écosystèmes et une meilleure adaptation aux changements climatiques. Cependant, les pratiques agricoles ciblées doivent être contrôlées sinon, elles pourraient contrebalancer les bénéfices du stockage du carbone. Par exemple par une mauvaise gestion de l'eau, par des utilisations excessives d'engrais et de pesticides.

L'initiative 4 pour 1000 est une solution transitoire, mais nécessaire pour atteindre les objectifs de Paris. Même si l'objectif d'augmenter les stocks de carbone dans les sols de 4 pour 1000 était atteint, alors on atteindrait un plateau. Il n'y aurait plus de potentiel de stockage dans les sols, mais un potentiel de déstockage.

Il reste du travail scientifique afin d'affiner la compréhension globale des processus de stockage et des interactions entre impacts de modification des pratiques et le fonctionnement des écosystèmes. Cependant, le stockage de carbone est réversible, d'où la nécessité de continuer à agir sur le temps long. Il faut aussi prendre en compte les autres gaz à effets de serre que le CO<sub>2</sub>. Les réglementations ou incitations doivent évoluer pour encourager les pratiques vertueuses, et les rémunérer.

# Texte de clôture

---

Les animateurs de l'axe Sciences sociales du PEPR FairCarboN, Hervé Guyomard, Stéphane De Cara et moi-même, ainsi que la direction du programme FairCarboN (Pierre Barré et Patricia Garnier) sommes très heureux de la tenue de cette 1ère journée Economie du Carbone. Notre objectif était de donner à voir comment l'analyse économique s'attèle à la question du stockage et des réductions d'émissions de GES, notamment en agriculture, et permet de comprendre les enjeux, d'imaginer la forme, et d'évaluer l'impact d'outils de politiques mobilisation pour la gestion des flux d'émissions.

Je voudrais remercier nos intervenants de ce jour, Marc Fleurbaey, Hugo Valin, Claire Chenu, Stéphane De Cara et Alan Matthews, qui ont très rapidement accepté se rendre disponible pour participer à cet exercice et jouer le jeu de partager leur compétence auprès d'un public large, académique, mais pour une grande part, éloigné de leur discipline.

Les interventions du jour ont permis de mettre en exergue un certain nombre de questions économiques et sociales liées aux émissions nettes de GES du secteur agricole, et permis de dégager ce qui constitue les moteurs du changement et les impacts associés. Les présentations et les échanges ont été riches, et il n'est ni possible ni souhaitable d'en tirer à cette heure une synthèse exhaustive. Toutefois, j'aimerais souligner l'importance de trois points évoqués dans la journée, pour passer de la mesure du potentiel de mitigation à la mise en œuvre effective de solutions et de pratiques.

- Le partage de l'état des connaissances en sciences sociales et en sciences biophysiques, nécessaire pour dépasser, autant que possible, les incertitudes.
- L'écart entre le potentiel biophysique et d'instruments de politiques publiques d'une part, et la trajectoire réellement observée d'autre part. Les échanges de ce jour ont montré que l'identification des pratiques à adopter pour réduire les émissions nettes est une condition nécessaire, mais loin d'être suffisante, pour leur mise en œuvre.
- La prise en compte de la dimension temporelle dans la mise en œuvre, face à l'urgence d'une part, et aux impermanences des solutions biophysiques d'autre part, qui est à mettre en regard avec la rentabilité versus le coût de mise en œuvre de ces solutions.

Dans la poursuite des réflexions occasionnées par cette journée, nous sommes très heureux du lancement de deux nouveaux projets de recherche dans le cadre du programme FairCarboN, en sciences sociales : CLIM-FAS, coordonné par Kamel Elouhichi, et PREFALIM, coordonné par Fabrice Etilé. Le projet CLIM-FAS ambitionne de mesurer le potentiel d'atténuation du changement climatique du secteur agricole français sur la base de données et modèles agro-économiques, compte tenu de la mesure du coût, de l'efficacité des différentes mesures susceptibles d'être prises, mais aussi des obstacles psychologiques, socio-économiques, juridiques, voire politiques à franchir pour permettre la réalisation de ces mesures d'atténuations.

Le projet PREFALIM se positionne du côté de la demande et des consommateurs, et cherchera à étudier comment les changements de comportements et de préférence alimentaire, sont susceptibles de réduire les émissions de GES du secteur agricole. Le projet ambitionne de questionner la flexibilité des préférences des consommateurs.

Ces deux projets contribueront à répondre à certains questionnements posés aujourd'hui, et visent à éclairer les décideurs publics sur l'intérêt, les limites et les impacts des options politiques à prendre à l'échelle nationale ou européenne, pour contribuer aux engagements de l'accord de Paris dans les secteurs agricole et alimentaire.

Pour clore cette journée, je voudrais avant tout remercier toutes les personnes qui ont rendu possible cette journée et qui se sont chargées de son organisation au sein de FairCarboN, en particulier Perrine et Claire, ainsi que la Graduate School Biosphéra. Merci à tous nos partenaires qui ont contribué à la tenue et la qualité de la journée, les pauses et repas, et l'accueil sur le campus agro de Paris Saclay.

Merci à toutes les personnes qui ont pris la peine de se déplacer pour prendre part à cette journée, qui est en fait la 1ère d'un cycle. En effet, nous vous donnons rendez-vous à Rennes l'an prochain pour une 2ème journée Economie du (Fair)CarboN, en septembre 2025. Elle aura vocation à poursuivre les échanges en déplaçant certainement légèrement le focus sur une thématique complémentaire.

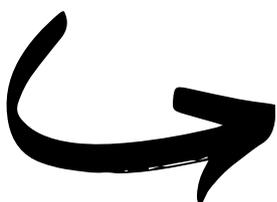
# Et pour la suite ?

Le PEPR FairCarboN se donne l'objectif d'ici 2030, de montrer l'intérêt de prendre en compte les écosystèmes continentaux comme un véritable levier pour atténuer le changement climatique. Une de ses principales actions est donc d'informer et de faire gagner en visibilité internationale la communauté scientifique sur ce domaine considéré comme prioritaire au national et européen.

Début d'une longue série, ces journées permettront de continuer à rassembler les chercheurs et intéressés autour des sciences sociales, tout en apportant un regard critique sur les pratiques politiques, industrielles, agricoles et environnementales.

C'est pourquoi une deuxième Journée de l'Economie FairCarboN se tiendra à l'Institut Agro Rennes-Angers, en septembre 2025.

## A vos agendas !



**le 25/09/2025 se tiendra la prochaine Journée  
sur l'Economie du Carbone  
à l'Institut Rennes-Angers !**