



**HAL**  
open science

# Leviers techniques pour l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole en Centre-Val de Loire

Nosra Ben Fradj, Laure Bamière

► **To cite this version:**

Nosra Ben Fradj, Laure Bamière. Leviers techniques pour l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole en Centre-Val de Loire. [Contrat] 011472-5, INRAE. 2021. hal-03794191

**HAL Id: hal-03794191**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03794191>**

Submitted on 3 Oct 2022

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

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



ILS L'ONT FAIT

# Leviers techniques pour l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole de Centre-Val de Loire

## Centre-Val de Loire



### Chiffres clés du secteur agricole

- L'agriculture représente 60% du territoire régional.
- Les céréales sont la principale production agricole de la région, occupant la moitié des surfaces agricoles (soit 1,24 Mha).
- Le secteur agricole représente 25% des émissions de GES régionales.
- Les émissions du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), liées à la fertilisation des cultures, représentant 51% des émissions de GES agricoles.
- Le potentiel d'atténuation est de 8,32 Mt CO<sub>2</sub>eq/an, soit 47% des émissions de GES régionales.

### Les principales actions d'atténuation :

- **La gestion de la fertilisation** dont le potentiel d'atténuation annuel est de 0,74 Mt CO<sub>2</sub>eq pour un gain de 32 €/t CO<sub>2</sub>eq ;
- **L'insertion de couverts végétaux** dont le potentiel d'atténuation annuel est de 2,58 Mt CO<sub>2</sub>eq pour un coût de 26 €/t CO<sub>2</sub>eq ;
- **Le développement de l'agroforesterie intra-parcellaire et l'implantation de haies** dont le potentiel d'atténuation annuel est de 3,99 Mt CO<sub>2</sub>eq pour un coût de 36 €/t CO<sub>2</sub>eq.

A noter qu'une fiche introductive vient détailler le périmètre, la méthode et les précautions d'usage des éléments présentés dans cette fiche régionale.

### Contexte et périmètre de la fiche

En 2018, la région Centre-Val de Loire contribue pour 4% aux émissions nationales de gaz à effet de serre (GES), soit près de 17,5 Mt CO<sub>2</sub>eq émises. Ce chiffre, en recul d'environ 16% par rapport à 2008, devrait être réduit selon les objectifs du schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) à 10,6 Mt CO<sub>2</sub>eq en 2030 et 2,3 Mt CO<sub>2</sub>eq en 2050 (OORCE, 2021).

L'agriculture en Centre-Val de Loire est le deuxième secteur émetteur de GES, après les transports. Depuis 2016, les émissions de GES agricoles ont baissé de 6,6%. Le bilan du secteur agricole peut être amélioré par le biais de la mise en œuvre des pratiques permettant de réduire les émissions GES, préserver et accroître le stockage de carbone dans les sols et la biomasse.

Afin de déterminer et analyser le potentiel d'atténuation de ces pratiques, l'Agence de la Transition écologique, ADEME, a accompagné des travaux phares sur le sujet : l'étude de INRAE « Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? », le projet BANCO et l'étude de INRAE « Stocker du carbone dans les sols agricoles », plus communément appelée étude « 4 pour 1000 ».

Cette fiche présente les principaux résultats de ces travaux pour la région Centre-Val de Loire et promeut les pratiques les plus atténuantes. Elle est organisée en trois parties :

1. Le contexte régional
2. Les leviers d'atténuation et leurs potentiels
3. Les dispositifs d'accompagnement des pratiques clés

## Contexte régional

### Les émissions de GES

En 2018, la région Centre-Val de Loire a contribué à hauteur de 4% à l'ensemble des émissions de GES de la France métropolitaine, soit près de 17,5 millions de tonnes en équivalent de CO<sub>2</sub> (Mt CO<sub>2</sub>eq). Valorisant 60% du territoire régional (soit 2,4 Mha; Agreste Centre-Val de Loire (2017)), le secteur agricole a émis près de 4 Mt CO<sub>2</sub>eq, soit 23% des émissions de GES régionales.

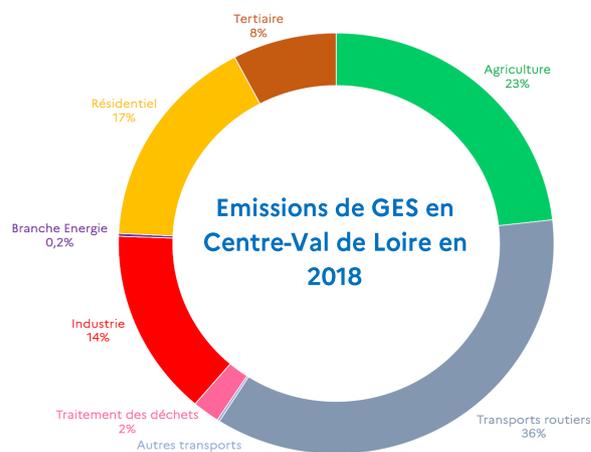
Les émissions de GES agricoles sont principalement sous forme de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Provenant de la fertilisation des cultures, elles représentent 51% des émissions de GES agricoles de la région en 2016. Alors qu'un large éventail de cultures spécialisées (vignes, vergers et légumes) est produit, les céréales sont la principale production de la région occupant la moitié des surfaces agricoles (soit 1,24 Mha).

Les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) liées à la fermentation entérique des ruminants sont également importantes et représentent 25% des émissions de GES agricoles de la région en 2016. L'activité d'élevage, bien qu'avec un poids plus faible que les productions végétales, n'est pas négligeable. Elle représente 20% du produit agricole total de la région avec une dominante activité bovine (viande et lait).

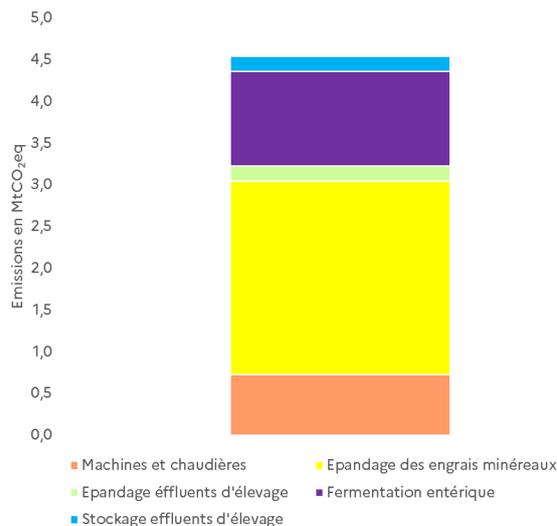
Résultant de la combustion des énergies utilisées pour le fonctionnement des engins agricoles et les équipements agricoles, les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ne contribuent qu'à 16% à l'ensemble des émissions de GES agricoles de la région. Cela est dû à un faible niveau de consommation énergétique par l'agriculture régionale qui ne consomme que 3 002 GWh en 2018, soit 4% de l'énergie finale de la région (Lig'Air/OREGES – ODACE 2021a).

### Les stocks de carbone et leurs évolutions

Une des régions les moins artificialisées<sup>(1)</sup> de France, le Centre-Val-de-Loire est composé majoritairement de terres agricoles et de forêts. Le secteur Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Forêt (UTCATF) a séquestré 6,09 Mt CO<sub>2</sub>eq (Lig'Air/OREGES – ODACE, 2021c). Ce potentiel a connu une augmentation annuelle de 7% entre 2010 et 2018, en raison de l'accroissement forestier. En effet, occupant un peu plus d'un quart du territoire régional (0,96 Mha), la forêt a permis de stocker 6,12 Mt CO<sub>2</sub>eq. Cependant, le changement d'utilisation des terres a émis environ 0,03 Mt CO<sub>2</sub>eq.



Source : Lig'Air/OREGES – ODACE 2021b



Répartition des émissions de GES du secteur agricole en Centre-Val de Loire en 2016  
Source : CA Centre-Val de Loire 2020

Le potentiel d'accroissement des stocks de carbone dans les sols agricoles varie selon le type de couvert. Il est plus élevé sur les terres en cultures annuelles et prairies temporaires, du fait d'un faible stock initial. Les prairies permanentes, avec un stock initial déjà élevé et une part plus faible de la SAU régionale (soit 14% de la SAU), ont un potentiel de stockage additionnel plus faible.

Les sols agricoles constituent également un potentiel de stockage de carbone additionnel, à condition que de bonnes pratiques agricoles permettant de réduire les émissions de GES et d'accroître les stocks de carbone dans le sol et la biomasse (ex. l'agroforesterie et les haies) soient adoptées par les agriculteurs. En Centre-Val de Loire, l'adoption de ces pratiques progresse encore de façon modeste. Si la surface en haies n'a augmenté que de 721 ha en 2012 (contre 56 239 en 2006)<sup>(2)</sup>, l'agroforesterie intra-parcellaire couvre à peine 150 ha répartis entre 24 exploitations agricoles en 2016 (DREAL Centre-Val de Loire, 2019).

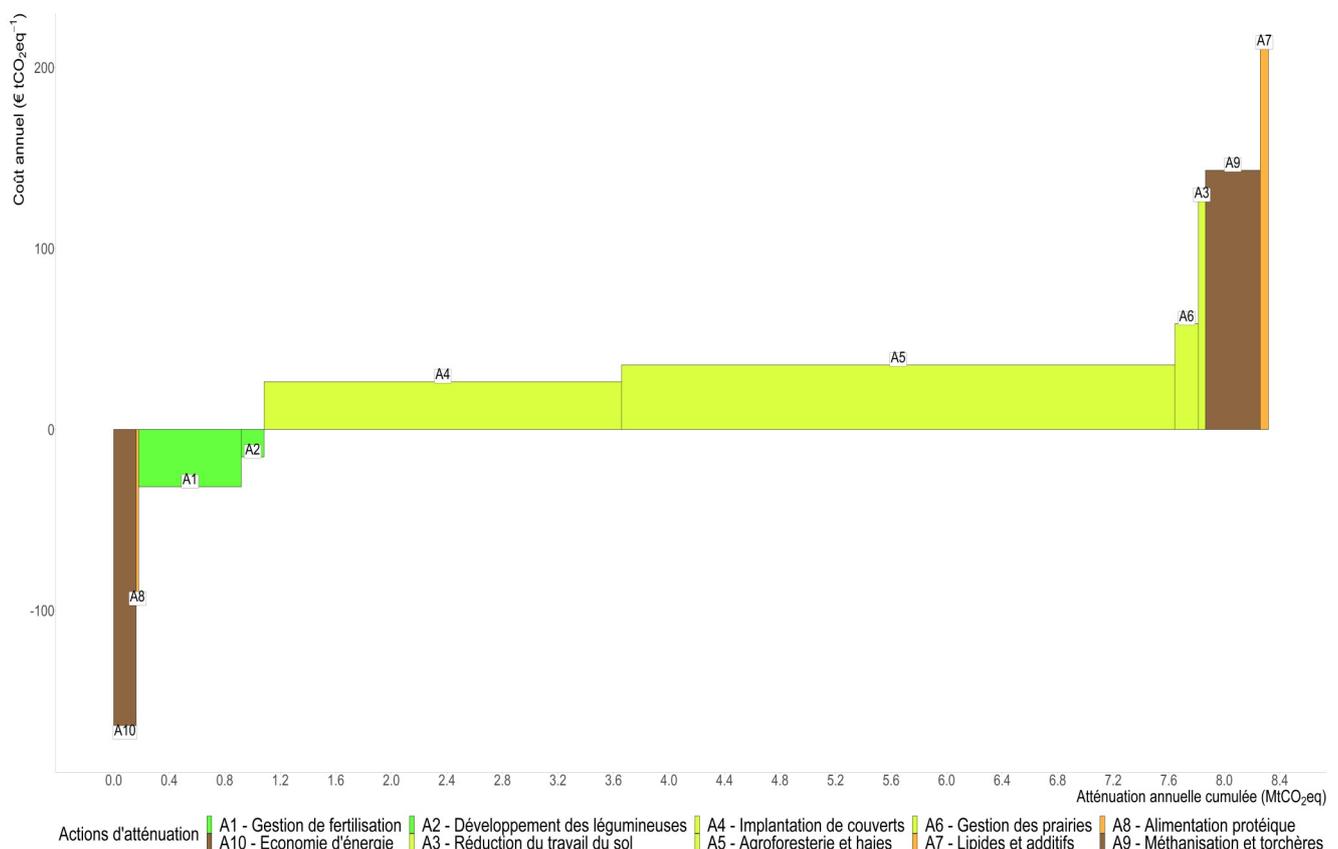
## Les leviers d'atténuation des émissions de GES du secteur agricole en Centre-Val-de-Loire

La figure ci-dessous représente le coût et le potentiel d'atténuation des différentes actions, en les classant par coût d'atténuation croissant. Elle permet de mettre en lumière les principaux leviers d'atténuation des émissions de GES en Centre-Val de Loire. L'ensemble de leviers affiche un potentiel de réduction cumulé d'environ 8,32 Mt CO<sub>2</sub>eq par an dont 94% est estimé pour un coût d'atténuation inférieur à 59 € par tonne de CO<sub>2</sub>eq (€/t CO<sub>2</sub>eq). Classés par ordre de coût croissant, les potentiels des différents leviers sont :

- **Un potentiel d'atténuation annuel de 1,08 Mt CO<sub>2</sub>eq pour un coût négatif** portant sur les actions A10 — Economie d'énergie, A8 — Alimentation protéique, A1 — Gestion de fertilisation et A2 — Développement des légumineuses. Dans cet ensemble, le gain varie de 15 €/t CO<sub>2</sub>eq pour l'action relative au développement des légumineuses à 170 €/t CO<sub>2</sub>eq pour l'action « Economie d'énergie ». Avec

0,16 Mt CO<sub>2</sub>eq, ces deux actions contribuent à hauteur de 2% du potentiel d'atténuation totale. L'action « Gestion de la fertilisation azotée » affiche un potentiel de 0,7 Mt CO<sub>2</sub>eq, soit 9% du potentiel cumulé. Bien qu'avec un gain avantageux (96 €/t CO<sub>2</sub>eq), l'action « Alimentation protéique » est la moins atténuante, ne contribuant qu'à 0,2% de l'atténuation totale.

- **Un potentiel d'atténuation annuel de 6,73 Mt CO<sub>2</sub>eq pour un coût positif inférieur à 100 €/t CO<sub>2</sub>eq**, par le biais des actions A4 — Développement de couverts végétaux, A5 — Agroforesterie et haies et A6 — Gestion des prairies. Outre la réduction des concentrations en nitrate dans les eaux, la protection contre l'érosion, et le maintien de la biodiversité, l'implantation de couverts végétaux pourrait atténuer jusqu'à 2,58 Mt CO<sub>2</sub>eq (31% du potentiel cumulé) pour un coût de 26 €/t CO<sub>2</sub>eq. L'action « Agroforesterie et haies » représente à elle seule près de la moitié du potentiel d'atténuation total (soit environ 4 Mt CO<sub>2</sub>eq) pour un coût de 36 €/t CO<sub>2</sub>eq. Pour un coût d'atténuation plus élevé 58 €/t CO<sub>2</sub>eq, la gestion des prairies ne contribue qu'à 2% du



Coûts et potentiels d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre des principaux leviers d'action en Centre-Val de Loire. L'axe des abscisses représente le potentiel d'atténuation cumulé (Mt CO<sub>2</sub>eq) et l'axe des ordonnées indique le coût en € par unité de CO<sub>2</sub>eq évitée.

Les couleurs correspondent aux quatre leviers d'atténuation : réduction des apports de fertilisants minéraux azotés (vert), stockage du carbone dans le sol et la biomasse (vert clair), modification de la ration des animaux (orange) et valorisation des effluents pour produire de l'énergie et réduire la consommation d'énergie fossile (marron).

potentiel d'atténuation (environ 0,17 Mt CO<sub>2</sub>eq).

- **Un potentiel d'atténuation annuel de 0,51 Mt CO<sub>2</sub>eq pour un coût supérieur à 100 €/t CO<sub>2</sub>eq**, représenté par les actions A3 — Réduction du travail du sol, A9 — Méthanisation et torchères et A7 — Lipides et additifs en alimentation des ruminants. Si l'on considère la totalité du profil de sol (0 – 100 cm), l'action « Réduction du travail du sol » ne permet pas de stocker du carbone dans le sol, d'où le faible potentiel d'atténuation (0,05 Mt CO<sub>2</sub>eq). L'action « Méthanisation et torchère » peut atténuer jusqu'à 0,39 Mt CO<sub>2</sub>eq (soit 5% du potentiel d'atténuation cumulé) pour un coût de 143 €/t CO<sub>2</sub>eq. Permettant la réduction des émissions de méthane entérique et l'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits, l'ajout des lipides et des additifs en alimentation des bovins (A7) est plus coûteux que les deux actions précédentes. Le coût d'atténuation de 211 €/t CO<sub>2</sub>eq est relatif à l'addition des matières premières à la ration, en particulier pour la pratique A7A — Substitution glucides-lipides.

De cette représentation ressortent les principales actions d'atténuation clés suivantes :

- **A1 — Gestion de la fertilisation azotée**

Ayant pour but de réduire les émissions de N<sub>2</sub>O, les leviers de cette action se déclinent en trois techniques culturales à savoir : la diminution de la fertilisation minérale, la valorisation des apports organiques et l'amélioration de l'efficacité de l'azote apporté (voir tableau ci-après, page 5). La mise en œuvre de ces pratiques « à coût négatif » permet une atténuation des émissions de GES tout en assurant aux agriculteurs de réaliser des économies d'engrais.

L'ajustement des dates d'apport aux besoins des cultures en tenant mieux compte des reliquats d'azote minéral en sortie d'hiver permet un gain de 100 €/t CO<sub>2</sub>eq pour un potentiel de près de 0,06 Mt CO<sub>2</sub>eq. Pour un gain de 34 €/t CO<sub>2</sub>eq, la diminution de fertilisation azotée concerne des surfaces élevées et est la pratique qui permet le plus de réduire les émissions de GES.

- **A4 — Développement de couverts végétaux**

Les pratiques de couverts végétaux pouvant être mis

en œuvre en Centre-Val de Loire sont les cultures intermédiaires (Cultures Intermédiaires Pièges A Nitrate ou CIPAN, CI courtes ou longues), l'enherbement permanent et hivernal des vignobles et les bandes enherbées pérennes introduites en bordure des cours d'eau. Leur adoption assure un stockage additionnel de carbone organique dans le sol *via* la restitution au sol des résidus de cultures intermédiaires, ou *via* la restitution des produits de tonte des couverts herbacés. Ces couverts génèrent plusieurs services agro écosystémiques, tels que la structuration du sol et le contrôle des adventices, des nématodes, des champignons, etc.

Au sein de cet ensemble, les pratiques relatives à l'enherbement des vignobles affichent les plus faibles potentiels d'atténuation du fait de leurs assiettes restreintes. La pratique « Insertion et allongement des cultures intermédiaires » dans les systèmes de grandes cultures peut se développer sur une surface de 1,85 Mha, soit 77% de la SAU de la région. Elle permet à elle seule d'atténuer 2,5 Mt CO<sub>2</sub>eq pour un coût de 21 €/t CO<sub>2</sub>eq.

Quant à la pratique « Implantation des bandes enherbées » à proximité des cours d'eau, celle-ci ne concerne qu'environ 0,02 Mha. Malgré un potentiel d'atténuation par hectare élevé, cette pratique affiche une faible atténuation régionale en raison des faibles surfaces concernées. Néanmoins, les bandes enherbées sont principalement implantées pour limiter les pollutions de l'eau et le stockage de carbone peut être considéré comme un co-bénéfice.

- **A5 — Agroforesterie et haies**

Outils clés de la biodiversité, l'agroforesterie intra-parcellaire et les haies en bordure de champs permettent, outre le stockage de carbone dans le sol et dans la biomasse ligneuse, la création de zones de refuge pour la faune agricole et les auxiliaires des cultures, la régulation des flux hydriques, la protection des sols contre l'érosion et la réduction de la pollution chimique du système hydrographique.

L'agroforesterie intra-parcellaire en Centre-Val de Loire représente un potentiel d'atténuation très important, s'élevant à 2,9 Mt CO<sub>2</sub>eq. Etant une région de grandes cultures, le Centre-Val de Loire présente une assiette élevée. Le coût de mise en œuvre de l'agroforesterie

Tableau récapitulatif des potentiels et coûts d'atténuation des principales pratiques clés en Centre-Val de Loire

Actions	A1 - Gestion de la fertilisation azotée					A4 - Insertion de couverts végétaux				A5 - Agroforesterie et haies	
Sous-actions	A. Réduire la dose d'azote	B. Mieux valoriser les apports organiques	C. Améliorer l'efficacité de l'azote								
Gestion de fertilisation proposée	A. Faire un calcul de bilan azoté avec un objectif de rendement mieux ajusté	B1. Mieux prendre en compte le N organique B2. Réduire les pertes par volatilisation B3. Mobilisation de nouvelles sources de C exogènes	C1. Suppression du premier apport d'azote	C2. Utiliser des inhibiteurs de nitrification	C3. Enfouir les engrais dans le sol	A. Développement cultures intermédiaires (courts ou longs en zones vulnérables et non vulnérables)	B. Enherbement permanent des vignobles	C. Enherbement hivernal des vignobles	D. Bandes enherbées	A. Développement de l'agroforesterie intra-parcellaire	B. Implantation des haies
Assiette maximale totale (Mha)	1,53	1,68	0,27	0,30	0,24	1,85	0,01	0,01	0,02	0,58	1,08
Potentiel de stockage de carbone dans le sol, unitaire → total régional	0	0,08 tC/ha/an → 0,01 MtC/an	0	0	0	0,4 tC/ha/an → 0,7 MtC/an	0,6 tC/ha/an → 0,006 MtC/an	0,3 tC/ha/an → 0,003 MtC/an	0,4 tC/ha/an → 0,009 MtC/an	0,4 tC/ha/an → 0,2 MtC/an	0,03 tC/ha/an → 0,04 MtC/an
Potentiel d'atténuation de GES et de stockage de carbone dans la biomasse, unitaire → total régional	0,3 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 0,4 MtCO <sub>2</sub> eq/an	0,02 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 0,04 MtCO <sub>2</sub> eq/an	0,23 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 0,06 MtCO <sub>2</sub> eq/an	0,3 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 0,09 MtCO <sub>2</sub> eq/an	0,2 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 0,05 MtCO <sub>2</sub> eq/an	-0,05 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → -0,08 MtCO <sub>2</sub> eq/an	-0,1 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → -0,001 MtCO <sub>2</sub> eq/an	-0,01 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → -0,0001 MtCO <sub>2</sub> eq/an	0,7 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 0,02 MtCO <sub>2</sub> eq/an	3,4 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 2 MtCO <sub>2</sub> eq/an	0,9 tCO <sub>2</sub> eq/ha/an → 1 MtCO <sub>2</sub> eq/an
Potentiel d'atténuation totale (MtCO <sub>2</sub> eq/an)	0,40	0,14	0,06	0,09	0,05	2,50	0,02	0,01	0,05	2,90	1,09
Coût unitaire pour l'agriculteur (€/ha)	-9	4	-23	18	-10	28	-26	-15	747	114	70
Coût total (M€)	-13,6	-6,3	-6,2	5,2	-2,5	51,2	-0,3	-0,2	17,1	66,7	75,4
Coût d'atténuation de la tonne de CO <sub>2</sub> eq (€/tCO <sub>2</sub> eq)	-34	-44	-100	59	-55	21	-14	-14	357	23	69

est également élevé (114 €/ha), en raison de la conversion d'une partie des surfaces cultivées en rangées d'arbres.

Les haies stockant moins de carbone dans la biomasse que l'agroforesterie et ayant une emprise au sol moindre, la pratique « Implantation de haies » affiche un coût d'atténuation supérieur à celui de l'agroforesterie. Avec 13% de l'atténuation totale, elle est la troisième pratique la plus atténuante de la région.

## Les dispositifs d'accompagnement des pratiques clés en Centre-Val de Loire

Le déploiement des pratiques agricoles clés au niveau des territoires est fonction des politiques de soutien mises en place. Certaines pratiques respectant les bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE) font l'objet des aides du premier pilier de la Politique Agricole Commune (PAC). D'autres pratiques sont déjà inscrites dans les mesures agroenvironnementales et climatiques (MAEC) et/ou les types d'opération du Plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCEA), proposées par le plan de Développement Rural Régional (PDRR). En tant que second pilier de la PAC, ces mesures visent la préservation de la qualité de l'eau, la biodiversité et des sols et la lutte contre le changement climatique.

Pour contribuer à l'atteinte des objectifs climatiques de la France, le dispositif du Label bas-carbone, piloté par le Ministère de la Transition Ecologique, permet d'accompagner le déploiement des actions de réduction des émissions de gaz à effet de serre et/ou de stockage de carbone dans divers secteurs d'activité, dont l'agriculture. Dans ce cadre, divers acteurs, dont les entreprises et les collectivités, peuvent ainsi apporter une valorisation économique à des agriculteurs qui mettent en place des actions de ce type.

### • La gestion de fertilisation azotée pour réduire les émissions de N<sub>2</sub>O

Une majeure partie de la région Centre-Val de Loire est concernée par le bassin Bretagne-Loire et la partie restante (Nord-Est) correspond au bassin Seine-Normandie. Pour limiter la pollution diffuse, des mesures réglementaires ont ainsi été implémentées. A

cet effet, la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole s'inscrit dans le cadre de la directive européenne 91/676/CEE du 12 décembre 1991, dite « Directive Nitrates ». L'application nationale de cette directive (articles R.211-75 à R.211-85 du code de l'environnement) repose sur la désignation de zones vulnérables et la mise en œuvre d'un programme d'actions national et régional (PAN et PAR). A ces programmes s'ajoute l'arrêté préfectoral annuel « GREN », établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Centre-Val de Loire.

Outre la réduction des traitements phytosanitaires, la MAEC Systèmes Grandes Cultures (MAEC SGC) interdit la fertilisation azotée sur les légumineuses d'une part, et permet d'apporter aux agriculteurs un accompagnement technique sur la gestion de l'azote d'autre part. Le recours aux légumineuses est également recommandé du fait que ces dernières permettent une meilleure fixation de l'azote et une réduction de l'usage d'engrais de synthèse. Cependant, malgré son potentiel d'atténuation, cette mesure est très peu contractualisée par les exploitants, ne concernant que 0,5%<sup>(3)</sup> des terres en grandes cultures. Plusieurs raisons expliquent ce faible recours aux légumineuses : l'absence de débouchés et la faible rémunération de ces productions, le ralentissement de la recherche variétale par rapport aux autres cultures, etc.

En outre, France AgriMer a mis en œuvre un programme d'aide contribuant à la réduction et l'amélioration de l'utilisation des intrants, y compris les effluents et les fertilisants, afin de moderniser l'agriculture et la rendre plus compétitive. Le montant d'aide est fixé à 20% des investissements éligibles pour les équipements de précision et à 30% pour les équipements d'épandage d'effluents.

Les investissements permettant une meilleure maîtrise ou répartition (ou également une suppression) des apports de fertilisants peuvent bénéficier d'un soutien de l'Etat au titre de l'opération 4.1 du Programme de Développement Rural de la Région Centre-Val de Loire (PDRR; PCEA) relative à l'accompagnement de l'investissement productif dans le secteur agricole. Au travers de cette opération, certains équipements éligibles à un financement d'Etat dans le cadre du dispositif de France AgriMer n'y sont pas éligibles.

- **Le développement de couverts végétaux pour augmenter le stockage de carbone dans les sols et réduire les émissions de N<sub>2</sub>O**

Au titre de bonnes conditions agricoles et environnementales (inscrites dans le cadre du 1<sup>er</sup> pilier de la PAC), les couverts végétaux sont aussi rendus obligatoires. La BCAE I — bandes tampons le long des cours d'eau exige l'implantation, sans fertilisation ni traitement sanitaire, des bandes tampons pérennes (hors friches, espèces invasives et miscanthus) de 5 mètres de large au minimum le long des cours d'eau (définis par un arrêté ministériel relatif aux BCAE). Les bandes tampons de 10 m de largeur au maximum peuvent être retenues dans la BCAE VII — maintien des éléments topographiques. Enfin vient la BCAE IV — couverture minimale du sol qui impose l'implantation dans les ZV de couvert automnal et hivernal conformément à la réglementation relative à la gestion des nitrates.

Les cultures intermédiaires, notamment les CIPAN, peuvent être admissibles en surface d'intérêt écologique (SIE) au titre des paiements verts du 1<sup>er</sup> pilier de la PAC. Sont également éligibles les bandes enherbées rattachées à une parcelle en terre arable. Les mesures de verdissement sont réservées aux exploitations dont la surface arable dépasse le seuil minimal de 15 hectares et les cultures intermédiaires sont déclarées sur 5% de la surface arable. En ZV, outre ces exigences, les deux types de couverts reconnus doivent respecter une période de présence obligatoire pendant laquelle l'application des traitements phytosanitaires est interdit.

Au-delà des plans d'action nitrates, la conditionnalité (BCAE) et le verdissement, les MAEC localisées (mesures inscrite dans le cadre du 2<sup>nd</sup> pilier de la PAC) incitent l'adoption de certaines pratiques d'enherbement dans les zones représentant un enjeu environnemental important. Toutefois, elles sont des mesures territorialisées, donc accessibles à un faible nombre d'exploitants.

A titre d'exemple, la MAEC – création et maintien d'un couvert herbacé permanent (bandes ou parcelles enherbées) incite l'implantation des bandes enherbées dans les zones d'action prioritaires. Au respect des exigences du cahier des charges de la mesure, une aide régionalisée de 450 €/ha/an est octroyée.

En viticulture, l'implantation des bandes herbacées entre les rangs de vignes est soutenue par la MAEC – couverture des inter-rangs de vignes. Le montant de subvention annuelle est 109 €/ha/an modulé en fonction du nombre d'hectares à enherber. La période de présence des couverts en vignes est fixée à 5 ans.

- **Le développement de l'agroforesterie intra-parcellaire et l'implantation de haies pour accroître le stockage du carbone dans la biomasse et les sols**

L'agroforesterie intra-parcellaire connaît, après sa disparition progressive, un regain d'intérêt auprès des exploitants agricoles. A présent, il existe 22 parcelles agroforestières couvrant 144 hectares<sup>(4)</sup>.

En vue d'augmenter la dynamique de plantations de haies et de l'agroforesterie sur les surfaces agricoles, le programme « Plantons des haies ! » a été lancé. Une enveloppe nationale de 50 M€ lui est consacrée pour la plantation de 7 000 km de haies entre 2021 et 2022. De cette enveloppe, 4,9 M€ sont dédiés à la région Centre-Val de Loire.

Ce programme comprend deux volets : l'un portant sur les investissements, l'autre relatif aux actions d'animation accompagnant ces investissements. Les aides à l'investissement pour l'installation de l'agroforesterie intra-parcellaire peuvent être octroyées au titre de la sous-mesure 8.2 du PDRR. Financé par le FEADER, le soutien est alloué pour une surface minimale de 1 hectare pour une densité comprise entre 30 et 100 arbres/ha. Le taux d'aide publique est fixé à 80% des coûts d'implantation, aucun autre financement public ne pouvant être cumulé avec cette aide.

Quant à la plantation des haies bocagères, les aides à l'investissement sont demandées dans le cadre de la sous-mesure 4.4 du PDRR relative aux investissements non productifs favorisant la qualité de l'eau et la biodiversité dans le secteur agricole (inscrite au titre des appels à projets du PCAE).

Les exploitants agricoles et les collectivités locales souhaitant installer des systèmes agroforestiers peuvent être accompagnés par les Chambres Départementales d'Agriculture de la région et l'Association d'Agroforesterie de la région Centre-Val de Loire (A2RC). En effet, les Chambres Départementales accompagnent les exploitants

agricoles et les collectivités locales dans la conception du projet, la plantation, l'entretien et la valorisation du bois. Outre la promotion et l'appui technique, A2RC a pour objectifs de coordonner le développement de l'agroforesterie dans la région, assurer une veille réglementaire, et intervenir auprès des services publics en faveur d'activation des mesures de soutien et de la recherche des moyens de développement.

<sup>(1)</sup><https://www.insee.fr/fr/statistiques/5057212>

<sup>(2)</sup>Traitement réalisé par l'Observatoire du développement rural à partir des données du Référentiel Parcellaire Graphique 2012 (données surfaciques sur les haies) et de la couche végétation de la BD TOPO 2015 de l'IGN.

<sup>(3)</sup> Pourcentage correspondant à la MAEC relatives à la réduction de l'usage des traitements phytosanitaires (MAEC PHYTO) et aux Systèmes Grandes Cultures (MAEC SGC).

<sup>(4)</sup> <https://centre-valde Loire.chambres-agriculture.fr/chambre-dagriculture-du-loiret/pages-hors-menu/plan-de-relance/agroforesterie/>

**Tableau récapitulatif des coûts et potentiels d'atténuation des trente-six pratiques agricoles retenues pour la région Centre-Val de Loire**

Libellé Action	Pratique	Unité de production	Assiette maximale totale	Coût technique	Coût total	Potentiel unitaire de stockage de C additionnel	Potentiel total de stockage de C additionnel	Atténuation unitaire des émissions de GES	Atténuation totale de émissions de GES	Atténuation totale des émissions de GES et stockage de C	Coût d'atténuation	
			(unité)	(€/unité/an)	(€/an)	(tC/ha/an)	(tC/an)	(tCO <sub>2</sub> eq/unité/an)	(tCO <sub>2</sub> eq/an)	(tCO <sub>2</sub> eq/an)	(€/tCO <sub>2</sub> eq)	
Gestion de fertilisation	Réduire la dose d'azote minéral apportée	ha	1525916	-8.90	-13577948.08	0.00	0.00	0.26	399016.46	399016.46	-34.03	
	Améliorer la prise en compte de l'azote organique apporté dans le calcul du bilan azoté	ha	1552783	-2.47	-3831888.72	0.00	0.00	0.03	52451.55	52451.55	-73.06	
	Améliorer l'efficacité des apports organiques	ha	1552783	-2.34	-3631308.64	0.00	0.00	0.04	59002.54	59002.54	-61.54	
	Mobiliser de nouvelles ressources organiques exogènes	ha	131111	8.64	1132215.24	0.08	10506.81	-0.05	-6344.06	32180.92	35.18	
	Retarder le 1er apport d'azote	ha	267419	-23.30	-6229841.18	0.00	0.00	0.23	62120.53	62120.53	-100.29	
	Utiliser d'inhibiteurs de la nitrification	ha	298827	17.55	5244678.32	0.00	0.00	0.30	89234.95	89234.95	58.77	
	Enfouissement des engrais minéraux	ha	240422	-10.39	-2498315.23	0.00	0.00	0.19	45164.39	45164.39	-55.32	
Légumi neuses	Légumineuses à graines en grandes cultures	ha de légumineuses	124075	19.51	2420656.50	0.00	0.00	1.11	137636.95	137636.95	17.59	
	Légumineuses dans les prairies temporaires	ha de prairies	154653	-31.75	-4910009.48	0.00	0.00	0.17	26118.82	26118.82	-187.99	
Semis direct	A3	Réduction du travail du sol - passage au semis direct	ha	1447867	4.51	6526922.93	0.00	0.00	0.04	51553.43	51553.43	126.61
Insertion de couverts	A4	Développement (Insertion et allongement) de cultures intermédiaires	ha	1854283	27.62	51216555.77	0.38	703991.82	-0.05	-84827.33	2496476.00	20.52
		Enherbement permanent des vignobles	ha	10265	-25.65	-263342.74	0.55	5642.35	-0.14	-1410.56	19278.06	-13.66
		Enherbement hivernal des vignobles	ha	10427	-15.24	-158913.58	0.30	3126.91	-0.01	-106.26	11359.06	-13.99
		Implantation de bandes enherbées	ha de bandes enherbées	22935	747.41	17141791.02	0.38	8812.21	0.68	15657.36	47968.81	357.35
AF et Haies	A5	Développement de l'agroforesterie intra-parcellaire	ha de culture	583058	114.42	66710866.53	0.42	247782.74	3.42	1992614.41	2901151.12	22.99
		Implantation de haies	ha de culture	1078759	69.90	75400616.97	0.03	35411.96	0.89	955346.22	1085190.06	69.48
Gestion des prairies	A6	Allonger la durée de pâturage	ha	175400	-28.07	-4923240.98	0.00	0.00	0.04	6397.01	6397.01	-769.62
		Insertion et allongement de prairies temporaires dans les successions de grandes cultures	ha (de séquence de cultures)	259262	49.27	12775096.32	0.08	21733.45	0.06	16836.73	96526.04	132.35
		Réduire la fertilisation des prairies permanentes et temporaires les plus intensives	ha	331841	-8.18	-2716080.10	0.00	0.00	0.05	16988.17	16988.17	-159.88
		Intensification des prairies peu productives par augmentation du chargement animal	ha	3989	-4.00	-15941.38	0.41	1623.36	-0.20	-804.50	5147.82	-3.10
		Intensification modérée des prairies permanentes en augmentant la fertilisation azotée	ha	180776	26.02	4704103.33	0.20	36049.59	-0.49	-89095.59	43086.24	109.18
		Substitution d'une ou deux fauches par du pâturage	ha	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lipides et additifs	A7	Substitution glucides-lipides	Têtes de bovins	165820	72.65	12046695.26	0.00	0.00	0.27	45329.63	45329.63	265.76
		Ajout de nitrate	Têtes de bovins	50423	10.97	553366.14	0.00	0.00	0.29	14442.51	14442.51	38.32
Alimentation protéique	A8	Ajustement des apports protéique pour les vaches	Têtes de vaches laitières	34164	-11.60	-396244.77	0.00	0.00	0.12	4193.09	4193.09	-94.50
		Passer en alimentation bi-phase pour les truies	Truies reproductrices, porcelets et porcs à l'engraissement	26810	-49.17	-1318270.89	0.00	0.00	0.51	13588.53	13588.53	-97.01
Maîtrise et économie d'énergie	A9	Méthanisation	Nombre d'exploitations	1509	8283.00	12499002.10	0.00	0.00	164.02	247501.93	247501.93	50.50
		Couverture et torchère	Nombre d'exploitations	4370	10075.00	44026573.34	0.00	0.00	33.70	147259.21	147259.21	298.97
	A10	Bâtiments avicoles-échangeurs thermiques	Volailles de chair (têtes)	55157000	0.04	2308126.25	0.00	0.00	0.00	5490.68	5490.68	420.37
		Bâtiments avicoles-aérothermes	Volailles de chair (têtes)	55157000	-0.01	-720496.68	0.00	0.00	0.00	4489.29	4489.29	-160.49
		Bâtiments avicoles-isolation	Volailles de chair (têtes)	55157000	-0.03	-1635252.35	0.00	0.00	0.00	6723.72	6723.72	-243.21
		Serres chauffées-isolation	ha serres	65	-17961.03	-1170153.91	0.00	0.00	62.60	4078.62	4078.62	-286.90
		Serres chauffées-ballon d'eau chaude	Ha de serres	21	759.90	15902.23	0.00	0.00	36.69	767.85	767.85	20.71
		Tracteurs- passage régulier au banc d'essai	Tracteurs	19650	-175.78	-3454086.39	0.00	0.00	1.01	19910.18	19910.18	-173.48
Tracteurs-écoconduite	Tracteurs	59545	-385.90	-22978474.33	0.00	0.00	2.03	120667.77	120667.77	-190.43		

## FOCUS

### Assiette maximale technique

L'assiette maximale technique est la quantité de ressource maximale utilisable pour une pratique agricole, c'est-à-dire la surface ou l'effectif animal pour lesquels la pratique peut se déployer. Elle est calculée pour chaque pratique agricole à l'échelle régionale, en prenant en considération les contraintes techniques liées à sa mise en place ainsi que certains objectifs environnementaux tels que la réduction des herbicides et la préservation de la qualité des sols.

### Potentiel d'atténuation

Le potentiel d'atténuation est estimé en multipliant le potentiel d'atténuation unitaire (t CO<sub>2</sub>eq évité par ha, par animal...) par l'assiette sur laquelle l'action peut être mise en œuvre. Exprimé en t CO<sub>2</sub>eq/an, le potentiel d'atténuation ne comprend pas les émissions induites en amont ou en aval de l'exploitation, liées à des achats ou à des ventes de produits.

### Coût d'atténuation

Le coût d'atténuation d'une pratique agricole est le ratio entre son coût technique total et son potentiel d'atténuation. Il est interprété comme le prix minimal de la tonne de CO<sub>2</sub>eq évitée pour qu'une pratique devienne rentable économiquement pour l'exploitant. Si le ratio est négatif, la pratique/action est dite « à coût négatif ». La mise en œuvre des pratiques/actions « à coût négatif » permet une diminution des émissions de GES et/ou un accroissement du stock de carbone dans les sols et la biomasse tout en fournissant à l'exploitant des économies de coûts et/ou un revenu additionnel.

### Interactions et additivité entre les pratiques

Les potentiels d'atténuation sont d'abord calculés par pratique, puis agrégés à l'échelle de l'action, sous hypothèse d'additivité et sans prise en compte des interactions entre les actions et les pratiques.

## REFERENCES

- Agreste Centre-Val de Loire. (2017). Agri'repères. [https://draaf.centre-val-de-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Agrirep2017entier\\_PUB\\_171206\\_cle8731a8.pdf](https://draaf.centre-val-de-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Agrirep2017entier_PUB_171206_cle8731a8.pdf)
- CA Centre-Val de Loire. (2020). Atténuations agricoles : Les émissions agricoles de gaz à effet de serre et le stockage carbone. [https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Centre-Val-de-Loire/122\\_Inst-Centre-Val-de-Loire/Agro\\_environnement/Changement\\_climatique/Strategie\\_attenuation/E2\\_emission\\_GES\\_stockage\\_carbone.pdf](https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Centre-Val-de-Loire/122_Inst-Centre-Val-de-Loire/Agro_environnement/Changement_climatique/Strategie_attenuation/E2_emission_GES_stockage_carbone.pdf)
- DREAL Centre-Val de Loire. (2019). Agroforesterie : Nombre et localisation des exploitations intégrant des alignements d'arbres en intra-parcellaire. <http://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/agroforesterie-a3463.html>
- Lig'Air/OREGES – ODACE. (2021a). Consommation d'énergie en Centre-Val de Loire pour l'année 2018. <https://odace.ligair.fr/consommation-denergie>
- Lig'Air/OREGES – ODACE. (2021b). Emissions de GES en Centre-Val de Loire pour l'année 2018. <https://odace.ligair.fr/gaz-effet-de-serre>
- Lig'Air/OREGES – ODACE. (2021c). Estimation de la séquestration nette de carbone en Centre-Val de Loire pour l'année 2018. <https://odace.ligair.fr/sequestration-carbone>
- Martin, M., Saby, N., Toutain, B., Chenu, J., Ratié, C., & Boulonne, L. (2019). Statistiques sur les stocks de carbone (0-30 cm) des sols du réseau RMQS. <https://doi.org/https://doi.org/10.15454/RJRZXN>
- OORCE. (2021). Observatoire des objectifs régionaux climat énergie - Où en sont les régions dans la transition ? <https://www.observatoire-climat-energie.fr/regions/centre-val-de-loire/emissions-de-gaz-a-effet-de-serre/>

## Partenaires & Remerciements

L'ADEME remercie INRAE, en particulier Nosra Ben Fradj et Laure Bamière, pour l'élaboration de ces fiches régionales qui capitalisent des travaux clés pour accompagner les acteurs locaux et agricoles en vue de la réduction des émissions GES, la préservation voire l'augmentation des stocks de carbone du secteur agricole.



Nous remercions également :

- Christophe BEAUJOUAN (Chambre d'Agriculture de Centre-Val de Loire) et Philippe MOINAT (ADEME - DR Centre-Val de Loire) pour la relecture de la fiche.

## POUR EN SAVOIR PLUS

- Etude INRA GES 2013 <https://www.ademe.fr/contribution-lagriculture-francaise-a-reduction-emissions-gaz-a-effet-serre>
- Etude BANCO <https://www.ademe.fr/banco-analyse-freins-mesures-deploiement-actions-dattenuation-a-cout-negatif-secteur-agricole>
- Etude INRAE 4pour000 France <https://www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1000-carbone-sols-potentiel-france>
- Direction régionale de l'ADEME en Centre-Val de Loire [www.centre.ademe.fr](http://www.centre.ademe.fr)

## CONTACTS

- Suivi technique national ADEME : Thomas EGLIN et Audrey TREVISIOL (Direction Bioéconomie et Energies renouvelables / Service Forêt Alimentation Bioéconomie)
- Contact en Direction régionale ADEME : [ademe.centre@ademe.fr](mailto:ademe.centre@ademe.fr)