PLAN CLIMAT

Air-Énergie Territorial 2020-2026

DIAGNOSTIC

Potentiels de réduction des GES, des polluants et stockage du carbone

Communauté d'Agglomération
Béthune-Bruay
Artois Lys Romane

DIAGNOSTIC TERRITORIAL

Potentiels de réduction des GES, des polluants, et stockage du carbone

PLAN CLIMAT

Air-Énergie Territorial 2020-2026

MAI 2019

Communauté d'Agglomération
Béthune-Bruay
Artois Lys Romane

Introduction

Ce chapitre du rapport comprend les éléments suivants :

- Le potentiel de réduction des émissions de GES ;
- Le potentiel de réduction des émissions de polluants ;
- Le potentiel d'amélioration de la séquestration du carbone ;
- Le potentiel de développement des énergies renouvelables ;
- Le potentiel de réduction des consommations d'énergie ;
- Le potentiel de développement des réseaux.

Il répond ainsi aux objectifs suivants :

- Une analyse des possibilités de réduction des émissions territoriales de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques,
- Une estimation des possibilités de développement de la séquestration dioxyde de carbone ;
- Une analyse du potentiel de réduction de la consommation énergétique finale du territoire.

La présentation de ces potentiels est effectuée par secteur d'activité.

Les secteurs pris en compte sont les secteurs réglementaires de l'arrêté PCAET :

- Industrie (y compris branche énergie)
- Résidentiel,
- Tertiaire,
- Transport : transport routier et autres transports,
- Agriculture,
- Déchets.

Y sont ajouté deux secteurs complémentaires, postes clefs pour les actions :

- L'alimentation et la consommation
- Les milieux naturels.

Le rapport est divisé en 3 parties

4.1 – Potentiels de réduction des émissions de GES et de polluants, potentiels de stockage du Carbone

4.2 – Perspectives énergétiques

4.3 – Potentiels de développement des réseaux

INTRODUCTION 3
1 - POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES 5
1. 1 - LES POTENTIELS DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES ENERGETIQUES 5
1. 2 - LES POTENTIELS DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES NON ENERGETIQUES 8
1.2.1 - Emissions de GES agricoles 9
1.2.2 - Emissions de GES des intrants 14
1.2.3 - Les déchets et l'industrie de l'énergie 16
1.2.4 - Le secteur tertiaire 17
1.2.5 - Le secteur industriel 18
1.2.6 - La construction 20
1.2.7 - Le transport 20
1. 3 - BILAN : LES POTENTIELS DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES 21
1.3.1 - Le potentiel de réduction des émissions directes de GES 21
1.3.2 - Le potentiel de réduction des émissions totales de GES 23
2 - POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS 24
3 - POTENTIEL D'AMELIORATION DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE 26
3. 1 - LES LEVIERS D'ACTION 26
3. 2 - ESTIMATION DES POTENTIELS 30

1 - Potentiel de réduction des émissions de GES

Les potentiels de réduction des émissions de GES ont été établis essentiellement sur la base des potentiels de réduction des consommations d'énergie et des productions d'énergie renouvelables. La partie énergétique se traduit par un mix énergétique 2050 appuyé sur les potentiels maximums. C'est ce mix énergétique qui est ensuite traduit en GES. La seule hypothèse supplémentaire concerne le facteur d'émissions du gaz de réseau importé, dont le taux de gaz fossile dépendra d'orientations nationales.

Les émissions de Gaz à Effet de Serre se répartissent entre émissions directes (émises sur le territoire, 2 millions de Teq CO2 soit environ 7 Teq CO2 par habitant) et émissions indirectes (émises hors du territoire, 1,2 millions de Teq CO2).
Dans ces deux catégories, une grande part des émissions est due aux consommations d'énergie. **Les potentiels de réduction des émissions énergétiques sont directement reliés aux réductions des consommations d'énergie et à l'évolution du mix énergétique présenté dans la partie 4.2.**

1. 1 - Les potentiels de réduction des émissions de GES énergétique

Les GES énergétiques représentent 69% des émissions de GES actuelles de la Communauté d'Agglomération Béthune Bruay Artois Lys Romane. La réduction des consommations d'énergie et le déploiement des énergies renouvelables seront donc les deux principaux leviers pour réduire les émissions de GES du territoire.
En ce qui concerne les émissions liées à l'énergie, **le potentiel de réduction a été estimé sur la base du croisement des consommations d'énergie et des productions d'énergie renouvelable** présenté précédemment.
Pour chaque source d'énergie, un facteur d'émission de GES a été attribué.

Emissions directes de GES énergétiques

La traduction directe de ces potentiels permet d'estimer une baisse de 69% des émissions directes de GES énergétiques.
Cependant, comme expliqué précédemment, en 2050 la collectivité importera encore du gaz de réseau. Le mix énergétique alimentant ce gaz en réseau dépendra d'actions extérieures au territoire. Il est donc proposé de considérer comme hypothèse que la moitié du gaz de réseau sera en 2050 constitué de biogaz. Cette hypothèse est conservatrice par rapport au scénario GRDF 100% biogaz. Elle entraîne une division par deux du facteur d'émission de GES de ce réseau.

Dans ce cadre, le potentiel de réduction des émissions directes de GES énergétiques est de 79%.

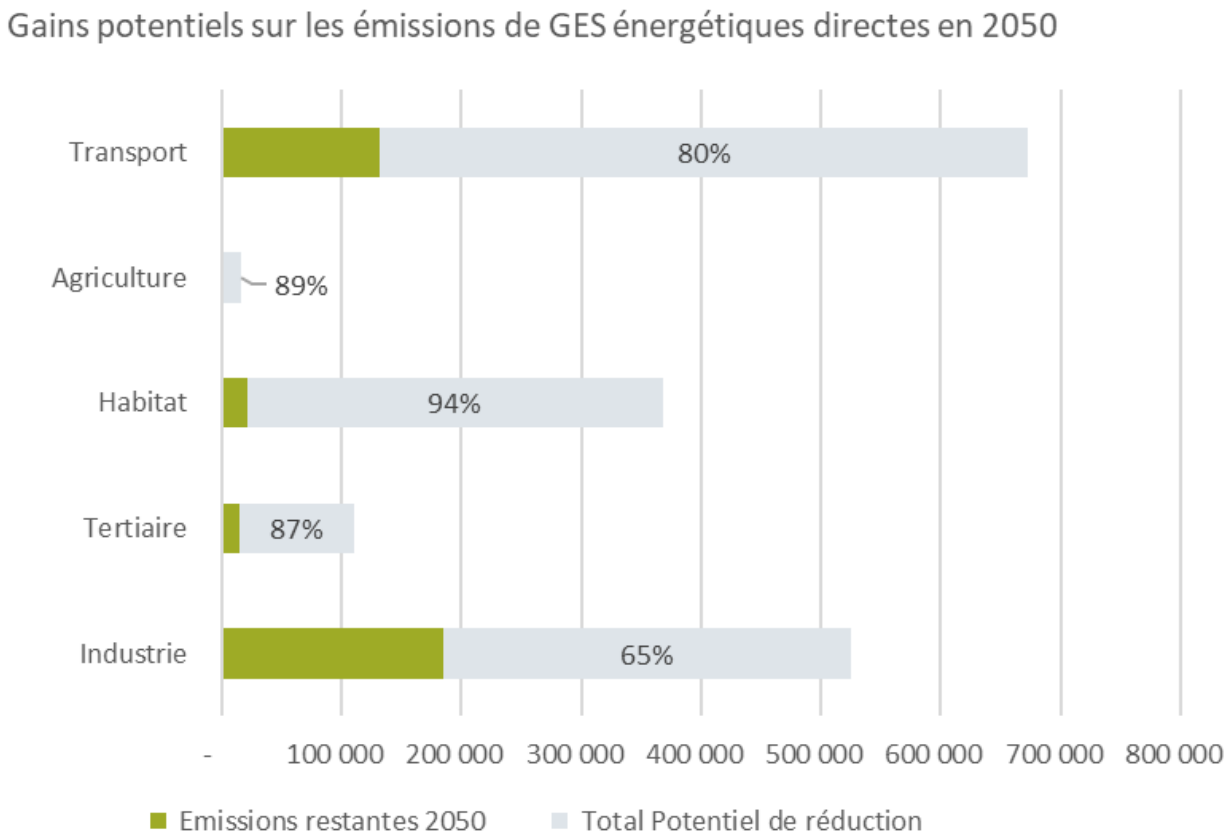

Figure 1 : potentiel de réduction des émissions directes de GES énergétiques

Le potentiel de réduction atteint ainsi 94% sur l'habitat, 87% sur le tertiaire, 89% sur l'agriculture, 80% sur le transport, mais seulement 65% sur le secteur industriel.

Ce potentiel découle directement des potentiels de réduction des consommations d'énergie et de production d'énergie renouvelable présenté au point 4.2. Les principaux leviers de réduction concernent la rénovation des bâtiments pour diminuer les pertes énergétiques (habitat, tertiaire et industrie), les changements de mode de déplacement (modes doux, transports en commun) et les évolutions de process industriels.

Aucune hypothèse d'évolution n'a été prise concernant le facteur d'émission des produits pétroliers. Cependant, des innovations technologiques pourraient permettre à long terme une évolution de cette source d'énergie.

Emissions totales de GES énergétiques

Si on ajoute les émissions indirectes, le potentiel total de réduction n'est plus que de 73%. Il baisse significativement surtout sur les transports et l'industrie, les deux secteurs qui seront encore importateurs d'énergie en 2050.

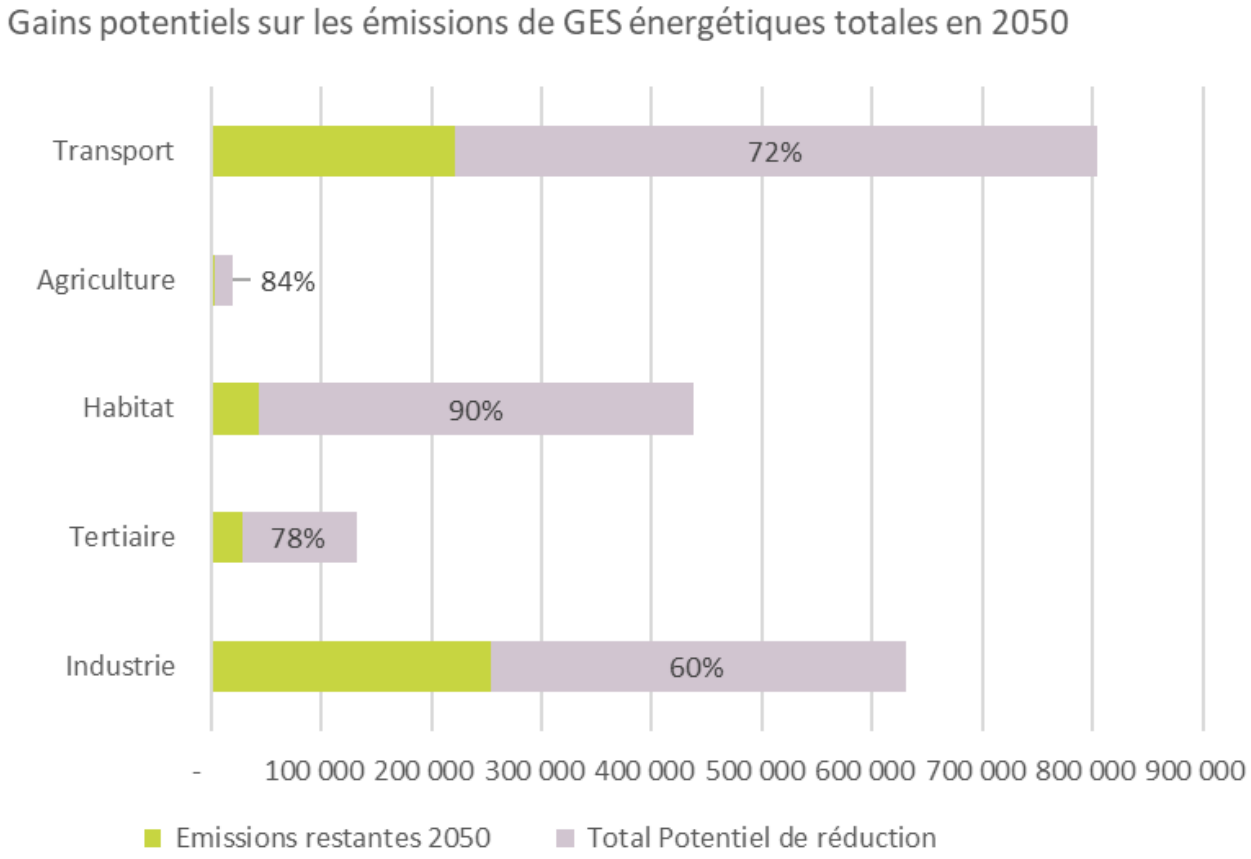

Figure 2 : potentiel de réduction des émissions totales de GES énergétiques

1. 2 - Les potentiels de réduction des émissions de GES non énergétiques

Les émissions non énergétiques représentent 31% des émissions de GES totales du territoire. Les leviers d'action et les potentiels de réduction associés sont très différents selon les secteurs d'activité.

Le graphique ci-contre reprend pour mémoire la répartition des émissions non énergétiques sur le territoire. La plus grande part est constituée par des émissions indirectes : intrants, transports… L'agriculture et les déchets représentent les principaux postes d'émissions de GES non énergétique directes.

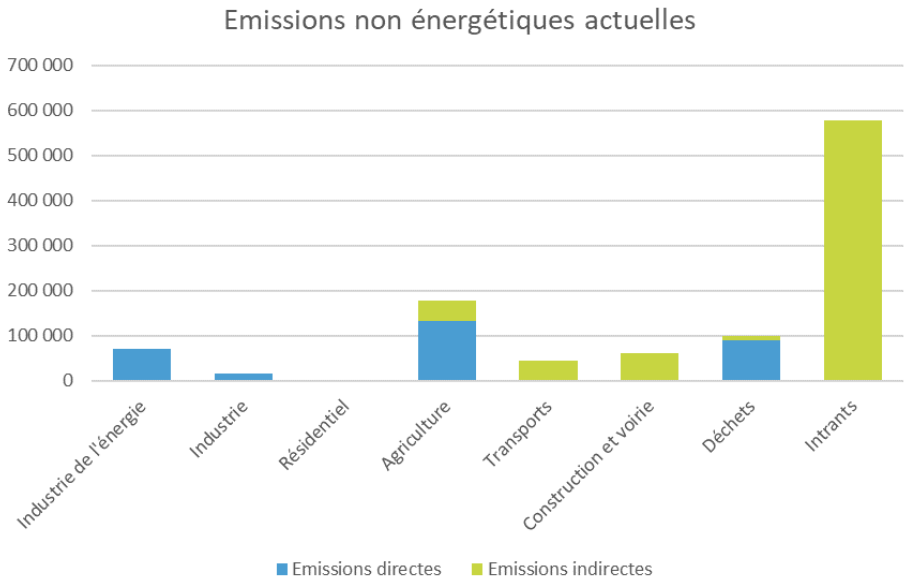

Figure 3 : rappel des émissions de GES non énergétiques actuelles

1.2.1 - Emissions de GES agricoles

Sur le territoire de Béthune Bruay Artois Lys Romane, 89% des émissions de GES de l'agriculture sont d'origine non énergétique.

Les leviers d'action

SOURCES : ETUDE INRA « QUELLE CONTRIBUTION DE L'AGRICULTURE FRANÇAISE A LA REDUCTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE ? » ET ETUDE AFTERRE 2050 REALISEE PAR SOLAGRO POUR L'ADEME

Les principaux leviers d'action pour réduire les émissions agricoles du territoire sont les suivants :

- **Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés**, qui sont à l'origine de la plus grande partie des émissions de N2O.
  - **Diminuer le recours aux engrais minéraux de synthèse**. Cette diminution des apports peut être obtenue : en les ajustant mieux aux besoins de la culture, avec des objectifs de rendement réalistes ; en valorisant mieux les fertilisants organiques ; en améliorant l'efficacité de l'azote fourni à la culture par les conditions d'apport (retard du premier apport au printemps, ajout d'un inhibiteur de nitrification, enfouissement localisé de l'engrais).
  - **Accroître la part des cultures de légumineuses** qui, grâce à la fixation symbiotique d'azote atmosphérique, ne nécessitent pas de fertilisants azotés externes, et laissent dans le sol des résidus riches en azote permettant de réduire la fertilisation minérale de la culture suivante. Deux sous-actions sont examinées : accroître la part des légumineuses à graines en grande culture ; introduire et maintenir une plus forte proportion de légumineuses dans les prairies temporaires.

- Améliorer le stockage de carbone dans les sols (cf. partie dédiée) et réduire de ce fait les besoins en intrants

- **Valoriser les effluents pour produire de l'énergie** : la méthanisation
  - **Capter le CH4 produit par la fermentation des effluents d'élevage durant leur stockage**, et l'éliminer par combustion, c'est-à-dire le transformer en CO2. Le CH4 est brûlé, avec production d'électricité ou de la chaleur, soit tout simplement en torchère. Le pouvoir de réchauffement global (PRG) du CO2 étant 25 fois inférieur à celui du CH4, la combustion du CH4 en CO2 est intéressante même en l'absence de valorisation énergétique (cas des torchères). Il s'agit d'accroître le volume d'effluents d'élevage méthanisés et, à défaut, de couvrir les fosses de stockage de lisier et installer des torchères.

- **Désintensifier l'élevage** : si la tendance est à la diminution du cheptel bovin, la diminution des prairies est aussi à relier à l'intensification des productions, qui diminue le temps de pâturage. La diminution du cheptel bovin total associée au maintien sur le territoire d'un élevage bovin de qualité permettant le maintien des prairies permettra de réduire les émissions de GES tout en conservant toutes les externalités positives des prairies.

  Ainsi, Le cheptel bovin lait est décrit dans l'étude AFTERRE selon 6 types d'élevages qui se différencient principalement selon leur productivité en lait et leur régime alimentaire. Une vache laitière produit aujourd'hui en moyenne 6 500 kg de lait par an. Les plus productives dépassent les 10 000 kg : elles sont dans ce cas nourries surtout aux concentrés et à l'ensilage, pâturent peu, et font l'objet de sélections génétiques poussées. L'étude propose un scénario d'évolution avec disparition des vaches les plus intensives et redéploiement du pâturage. Cette démarche permet aussi de réduire les apports de concentrés, très émetteurs de GES.

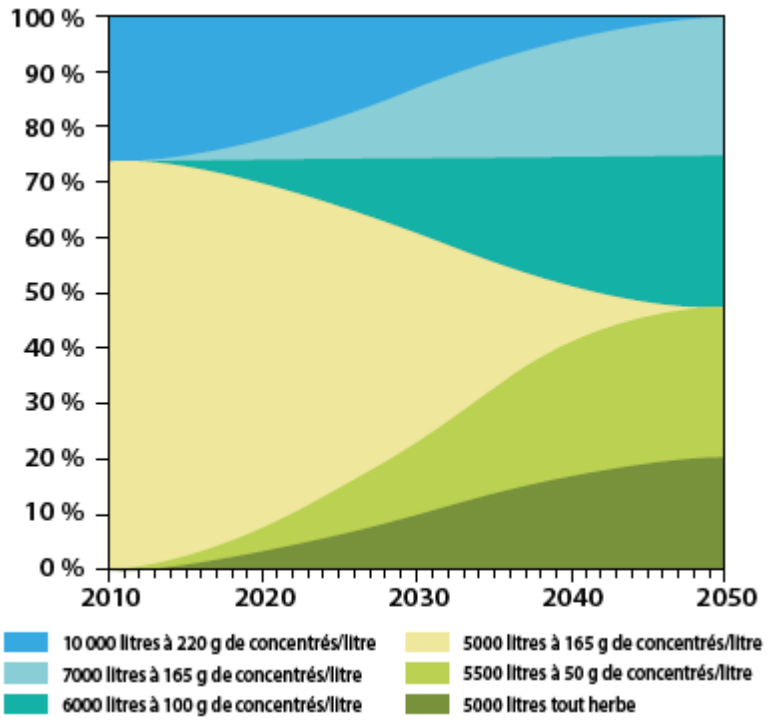

Figure 4 : évolution des systèmes d'élevage laitier, scénario AFTERRE 2050

- Assurer **l'autonomie alimentaire territoriale des systèmes d'élevage**
  Tout comme pour l'alimentation humaine, une part importante de l'alimentation des animaux d'élevage provient de l'extérieur du territoire voire de l'autre bout du monde (soja d'Amérique par exemple), avec des conséquences non maîtrisées sur les émissions de GES. La relocalisation de l'alimentation des animaux permettra de réduire les émissions de GES liées au transport, mais aussi de diversifier les systèmes de production locaux.

L'étude Afterre propose ainsi pour 2050 un modèle de parcelle agricole combinant ces différents leviers.

Dans ce modèle, la culture principale est systématiquement accompagnée. Elle partage l'espace soit avec des arbres, soit avec des cultures associées soit avec des cultures intermédiaires. La terre n'est jamais nue. Elle est toujours verte, ou pour le moins couverte (chaumes). Le mélange des variétés est généralisé.
Au lieu des 2 productions du standard agricole actuel – une graine et de la paille - une parcelle peut délivrer virtuellement une gamme élargie de productions :

- grain de la culture principale (par exemple le blé),
- grain de la culture associée (par exemple le pois),
- un résidu de culture qui sera partiellement recyclé ou retourné au sol,
- du fourrage ou de la biomasse énergie dérivés de la récolte
- des couverts végétaux,
- du bois d'œuvre, du bois énergie et/ou des fruits issus des alignements agroforestiers (noyers par exemple) ou des haies.

De plus, les couverts entre deux cultures - cultures intermédiaires - sont systématiquement déployés sur les parcelles où les contraintes hydriques ne sont pas rédhibitoires.
Les cultures associées occupent 20 % des terres arables ; elles sont basées sur des associations céréales / légumineuses, particulièrement efficientes dans des systèmes à bas niveaux d'intrants. Les graines de céréales sont destinées à l'alimentation humaine tandis que les légumineuses sont majoritairement destinées à l'alimentation du bétail.
L'agroforesterie se développe fortement mais à « basse densité ». A raison de 50 arbres par hectare, pour une emprise au sol de 12 %, cette densité ne minore pas le rendement de la culture annuelle. L'agroforesterie couvre, en 2050, 10 % de la surface agricole utile (soit 3 millions d'hectares) ;
5 % de la SAU sont réservés aux infrastructures agroécologiques, aussi diverses que le sont les terroirs et les paysages : haies, bosquets, ripisylves, jachères ou prairies fleuries, bandes enherbées… Le linéaire de haies aura ainsi doublé en 2050.
A l'échelle du paysage (ou du bassin versant), ce type de parcelle et ses aménagements (associés à des zones tampons), permet de réduire les risques d'érosion, de diminuer les transferts de polluant vers l'eau et de répartir de façon homogène les infrastructures agroécologiques.

Le potentiel de réduction

L'estimation des potentiels de réduction s'est appuyée sur l'étude AFTERRES 2050, qui estime les potentiels de réduction des émissions d'origine agricole.

Dans Afterres2050, les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture française sont divisées par 2 par rapport à aujourd'hui. Les principaux facteurs de diminution sont liés à la diminution du cheptel bovin, à la meilleure maîtrise de la fertilisation azotée qui joue à la fois sur les émissions de N2O et les consommations de gaz fossile, avec en outre des progrès techniques sur la fabrication des engrais, qui permettent de diminuer la consommation d'énergie (20 %) et d'émettre moins de N20.

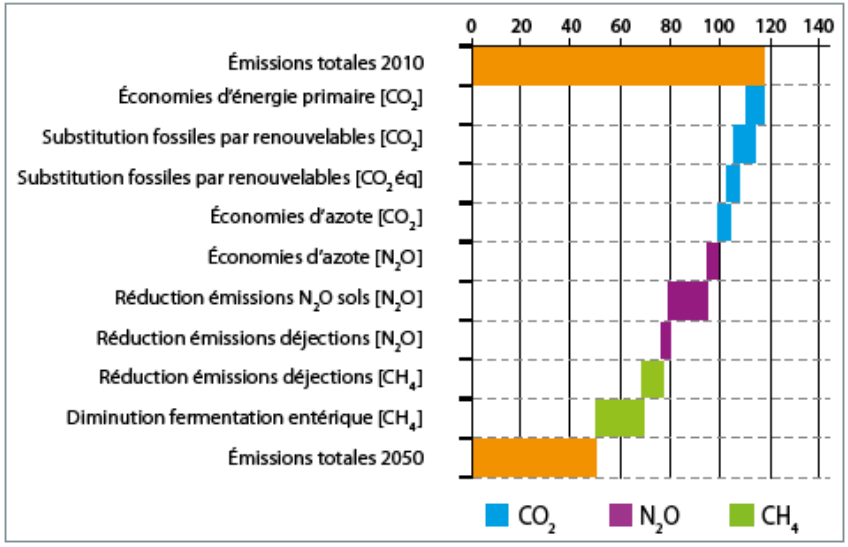

Figure 5 : potentiel de réduction des émissions de GES agricole françaises d'ici 2050 en Mteq CO2

Ce scénario a été transposé au territoire au prorata de ses émissions initiales. Ce scénario permet d'obtenir un gain global de 50% sur les émissions de GES non énergétiques agricoles. Le potentiel est cependant seulement de 42% sur les émissions directes, mais de 72% sur les émissions indirectes.

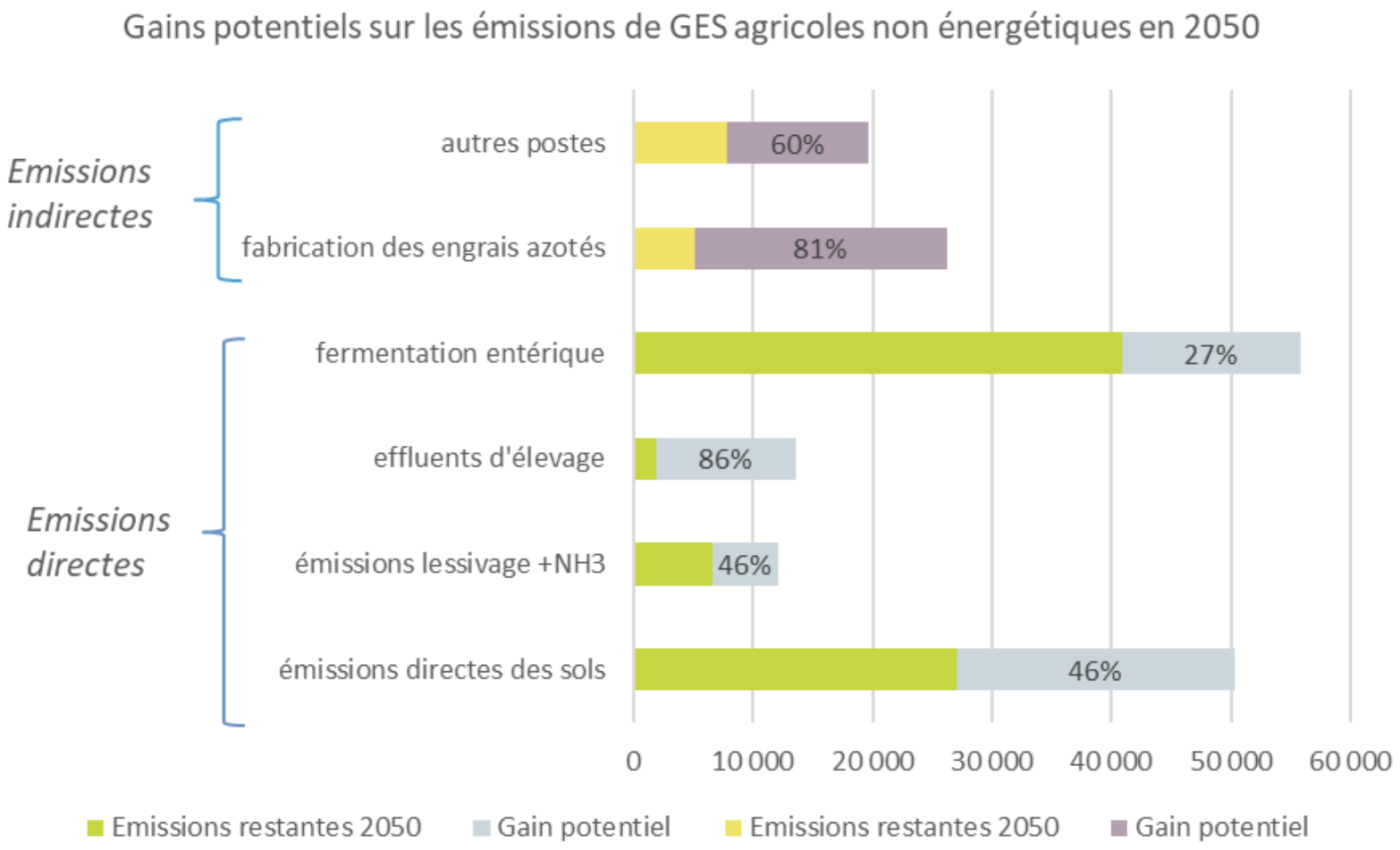

Figure 6 : synthèse des gains potentiels sur les émissions de GES agricoles non énergétiques en 2050

1.2.2 - Emissions de GES des intrants

Les leviers

La réduction des émissions liées à la consommation et à l'alimentation passera par une sensibilisation des habitants-consommateurs. Les leviers sont en grande partie nationaux et s'appuieront sur des changements de comportement massifs. Au niveau du territoire, il s'agit d'une approche globale dans laquelle chaque acteur peut trouver son rôle : travail sur l'exemplarité des collectivités, sensibilisation des enfants, lutte contre le gaspillage alimentaire, travail sur les circuits courts, de saison et à faibles intrants…

Développer les circuits courts

Rapprocher le producteur du consommateur permet de restreindre les transports de produits. L'utilisation de produits frais et de saison restreint les émissions liées à la conservation (stockage, surgelé, émissions des systèmes de refroidissement dans le tertiaire…) et celles liées à la production (chauffage de serre par exemple)

Selon une étude de l'ADEME sur les produits maraîchers, les circuits courts de proximité réduisent l'impact sur le changement climatique dès lors que certaines conditions d'optimisation sont respectées, notamment en termes de transport. L'idéal est d'optimiser le transport des produits via la mise en place de points de vente collectif (impact sur le fret territorial également).

A l'inverse, le consommateur qui parcourt des kilomètres pour acheter ses œufs dans une ferme, ses fruits dans une autre, peut émettre plus de GES que la grande distribution.

Lutte contre le gaspillage alimentaire et la surconsommation

La lutte contre le gaspillage alimentaire est aussi un enjeu en termes d'émissions de GES. Chaque français jette en moyenne 7 kilos d'aliments non consommés et encore emballés par an. A ce chiffre, il convient d'ajouter les restes de repas, fruits et légumes abîmés, pain... soit de l'ordre de 13 kilos/habitant/an.

Le gaspillage alimentaire représente ainsi près de 20 kg/habitant/an.

Lutter contre le suremballage, la surconsommation et contre le gaspillage alimentaire aura un double impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre : réduction des émissions liées à la consommation ou à l'alimentation, et réduction des émissions liées au traitement des déchets et économie de matière première prélevée sur le milieu naturel.

Hors alimentation, les émissions liées à la consommation des ménages sont assez mal connues. Les réductions des émissions s'appuieront sur les changements de mode de production des objets (éco-conception), et les changements de mode de consommation. Les leviers d'action sur le territoire concernent surtout la prévention des déchets et sont détaillés dans le paragraphe dédié.

Le potentiel de réduction

Le scénario AFTERRE 2050 propose une évolution de l'assiette française moyenne qui comprend une baisse très forte de la consommation de viande (-49%), de la consommation de poissons et crustacés (-74%), et en revanche une multiplication par trois de la consommation de légumineuses et une augmentation de 20% de la consommation de fruits et légumes. Cette évolution a été transposée à l'alimentation moyenne du territoire (présentée dans le diagnostic des émissions de GES), et a été croisées à l'évolution globale des émissions de GES par produit estimée pour 2050 (baisse des émissions de GES pour les céréales par exemple grâce aux pratiques culturales, baisse des émissions liées aux bovins par valorisation des effluents, etc).

Ceci permet ainsi d'obtenir **une baisse totale de 59% des émissions de GES liées aux intrants**. L'ensemble des émissions est en diminution, sauf les émissions associées aux légumineuses qui augmentent.
La majorité de l'effet est due à la réduction de la consommation de viande, levier n°1 pour réduire les émissions de GES. Néanmoins, cette diminution de la consommation de viande ne s'obtiendra que par une évolution globale de l'alimentation et donc une augmentation des autres produits.

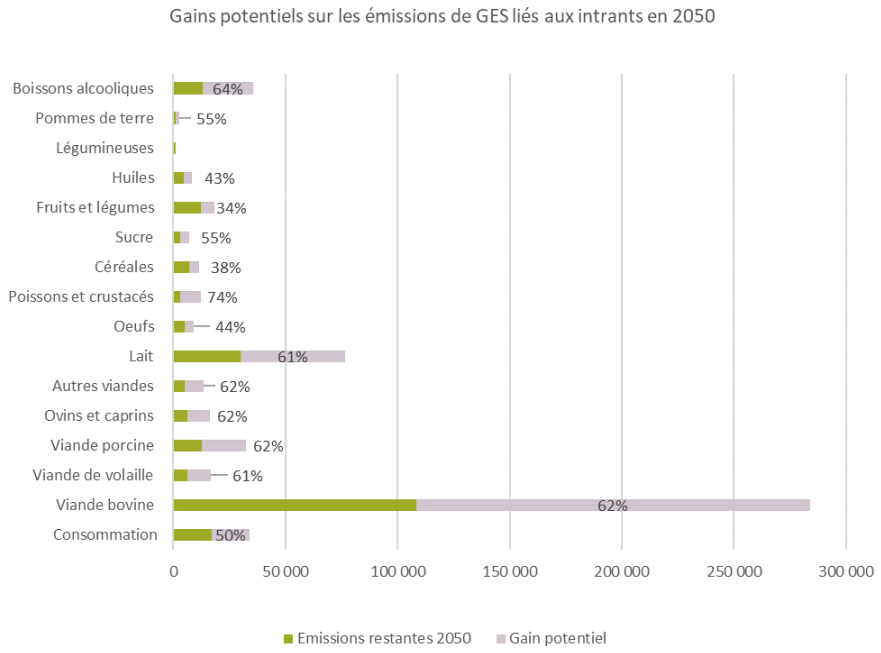

Figure 7 : potentiel de réduction des émissions de GES liées aux intrants

1.2.3 - Les déchets et l'industrie de l'énergie

Les émissions de GES liées aux déchets sont réparties sur le territoire en deux secteurs : dans le secteur de l'industrie de l'énergie apparaissent les émissions du Centre de Valorisation Energétique, pour la partie biogénique et donc non attribuée à la production d'énergie (production de vapeur et d'électricité). Dans le secteur déchets apparaissent les émissions indirectes liées au recyclage et les émissions directes du centre d'enfouissement.
Notons que les deux installations du territoire collectent des déchets au-delà du périmètre de l'agglomération.

Les leviers

La réduction de la production de déchets constitue le levier majeur dans ce secteur d'activité. Elle est encadrée par la réglementation dans le cadre des plans de réduction des déchets. Les actions autour du tri, du recyclage, du compostage, et le changement des matériaux peuvent permettre d'atteindre d'ici 2050 une réduction très importante des quantités de déchets.

Le potentiel de réduction

Dans le cadre de l'étude des potentiels énergétiques, il a été considéré que l'unité de valorisation énergétique pouvait à terme être orientée vers de la méthanisation, avec une valorisation intégrale du carbone. Les émissions de GES associées au CVE pourraient donc disparaître.
Il peut aussi être estimé que le centre d'enfouissement n'accueillera plus que des déchets inertes et que les émissions de CO_2 associées tendront vers zéro (après valorisation des gaz émis par les déchets stockés au fur et à mesure des années).
Les seules émissions restantes seraient alors celles associées au recyclage des déchets (émissions indirectes).
Le potentiel de réduction des émissions directes est donc de 100% ; il est de 90% sur les émissions totales.

1.2.4 - Le secteur tertiaire

Dans le secteur tertiaire, une partie des émissions de GES est liée aux systèmes de refroidissement des commerces (réfrigérateurs et congélateurs) et à la climatisation, de plus en plus répandue dans l'ensemble des activités de services.

Les leviers

L'amélioration des systèmes de réfrigération et de climatisation peut permettre de diminuer l'impact des émissions liées aux fluides frigorigènes. Il s'agira de lutter contre les fuites de fluides frigorigènes, et de remplacer les gaz à effet de serre par d'autres moins impactants pour le climat.

Les modalités d'implication des acteurs privés (commerces notamment) devront être trouvées, afin de réduire leurs consommations d'énergie, et d'utiliser des systèmes de refroidissement les moins émetteurs possibles.

Le premier levier consiste d'après l'Ademe[1] à « procéder à l'entretien régulier des équipements. Il est également indispensable de limiter les émissions de fluides frigorigènes par le confinement des installations frigorifiques, la diminution de la charge en fluides frigorigènes dans l'installation (compacité et coefficient de transfert des échangeurs de chaleur, utilisation de systèmes à fluides frigoporteurs pour la distribution du froid) et/ou l'amélioration de l'étanchéité des composants.

A plus long terme, il est possible de réduire les émissions de fluides frigorigènes en utilisant des fluides frigorigènes non fluorés ou à faible pouvoir de réchauffement global comme le CO2, les hydrocarbures (butane, isobutane, propane), l'ammoniac, des mélanges à faible pouvoir de réchauffement global, l'eau ou d'autres « nouveaux » fluides.

Les équipements de production de froid actuels sont principalement basés sur le cycle à compression mécanique de vapeur. D'autres technologies émergent et permettraient de réduire les émissions de fluides frigorigènes dans l'atmosphère : les systèmes à absorption, les systèmes à adsorption, la thermo-acoustique, le froid magnétique, le froid thermo-électrique (« effet Peltier »), le froid évaporatif (pour application en climatisation), dépendant des conditions extérieures de température et d'hygrométrie, etc. »

Le potentiel de réduction

Les fluides frigorigènes non émetteurs de GES existent déjà. **Le potentiel de réduction à l'horizon 2050 est de 100%,** l'ensemble des systèmes ayant vocation à être remplacé en trente ans.

[1] https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/gaz-fluores/solutions-existent

1.2.5 - Le secteur industriel

Dans le secteur industriel, la majorité des émissions de GES non énergétique est représentée par les émissions de Nox (notamment celles de la sucrerie de Tereos basée à Lillers)

Les leviers

L'Ademe a réalisé une étude sur la maîtrise des émissions de Nox dans les entreprises.
D'après cette étude[2], « il existe différentes techniques de réduction des émissions d'oxydes d'azote (NOx) : les mesures primaires, avec une réduction à la source, et les mesures secondaires, avec des traitements sur des NOx déjà formés.

- La réduction à la source

La réduction à la source peut reposer sur plusieurs principes qui peuvent être appliqués au niveau des brûleurs (brûleurs bas NOx) et/ou du procédé.
L'efficacité des brûleurs bas NOx de seconde génération peut, par exemple, atteindre de 40 à 60 % selon les principes mis en œuvre, les combustibles considérés et les caractéristiques de l'installation. Ces performances peuvent toutefois être différentes avec des combustibles non commerciaux riches en azote ou en hydrogène. Bien qu'efficace, la combustion étagée présente des inconvénients, comme la formation de monoxyde de carbone (CO) et d'imbrûlés solides, ou une consommation d'énergie significative dans le cas d'une recirculation externe des gaz de combustion.

La réduction à la source peut également être réalisée grâce à la combustion à basse température en lit fluidisé, dans le cas de combustibles solides. Le lit, constitué d'un matériau inerte ou désulfurant, assure un très bon transfert de chaleur et des températures homogènes. Avec cette technique, dont l'efficacité peut atteindre de 50 à 70 % par rapport à une chaudière à charbon pulvérisé classique, la température est de l'ordre de 850 à 950 °C et les émissions de NOx sont moins importantes. Seul bémol : le potentiel de cette technique à former du protoxyde d'azote (N2O).

De la vérification de concepts à l'échelle « laboratoire » aux essais à l'échelle « pilotes de terrain », de nombreux travaux de recherche sont actuellement menés afin de répondre aux exigences continues de réduction des émissions de NOx du secteur industriel.

[2] https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/oxydes-dazote-nox/entreprises-comment-maitriser-emissions-nox

- Les techniques de traitement

Différentes techniques de traitement peuvent être mises en œuvre pour réduire les émissions de NOx.

  - Les techniques de réduction : elles consistent en la réduction de monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO2) en présence d'oxygène, pour produire de la vapeur d'eau et du diazote gazeux. Les agents réducteurs utilisés sont principalement l'ammoniac (NH3) ou l'urée (CO(NH2)2). La réduction peut se faire à deux niveaux de température : autour de 950 °C sans catalyseur par réduction non catalytique (SNCR), ou autour de 300 °C avec catalyseur par réduction sélective catalytique (SCR).
  - La technique de recombustion ou reburning : elle consiste en la réduction de NO à l'aide d'hydrocarbures en milieu légèrement oxydant. »

Le potentiel de réduction

D'après cette étude, **le potentiel de réduction des Nox est globalement supérieur à 50%.**

1.2.6 - La construction

Les leviers

En ce qui concerne la construction, les leviers concerneront deux aspects : la modification des pratiques, et le changement de matériaux d'une part, l'évolution de l'urbanisation d'autre part.
En ce qui concerne les changements de pratique, on retrouve dans cette catégorie des actions déjà citées par ailleurs en termes de déplacements, de recours à des énergies propres, etc.
Le recours à des matériaux biosourcés permettra de réduire nettement les émissions de GES. Pour les bâtiments, les matériaux biosourcés sont de plus en plus divers et accessibles : bois, paille, chanvre, béton végétal, laine, isolant à partir de matériaux recyclés… La liste ne saurait être exhaustive.
Pour les voiries, les premiers revêtements biosourcés sont aujourd'hui en expérimentation sur des routes à faible passage. Ces revêtements devraient pouvoir se développer et modifier nettement les pratiques pour les voiries.

En ce qui concerne l'évolution de l'urbanisation, on peut considérer que la diminution de la construction neuve sera largement remplacée par une augmentation de la rénovation. Les impacts en termes de GES sur l'activité de construction en elle-même ne sont pas quantifiable, mais les gains pour le territoire en termes de stockage carbone, d'adaptation au changement climatique etc. seront importants.
En revanche, la désimperméabilisation de surfaces actuellement revêtues pourrait à terme réduire les émissions de GES (diminution des surfaces de voiries à entretenir, baisse des nouvelles constructions de voiries)

Le potentiel de réduction

Le potentiel de réduction global sur ce poste (émissions indirectes) a été estimé à 80%.

1.2.7 - Le transport

Les émissions de GES non énergétiques sur le territoire concernent exclusivement les émissions indirectes liées au transport aérien.

Les industriels misent sur les avancées technologiques : performance énergétique des moteurs, meilleure aérodynamique, cockpits allégés, trajectoires optimisées… pour réduire les émissions de GES.
Ils se sont fixés un objectif global de baisse de 50% en 2050 des émissions du secteur aérien.

1. 3 - Bilan : les potentiels de réduction des émissions de GES

1.3.1 - Le potentiel de réduction des émissions directes de GES

Le potentiel total de réduction des émissions directes de GES est de 78% sur le territoire.
Ce potentiel permet d'atteindre l'objectif « Facteur 4 » qui correspond à une division par 4 des émissions de GES, ou une baisse de 75%.
Le secteur des déchets et de l'industrie de l'énergie est celui présentant le plus fort potentiel de baisse, avec une disparition des émissions de GES : la valorisation énergétique totale de l'ensemble des gaz émis, consommés par les autres secteurs d'activité.
Le secteur résidentiel présente un potentiel de réduction de 94% : la réduction des consommations d'énergie associée au changement du mix énergétique permet de réduire drastiquement les consommations d'énergie fossiles et donc les émissions de GES associées.
Le potentiel est important aussi pour le tertiaire avec 89%.
Pour les transports, les émissions de GES baissent de 80%, grâce à nouveau aux modifications des consommations d'énergie.
Sur le secteur industriel, la baisse est plus faible, la substitution des énergies fossiles étant plus complexe.
Enfin, le secteur agricole présente un potentiel global de réduction de 47%, les émissions non énergétiques étant plus complexes à réduire que celles liées à l'énergie.

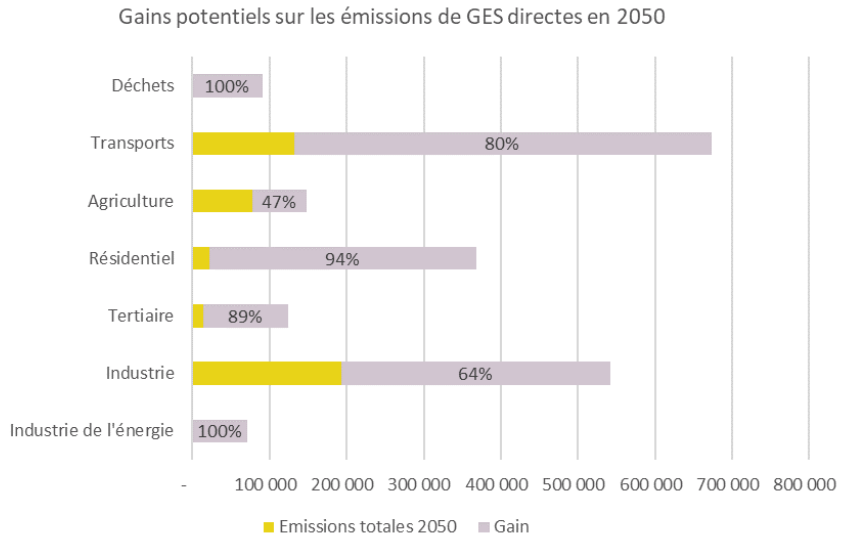

Figure 8 : Potentiels de réduction des émissions de GES directes

Potentiel de réduction des émissions de GES

Potentiellement, les émissions directes pourront ne représenter en 2050 que 440 000 Teq CO2 contre 2 millions actuellement.
La structure des émissions de GES aura aussi évolué : l'industrie sera le premier émetteur de GES avec 44% contre 27 actuellement, et le transport le second avec 30% contre 33 actuellement.
La part de l'habitat aura fortement diminué, passant de 18% à 5%. Enfin, la part de l'agriculture aura augmenté en passant de 7 à 18% des émissions du territoire.

Ces émissions directes représenteraient alors 1,5 Teq Co2 par habitant contre 7 actuellement.

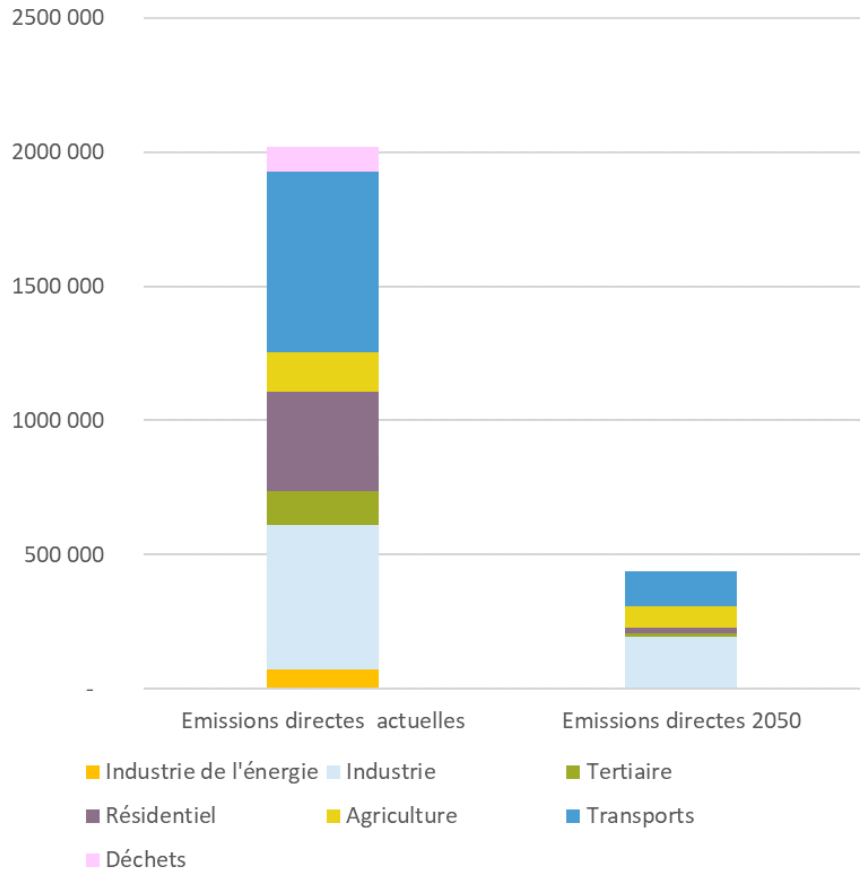

Figure 9 : comparaison des émissions directes actuelles et potentielles 2050

1.3.2 - Le potentiel de réduction des émissions totales de GES

Si on regarde maintenant le potentiel de réduction des émissions totales, la baisse est de 66%.

Ceci s'explique par l'intégration d'émissions de GES dont le potentiel de réduction est légèrement plus faible : -59% pour les intrants par exemple, prise en compte des émissions liées au recyclage des déchets, des émissions indirectes du transport aérien…

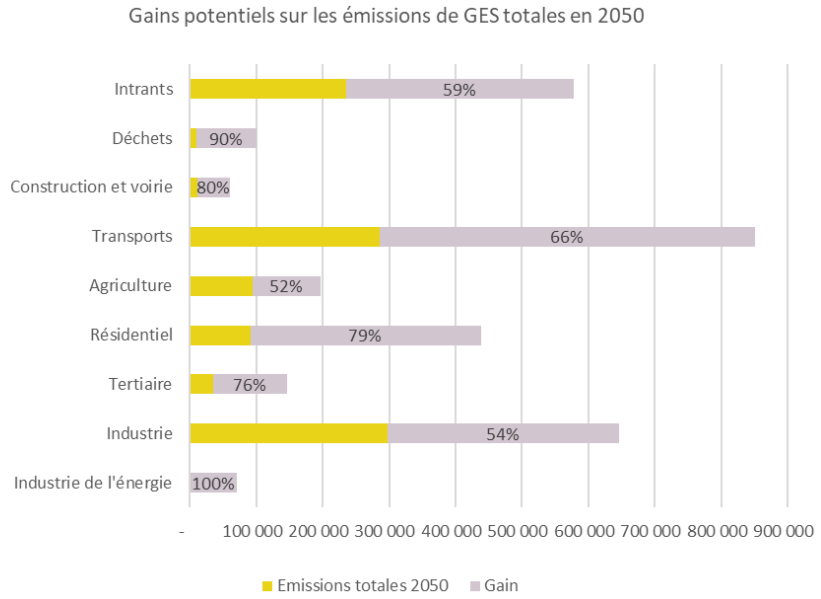

Figure 10 : Potentiels de réduction des émissions de GES totales

Les émissions totales de GES pourront représenter en 2050 un million de Teq CO2 contre 3 aujourd'hui.

Ces émissions totales représenteraient alors 3,6 Teq Co2 par habitant contre 11 actuellement.

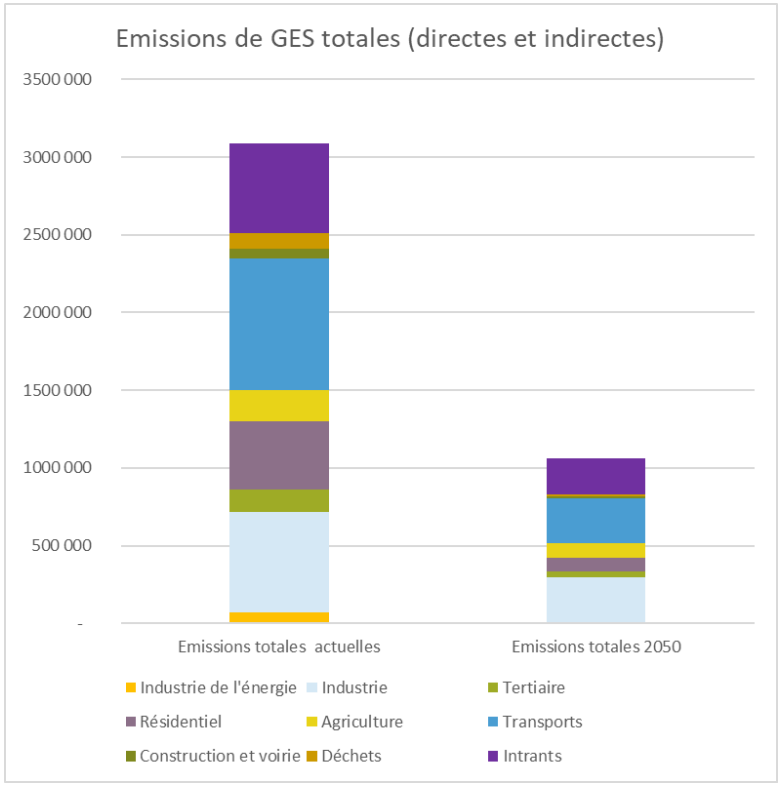

Figure 11 : comparaison des émissions totales actuelles et potentielles 2050

2 - Potentiel de réduction des émissions de polluants

ATMO a identifié les axes de progrès par secteurs d'activité sur l'ensemble des polluants réglementés. Ces axes de progrès recoupent fortement les leviers identifiés précédemment. Ils sont donc résumés dans le tableau ci-après, du secteur le plus émetteur au moins émetteur.

Secteur d'activité	Importance du secteur	Axes de progrès
Industrie	Premier émetteur sur l'ensemble des polluants Oxydes d'azote, oxydes de soufre, particules, COVnM	Amélioration des techniques de combustion Utilisation de matières premières moins émettrices Mise en place de système d'épuration / filtration des fumées Travail sur l'optimisation de l'utilisation des solvants : mise en place de Systèmes de Maîtrise des Emissions et de Plans de Gestions des Solvants
Résidentiel	Deuxième émetteur pour l'ensemble des polluants	Maîtrise et utilisation rationnelle de l'énergie Rénovation énergétique des logements Sensibilisation des particuliers Renouvellement des appareils de chauffage Réduction de l'utilisation des solvants
Transport routier	Troisième émetteur pour l'ensemble des polluants	Réduction du nombre de véhicules en circulation Faciliter le recours aux modes de transport alternatifs à la voiture individuelle Amélioration technologique associée au renouvellement du parc automobile Changement de comportement des utilisateurs
Agriculture	Quatrième émetteur pour l'ensemble des polluants	Utilisation responsable des engrais chimiques Utilisation de méthodes d'épandage plus respectueuses de l'environnement Amélioration technologique des engins agricoles Mise en œuvre d'une politique ambitieuse en faveur du circuit court et de l'agriculture durable
Energie	Cinquième émetteur pour l'ensemble des polluants	Amélioration des techniques de combustion de l'incinérateur Mise en place de systèmes d'épuration / filtration des fumées

Secteur d'activité	Importance du secteur	Axes de progrès
Tertiaire	Sixième émetteur pour l'ensemble des polluants	Maîtrise et utilisation rationnelle de l'énergie Rénovation des bâtiments Renouvellement des appareils de chauffage Réduction de l'utilisation des solvants
Autres transports	Septième émetteur pour l'ensemble des polluants	Amélioration des techniques de combustion dans les secteurs maritimes et ferroviaire.
Déchets	Huitième émetteur pour l'ensemble des polluants	Réduire la quantité de déchets

Tableau 1 : possibilités de réduction des émissions et concentrations de polluants sur le territoire

3 - Potentiel d'amélioration de la séquestration du carbone

3. 1 - Les leviers d'action

Ralentissement de l'artificialisation des terres et maîtrise de l'occupation du sol

Enjeu majeur dans le cadre du maintien des stocks de carbone dans les sols, la lutte contre l'artificialisation des terres s'inscrit dans une problématique bien plus large : lutte contre les inondations, protection de la biodiversité, adaptation au changement climatique…

L'artificialisation, et en particulier l'imperméabilisation des sols, conduit à une perte de matières organiques et des fonctions des sols, très difficilement voire non réversibles.

La mise en culture d'une prairie conduit au déstockage du carbone du sol alors que le boisement de terres cultivées provoque un stockage.

Dans tous les cas, la préservation des stocks de carbone dans les sols français et du rôle de puits de carbone de certains écosystèmes passe par la protection des milieux naturels et la conservation des prairies dans les systèmes d'élevage.

Au niveau agricole, des mesures agro-environnementales incitent à ne pas retourner les prairies au bout de cinq ans. Les Safer peuvent aussi intervenir pour préempter des terres menacées d'artificialisation.

D'autres leviers réglementaires sont prévus dans le code de l'urbanisme, le Code rural et le Code de l'environnement ou dans le cadre de la loi ALUR. Ils impliquent différents mécanismes comme le zonage de protection, la préemption ou les normes de densification urbaine.

Stockage dans les sols agricoles

Le stockage dans les sols agricoles du territoire est majoritairement à relier au stockage de carbone dans les sols de prairies.

Or sur le territoire, l'élevage est en régression, avec une diminution des prairies.

La tendance actuelle est donc plutôt à la baisse du stockage annuel de carbone dans les sols du territoire du fait des surfaces de prairies transformées en culture.

Ce stockage annuel pourrait être amélioré par des changements de pratiques culturales, sur les prairies comme sur les grandes cultures.

On peut citer par exemple les actions suivantes[3] :

- **Développer les techniques culturales sans labour** susceptibles de stocker du carbone dans les sols. L'abandon du labour, en évitant la perturbation des agrégats du sol qui protègent la matière organique, ralentit sa décomposition et sa minéralisation, et accroît donc le stockage. Cette suppression d'une opération culturale forte consommatrice de carburant fossile permet en outre une baisse des émissions de CO_2.
- **Implanter davantage de couverts dans les systèmes de culture** pour stocker du carbone dans les sols (et limiter les émissions de N_2O). Il s'agit d'étendre ou de généraliser : les cultures intermédiaires (semées entre deux cultures de vente) en grande culture ; les bandes enherbées en périphérie de parcelles.
- **Développer l'agroforesterie** (lignes d'arbres implantées dans des parcelles cultivées ou les prairies) et les haies (en périphérie des parcelles) pour favoriser le stockage de carbone dans le sol et la biomasse végétale.
- **Optimiser la gestion des prairies** pour favoriser le stockage de carbone mais aussi réduire les émissions de N_2O et de CH_4 liées à la fertilisation minérale et aux déjections des animaux. Les voies envisagées sont : allonger la saison de pâturage pour réduire la part des déjections émises en bâtiment et donc les émissions de N_2O et CH_4 associées ; accroître la durée de vie des prairies temporaires, pour différer leur retournement qui accélère le déstockage du carbone par dégradation des matières organiques du sol ; réduire la fertilisation des prairies les plus intensives ; intensifier modérément les prairies permanentes les plus extensives (landes…) en augmentant le chargement animal pour accroître la production végétale et donc le stockage de carbone.

Le schéma ci-dessous met en évidence les impacts potentiels des pratiques agricoles sur le stockage du carbone.

[3] Source : *étude INRA « Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? », 2013*

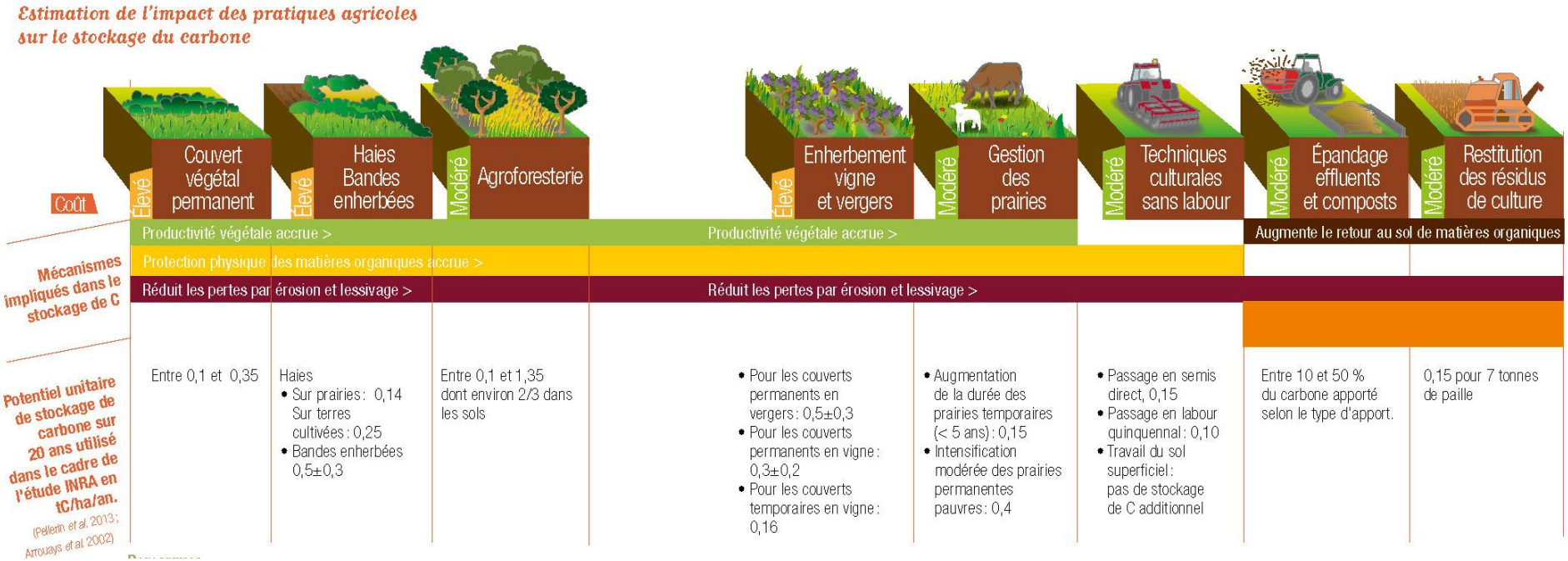

Figure 12 : estimation de l'impact des pratiques agricoles sur le stockage du carbone (source Ademe)

Stockage dans la biomasse et les sols boisés

Le potentiel de production et d'utilisation de biomasse est abordé dans le chapitre sur les énergies renouvelables.

La séquestration du carbone grâce à la construction écologique à base de biomasse locale pourrait être amplifiée grâce à des politiques volontaristes de construction en biomatériaux. Pour la construction en bois, il faudra veiller à ne pas augmenter le taux d'exploitation global de la forêt au risque d'entraîner un déstockage dans la biomasse (si l'exploitation est supérieure au taux d'accroissement annuel).

La replantation de haies permettrait d'augmenter la taille du « réservoir haies ».

Concernant les sols forestiers, le potentiel de développement sera lié aux pratiques forestières et au respect de la cohérence écologique (à l'image des trames vertes et bleues).

D'autre part, un potentiel existe sur les terrils, vestiges du passé minier.

Environ 50% de la surface des terrils présents sur le territoire sont aujourd'hui boisés.

Spontanément, les terrils s'orientent vers une végétalisation et la création d'un sol, qui s'enrichit au fil des ans et participe à la séquestration du carbone.
Sur l'ensemble des terrils et en particulier les terrils non boisés, une piste de développement est d'améliorer le stockage du carbone avec constitution progressive d'un sol riche en humus, en cohérence avec le schéma de trame verte et bleue et les dispositifs de protection des terrils.

Stockage géologique[4]

Le stockage géologique du dioxyde de carbone est envisagé comme une des formes possibles de traitement du carbone.
Il s'agit de récupérer ce gaz là où il est produit en grande quantité, comme par exemple sur les cheminées industrielles et de le réinjecter dans le sous-sol.
Ce CO2 serait injecté dans le substrat géologique rocheux sous forme supercritique via des puits dans des roches perméables ou dans des cavités souterraines jugées suffisamment hermétiques. Plusieurs lieux de stockage sont donc envisagés, et notamment les bassins miniers : le méthane des veines de charbon non exploitées pourrait être exploité et remplacé par du CO2, la vente du méthane finançant le stockage du CO2.

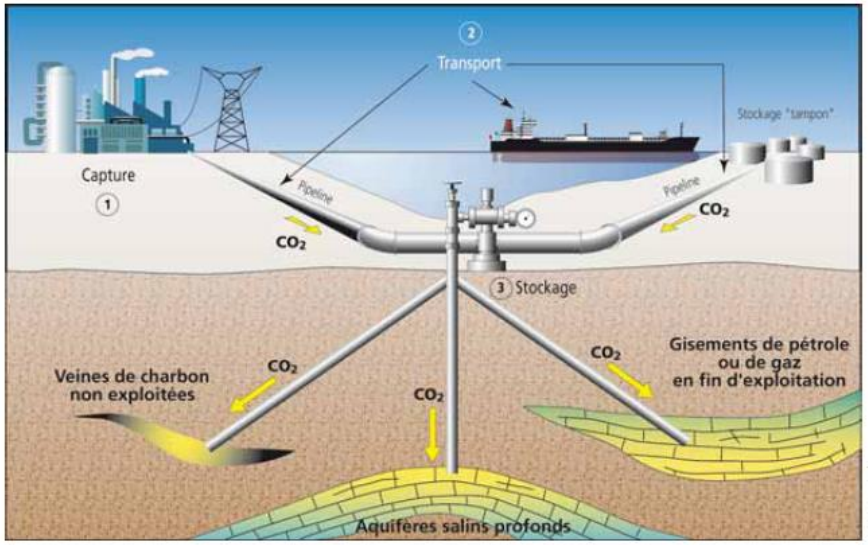

Figure 13 : Principales options pour la capture, le transport et le stockage géologique du CO2 (source BRGM).

Réinjecter du gaz dans les pores du charbon est théoriquement possible si les couches ne se sont pas tassées après extraction. Des pilotes expérimentaux testent cette solution, qui pourrait éventuellement être associée à la gazéification du charbon, si des méthodes probantes et sécurisées étaient développées.
L'utilisation de bassins houillers souterrains déjà exploités semble cependant quasi impossible en raison des affaissements miniers qui ont suivi l'exploitation (Bassin du Nord de la France ou lorrain par exemple), des problèmes liés à l'acidification de l'eau des nappes remontantes et des risques de fuite.
Le potentiel de stockage semble donc a priori très faible sur le territoire.

[4] Source : La capture et le stockage géologique du CO2, Ademe et BRGM

3. 2 - Estimation des potentiels

Il est très difficile de chiffrer les potentiels d'amélioration de la séquestration du carbone, du fait de la très forte incertitude sur les chiffres initiaux comme sur les leviers. Les gisements ont été évalués sur la base des études disponibles, notamment l'étude 4 pour 1000 sur les sols agricoles. Les calculs du gisement sont appuyés sur la méthode de l'outil ESPASS.

Plusieurs hypothèses ont été prises pour estimer le potentiel global d'amélioration de la séquestration du carbone :

- Artificialisation des terres : dans le cadre d'un PLUi Facteur 4, l'objectif du territoire est d'atteindre d'ici 2030 une compensation complète des surfaces artificialisées (0 artificialisation nette).
- Baisse de 10% des surfaces totales de prairies
- Augmentation des forêts et surfaces boisées : 10 ha supplémentaire par an (en moyenne)
- Multiplication par trois du linéaire de haies.

A noter : un objectif de « zéro artificialisation nette » ne suffit pas à faire entièrement disparaître le déstockage du carbone. En effet l'artificialisation d'un sol végétal riche libère une quantité importante de carbone, alors que la remise en végétation d'un espace artificiel demande de nombreuses années avant de retrouver un sol vivant. L'impact de la diminution de l'artificialisation des terres reste cependant très favorable.

La principale incertitude porte sur la capacité de stockage annuel dans les sols, qui n'est pas connu à ce stade, et dépendra de la mise en place des pratiques agricoles et forestières, mais aussi des conditions météorologiques.

Le potentiel a été estimé sur la base de l'initiative « 4 pour 1000 » qui considère qu'on pourrait amener grâce aux évolutions des pratiques culturales les sols à augmenter leur taux de carbone de 0,4% par an.

Sur cette base, on atteindrait sur le territoire une multiplication par 5 du stockage du carbone à l'horizon 2050.

Le stockage dans la biomasse serait augmenté de 5%, de même que le stockage dans les produits bois. Ce chiffre peut paraître faible, mais rappelons que le taux de boisement est faible sur le territoire, et que le développement de la biomasse servira aussi la production d'énergie.

La libération du carbone par artificialisation des terres serait diminuée de 94%, avec seulement 1 500 Teq Co2 libérées annuellement, contre 27 000 actuellement.

Le stockage de carbone dans les sols du territoire serait multiplié par 2, avec un stockage d'environ 57 000 Teq CO2 contre 26 000 actuellement.

Potentiel d'amélioration de la séquestration du carbone

Avec ces hypothèses, le stock de carbone dans les sols et la biomasse du territoire pourrait atteindre plus de 16 millions de Teq CO2 contre 14 aujourd'hui, soit une augmentation de 13% en trente ans.

Enfin, en croisant les possibilités de stockage du carbone et les émissions de GES potentielles à 2050, le stockage annuel pourrait atteindre sur le territoire 16% des émissions directes (contre moins de 1% aujourd'hui).

Précisons enfin que tous les potentiels de séquestration du carbone ne peuvent être calculés. Ainsi, l'hypothèse d'un stockage de carbone à long terme dans les couches profondes du bassin minier ne peut être ni étudiée ni chiffrée à ce stade. D'autres voies technologiques pourraient aussi apparaître d'ici 2050.