



Diagnostic Climat-Air-Énergie de la communauté d'agglomération de l'Albigeois

3.4 - Séquestration carbone



TABLE DES MATIÈRES

I. Le rôle des sols.....	3
II. Évaluation de la séquestration nette liée à la forêt.....	4
A. Méthodologie.....	4
B. Identification des surfaces et calcul de séquestration.....	5
III. Évaluation de la séquestration nette liée à l'agriculture.....	6
A. Méthodologie.....	6
B. Identification des surfaces et calcul de séquestration.....	7
IV. Changement d'affectation des terres.....	8
A. Méthodologie.....	8
B. Surfaces et séquestration carbone associée.....	8
V. Déstockage carbone par la consommation de bois-énergie.....	10
VI. Séquestration carbone de la nature en ville.....	11
VII. Impact de la substitution énergie et matériaux biosourcés.....	11
VIII. Bilan de la séquestration carbone sur le territoire.....	11

I. Le rôle des sols

Le centre du territoire de la communauté d'agglomération de l'Albigeois est occupé par un tissu urbain continu et discontinu, composé de zones résidentielles, d'équipements collectifs et de zones d'activités. En bordure, une large surface est couverte par des terres arables, parcelles agricoles, prairies, ainsi que quelques espaces naturels (forêt et bois).

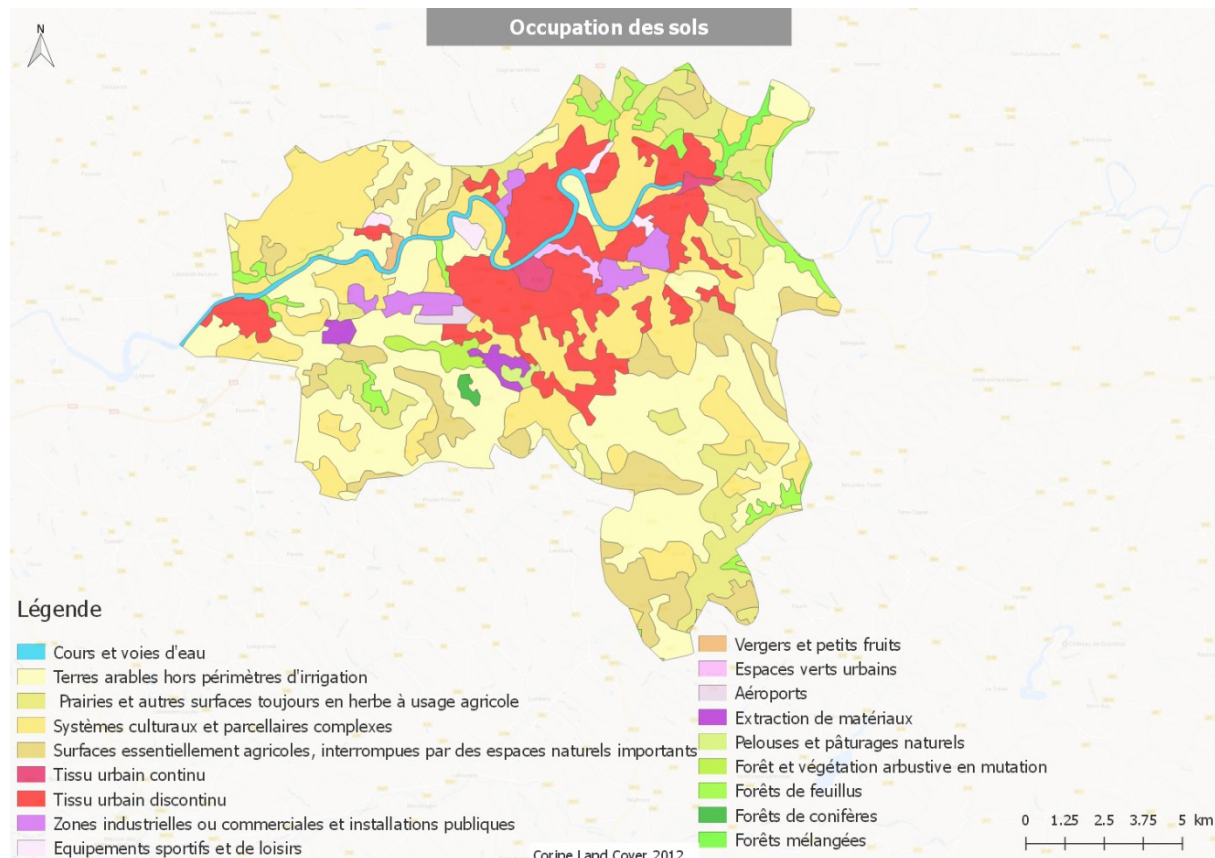


Figure 1: Carte d'occupation des sols (Corine Land Cover)

Les sols sont des puits de carbone, réservoirs naturels qui absorbent le carbone de l'atmosphère et donc contribuent à diminuer la concentration de CO_2 atmosphérique. La photosynthèse est le principal moteur de séquestration du CO_2 , qui permet l'extraction du carbone terrestre et le stockage dans un puits de carbone. Ce mécanisme naturel régit la croissance des plantes en assurant la synthétisation de biomolécules et la libération d' O_2 à l'aide de l'énergie lumineuse reçue du soleil et à partir de CO_2 , d' H_2O et d'éléments minéraux (N, P, K, etc.). Les sols sont ainsi le socle du développement des organismes photoautotrophes consommateurs de CO_2 et jouent ainsi un rôle très important dans le cycle du carbone et pour l'équilibre des concentrations atmosphériques.

Les zones végétales du territoire, directement impliquées dans la séquestration du CO_2 atmosphérique, occupent une surface d'environ 125 km^2 , soit près de deux tiers du territoire.

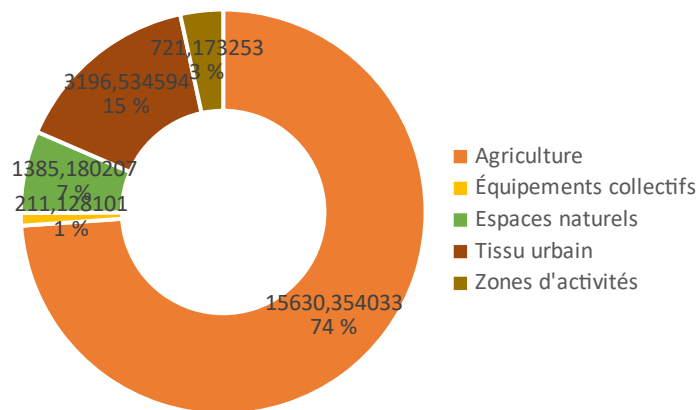


Figure 2 : Répartition de l'occupation des sols (Corine Land Cover)

Afin de déterminer la séquestration nette de CO₂ par ces zones végétales, il convient de distinguer les sols agricoles et la forêt car ces classes ont des activités biologiques différentes et ainsi un potentiel de séquestration surfacique de carbone spécifique. L'impact des changements d'affectation des terres est aussi présenté.

II. Évaluation de la séquestration nette liée à la forêt

A. Méthodologie

Les surfaces forestières sont identifiées grâce à la base de données BD TOPO. Une analyse des productions annuelles surfaciques d'arbres issues de L'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) permet de caractériser l'accroissement annuel de la forêt par type d'essence. Nous nous appuyons ensuite sur une étude menée par *Refora* qui précise les coefficients de stockage de carbone suivants :

- 0,420 tC/m³ pour les feuillus,
- 0,300 tC/m³ pour les résineux,
- 0.360tC/m³ en moyenne

La séquestration carbone liée à la forêt est ainsi déterminée pour chaque peuplement avec l'équation suivante :

$$Séquestration_p = Surf_p \times \Delta_p \times Stock_p \times facteur_{CO_2}$$

Où :

- « $Séquestration_p$ » est la séquestration de CO₂ liée au peuplement de forêt, exprimée en tCO₂/an.
- « $Surf_p$ » est la surface du peuplement, exprimée en ha.
- « Δ_p » est l'accroissement annuel surfacique du peuplement, exprimé en m³/ha/an.

- « $Stock_p$ » est le taux de stockage carbone du peuplement, exprimé en tC/m^3 .
- « $facteur_{CO_2}$ » est le facteur de conversion entre l'équivalent C et l'équivalent CO_2 , sans unité.

B. Identification des surfaces et calcul de séquestration

Les forêts couvrent près de 25 km², soit plus de 12 % du territoire.



Figure 3 : Identification des forêts du territoire (BD TOPO)

Le calcul de l'absorption de CO_2 par type d'essence est présenté par le tableau suivant. Au total, la séquestration nette liée à la forêt est évaluée à environ 13 100 t CO_2 /an.

Tableau 1: Calcul de la séquestration nette liée à la forêt

Séquestration	Coefficient de stockage de carbone (tC/m ³)	Stockage surfacique carbone (tC/ha/an)	Stockage surfacique CO ₂ (tCO ₂ /ha/an)	Surface (Ha)	Stockage CO ₂ (tCO ₂ /an)
Forêt feuillus	0.420	1.66	6.09	0	0
Forêt conifères	0.300	1.19	4.35	0	0
Forêt mixte	0.360	1.42	5.22	2 500	13 047
Total				2 500	13 047

III. Évaluation de la séquestration nette liée à l'agriculture

A. Méthodologie

De la même manière que la précédente section, la première étape de l'évaluation de la séquestration nette liée à l'agriculture consiste à identifier les surfaces de parcelles agricoles. Le Registre Parcellaire Graphique 2012 constitue la principale base de données utilisée. Plusieurs types de culture sont identifiés et l'ensemble des zones agricoles sont répartis en 2 classes : terre arable et prairie. Nous considérons ensuite les taux de stockage de carbone suivants :

- 0,3 t de carbone / ha / an pour les terres arables, issu de la référence de séquestration nette observée sur des Techniques Culturelles Simplifiées et présentée dans le rapport INRA 2009 portant sur la Séquestration du carbone en agriculture.
- 0,5 t de carbone / ha / an pour les prairies, issu des chiffres de la chambre d'agriculture du Rhône et utilisé dans le rapport méthodologique de l'OREGES datant de 2016.

À titre de comparaison, le taux de stockage considéré dans l'étude de l'INRA pour les prairies et les terres arables en agroforesterie est de 2 t de carbone / ha / an. L'agroforesterie consiste à boiser des terres cultivées (haies, arbres) et enherber les inter-rangs dans les vignes et les vergers. Le terme d'agroforesterie désigne des systèmes d'utilisation des terres et des pratiques dans lesquels des plantes ligneuses pérennes sont volontairement intégrées à des cultures et/ou des animaux sur la même unité de gestion. L'agroforesterie correspond à l'association, au sein d'une même parcelle, d'une production agricole avec un peuplement d'arbres à faible densité. Les arbres doivent être implantés à l'intérieur des parcelles agricoles. Cette pratique agricole durable présente l'intérêt d'accroître significativement le taux de stockage de carbone et d'augmenter la quantité de matière organique des sols. De ce fait, les systèmes agroforestiers, outre leurs bénéfices environnementaux et productifs, représentent un outil intégré pour la séquestration de carbone en agriculture. Par ailleurs, les arbres en agroforesterie se distinguent par un enracinement est plus profond et une croissance plus rapide et donc une production de biomasse annuelle plus importante.

L'agroforesterie en valorisant les interactions positives entre les arbres et les autres productions agricoles, concourt à produire plus et mieux sur une même parcelle. Ainsi, les systèmes agroforestiers contribuent à la séquestration du carbone et ont un effet positif sur la biodiversité et l'amélioration de la qualité des sols et de l'eau.

Enfin, l'évaluation de la séquestration nette de carbone liée à l'agriculture est calculée en sommant la séquestration liée aux classes « terre arable » et « prairie ».

B. Identification des surfaces et calcul de séquestration

Les terres agricoles (parcelles cultivées et prairies) représentent environ 48 % du territoire, soit 100,91 km².

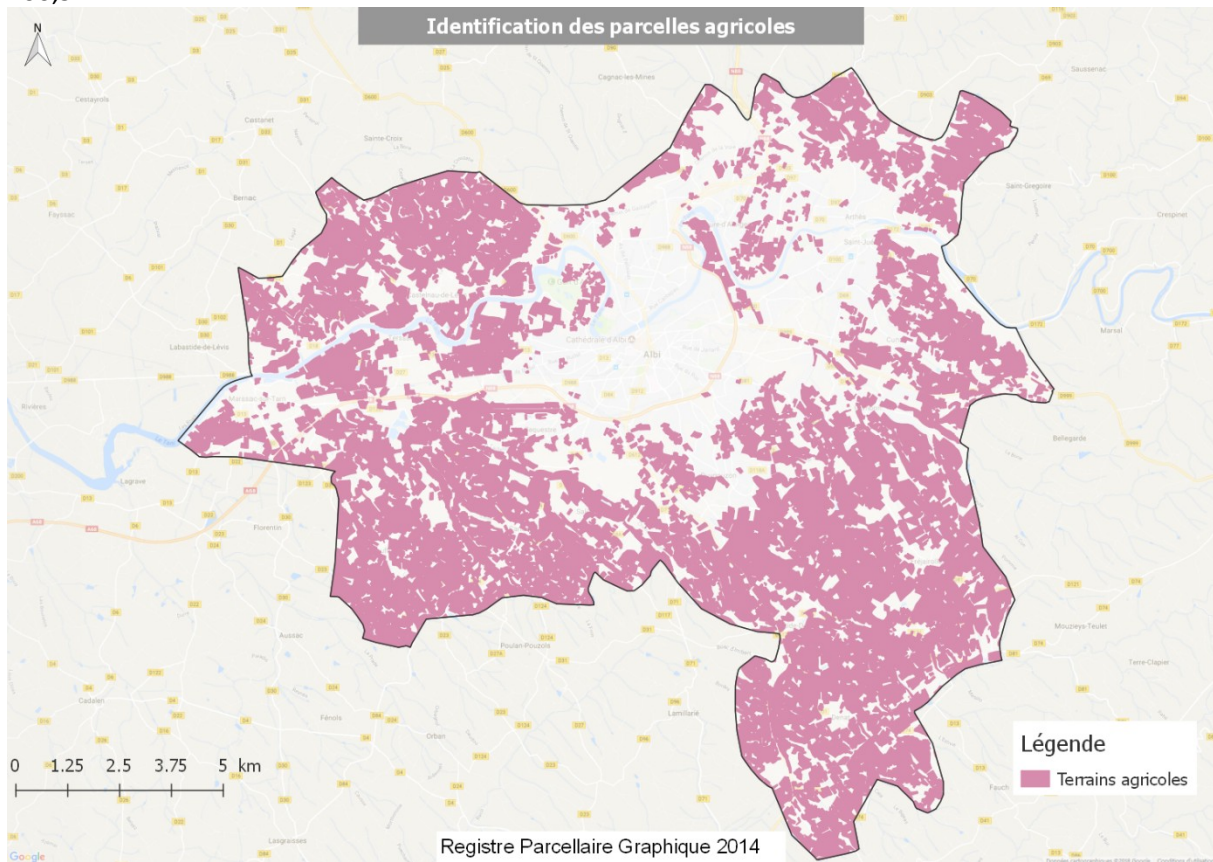


Figure 4 : Identification des parcelles agricoles (Registre Parcellaire Graphique 2014)

Les cultures céréalières occupent la majeure partie des parcelles cultivées. La répartition des surfaces agricoles est présentée par les graphiques suivants. Les prairies n'y sont pas comptabilisées.

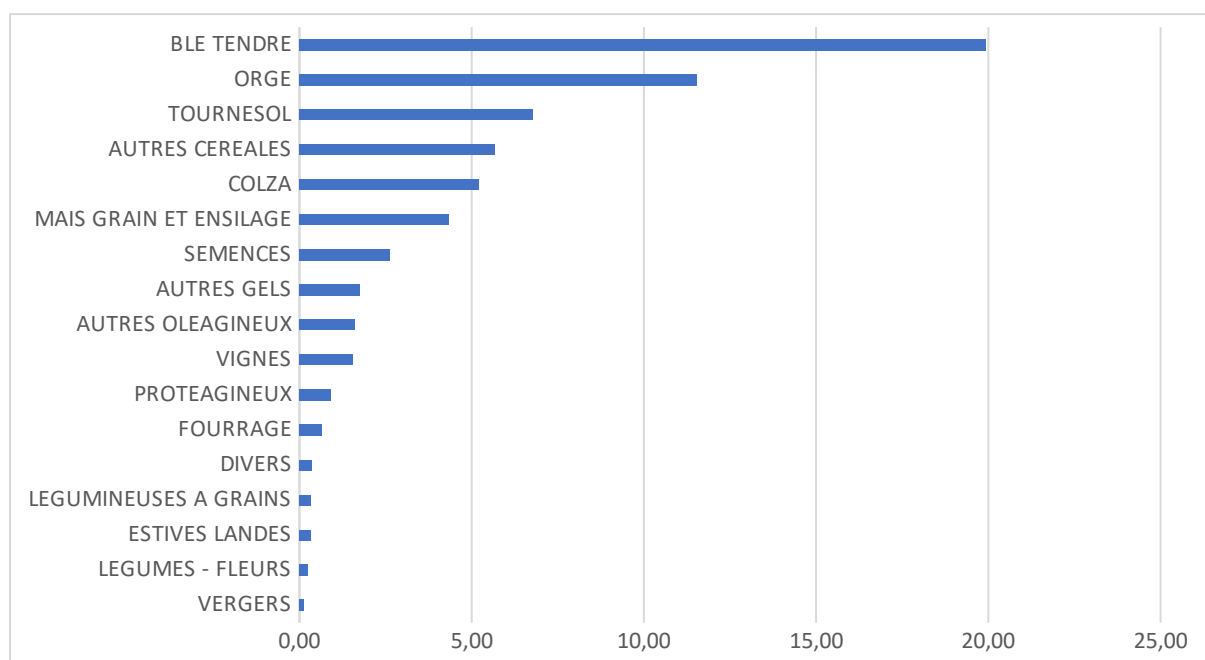


Figure 5: Surfaces en km² de cultures agricoles - RPG 2014

Le résultat du calcul de l'absorption nette de CO₂ par l'agriculture est présenté par le tableau suivant. Au total, la séquestration nette liée à l'agriculture est évaluée à environ 18 800 t CO₂/an.

	Stockage surfacique net carbone (tC/ha/an)	Surface (Ha)	Stockage carbone (tC/an)	Stockage CO ₂ (tCO ₂ /an)
Terres arables	0.30	13 694	4 108	15 077
Prairies	0.50	2 027	1 014	3 720
Total		15 721	5 122	18 797

IV. Changement d'affectation des terres

A. Méthodologie

Pour identifier les changements d'affectation des terres, nous nous appuyons sur la base de données *Corine Land Cover* sur les années 1990, 2000, 2006 et 2012.

B. Surfaces et séquestration carbone associée

Les changements d'affectation des terres concernent environ 476 hectares entre 1990 et 2012, ce qui correspond à environ 2 % de la superficie du territoire. Ces changements sont répartis selon la chronologie suivante :

- 241 hectares entre 1990 et 2000,
- 139 hectares entre 2000 et 2006,
- 96 hectares entre 2006 et 2012.

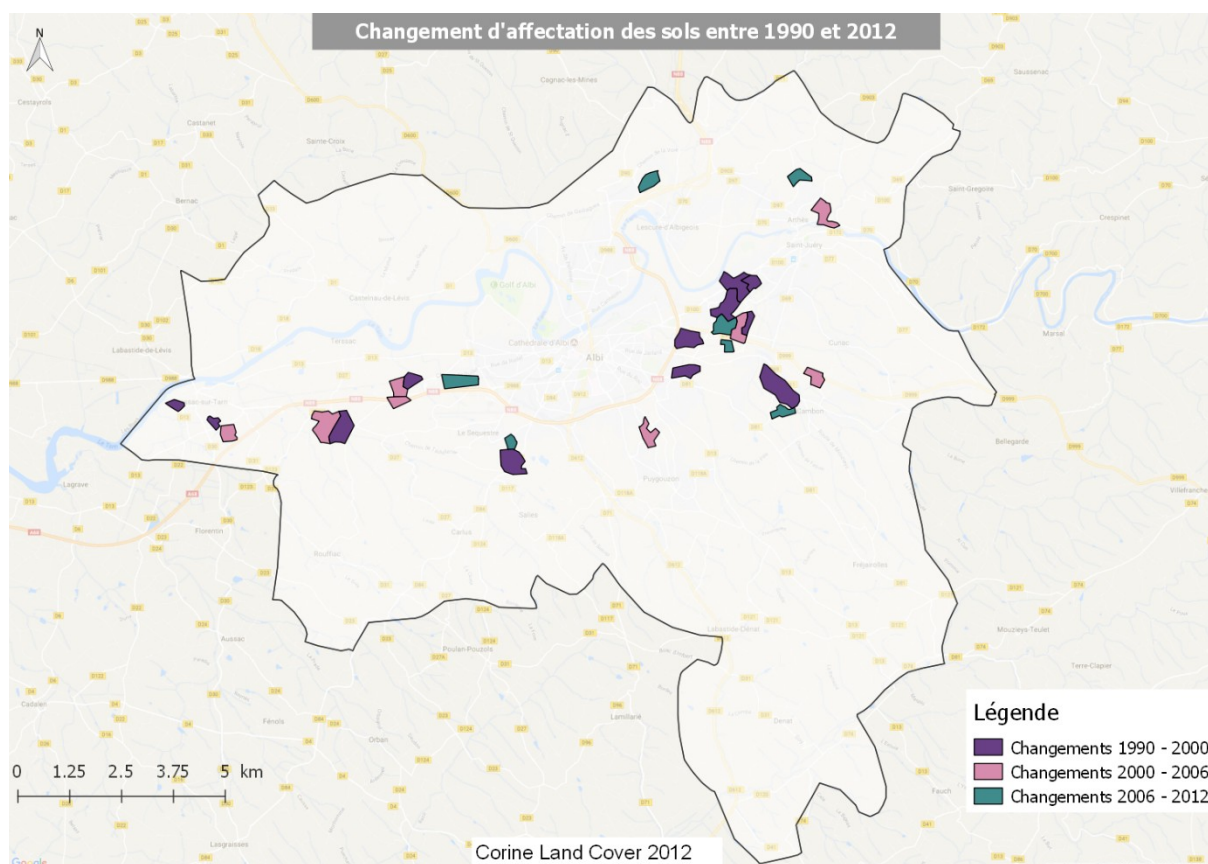


Figure 6 : Changement d'affectation des sols entre 1990 et 2012 (Corine Land Cover)

L'extension urbaine au détriment des espaces naturels et agricoles a un impact direct négatif sur le potentiel de séquestration nette de carbone. Pour rappel, la végétation joue un rôle important de consommation de CO₂ atmosphérique de lors de son processus de développement photosynthétique. Les changements d'affectation des terres agricoles au profit de zones urbaines concernent environ 407 hectares entre 1990 et 2012, soit près de 1,9 % de la superficie du territoire.

Tableau 2: Changement d'affectation des sols entre 1990 et 2012 (Corine Land Cover)

	Surface (Ha)	Proportion de la superficie du territoire
Total espaces agricoles -> zones artificialisées	407	1.9%
Total espaces forestiers -> zones artificialisées	0	0.0%
Autres	69	0.3%
Total changement d'affectation des terres	476	2.2%

Le potentiel de séquestration carbone perdu par l'artificialisation des sols en moyenne par an depuis 2000 est de plus 4 000 tCO₂/an (données Corine Land Cover).

Tableau 3 : Émissions engendrées par le changement d'affectation des sols

	Émissions (t CO ₂ /an)
Forêt → Terre agricole	0
Forêt → Surface artificialisée imperméable	0
Forêt → Surface artificialisée perméable	0
Terre agricole → Surface artificialisée perméable	1 427
Terre agricole → Surface artificialisée imperméable	2 578
Prairie → Terre Agricole	0
Terre agricole → Prairie	0
Total	4 004

Par ailleurs, il est important de préciser que la conversion d'une prairie ou d'une forêt en culture ou en zone urbaine engendre, en plus de la réduction du potentiel de séquestration de carbone, un déstockage de carbone important. En effet, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) affirme dans son mémento aux décideurs que les stocks de carbone sont bien plus grands dans le sol que dans la végétation. Ainsi, tout changement d'affectation d'un sol peut fortement modifier ses capacités de puits carbone et d'émissions de carbone. À titre d'exemple, toujours selon le GIEC, des quantités considérables de carbone ont été libérées au XX^{ème} siècle par les sols en raison du déboisement. Par le labourage, la décomposition de la matière organique des sols est accélérée en produisant du gaz carbonique atmosphérique (relargage). En contrepartie, l'activité bactériologique et racinaire du sol, ainsi que les apports agronomiques de matière organique (épandage), permettent de reconstituer progressivement le stock de matière organique stable des sols.

V. Déstockage carbone par la consommation de bois-énergie

Il est intéressant de mettre en perspective la séquestration brute de CO₂ du territoire au regard du déstockage carbone engendré par la consommation locale de biomasse par l'usage énergétique. Cette section présente ainsi l'impact carbone du niveau d'exploitation actuel de la forêt à l'usage bois énergie.

Nous avons évalué la récolte de bois pour un usage énergétique sur le périmètre du Grand Albigeois à environ 612m³ de bois rond pour l'année 2015. Cette estimation provient d'un ratio surfacique de la récolte de bois à l'échelle de la région Occitanie dont les données sources sont extraites du rapport d'analyse de la filière bois publiée par *Arfobois Languedoc Roussillon et Midi-Pyrénées Bois* en mai 2016. Par ce calcul, nous considérons un taux d'exploitation surfacique des forêts sur le territoire similaire à celui de la région Occitanie.

En considérant les facteurs de conversion de 0,75 t de plaquette/m³ de bois rond de l'*Agreste* ainsi qu'un taux d'humidité moyen des plaquettes à 38%, la récolte de bois-énergie a généré **600 tonnes de CO₂ lors de la combustion**. Ces émissions de CO₂ correspondent à 8.8% du stockage de CO₂ assuré par le couvert forestier.

VI. Séquestration carbone de la nature en ville

La séquestration carbone de la nature en ville permet une séquestration de 200 t CO₂/an (calculé à partir des espaces verts identifiés sur photographies aériennes, auxquels sont appliqués la méthode ALDO).

Pour cette évaluation, nous n'avons pas considéré le stockage de CO₂ lié aux arbres plantés en ville.

VII. Impact de la substitution énergie et matériaux biosourcés

L'usage de matériaux biosourcés pour la construction (isolation, parement, ossature, etc.) ou la production énergétique (chauffage) est encouragé car il constitue une ressource renouvelable et locale. Les effets de substitution permis par un développement du recours aux produits et aux énergies biosourcés sont valorisés grâce aux ordres de grandeur suivants, données par l'ADEME :

- 1,1 teqCO₂/m³ de produits bois finis pour les effets dits de « substitution matériau » ;
- 0,34 teqCO₂ évitées par m³ de bois énergie brûlé par les ménages (« substitution énergie ») ;
- 265,4 teqCO₂ évitées / GWh de chaleur produite, dans les secteurs industriels, collectifs et tertiaires (« substitution énergie ») ;
- 403,2 teqCO₂ évitées / GWh d'électricité fournie au réseau à partir de biomasse solide (« substitution énergie »).

Ainsi, en reprenant les récoltes de bois d'œuvre et bois énergie du territoire estimées à partir des données d'exploitation à l'échelle régionale, **la substitution matériau et énergie biosourcés permet d'éviter l'émission de 702 t CO₂/an.**

VIII. Bilan de la séquestration carbone sur le territoire

La séquestration brute de CO₂ liée à l'agriculture, aux forêts et à la nature en ville représente environ 32 100 t CO₂ / an, avec la répartition suivante :

- Agriculture : 18 800 tCO₂ / an,
- Forêt : 13 100 tCO₂ / an,
- Espaces verts : 200 tCO₂ / an.

Sur le territoire, la séquestration carbone est donc principalement assurée grâce aux forêts.

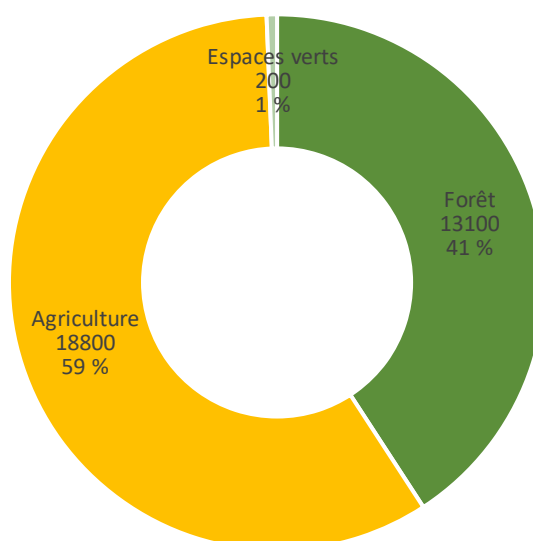


Figure 7 : Séquestration brute annuelle de CO₂

Le déstockage de carbone engendré par la combustion locale de bois pour l'usage énergétique est estimé à environ 1400 tCO₂ / an, soit 10,7 % de la capacité actuelle de séquestration de CO₂ des espaces forestiers. Ce bilan est ainsi assez favorable au développement de la production et de l'utilisation de biomasse à usages énergétiques.

Lors des trois dernières décennies, le changement d'affectation des terres sur le territoire a été relativement faible comparé à la surface totale du territoire. Cependant, l'extension urbaine au détriment de parcelles agricoles engendre des émissions évaluées à environ 4100 t CO₂/an.

L'usage de matériaux et d'énergies biosourcés a un impact positif sur le cycle carbone global du territoire. Les effets de substitution des matériaux à forte énergie grise et des énergies fossiles sont ainsi évalués à 800 tonnes de CO₂ évitées par an.

En conclusion, la séquestration nette de carbone du territoire de la communauté d'agglomération de l'Albigeois est évaluée à 28 500 t CO₂/an.

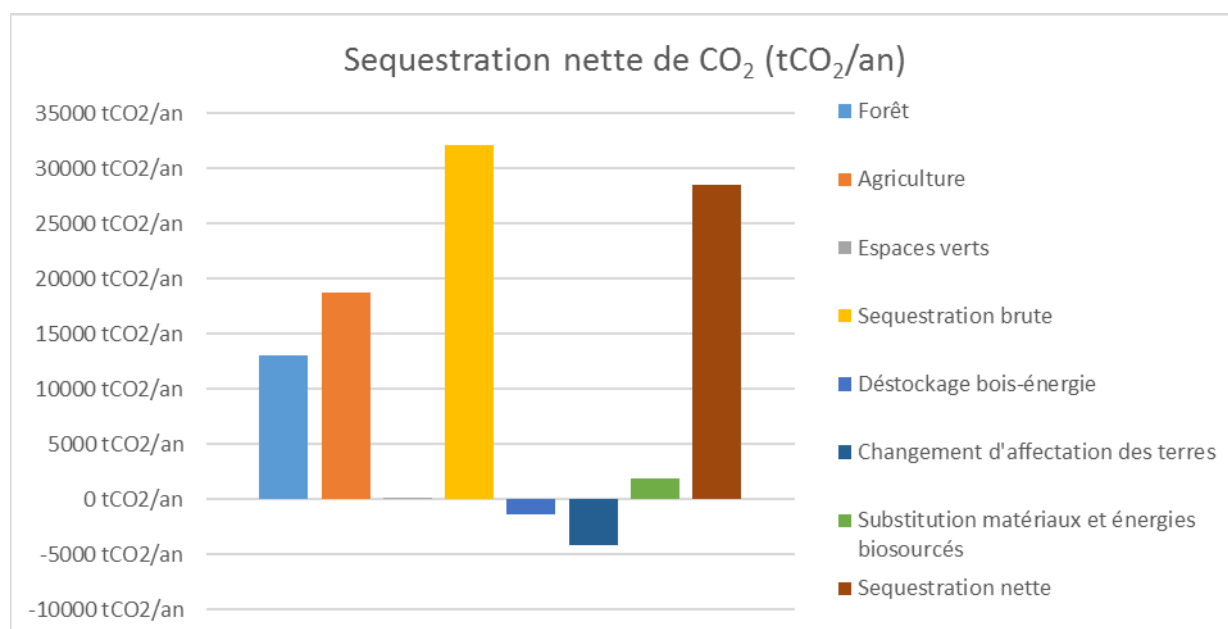


Figure 8 : Séquestration nette annuelle de CO₂

Recommandations

Plusieurs solutions sont identifiées par l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) et les Conseils économiques et sociaux régionaux (CESER) pour renforcer le stockage du carbone dans les sols et la biomasse :

- **En ce qui concerne l'usage des sols** : développer l'agroforesterie en boisant des terres cultivées, convertir en prairies permanentes des terres labourées, allonger la durée des prairies temporaires, planter des haies, enherber les inter-rangs dans les vignes et les vergers. Selon le rapport sur l'agroforesterie rédigé par l'INRA, la gestion des prairies et les terres arables en agroforesterie permettrait de d'accroître significativement le taux de stockage de carbone jusqu'à 2 tC/ha/an (contre 0,3 et 0,5 tC/ha/an considérés dans cette étude). De plus, les arbres en agroforesterie se distinguent par un enracinement plus profond et une croissance plus rapide et donc une production de biomasse annuelle plus importante.
- À l'échelle du territoire de la communauté d'agglomération de l'Albigeois, la conversion de**

l'ensemble des terres arables en agroforesterie, en considérant un taux de stockage de 1 tC/ha/an, permettrait la séquestration nette totale d'environ 118 000 tCO₂/an, soit une augmentation d'un facteur 5 du carbone total stocké.

Les pratiques d'agroforesterie ont aussi des intérêts agronomiques comme le maintien des sols, la préservation de l'eau, la sauvegarde de la biodiversité, ...

Le territoire dispose aussi de surfaces non négligeables de haies, près de 750 ha. La séquestration carbone de ces espaces est négligeable (< 1ktCO₂eq/an) par rapport au reste de la séquestration du territoire.

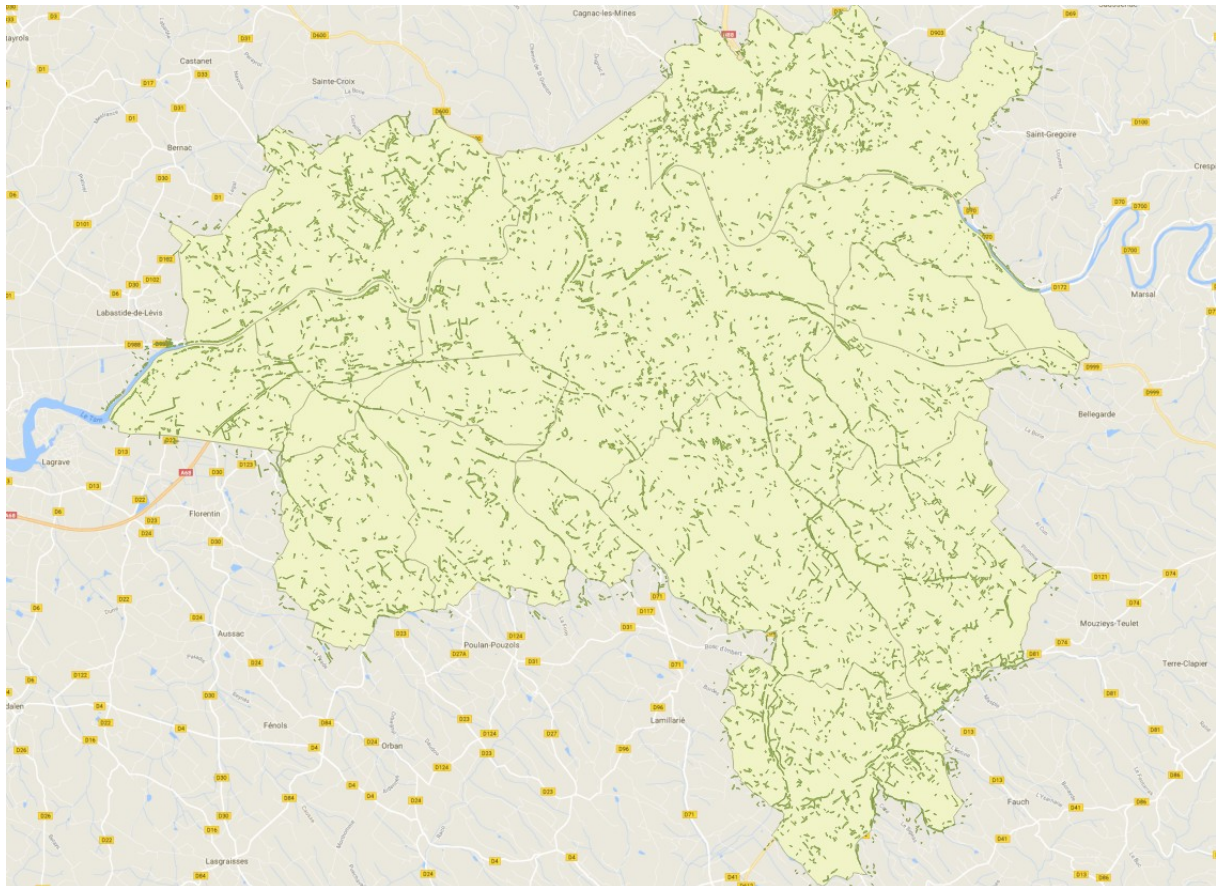


Figure 9 : Localisation des haies sur le territoire

Les haies ont aussi l'intérêt de limiter l'évapotranspiration des plantes et donc leur dessèchement, de protéger les cultures du vent et du gel et de limiter l'érosion des sols (aussi bien éolienne que hydriques).

- **En ce qui concerne les pratiques de productions agricoles** : proscrire la jachère nue, pratiquer l'engrais vert entre les cultures, privilégier les enfouissements de résidus de culture apportant plus de carbone au sol (céréales) et le non-labour ou le semis sous couverture végétale...¹. Par ailleurs, le changement d'alimentation des bovins (ex : graines de lin), peut avoir un impact positif sur la réduction des émissions méthanogènes du bétail.

¹ Communication de la CAER L'Agriculture, l'alimentation, la forêt et les sols face au défi du changement climatique – 10 décembre 2015 29/33

- En ce qui concerne la forêt : restaurer les forêts dégradées et mettre en œuvre une sylviculture efficace qui raisonne au mieux le choix d'espèces adaptées aux nouvelles conditions climatiques qui privilégie les essences produisant plus de biomasse (bois, feuilles) et qui préserve la fertilité des sols forestiers.

Enfin, pour lutter contre le déstockage de carbone lié aux changements d'affectation des terres, l'INRA a lancé une initiative nationale nommée « 4 pour 1000 » qui propose d'améliorer la teneur en matières organiques et d'encourager la séquestration de carbone dans les sols, à travers la mise en œuvre de pratiques agricoles et forestières. L'objectif de ce programme est d'augmenter chaque année le stock de carbone des sols de 4 pour 1000 dans les 40 premiers centimètres du sol afin de stopper l'augmentation actuelle de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère, à condition d'arrêter également la déforestation. Les cinq pratiques à développer pour la gestion des sols et l'agroécologie sont ainsi présentées :

- Éviter de laisser le sol à nu pour limiter les pertes de carbone,
- Restaurer les cultures, les pâturages et les forêts dégradées,
- Planter arbres et légumineuses qui fixent l'azote atmosphérique dans le sol,
- Nourrir le sol de fumiers et de composts,
- Conserver et collecter l'eau au pied des plantes pour favoriser la croissance végétale.

Remarques et limites

Notre méthodologie d'évaluation de séquestration nette de carbone s'inspire de la méthodologie de l'ADEME. La méthode utilisée présente un certain nombre de limites. Tout d'abord, la limite la plus importante provient du faible nombre de facteurs pris en considération dans les estimations. Plusieurs autres paramètres peuvent influencer la quantité de carbone stockée par la forêt ou la prairie permanente, comme par exemple :

- Les conditions climatiques : suivant les conditions climatiques de l'année écoulée (ensoleillement, pluviosité, vent), les quantités de carbone stockées ne seront pas les mêmes.
- L'historique et l'état initial des sols : les utilisations antérieures du sol ont une importance dans la capacité d'absorption du CO₂. Par exemple, si un sol servait à la culture et qu'il a été transformé en prairie, il aura la capacité d'absorber annuellement plus de carbone par hectare. A l'inverse, si un sol était une prairie et qu'elle a été transformée en culture, la capacité d'absorption en carbone sera plus faible que précédemment.
- La diversité des essences : certaines essences absorbent plus de carbone que d'autres. La diversité des forêts n'a été que très peu prise en compte, en ne faisant qu'une estimation moyenne de la masse de bois contenue par m³ entre les résineux et les feuillus.
- Une classification trop faible : Plusieurs classes absorbant du CO₂ ont été occultées telles que les espaces verts artificialisés, les milieux à végétation herbacée et clairsemée, les arbres plantés en ville, etc. Elles pourraient être intégrées pour un calcul plus précis, même si leur contribution serait probablement faible.