

COMMUNAUTE DE COMMUNES LE GRESIVAUDAN

# DIAGNOSTIC DE SEQUESTRATION CARBONE

2021



## PLAN CLIMAT AIR ÉNERGIE Du GRÉSIVAUDAN

Date : 13/09/2021

Version n° : 2

Version provisoire, document non  
arrêté

Document pour la concertation  
préalable



# TABLE DES MATIERES

SYNTHESE.....	3
<b>1. PARTIE 1 : Objectifs et méthode .....</b>	<b>4</b>
1. POURQUOI REALISER UN DIAGNOSTIC DE SEQUESTRATION CARBONE ? .....	5
2. LA METHODOLOGIE UTILISEE .....	5
3. ÉLÉMENTS DE CADRAGE .....	6
3.1. <i>Les types de sols et séquestration carbone</i> .....	6
3.2. <i>Les flux de carbone</i> .....	7
3.3. <i>Carbone stocké dans les produits et matériaux de construction</i> .....	7
3.4. <i>Les données sources utilisées</i> .....	8
<b>2. Partie 2 : La séquestration de carbone sur la Communauté communes Le Grésivaudan</b>	<b>13</b>
1. DONNEES SURFACIQUES.....	14
2. ESTIMATION DU STOCK DE CARBONE .....	15
<b>6. PARTIE 3 : Les flux de carbone .....</b>	<b>18</b>
1. LES CHANGEMENTS D’AFFECTATION DU SOL .....	19
2. LA CROISSANCE FORESTIERE .....	21
3. LES PRODUITS BOIS .....	21
4. CONCLUSION SUR LES FLUX ANNUELS DE CARBONE .....	22
<b>5. PARTIE 4 : Synthèse du diagnostic au format réglementaire .....</b>	<b>23</b>
<b>6. PARTIE 5 : Les potentiels de développement de la séquestration carbone .....</b>	<b>25</b>
1. ARRET DE LA CONSOMMATION D’ESPACES AGRICOLES ET NATURELS (CHANGEMENT D’AFFECTATION DES SOLS AGRICOLES POUR DE L’ARTIFICIALISATION) .....	26
2. L’EVOLUTION DES PRATIQUES AGRICOLES POUR UNE MEILLEURE SEQUESTRATION DE CARBONE.....	26
2.1. <i>Les données sources</i> .....	26
2.2. <i>Etude de potentiel maximal</i> .....	28
3. LA CONSTRUCTION AVEC DES MATERIAUX BIOSOURCES PEUT FAVORISER L’EFFET DE SUBSTITUTION .....	28
3.1. <i>Les données sources</i> .....	29
3.2. <i>Étude de potentiel maximal</i> .....	29
4. SYNTHESE DU POTENTIEL MAXIMAL DE DEVELOPPEMENT DE LA SEQUESTRATION CARBONE.....	29

# SYNTHESE

Les espaces agricoles, forestiers et naturels ainsi que tous les espaces verts publics et privés de la Communauté de communes Le Grésivaudan constituent un réservoir de carbone stockant l'équivalent de **34 ans** d'émissions de gaz à effet de serre du territoire.

Le territoire connaît également des flux de carbone importants et séquestre chaque année l'équivalent de **16 %** des émissions du territoire (Scope 1, 2 et 3), principalement grâce à la présence de forêts.

Une diversité de pistes de travail peut être étudiée afin de renforcer encore la séquestration de carbone sur le territoire de la Communauté de communes Le Grésivaudan :

- Réduire la consommation d'espaces liée à l'urbanisation et en tout premier lieu sur les forêts et les prairies.
- Augmenter la teneur en matière organique des espaces agricoles qui peut être obtenue généralement en réduisant le travail du sol. Plusieurs techniques laissent entrevoir à l'avenir des potentiels intéressants pour optimiser le stockage de carbone dans les plantes et les sols, comme le semis direct, les techniques de semis « sous couvert », les cultures intermédiaires ou les cultures dérobées, ou encore l'agroforesterie. A ce stade du diagnostic, il est intéressant de penser que réfléchir au type d'agriculture déployé sur le territoire est un axe de travail intéressant pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- Développer la construction bois, et plus généralement bas carbone afin de renforcer la séquestration de carbone dans les bâtiments. La commande publique est un des premiers leviers à activer dans ce domaine.

Le potentiel de développement maximum théorique de séquestration carbone est estimé à **3 %** du bilan annuel (venant s'ajouter aux 16% des flux actuels). Ce potentiel théorique n'est pas atteignable, mais il montre qu'il existe ici un levier d'action, en particulier dans le domaine de la séquestration carbone dans les espaces agricoles et le maintien des espaces forestiers.

# **PARTIE 1 : OBJECTIFS ET METHODE**

# 1. POURQUOI REALISER UN DIAGNOSTIC DE SEQUESTRATION CARBONE ?

Le décret d'application de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte paru en 2016 indique que les PCAET doivent intégrer : « une estimation de la séquestration nette de dioxyde de carbone et de ses possibilités de développement, identifiant au moins les sols agricoles et la forêt, en tenant compte des changements d'affectation des terres ; les potentiels de production et d'utilisation additionnelles de biomasse à usages autres qu'alimentaires sont également estimés, afin que puissent être valorisés les bénéfiques potentiels en termes d'émissions de gaz à effet de serre, ceci en tenant compte des effets de séquestration et de substitution à des produits dont le cycle de vie est davantage émetteur de tels gaz. ».

Les espaces naturels, agricoles et forestiers stockent du carbone de manière durable dans les sols et dans la végétation (essentiellement pour les forêts concernant ce dernier point).

Dès lors, identifier la quantité de carbone stockée dans ces différents espaces, permet d'estimer :

- L'impact du changement d'affectation des sols en termes d'émission de gaz à effet de serre,
- Le potentiel d'augmentation de stockage de carbone sur le territoire, comme nouvelle piste de réduction des émissions.

En effet, une forêt en croissance ou une évolution des pratiques agricoles doit permettre de faire progresser les stocks, alors que la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers augmente les émissions de carbone d'un territoire.

## 2. LA METHODOLOGIE UTILISEE

Dans le cadre de cette étude, il s'agit de mener une première estimation afin d'évaluer, en ordre de grandeur, la séquestration de carbone sur le territoire du Grésivaudan et d'en déduire les enjeux. L'exercice a une forte dimension pédagogique et permet de cerner l'importance des enjeux et d'identifier de nouvelles pistes d'actions.

A cette fin, l'ADEME a développé l'outil ALDO qu'elle met à disposition des collectivités. L'outil ALDO s'appuie sur :

- Des stocks de référence c'est-à-dire la quantité de carbone stockée à l'hectare en fonction de l'occupation du sol.
- Les surfaces d'occupation du sol par typologie (Corine Land Cover 2018, RPG 2018, Données issues des PLUs des communes de l'EPCI).

### Aide à la lecture : les unités utilisées et leurs symboles

**Ha** : Hectares, Mesure de superficie équivalant à cent ares soit 10 000 m<sup>2</sup>.

**CO<sub>2</sub>e** ou **CO<sub>2</sub>eq** soit l'équivalent CO<sub>2</sub> ou l'équivalent dioxyde de carbone : il s'agit de l'unité utilisée pour comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre. En effet, le CO<sub>2</sub> est le principal gaz à effet de serre anthropique que l'on retrouve dans l'atmosphère. Mais d'autres gaz sont concernés (protoxyde d'azote, méthane, perfluorocarbure, etc.) et tous ne contribuent pas de la même manière au changement climatique.

L'équivalent CO<sub>2</sub> permet d'exprimer l'intensité de l'effet de serre de ces différents gaz avec une unité commune.

Selon le GIEC, « L'émission en équivalent CO<sub>2</sub> est la quantité émise de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui provoquerait le même **forçage radiatif** intégré, pour un horizon temporel donné, qu'une quantité émise d'un seul ou de plusieurs **gaz à effet de serre** (GES). »

Autrement dit, l'équivalent CO<sub>2</sub> d'un gaz revient à quantifier combien de fois plus que le CO<sub>2</sub> ce gaz réchauffe l'atmosphère.

Les CO<sub>2</sub>e sont généralement estimés en :

- Kg CO<sub>2</sub>e : kilogrammes équivalent CO<sub>2</sub>
- t CO<sub>2</sub>e : tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (soit 1000 kg CO<sub>2</sub>e)
- Kt CO<sub>2</sub>e : kilotonnes équivalent CO<sub>2</sub> (soit 1000 t CO<sub>2</sub>e)

Les émissions de gaz à effet de serre sont également exprimées en eq C, soit l'équivalent carbone. Il s'agit d'une unité différente mesurant la même grandeur (comme les mètres et les miles pour les distances). Un kg CO<sub>2</sub>e est équivalent à 0,27 kg eq C.

Dans l'outil Aldo,

- **Les flux de séquestration** correspondent aux flux annuels de carbone stockés. Ils sont présentés en tC/an. Un flux positif correspond donc à de la séquestration de carbone alors qu'un flux négatif correspond à des émissions de carbone.
- **Les émissions** correspondent à des émissions de gaz à effet de serre. Elles additionnent les émissions liées aux flux de carbone avec les émissions liées à des flux de N<sub>2</sub>O (protoxyde d'azote). Elles sont donc exprimées en tCO<sub>2</sub>e (ou tCO<sub>2</sub>eq). Puisqu'il s'agit d'émissions, un chiffre positif correspond à des émissions et un flux négatif à du stockage.

## 3. ÉLÉMENTS DE CADRAGE

### 3.1. Les types de sols et séquestration carbone

Sur la base des lignes directrices du GIEC, six grandes catégories d'utilisation des terres sont prises en compte :

- **Les forêts**, en application des accords de Marrakech (2001) dans le cadre de la Convention Climat, la France retient, pour sa définition de la forêt, les valeurs minimales suivantes :
  - Couverture du sol par les houppiers des essences ligneuses : 10%,
  - Superficie : 0,5 ha,
  - Hauteur des arbres à maturité : 5 m,
  - Largeur : 20 m.
- **Les terres cultivées** (terres cultivées et labourées ainsi que les parcelles en agroforesterie pour lesquelles la définition de forêt ne s'applique pas) ;
- **Les prairies** (zones couvertes d'herbe d'origine naturelle ou qui ont été semées il y a plus de cinq ans (contrairement aux prairies temporaires comptées en terres cultivées) ; la catégorie prairie inclut également les surfaces arborées ou recouvertes d'arbustes qui ne correspondent pas à la définition de la forêt et ne rentrent pas dans les catégories culture ou zone artificialisée comme la plupart des haies et des bosquets (surface boisée < 0,5 ha)) ;

- **Les terres humides** (terres recouvertes ou saturées d'eau pendant tout ou une partie de l'année et qui n'entrent pas dans l'une des autres catégories - hormis la catégorie "Autres terres") ;
- **Les zones artificielles** (terres bâties incluant les infrastructures de transport et les zones habitées de toutes tailles, sauf si celles-ci sont comptabilisées dans une autre catégorie. Cette catégorie peut donc inclure des terres enherbées ou boisées si leur utilisation principale n'est ni agricole ni forestière, c'est le cas des jardins, des parcs ou des terrains de sport) ;
- **Les autres terres.**

Le carbone peut être séquestré :

- Dans les sols quelle que soit l'occupation du sol, mais dans des proportions variables,
- Dans la litière pour les forêts (la litière est l'ensemble des feuilles mortes et débris végétaux en décomposition qui recouvrent le sol).
- Dans la biomasse hors forêts (cultures, prairies, ...)
- Dans la biomasse aérienne et racinaire pour les forêts ou tout espace arbustif ou buissonné (prairies arbustives, haies, vergers, espaces verts, ...)

L'outil ALDO permet de distinguer de manière fine les stocks de carbone en fonction de l'occupation du sol. Il permet notamment de distinguer les contenus de carbone selon différents types de prairies ou de forêts.

## 3.2. Les flux de carbone

Les flux de stockage de carbone se produisent dans les années suivant les changements d'affectation des sols ou de changement de pratiques. Ainsi la création d'espace agricoles, naturels ou forestiers permettent de créer des flux de carbone.

A l'inverse l'urbanisation d'un espace naturel ou forestier entraîne un déstockage du carbone qui était séquestré et donc des émissions de gaz à effet de serre.

Il est également possible de mettre en œuvre des pratiques agricoles permettant de renforcer les stocks de carbone et donc de créer des flux lors de leur mise en œuvre.

Enfin, les forêts et les espaces arbustifs permettent de créer des flux annuels grâce à la croissance des végétaux (troncs, branches et feuilles) et le renforcement de la litière.

## 3.3. Carbone stocké dans les produits et matériaux de construction

Du carbone peut être stocké dans les matériaux de construction biosourcés. L'outil ALDO permet de faire une estimation sommaire des matériaux bois qui représentent aujourd'hui l'essentiel des matériaux biosourcés.

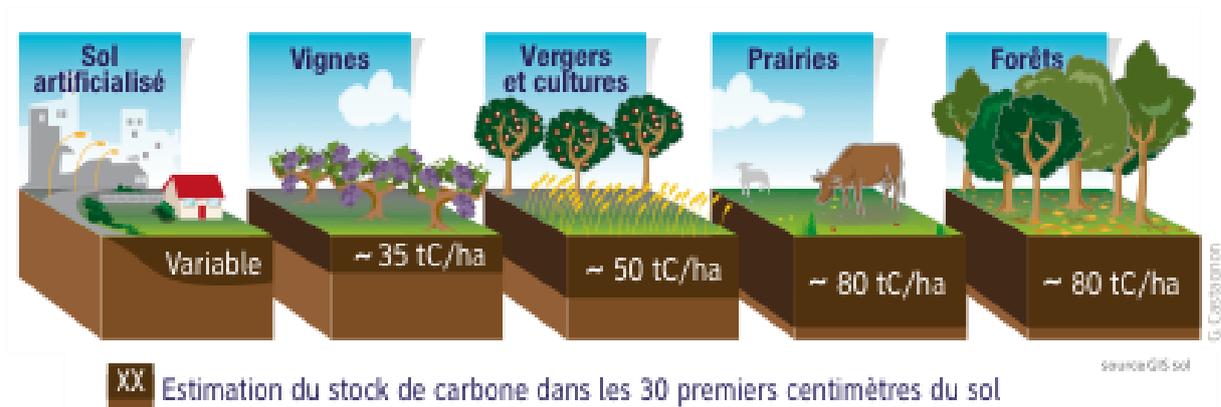
### 3.4. Les données sources utilisées

Ce chapitre présente l'ensemble des données sources utilisées par l'outil ALDO pour la réalisation des calculs.

#### Carbone à l'hectare

Comme nous l'avons vu les stocks de carbone à l'hectare sont très variables en fonction de l'utilisation du sol. A titre d'illustration le schéma ci-dessous présente le stock de carbone dans le sol selon différentes occupations (hors litière et biomasse).

#### ■ Variation des stocks de carbone organique selon l'affectation des sols en France



Le stock de matière organique est élevé dans les forêts, les prairies et les pelouses d'altitude mais faible en viticulture, dans les zones méditerranéennes et de cultures. Les stocks sont difficilement quantifiables en zone urbaine, des réserves conséquentes peuvent exister sous les espaces verts. Pour les forêts, le stock de carbone dans la litière n'est pas pris en compte.

Figure 1: estimation du stock de carbone dans les 30 premiers centimètres du sol  
Source : ADEME Carbone Organique des sols – 2014

En fonction de l'utilisation du sol, le carbone peut être stocké dans les sols, dans la litière ou dans la biomasse. L'outil ALDO utilise les données suivantes :

	Sol (30 cm)	Litière	Biomasse	Total
Stocks de référence par unité de surface	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
Cultures	52			52
Prairies zones herbacées	89			89
Prairies zones arbustives	89		7	96
Prairies zones arborées	89		57	146
Forêts - Feuillus	79	9	82	171
Forêts - Mixtes	79	9	85	173
Forêts - Conifères	79	9	75	163
Forêts - Peupleraies	79	9	52	140
Zones humides	125			125
Vergers	46		16	62
Vignes	39		5	44
Sols artificiels imperméabilisés	30			30
Sols artificiels arbustifs	89		7	96
Sols artificiels arborés et buissonnants	79		57	136
Haies associées aux espaces agricoles			85	85

Tableau 1 : Quantités de carbone stockées dans les différents types de sols, par hectare  
Source : ALDO ADEME

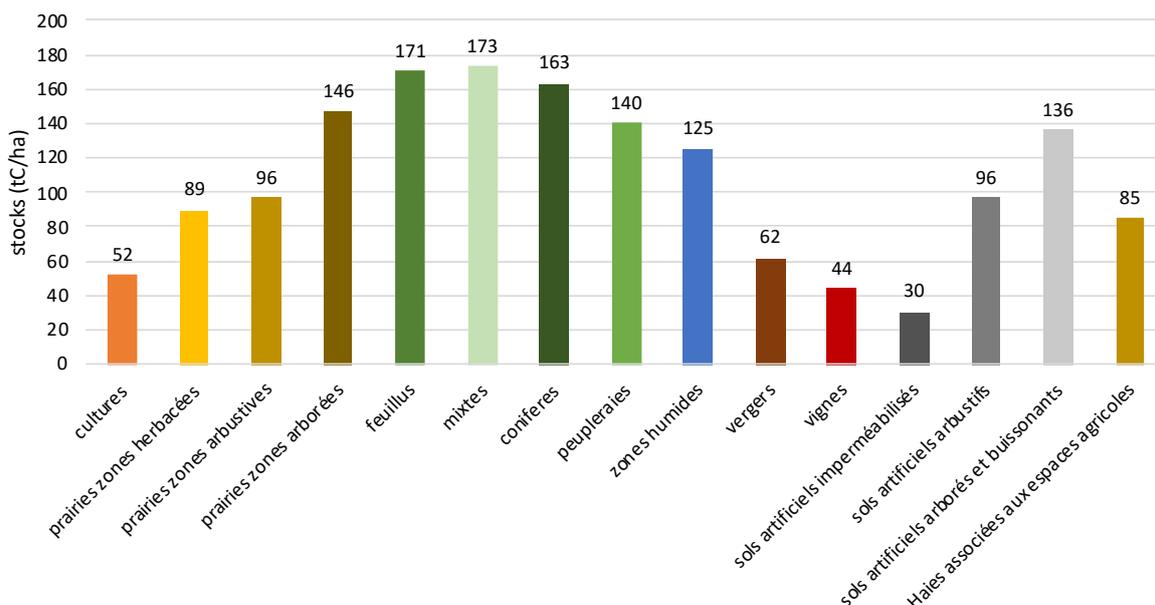


Figure 2 : Stock de référence utilisé par ha en fonction de l'occupation  
Source : ALDO - ADEME

## Flux de carbone

L'outil ALDO permet également de quantifier les flux de carbone annuels, c'est-à-dire les quantités de carbone qui viennent annuellement s'ajouter au stock existant ou à l'inverse qui en sont retirées.

Ces flux sont liés aux changements d'affectation des sols.

Comme vu en introduction, dans les tableaux ci-dessous les chiffres positifs correspondent à une séquestration annuelle supplémentaire alors que les chiffres négatifs correspondent à des émissions.

Les chiffres en rouge sont des tC/ha/an, ceux en bleu des tC/ha (cf. entête de chaque tableau).

		OCCUPATION DU SOL FINALE								
		cultures	prairies	forêts	zones humides	vergers	vignes	sols artificiels imperméabilisés	sols artificiels enherbés	sols artificiels arborés et buissonnants
OCCUPATION DU SOL INITIALE	Litière - Flux de C de référence unitaires (tC·ha <sup>-1</sup> ) - initial/final									
	cultures			9						9
	prairies			9						9
	forêts	-9	9		-9	-9	-9	-9	-9	0
	zones humides			9						9
	vergers			9						9
	vignes			9						9
	sols artificiels imperméabilisés									
	sols artificiels enherbés			9						9
sols artificiels imperméabilisés			0							

		OCCUPATION DU SOL FINALE									
		cultures	prairies arborées	prairies arbustives	prairies herbacées	zones humides	vergers	vignes	sols artificiels arborés	sols artificiels arbustifs	sols artificiels imperméabilisés
OCCUPATION DU SOL INITIALE	<i>Biomasse hors forêts - Flux de C de référence unitaires (tC·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> ou tC·ha<sup>-1</sup>) - initial/final (nomenclature "biomasse" niveau 2)</i>										
	cultures		2,9	0,4	0,0	0,0	0,8	0,3	2,9	0,4	0,0
	prairies arborées	-57,0		-50,0	-57,0	-57,0	-43,0	-52,0	0,0	-50,0	-57,0
	prairies arbustives	-7,0	2,5		-7,0	-7,0	0,5	-2,0	2,5	0,0	-7,0
	prairies herbacées	0,0	2,9	0,4		0,0	0,8	0,3	2,9	0,4	0,0
	zones humides	0,0	2,9	0,4	0,0		0,8	0,3	2,9	0,4	0,0
	vergers	-16,0	2,1	-9,0	-16,0	-16,0		-11,0	2,1	-9,0	-16,0
	vignes	-5,0	2,6	0,1	-5,0	-5,0	0,6		2,6	0,1	-5,0
	sols artificiels arborés	-57,0	0,0	-50,0	-57,0	-57,0	-43,0	-52,0		-50,0	-57,0
	sols artificiels arbustifs	-7,0	2,5	0,0	-7,0	-7,0	0,5	-2,0	2,5		-7,0
sols artificiels imperméabilisés	0,0	2,9	0,4	0,0	0,0	0,8	0,3	2,9	0,4		

		OCCUPATION DU SOL FINALE									
		cultures	prairies	forêts	zones humides	vergers	vignes	sols artificiels imperméabilisés	sols artificiels enherbés	sols artificiels arborés et buissonnants	
OCCUPATION DU SOL INITIALE	<i>Sol - Flux de C de référence unitaires (tC·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> ou tC·ha<sup>-1</sup>) - initial/final</i>										
	cultures		0,7	0,4	73,0				-22,0	37,5	27,2
	prairies	-1,4		-0,2	35,5	-1,7	-1,9		-59,5	0,0	-10,3
	forêts	-0,7	0,21		45,8	-0,8	-1,0		-49,2	10,3	0,0
	zones humides	-73,0	-35,5	-42,8					-95,0	-35,5	-42,8
	vergers		0,9	0,5					-22,0	37,5	27,2
	vignes		1,0	0,6					-22,0	37,5	27,2
	sols artificiels imperméabilisés										
	sols artificiels enherbés	-1,4	0,0	-0,2		-1,7	-1,9		-59,5		-10,3
sols artificiels arborés et buissonnants	-0,7	0,2	0,0		-0,8	-1,0		-49,2	10,3		

Concernant les forêts, l'outil ALDO permet de quantifier les flux annuels par hectare de forêt existant.

Biomasse en forêts - Flux de C de référence unitaires en forêts (tC/ha/an)		tC/ha/an
COMPOSITION FORET	Feuillus	1,2
	Mixtes	1,3
	Conifères	0,7
	Peupleraies	1,0

Tableau 2 : Flux de carbone relatifs à la forêt  
Source : ALDO

Attention : concernant les flux relatifs à la composition de la forêt, ceux-ci ne sont applicables que pendant les 20 années suivant le changement d'affectation du sol (la plantation de la forêt est alors en croissance et crée un flux de carbone).

### Stock de carbone lié au produit bois

L'outil ALDO réalise une estimation des stocks de carbone liés au bois d'œuvre et le bois industrie (panneaux et papier). Celui-ci est obtenu sur la base de données nationales de stock dans les produits bois en 2016 (CITEPA, OMINEA) multiplié par la part de l'EPCi dans la population française.

Stock France 2016	ktCO <sub>2e</sub> /an
<b>Produits bois total</b>	1 563
<b>Sciages</b>	812
<b>Panneaux, papiers</b>	751

Tableau 3 : Stockage du carbone dans les produits bois  
Source : ADLO

### Les données d'occupation du sol

L'outil ALDO s'appuie sur les données Corine Land Cover (CLC) 2018 pour la répartition des différents types de surfaces forestières et pour les surfaces de zones humides. Les données CLC sont réalisées à grosses mailles, c'est à dire qu'elle mesure des unités homogènes d'occupation des sols d'une surface minimale de 25 hectares. Ainsi :

- De petites parcelles agricoles non continues ne sont pas nécessairement comptabilisées.
- Les espaces mités sont comptabilisés en surfaces agricoles.

Afin d'améliorer la précision, les données du registre Parcellaire Graphique 2018 pour les données de surfaces agricoles et de prairies.

# **PARTIE 2 : LE STOCKAGE DE CARBONE SUR LA COMMUNAUTE COMMUNES LE GRESIVAUDAN**

# 1. DONNEES SURFACIQUES

Données surfaciques utilisées et traitement (données Corine Land Cover 2018, RPG 2018 – traitement ALDO)

Surfaces	%	Ha
Cultures	13,9	8 142
Prairies zones herbacées	16,2	9 506
Prairies zones arbustives	1,4	843
Prairies zones arborées	0,0	0
Feuillus	19,9	11 665
Mixtes	12,1	7 091
Conifères	25,0	14 691
Peupleraies	0,5	326
Zones humides	1,3	783
Vergers	0,1	40
Vignes	0,2	120
Sols artificiels imperméabilisés	1,7	967
Sols artificiels arbustifs	7,8	4 584
Sols artificiels arborés et buissonnants	0,0	0
Haies associées aux espaces agricoles	-	278
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>58 757</b>

Tableau 4 : Répartition surfacique des sols de la CC Le Grésivaudan  
Source : Corine Land Cover

## 2. ESTIMATION DU STOCK DE CARBONE

Le stock de carbone est la quantité de carbone stockée dans les sols et la végétation du territoire. Il est la résultante des flux passés (cf. chapitre 3 « les flux de carbone »).

### Estimation des tCO<sub>2</sub>e stockés (traitement ALDO)

Surfaces	ktC	ktCO <sub>2</sub> e
Cultures	423	1 552
Prairies zones herbacées	926	3 395
Prairies zones arbustives	6	22
Prairies zones arborées	-	-
Feuillus	1 989	7 294
Mixtes	1 225	4 493
Conifères	2 399	8 798
Peupleraies	46	167
Zones humides	98	359
Vergers	2	9
Vignes	6	19
Sols artificiels imperméabilisés	29	106
Sols artificiels arbustifs	442	1 621
Sols artificiels arborés et buissonnants	-	-
Haies associées aux espaces agricoles	26	94
<b>Total</b>	<b>7 617</b>	<b>27 929</b>

Tableau 5 : Stocks de carbone par typologie de sol dans la CC Le Grésivaudan

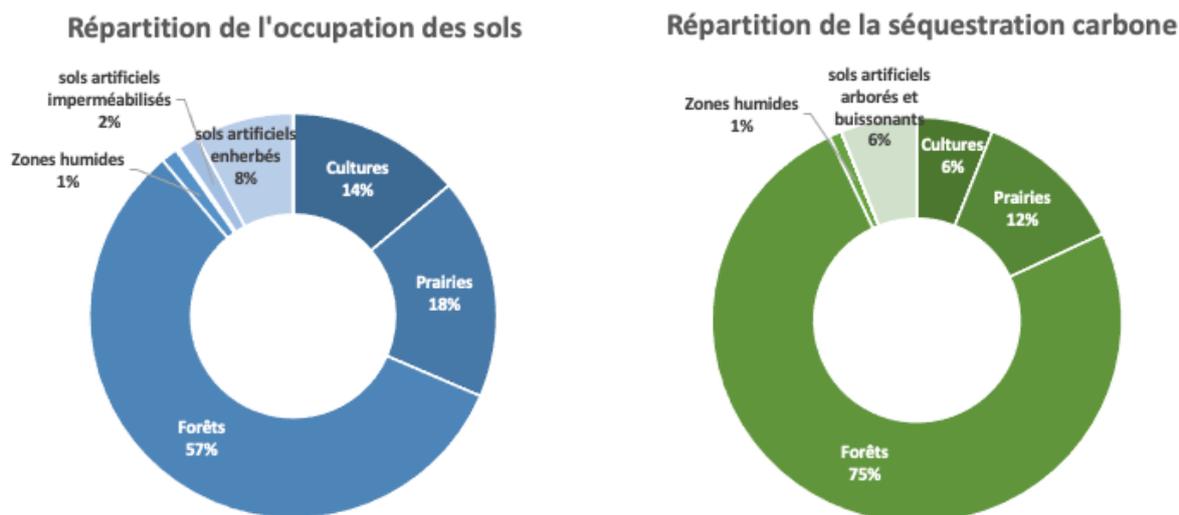


Figure 3 : Comparaison entre la répartition superficielle et le stockage de carbone selon les types de sols

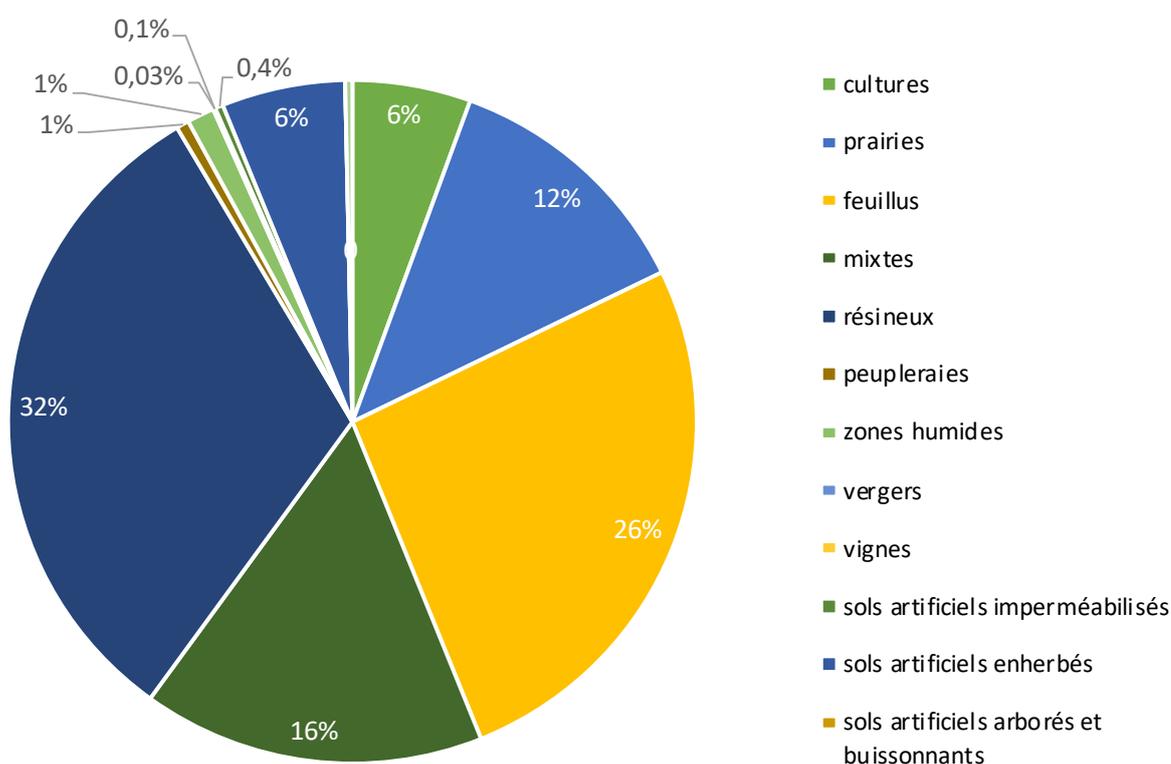


Figure 4 : Répartition des stocks de carbone dans les sols de la CC Le Grésivaudan

Les forêts représentent 57 % du territoire du Grésivaudan en surface et représentent 75 % des stocks de carbone sur le territoire. Les résineux concentrent la plus grande partie des stocks de carbone au niveau des forêts (32 %), suivi par les feuillus et forêts mixtes qui regroupent à eux deux 42 % des stocks de carbone.

Le rapport national CITEPA (2014) portant sur un inventaire pour la France indique que la forêt française métropolitaine constitue un important « puit de carbone » : en 2012, l'augmentation de stock de carbone dans les forêts gérées a permis la séquestration de 59 Mt CO<sub>2</sub> ; l'équivalent d'environ 12 % des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> du pays. Toute variation de stock de carbone dans la forêt est très importante au regard des inventaires des émissions de GES nationaux ; une variation de 1 % du stock total représente environ 17% des émissions annuelles.

Ainsi préserver les surfaces forestières permet de faire baisser de façon très efficace les émissions de gaz à effet de serre. A contrario, sacrifier les espaces forestiers amène à un déstockage massif de ces mêmes émissions.

Pour mémoire, le diagnostic des émissions de gaz à effet de serre du PCAET pour l'année 2018 est de **825 kt CO<sub>2</sub>e (Scope 1, 2 et 3)**.

Avec **27 929 kt CO<sub>2</sub>** stockés dans ses sols et forêts, le territoire du Grésivaudan stocke donc l'équivalent de 34 ans d'émissions de son territoire.

# **PARTIE 3 :**

## **LES FLUX DE CARBONE**

Les flux annuels de carbone viennent s'ajouter ou se déduire des stocks existants. Ainsi, consommer de l'espace naturel et agricole vient créer un flux d'émission de carbone. A l'inverse, les forêts et certaines pratiques agricoles vertueuses permettent de séquestrer annuellement du carbone.

## 1. LES CHANGEMENTS D'AFFECTATION DU SOL

Entre 2012 et 2018, des changements d'affectation du sol ont été observés (source : CLC, traitement ALDO), les moyennes annuelles sont les suivantes :

		OCCUPATION DU SOL FINAL			
		Cultures	Sols artificiels imperméabilisés	Sols artificiels enherbés	Total
Taux moyens de changement (ha/an) - initial/final (nomenclature "sols" niveau 1)					
OCCUPATION DU SOL INITIALE	Cultures		1,85	0,84	<b>2,69</b>
	Prairies	0,00	2,72	0,00	<b>2,72</b>
	Forêts	1,65	0,00	0,00	<b>1,65</b>
	Sols artificiels imperméabilisés	0,00		0,87	<b>0,87</b>
	Sols artificiels enherbés	0,00	0,00		<b>0,00</b>

Tableau 6 : changements d'affectation du sol sur la CC Le Grésivaudan entre 2012 et 2018  
Source : Corine Land Cover

Ainsi, ce sont plus de 5 ha de cultures et prairies qui ont été consommés en moyenne annuelle par l'urbanisation sur le territoire (sols artificiels et sols artificiels enherbés).

Pour chacun de ces changements d'affectation des sols sont appliqués les ratios présentés dans les tableaux des pages 10 et 11. Sur cette base, l'outil ALDO estime les flux de séquestration annuel (seul du carbone est stocké). Un flux positif correspond à de la séquestration (colonne 2 du tableau ci-dessous). Puis il ajoute les émissions de NO<sub>2</sub> lié au changement d'affectation des sols. La colonne 3 présente les résultats consolidés en tCO<sub>2</sub>e (dans ce cas les émissions positives sont des émissions et les négatives du stockage) :

Occupation	Émissions (ktCO <sub>2</sub> e/an)
Cultures	0,2
Prairies	0,0
Zones humides	0,0
Vergers	0,0
Vignes	0,0
Sols artificiels arborés	0,0
Sols artificiels enherbés et arbustifs	-0,2
Sols artificiels imperméabilisés	1,6
Forêts	0,0

Tableau 7 : flux de carbone liés aux changements d'affectation des sols sur la CC Le Grésivaudan

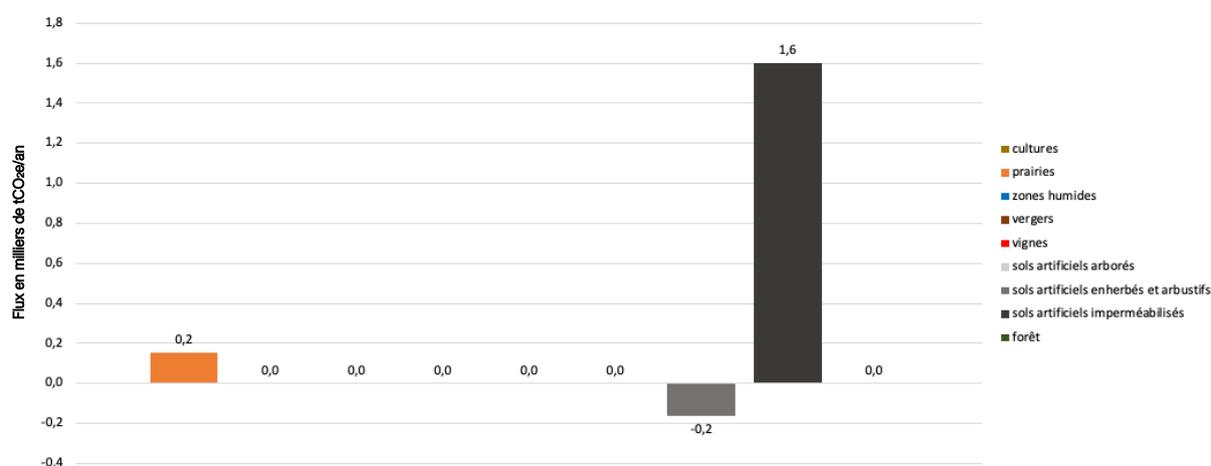


Figure 5 : représentation graphique des flux de carbone liés au changement d'affectation des sols entre 2012 et 2018

Le flux est légèrement positif, ce qui signifie que le changement d'affectation des sols ne permet pas d'accroître la quantité de carbone stockée dans le sol du territoire.

Note : d'autres changements d'affectation des sols ont certainement eu lieu sur le territoire sur la période 2012-2018, mais les données Corine Land Cover étant à une maille de 25ha, elles ne permettent pas de détecter des changements dont la surface est trop faible.

## 2. LA CROISSANCE FORESTIERE

Nous observons un flux de stockage fortement positif lié à la croissance de la forêt sur le territoire :

Emissions (ktCO <sub>2</sub> e/an)	
Croissance de la forêt	-134,7

Tableau 8 : Flux de carbones liés à la croissance de la forêt

Ainsi on observe des émissions négatives, c'est-à-dire que le territoire connaît un flux de stockage positif de carbone. Celui-ci est quasi-exclusivement lié à la croissance de la forêt. Un très faible gain est lié à la création de sols artificiels enherbés et arbustifs. Le stockage annuel est estimé à **133,1 ktCO<sub>2</sub>e par an**. Néanmoins, il se peut que ce chiffre soit surestimé car la majeure partie des arbres présents dans les forêts du territoire ont passé leur âge de maturation et ne stockent plus de carbone supplémentaire. A l'inverse la consommation d'espace pour l'urbanisation est à l'origine d'un relargage de carbone dans l'atmosphère de 1,6 ktCO<sub>2</sub>e/an.

## 3. LES PRODUITS BOIS

Approche consommation (répartition selon habitants) :

Flux totaux Produits bois (approche par habitant)	
Total en ktCO <sub>2</sub> e /an	
Bois Œuvre (sciages)	- 1,3
Bois Industrie (panneaux, papiers)	- 1,2
Total	- 2,5

Tableau 9 : Flux de carbone liés aux produits bois

Le flux de CO<sub>2</sub> lié aux produits bois de l'EPCI est obtenu en multipliant le stock national de produits par la part de l'EPCI dans la population nationale.

## 4. CONCLUSION SUR LES FLUX ANNUELS DE CARBONE

Le flux de carbone annuel est estimé à **135 875 t CO<sub>2</sub>e**, c'est-à-dire à la séquestration de 135,9 ktCO<sub>2</sub>e/an.

La quasi-totalité de cette séquestration est liée à la croissance forestière.

Au total, ce sont donc **16 %** des émissions annuelles qui sont séquestrées sur le territoire.

Flux totaux	
	<i>Total en ktCO<sub>2</sub>e /an</i>
Changement d'affectation des sols	1,6
Produits bois	- 2,5
Croissance de la forêt	-134,7
<b>TOTAL</b>	<b>- 135,6</b>

# **5. PARTIE 4 : SYNTHESE DU DIAGNOSTIC AU FORMAT REGLEMENTAIRE**

		Stocks de carbone (tCO <sub>2</sub> e)	Flux de carbone (tCO <sub>2</sub> e/an)*	Année de comptabilisation
Forêt		20 752 036	-134 672	2018
Prairies permanentes		3 416 314	0	2018
Cultures	Annuelles et prairies temporaires	1 552 456	152	2018
	Pérennes (vergers, vignes)	28 430	0	2018
Sols artificiels	Espaces végétalisés	1 621 439	-163	2018
	Imperméabilisés	106 341	1 602	2018
Autres sols (zones humides)		358 897	0	2018
Produits bois (dont bâtiments)		690 709	-2 476	2018
Haies associées aux espaces agricoles		93 741		
<p>* Les flux de carbone sont liés aux changements d'affectation des terres, à la Foresterie et aux pratiques agricoles, et à l'usage des produits bois. Les flux liés aux changements d'affectation des terres sont associés à l'occupation finale. Un flux positif correspond à une émission et un flux négatif à une séquestration.</p>				

Tableau 10 : Synthèse de la séquestration de la CC Le Grésivaudan au format réglementaire

# **6. PARTIE 5 : LES POTENTIELS DE DEVELOPPEMENT DE LA SEQUESTRATION CARBONE**

Nous consacrerons notre étude de potentiel de développement de la séquestration carbone à 3 pistes essentielles :

- L'arrêt de la consommation d'espaces naturels et agricoles,
- L'évolution des pratiques agricoles, de manière à renforcer le stockage de carbone dans les sols et sous-sols et ainsi de créer des flux de stockage annuels (dont la replantation de haies bocagères)
- La construction avec des matériaux biosourcés permettant de stocker durablement le carbone dans les bâtiments.

Il s'agit ici d'étudier un potentiel théorique maximum afin d'identifier l'importance de ces différents leviers d'actions sur le territoire.

## 1. ARRET DE LA CONSOMMATION D'ESPACES AGRICOLES ET NATURELS (CHANGEMENT D'AFFECTATION DES SOLS AGRICOLES POUR DE L'ARTIFICIALISATION)

Sur le territoire du Grésivaudan, la consommation d'espaces naturels et agricoles a été en moyenne de 5,4 ha par an (source CLC). L'arrêt de cette consommation d'espace paraît un objectif ambitieux conforme à l'ambition nationale de long terme de « Zéro Artificialisation Nette ».

Le potentiel maximum de stockage lié à cette action est alors de **146 tCO<sub>2e</sub> par an**.

## 2. L'EVOLUTION DES PRATIQUES AGRICOLES POUR UNE MEILLEURE SEQUESTRATION DE CARBONE

Certaines pratiques agricoles permettent de renforcer les stocks de carbone dans les sols et sous-sols, ou dans la végétation de surface, en créant des flux annuels de carbone.

### 2.1. Les données sources

L'étude « Stocker du carbone dans les sols agricoles français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? <sup>1</sup> » publiée par l'INRA en Juillet 2019 fournissent les données de référence qui sont utilisées par l'outil ALDO.

---

*1 Sylvain Pellerin et Laure Bamière (pilotes scientifiques), Camille Launay, Raphaël Martin, Michele Schiavo, Denis Angers, Laurent Augusto, Jérôme Balesdent, Isabelle Basile-Doelsch, Valentin Bellassen, Rémi Cardinael, Lauric Cécillon, Eric Ceschia, Claire Chenu, Julie Constantin, Joël Darroussin, Philippe Delacote, Nathalie Delame, François Gastal, Daniel Gilbert, Anne-Isabelle Graux, Bertrand Guenet, Sabine Houot, Katja Klumpp, Elodie Letort, Isabelle Litrico, Manuel Martin, Safya Menasseri, Delphine Mézière, Thierry Morvan, Claire Mosnier, Jean Roger-Estrade, Laurent Saint-André, Jorge Sierra, Olivier Théron, Valérie Viaud, Régis Grateau, Sophie Le Perchec, Isabelle Savini, Olivier*

Le tableau ci-dessous indique les résultats de cette étude en gains attendus en tCO<sub>2</sub>e/ha/an pour des pratiques de séquestration carbone :

Pratiques mises en place il y a moins de 20 ans (effet moyen pendant 20 ans - références nationales)	Potentiel d'atténuation tout GES (tCO <sub>2</sub> /ha/an) intégrant le stockage de carbone ainsi que les émissions directes et induites
Semis direct	0,2
Insertion et allongement des cultures intermédiaires	0,4
Allongement et insertion de prairies temporaires dans les successions de grandes cultures	0,6
Apport au sol de matières organiques exogènes – mobilisation de nouvelles ressources	0,8
Développement de l'agroforesterie intra-parcellaire	4,6
Implantation de haies	1,2
Enherbement inter-rangs des vignes (permanent)	0,7
Enherbement inter-rangs des vignes (hivernal)	0,6
Fertilisation additionnelle modérée des prairies peu fertilisées	-0,1
Réduction de la fauche au profit du pâturage	0,6

Tableau 11 : résultats de la mise en œuvre de pratiques agricoles de séquestration de carbone  
Source : ALDO ADEME

---

Réchauchère, 2019. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 114 p.

## 2.2. Etude de potentiel maximal

Ce tableau présente le potentiel maximal pour la mise en œuvre de ces actions sur le territoire du Grésivaudan.

Pratiques mises en place il y a moins de 20 ans	Potentiel d'atténuation tout GES (tCO <sub>2</sub> /ha/an)	Assiette théorique (ha)	Assiette maximale technique (ha)	Potentiel de stockage total en tCO <sub>2</sub> /an
Semis direct	0,2	2 866	1 188	261
Insertion et allongement des cultures intermédiaires	0,4	2 866	2 866	1 324
Allongement et insertion de prairies temporaires dans les successions de grandes cultures	0,6	2 866	164	69
Apport au sol de matières organiques exogènes – mobilisation de nouvelles ressources	0,8	2 049	2 058	460
Développement de l'agroforesterie intra-parcellaire	0,5	2 866	2 217	7 374
Implantation de haies	1,2	2 866	315	124
Enherbement inter-rangs des vignes (permanent)	0,7	73	73	66
Enherbement inter-rangs des vignes (hivernal)	0,6	0,7	0,7	0,4
Fertilisation additionnelle modérée des prairies peu fertilisées	-0,1	18 176	7 788	5 026
Réduction de la fauche au profit du pâturage	0,6	18 176	182	177
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>52 807</b>	<b>16 852</b>	<b>14 881</b>

Tableau 12 : potentiel maximal des actions agricole

Ainsi, en posant l'hypothèse d'un développement maximal de pratiques de séquestration de carbone, nous estimons que le potentiel maximal est de **14 881 tCO<sub>2</sub>e/an**.

## 3. LA CONSTRUCTION AVEC DES MATERIAUX BIOSOURCES PEUT FAVORISER L'EFFET DE SUBSTITUTION

En utilisant des matériaux biosourcés, il est possible de stocker durablement du carbone dans les bâtiments.

1 m<sup>3</sup> de produit bois (finis) contient une quantité de carbone représentant environ 0,5 tCO<sub>2e</sub>. Il est donc possible de considérer que chaque m<sup>3</sup> de produits bois utilisé sur le territoire, dans la structure d'un bâtiment par exemple, ou dans du mobilier urbain, correspond à la séquestration de 0,5 tCO<sub>2e</sub>.

### 3.1. Les données sources

Le label de construction « Bâtiment Bas Carbone » (BBCa) indique que pour 15 kg de matériaux biosourcés, le stock de carbone dans le bâtiment est de 22,5 kg CO<sub>2e</sub>. Le stock est donc de 1 500 kg CO<sub>2e</sub> pour une tonne de matériaux biosourcés utilisée.

Par ailleurs, le label réglementaire « Bâtiment biosourcé » propose 3 niveaux de performance :

- ✓ Niveau 1 : 18 kg de matériaux biosourcés par m<sup>2</sup>
- ✓ Niveau 2 : 24 kg de matériaux biosourcés par m<sup>2</sup>
- ✓ Niveau 3 : 36 kg de matériaux biosourcés par m<sup>2</sup>

Ainsi, pour utiliser une tonne de matériaux biosourcés et stocker 1 500 kg CO<sub>2e</sub>, il faut construire soit :

- ✓ 55 m<sup>2</sup> de niveau 1
- ✓ 41 m<sup>2</sup> de niveau 2
- ✓ 28 m<sup>2</sup> de niveau 3

### 3.2. Étude de potentiel maximal

En moyenne sur la période 2015-2018, 35 109 m<sup>2</sup> de logements ont été construits annuellement sur la Communauté de communes Le Grésivaudan (Sit@del2, logements commencés).

Si chaque année, la totalité de cette construction annuelle atteignait la performance label Bâtiment Biosourcé Niveau 3 soit 54 kg CO<sub>2e</sub> stocké par m<sup>2</sup>, le stockage serait de **1 896 t CO<sub>2e</sub>** par an.

## 4. SYNTHÈSE DU POTENTIEL MAXIMAL DE DEVELOPPEMENT DE LA SEQUESTRATION CARBONE

Poste	Potentiel maximal en ktCO <sub>2e</sub>
Changement d'affectation des sols	0,1
Renforcement du stockage agricole	14,9
Construction "biosourcée"	1,9
<b>Total</b>	<b>17</b>

Tableau 13 : développement maximal de la séquestration carbone

Le potentiel maximal représente donc un flux de séquestration annuel d'environ **17 ktCO<sub>2e</sub>**, soit 2% du bilan annuel des émissions de gaz à effet de serre (Scope 1, 2 et 3).

Ainsi, même si la mobilisation totale du potentiel maximal semble peu réaliste, il apparaît que développer le stockage de carbone sur le territoire peut être un levier significatif en matière de lutte contre le changement climatique sur le territoire du Grésivaudan.

Sur le territoire du Grésivaudan, le potentiel lié à l'évolution des pratiques agricoles est de très loin le plus significatif.

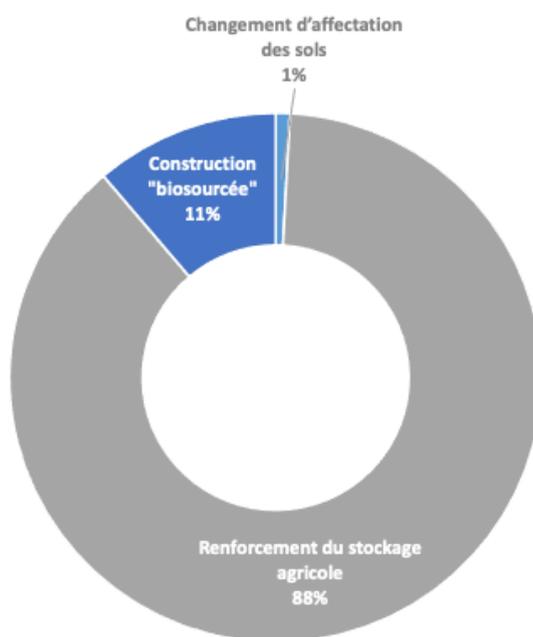


Figure 6 : Répartition du potentiel de séquestration sur le territoire du Grésivaudan  
Source : ALDO ADEME