



**PRÉFET
DE LA RÉGION
OCCITANIE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement**

SÉQUESTRATION CARBONE

Note méthodologique

Juin 2022

DEC/Division Statistiques et valorisation des données

Sommaire

PRÉAMBULE	3
I - Méthodologie – principes généraux	4
II - Les enquêtes Corine Land Cover	5
III – Le calcul des stocks de carbone 2012	6
<i>III-1 – Les coefficients de calcul des stocks de carbone 2012</i>	6
<i>III-2 – Prise en compte des haies et des peupleraies</i>	8
<i>III-3 – Le calcul du stock de carbone produit bois</i>	8
<i>III-4 – Le calcul des stocks de carbone des sols artificialisés</i>	9
IV – Le calcul des stocks de carbone 2018	10
<i>IV-1 – Le cas de changement d’affectation des sols</i>	11
IV-1- A : Exemple 1 : transformation d’une forêt de feuillus en terre cultivée.....	11
IV-1- B : Exemple 2 : transformation d’une terre cultivée en prairie enherbée	13
IV-1- C : Aspect temporel de reconstitution des stocks de carbone	14
IV-1- D : Calculs avec destruction du sol d’origine	17
IV-1- E : Zoom sur les forêts	17
IV-1- F : Calculs sans destruction du sol d’origine	18
<i>IV-2 – Le cas sans changement d’occupation des sols</i>	19
V – Les unités utilisées	21
VI – Les indicateurs retenus dans PictOstat	22
VII – Les limites de l’exercice et les pistes d’amélioration	23
<i>VII-1 – Les coefficients de référence</i>	23
<i>VII-2 – Les superficies concernées</i>	24
<i>VII-3 – L’estimation du carbone dans le produit bois</i>	24

Préambule

La séquestration nette de dioxyde de carbone (CO₂) ou puits net de carbone sur un territoire est l'augmentation des stocks de carbone sous forme de matière organique dans les sols, la litière mais également dans la biomasse. C'est un flux net positif de l'atmosphère vers ces réservoirs. Inversement, une réduction des stocks de carbone des sols, litière ou biomasse se traduit par une émission nette de CO₂. Ces séquestrations nettes ou émissions nettes dépendent des conditions pédoclimatiques du territoire, de sa structure d'occupation des sols et des pratiques agricoles et forestières usitées. Toute modification de la distribution de l'occupation des sols et des pratiques agricoles et forestières conduira à une modification des stocks de carbone dans ces réservoirs et donc à une séquestration nette ou à une émission de carbone.

Les émissions de gaz carbonique (CO₂) dans l'[atmosphère](#) peuvent être d'origine naturelle ou issues des activités humaines. Ces émissions, en forte croissance ces dernières années, notamment celles de source anthropique, participent à l'effet de serre et contribuent au réchauffement climatique. Une fois émis, le gaz est en partie absorbé par les [puits de carbone](#) naturels (sols, litière, végétation, mers et océans). Bien que cette absorption semble avoir doublé entre 1960 et 2010, elle est devenue insuffisante pour empêcher l'accumulation dans l'atmosphère du CO₂ rejeté par les activités humaines. Les études sont nombreuses pour estimer cette accumulation et de ce fait, les estimations sont multiples. Toutefois, beaucoup de ces études estiment un accroissement de la quantité de carbone dans l'atmosphère de l'ordre de 4,5 milliards de tonnes par an (4,3 Mds pour le Ministère de l'Agriculture dans son objectif 4 pour 1000, 4,9 Mds pour Global Carbon Project concernant la période 2009 à 2018 par exemple).

L'estimation de la séquestration carbone est devenue obligatoire dans le cadre de l'élaboration d'un PCAET (décret le n° 2016-849) dont l'article premier précise que *«le diagnostic comprend : 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 plus émetteur de tels gaz.»*

I - Méthodologie – principes généraux

Dans le cadre de cette connaissance du carbone absorbé ou émis par les différents réservoirs (sols, biomasse externe et interne et litière), la DREAL Occitanie propose une méthodologie d'estimation de la séquestration carbone en termes de stock et de flux (chiffage des quantités de carbone stockées et leurs évolutions selon les différents types de sols) par territoires. Cette méthodologie est un travail statistique basé sur l'utilisation de résultats scientifiques (coefficients de références par type de sols et de réservoirs) appliqués à des observations surfaciques (Corine Land Cover). Elle se veut relativement simple malgré la complexité du sujet et transparente (affichage de toutes les hypothèses retenues) afin d'être pérennisée dans le temps et permettre une analyse des évolutions nécessaire à l'évaluation des politiques publiques de lutte contre le réchauffement climatique.

Les calculs de stock dans cette étude sont basés sur la méthodologie utilisée dans l'outil ALDO (deuxième version) développé par l'ADEME. Cet outil associe à chaque type de sol (données surfaciques) un coefficient de référence (tonne de carbone par hectare) pour chacun des trois réservoirs que sont le sol, la biomasse et la litière. Ces coefficients de référence par type de sols, localisation et réservoirs sont estimés par l'ADEME à partir des sources scientifiques suivantes :

- *Données stocks de carbone des sols par occupation et zone pédoclimatique : GIS Sol – Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS). Echantillonnage réalisé entre 2001 et 2011.*
- *Données stocks de carbone de la litière : Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France – Vol. 85, n°6, 1999*
- *Données stocks de carbone de la biomasse hors forêts par inter région : IFN/FCBA/SOLAGRO – Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, Novembre 2009*
- *Données stocks de carbone de la biomasse de la forêt par composition (feuillus, mixtes, conifères, peupleraies) et par Grande Région Ecologique (GRECO) : Etude IGN "puits de CO2 des forêts françaises", volet 1, 2018*
- *Données stocks de carbone pour les haies associées aux espaces agricoles : en cohérence avec les pratiques du Citepa (OMINEA, 2018), ce sont les stocks de biomasse des forêts mixtes qui sont prises comme référence.*

L'outil ALDO permet à l'utilisateur de modifier ces coefficients de référence en fonction de la connaissance de chaque territoire (EPCI). Pour les données surfaciques, l'outil ALDO utilise les informations issues de l'enquête Corine Land Cover.

Dans un premier temps, l'étude de la DREAL Occitanie reprend les coefficients de référence de stock par EPCI, réservoir et type de sols et se propose de les détailler par commune afin de pouvoir reconstruire tous les zonages souhaités (notamment ceux présents dans [PictOstat](#)) à la dernière géographie connue.

Dans un second temps, l'étude de la DREAL Occitanie va estimer les flux de carbone par territoire, type de sol et réservoir en utilisant d'une part les évolutions d'occupation des sols observés par l'enquête Corine Land Cover, d'autre part des coefficients de flux repris dans ALDO et dans la littérature et des estimations de durées nécessaires à la reconstitution du stock de carbone en s'appuyant fortement sur les résultats diffusés dans l'étude :

- « **Stocker du carbone dans les sols français – Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?** » *publiée en novembre 2020 par l'INRA.*

II - Les enquêtes Corine Land Cover

Les types de sols sont définis à partir des résultats de l'enquête européenne Corine Land Cover (CLC) qui nous fournissent, par commune, la superficie en hectare des sols en fonction de leur mode d'occupation. Ces enquêtes concernent plusieurs années et sont comparables entre elles. Ainsi, nous travaillerons sur les résultats 2012 et 2018 (les derniers disponibles à ce jour) et les évolutions constatées entre ces deux années.

Pour s'adapter à la nomenclature agrégée utilisée dans l'outil ALDO à partir également des données de l'enquête Corine Land Cover, nous reconstruisons pour cette étude une nomenclature à deux niveaux, avec un niveau plus agrégé pour la diffusion des données et un niveau plus détaillé pour les estimations des données. Cette nomenclature à deux niveaux est la suivante :

Nomenclature séquestration carbone (DREAL - Occitanie)

- **sc10 : sols artificiels**
 - sc11 : sols artificiels imperméabilisés (111, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133,142)
 - sc12 : sols artificiels enherbés (112)
 - sc13 : sols artificiels arborés (141)
- **sc20 : sols cultivés**
 - sc21 : cultures (211, 212, 213, 241, 242, 243, 244)
 - sc22 : vignes (221)
 - sc23 : vergers (222, 223)
- **sc30 : prairies**
 - sc31 : prairies herbacées (231, 321)
 - sc32 : prairies arbustives (322)
 - sc33 : prairies arborées (323)
- **sc40 : forêts**
 - sc41 : forêts feuillus (311, 324)
 - sc42 : forêts conifères - résineux (312)
 - sc43 : forêts mixtes (313)
 - sc44 : peupleraies

- **sc50 : zones humides** (411, 412, 421, 422, 423, 511, 512, 521, 522, 523)

- **sc60 : haies associées aux espaces agricoles**

L'utilisation de CLC comporte des avantages et des inconvénients. Le principal inconvénient réside dans le manque de précision des résultats de CLC (25 ha, soit des carrés de 500 mètres de côté). Cependant, nous retiendrons prioritairement les résultats de CLC en raison de plusieurs avantages :

- Couverture de l'ensemble du territoire métropolitain
- Nomenclature détaillée couvrant un spectre important de type de sols
- Comparabilité des résultats entre les différents millésimes de l'enquête, permettant d'intégrer des changements d'affectation des sols indispensables à l'analyse de l'évolution de la séquestration carbone.
- Pérennité de l'enquête dans le temps ce qui permet d'envisager une mise à jour régulière des stocks de carbone et des flux par territoires.

Compte tenu cependant du manque de précision géographique de l'enquête CLC, les résultats de cette étude sur la séquestration du carbone ne seront pas diffusés au niveau communal.

III – Le calcul des stocks de carbone 2012

III-1 – Les coefficients de calcul des stocks de carbone 2012

Dans l'outil ALDO (deuxième version), on récupère par EPCI les coefficients de référence (stock de carbone par hectare) par type de sol selon les trois réservoirs : sols, biomasse et litière. Ces coefficients sont ensuite affectés à chaque commune de l'EPCI. Ils correspondent à la photo du stock de carbone par hectare (par réservoirs, type de sols et localisation) pour l'année 2012. Pour un même type de sol, ils peuvent donc varier d'une zone à l'autre en fonction de sa localisation et de son ancienneté. Ainsi, le coefficient de référence de stockage de carbone dans les sols des forêts est de 80,73 tonnes à l'hectare en Quercy-Caussadais et de 64,81 tonnes à l'hectare dans le Carmausin-Ségala.

**Récapitulatif des coefficients de référence de stock de carbone
(tonnes par hectare en 2012) pour les EPCI de France métropolitaine.**

	SOLS			BIOMASSE			LITIERE
	Min	Unique	Max	Min	Unique	Max	Unique
sc10 : sols artificiels							
sc11 : sols artificiels imperméabilisés		30,00*					
sc12 : sols artificiels enherbés	49,24		97,00		7,00		
sc13 : sols artificiels arborés	48,12		93,00	31,00		57,00	
sc20 : sols cultivés							
sc21 : cultures	36,21**		55,00**				
sc22 : vignes		39,00			5,00		
sc23 : vergers		46,00			16,00		
sc30 : prairies							
sc31 : prairies herbacées	49,24		97,00				
sc32 : prairies arbustives	49,24		97,00		7,00		
sc33 : prairies arborées	49,24		97,00	31,00		57,00	
sc40 : forêts							
sc41 : forêts feuillus	48,12		93,00	25,09		108,96	9,00
sc42 : forêts conifères - résineux	48,12		93,00	23,04		127,99	9,00
sc43 : forêts mixtes	48,12		93,00	23,94		113,82	9,00
sc44 : peupleraies	48,12		93,00	51,80		54,17	9,00
sc50 : zones humides		125,00					
sc60 : haies associées aux espaces agricoles***	38,5		97,00	23,94		113,82	

Source : outil ALDO – ADEME ; INRAE

Notes de lecture :

* le stock de carbone à l'hectare des sols artificiels imperméabilisés est estimé à 30 tonnes de carbone quelque soit l'EPCI concerné en France métropolitaine.

** le stock de carbone à l'hectare des sols cultivés (hors vignes et vergers) est estimé entre 36,21 tonnes et 55 tonnes de carbone en fonction de l'EPCI concerné.

*** le stock de carbone à l'hectare des haies associées aux espaces agricoles est estimé par la moyenne des coefficients des espaces agricoles (cultures, vignes, vergers et prairies herbacées) pondérée par leurs surfaces respectives.

Ces coefficients issus de l'outil ALDO ont le grand avantage d'être, pour la plupart d'entre eux, territorialisés et par ailleurs ils s'intègrent totalement dans les données que l'on peut trouver dans la littérature. Par exemple, ils correspondent à ceux préconisés dans l'étude « Stocker du Carbone dans les sols de France - INRA 2002 », étude menée par Arrouays, Balesdent, Germon, Jayet, Soussana et Stengel, commandée par le ministère de l'Écologie et du Développement Durable et basée sur l'analyse de plus de 19 000 données géoréférencées sur le carbone des sols en France. Dans cette étude, les auteurs retiennent par exemple un stockage moyen du carbone dans le sol des forêts françaises de l'ordre de 70tC/ha, et un stockage moyen du carbone dans la litière des forêts françaises de l'ordre de 10tC/ha.

Pour le calcul du stock de carbone 2012, on multiplie au niveau communal ces coefficients de référence par hectare à la superficie du type de sol concerné. On obtient un stock de carbone (hors produit bois) en tonnes.

III-2 – Prise en compte des haies et des peupleraies

L'outil ALDO fournit des informations pour les haies associées aux espaces agricoles, ainsi que pour les peupleraies.

- Concernant les haies associées aux espaces agricoles, l'outil ALDO fournit les superficies en hectares des haies par EPCI 2017 selon deux sources : ODR (Observatoire du Développement Rural de l'Inra) et le CITEPA. Ces données ont été transposées au niveau communal au prorata des surfaces agricoles (cultures + prairies enherbées) de chaque commune. Dans le cadre de cette étude, pour l'année 2012, nous avons retenu les données CITEPA. On notera que les coefficients de référence fournis par ALDO ne concernent que le réservoir biomasse et que le stockage de carbone dans le sol par les haies n'est pas pris en compte, alors que c'est un élément repris dans la littérature et que le développement des haies est considéré comme un atout dans l'accroissement du stockage de carbone dans les sols agricoles. On appliquera donc aux superficies de haies le coefficient moyen de stock de carbone dans les sols des terres agricoles (cultures, vignes, vergers et prairies herbacées) pondérée par leurs surfaces respectives.
- Concernant les peupleraies, ALDO fournit les superficies et les coefficients de stocks de carbone par hectare. Le traitement est donc le même que pour les autres types de sol mais il faut retirer ces superficies des surfaces couvertes par des forêts de feuillus afin d'éviter un double compte car les surfaces de peupleraies ne sont pas distinguées dans Corine Land Cover.

III-3 – Le calcul du stock de carbone produit bois

L'utilisation de produits à base de bois (papiers, panneaux, sciages, emballages, charpentes, menuiseries, meubles,...) permet de maintenir le carbone capté hors de l'atmosphère. Si pendant longtemps on a considéré la récolte de bois comme générant uniquement des émissions immédiates, les lignes directrices du GIEC s'orientent depuis vers une prise en compte également du stock de carbone dans les produits bois.

Selon la FCBA (Institut technologique chargé des secteurs de la forêt, de la cellulose, du bois-construction et de l'ameublement), les produits à base de bois participent à la lutte contre le changement climatique au travers de trois mécanismes :

- Le stockage du carbone dans les produits.
- La substitution des énergies fossiles
- La substitution de matériaux plus intense en énergie.

Le premier de ces mécanismes concerne le stockage de carbone dans les produits bois durant leur fabrication et leur durée de vie. Les produits bois concernés sont essentiellement les constructions, les charpentes, les meubles, mais aussi les emballages, et les papiers.

Le calcul du stock de carbone dans les produits bois est complexe compte tenu notamment de la diversité de ces produits, de leurs durées de vie différentes et surtout du manque d'information sur leur répartition territoriale. L'outil ALDO propose deux estimations du stock de carbone dans les produits bois, une à partir de leur production et l'autre basée sur

leur consommation. Le détail des deux méthodologies utilisées est disponible dans le manuel d'utilisation d'ALDO. Les résultats obtenus selon ces deux méthodologies sont très différents selon les territoires. Ces différences sont présentées à partir de deux territoires aux caractéristiques opposées :

Estimations outil ALDO - stock de carbone 2012 en tonnes CO2

		Production	Consommation
Cœur de Lozère	Stock total	3 044 265	2 872 327
	Produit bois	200 750	28 812
	%	6,6%	1,0%
Toulouse Métropole	Stock total	2 189 586	3 559 318
	Produit bois	21 349	1 391 081
	%	1,0%	39,1%

Globalement, l'approche consommation de l'outil ALDO (basée sur la répartition de la population) va probablement surestimer le stockage du carbone dans les produits bois dans les zones les plus denses comme les agglomérations. Dans les zones rurales et fortement boisées, l'approche production risque de donner un poids important au stockage du carbone dans les produits bois.

L'estimation du stockage du carbone dans les produits bois ne va pas être traitée spécifiquement dans notre approche. Par souci de simplicité et de comparabilité avec les résultats issus d'ALDO, on va retenir l'approche consommation de l'outil ALDO, mais on privilégiera dans la diffusion des résultats des données hors produits bois. A terme, il serait souhaitable de mettre en œuvre une analyse spécifique sur l'estimation du stockage carbone dans les produits bois en se basant par exemple sur les travaux de l'étude carbostock de la FCBA (*Conception d'une méthodologie de quantification des répondants aux exigences du GIEC et application à l'année 2005 pour un rapportage volontaire dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique*).

III-4 – Le calcul des stocks de carbone des sols artificialisés

Un traitement différent à celui d'ALDO est utilisé pour calculer le stock de carbone des sols artificialisés. ALDO n'utilise pas la répartition des sols de CLC entre les différents types de sols artificialisés (sols artificialisés imperméabilisés, sols artificialisés enherbés et sols artificialisés arborés). La méthodologie d'ALDO précise qu'il est considéré que 80 % des sols artificiels sont enherbés et 20 % imperméabilisés.

En fait, les proportions annoncées semblent assez proches de la réalité. Quelques exemples tirés de Corine Land Cover 2012 :

Part des sols imperméabilisés dans les sols artificialisés en 2012 :

- Toulouse Métropole : 32,5 %
- Montpellier Méditerranée Métropole : 27,5 %
- Haute-Garonne : 23,3 %
- Gers : 18,7 %
- Gard : 19,7 %
- Ariège : 21,0 %
- Hérault : 25,6 %

Cependant, dans les calculs d'ALDO (version 1 et version 2), c'est la formule inverse qui est appliquée, à savoir 80 % des sols artificialisés sont imperméabilisés.

Par ailleurs, on dispose dans Corine Land Cover de la distinction de superficies entre les différents types de sols artificialisés (imperméabilisés, enherbés et arborés). Même si la précision de Corine Land Cover est limitée, on va utiliser ces superficies dans nos calculs puisque l'on dispose également des coefficients de référence selon cette nomenclature dans l'outil ALDO, comme pour les autres types de sols.

IV – Le calcul des stocks de carbone 2018

L'évolution du stock de carbone entre 2012 et 2018 va dépendre de deux éléments :

- Le premier de ces éléments est l'évolution de l'occupation des terres. La transformation d'une prairie en terre cultivée par exemple ou celle d'une forêt en sol artificialisé va entraîner une modification nette du stockage de carbone de la zone concernée. La prise en compte des résultats de Corine Land Cover 2018 (avec correction des données 2012) va nous permettre d'appréhender cet élément.
- Le deuxième élément concerne l'évolution des coefficients de référence appliqués à chaque type de sol. Le stockage du carbone évolue soit naturellement (croissance de la biomasse externe des arbres par exemple), soit en fonction des pratiques culturales utilisées (retournement profond des terres, extension des cultures intermédiaires, remplacement fauche-pâture,...). Il existe plusieurs études qui essaient de chiffrer les évolutions annuelles additionnelles du stockage de carbone selon le type de sols, le réservoir et leur utilisation.

IV-1 – Le cas de changement d’affectation des sols

On dispose des données Corine Land Cover d’occupation des sols pour 2012 et pour 2018. Entre ces deux périodes, on peut donc détecter les sols qui ont changé d’affectation. Sur la région Occitanie, on observe les changements d’affectation des sols suivants (en hectares) selon les agrégations de nomenclature retenues :

	ha. en plus	ha. en moins	Solde
sc11 : sols artificiels imperméabilisés	5 711	2 470	3 241
sc12 : sols artificiels enherbés	4 110	18	4 092
sc13 : sols artificiels arborés	6	13	-7
sc21 : cultures	651	4 783	-4 132
sc22 : vignes	147	1 851	-1 704
sc23 : vergers	14	324	-310
sc31 : prairies herbacées	719	1 160	-440
sc32 : prairies arbustives	476	138	337
sc33 : prairies arborées	0	264	-264
sc41 : forêts feuillus	8 320	4 300	4 020
sc42 : forêts conifères - résineux	1 498	6 566	-5 069
sc43 : forêts mixtes	1 315	1 285	30
sc50 : zones humides	294	90	205
	23 261	23 261	0

Source : Corine Land Cover 2012-2018

Au total sur la période 2012 à 2018, ce sont en Occitanie 23.261 hectares qui ont changé d’affectation selon les résultats de Corine Land Cover ce qui représente 0,32 % de la superficie totale de la région. Donc en moyenne par année, sur cette période allant de 2012 à 2018, ce sont 0,05 % des terres qui ont changé d’affectation. Globalement on note un accroissement net des zones artificialisées de l’ordre de 7.300 hectares, un recul des terres agricoles de 6.600 hectares et des zones plus naturelles (prairies non agricoles, forêts et zones humides) de près de 750 hectares.

Concernant le phénomène de séquestration de carbone, que se passe-t-il quand on passe d’un type de sol à un autre sur une période de 6 ans (entre 2012 et 2018) ? La réponse à cette question va être variable en fonction des types de sols successifs. Deux exemples pour illustrer ces différences.

IV-1- A : Exemple 1 : transformation d’une forêt de feuillus en terre cultivée

La transformation d’un hectare de forêt de feuillus en terre cultivée entraîne les évolutions suivantes dans l’ordre chronologique :

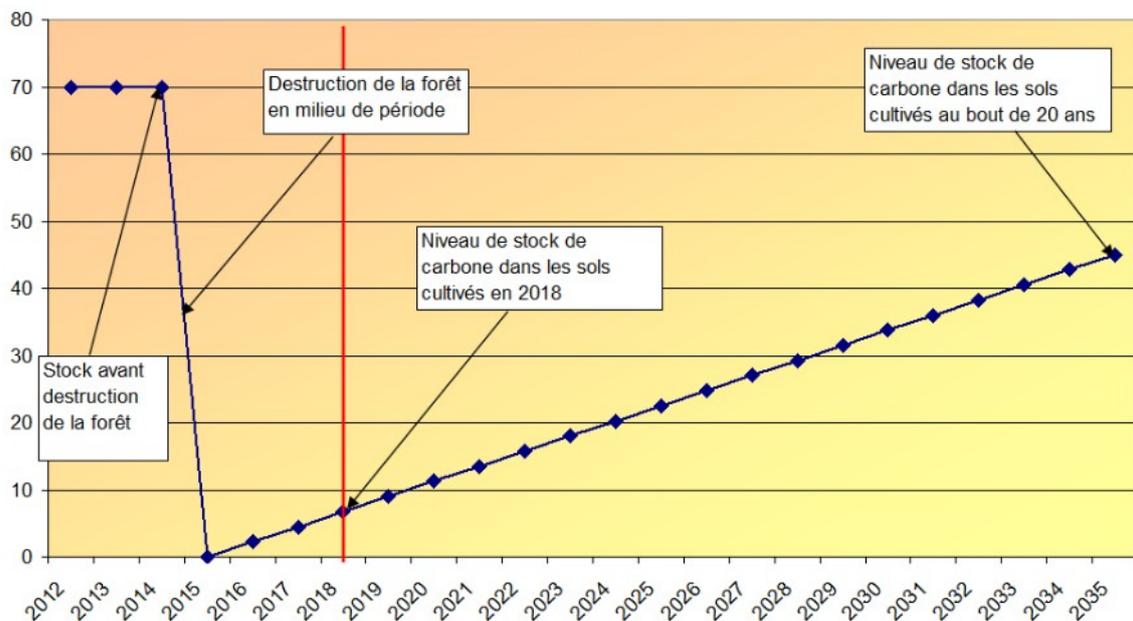
- Destruction de la biomasse et donc émission du stock de carbone incorporé dans cette biomasse (entre 25,09 tonnes de carbone à l’hectare et 108,96 selon le territoire)

- Destruction de la litière et donc émission du stock de carbone incorporé dans cette litière, soit 9 tonnes de carbones à l'hectare
- Retournement du sol et donc émission du stock de carbone incorporé dans ce sol (entre 48,12 tonnes de carbone à l'hectare et 93,00 selon le territoire).
- Constitution du stock de carbone lié aux cultures (entre 36,21 tonnes de carbone à l'hectare et 55,00 pour les sols au bout d'un certain nombre d'années, 0 tonnes à l'hectare pour la litière et pour la biomasse).

Au total, si on prend pour notre exemple des données moyennes (67 tonnes de carbone à l'hectare pour la biomasse des forêts de feuillus, 70 pour le sol de ces forêts et 45 pour le sol des cultures) et que l'on estime à 20 ans la période de reconstitution du stock moyen de carbone dans les cultures on obtient les résultats suivants pour l'année 2018 en supposant que la date de la transformation du sol soit en milieu de période :

- Stock dans les sols en 2018 : $(45/20)*3 = 6,75$ tonnes à l'hectare
- Flux dans le sol entre 2012 et 2018: $(-70 + ((45/20)*3)) = -63,25$ tonnes à l'hectare

Pour le sol, l'évolution du stockage de carbone peut se représenter comme suit :



- Stock dans la litière en 2018 : 0 tonne à l'hectare
- Flux dans la litière entre 2012 et 2018: $(-9 + 0) = -9$ tonnes à l'hectare
- Stock dans la biomasse en 2018 : 0 tonne à l'hectare
- Flux dans la biomasse entre 2012 et 2018: $(-67 + 0) = -67$ tonnes à l'hectare

IV-1- B : Exemple 2 : transformation d'une terre cultivée en prairie enherbée

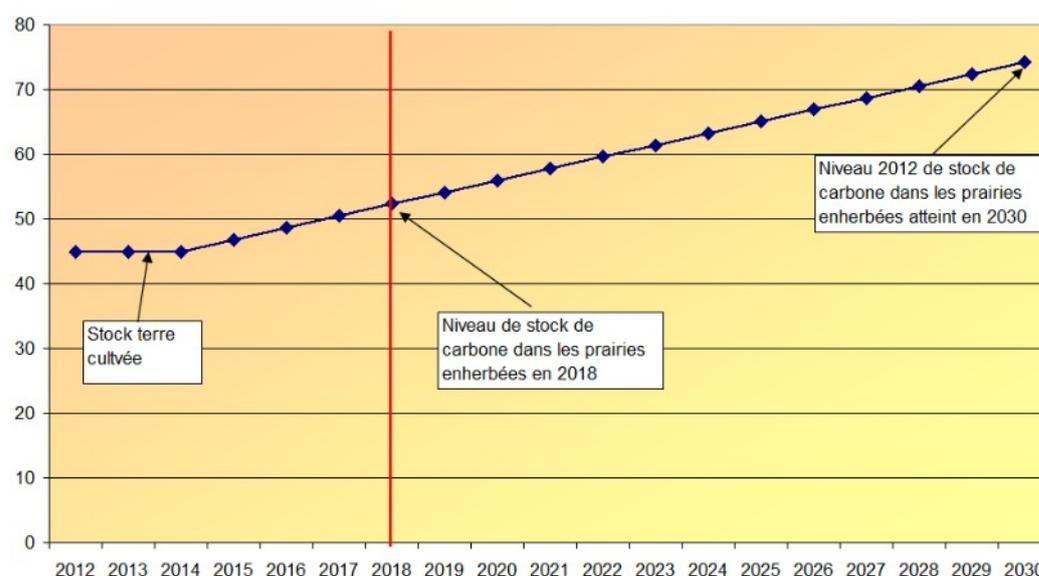
La transformation d'un hectare de terre cultivée en prairie enherbée entraîne les évolutions suivantes dans l'ordre chronologique :

- En 2012, présence d'une terre cultivée (entre 36 tonnes de carbone à l'hectare et 55 selon le territoire).
- En 2018, transformation de cette terre cultivée en prairie enherbée (entre 49 et 97 tonnes de carbone à l'hectare selon le territoire au bout d'un certain nombre d'années). Cette transformation ne nécessite pas la destruction totale du terrain cultivé mais plutôt son « abandon » en termes de travail de la terre pour en faire une prairie. Le stock de carbone du sol du terrain cultivé n'est pas détruit.

Au total, si on prend pour notre exemple des données moyennes (45 tonnes de carbone à l'hectare pour le sol des cultures et 73 pour le sol des prairies enherbées) et que l'on estime à 40 ans la période de reconstitution du stock moyen de carbone dans les prairies enherbées on obtient les résultats suivants pour l'année 2018 en supposant que la date de la transformation du sol soit en milieu de période :

- Stock dans les sols en 2018 : $45 + (73/40)*4 = 52,3$ tonnes à l'hectare
- Flux dans le sol entre 2012 et 2018: $(-45 + (45 + ((73/40)*4))) = 7,3$ tonnes à l'hectare
- Nombre d'années pour arriver au niveau 2012 de stockage dans les sols des prairies enherbées : $(73-45) * (40/73) = 15$ ans

Pour le réservoir sol, l'évolution du stockage de carbone peut donc se représenter comme suit :



Il n'y a pas de litière ni de biomasse retenues pour les cultures et les prairies enherbées (source ALDO).

IV-1- C : Aspect temporel de reconstitution des stocks de carbone

Comme on le constate dans les deux exemples précédents, la reconstitution du stock de carbone à l'occasion d'un changement d'occupation des sols dépend de plusieurs éléments :

- Du type de changement de sol (connu grâce aux données de Corine Land Cover)
- De la date de ce changement (on prendra la date moyenne entre deux enquêtes de Corine Land Cover)
- De la durée de reconstitution du stock dans la nouvelle occupation du sol (voir les hypothèses retenues ci-dessous)
- De l'âge du stock initial pour tout type d'occupation des sols. Cet âge est inconnu et on va estimer que le stock calculé en 2012 avec les coefficients de référence issus d'ALDO est un stock d'âge moyen qui va nous servir de niveau à atteindre en cas de reconstitution d'un stock suite à une modification d'utilisation du sol.

La méthode retenue utilise donc les coefficients de stock 2012 de l'outil ALDO spécifiques à chaque territoire et des hypothèses sur la durée en années de reconstitution du stock de carbone dans la nouvelle utilisation du sol. Le tableau ci-dessous résume les hypothèses retenues en terme d'années nécessaires pour la reconstitution du stock de carbone en fonction du nouveau type de sol au niveau de celui de 2012 (niveau connu par les coefficients d'ALDO mais qui n'est pas nécessairement le niveau maximum). On rappelle que ces niveaux de stockage par type de sols estimés pour l'année 2012 (outil ALDO) résultent en partie de l'implantation de nouvelles forêts sur d'anciennes terres agricoles ou de la mise en culture d'anciennes prairies depuis des décennies. Les coefficients retenus sont donc des coefficients moyens qui représentent l'âge moyen (inconnu) retenu de chaque type de sol.

Hypothèses concernant le nombre d'années nécessaires à la reconstitution du stock de carbone à son niveau moyen de 2012

Nouveau type de sol	Réservoirs		
	Sol	Litière	Biomasse
artificiel imperméabilisé	10		
artificiel enherbé	40		10
artificiel arboré	60		30
cultures	20		
vignes	20		10
vergers	60		30
prairies herbacées	40		
prairies arbustives	60		10
prairies arborées	80		30
forêts feuillus	80	30	40
forêts conifères	80	30	40
forêts mixtes	80	30	40
zones humides	40		

Ces hypothèses sont discutables et modifiables. Elles s'appuient pour nombre d'entre elles sur des moyennes calculées à partir d'éléments tirés de la littérature.

- Les informations concernant la durée du cycle de constitution du carbone dans les sols sont relativement nombreuses concernant les forêts, les prairies et les cultures. Elles sont plus restreintes concernant les sols artificialisés.
- L'hypothèse concernant la durée du cycle de constitution du carbone dans la litière des forêts est extraite du document « Label Bas Carbone – méthode de reconstitution de peuplement forestier dégradé – 18/04/2019 » dans lequel il est précisé que « *le carbone de la litière atteint sa valeur d'équilibre au bout de la durée de projet soit au bout de 30 ans.* »
- Concernant la biomasse, « *on estime que les forêts anciennes stockent de l'ordre de 300 à 500 tonnes de biomasse aérienne (matière sèche) à l'hectare et de 100 à 200 tonnes de biomasse souterraine à l'hectare, qui sont composées pour moitié environ de carbone.....Par ailleurs, les forêts secondaires qui sont en phase de reconstitution de leur biomasse (environ 200 tonnes de biomasse aérienne au bout de quarante ans) ont une dynamique de captation du CO₂ bien supérieure aux forêts anciennes* ». Ces informations sont extraites de l'article « Forêt, CO₂ et climat, une chaîne vitale » rédigé à partir des explications de Daniel Sabatier, botaniste et écologue, chercheur à l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement). Elles s'appliquent à l'ensemble des forêts mondiales y compris donc les forêts tropicales dont la biomasse est plus abondante. Donc conserver pour les forêts françaises une durée de reconstitution de la biomasse aérienne de 40 ans pour 200 tonnes de biomasse alors que la moyenne s'établit entre 300 et 500 tonnes semble raisonnable, d'autant plus qu'il faut ajouter à cela la biomasse souterraine (environ un tiers de la biomasse aérienne) qui est probablement plus lente à se développer.

Ces hypothèses générales sont également à nuancer en fonction du type de changement d'affectation des sols. Ainsi, partir d'un sol cultivé pour arriver à une forêt prendra plus de temps pour reconstituer les stocks moyens de carbone (dans les sols, la litière et la biomasse) que de partir d'une prairie arborée. On propose donc les hypothèses suivantes concernant le nombre d'années nécessaires à la reconstitution du stock de carbone à son niveau moyen de 2012 par type de changement de sol. Ces hypothèses sont évidemment discutables et modifiables.

**Hypothèses retenues concernant le nombre d'années nécessaires à la reconstitution
du stock de carbone dans les sols à son niveau moyen de 2012 en partant d'un type de sol pour
arriver à un autre type de sol**

	artificiel imperméabilisé	artificiel enherbé	artificiel arboré	cultures	vignes	vergers	prairies herbacées	prairies arbus- tives	prairies arborées	forêts feuillus	forêts conifères	forêts mixtes	zones humides
artificiel imperméabilisé		40	60	20	20	60	40	60	80	80	80	80	40
artificiel enherbé	10		40	20	20	60	20	20	60	60	60	60	40
artificiel arboré	10	20		20	20	60	30	30	40	40	40	40	40
cultures	10	40	60		20	60	20	30	80	80	80	80	40
vignes	10	40	60	20		60	30	40	80	80	80	80	40
vergers	10	40	60	20	20		30	40	60	60	60	60	40
prairies herbacées	10	20	40	20	20	60		20	80	80	80	80	40
prairies arbustives	10	20	40	20	20	60	20		60	60	60	60	40
prairies arborées	10	20	40	20	20	60	30	30		40	40	40	40
forêts feuillus	10	40	60	20	20	60	30	30	40				40
forêts conifères	10	40	60	20	20	60	30	30	40				40
forêts mixtes	10	40	60	20	20	60	30	30	40				40
zones humides	10	20	40	20	20	60	20	40	80	80	80	80	40

**Hypothèses retenues concernant le nombre d'années nécessaires à la reconstitution
du stock de carbone dans la litière à son niveau moyen de 2012 en partant d'un type de sol pour
arriver à un autre type de sol**

	forêts feuillus	forêts conifères	forêts mixtes
artificiel imperméabilisé	30	30	30
artificiel enherbé	30	30	30
artificiel arboré	30	30	30
cultures	30	30	30
vignes	30	30	30
vergers	30	30	30
prairies herbacées	30	30	30
prairies arbustives	30	30	30
prairies arborées	30	30	30
zones humides	30	30	30

**Hypothèses retenues concernant le nombre d'années nécessaires à la reconstitution
du stock de carbone dans la biomasse à son niveau moyen de 2012 en partant d'un type de sol pour
arriver à un autre type de sol**

	artificiel enherbé	artificiel arboré	vignes	vergers	prairies arbustives	prairies arborées	forêts feuillus	forêts conifères	forêts mixtes
artificiel imperméabilisé	10	30	10	30	10	30	40	40	40
artificiel enherbé		30	10	30	10	30	40	40	40
artificiel arboré			10	30	10		40	40	40
cultures	10	30	10	30	10	30	40	40	40
vignes	10	30		30	10	30	40	40	40
vergers	10	30	10		10	30	40	40	40
prairies herbacées		30	10	30	10	30	40	40	40
prairies arbustives		30	10	30		30	40	40	40
prairies arborées			10	30			40	40	40
forêts feuillus	10		10	30					
forêts conifères	10		10	30					
forêts mixtes	10		10	30					
zones humides	10	30	10	30	10	30	40	40	40

A partir de l'ensemble de ces éléments, il est possible d'estimer un stock de carbone pour 2018 et un flux de carbone entre 2012 et 2018 pour les zones qui ont changé d'affectation entre ces deux années selon donc le schéma suivant :

IV-1- D : Calculs avec destruction du sol d'origine

<p>Calcul du stock 2018 (cas avec destruction du sol d'origine)</p> <p>=</p> <p style="text-align: center;">superficie de la zone concernée (ha.)</p> <p style="text-align: center;">X</p> <p style="text-align: center;">coefficient de stock associé au nouveau type de sol (tC/ha)</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">Nombre d'années nécessaires à la reconstitution du stock dans le nouveau type de sol</p> <p style="text-align: center;">X</p> <p style="text-align: center;">3 années</p> <p>(en estimant que le changement d'affectation des sols à lieu en moyenne au milieu de la période 2012-2018)</p>
--

<p>Calcul du flux annuel moyen entre 2012 et 2018 (cas avec destruction du sol d'origine)</p> <p>=</p> <p style="text-align: center;">stock de carbone en 2018 (tC)</p> <p style="text-align: center;">-</p> <p style="text-align: center;">stock de carbone en 2012 (tC)</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">6 années (nombre d'années de la période)</p>

Tous les changements d'utilisation du sol n'impliquent pas une destruction de l'ancien sol. Par exemple, passer d'un terrain cultivé ou d'une zone artificialisée enherbée à une prairie peut se faire relativement naturellement. De même dans le cas de la transformation d'une prairie arborée en forêt.

IV-1- E : Zoom sur les forêts

Par ailleurs, les transformations concernant les forêts peuvent poser question, notamment dans le cadre de la transformation d'un type de sol en forêt. Comment l'enquête Corine Land Cover peut observer en l'espace de 6 ans des évolutions qui prennent beaucoup plus longtemps ? La grande majorité des transformations de sols en forêts sont des forêts à l'origine et notamment la transformation de forêts de conifères en forêts de feuillus (6429 hectares entre 2012 et 2018 en Occitanie). Dans ce cas, il peut s'agir d'une interprétation différente des images d'une enquête sur l'autre liée à un changement lent du type de forêt. Il n'y a donc pas destruction de la forêt d'un certain type pour la naissance d'une nouvelle forêt.

Surfaces ayant changé d'affectation entre 2012 et 2018 en Occitanie

Type de sol en 2012 (hectares)	Type de sol en 2018 (hectares)			
	Forêt de feuillus	Forêt de conifère	Forêt mixte	Autre type de sol
Forêt de feuillus		1 498	1 302	1 501
Forêt conifère	6 429		0	138
Forêt mixte	1 198	0		87
Autre type de sol	694	0	13	

Source : Corine Land Cover

Les autres cas, nettement minoritaires, de transformation d'un type de sol en forêt concernent essentiellement des prairies et dans une moindre mesure des sols artificialisés. Concernant les prairies, il ne semble pas qu'il y ait destruction du sol pour création d'une forêt mais transformation lente avec accroissement du couvert. Les superficies transformées de terrains artificialisés notamment imperméabilisés en forêts semblent plus difficiles à observer en l'espace de 6 ans.

IV-1- F : Calculs sans destruction du sol d'origine

Pour les transformations de type de sols quels qu'ils soient sans destruction du sol d'origine, on retiendra le calcul suivant :

<p>Calcul du stock 2018 (cas sans destruction du sol d'origine)</p> <p>=</p> <p>Stock de carbone 2012 dans l'ancien type de sol</p> <p>+</p> <p>(superficie de la zone concernée (ha.)</p> <p>X</p> <p>(coefficient de stock associé au nouveau type de sol (tC/ha)</p> <p>-</p> <p>coefficient de stock associé à l'ancien type de sol (tC/ha))</p> <p>/</p> <p>nombre d'années nécessaires à la reconstitution du stock dans le nouveau type de sol</p> <p>X</p> <p>4 années</p> <p>(en estimant que le changement d'affectation des sols à lieu en moyenne au milieu de la période 2012-2018)</p>

Calcul du flux annuel moyen entre 2012 et 2018 (cas sans destruction du sol d'origine)

$$\begin{aligned} &= \\ &\text{stock de carbone en 2018 (tC)} \\ &- \\ &\text{stock de carbone en 2012 (tC)} \\ &/ \\ &6 \text{ années (nombre d'années de la période)} \end{aligned}$$

IV-2 – Le cas sans changement d'occupation des sols

Les changements d'occupation des sols ne concernent qu'une infime minorité des superficies. En Occitanie entre 2012 et 2018, seules 0,32 % des surfaces ont changé d'affectation. Donc, 99,68 % ont gardé le même type de sol. Pour autant, les stocks de carbone ne sont pas restés stables dans ces sols. Les coefficients de référence par type de sols utilisés pour estimer le stock 2012 ne sont valables que pour cette année là. En effet, le phénomène de séquestration carbone suit un cycle et les coefficients retenus pour l'estimation du stock en 2012 dépendent de nombreux éléments dont l'ancienneté du type d'occupation du sol étudié cette année là. Mais le cycle continue et le stock de carbone dans les différents réservoirs évolue avec.

L'essentiel du cycle du carbone se fait entre l'atmosphère, les couches superficielles du sol et des océans, et la biosphère (végétaux, animaux...) qui échangent du carbone via des processus naturels comme la respiration, la photosynthèse ou lors de la décomposition des constituants de la biosphère. Ainsi, le carbone de l'atmosphère est en partie absorbé par les [puits de carbone](#) naturels (sols, litière, biomasse, mers et océans) de manière continue dans le temps. Il existe donc une évolution « naturelle » des puits de carbone, différente selon la nature du réservoir et du type d'occupation du sol.

Cette évolution n'est toutefois qu'en partie « naturelle » car elle dépend également de l'activité humaine notamment dans le secteur agricole. Ainsi, l'utilisation de pratiques culturales « traditionnelles » avec retournement régulier des terres par exemple va entraîner une émission de carbone contrairement à l'utilisation de pratiques culturales dites de conservation.

Pour prendre en compte cette évolution « naturelle » du carbone qui va concerner la quasi-totalité de la superficie du territoire étudié, on va utiliser des coefficients additionnels qui vont nous fournir par type de sol et par réservoir l'accroissement du coefficient de référence en tonnes de carbone par hectare et par an.

Le tableau ci-dessous résume les évolutions retenues des coefficients de référence et leurs sources. La principale source utilisée est le rapport « **Stocker du carbone dans les sols français – Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?** » de l'INRA – version finale de novembre 2020.

Ces coefficients additionnels sont évidemment contestables et modifiables et pourront être modifiés en fonction de l'évolution des connaissances sur ce thème. Ainsi, on n'a pas de coefficients additionnels pour la biomasse de la plupart des types de sols (à l'exception des forêts et des haies), ce qui peut paraître étonnant pour des sols de type prairies arbustives ou arborées.

Tableau des évolutions annuelles additionnelles pour chaque type de sol (en tonnes de carbone par hectare et par an)

	SOLS		BIOMASSE			
	Unique	Sources	Min	Unique	Max	Sources
sc10 : sols artificiels						
scl1 : sols artificiels imperméabilisés	0,000					
scl2 : sols artificiels enherbés	0,063	CGDD (1/3 des prairies herbacées)				
scl3 : sols artificiels arborés	0,215	CGDD (moyenne prairies et forets mixtes)				
sc20 : sols cultivés						
sc21 : cultures						
. grandes cultures pures	-0,091	INRA				
. Autres cultures	0,259	INRA				
sc22 : vignes	0,000	INRA				
sc23 : vergers	0,000					
sc30 : prairies						
sc31 : prairies herbacées	0,189	INRA				
sc32 : prairies arbustives	0,396	INRA				
sc33 : prairies arborées	0,396	INRA				
sc40 : forêts						
sc41 : forêts feuillus	0,240	INRA	-0,568		1,649	ALDO
sc42 : forêts conifères - résineux	0,240	INRA	0,445		1,7	ALDO
sc43 : forêts mixtes	0,240	INRA	1,008		1,917	ALDO
sc44 : peupleraies	0,240	INRA	0,25		2,577	ALDO
sc50 : zones humides	0,000					
sc60 : haies associées aux espaces agricoles	0,650	cultures pures INRA				
	0,220	autres cultures INRA	1,008		1,917	ALDO
	0,100	prairies INRA				

INRA : https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/etude-4-pour-1000-resume-en-francais-pdf-1_0.pdf

INRA : <https://hal.inrae.fr/hal-02824535>

CGDD : <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-33141-etude.pdf>

ALDO : outil ALDO de l'ADEME

Les données de stock de carbone en 2018 sont obtenues en appliquant aux données surfaciques de 2018 des sols qui n'ont pas changé de type d'occupation (source CLC) les coefficients de référence 2012 corrigés des évolutions annuelles additionnelles (positives ou négatives) par types de sol et réservoirs. Le traitement des haies, des peupleraies et du produit bois nécessite quelques compléments :

- Les données de surfaces des haies associées aux surfaces agricoles (cultures, vignes, vergers et prairies herbacées) évoluent au niveau local en fonction de l'évolution de ces surfaces agricoles entre 2012 et 2018 (source CLC).

- Les données de surfaces des peupleraies évoluent au niveau local en fonction de l'évolution des surfaces de forêts en feuillus entre 2012 et 2018 (source CLC).
- Les données concernant le stockage de carbone en produit bois pour l'année 2018 sont obtenues en faisant évoluer celle de 2012 en fonction de l'évolution de la population locale entre 2012 et 2018 (source recensement Insee).

Disposant de stocks de carbone par type de sol et par réservoir pour les années 2012 et 2018 pour les sols n'ayant pas changé d'affectation, on peut aisément calculer des flux annuels moyens entre ces deux périodes par type de sol et par réservoir.

V – Les unités utilisées

Les unités utilisées dans les calculs sont les suivantes :

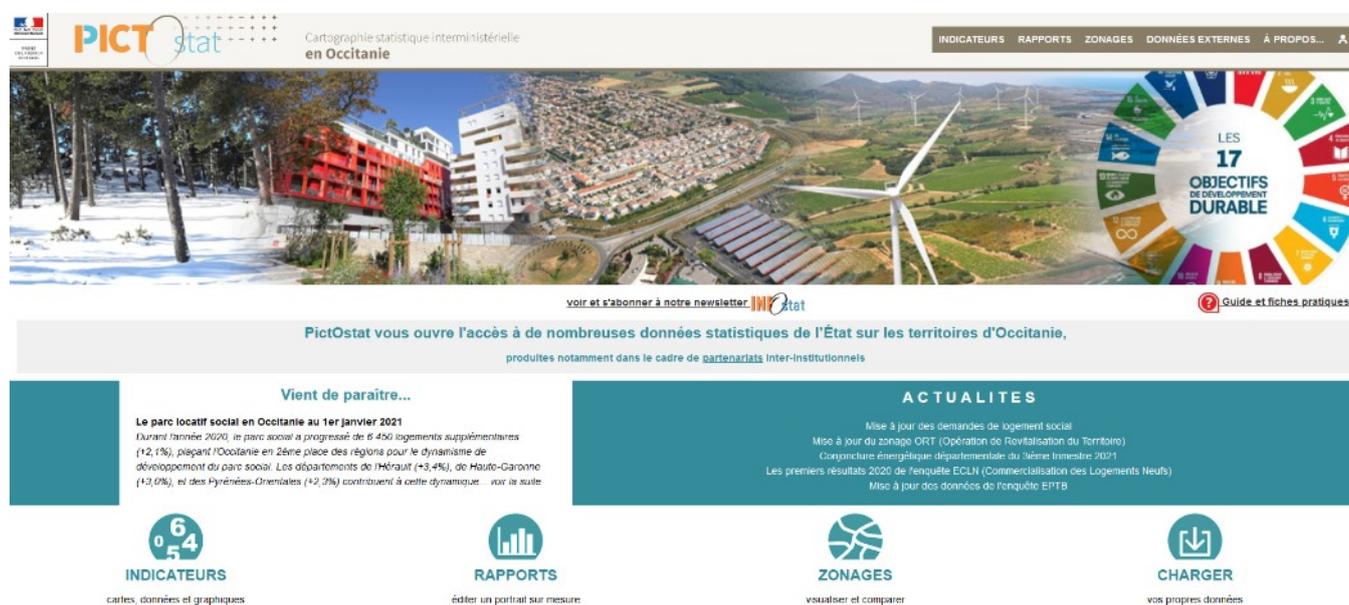
- Surfaces : hectare (ha)
- Coefficients de référence : tonne de carbone par hectare et par an (tC/ha/an)
- Stock de carbone : tonne équivalent CO₂ (t.éqCO₂)
- Flux de carbone : tonne équivalent CO₂ par an (t.éqCO₂/an)

Dans les calculs de stock et de flux, on utilise la notion de carbone (C). Le Potentiel de Réchauffement Global (PRG) est l'unité de mesure de l'effet d'un GES sur le réchauffement climatique. La base de référence est celle du CO₂ (PRG du CO₂ = 1) sur une période de 100 ans. L'impact de chaque gaz s'exprimera donc en tonnes d'équivalent CO₂. Comme pour extraire le carbone du dioxyde de carbone par un calcul simple, il suffit d'utiliser le ratio 12/44, ce qui revient à dire que un kg de CO₂ contient 0,2727 kg de carbone. L'émission d'un kg de CO₂ vaut donc 0,2727 kg équivalent carbone. Inversement, pour passer du carbone au CO₂, on multiplie par 44/12. C'est ce ratio que l'on utilise pour présenter les résultats de stock et de flux en tonne équivalent CO₂.

VI – Les indicateurs retenus dans PictOstat

La diffusion des données localisées concernant les stocks et les flux de séquestration carbone estimés pour les années 2012 et 2018 est effectuée dans l’outil de diffusion des données statistiques de la DREAL Occitanie, à savoir :

PictOstat



Dans PictOstat, les indicateurs de stock de carbone sont exprimés en tonne équivalent CO₂ (t.éqCO₂) et ceux de flux en tonne équivalent CO₂ par an (t.éqCO₂/an). Les indicateurs retenus sont les suivants :

Données globales et par hectares :

Stock de séquestration carbone

Evolution annuelle du stock de carbone entre 2012 et 2018

Stock de séquestration carbone (hors produit bois)

Evolution annuelle du stock de carbone entre 2012 et 2018 hors produit bois

Evolution annuelle du stock de carbone (hors produit bois) due aux changements d'affectation des sols entre 2012 et 2018

Evolution annuelle du stock de carbone (hors produit bois) non due aux évolutions d'affectation des sols entre 2012 et 2018

Stock de séquestration carbone par hectare

Stock de séquestration carbone (hors produit bois) par hectare

Données par réservoirs :

Stock de séquestration carbone par réservoirs
Evolution annuelle du stock de carbone du réservoir biomasse
Evolution annuelle du stock de carbone du réservoir litière
Evolution annuelle du stock de carbone du réservoir sol
Pourcentage d'accroissement annuel du stock de carbone dans les sols entre 2012 et 2018 par rapport au stock 2012 (objectif 4 pour 1000)

Données par type de sols :

Stock de séquestration carbone par type de sols
Stock de séquestration carbone par type de sols hors produit bois
Evolution annuelle du stock de carbone des sols artificialisés entre 2012 et 2018
Evolution annuelle du stock de carbone des sols cultivés entre 2012 et 2018
Evolution annuelle du stock de carbone des prairies entre 2012 et 2018
Evolution annuelle du stock de carbone des forêts entre 2012 et 2018
Evolution annuelle du stock de carbone des zones humides entre 2012 et 2018
Evolution annuelle du stock de carbone des haies entre 2012 et 2018
Evolution du stock de carbone en produit bois entre 2012 et 2018
Répartition des types de sols

VII – Les limites de l'exercice et les pistes d'amélioration

L'estimation des stocks et des flux de carbone localisés est un exercice statistique qui s'appuie sur des résultats d'observations scientifiques. De nombreuses limites sont opposables à ce travail et les pistes d'amélioration sont nombreuses.

VII-1 – Les coefficients de référence

Les coefficients de référence de stocks de carbone par type de sols et par réservoirs sont issus de l'outil ALDO. Ils reposent sur des observations scientifiques à un moment donné. Il n'y a pas de raison de les remettre en cause pour ce travail d'autant plus qu'ils sont corroborés (au niveau des ordres de grandeurs) par plusieurs études publiées.

L'évolution des coefficients de référence s'effectue par des coefficients additionnels issus pour la plupart d'entre eux du rapport « Stocker du carbone dans les sols français – Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? » de l'INRA – version finale de novembre 2020. Ces coefficients, issus également d'observations scientifiques, sont généralement présentés avec un intervalle d'erreur, permettant une certaine latitude dans leur interprétation.

Dans le cas de changement d'affectation des sols entre deux périodes, l'évolution des coefficients de référence va dépendre également de la durée du cycle du carbone du type de sol et du réservoir concerné. Ces durées sont estimées dans cet exercice à partir de résultats présents dans la littérature.

VII-2 – Les superficies concernées

Les coefficients de référence sont appliqués à des superficies. Les données retenues dans cette étude sont des données surfaciques issues de l'enquête Corine Land Cover dont la précision (des carrés de 500 mètres de côté) est faible. D'autres sources plus précises pourraient être utilisées mais elles ont moins l'avantage d'être disponibles dans le temps et de permettre le calcul des changements d'affectation des sols entre deux périodes.

Par ailleurs, les données issues de Corine Land Cover, comme celles des autres sources sont des données planimétriques qui ne prennent pas en compte le dénivelé dans le calcul des surfaces. Sur des territoires montagneux et boisés (donc fortement impactant en terme de séquestration carbone) cela peut entraîner une sous-estimation sensible des stocks de carbone calculés. Par exemple, sur le territoire de la commune ariégeoise de Rabat-Les-Trois-Seigneurs (09241) le territoire boisé représente 57 % de sa superficie, soit environ 1540 hectares. Si on tient compte du dénivelé (fort dans les parties boisées de cette commune), la superficie boisée serait accrue de 15 %. Dans les territoires ayant de forts dénivelés, l'estimation du stock de carbone apparaît alors nettement sous-estimée. Plus globalement, la prise en compte du dénivelé dans le calcul des surfaces par type de sol pourrait constituer une piste d'amélioration significative des stocks de carbone au niveau local.

VII-3 – L'estimation du carbone dans le produit bois

L'estimation du carbone dans les produits bois est traitée simplement dans cette étude (en fonction du poids et de l'évolution de la population) où la plupart des résultats sont présentés hors produits bois. L'amélioration de l'estimation de ces données permettrait de pouvoir comparer de manière plus correcte des territoires différents en terme de densité d'habitants par exemple.