



# Plan Climat Air Energie Territorial de Chartres métropole

## Diagnostic Air Energie Climat

### *3 - Diagnostic de la séquestration carbone sur le territoire*

Version finale adoptée



**CHARTRES  
MÉTROPOLE**



## TABLE DES MATIERES

<b>I.</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>II.</b>	<b>LE ROLE ET L’OCCUPATION DES SOLS</b> .....	<b>6</b>
<b>III.</b>	<b>EVALUATION DU STOCK TOTAL DE CARBONE DANS LA FORET ET DANS LES SOLS</b> .....	<b>8</b>
A.	STOCK SUR PIEDS DANS LES FORETS DU TERRITOIRE .....	8
B.	STOCK DE CARBONE DANS LES SOLS DU TERRITOIRE .....	10
<b>IV.</b>	<b>SEQUESTRATION ANNUELLE DE CARBONE</b> .....	<b>11</b>
A.	SEQUESTRATION CARBONE ANNUELLE LIEE A LA FORET .....	11
1.	<i>Methodologie</i> .....	11
2.	<i>Identification des surfaces et calcul de la séquestration</i> .....	12
B.	SEQUESTRATION CARBONE LIEE A L’AGRICULTURE .....	12
1.	<i>Methodologie</i> .....	12
2.	<i>Identification et calcul de la séquestration</i> .....	13
<b>V.</b>	<b>IMPACT DU CHANGEMENT D’AFFECTATION DES TERRES</b> .....	<b>14</b>
A.	METHODOLOGIE .....	14
B.	SURFACES ET SEQUESTRATION CARBONE ASSOCIEE .....	14
<b>VI.</b>	<b>IMPACT DE LA SUBSTITUTION ENERGIE ET MATERIAUX BIOSOURCES</b> .....	<b>16</b>
<b>VII.</b>	<b>BILAN DE LA SEQUESTRATION CARBONE SUR LE TERRITOIRE</b> .....	<b>17</b>
<b>VIII.</b>	<b>POTENTIEL DE STOCKAGE SUPPLEMENTAIRE</b> .....	<b>19</b>

## I. Introduction

Les résultats d'études scientifiques portées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) expriment un consensus sur la principale cause du changement climatique : les émissions anthropiques de gaz à effet de serre ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  et gaz fluorés). La concentration actuelle de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) a en effet dépassé le seuil de 400 parties par millions (ppm - soit une proportion de 0,04 % du volume d'air atmosphérique), alors que la teneur de l'ère préindustrielle en 1750 était de 278 ppm.

Les gaz à effet de serre ont des origines différentes et n'ont pas tous les mêmes effets quant au changement climatique. En effet, certains ont un pouvoir de réchauffement plus important que d'autres et/ou une durée de vie plus longue. La contribution à l'effet de serre de chaque gaz se mesure grâce à son pouvoir de réchauffement global (PRG). Le PRG d'un gaz se définit comme le forçage radiatif (c'est à dire la puissance radiative que le gaz à effet de serre renvoie vers le sol), cumulé sur une durée de 100 ans. Cette valeur se mesure relativement au  $\text{CO}_2$ , gaz de référence. Si le  $\text{CO}_2$  est le gaz qui a le plus petit pouvoir de réchauffement global, il est celui qui a contribué le plus au réchauffement climatique depuis 1750, du fait des importantes quantités émises.

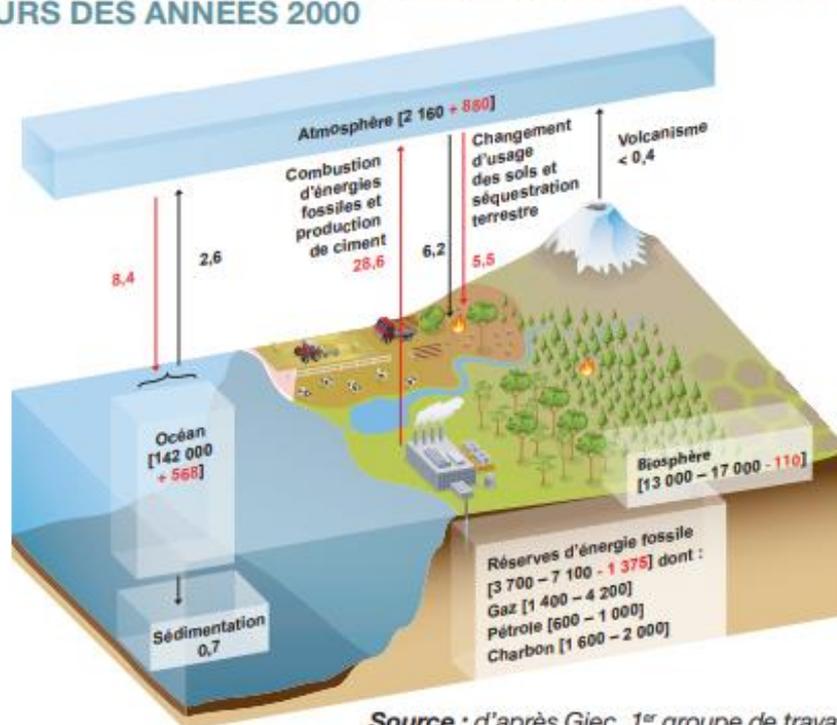
La séquestration de carbone est un mécanisme d'absorption du  $\text{CO}_2$  atmosphérique par l'activité biologique au sein des espaces naturels terrestres et aquatiques. Ainsi, par leur capacité de stockage du  $\text{CO}_2$ , les océans (phytoplancton, calcaire), les sols (matière organique, roches, sédiments) et la biosphère (matière organique issue des êtres vivants dont la forêt, les cultures, etc.) contribuent à diminuer la concentration de  $\text{CO}_2$  atmosphérique et jouent donc un rôle primordial de régulation du climat. En France, les terres agricoles et la forêt occupent plus de 80 % du territoire national et séquestrent entre 15 et 18 Gt  $\text{CO}_2$  par an, soit près de la moitié des émissions de  $\text{CO}_2$  libérées en moyenne au cours des années 2000 en France par les activités humaines. Toute variation de ce stock a un impact sur les émissions nationales de gaz à effet de serre.

Dans ce rapport, on parle indifféremment de séquestration de carbone (C) ou de séquestration de  $\text{CO}_2$ . Dans la pratique, le  $\text{CO}_2$  présent dans l'atmosphère est consommé via la photosynthèse, puis stocké sous différentes formes. La quantité de carbone stockée est donc proportionnelle à la quantité de  $\text{CO}_2$  qui a été captée dans l'atmosphère (1 tonne de carbone (C) correspond à 3.67 tonnes de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) captées). Dans ce rapport, nous présenterons tous les résultats en tonnes équivalent  $\text{CO}_2$  (téc $\text{CO}_2$ ), pour faciliter la comparaison avec les émissions de GES du territoire.

Ce diagnostic présente l'estimation de la séquestration actuelle et potentielle de  $\text{CO}_2$  du territoire de Chartres métropole. La méthodologie employée constitue une première approche suffisante pour estimer les ordres de grandeur, permettant d'identifier la contribution des différents réservoirs de carbone à la réduction de la concentration atmosphérique du  $\text{CO}_2$ . Elle s'appuie sur les méthodes de calcul du cahier technique de l'ADEME, complétée par des coefficients de stockage donnés par l'INRA, le Groupement d'intérêt scientifique Sol (GIS Sol) et le REFORA. L'estimation de la séquestration de carbone intègre :

- Le stock total de carbone dans les sols et dans les forêts (bois sur pieds)
- Le stockage annuel de carbone dans la biosphère.
- Le déstockage annuel de carbone associé aux changements d'affectation des sols.
- L'impact positif de la consommation de matériaux biosourcés par substitution aux matériaux traditionnels.

## RÉSERVOIRS ET FLUX DE GES : EXEMPLE DU CYCLE DU CO<sub>2</sub> AU COURS DES ANNÉES 2000



Source : d'après Giec, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2013

Ce graphique présente : (i) entre crochets, la taille des réservoirs aux temps préindustriels en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> en noir et leur variation sur la période 1750-2011 en rouge ; (ii) sous forme de flèches, les flux de carbone entre les réservoirs en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an. Les flux préindustriels sont en noir. Ceux qui sont liés au développement des activités anthropiques entre 2000 et 2009 sont en rouge.

FIGURE 1 : ORGANISATION DES PUIXS CARBONE ET DU CYCLE CO<sub>2</sub> ET INFLUENCE ANTHROPIQUE (SOURCE : GIEC)

Comparée aux niveaux d'émissions anthropiques de gaz à effet de serre, la séquestration de carbone permet d'évaluer l'impact carbone du territoire et identifier les enjeux et les pistes d'actions associés à la lutte contre le changement climatique.

## II. Le rôle et l'occupation des sols

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<sub>2</sub> atmosphérique. La photosynthèse est le principal moteur de séquestration du CO<sub>2</sub>, qui permet l'extraction du carbone terrestre et le stockage dans un puit de carbone. Ce mécanisme naturel régit la croissance des plantes en assurant la synthétisation de biomolécules et la libération d'O<sub>2</sub> à l'aide de l'énergie lumineuse reçue du soleil et à partir de CO<sub>2</sub>, d'H<sub>2</sub>O et d'éléments minéraux (N, P, K, etc.). Les sols sont ainsi le socle du développement des organismes photoautotrophes consommateurs de CO<sub>2</sub> et jouent ainsi un rôle très important dans le cycle du carbone et pour l'équilibre des concentrations atmosphériques.

Le territoire de Chartres métropole est diversifié, avec un espace fortement urbanisé sur la commune de Chartres et les communes voisines, le reste du territoire étant essentiellement à vocation agricole, avec des bois et forêts de manière éparse, notamment autour de l'Eure, ainsi qu'un bois plus important (800 ha) sur les communes de Saint-Aubin-des-Bois et Bailleau-l'Évêque. L'occupation du sol est présentée sur la Figure 2.

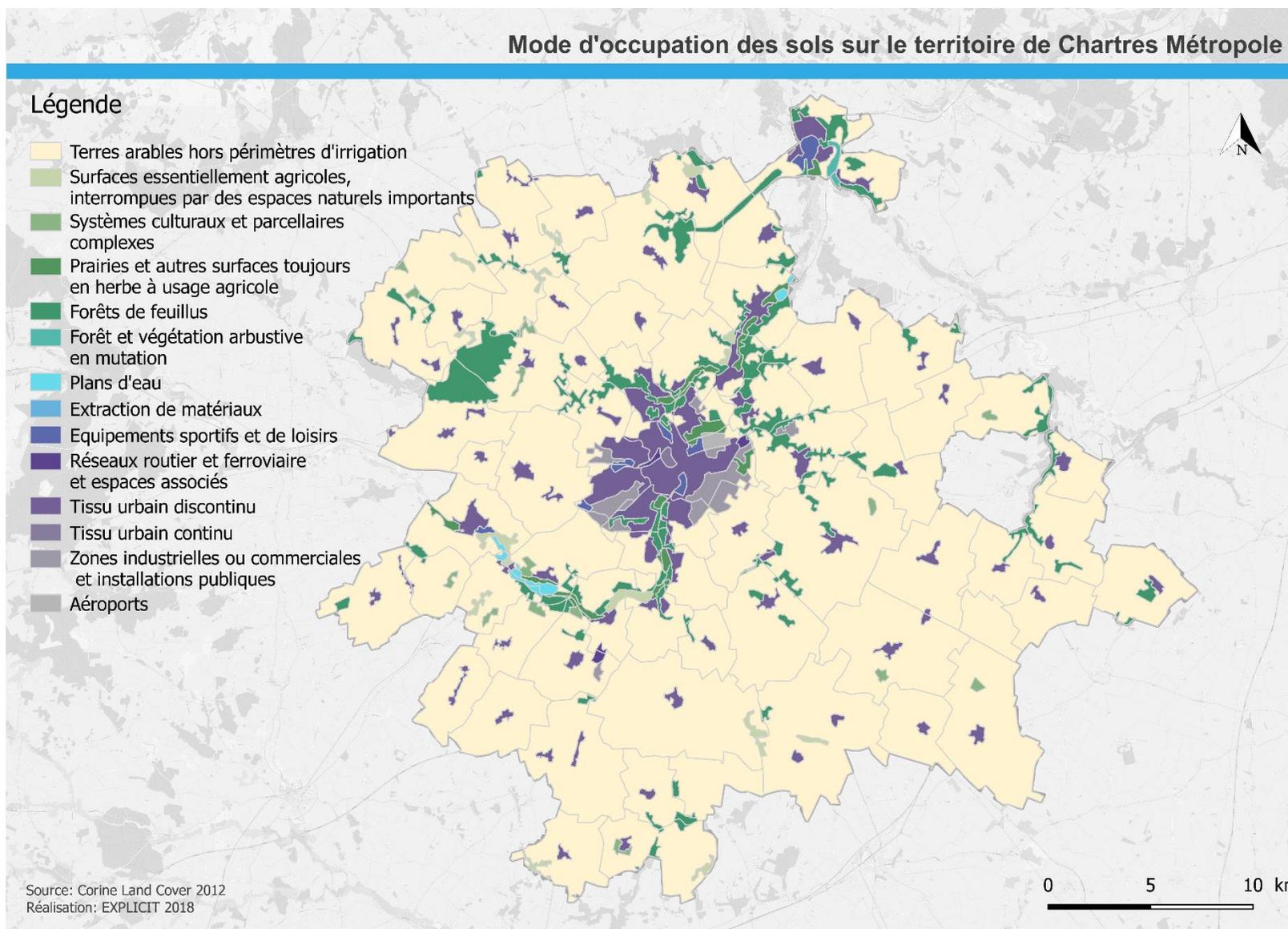


FIGURE 2: REPARTITION DE L'OCCUPATION DES SOLS DE CHARTRES METROPOLE.

Afin de déterminer la séquestration brute de CO<sub>2</sub> par les zones végétales, il convient de distinguer les sols agricoles et la forêt (sols et bois sur pieds) car ces classes ont des activités biologiques différentes et ainsi un potentiel de séquestration surfacique de carbone spécifique. Les impacts des changements d'affectation des terres et de la substitution des matériaux et énergies biosourcés sont aussi présentés.

### III. Evaluation du stock total de carbone dans la forêt et dans les sols

Une grande quantité de carbone est actuellement stockée dans les espaces naturels : il est présent dans les sols, en particulier dans les trente premiers centimètres. La quantité de carbone présente dépend beaucoup du type d'activité : agriculture, forêt, surface artificialisée, etc. Le carbone est aussi stocké directement dans le bois des arbres en forêt.

#### A. Stock sur pieds dans les forêts du territoire

En partant des données de *Corine Land Cover* pour l'année 2012 et des données de production à l'échelle régionale de l'IGN, nous sommes en mesure d'évaluer la production annuelle de bois (liée à la croissance des arbres, mais aussi le stock de bois sur pieds, par type d'essence présentes dans les forêts (feuillus, résineux, mixte).

Les espaces forestiers du territoire couvrent **5186 ha**, soit environ **6%** de la surface de Chartres métropole. La Figure 3 représente les forêts du territoire.

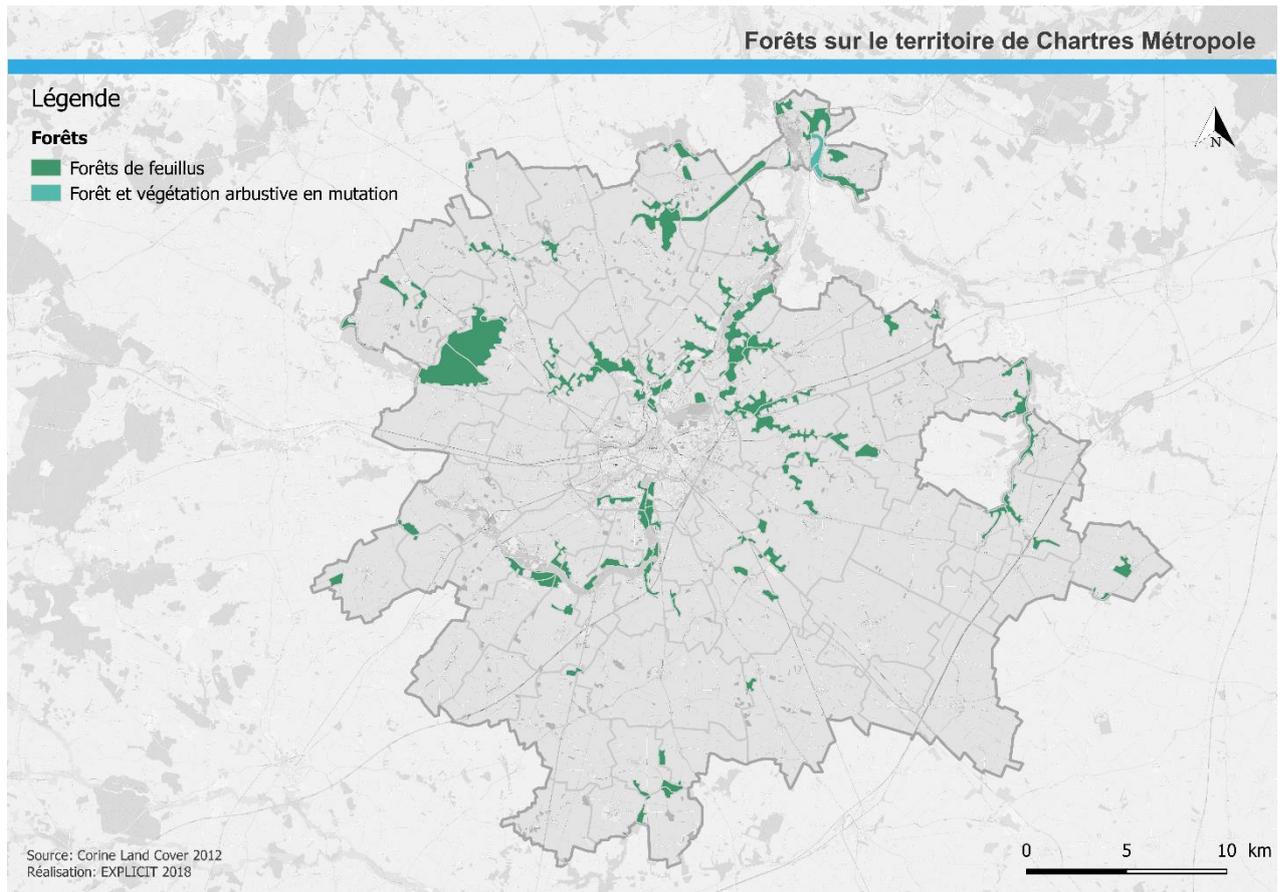


FIGURE 3: INVENTAIRE DE L'ESPACE FORESTIER DE CHARTRES METROPOLE

Les surfaces forestières considérées pour le calcul de la séquestration de CO<sub>2</sub> liée à la forêt sont regroupées en 3 catégories en raison des coefficients connus de stockage de carbone par type d'essence : forêt à essence principale en feuillu, forêt à essence principale en conifère (non présentes sur le territoire de Chartres métropole selon la base de données Corine Land Cover), et forêt mixte. Nous considérons la végétation sclérophylle et la végétation arbustive en mutation dans la classe « forêt mixte ».

La répartition surfacique des forêts est présentée par le graphique de la Figure 4.

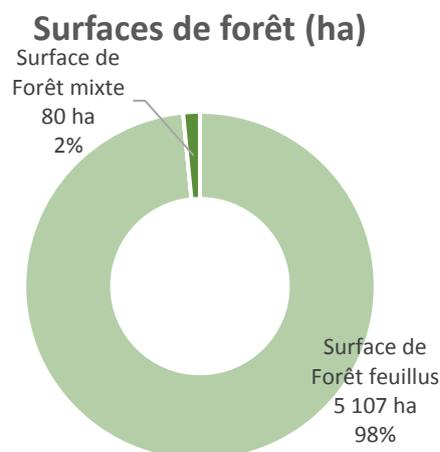


FIGURE 4: REPARTITION DU TYPE DE FORET PRESENT SUR CHARTRES METROPOLE

Le territoire de Chartres métropole compte ainsi **5 186 ha** de forêts, qui représentent un stock de bois de 733 000 m<sup>3</sup>. Cela représente un stock de **1 128 000 tCO<sub>2</sub>**.

TABLEAU 1 : STOCK TOTAL DANS LE BOIS SUR PIEDS (SOURCE : EXPLICIT, IGN, CLC 2012)

Séquestration	Coefficient de stockage de carbone (tC/m <sup>3</sup> )	Stock estimé par hectare (m <sup>3</sup> /ha)	Surface (Ha)	Stock total (m <sup>3</sup> )	Stockage CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /an)
Forêt feuillus	0.42	142	5 107	723 000	1 115 000
Forêt mixte	0.36	126	80	10 000	13 000
Total			5 186	733 000	1 128 000

## B. Stock de carbone dans les sols du territoire

Le carbone peut également être stocké dans les sols, et en particulier dans les 30 centimètres les plus proches de la surface. La teneur en carbone des sols varie énormément en fonction de l'activité en surface : les forêts ont un sol très riche en carbone, les prairies ont une teneur plus faible, mais intéressante. Les surfaces agricoles ont une teneur en carbone plus faible que les prairies, mais pouvant varier selon le type de sol, et surtout le type d'agriculture pratiquée. Le non-labour, le maintien d'un couvert végétal permanent, sont des techniques permettant d'augmenter la teneur en carbone des sols. Celle-ci varie également d'une région à l'autre, en fonction de la composition du sol, de l'humidité, et du climat.

Ces différences entre les capacités de stockage des sols en fonction de l'activité ont un impact important lors des changements d'affectation des sols : ainsi lorsqu'une forêt, qui possède donc une forte capacité de stockage, est transformée en zone artificialisée, qui en possède une très faible, une grande quantité de carbone est émise dans l'atmosphère (cf. partie V).

Pour estimer la quantité de carbone présente dans les sols du territoire, nous avons utilisé les données fournies par le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (Gis Sol), qui fournit par région et par type d'activité les teneurs en carbone des sols. Avec les données de Corine Land Cover pour l'année 2012 (dernière année disponible), nous avons pu reconstituer la teneur en carbone des différents sols du territoire.

Le stock de carbone dans les sols s'élève ainsi à **13 600 000 tCO<sub>2</sub>**. La répartition entre les différents terrains est présentée en Figure 5.

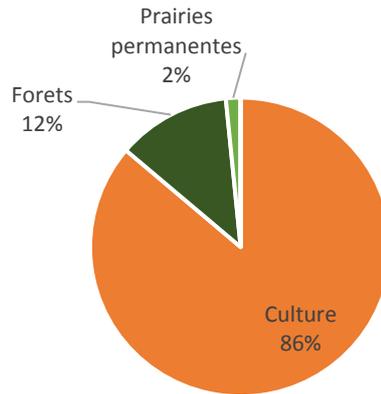


FIGURE 5: REPARTITION DES STOCKS DE CARBONE DANS LES SOLS DU TERRITOIRE (SOURCES : EXPLICIT, GIS Sol, CLC 2012)

## IV. Séquestration annuelle de carbone

Après avoir étudié dans un premier temps le stock de carbone contenu dans les sols et le bois des forêts du territoire, nous avons estimé les flux de carbone, c'est-à-dire l'augmentation (ou parfois la diminution) des stocks de carbone vus précédemment.

### A. Séquestration carbone annuelle liée à la forêt

#### 1. Méthodologie

Les surfaces forestières par type d'essence sont identifiées grâce à la base de données de *Corine Land Cover* pour l'année 2012. Une analyse des productions annuelles surfaciques d'arbres issues de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) sur les années 2007 à 2015 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/m<sup>3</sup> pour les feuillus,
- 0,300 tC/m<sup>3</sup> pour les résineux,

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

$$\text{Séquestration}_p = \text{Surf}_p \times (\Delta_p - \text{Mortalité}_p - \text{Prélèvement}_p) \times \text{Stock}_p \times \text{facteur}_{CO_2}$$

Où :

- « Séquestration<sub>p</sub> » est la séquestration de CO<sub>2</sub> liée au peuplement de forêt, exprimée en tCO<sub>2</sub>/an.
- « Surf<sub>p</sub> » est la surface du peuplement, exprimée en ha.
- « Δ<sub>p</sub> » est l'accroissement annuel surfacique du peuplement, exprimé en m<sup>3</sup>/ha/an.
- « Mortalité<sub>p</sub> » est le volume moyen annuel de mortalité surfacique, exprimé en m<sup>3</sup>/ha/an.

- « Prélèvement<sub>p</sub> » est le volume moyen annuel de bois prélevé (pour le bois d'œuvre, bois-énergie, bois de construction), exprimé en m<sup>3</sup>/ha/an.
- « Stock<sub>p</sub> » est le taux de stockage carbone du peuplement, exprimé en tC/m<sup>3</sup>.
- « *facteur*<sub>CO<sub>2</sub></sub> » est le facteur de conversion entre l'équivalent C et l'équivalent CO<sub>2</sub>, sans unité.

## 2. Identification des surfaces et calcul de la séquestration

Le calcul de l'absorption de CO<sub>2</sub> par type d'essence est présenté par le Tableau 2. **Au total, la séquestration nette liée à la forêt est évaluée à 23 100 t CO<sub>2</sub>/an.**

TABLEAU 2 : SEQUESTRATION NETTE LIEE AUX FORETS

Séquestration	Coefficient de stockage de carbone (tC/m <sup>3</sup> )	Stockage surfacique carbone (tC/ha/an)	Stockage surfacique CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /ha/an)	Surface (Ha)	Stockage CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /an)
Forêt feuillus	0.42	1.22	4.47	5107	22 800
Forêt conifères	0.3	0.87	3.19	0	0
Forêt mixte	0.36	1.04	3.83	80	300
Total				5186	23 100

## B. Séquestration carbone liée à l'agriculture

### 1. Méthodologie

La première étape de l'évaluation de la séquestration nette liée à l'agriculture consiste à identifier les surfaces des territoires agricoles. Les surfaces agricoles sont identifiées grâce à la base de données de *Corine Land Cover* pour l'année 2012. Notre méthodologie s'appuie sur l'évaluation du stockage carbone de plusieurs classes. Nous considérons ensuite les taux de stockage de carbone issus du guide méthodologique ClimAgri (ADEME) :

- **0 t de carbone/ha/an pour les terres arables en agriculture conventionnelle (labour, engrais chimique, etc.),**
- **0,2 t de carbone/ha/an pour les terres arables en agriculture de conservation (Techniques Culturelles Simplifiées),**
- **0,5 t de carbone/ha/an pour les prairies,**

La séquestration carbone annuelle liée à l'agriculture est ainsi déterminée pour chaque classe avec l'équation suivante :

$$\text{Séquestration}_c = \text{Surf}_c \times \text{Stock}_c \times \text{facteur}_{CO_2}$$

Où :

- « Séquestration<sub>c</sub> » est la séquestration carbone liée à la classe de l'espace agricole, exprimée en tCO<sub>2</sub>/an.
- « Surf<sub>c</sub> » est la surface de la classe, exprimée en ha.
- « Stock<sub>c</sub> » est le taux de stockage carbone de la classe, exprimé en tC/ha/an.
- « *facteur*<sub>CO<sub>2</sub></sub> » est le facteur de conversion entre l'équivalent C et l'équivalent CO<sub>2</sub>, sans unité.

L'évaluation de la séquestration de carbone totale liée à l'agriculture est ensuite calculée en sommant la séquestration liée aux classes « terre arable » et « prairie ».

Ainsi, l'agriculture conventionnelle (avec pratique du labour, utilisation d'engrais chimiques, etc.) ne permet pas de stocker du carbone : le stock contenu dans ses sols n'augmente pas.

## 2. Identification et calcul de la séquestration

Les terres agricoles (parcelles cultivées, dont vignoble et prairies) du territoire sont réparties sur **72 268 ha**, ce qui représente environ **86 %** de la superficie de Chartres métropole (Source : Corine Land Cover 2012).

La Figure 6 représente la répartition des zones de séquestration liées à l'agriculture, et la Figure 7 la répartition de ces terrains agricoles.

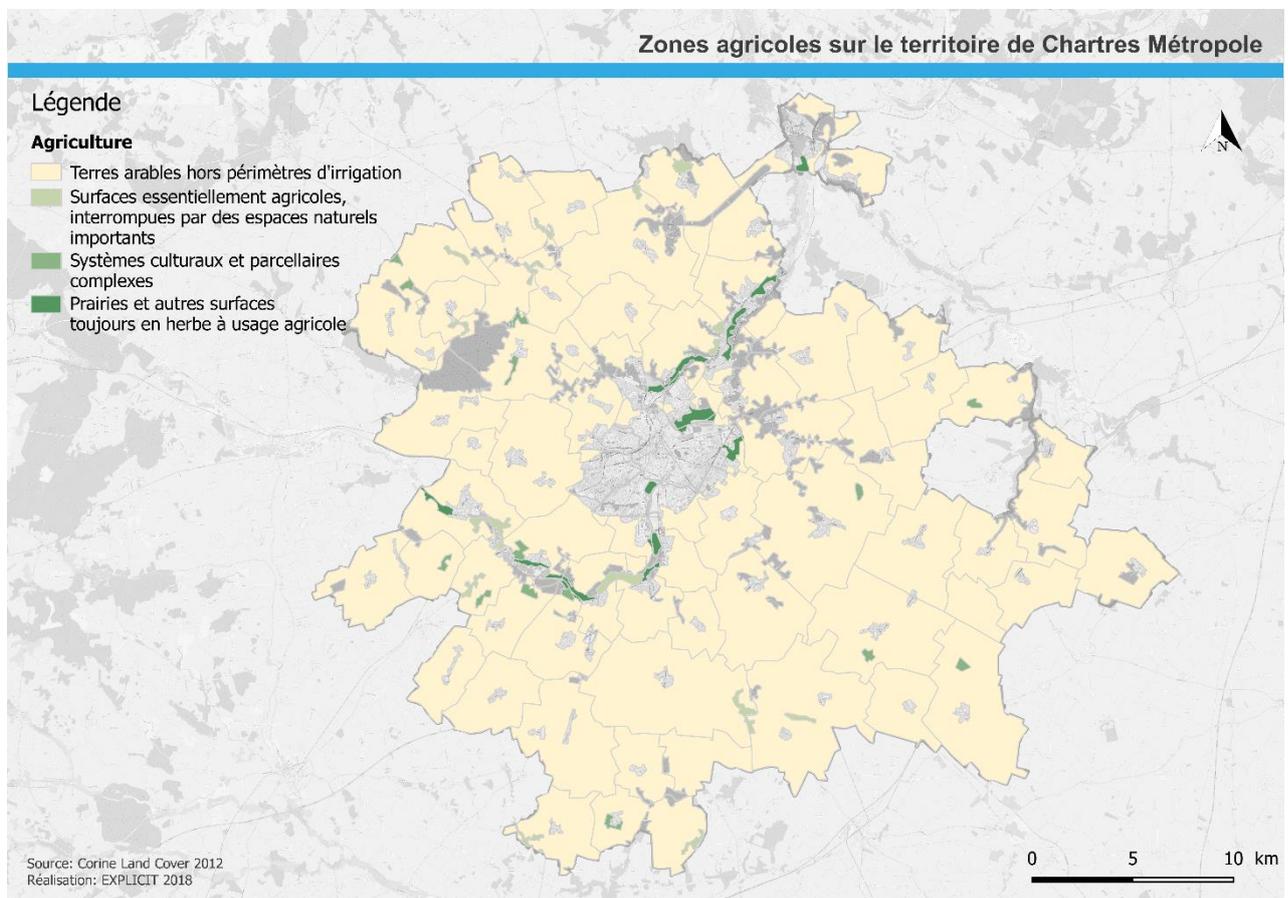


FIGURE 6: INVENTAIRE DES TERRAINS AGRICOLES DE CHARTRES METROPOLE

### Répartition des terres agricoles

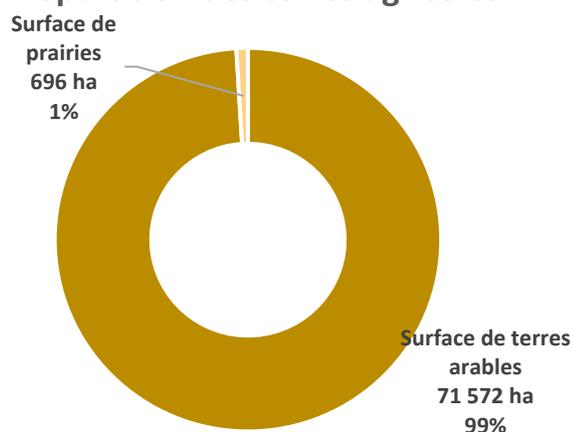


FIGURE 7: REPARTITION DES SURFACES AGRICOLES EN HECTARE PAR TYPE (SOURCE CORINE LAND COVER 2012)

Le résultat du calcul de l'absorption brute de CO<sub>2</sub> par l'agriculture est présenté par le Tableau 3. Toutes les surfaces agricoles sont considérées comme des terres arables. Au total, **la séquestration nette liée à l'agriculture est évaluée à 19 700 t CO<sub>2</sub>/an.**

TABLEAU 3 : SEQUESTRATION EN DIOXYDE DE CARBONE DES ESPACES AGRICOLES

	Stockage surfacique net carbone (tC/ha/an)	Stockage surfacique CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /ha/an)	Surface (Ha)	Stockage CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /an)
Terres arables	0.07	0.26	71 572	18 400
Prairies	0.5	1.83	696	1 300
Total			72 268	19 700

## V. Impact du 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 **832 hectares** entre 1990 et 2012, ce qui correspond à environ à **1%** de la superficie du territoire. Ces changements sont répartis selon la chronologie suivante :

- 430 hectares entre 1990 et 2000,
- 158 hectares entre 2000 et 2006,

- 244 hectares entre 2006 et 2012.

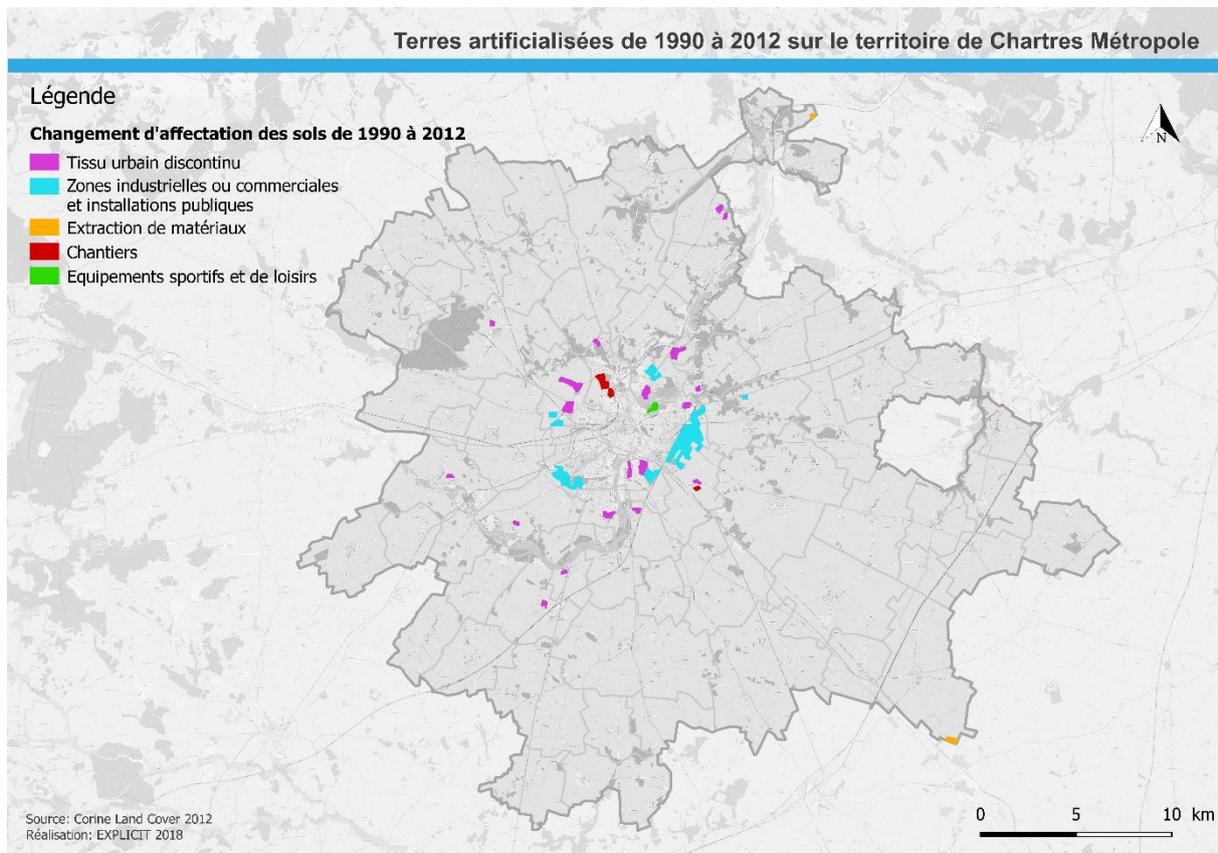


FIGURE 8: ARTIFICIALISATION DES SOLS DE CHARTRES METROPOLE ENTRE 1990 ET 2012

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<sup>ème</sup> 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.

**Au total, ces changements d'occupation des sols ont engendré 7 760 tCO<sub>2</sub>/an.**

TABLEAU 4: EMISSION ENGENDREES PAR LE CHANGEMENT D'AFFECTION DES SOLS

	Coefficients d'émission (tCO <sub>2</sub> /ha)	Moyenne annuelle de Surface changeant d'affectation (Ha)	Émissions (t CO <sub>2</sub> /an)
Terre agricole -> Surface artificialisée perméable	293	18.9	5 530
Terre agricole -> Surface artificialisée imperméable	147	9.3	1 370
Prairies -> Surface artificialisée perméable	257	1.8	470
Prairies -> Surface artificialisée imperméable	403	0.7	290
Prairies -> Terres arables	110	0.8	90
<b>Total</b>			<b>7 760</b>

## VI. 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. Il est aussi important de veiller à ce que cette ressource soit prélevée localement afin de minimiser les conséquences dues au transport et de pouvoir développer l'économie locale (problématique de matériaux de type bois importés depuis les pays scandinaves par exemple). 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 teqCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> de produits bois finis pour les effets dits de « substitution matériau » ;
- 0,34 teqCO<sub>2</sub> évitées par m<sup>3</sup> de bois énergie brûlé par les ménages (« substitution énergie ») ;
- 265,4 teqCO<sub>2</sub> évitées / GWh de chaleur produite, dans les secteurs industriels, collectifs et tertiaires (« substitution énergie ») ;
- 403,2 teqCO<sub>2</sub> évitées / GWh d'électricité fournie au réseau à partir de biomasse solide (« substitution énergie »).

Ainsi, en considérant 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 3 900 t CO<sub>2</sub>/an**. Cette substitution se répartit de la façon suivante :

TABLEAU 5: TABLEAU RECAPITULATIF DES EFFETS DE SUBSTITUTION MATERIAUX ET ENERGIES BIOSOURCES

	Émissions évitées (t CO <sub>2</sub> /an)
Substitution matériau	2 700
Substitution énergie	1 200
<b>Total substitution</b>	<b>3 900</b>

## VII. Bilan de la séquestration carbone sur le territoire

Le stock total de carbone dans les sols et sur pieds s'élève à **14 728 000 t CO<sub>2</sub>**, réparti entre :

- le carbone stocké dans les arbres : 1 128 000 t CO<sub>2</sub>
- le carbone stocké dans les sols : 13 600 000 t CO<sub>2</sub>

### Stock de carbone dans les sols et forêts (tCO<sub>2</sub>)

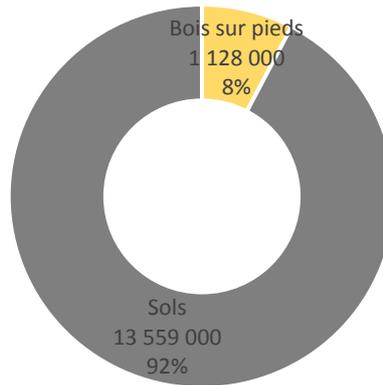


FIGURE 9: STOCK TOTAL DE CARBONE DANS LES SOLS (TEQCO<sub>2</sub>)

Concernant les flux, la séquestration annuelle brute de CO<sub>2</sub> liée à l'agriculture et aux forêts représente environ **42 800 t CO<sub>2</sub> / an**, avec la répartition suivante :

- Forêt : 23 100 t CO<sub>2</sub> / an,
- Agriculture : 19 700 t CO<sub>2</sub> / an,

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

### Séquestration brute de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>/an)



FIGURE 10: SEQUESTRATION BRUTE ANNUELLE DE CO<sub>2</sub>

Lors des 3 dernières décennies, les changements d’affectation des terres ont concerné principalement des changements de terres arables et prairies en surface artificialisées. On estime à 7 760 t CO<sub>2</sub> / an les émissions liées à ces changements de sols.

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 3900 tonnes de CO<sub>2</sub> évitées par an.

**En conclusion, la séquestration nette de carbone du territoire de Chartres métropole est évaluée à 35 100 t CO<sub>2</sub> / an. Cela représente 5% des émissions de GES du territoire.**

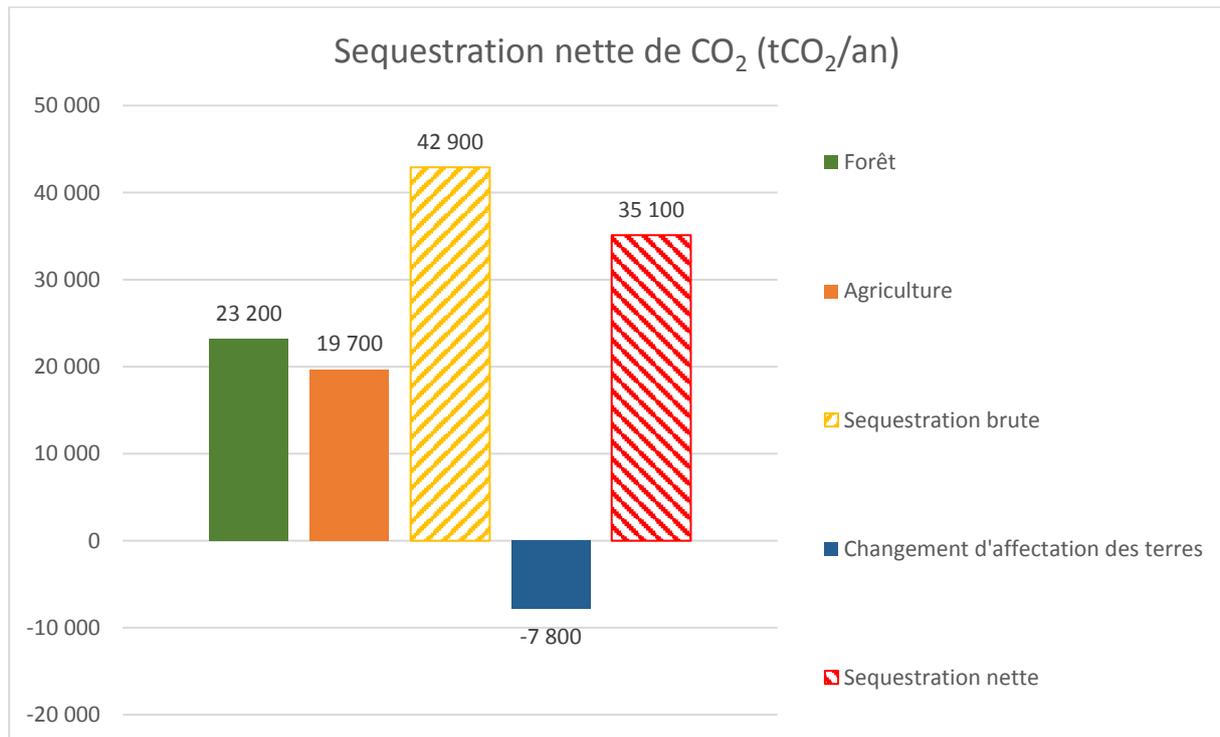


FIGURE 11 : SEQUESTRATION ANNUELLE NETTE DE CO<sub>2</sub>

### **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, pluviométrie, 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 CO<sub>2</sub>. 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 m<sup>3</sup> entre les résineux et les feuillus.
- Une classification trop faible : Plusieurs classes absorbant du CO<sub>2</sub> 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, bien que leur contribution serait probablement faible.

## VIII. Potentiel de stockage supplémentaire

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 d'accroître significativement le taux de stockage de carbone jusqu'à 1.35 tC/ha/an. 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 Chartres métropole, la conversion de 15 % de surface en agroforesterie, 75% de surface en agriculture de conservation permettrait la séquestration nette totale d'environ 109 000 t CO<sub>2</sub> / an, et ferait ainsi passer le taux de séquestration, rapport entre les émissions et les stockage sur le territoire, de 5% à 14%.** Cela permettrait d'atteindre l'objectif d'augmentation du carbone dans les sols de « 4 pour mille », fixé lors de la COP21, et qui permettrait à court terme de compenser les émissions annuelles de GES de la France, à l'échelle nationale. En effet, cet objectif correspond à un stockage supplémentaire de à **46 800 t CO<sub>2</sub>/an**.
- 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...<sup>1</sup>. 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.
- En ce qui concerne la forêt : restaurer les forêts dégradées et mettre en œuvre une sylviculture efficace qui induise 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

---

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

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 CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, à condition d'arrêter également la déforestation. Les 5 pratiques à développer pour la gestion des sols et l'agroécologie sont ainsi présentés :

- Éviter de laisser le sol à nu pour limiter les pertes de carbone,
- Restaurer les cultures, les pâturages et les forêts dégradées,
- Planter des arbres et des 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.