



## EMISSIONS LIEES A L'UTILISATION DES SOLS EN REGION SUD

Mars 2024

### Date de parution

### Contact

Chargé d'action territoriale : Sylvain Mercier, [sylvain.mercier@atmosud.org](mailto:sylvain.mercier@atmosud.org)

Pilote de projet : Damien Bouchard, [damien.bouchard@atmosud.org](mailto:damien.bouchard@atmosud.org)

### Références

AFI-000088 / rapport\_utcatf\_v1/ Louis Renier / Ludovic Lelandais - Damien Bouchard - Damien Piga

## Résumé

L'utilisation des sols représente les flux d'absorptions et d'émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) liés à la croissance des plantes, le stockage dans les sols, la récolte de bois et l'usage des sols en région SUD. En 2021 ce secteur a représenté une séquestration nette de 3 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent à l'échelle régionale et a permis de compenser environ 10% des émissions de GES régionales. Ce secteur constitue un premier indicateur permettant aux territoires d'évaluer le chemin à parcourir pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

### ▶ Que représente ce secteur ?

Le secteur de l'utilisation des sols rapporte les flux de carbone entre les réservoirs terrestres (biomasse et sols) et l'atmosphère. Il est ainsi le seul secteur à pouvoir absorber du CO<sub>2</sub> grâce à la croissance des plantes qui stockent du carbone dans la biomasse et les sols, c'est-à-dire que les absorptions (croissance de la biomasse forestière, stockage de carbone dans les sols) sont plus importantes que les émissions (récoltes de bois, artificialisation des sols, mortalité des arbres, etc.).

### ▶ Comment les flux sont-ils calculés ?

Pour ce secteur, trois types de flux sont calculés : les flux liés à l'accroissement forestier, les flux liés à la récolte de bois et les flux liés aux changements d'occupation des sols. La méthodologie, dérivée d'un outil d'Atmo Grand-Est, consiste à appliquer des facteurs d'émissions spécifiques à des données d'entrée (quantité de bois récolté, mesures de l'accroissement forestier etc.) à l'échelle régionale ou départementale, puis à ventiler ces résultats à l'échelle communale selon différents critères tels que la part de surface forestière communale par rapport à la surface forestière régionale.

### ▶ Les principaux résultats

A l'échelle régionale, en 2021, l'accroissement forestier représentait une séquestration d'environ 4 Mt de carbone équivalent, tandis que la récolte de bois représentait des émissions nettes d'environ 1 Mt. Le changement d'occupation des sols joue un rôle mineur dans le bilan des émissions de ce secteur, représentant moins de 1% des flux associés à celui-ci. Néanmoins il est intéressant de noter que jusqu'en 2018, le changement d'occupation des sols représentait des émissions nettes de CO<sub>2</sub> d'environ quelques kt par an à cause de nombreuses artificialisation et création de zone de culture dans les années 1990-2000. Après 2018, malgré l'artificialisation persistante, le changement d'occupation des sols est désormais associé à une séquestration carbone de quelques kt de CO<sub>2</sub> équivalent par an.

Les résultats spatialisés ont permis de mettre en lumière que les territoires alpins et varois sont ceux qui absorbent le plus de carbone à l'échelle régionale, grâce aux nombreuses forêts présentes. A l'inverse certains territoires très artificialisés comme à l'ouest de l'étang de Berre par exemple, sont des émetteurs nets de CO<sub>2</sub> équivalent par an en raison du peu de surfaces forestières et de certains changements d'occupation du sol passés.

### ▶ Ce qu'il faut retenir

Le secteur de l'utilisation des sols représente un puits net de 3 Mt en 2021 dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cette absorption de carbone est un facteur primordial pour la lutte contre le réchauffement climatique, mais elle compense pour l'instant moins de 10% des émissions régionales des autres secteurs. Pour atteindre la neutralité carbone en 2050, ce puits devra représenter 100% de ces émissions. Il est donc important, en parallèle de réduire drastiquement les émissions de tous les secteurs confondus, de conserver ce puits de carbone voire de l'amplifier en suivant les objectifs pour agrandir et améliorer la santé de nos forêts, ainsi que de réduire l'artificialisation des sols.

## REMERCIEMENTS

AtmoSud remercie le Conseil régional de la Région SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur d'avoir financé ce projet dans le cadre de la convention 2023 avec AtmoSud, sans qui ce travail n'aurait pas pu être réalisé.

AtmoSud exprime également sa gratitude à Atmo Grand Est pour le partage de leur outil et de leurs méthodologies de calcul pour estimer les émissions de ce secteur, ainsi que pour leur collaboration.

## PARTENAIRES

Conseil régional de la région SUD Provence Alpes Côte d'Azur



## AUTEURS DU DOCUMENT

Louis Reniers - AtmoSud, Ludovic Lelandais - AtmoSud

## SOMMAIRE

I	Introduction .....	5
II	Utilisation des sols .....	5
II.1	Description du secteur .....	5
II.2	Types d'émission.....	5
III	Occupation du sol en Provence Alpes Côte d'Azur .....	7
III.1	Connaissance de l'occupation du sol .....	7
III.2	Représentation cartographique .....	7
IV	Méthodologie de calcul des émissions .....	11
IV.1	Accroissement forestier .....	11
IV.2	Récolte de bois.....	12
IV.3	Changements d'occupation du sol.....	13
V	Bilan d'émissions.....	15
V.1	Résultats régionaux.....	15
V.2	Résultats à la commune.....	19
VI	Limites et perspectives .....	21
VI.1	Limites.....	21
VI.2	Perspectives .....	22
VII	CONCLUSION .....	23

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS – Style Annexe  
**Erreur ! Signet non défini.**

## I INTRODUCTION

Dans un contexte de réchauffement climatique lié aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre, plusieurs objectifs pour atteindre la neutralité carbone ont été définis. La stratégie nationale bas carbone (SNBC) définit la trajectoire de réduction des émissions gaz à effet de serre et l'atteinte de la neutralité carbone en France en 2050. Cette stratégie se décline à l'échelle régionale dans le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET). Le secteur de l'utilisation des sols peut aussi être impacté par d'autres réglementations comme la politique agricole commune ou le plan biodiversité de 2018 qui fixe un objectif de zéro artificialisation nette.

L'utilisation des sols peut jouer un rôle clé pour atteindre ces objectifs car ce secteur est le seul à pouvoir présenter des absorptions de gaz à effet de serre avec l'accroissement forestier, qui grâce à la photosynthèse des plantes stocke du carbone dans la biomasse, ou encore des changements d'occupation vers des sols capables de stocker des quantités importantes de carbone. Cependant, si trop de bois est récolté ou si trop d'espaces ont été artificialisés, ce secteur peut être un émetteur net de gaz à effet de serre.

Les flux de carbone associés à l'utilisation du sol font l'objet d'un secteur à part entière dans les calculs d'inventaire. Ces flux n'étaient jusqu'ici pas comptabilisés dans les inventaires communaux réalisés par AtmoSud. Dans les méthodologies internationales (CCNUCC) et nationales (CITEPA), ce secteur est nommé « utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) ». Dans la suite de ce rapport, ce secteur sera appelé « utilisation des sols ».

Ce rapport décrit le secteur de l'utilisation des sols, les émissions incluses et non incluses dans le calcul d'inventaire. Ensuite, il présente les travaux, réalisés par AtmoSud grâce au soutien de la Région Sud, sur la situation de l'utilisation des sols dans la région ainsi que sur le développement de la méthodologie de calcul d'inventaire. Enfin, ce rapport montrera les résultats de l'inventaire d'émissions du secteur de l'utilisation des sols et les tendances.

## II UTILISATION DES SOLS

### II.1 Description du secteur

Le secteur de l'utilisation des sols rapporte les flux de carbone entre les réservoirs terrestres (biomasse et sols) et l'atmosphère. Il est ainsi le seul secteur à pouvoir absorber du CO<sub>2</sub> grâce à la croissance des plantes qui stockent du carbone dans la biomasse et dans les sols. Ce secteur est en 2021 un puits net de carbone en France (environ -14Mt de CO<sub>2</sub> équivalent selon le CITEPA, SECTEN 2022), ce qui signifie qu'au niveau des sols les absorptions (croissance de la biomasse forestières, stockage de carbone dans les sols) sont plus importantes que les émissions (récoltes de bois, artificialisation des sols, mortalité des arbres, etc.). Cependant, ce n'est pas le cas dans le monde puisqu'à cette échelle, ce secteur est un émetteur net de 4,4 Gt d'équivalent CO<sub>2</sub> (eq.CO<sub>2</sub>) par an pendant la décennie 2006-2015 (IPCC,2014, Synthesis report).

### II.2 Types d'émission

Ces flux de carbone sont majoritairement dus à :

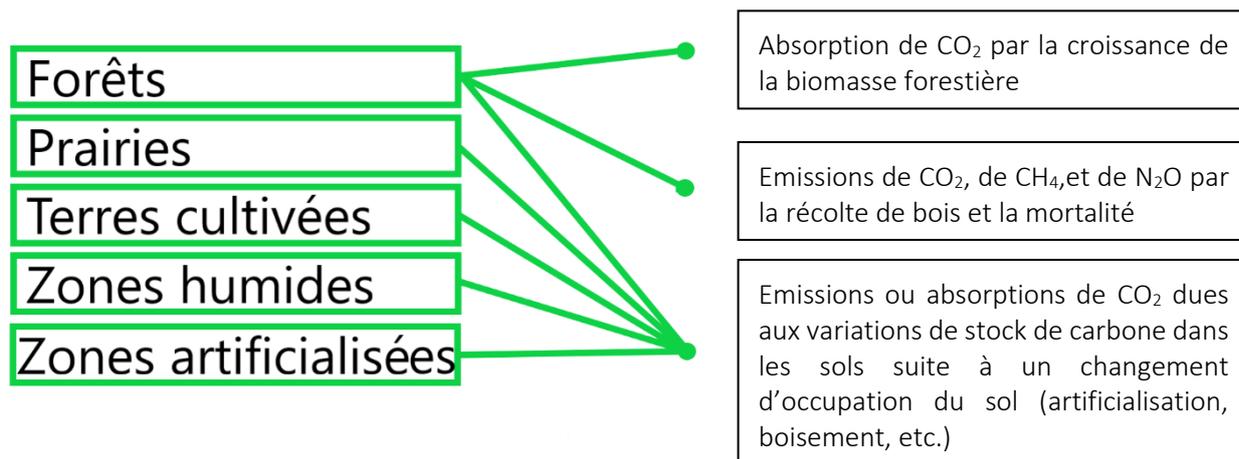
- L'accroissement forestier : absorption de CO<sub>2</sub>. La photosynthèse des plantes absorbe le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère pour le stocker dans la biomasse et dans les sols.
- La récolte de bois : émissions de CO<sub>2</sub> du fait du bois prélevé considéré comme brûlé directement ou transformé en construction (poteaux, meuble...) remplaçant une construction en bois à jeter qui est

considérée comme incinérée. Des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O induites par les pratiques de brûlage de résidus lors de la récolte sont également associées à la récolte de bois.

- Les changements d'occupation du sol : la conversion des sols entraînent une variation de la capacité des sols à stocker du carbone et ainsi représenter une émission ou une absorption de CO<sub>2</sub> en fonction de la nature du changement.

On distingue ainsi 3 types d'émission : l'accroissement forestier, la récolte de bois et les changements d'occupation du sol.

Figure 1 : Émissions incluses dans le secteur de l'utilisation des sols



Émissions non incluses dans le secteur de l'utilisations des sols, mais comptabilisées dans d'autres secteurs :

- émissions de polluants et de GES par les feux de forêts et de végétation → secteur des incendies de forêt
- émissions de N<sub>2</sub>O par la fertilisation des terres agricoles → secteur de l'agriculture
- émissions des engins agricoles → secteur de l'agriculture
- émissions de l'industrie du bois et du papier → secteur de l'industrie

### III OCCUPATION DU SOL EN PROVENCE ALPES COTE D'AZUR

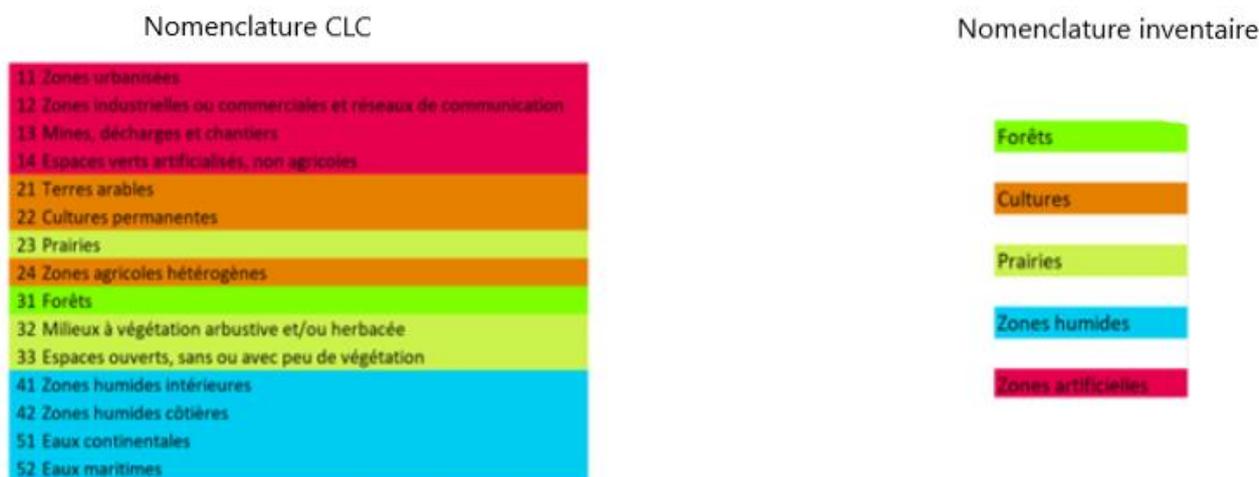
#### III.1 Connaissance de l'occupation du sol

Pour pouvoir décrire l'utilisation des sols d'un territoire et les émissions qu'elle induit, il est indispensable de savoir comment le sol est occupé. La CORINE Land Cover (CLC) est un inventaire biophysique de l'occupation des sols européens, qui grâce à l'interprétation numérique d'images satellites Sentinel, catégorise l'occupation du sol en 44 postes de nomenclature avec une résolution de surface minimale de 25 ha. Ces 44 catégories d'occupation du sol sont agrégées pour former 5 types d'occupations propres au calcul d'inventaires (terres artificialisées, terres agricoles, prairies, forêts et zones humides) (figure 2). La fréquence régulière des millésimes CLC est un atout indispensable à la réalisation des calculs d'inventaire (1990,2000,2006,2012,2018).

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Centre de Ressources en Information Géographiques (CRIGE) a également produit des inventaires d'occupation du sol avec une résolution plus fine et plus exhaustive. Cependant ces données ne sont pas exploitées pour le calcul d'inventaire du secteur de l'utilisation des sols du fait du manque de millésimes disponibles.

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente la correspondance de nomenclature entre la CLC et les catégories de l'inventaire.

Figure 2 : Correspondance nomenclature CLC – nomenclature inventaire

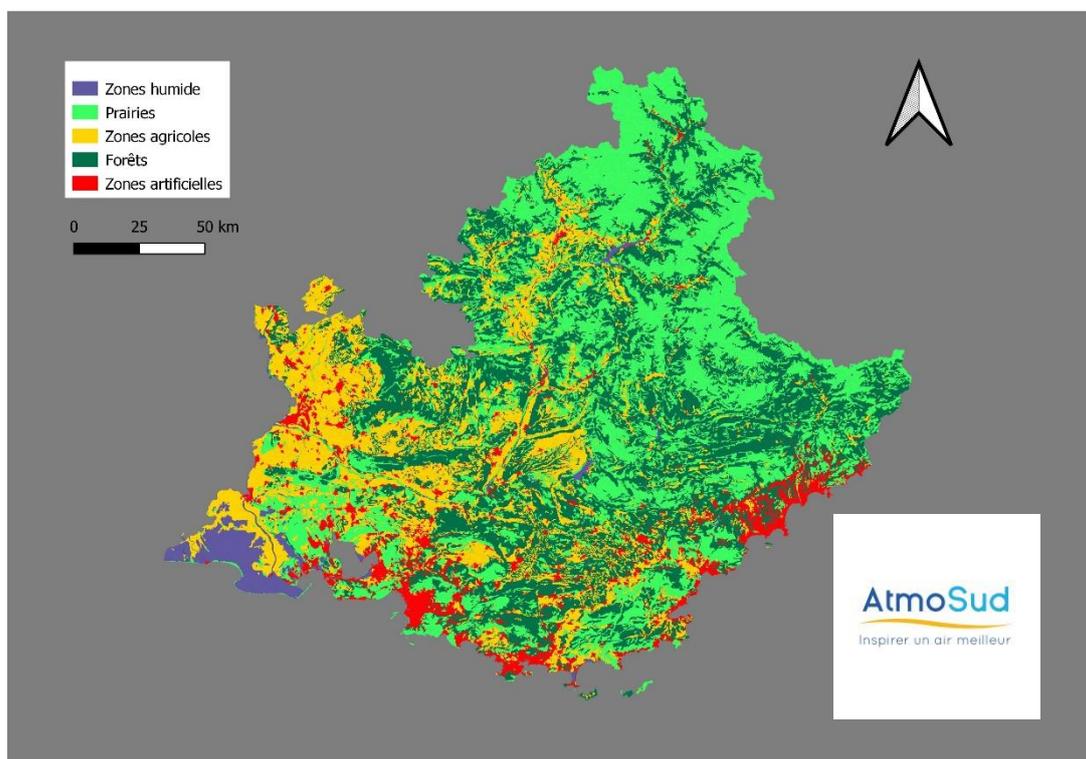


#### III.2 Représentation cartographique

##### III.2.1 Occupation du sol

L'occupation du sol en région Provence-Alpes-Côte d'Azur présenté en figure 3 pour l'année 2018 est caractérisée par une forte présence de surfaces artificialisées le long du littoral en conséquence de la forte densité démographique et économique ainsi que de l'activité touristique. L'ouest du territoire est marqué par de grandes surfaces agricoles grâce à l'apport d'eau du Rhône et de la Durance ainsi que des canaux dérivés de ces cours d'eau. On retrouve ces surfaces agricoles le long de la Durance qui traverse la région. Les territoires alpins et varois sont particulièrement marqués par la présence de forêts.

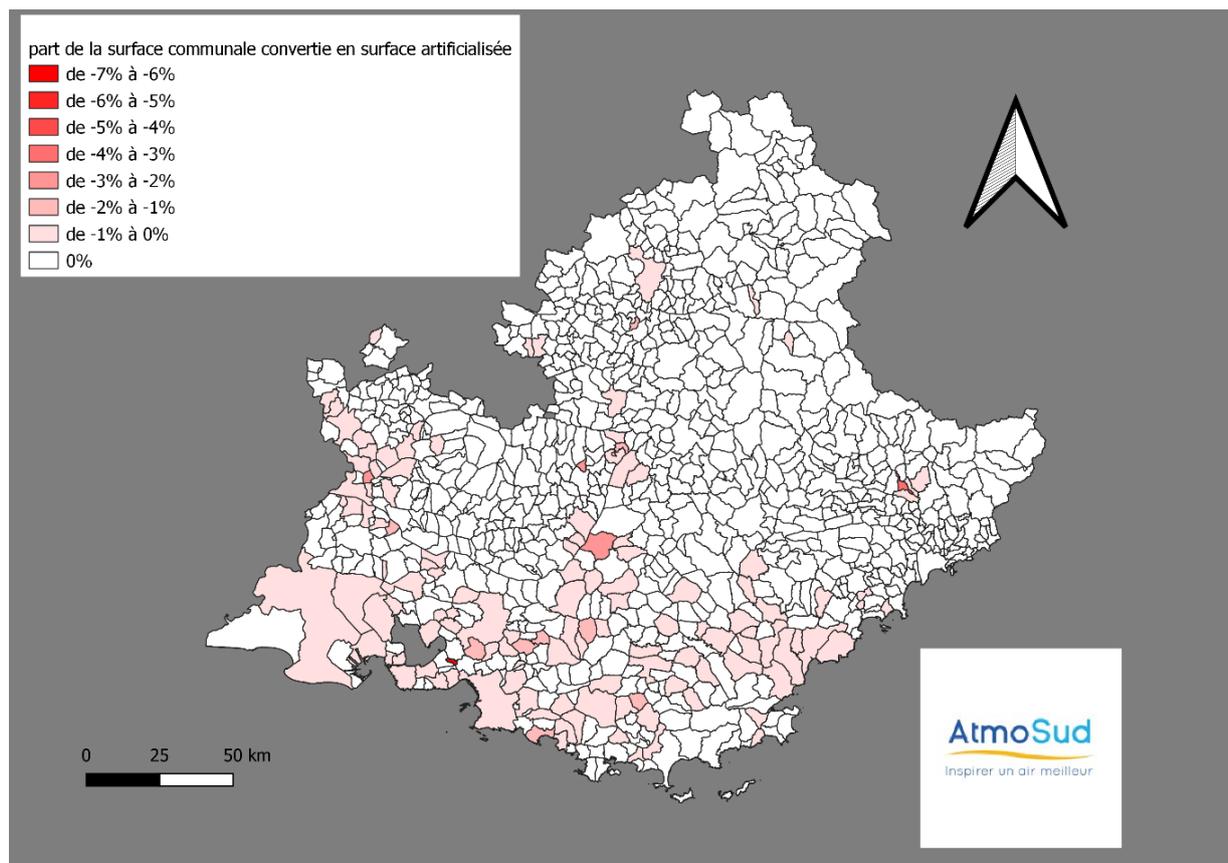
Figure 3 : Occupation du sol en 2018 (source : CLC 2018)



### III.2.2 Changements d'occupation du sol

La région est encore entre 2012 et 2018 dans une dynamique d'artificialisation des sols, en particulier sur la zone de l'étang de Berre, Avignon et sa périphérie, Fréjus et sa périphérie ainsi que le long de l'autoroute A51 reliant Gap et Marseille. La plupart du territoire est cependant épargné par l'artificialisation, en particulier les territoires alpins. Ainsi, l'artificialisation des sols est surtout observable sur les territoires en développement économique et démographique, dans les métropoles et sur les axes routiers. D'après les données d'occupations du sols disponibles (données CLC) aucune zone artificialisée n'a été reconverties de manière importante en zone naturelle entre 2012 et 2018 (figure 4).

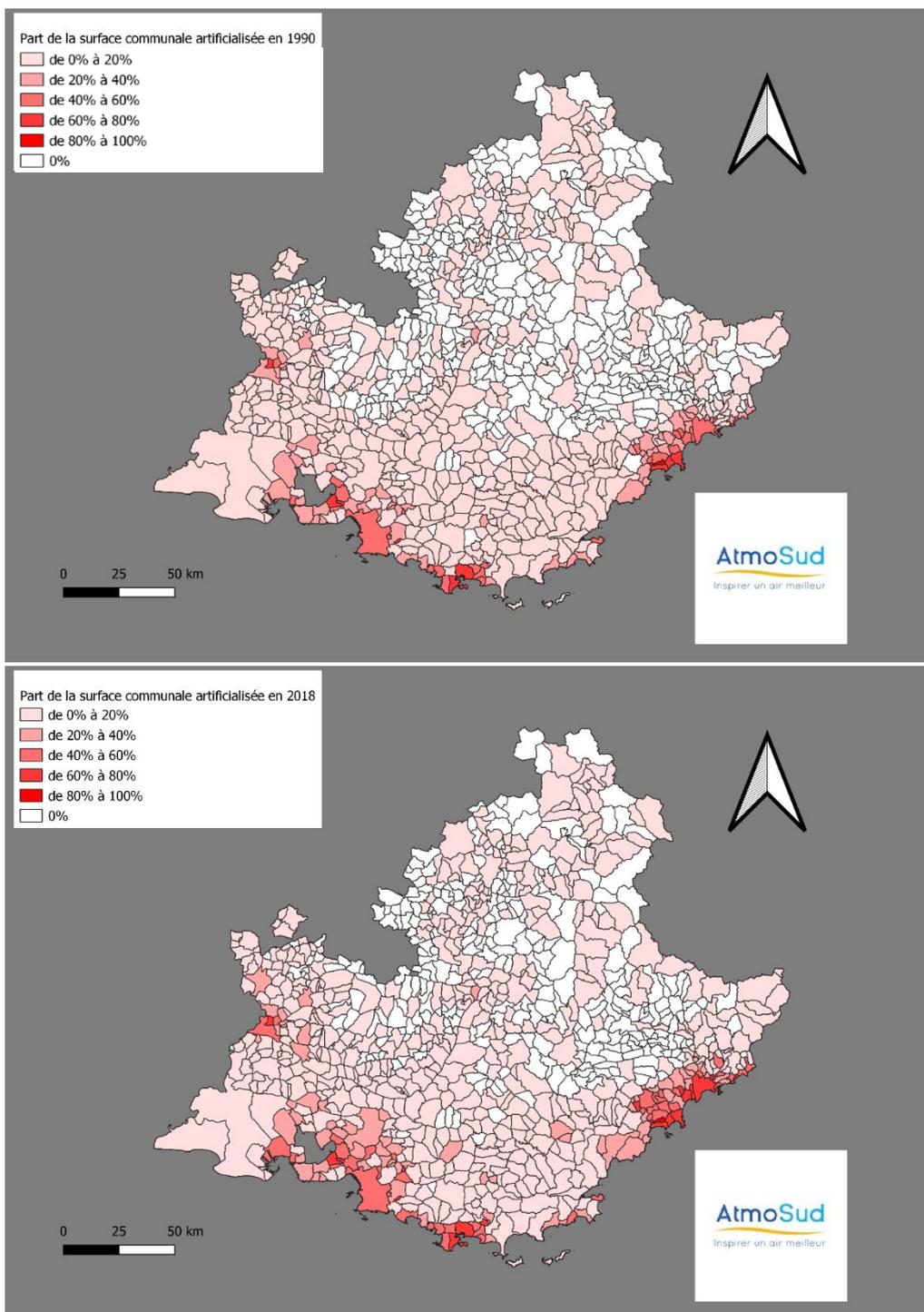
Figure 4 : Part des surfaces communales converties en surface artificialisée entre 2012 et 2018



### III.2.3 Surfaces artificialisées

L'artificialisation est à mettre en perspective avec les surfaces artificialisées déjà présentes. Effectivement, un territoire déjà très artificialisé peut difficilement le devenir davantage. C'est notamment le cas de la Côte d'Azur qui ne présente pas d'artificialisation des sols mais qui dispose d'un des territoires les plus artificialisés de la région. Entre 1990 et 2018, de moins en moins de communes sont dans la situation de ne pas avoir de surfaces artificialisées (approximation CLC) alors que les surfaces déjà artificialisées demeurent.

Figure 5 : Part des surfaces communales artificialisées en 1990 et 2018



## IV METHODOLOGIE DE CALCUL DES EMISSIONS

La méthode de calcul des émissions du secteur diffère pour chaque type d'émission. La méthodologie utilisée est une adaptation de l'outil de calcul d'ATMO Grand-Est<sup>1</sup>. Les facteurs d'émissions utilisés dans cet outil sont calculés à partir de données extraites des lignes directrices du GIEC et de l'OMINEA (CITEPA,2016).

### IV.1 Accroissement forestier

Le calcul des absorptions de CO<sub>2</sub> liées à l'accroissement forestier requiert des données de production biologique, c'est-à-dire le volume de bois produit annuellement par les forêts. Ces données sont mises à disposition par l'Institut Géographique National (IGN) via l'inventaire forestier national (IFN). Ces données étant uniquement disponibles à l'échelle régionale, le calcul d'émission est d'abord réalisé à l'échelle de la région, puis ventilé à l'échelle communale.

A cette donnée régionale d'accroissement, un facteur d'émission est appliqué pour obtenir la masse de CO<sub>2</sub> absorbée. Celui-ci est propre à chaque espèce d'arbre et dépend notamment de l'infradensité du bois et de son taux de carbone.

Tableau 1 : Facteurs d'émissions pour l'accroissement forestier

Type de bois	Espèce	Infradensité du bois (t ms/m3)	FE (t CO <sub>2</sub> /m3)
Feuilleu	Chêne pubescent	0,56	-1,95
Feuilleu	Chêne vert	0,56	-1,95
Feuilleu	Hêtre	0,56	-1,95
Feuilleu	Autres Feuillus	0,5	-1,74
Conifère	Pin sylvestre	0,43	-1,22
Conifère	Pin noir	0,42	1,20
Conifère	Pin d'Alep	0,4	-1,15
Conifère	Sapin pectiné	0,38	-1,08
Conifère	Mélèze d'Europe	0,38	-1,08
<b>Conifère</b>	<b>Autres Résineux</b>	<b>0,41</b>	<b>-1,16</b>

Pour obtenir une valeur de séquestration carbone de chaque commune, la quantité régionale calculée par espèce est ventilée sur chaque commune au prorata des surfaces forestières de la CLC, découpées en 3 catégories :

- Forêt de feuillus : Surfaces communales sur lesquelles on ventile les absorptions liées à l'accroissement des feuillus
- Forêt de conifères : Surfaces communales sur lesquelles on ventile les absorptions liées à l'accroissement des conifères
- Forêt mélangée : La moitié de ces surfaces est attribuée aux surfaces de feuillus et l'autre moitié à la surface de conifères

Grâce à ces surfaces communales, le ratio de surface régionale présente sur la commune peut être calculée. Celui-ci est alors multiplié par le résultat régional des absorptions de l'accroissement forestier pour obtenir la séquestration carbone de chaque commune.

<sup>1</sup> Module UTCATF de l'outil Invent'Air d'ATMO Grand Est

## IV.2 Récolte de bois

Le calcul des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>) et de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) liées à la récolte de bois requiert des données de masse de bois récolté. Ces données sont mises à disposition par l'Agreste et sont disponibles à l'échelle départementale, donc à un niveau de ventilation plus fin que les données d'accroissement de l'IGN. Le calcul des émissions liées à la récolte de bois est fait à l'échelle d'un département, puis ventilé à l'échelle communale.

Pour la récolte de bois, le facteur d'émission appliqué au volume de bois récolté dépend du type d'usage. Il en existe quatre : bois de trituration<sup>2</sup> de feuillus, bois de trituration de conifères, bois énergie et bois d'industrie. Pour la récolte de bois, la totalité du carbone contenu dans le bois est considéré comme émis dans l'atmosphère. En effet, le bois de récolte utilisé pour la production d'énergie est brûlé, le carbone est alors directement émis. Le bois de trituration et d'industrie lui est considéré comme indiquant la quantité de carbone émise par le remplacement d'anciens produits bois usés. L'hypothèse faite ici est que les volumes de produits bois en circulation sont considérés constants et renouvelés chaque année. C'est-à-dire que les nouveaux produits bois créés à partir de la récolte remplacent d'anciens produits bois usés et jetés qui sont à la fin brûlés libérant le carbone qu'ils contiennent.

Tableau 2: Facteurs d'émissions pour le CO<sub>2</sub> de la récolte de bois

Type de bois	FE (t CO <sub>2</sub> /t récoltée)
Bois de trituration de feuillus	1,74
Bois de trituration de conifères	1,16
Autres bois d'industrie	1,74
<b>Bois énergie</b>	<b>1,96</b>

Les résultats départementaux des émissions de la récolte de bois sont ventilés de la même manière que les absorptions de l'accroissement forestier (prorata des surfaces forestières), mais en utilisant des ratios de surfaces départementales. Le bois d'industrie et d'énergie dont l'agreste ne donne pas le détail feuillus ou conifères sont répartis par hypothèse comme provenant à 50% des forêts de feuillus et 50% des forêts de conifères.

En ce qui concerne les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, une hypothèse de l'OMINEA stipule que 13% du bois récolté est en réalité brûlé sur place, notamment des résidus de récolte. Ce sont ces pratiques qui sont émettrices de ces deux gaz à effet de serre en plus des émissions de CO<sub>2</sub>. En effet la combustion de bois est associées à des émissions d'autres composés que le CO<sub>2</sub>. Les émissions de méthane et dioxyde d'azote sont donc calculées et ventilées de la même manière que les émissions de CO<sub>2</sub> mais avec des facteurs d'émissions différents référencés en tableau 3. Les émissions d'autres composés comme les particules ou le monoxyde de carbone associées à ces pratiques de brûlage des résidus de récolte ne sont pas quantifiées car aucun facteur d'émission spécifiques à ces pratiques pour d'autres composés n'est disponible.

<sup>2</sup> Bois de trituration : bois destiné à être déchiqueté ou dissous pour la fabrication de pâte à papier ou de panneaux de particules ou de fibres.

Tableau 3: Facteurs d'émissions pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O de la récolte de bois

Substance	FE (kg /t brûlée)
CH <sub>4</sub>	1,74
N <sub>2</sub> O	1,16

### IV.3 Changements d'occupation du sol

Les émissions liées aux changements d'occupation du sol sont estimées grâce aux changements observés entre chaque millésime CLC. Ainsi, on distingue 20 types de changement d'occupation puisque chacun des cinq types d'occupation utilisés peut être changé en quatre autres. Ces changements sont illustrés en figure 6. Chaque type de changement d'occupation a son propre facteur d'émission (OMINEA 2016), calculé à partir de la quantité de carbone que peut stocker le sol sous cette occupation.

Figure 6: Les 20 types de changements d'occupation du sol

	Forêts	Cultures	Prairies	Zones artificielles	Zones humides
Forêts	↕	↕	↕	↕	↕
Cultures	↕	↕	↕	↕	↕
Prairies	↕	↕	↕	↕	↕
Zones artificielles	↕	↕	↕	↕	↕
Zones humides	↕	↕	↕	↕	↕

Il est difficile de connaître la date exacte à laquelle un changement d'occupation du sol a eu lieu entre deux millésimes CLC, les surfaces qui ont changé de types d'occupation sont donc réparties uniformément sur les années qui séparent ces deux millésimes. Par exemple, un changement de 600 hectares entre les millésimes 2012 et 2018 sera pris en compte dans le calcul comme 6 changements de 100 hectares ayant chacun eu lieu durant une année différente dans cette période.

Selon les lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le sol prend 20 ans pour stocker du carbone jusqu'à sa saturation ou pour déstocker le carbone qu'il contient. Ainsi, les émissions d'un changement d'occupation du sol s'étalent sur 20 ans. C'est donc sur cette période que le facteur d'émissions est appliqué pour estimer les émissions qui ont lieu chaque année. Ce calcul est réalisé directement sur les surfaces communales car la résolution de la CLC le permet.

Tableau 4: Périodes de prise en compte des changements d'occupation du sol dans les émissions

Année N	1990	2000	2010	2015	2019	2020	2021
Période de prise en compte des changements ayant lieu l'année N (20 ans)	1990-2009	2000-2019	2010-2029	2015-2035	2019-2038	2020-2039	2021-2040
<b>Période de prise en compte pour les émissions de l'année N (20 dernières années)</b>		1981-2000	1991-2010	1996-2015	2000-2019	2001-2020	2002-2021

Dans le tableau 4 ci-dessus, il faut comprendre que :

- Pour un changement ayant lieu en 2010, des émissions seront attribuées pendant 20 ans c'est-à-dire de 2010 à 2029
- Pour estimer les émissions de l'année 2010, il faut prendre en compte les changements ayant lieu entre 1981 et 2010

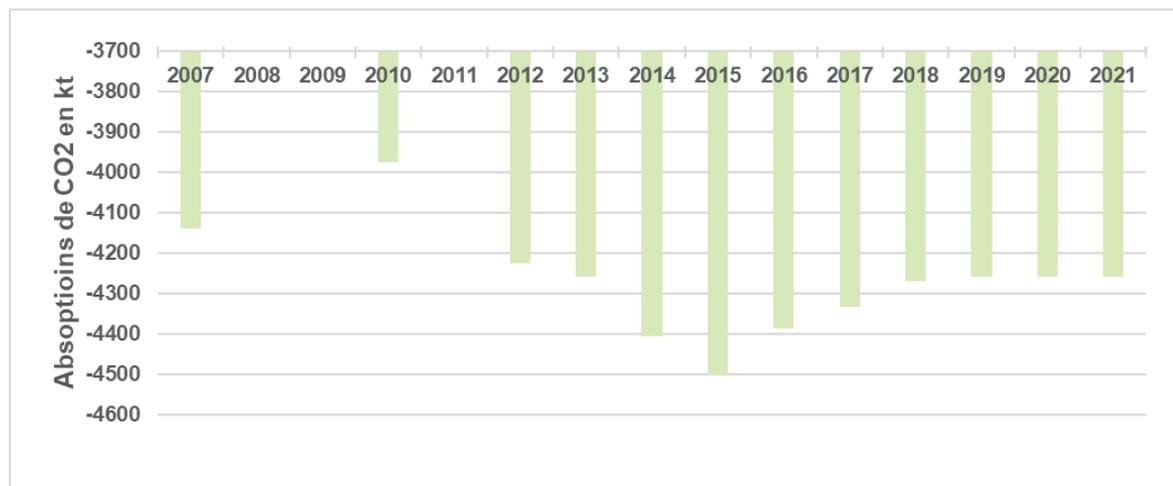
## V BILAN D'EMISSIONS

### V.1 Résultats régionaux

#### V.1.1 Croissance forestière

Les données d'absorption liées à l'accroissement forestier depuis 2007 sont présentées dans la figure 7.

Figure 7: Bilan régional des absorptions de CO<sub>2</sub> pour l'accroissement forestier



Il est difficile d'identifier précisément la cause d'une augmentation ou d'une diminution du puits de carbone généré par l'accroissement forestier. Ce qui est observable, est que la quantité absorbée était en hausse entre les années 2010 et 2015, mais est en baisse depuis pour se stabiliser autour de 4,2 Mt de CO<sub>2</sub> absorbé par année. Ces variabilités ont une forte inertie, les variations demeurent durant plusieurs années et sont importantes, ce qui démontre la fragilité de ce puits face des facteurs très nombreux.

Certains facteurs ont un effet à long terme, comme :

- Le climat régional. Par exemple la croissance des arbres est généralement meilleure dans les régions aux températures plus douces et bien alimentées en eau
- L'ontogénie, incluant la croissance en taille et diamètre des arbres : pour une majorité d'essences la croissance est initialement rapide puis ralentit jusqu'à atteindre un plateau
- Le sol : texture notamment qui agit sur la capacité du sol à retenir l'eau, mais aussi disponibilité en nutriments),
- La pression de compétition : un peuplement plus dense verra les arbres qui le composent pousser plus lentement que ceux d'un peuplement moins dense, la diversité en essences va aussi jouer un rôle.

Les polluants peuvent aussi avoir un impact durable sur la croissance, comme en Europe centrale dans les années 1970-1980-1990 où les rejets industriels (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) ont entraîné un déclin chez de nombreuses essences.

Selon l'IGN, d'autres facteurs ont des effets à plus court terme :

- Les événements intervenant au sein du peuplement, comme la mort d'un arbre, (chablis, maladie, ...) vont jouer sur la pression de compétition, avec des possibles accélérations de croissance.
- Certains bioagresseurs (chenilles par exemple) peuvent impacter significativement et durablement la croissance, ce qui se retranscrit par la production de cernes plus minces pendant parfois plusieurs années.
- Le climat va aussi jouer sur la taille des cernes produits annuellement. Les principaux facteurs dépendent des contraintes régionales. Dans un milieu froid, par exemple en altitude, les arbres sont contraints par la

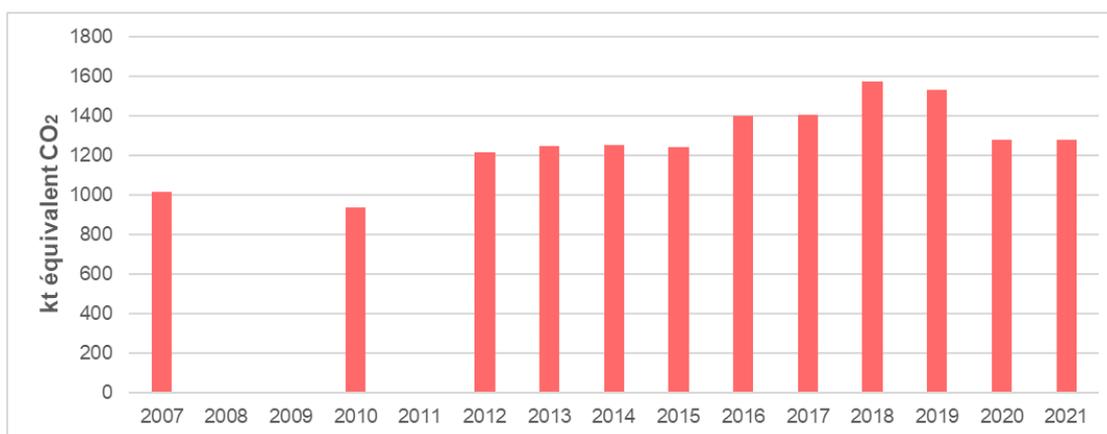
température et donc par la saison de croissance, et une année plus douce que la moyenne sera transcrite par un cerne plus large. Dans un milieu sec c'est la disponibilité en eau qui jouera un rôle prépondérant, un été plus pluvieux que la normale permettra aux arbres de produire un cerne plus large, et inversement, une sécheresse intense et longue donnera un cerne très fin (voir absent).

Dans de nombreuses études le climat estival, ou la saison de croissance, jouent un rôle prépondérant sur la largeur des cernes produits. L'effet d'un stress hydrique peut perdurer plusieurs années, et on observera donc une série de cernes étroits. Ces différents effets vont également varier selon l'essence considérée (les conifères sont en général moins sensibles au manque d'eau que les feuillus). Différentes populations d'une même espèce vont aussi pouvoir présenter différentes réponses (populations des milieux secs sont en général moins durement impactées par une sécheresse que les populations en milieu plus humide).

### V.1.2 Récolte de bois

Les données d'émissions en CO<sub>2</sub> équivalent (eq.CO<sub>2</sub>) liées à la récolte de bois depuis 2007 sont présentées dans la figure 9.

Figure 8 : Bilan régional des émissions de CO<sub>2</sub> équivalent par la récolte de bois



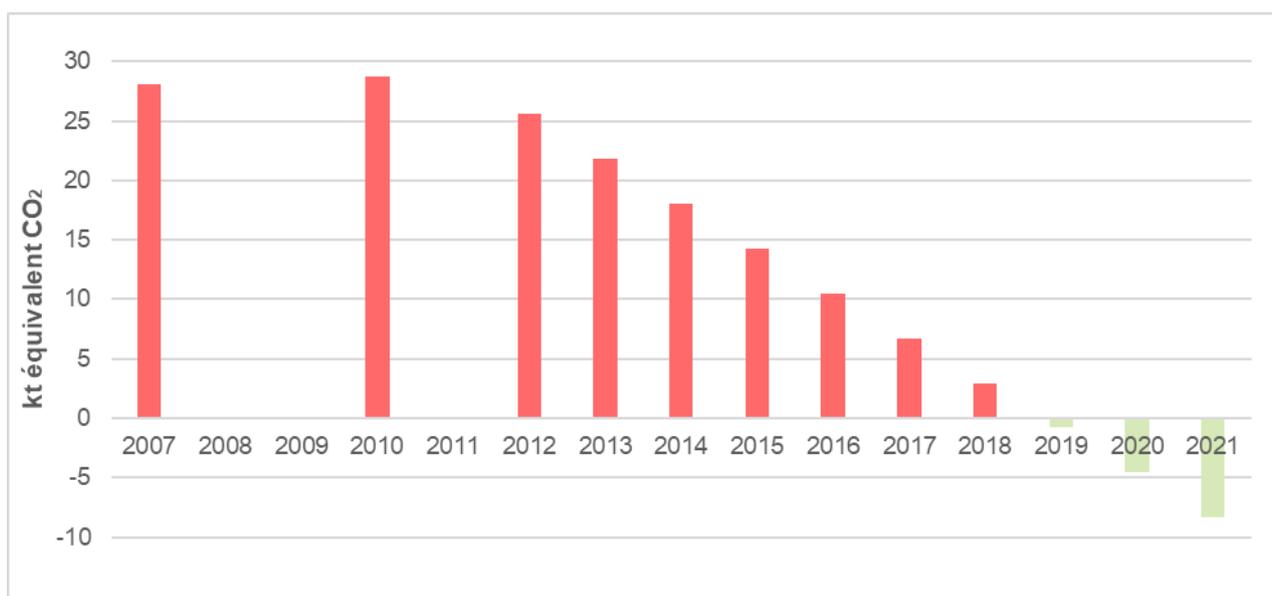
La variabilité de la récolte de bois est surtout imputable à des facteurs économiques. La demande de bois évolue avec celle de l'énergie, de l'immobilier, du papier, etc. La récolte de bois dépend également de la disponibilité du bois dans les forêts et donc indirectement des mêmes facteurs que pour l'accroissement forestier.

Les émissions engendrées (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O, exprimées ci-dessus en CO<sub>2</sub> équivalent) varient donc en fonction de ces facteurs et sont ainsi en hausse constante entre 2010 et 2018 avant de rechuter (figure 9). En 2020 et 2021 la diminution est plus marquée pour se stabiliser autour de 1,25 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent émis par année (figure 9).

### V.1.3 Changements d'occupation

Les données d'émissions liées aux changements d'occupation du sol depuis 2007 sont présentées dans la figure 9.

Figure 9: Bilan régional des émissions de CO<sub>2</sub> pour les changements d'occupation du sol



Les émissions liées aux changements d'occupation du sol sont très inférieures à celles de l'accroissement et la récolte. Effectivement, la valeur maximale était en 2010 avec 29 kt de CO<sub>2</sub> émis (figure 9), ce qui représente 1% du bilan régional (voir figure 11 section V.1.4.).

Ces émissions se situaient entre 25 et 30 kt de 2007 à 2012 avant de progressivement diminuer vers des valeurs négatives (absorptions) à partir de 2019 (figure 9). Cette baisse est surtout due aux nombreux changements d'occupation émetteurs de carbone comme la conversion de zones naturelles en zones cultivées ou bien en zone artificialisées qui ont eu lieu entre 1990 et 2000 (figure 5), qui ne sont progressivement plus pris en compte au bout de 20 ans d'émissions. Ainsi bien que l'artificialisation perdure encore entre 2012 et 2018 (comme l'illustre la figures 4), les changements d'occupations du sols ont permis une séquestration de carbone nette à partir de 2019. D'après les données disponibles des changements d'occupation favorisant la séquestration de carbone ont été réalisés comme par exemple la conversion de culture en zone forestière ou en prairie. Ces changements induisant une séquestration de carbone par les sols plus importante ont permis de compenser les flux associés à la création de zones de culture et l'artificialisation des terres.

#### V.1.4 Bilan régional et neutralité carbone

Comme l'impact des changements d'occupation est faible, le bilan régional du secteur de l'utilisation des sols est dominé par l'accroissement forestier et la récolte de bois (figure 10). Ainsi, en 2021, le secteur est un puits net dans la région d'environ 3 Mt (figure 11). Celui-ci est plutôt stable depuis 2007 et n'est pas affecté par la baisse du puits observé à l'échelle nationale les dernières années. En 2020, le puits national était de 15 Mt donc la région Provence-Alpes-Côte d'Azur représentait 20% des absorptions nationales (5% en 2013).

Figure 10: Émissions régionales du secteur de l'utilisation des sols pour chaque type d'émission

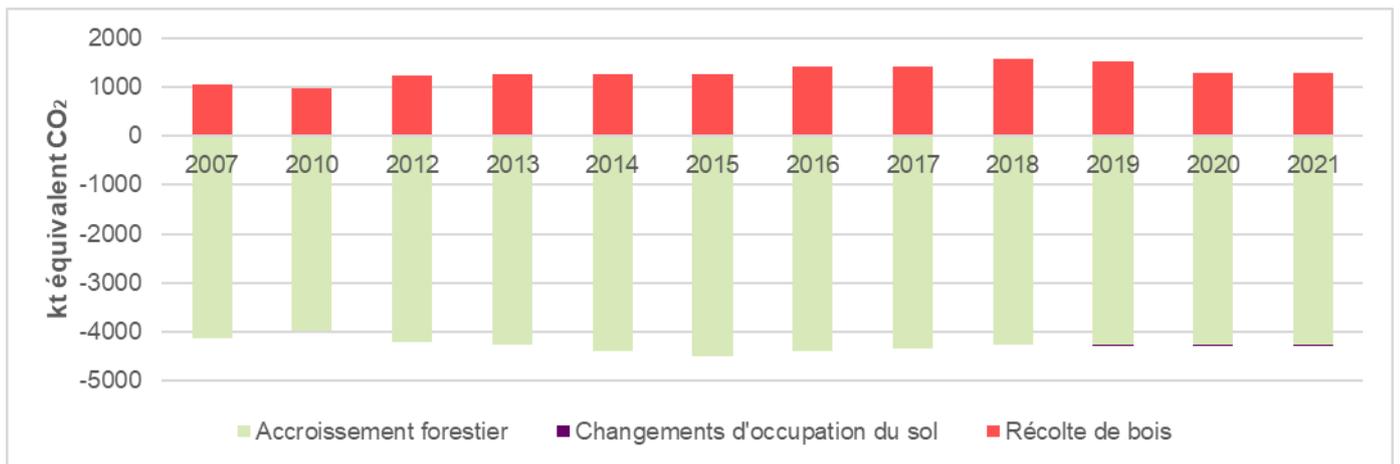
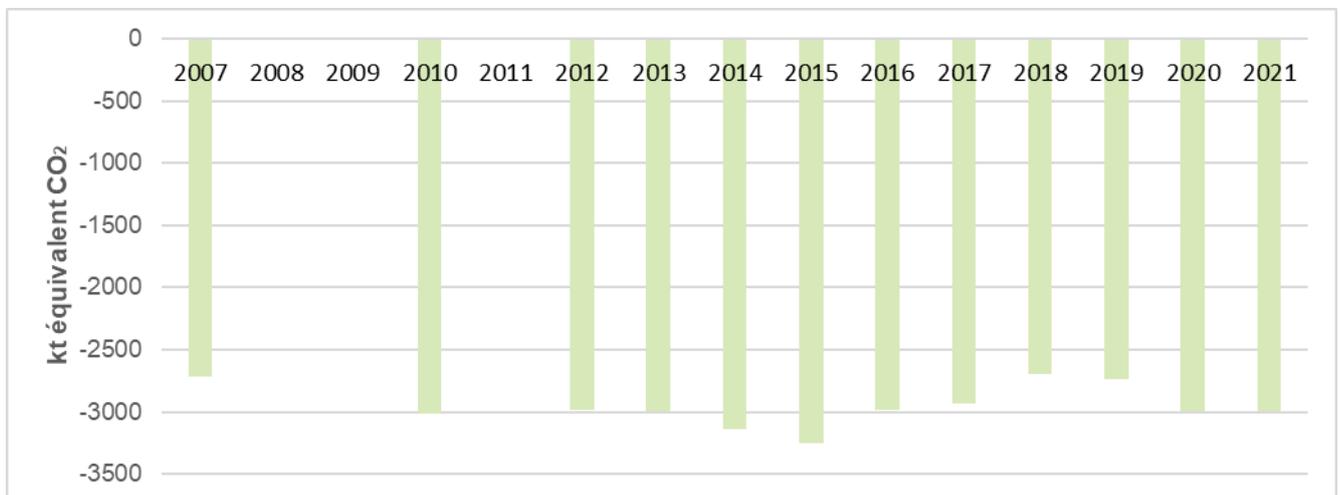
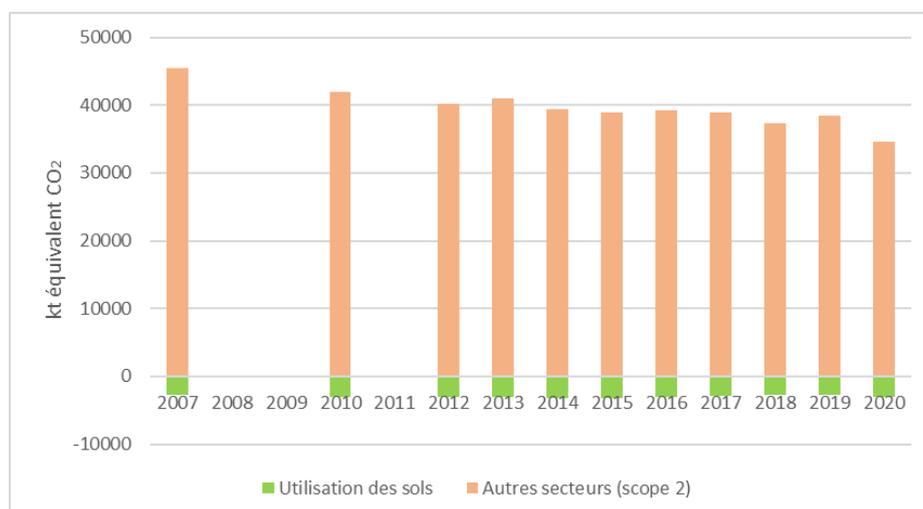


Figure 11: Bilan régional net des émissions du secteur de l'utilisation des sols



Si l'on compare le secteur de l'utilisation des sols aux émissions des autres secteurs (figure 12), le constat est que les absorptions de carbone provenant de l'utilisation des sols sont encore loin de compenser les émissions. Pour rappel, la stratégie nationale bas carbone a pour objectif d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, d'où l'importance de veiller à la conservation de ce puits, et même de l'augmenter.

Figure 12: Évolution de la neutralité carbone dans la région

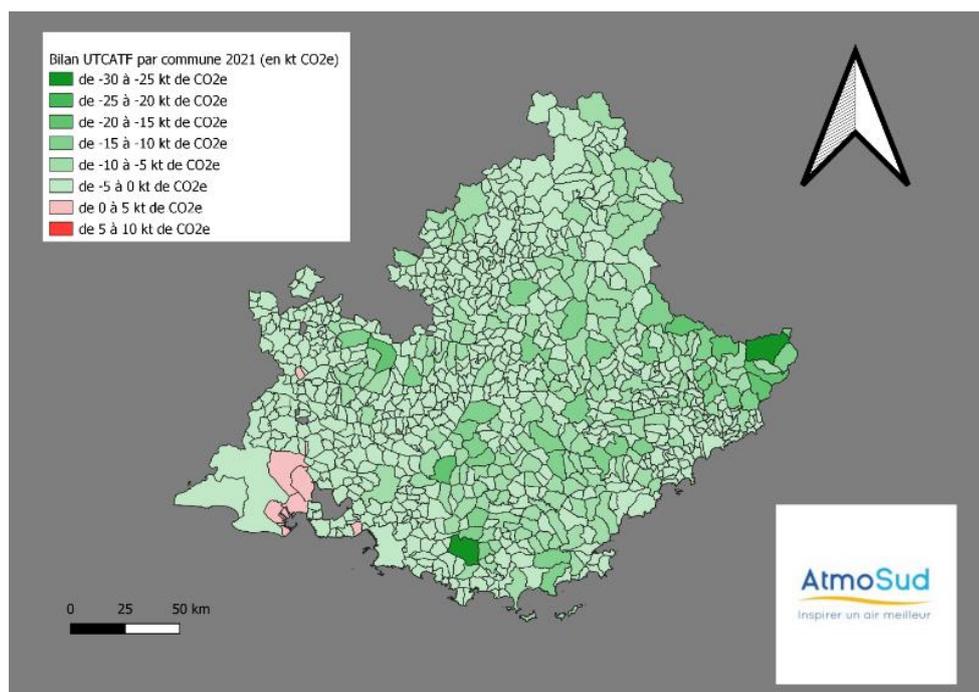
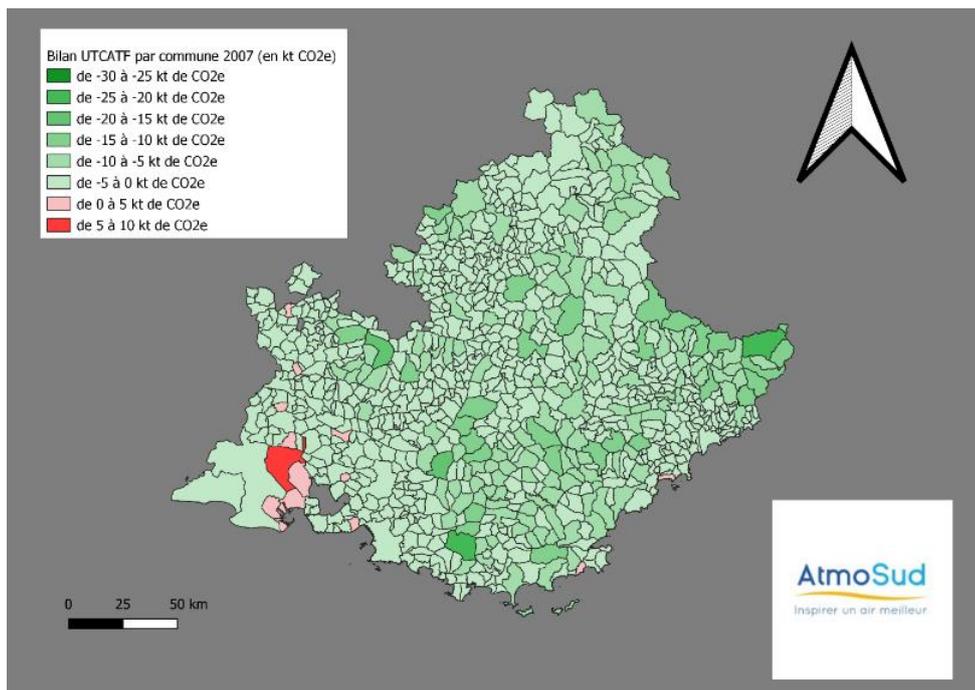


## V.2 Résultats à la commune

Par l'intermédiaire de la ventilation des résultats régionaux et départementaux sur les surfaces CLC, les données communales ont pu être cartographiées. Sans surprise, ce sont les territoires alpins et varois qui absorbent le plus de carbone grâce aux nombreuses forêts, notamment celles de feuillus qui sont capables de stocker plus de carbone par volume de bois.

A l'opposé, des territoires comme l'ouest de l'étang de Berre sont des émetteurs nets de CO<sub>2</sub> équivalent à cause du peu de surfaces forestières et de certains changements d'occupation (principalement artificialisation et conversion de prairies en zone agricole). Cependant de moins en moins de territoires sont dans cette situation notamment grâce à une gestion des espaces naturels qui permet désormais une séquestration de carbone plus importante et permet de compenser l'artificialisation des sols qui perdure.

Figure 13: Carte des bilan communaux des émissions du secteur de l'utilisation des sols en 2007 et 2021



## VI LIMITES ET PERSPECTIVES

### VI.1 Limites

Tout d'abord, le calcul des émissions du secteur de l'utilisation des sols présente des limites à causes des données sources disponibles. Effectivement, les données d'occupation du sol empruntées à la CLC n'ont qu'une résolution de 25 ha, ce qui pose des problèmes pour la ventilation car les surfaces forestières peuvent être mal représentées et certaines peuvent même être ignorées (par exemple, aucune surface forestière n'est recensée sur certaines communes malgré leur présence physique). De plus, les millésimes CLC sont éloignés de nombreuses années, ce qui rend difficile et incertains les estimations entre ces millésimes. De la même manière, les données d'accroissement et de récolte empruntées respectivement à l'IGN et à l'Agreste, ne sont disponibles qu'à l'échelle régionale et départementale. Ainsi à l'échelle régionale et départementale les émissions sont consolidées. Néanmoins, la faible résolution spatiale des données d'occupations du sol ainsi que les ventilations faites des différentes données régionales et départementales induisent une plus grande incertitude des émissions à l'échelle communale. Le détail des émissions à la commune ne rendent pas compte de toutes les spécificités de chaque communes et peut différer de la réalité. Il est donc important de garder à l'esprit que l'analyse de ces résultats à l'échelle communal reste délicat contrairement aux échelles régionale et départementale. Les données d'accroissement total ont un intervalle de confiance d'environ 10%, cependant les données détaillées par espèces peuvent présenter des incertitudes de mesure pouvant aller jusqu'à 70%.

De plus, la méthodologie utilisée a également ses limites puisque de nombreuses hypothèses et approximations ont été faites. Le lissage des surfaces qui ont changé d'occupation du sol sur les années entre deux CLC est une hypothèse qui n'est pas forcément représentative de la réalité, car les surfaces ont dans les faits changés d'occupation sur une ou deux années précises. Ainsi il est fortement déconseillé d'interpréter les données d'émissions liées au changement d'occupation des sols sur une année précise ou entre deux années consécutives, néanmoins l'analyse des tendances est tout à fait possible à l'échelle d'un territoire pour une échelle supérieure à l'échelle communale.

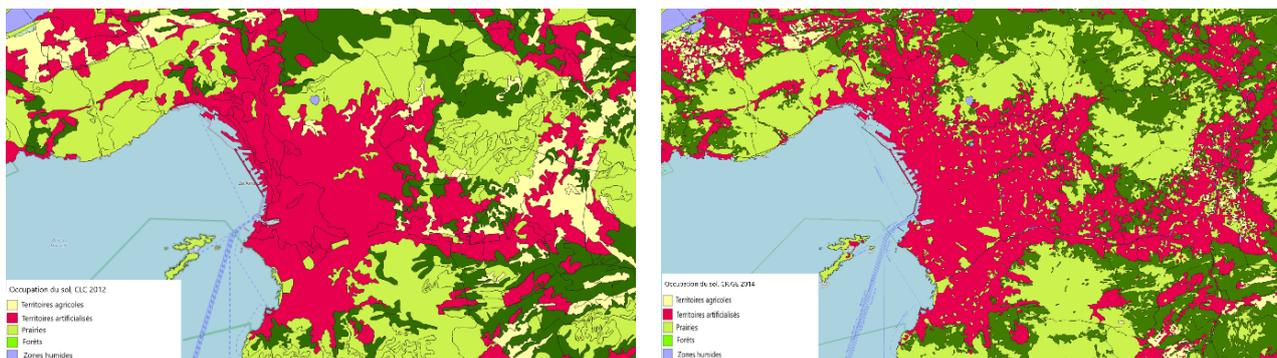
Pour ce qui est de la récolte de bois, le calcul fait l'hypothèse que le volume de produits bois existant reste constant et estime ainsi que le carbone contenu dans le bois récolté est émis dans l'atmosphère car les meubles et constructions en bois produites viennent remplacés d'anciennes constructions qui sont brûlées. En réalité, il est possible que le volume de produits bois en circulation subisse une variabilité. Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O ont également leurs limites puisque qu'elles sont calculées sur l'hypothèse selon laquelle 13% du bois récolté est brûlé sur place (résidus). En réalité ce pourcentage peut beaucoup varier en fonction de la région concernée, de l'essence d'arbre récolté, de la politique sylvicole et de la gestion forestière.

Ainsi, le calcul d'inventaire du secteur de l'utilisation du sol présente encore de grandes incertitudes. Les résultats au niveau régional sont proches de la réalité et du même ordre de grandeur que les autres méthodes d'estimations indépendantes (ALDO, CITEPA) car ils se basent sur des données consolidées à cette échelle. Néanmoins les résultats à l'échelle communale sont encore soumis à des grandes approximations et hypothèses qui induisent des grandes incertitudes pouvant induire des résultats localement inexacts.

## VI.2 Perspectives

Une première amélioration possible du calcul serait d'obtenir une connaissance de l'occupation du sol plus fine que celle disponible dans les données de la CLC. Cette dernière est en cours d'amélioration pour passer de 25 ha à 1 ha de résolution ainsi que de raccourcir l'intervalle entre deux millésimes. Cependant au niveau régional le CRIGE présente déjà une résolution de cet ordre de grandeur, mais uniquement pour l'année 2014. Ces données seraient alors utilisables avec des données comparables sur plusieurs millésimes.

Figure 14: Occupation du sol de Marseille et sa périphérie en 2012 par la CLC (à gauche) et le CRIGE (à droite)



Des données d'occupation du sol plus précises permettraient ainsi de connaître plus précisément les surfaces qui ont subi un changement d'occupation, ainsi que mieux ventiler les émissions de l'accroissement et la récolte. L'enjeu serait aussi de mieux suivre les politiques autour de l'artificialisation des sols et l'émergence d'espaces verts dans les zones urbaines.

De plus, des travaux comparatifs et collaboratifs avec des organismes nationaux ( CITEPA, AASQA, ...) et régionaux (le CRIGE, le Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD) ; l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marines (IMBE), ...) seraient enrichissant pour améliorer les données utilisées mais également pour améliorer la méthodologie utilisée.

## VII CONCLUSION

Le secteur de l'utilisation des sols représente un puits net de 3Mt en 2021 dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cette absorption de carbone est un facteur primordial pour la lutte contre le réchauffement climatique, mais elle compense pour l'instant moins de 10% des émissions régionales des autres secteurs. Pour atteindre la neutralité carbone en 2050, ce puits devra représenter 100% de ces émissions. Il est donc important, en parallèle de baisser drastiquement les émissions de tous les secteurs confondus, de conserver ce puits de carbone voire de l'amplifier en suivant les objectifs pour agrandir et améliorer la santé de nos forêts, ainsi que de réduire l'artificialisation des sols.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Agreste, <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/EXFNR00/detail/>
- [2] CITEPA, 2016. Rapport OMINEA – 13ème édition, Disponible : Rapport n°1329omi/ 2016 | OMINEA.docm
- [3] CITEPA, juin 2022. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France Format Secten. Disponible à partir de l'URL : <https://www.citepa.org/fr/secten/>
- [4] CORINE land cover, <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>
- [5] IGN, <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique226>
- [6] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

## AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur



### Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

### Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances\*

### Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : <https://www.atmosud.org/abonnements>

### Conditions de diffusion

AtmoSud met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ces travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur notre site Internet.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte...) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

[www.atmosud.org](http://www.atmosud.org)



#### A propos d'AtmoSud

##### Siège social

146 rue Paradis « Le Noilly Paradis »  
13294 Marseille Cedex  
Tel. 04 91 32 38 00  
Fax 04 91 32 38 29  
[Contact.air@atmosud.org](mailto:Contact.air@atmosud.org)

##### Etablissement de Martigues

06Route de la Vierge  
13500 Martigues  
Tel. 04 42 13 01 20  
Fax 04 42 13 01 29

##### Etablissement de Nive

37 bis avenue Henri Matisse  
06200 Nice  
Tel. 04 93 18 88 00

SIRET : 324 465 632 00044 – APE – NAF : 7120B – TVA intracommunautaire : FR 65 324 465 632

**AtmoSud**  
Inspirer un air meilleur