AUCAME
Caen Normandie

OBSERVATOIRE ATTÉNUATION ADAPTATION AUCAME

CAEN NORMANDIE MÉTROPOLE
pôle métropolitain



Les stocks de carbone liés à l'occupation du sol de Caen Normandie Métropole

Cette étude est en partie financée par le Fonds Vert

FRANCE NATION VERTE
Agir · Mobiliser · Accélérer

FONDS VERT !

Novembre 2026

Sommaire

Introduction 3

Méthodologie 4

L'outil ALDO, une méthodologie de référence 4

Une adaptation de l'outil à l'échelle de Caen Normandie Métropole 5

Limites et précaution d'interprétation 6

Analyse des stocks de carbone par territoire 7

Caen Normandie Métropole : des stocks de carbone en deçà du niveau national et inégalement répartis sur le territoire 7

Littoral et plaine VS bocage, marais et forêt 8

La nature en ville contribue à stoker du carbone 8

Des caractéristiques propres à chaque EPCI 10

Le sol, un réservoir précieux 13

L'évolution des stocks entre 2012 et 2023 14

Illustration couverture : pexels.com

Les émissions humaines de gaz à effet de serre (GES) intensifient l'effet de serre naturel, provoquant une élévation globale des températures et des dérèglements climatiques. Toutefois, tout le dioxyde de carbone (CO_2) émis ne reste pas dans l'atmosphère : environ la moitié est absorbée par des réservoirs naturels, appelés puits de carbone.

Ces puits jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat :

- La biosphère terrestre (forêts, zones humides, prairies, sols agricoles, haies, etc.) stocke le carbone sous forme de matière organique, dans la biomasse et dans les sols ;
- Les océans absorbent également une part significative du CO_2 atmosphérique, qu'ils redistribuent via des processus physiques et biologiques.

L'occupation et l'usage des sols influencent directement la quantité de carbone stockée ou libérée. Ainsi, la manière dont un territoire planifie et gère ses espaces (naturels, agricoles, urbains) a un impact mesurable sur son bilan carbone. Une modification de l'occupation des sols peut donc avoir une incidence directe sur l'absorption du carbone.

Sur les territoires, les sols et leur occupation constituent donc un levier majeur d'action climatique. Leur capacité à stocker ou émettre du carbone dépend des usages et de leur évolution dans le temps.

Cette présente note expose l'état des stocks de carbone lié à l'occupation des sols sur le territoire de Caen Normandie Métropole sur deux pas de temps : 2012 et 2023. Cette analyse propose une estimation comparative, permettant de comprendre les dynamiques territoriales plutôt qu'un inventaire exhaustif du carbone stocké.

Méthodologie

L'outil ALDO, une méthodologie de référence

Pour accompagner les territoires et estimer l'état des stocks de carbone, l'ADEME a développé l'outil ALDO[1] (Analyse des Dynamiques Locales du Carbone des Sols).

Depuis 2023, ALDO propose des ordres de grandeurs sur les stocks et flux de carbone dans les sols et la biomasse. Le but est d'initier une réflexion sur la gestion des sols et des forêts en lien avec les activités agricoles, sylvicoles et l'aménagement du territoire.

Pour estimer l'état des stocks de carbone lié à l'occupation des sols, l'ADEME a déployé un outil à une échelle nationale, il combine plusieurs indicateurs :

- Les stocks de référence pour les sols ;
- Les stocks de référence pour la biomasse hors forêt et haie ;
- Les stocks de référence pour la biomasse forêt ;
- Pour les stocks de référence « haies », un coefficient est attribué au kilomètre linéaire de haies permettant de prendre en compte la biomasse aérienne et racinaire. Le carbone du sol est comptabilisé au regard des stocks reliés à l'occupation sur lequel la haie est implanté.

Un suivi au service de l'action publique locale

Dans le cadre des Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET), le Code de l'environnement (article R.229-51) prévoit notamment :

« 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. »

Le Pays de Falaise en 2022 et Caen Normandie Métropole en 2023 se sont engagés dans la mise en œuvre de leur PCAET respectif.

Base de données utilisées par ALDO :

- **Stock de référence :** Réseau de Mesures de la Qualité de Sols (RMQS) du GIS-SOL entre 2001 et 2011 par grande région pédoclimatique
- **Biomasse forêt :** campagnes de mesure de 2020 à 2024 de l'inventaire forestier national de l'IGN
- **Haies :** BD Haies® de l'IGN
- **Occupation du sol :** Corine Land Cover, Urban Atlas, OCS GE, la BD Forêt, le RPG, la BD TOPO et la BD TOPAGE.

[1] https://aldo.territoiresentransitions.fr/

Une adaptation de l'outil à l'échelle de Caen Normandie Métropole

Afin d'estimer le stock carbone à l'échelle de Caen Normandie Métropole, cette étude utilise l'outil ALDO développé par l'ADEME en l'adaptant au territoire.

Les stocks de référence sont les valeurs moyennes de chaque unité de surface attribuées aux EPCI de Caen Normandie Métropole issues de l'outil ALDO.

La donnée « haies » est reprise telle quelle de l'outil ALDO en attribuant un coefficient de 99 tonnes de CO_2 stockées par kilomètre linéaire.

Nous avons fait le choix de ne pas rajouter les 9 tonnes/ha attribuées à la litière des forêts et préconisées par l'outil ALDO. En effet, dans les écosystèmes forestiers, la litière est classée comme biomasse morte car elle correspond à la fraction organique issue de tissus végétaux qui ne sont plus physiologiquement actifs : ces éléments ne participent plus à la photosynthèse ni aux flux métaboliques de la plante. Ils représentent donc une matière organique morte, au même titre que les troncs morts, les branches mortes encore sur pied ou les débris ligneux au sol.

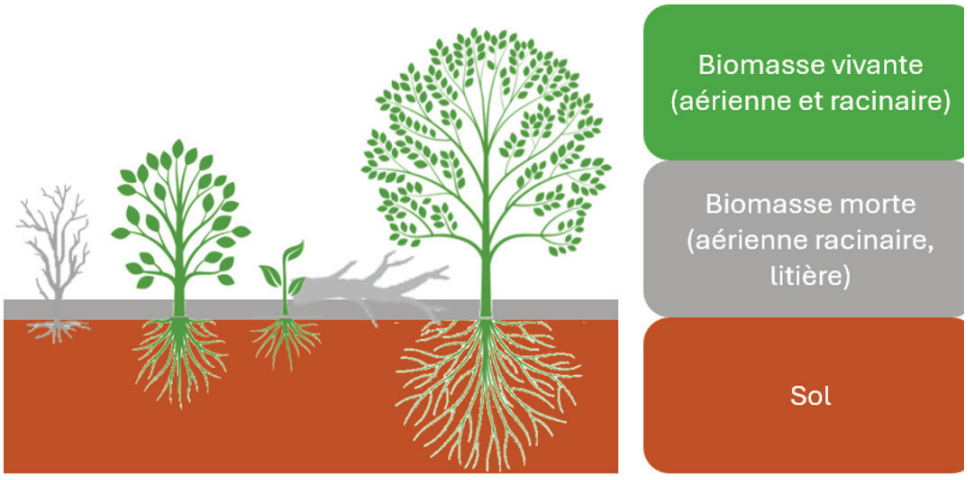
La litière constitue la première étape du cycle de décomposition de la biomasse forestière. Elle subit des transformations physiques, chimiques et biologiques qui la conduisent progressivement vers l'humus puis vers la matière organique du sol.

Cette classification est cohérente avec les définitions écologiques, les cadres internationaux et les modèles de dynamique du carbone. Ainsi, les lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) distinguent clairement :

- la biomasse vivante (aérienne et souterraine),
- la biomasse morte (débris ligneux morts, bois mort, litière)
- et la matière organique dans le sol.

Dans ce cadre, la litière est définie comme un réservoir de carbone inclus dans la catégorie générale de la biomasse morte, car elle provient de végétaux morts et n'est pas encore intégrée au sol. La litière y est traitée comme un réservoir de carbone à rotation rapide, alimenté par la mortalité naturelle de la végétation.

Pour garantir une estimation rigoureuse et comparable du stockage de carbone dans les écosystèmes forestiers, il est important de ne pas isoler la litière de la biomasse morte, ce qui reviendrait à la compter deux fois.



Le choix a été fait d'utiliser les données du Mode d'Occupation des Sols (MOS) pour qualifier les données surfaciques. Ces données, produites à l'échelle de Caen Normandie Métropole, ont l'avantage d'être plus précises et d'ainsi permettre une analyse plus fine du territoire. La production de différents millésimes (2012, 2016, 2020 et 2023) permettent également de suivre les évolutions.

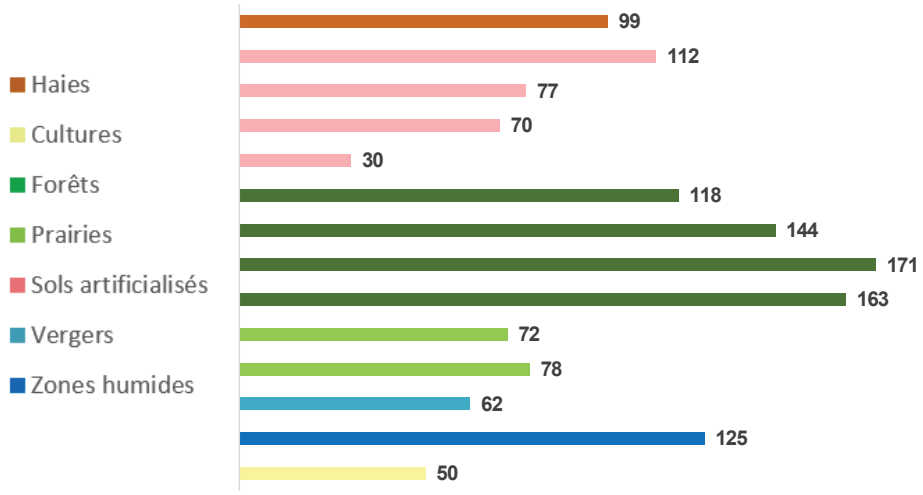
- Depuis 2012, le Pôle Métropolitain Caen Normandie Métropole et l'AUCAME actualisent régulièrement l'inventaire numérique de l'occupation du sol des SCoT Caen Normandie Métropole et du Pays de Falaise.
- Le MOS (Mode d'Occupation des Sols) est un outil qui permet de représenter à un moment donné la couverture bio-physique du territoire et l'usage qui en est fait. Il décrit finement la répartition de ces couvertures et de ces usages.

Limites et précaution d'interprétation

Ces résultats reposent sur des données et coefficients de conversion moyens. Ils fournissent donc des **ordres de grandeur** plus que des valeurs absolues.

L'étude doit donc être lue comme une **estimation comparative**, permettant de comprendre les dynamiques territoriales plutôt qu'un inventaire exhaustif du carbone stocké.

Stocks de référence retenus
par unité de surface et par occupation du sol (tC/ha)

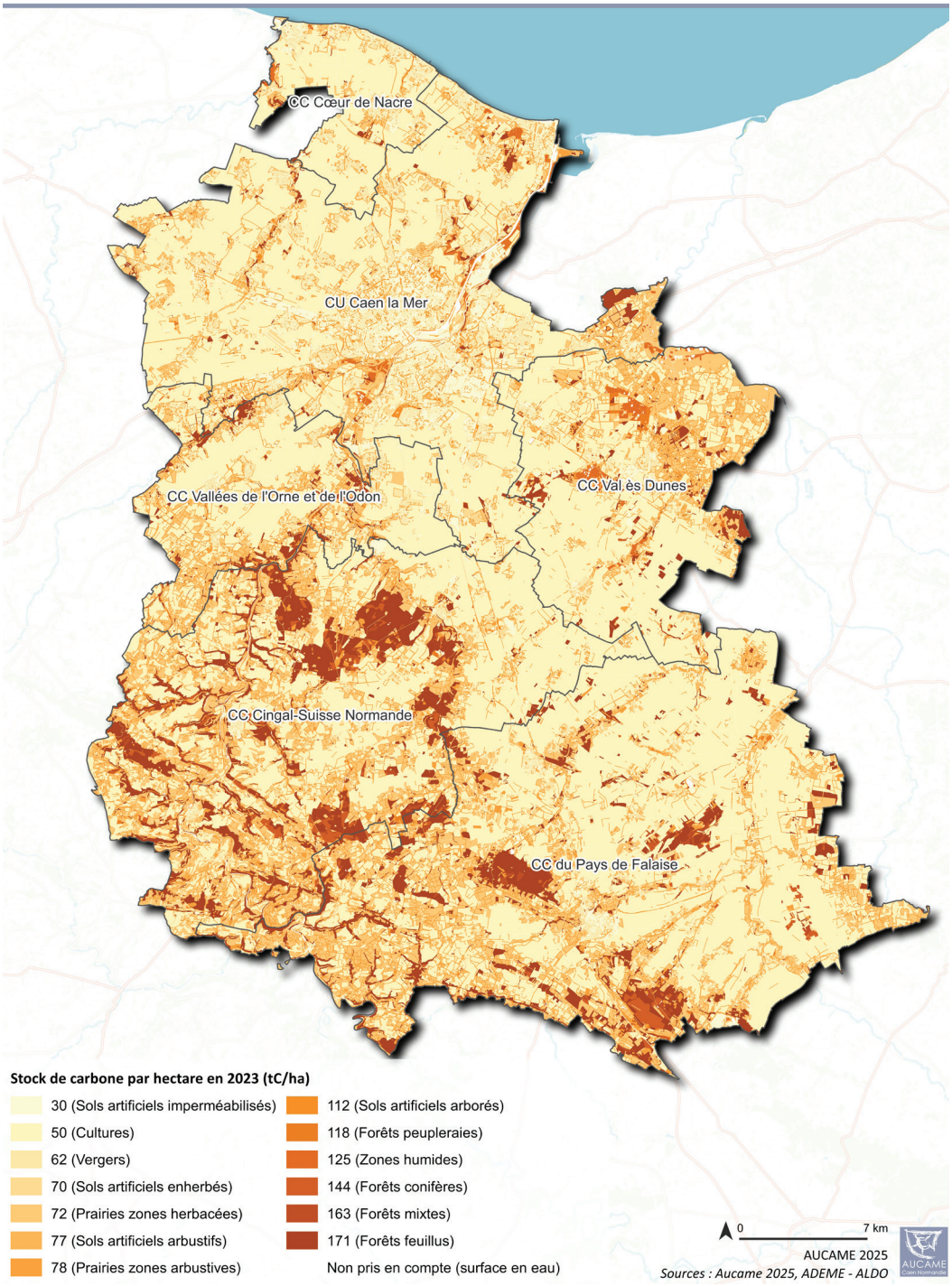


Source : aldo.territoiresentransitions.fr

En France métropolitaine, selon le GIS SOL, le stock moyen de carbone est de 74 tonnes de carbone par hectare. Sur le territoire de Caen Normandie Métropole, il est de 69,4 tonnes de carbone par hectare en raison de son profil de plaine agricole peu boisée.

Caen Normandie Métropole : des stocks de carbone en deçà du niveau national et inégalement répartis sur le territoire

Stock de carbone en 2023



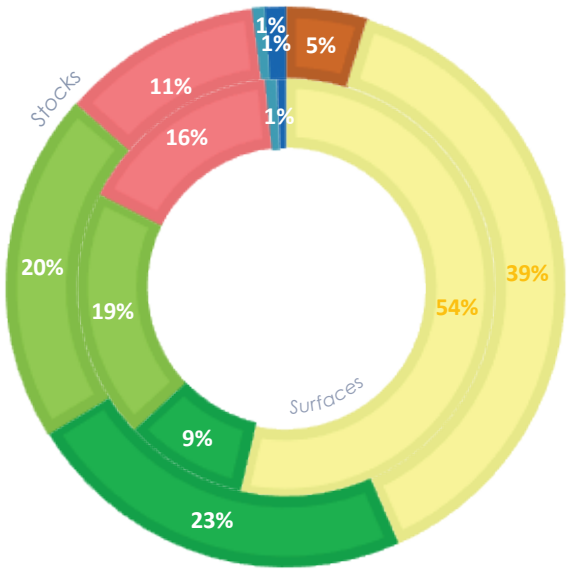
Littoral et plaine VS bocage, marais et forêt

Le stock par hectare est calculé à partir des coefficients de l'outil ALDO appliqués aux surfaces du MOS 2023. La carte met en évidence la forte capacité de stockage des massifs forestiers, des prairies et des secteurs bocagers, en contraste avec les zones urbanisées et les terres cultivées intensives, aux capacités de stockage moindres.

Pour autant, au vu de l'importance des surfaces cultivées sur Caen Normandie Métropole (54 % de l'occupation du territoire), ces dernières représentent le premier réservoir de carbone du territoire (39 % des stocks).

Le graphique ci-contre montre l'importance des forêts dans leurs capacité à stocker du carbone. **Alors qu'elles ne représentent que 9 % des surfaces elles contiennent 23 % du stock de carbone.**

Répartition des surfaces et du stock de carbone par occupation du sol de Caen Normandie Métropole



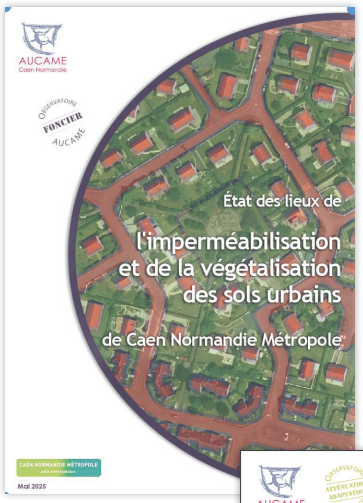
Source : MOS, aldo.territoiresentransitions.fr

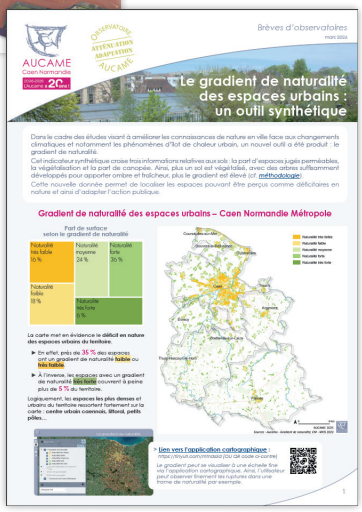
La nature en ville contribue à stoker du carbone

Les sols urbains sont divers. À l'intérieur de la tâche urbaine, une zone imperméabilisée a un pouvoir de stockage carbone très faible (30 tC/ha) alors qu'un secteur urbain arboré est un véritable puit de carbone (112 tC/ha).

Les politiques de désimperméabilisation et de végétalisation sont stratégiques dans la lutte contre le changement climatique tant pour le rafraichissement lors d'épisodes de fortes chaleurs, que pour la gestion de l'eau (noues infiltrantes) ou encore le stockage carbone.

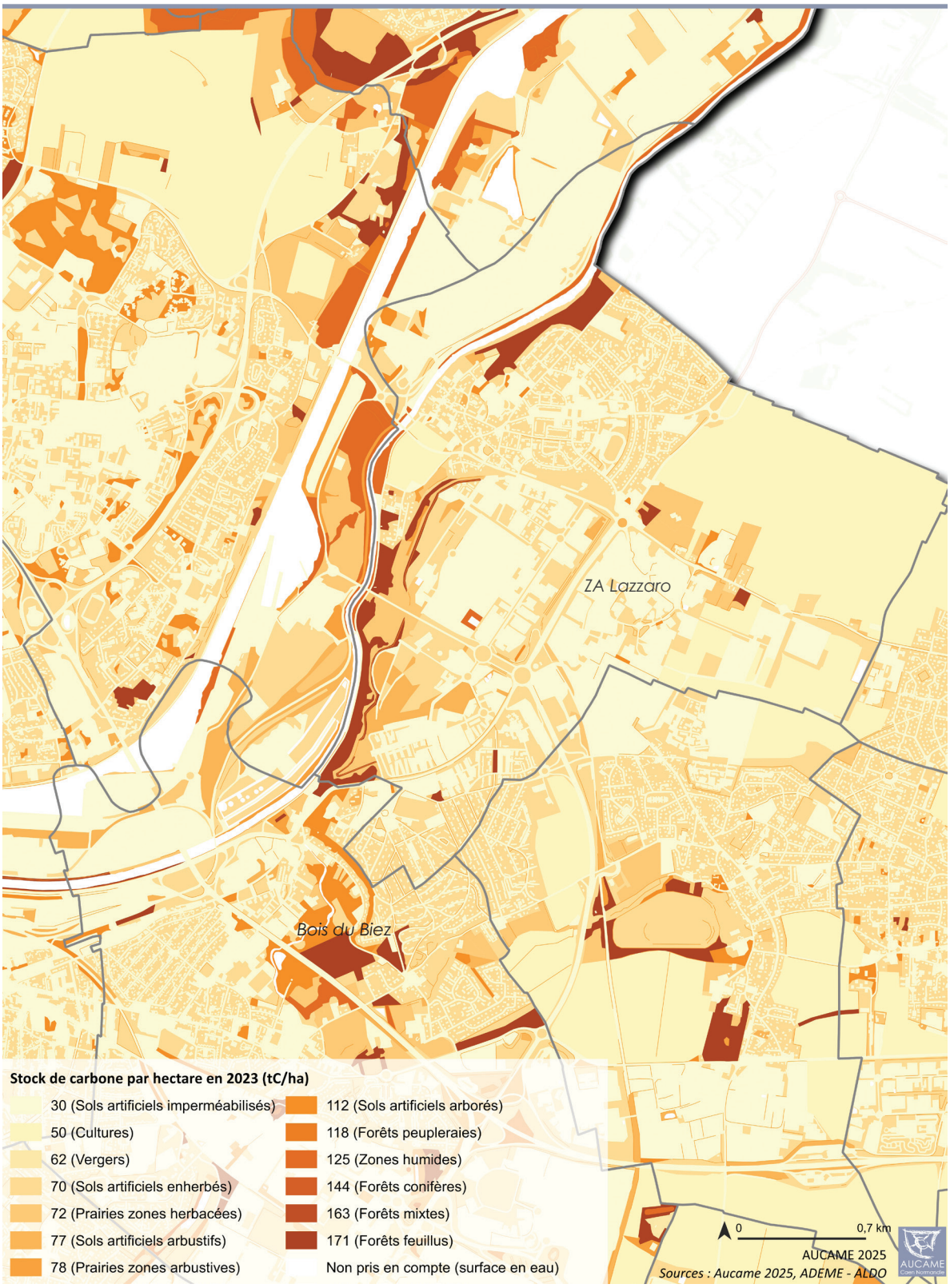
La carte ci-contre distingue les zones d'activités de Lazzaro à Colombelles en clair (30 TC/ha) et le bois du Biez de Mondeville en foncé (112 voire 171 TC/ha).





- Haies
- Cultures
- Forêts
- Prairies
- Sols artificialisés
- Vergers
- Zones humides

Stock de carbone en 2023

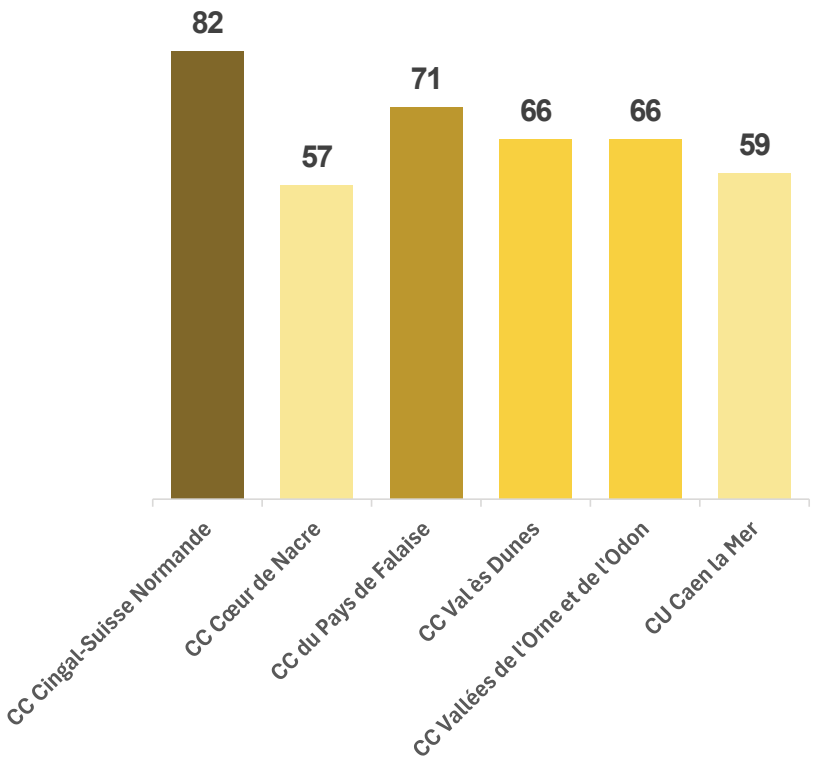


Des capacités de stockage différentes selon les EPCI

La Communauté de communes Cingal – Suisse Normande ressort nettement comme l'EPCI présentant le stock de carbone par hectare le plus élevé (82 tC/ha), grâce à la présence de massifs forestiers étendus comme la forêt de Grimbosq et de prairies.

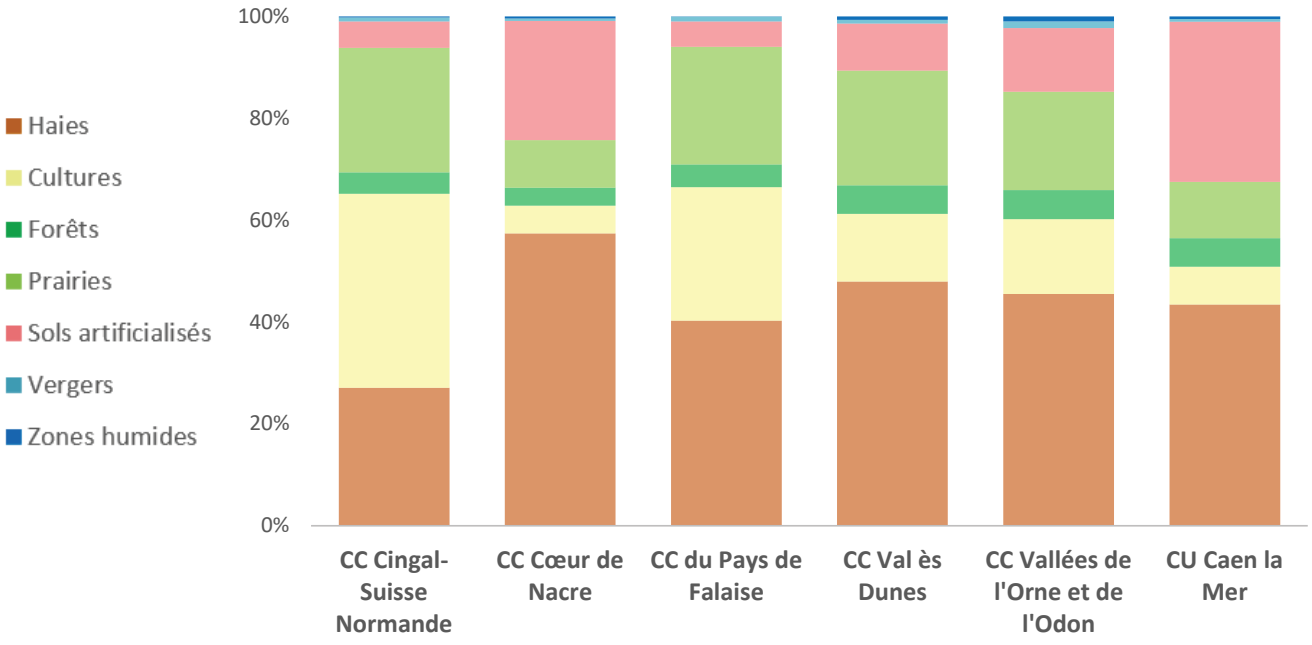
À l'opposé, **Cœur de Nacre** présente les niveaux les plus faibles (57 tC/ha), en raison d'une artificialisation plus forte et d'une moindre présence de milieux naturels stockant.

Répartition des stoks par ha par EPCI (tC/ha)



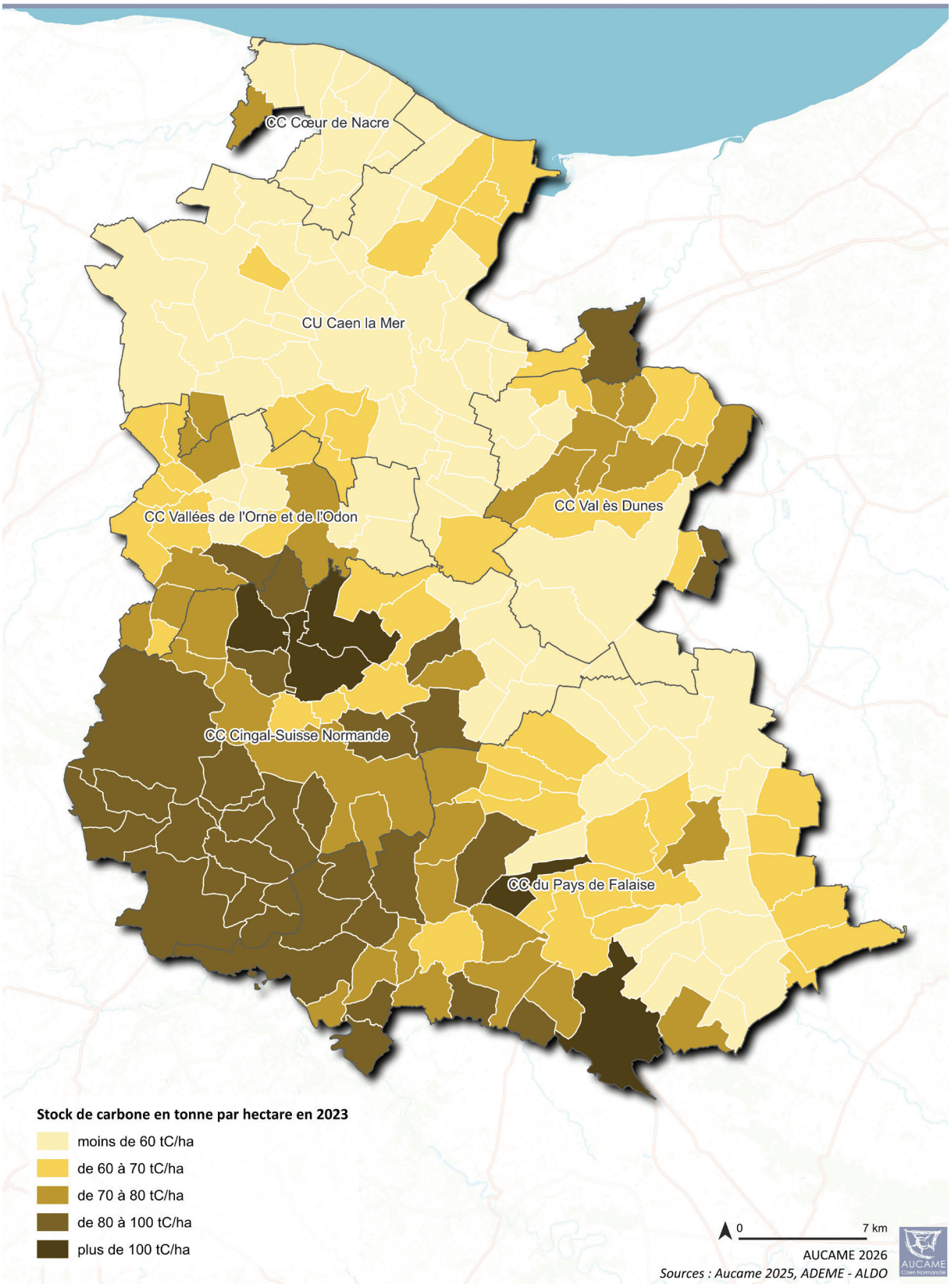
Source : MOS, aldo.territoiresentransitions.fr

Répartition des stocks
par occupation du sol et par EPCI (en%)

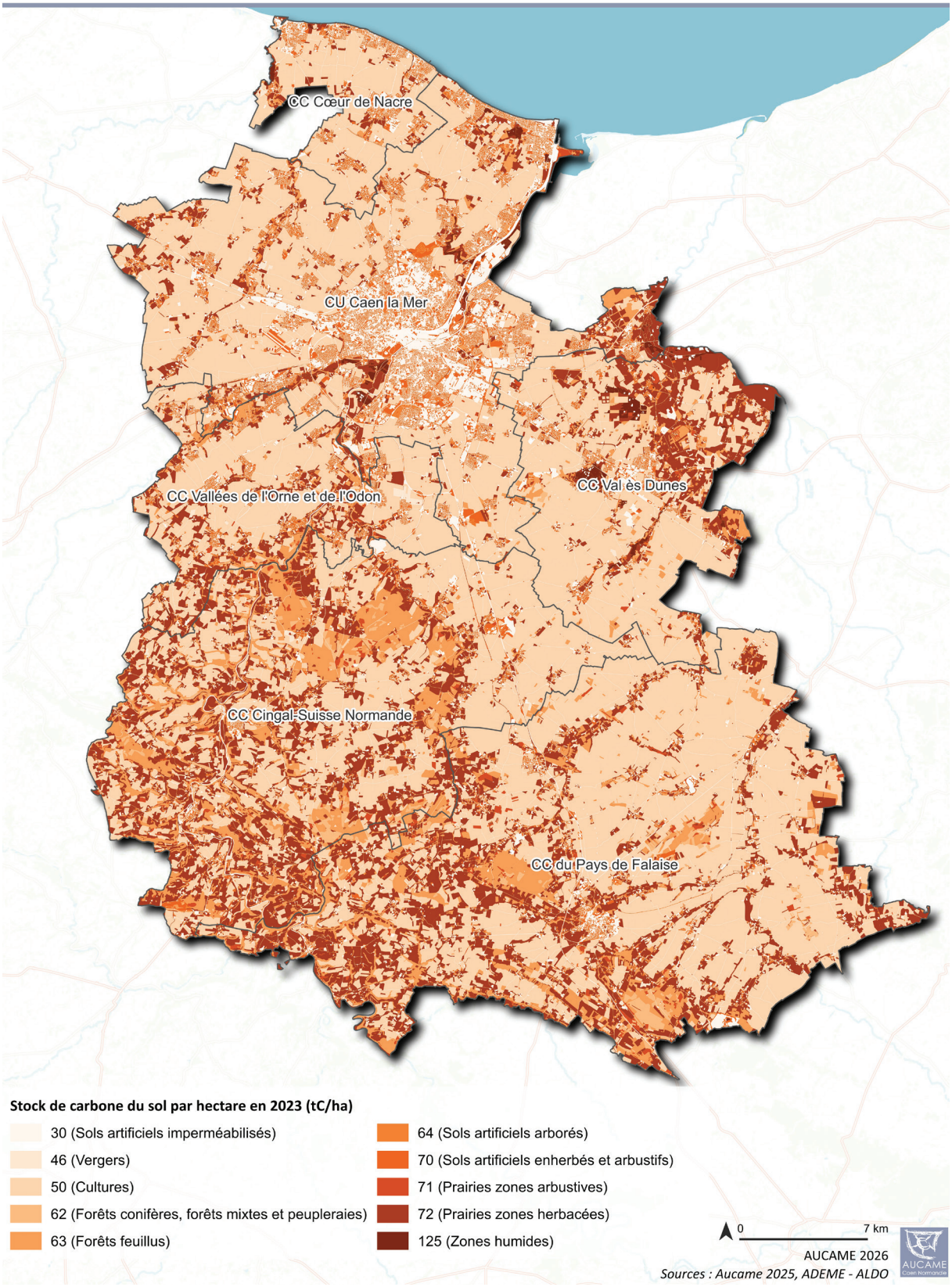


Source : MOS, aldo.territoiresentransitions.fr

Stock de carbone par commune en 2023



Stock de carbone du sol en 2023



Le sol, un réservoir précieux

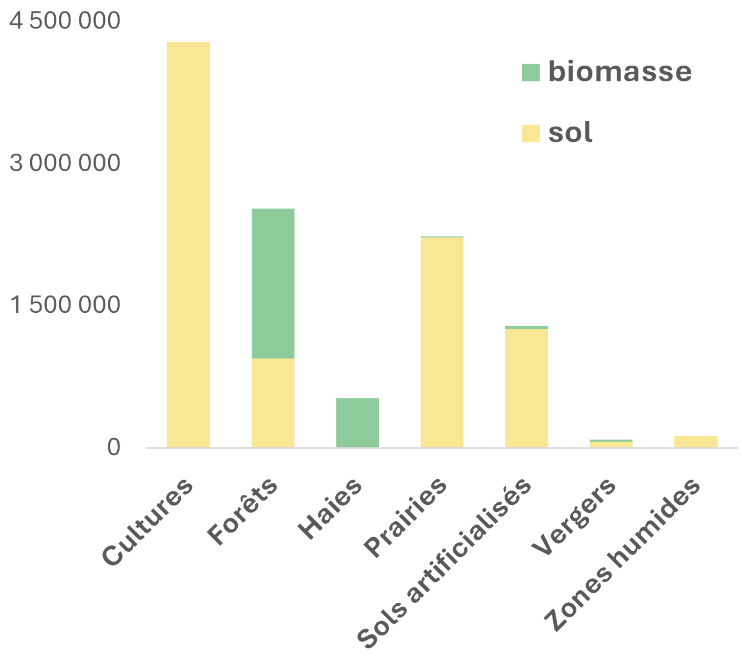
Contrairement aux idées reçues, la plus grande part du carbone stocké sur les territoires ne se situe pas dans la biomasse aérienne (arbres, haies), mais **dans les sols (80 %)**. Le carbone y est stocké sous forme de matière organique issue de la décomposition des végétaux, des racines et de l'activité biologique.

Lorsque l'on considère uniquement le carbone des sols, les prairies et les zones humides deviennent les principaux réservoirs de carbone, devant les forêts. Ces milieux, peu perturbés par le travail du sol, favorisent l'accumulation et la stabilité du carbone, sur le long terme.

À l'inverse, les sols imperméabilisés stockent très peu de carbone, tandis que les sols agricoles cultivés présentent un potentiel variable, fortement dépendant des pratiques (travail du sol, rotations, couvert végétal, apports organiques).

Le carbone des sols constitue ainsi un **stock discret mais massif**, lent à constituer mais rapide à perdre en cas de dégradation. Sa préservation repose avant tout sur le maintien des usages favorables et sur la limitation des perturbations physiques et chimiques des sols.

Répartition
des stoks de carbone de Caen Normandie Métropole
entre le sol et la biomasse
par occupation du sol en 2023 (tC)



Source : MOS, aldo.territoiresentransitions.fr

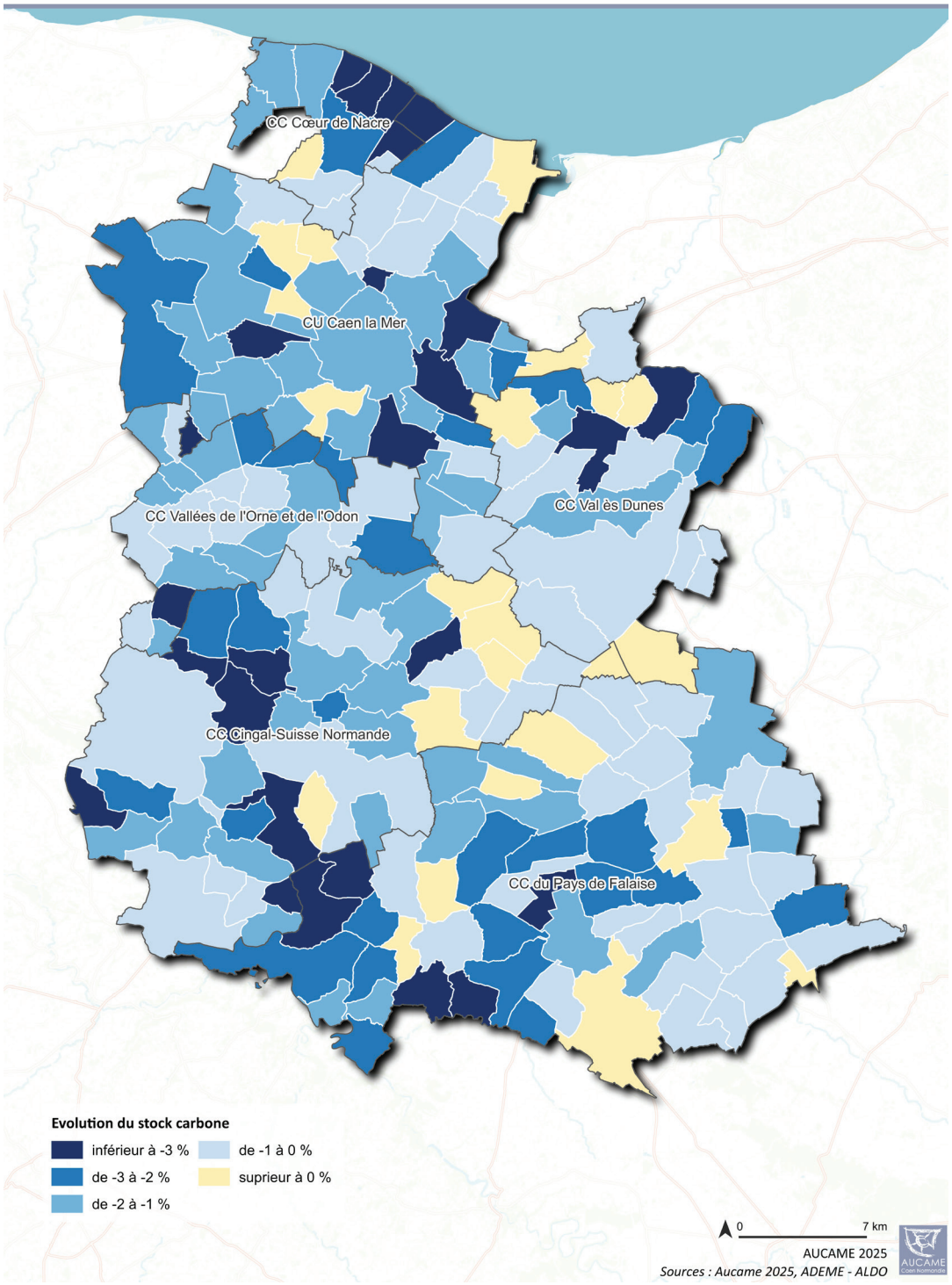
À retenir :

- **Le sol est le premier réservoir de carbone** du territoire.
- **Les prairies et zones humides** stockent plus de carbone dans le sol que les forêts hors biomasse.
- Le carbone des sols est **lent à se constituer, rapide à se perdre.**
- Préserver les sols, c'est agir durablement pour le climat.

L'évolution des stocks entre 2012 et 2023

Les différents millésimes du MOS permettent d'avoir une estimation de l'évolution du stock de carbone lié à l'occupation du sol sur une décennie (2012/2023).

Evolution du stock de carbone par commune entre 2012 et 2023



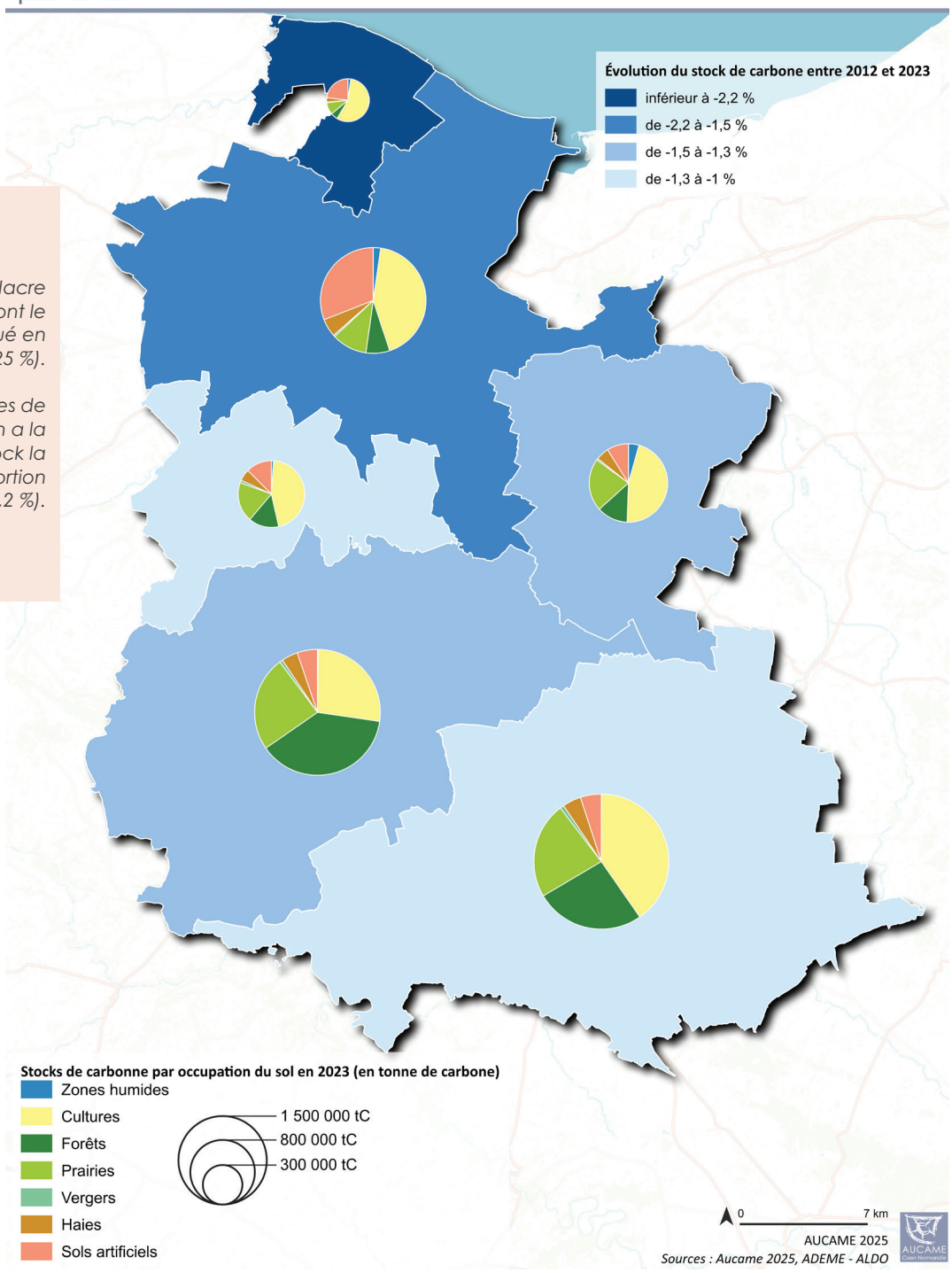
L'analyse comparative des millésimes du MOS montre une **diminution globale des stocks de carbone de – 156 120 tonnes de carbone** sur la période étudiée (soit 1,4 %), équivalent à 3 jours de circulation des voitures particulières en France[2].

Certaines communes présentent localement une légère augmentation, mais elles ne suffisent pas à compenser les pertes à l'échelle métropolitaine.

La CC de Coeur de Nacre est le territoire dont le stock a le plus diminué en proportion (- 2,25 %).

La CC des Vallées de l'Orne et de l'Odon a la diminution de stock la plus faible en proportion (- 1,2 %).

Stock de carbone par occupation du sol et évolution entre 2012 et 2023 par EPCI



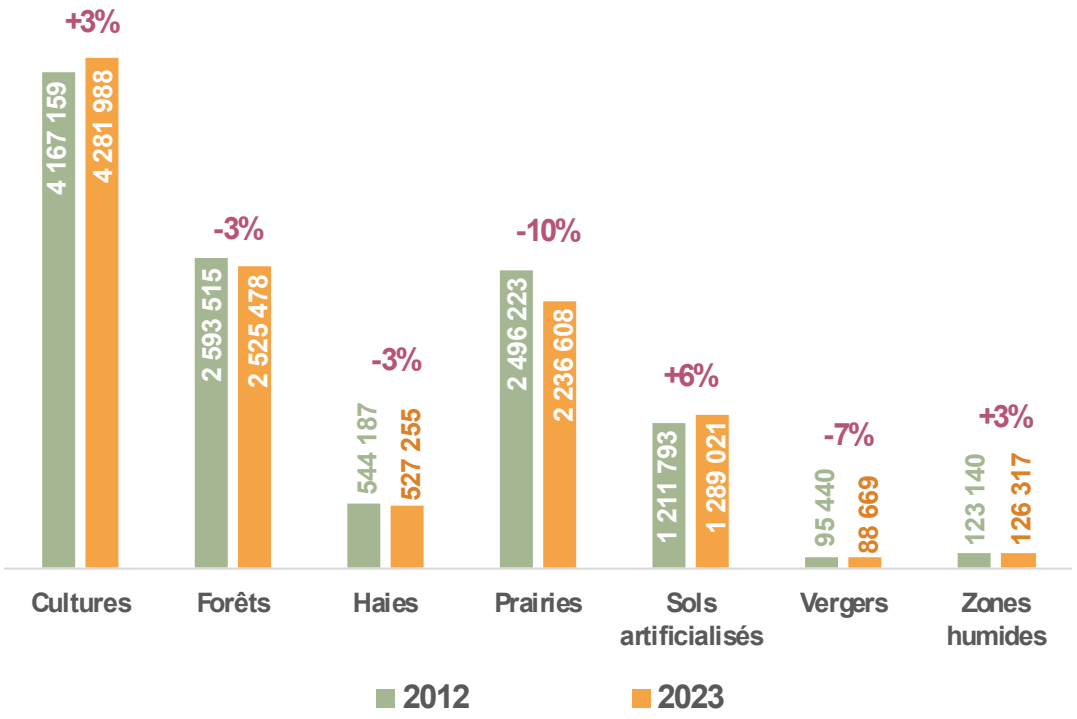
[2] Source : https://impactco2.fr/outils/comparateur

Évolution de la couverture du sol entre 2012 et 2023 : analyse du MOS sur Caen Normandie Métropole

- Entre 2012 et 2023, en volume, ce sont les surfaces dites « naturelles » qui ont le plus évolué. En effet, les surfaces en herbe ont diminué de 3 110 hectares (- 7 %), surtout durant la période 2012-2016. Elles continuent toutefois de représenter un peu plus de 25 % des couvertures de Caen Normandie Métropole. Les surfaces en maraîchage ont également diminué, de plus de 680 hectares (- 76 %) entre 2012 et 2023. Dans le même temps, les surfaces dédiées aux grandes cultures ont augmenté de 3 000 hectares (+ 4 %).

- Logiquement, les surfaces dites « artificielles » (au sens du MOS) ont augmenté. Les surfaces bâties ont ainsi progressé de plus de 370 hectares (+ 12 %), avec une évolution globalement linéaire, mais légèrement plus marquée sur la période 2020-2023. Corollaire de cette évolution, les surfaces non bâties (ex. : les routes) ont également augmenté, avec un gain de 440 hectares (+ 6 %).

Évolution des stocks
par occupation du sol de Caen Normandie Métropole
(en tC et %)



Source : MOS, aldo.territoiresentransitions.fr

Conclusion

Cette étude analyse les stocks de carbone liés à l'occupation du sol sur Caen Normandie Métropole et leur évolution entre 2012 et 2023, à partir des données du MOS (Mode d'occupation du sol) croisées avec la méthode ALDO.

Elle met en évidence le rôle majeur des sols, des prairies, des forêts, tout en soulignant une diminution globale du carbone stocké sous l'effet des changements d'usage.

Elle interroge ainsi la place du stockage carbone dans les choix d'aménagement.

Par son travail d'observation et d'analyse territoriale, l'AUCAME fournit aux collectivités des clés de lecture pour intégrer cet enjeu dans leurs stratégies de transition écologique.

Pour aller plus loin :

- ***QSN #141 - La séquestration du carbone : un outil au service de la lutte contre le changement climatique***, AUCAME, janv. 2026
- **Série de 6 *Brèves d'observatoires* : *Les stocks de carbone liés à l'occupation du sol*** par EPCI, AUCAME, nov. 2026.

Glossaire

Bilan carbone :

Méthode de calcul qui permet de mesurer l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre (GES) directes et indirectes produites par l'activité d'une organisation, d'un événement, d'un produit ou d'un territoire. Le résultat est exprimé en tonnes équivalent CO_2 (source ministère de la culture).

Flux de carbone :

Échanges de carbone entre les sols, la forêt et l'atmosphère. Il s'agit de la quantité de carbone qui est émise (émission nette) ou captée et séquestrée (séquestration nette) chaque année. Il est mesuré en en tonnes équivalent CO_2 par an.

Réservoirs de carbone :

Différents compartiments du sol et des végétaux pouvant contenir du carbone : les sols, la biomasse vivante (aérienne et racinaire), la biomasse morte (dont la litière) et les produits bois.

Stock de carbone :

Quantité de carbone contenue dans les différents réservoirs à un moment donné. il est exprimé en tonnes de carbone.

Cette étude est financée en partie par le Fonds Vert

CAEN NORMANDIE MÉTROPOLE
pôle métropolitain

FRANCE NATION VERTE
Agir • Mobiliser • Accélérer

PRÉFET DU CALVADOS
Liberté
Égalité
Fraternité

Directeur de publication : Patrice DUNY

Réalisation : AUCAME 2026

Illustrations : AUCAME *(sauf mentions contraires)*

Contact : alice.averlant@aucame.fr



Illustration : Pexels.com

AUCAME
Caen Normandie

Agence d'urbanisme de Caen Normandie Métropole
21 rue de la Miséricorde - 14000 CAEN
Tel. : 02 31 86 94 00
email : *contact@aucame.fr* / site web : *www.aucame.fr*