

ANALYSE CROISEE ENTRE POLITIQUES PUBLIQUES TERRITORIALES ET CLIMAT : LE CAS DES ZONES HUMIDES

ETUDE « CARBONE ZONES HUMIDES »

DECEMBRE 2025



Evaluez vos stocks et puits de carbone

BASTIEN CHARRIER – LUCAS DEGOS
FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES

Sommaire

Introduction	3
1. Une prise en compte partielle de la fonction climatique des zones humides dans les politiques publiques.....	7
a) Eléments de réflexions issus de l'enquête « Carbone et zones humides ».....	7
b) Analyse de la base de données sur les PCAET de l'AREC Nouvelle-Aquitaine.....	9
2. Focus sur l'outil Aldo et la plateforme TerriSTORY	11
a) Présentation de l'outil Aldo et exemples d'utilisation	11
b) Présentation de la plateforme TerriSTORY et perspectives d'utilisation.....	17
3. Propositions pour une meilleure considération de la fonction climatique des zones humides dans les politiques publiques.....	19
a) Une meilleure prise en compte des zones humides par l'outil ALDO et de la plateforme TerriSTORY	19
b) Recommandations pour une prise en compte systémique de l'enjeu « carbone et zones humides » dans les politiques publiques	22
Conclusion	30
Bibliographie	31
Annexes	32

Table des figures

Figure 1 : Paquet législatif "Ajustement à l'objectif 55": réaliser les objectifs climatiques dans les secteurs de l'utilisation des terres et de la foresterie – (Consilium, europa.eu) ...	4
Figure 2 : Thématiques potentielles visées par un PCAET type (Vizea)	5
Figure 3 : Ventilation du stock de carbone (en tC) par occupation du sol (tous réservoirs confondus) sur le territoire morbihannais, d'après Aldo en 2024 (Tricoche, 2024).....	13
Figure 4 : Evolution des stocks de carbone par commune du Département du Morbihan sur deux périodes : 2000-2008 et 2008-2017 (Tricoche, 2024)	14
Figure 5 : Répartition des surfaces et des stocks de carbone par occupation du sol du PNR Scarpe-Escaut en 2015 (Tromont, 2021).....	15
Figure 6 : Evolution des flux annuels (en milliers de tCO ₂ eq) par occupation du sol du PNR Scarpe-Escaut (Tromont, 2021).....	15
Figure 7 : Articulation des politiques à différentes échelles (échelle européenne en pointillés et échelle française et territorial en traits pleins) pour une meilleure intégration du rôle des zones humides dans la régulation du climat au sein (tiré de AERMC, 2016 et adapté de Abdul-Malak et al., 2021)	23

Introduction

Les zones humides, zones clés pour la régulation du climat

Les zones humides stockeraient environ 25-33% du carbone organique des sols mondiaux, alors qu'elles ne représenteraient qu'entre 2 et 8% des surfaces continentales dont une grande majorité au sein de milieux terrestres continentaux. A surface égale, il s'agirait du type d'écosystème au plus fort potentiel de stock de carbone et parmi les plus forts taux de séquestration de carbone.

Les zones humides se caractérisent par un engorgement plus ou moins prolongé du sol en eau. L'eau étant plus pauvre en oxygène que l'air, les sols de ces milieux sont donc moins concentrés en O₂ que les sols non-humides. Les micro-organismes qui participent à la décomposition de la matière organique (source d'énergie) ont besoin d'oxygène. Elles agissent donc moins efficacement en milieux humides et la matière organique peut s'accumuler dans le sol sous forme de biomasse « morte ». Si cette accumulation se poursuit sur le long terme, le carbone reste sous sa forme organique et peut-être séquestré durablement.

A l'inverse, dans certaines circonstances, les zones humides peuvent être émettrices de CO₂ ou de CH₄ suite à la décomposition de la matière organique. En effet, les conditions favorables à l'accumulation de matière organique sont également favorables à l'émission de méthane. La production de CH₄ en zones humides constitue une des principales sources d'émissions de ce gaz au niveau mondial. Cela correspondrait à environ 25% des émissions totales de CH₄ vers l'atmosphère, toutes sources d'émissions confondues. Cependant, des études à grande échelle suggéreraient que l'impact général des zones humides sur le climat est positif sur le long terme malgré les émissions de CH₄ du fait de la séquestration de carbone.

En dépit des surfaces restreintes qu'elles occupent, les zones humides jouent ainsi un rôle déterminant dans la régulation du climat au niveau mondial et leur prise en compte dans les politiques publiques apparaît comme une priorité.

Quelle place des zones humides dans les politiques d'atténuation des changements climatiques ?

La 3^{ème} Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC 3) fixe la feuille de route nationale pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Elle prévoit une réduction drastique de 50 % des émissions territoriales de gaz à effet de serre (GES) en 2030 par rapport à 1990, et une valorisation renforcée des puits de carbone naturels du secteur UTCATF (Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Foresterie) et plus généralement des Solutions fondées sur la nature (SFN).

La SNBC 3 s'appuie notamment sur l'inventaire national des GES réalisés par le Centre Interprofessionnel Technique d'Etude sur la Pollution Atmosphérique (CITEPA). Cet inventaire correspond à un panorama des émissions françaises par secteur d'activité selon les recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC). L'inventaire national des GES s'inscrit dans le cadre du rapportage climat de la France au nom de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du règlement européen 2018/1999 portant sur la gouvernance énergétique et climatique. Plus précisément, le règlement européen 2018/841 porte spécifiquement sur le secteur de l'UTCATF aussi appelé LULUCF en anglais (Land-Use, Land-Use Change and Forestry) dont l'ambition a été réhaussé en 2023 dans le cadre du paquet législatif européen *Fit for 55*. Les émissions et la séquestration de carbone de différents écosystèmes sont visés en particulier les forêts, les prairies, les terres cultivées, les zones humides, les établissements (zones bâties) et les autres terres. La prise en compte des zones humides dans les flux de GES liés à l'usage des terres doit être initiée au niveau des Etats-Membres à partir de 2026. Les espaces naturels non gérés (certaines zones humides, certaines forêts et milieux océaniques), ainsi que les stocks de carbone ne sont pas comptabilisés dans l'inventaire des GES (CITEPA, 2025).

Émissions et absorptions dans l'UE en 2019

En millions de tonnes équivalent CO₂

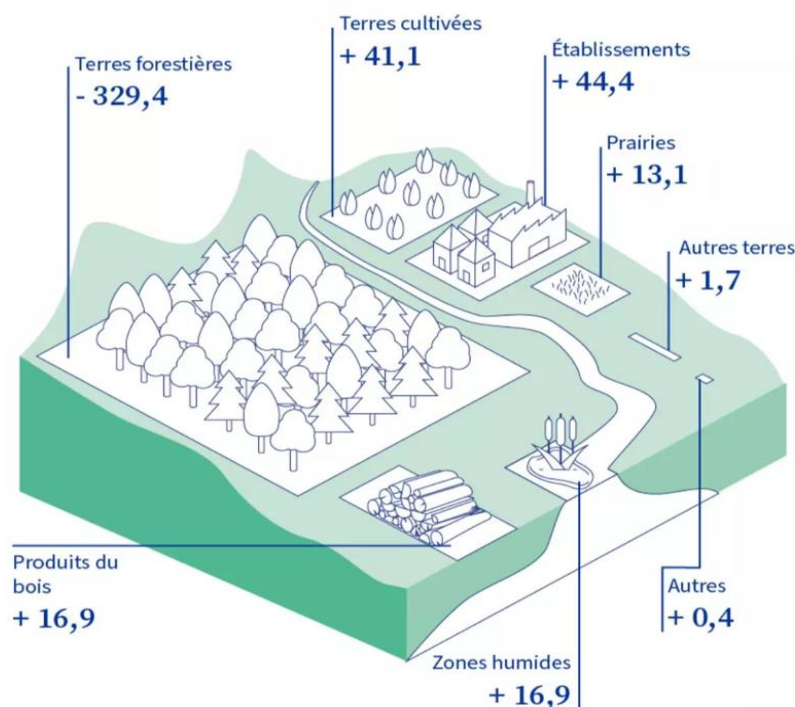


Figure 1 : Paquet législatif "Ajustement à l'objectif 55" : réaliser les objectifs climatiques dans les secteurs de l'utilisation des terres et de la foresterie – (Consilium, europa.eu)

La loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) en 2015, puis la loi Climat et Résilience en 2021, ont profondément renouvelé l'action climat des collectivités au travers des PCAET (Plan Climat Air Energie Territorial) autrefois appelé PCET (Plan Climat Energie Territorial). Depuis le décret n°2016-849 du 28 juin 2016, les EPCI de plus de 20 000 habitants ont l'obligation de se doter d'un tel plan.

Ainsi, les collectivités territoriales sont désormais appelées à conjuguer atténuation et adaptation dans une logique systémique. Le PCAET est un cadre d'engagement du territoire qui poursuit deux objectifs majeurs :

- ✓ Contribuer à l'atténuation du changement climatique, en limitant les émissions de gaz à effet de serre (GES) de la collectivité et de son territoire
- ✓ Adapter le territoire aux effets du changement climatique.

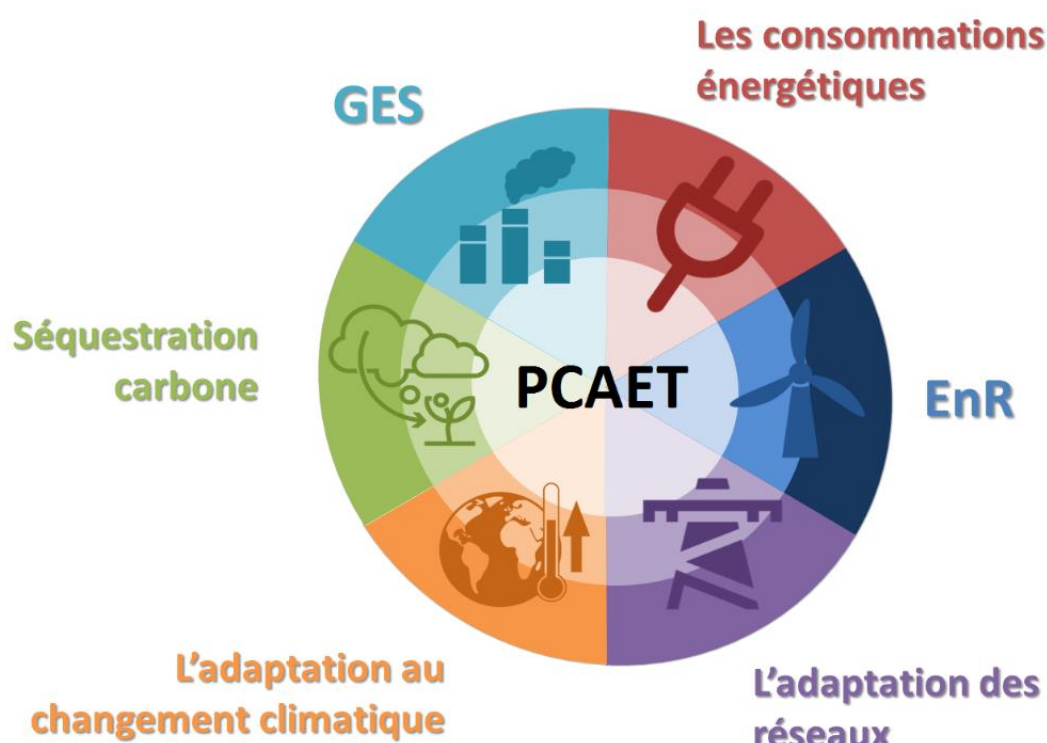


Figure 2 : Thématiques potentielles visées par un PCAET type (Vizea)

Décliné sur une durée de six ans, le PCAET comprend quatre composantes structurantes :

- Un diagnostic territorial,
- Une stratégie climat-énergie,
- Un programme d'actions opérationnel
- Un dispositif de suivi et d'évaluation.

Il s'inscrit dans le corpus réglementaire des politiques territoriales notamment les documents de planification urbaine tels que les plans locaux d'urbanisme (PLU) ou les PLUi. Son élaboration implique une évaluation environnementale stratégique, conformément à l'article R.122-17 du Code de l'environnement, et s'appuie sur la directive 2001/42/CE du Parlement européen. Cette évaluation vise à guider au mieux la décision publique, à faciliter la participation citoyenne et à garantir une cohérence environnementale des mesures appliquées.

Puits ou sources de carbone, l'importance de la prise en compte des zones humides dans les stratégies territoriales

Les zones humides ainsi que leur fonction climatique restent aujourd'hui très partiellement représentées dans les diagnostics territoriaux, les stratégies climat-énergie, les programmes d'actions opérationnelles définis au sein des PCAET. Malgré leur faible emprise surfacique, elles peuvent concentrer une part significative du stock de carbone total selon les territoires.

Selon les cas, la sous-fonction de puits de carbone de ces milieux peut être surpassée par la sous-fonction de source de carbone en particulier en cas de dégradations d'origine anthropique. Plusieurs mécanismes peuvent entraîner un relargage rapide et massif du carbone stocké (drainage, mise en culture, artificialisation, incendie, eutrophisation). Par exemple, le drainage, en favorisant l'aération du sol, stimule la minéralisation aérobie de la matière organique. Cette dynamique entraîne une perte progressive du stock de carbone sous forme de CO₂, avec des émissions pouvant atteindre plusieurs dizaines de tonnes équivalent CO₂ par hectare et par an dans le cas des tourbières drainées (EFESE, 2019).

L'ensemble de ces considérations justifie la réalisation d'un effort méthodologique pour localiser, caractériser et suivre les milieux humides dans les outils de diagnostic carbone et mieux intégrer la fonction climatique des zones humides dans les politiques publiques dans le but de les préserver, mieux les gérer et les restaurer.

Les objectifs de la note sont :

- ✓ Identifier les leviers techniques et organisationnels permettant la prise en compte et la meilleure intégration des zones humides dans les PCAET
- ✓ Évaluer la capacité actuelle de l'outil ALDO à représenter fidèlement les zones humides dans les diagnostics territoriaux et la fonction climatique qu'elles assurent
- ✓ Identifier les leviers techniques et organisationnels permettant la prise en compte et la meilleure intégration dans les politiques publiques climatiques de manière générale (SNBC 3, PNACC 3, Inventaire national des GES, PCAET) et les politiques

publiques (DCE, DHFF, DCSMM, 4^{ème} PNMH, SNB 2030, Plan national de restauration de la Nature, PLU(I), SCOT, SRADDET)

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude générale et prospective « Carbone et zones humides » menée en 2025 par le Forum des Marais Atlantiques. Elle inclut, entre autres, une synthèse bibliographique des connaissances techniques et thématiques sur le carbone en zones humides et plus généralement sur les Gaz à effet de serre (GES). De plus, une enquête a pour but d'identifier les attentes, les besoins, les perceptions et les leviers d'actions des acteurs des territoires sur cette question.

La note présentée ci-dessous s'appuie sur la base de données de l'AREC Nouvelle-Aquitaine sur les PCAET néo-aquitains, une analyse fonctionnelle de l'outil ALDO à partir des retours d'expérience approfondis du Département du Morbihan (Tricoche, 2024) et du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut (Tromont, 2021).

1. Une prise en compte partielle de la fonction climatique des zones humides dans les politiques publiques

a) Eléments de réflexions issus de l'enquête « Carbone et zones humides »

Le tableau ci-dessous est un extrait d'une enquête « Carbone et zones humides » menée entre avril et juillet 2025. Elle se structure en deux démarches complémentaires :

- Un questionnaire diffusé et relayé auprès de 1500 gestionnaires et techniciens pour 175 réponses au total
- Une enquête ciblée de 32 échanges réalisés lors de 26 entretiens semi-directifs. (un entretien pouvait donner plusieurs échanges en fonction du nombre de personnes présentes)

Le tableau détaillé en Annexe 1 synthétise la réponse à la question « Avez-vous des idées sur les façons de mieux prendre en compte les rôles des zones humides dans les politiques publiques ? Plusieurs tendances se distinguent à partir de la synthèse des propositions des personnes interrogées :

➤ **Renforcer la protection et les règles du jeu**

De nombreux participants demandent un cadre plus strict autour des zones humides. Cela passe par une réglementation renforcée, avec un meilleur contrôle des activités jugées nuisibles comme par exemple l'installation de panneaux solaires ou d'éoliennes dans des milieux sensibles. L'enjeu ici est double : protéger la fonction climatique des zones humides mais aussi les autres fonctions hydrologiques, biogéochimiques et écologiques.

➤ ***Mobiliser l'économie comme alliée de la préservation***

Le second grand levier identifié est économique. Plusieurs répondants plaident pour des incitations concrètes, que ce soient sous forme d'aides financières aux gestionnaires et aux usagers (PSE, crédits carbone) ou de fiscalité incitative.

L'objectif est de mieux rémunérer les pratiques favorables, en particulier dans les territoires agricoles, en s'appuyant sur des dispositifs de « carbon farming » tels que le Label Bas-Carbone ou les projets européens comme l'INTERREG Buffer +, qui visent à valoriser la séquestration du carbone dans les sols et à rémunérer les agriculteurs pour leurs efforts de réduction d'empreinte carbone.

➤ ***Miser sur la sensibilisation et la formation***

Le changement de regard sur les zones humides passe aussi par la pédagogie notamment la sensibilisation et la formation. Les propositions insistent sur la formation des élus, des agents de terrain, des agriculteurs, mais aussi du grand public. L'idée n'est pas seulement de transmettre des connaissances, mais de transformer sur le long terme les représentations pour faire des zones humides des éléments centraux de l'adaptation et de l'atténuation du changement climatique, et non des lieux de contraintes et des milieux passifs face aux changements globaux.

➤ ***Inscrire les zones humides dans les politiques publiques territoriales***

Cette dimension revient avec force car il ne suffit pas d'agir à la marge. Les zones humides devraient être pleinement intégrées dans les documents cadres territoriaux : Plans Climat-Air-Énergie Territorial, Schéma de cohérence territoriale, Plan Local d'Urbanisme (PLU), etc...

➤ ***Améliorer la connaissance et outiller les acteurs***

Plusieurs propositions portent sur la production de données, la création d'indicateurs fiables, l'amélioration/généralisation des inventaires zones humides incluant la dimension carbone et la mise à disposition d'études techniques. Ces besoins d'amélioration de la connaissance s'inscrivent dans une logique d'aide à la décision, pour permettre aux gestionnaires, élus et structures de mieux évaluer les effets des actions engagées. Concrètement, cela pourrait prendre la forme de référentiels « zones humides et carbone » locaux, régionaux ou interrégionaux et nationaux, de méthodologies pour suivre l'évolution des teneurs en matières organiques et teneur en carbone organique des sols hydromorphes à différentes échelles (parcelle, site d'étude, commune, intercommunalité, sous-bassin versant, région, grand bassin hydrographique, national), d'outils cartographiques pour spatialiser les stocks et les flux de GES en zones humides et suivre leur évolution.

En résumé, le tableau en Annexe 1 montre une convergence forte autour de cinq axes prioritaires : mieux protéger, mieux financer, mieux comprendre, mieux outiller et mieux intégrer.

b) Analyse de la base de données sur les PCAET de l'AREC Nouvelle-Aquitaine

L'AREC Nouvelle-Aquitaine (Agence Régionale d'Évaluation environnement et Climat) compile chaque année des données issues de ses observatoires thématiques à l'échelle de la Région Nouvelle-Aquitaine. Il est important de noter, avant de commencer l'analyse, que les données de l'AREC N-A concernent environ 50% des PCAET référencés en Nouvelle Aquitaine (56 PCAET au total). La dernière mise à jour date de 2023. Entre temps, d'autres initiatives ont pu émerger lors de la possible réactualisation de la base de données mais n'ont pas été considérées dans l'analyse.

➤ *Les actions sur le carbone et les zones humides*

Le traitement a nécessité un premier tri dans la base de données pour d'abord extraire tout ce qui concerne le carbone et les zones humides. Le tableau détaillé en Annexe 2 reflète des réflexions qui ont été déclinées en actions/initiatives concrètes, et mobilisant un réseau d'acteurs locaux variés (agriculteurs, chercheurs, agences d'urbanisme...).

Parmi les dynamiques engagées sur le carbone de manière générale (en zones humides et en dehors), certaines sont communes à plusieurs territoires :

- Les **formations et l'accompagnement des propriétaires forestiers** par l'organisation de sessions de formation avec des experts (Centre Régional de la Propriété Forestière, structures techniques), dans l'idée de rendre la notion de carbone plus accessible aux gestionnaires et de faciliter le recours à des dispositifs de type Label Bas Carbone.
- La **valorisation du Label Bas Carbone** : plusieurs territoires ont appuyé la promotion locale du label, avec des actions ciblées de communication et l'introduction d'incitations financières pour les porteurs de projets (notamment agricoles ou forestiers).
- Le **renforcement réglementaire en urbanisme** : des intercommunalités ont modifié leur PLUi pour intégrer des critères liés au carbone, encourager le recours aux matériaux biosourcés ou pour classer des zones humides comme espaces protégés.
- Un **diagnostic carbone** des sols et milieux naturels : certains territoires ont lancé des diagnostics territoriaux des stocks de carbone, avec des protocoles de suivi annuels. Cela sert à mieux argumenter la préservation des ZH dans le cadre des politiques d'aménagement, mais aussi à nourrir une argumentation vers les élus.

- Des **programmes pilotes et d'expérimentations** : plusieurs collectivités (notamment la CDA de La Rochelle, la CC des Grands Lacs...) ont engagé des expérimentations sur la séquestration dans les milieux humides, combinant restauration, suivis scientifiques et animation territoriale.
- L'instauration d'une **gouvernance multi-acteurs** est un point important, car elle concerne la mise en place de cadres de pilotage entre collectivités, chercheurs et gestionnaires (exemple de la CA du Pays Basque ou de la CDA de la Rochelle), pour élaborer des stratégies concertées d'atténuation ou/et d'adaptation.

Le sujet du carbone ne semble pas traité de manière isolée, mais comme un fil conducteur pour renforcer la cohérence entre mesures liées au climat, à l'aménagement du territoire et à la biodiversité. Les actions recensées sont souvent modestes, mais elles ont en commun de s'appuyer sur l'existant (documents d'urbanisme, diagnostics de territoire, animation agricole), sans attendre une réforme ou une prise de conscience nationale.

➤ ***Les actions plus spécifiques de stockage du carbone***

Un deuxième tri a permis de se focaliser sur les initiatives qui portent spécifiquement sur le stockage du carbone, résumées dans le tableau en Annexe 3.

Plusieurs intercommunalités (CC du Seignanx, CDA La Rochelle, CC des Grands Lacs, CC Vienne et Gartempe...) ont lancé des diagnostics territoriaux du stockage de carbone dans les écosystèmes, couvrant aussi bien les milieux forestiers qu'agricoles donc certains milieux humides. Ces démarches combinent cartographie, modélisations, mobilisation d'agriculteurs et intégration dans la planification locale.

L'approche est souvent itérative, à l'image du projet ABC Terre dans le Thouarsais, qui associe formation des acteurs, diagnostic initial, scénarisation prospective, et mise à jour en continu.

La CC du Pays Loudunais, par exemple, explore la mobilisation des crédits carbone forestiers, tandis que la CDA de La Rochelle a cartographié ses "réservoirs territoriaux" de séquestration de carbone en particulier les zones humides côtières. Ces initiatives traduisent une volonté de ne pas dépendre uniquement de référentiels nationaux, mais de construire des trajectoires locales crédibles de neutralité carbone, fondées sur l'observation, le dialogue multi-acteurs et la projection à long terme.

Plus largement, ces dynamiques révèlent un double mouvement avec, d'une part une volonté de produire des données localisées et donc applicables et d'autre part un intérêt croissant pour les instruments de valorisation économique, notamment via les labels ou les crédits carbone.

Enfin, une analyse a été réalisée en ciblant spécifiquement les actions relevant à la fois du carbone et des zones humides. Elle a permis de faire ressortir des initiatives et des actions recensées dans le tableau en Annexe 4.

Les actions recensées montrent que les zones humides en 2023 n'étaient déjà plus perçues par certaines collectivités comme des milieux sans intérêt pour les politiques climatiques, mais comme des leviers d'action directe sur le climat. Plusieurs collectivités (Sybarval, CA Niortais, CC Vienne et Gartempe, CC Sarlat-Périgord Noir) ont engagé des démarches concrètes de restauration, de valorisation ou de limitation de l'artificialisation de ces milieux.

Ces projets prennent souvent appui sur des outils déjà existants comme des contrats territoriaux, PLUi, inventaires de zones humides, mais ils y associent des démarches complémentaires comme l'acculturation des acteurs locaux par des campagnes d'information, ou de suivis sur les zones restaurées.

Ces mesures vont de pair avec la création d'obligations réglementaires ou d'une incitation pour incorporer l'estimation des stocks/flux de carbone dans les documents de planification comme le PCAET, qui est amené à évoluer prochainement notamment dans le cadre des révisions pour davantage guider les programmes d'actions. Aujourd'hui, cela demande aussi un effort supplémentaire pour réaliser une étude spécifique sur le territoire et acquérir de nouvelles connaissances et données locales.

Le lien entre occupation du sol, état hydrique, et flux nets de GES reste peu intuitif pour les acteurs locaux, ce qui limite l'exploitation des outils disponibles et la formulation de mesures spécifiques dans les PCAET sur le rôle des zones humides dans la régulation du climat.

2. Focus sur l'outil Aldo et la plateforme TerriSTORY

a) Présentation de l'outil Aldo et exemples d'utilisation

L'outil ALDO, développé par l'ADEME avec l'appui de l'ABC (Association pour la transition Bas-Carbone) et de l'APCC (Association des Professionnels en Conseil Climat), se présentait sous la forme d'un tableur Excel open source jusqu'en 2022 puis est accessible en version numérique¹ depuis 2023. Il fait l'objet d'améliorations continues et est conçu pour accompagner les collectivités territoriales dans l'estimation des stocks et flux de carbone associés à l'occupation et à l'évolution des sols.

¹ <https://aldo.territoiresentransitions.fr/>

Basé jusqu'en 2026 sur une typologie simplifiée dérivée de Corine Land Cover (7 classes principales et 13 sous-catégories), l'outil répartit le carbone en cinq compartiments : le sol (sur 0–30 cm), la litière, la biomasse aérienne et racinaire, le bois mort et les produits bois. Chaque classe est associée à des valeurs de stock unitaire par défaut, établies à partir de données nationales issues de réseaux de mesures, d'inventaires forestiers, agricoles et des bases de données pédologiques.

La structure du fichier ou de la version en ligne repose sur des onglets thématiques (stocks_C, flux_C, pratiques_agricoles, dendro_forêts...), permettant une lecture fonctionnelle et une prise en main rapide. Il accepte des données spatiales personnalisées, en remplacement des bases nationales préchargées.

L'outil présente plusieurs qualités notables :

- Accessibilité : il est libre d'accès, simple à manipuler, et documenté.
- Compatibilité PCAET : les résultats sont produits au format attendu par les PCAET (unité, périmètre, restitution graphique).
- Multi-réservoirs : capacité à intégrer sols, biomasse, produits bois, flux liés aux mutations d'usage et aux scénarii agricoles ou forestiers.
- Maillage approprié : conçu pour l'échelle EPCI, il s'adapte au périmètre des communes et des structures de coopération intercommunale plus élargies.

La comparaison entre plusieurs expériences territoriales ayant mobilisé l'outil ALDO montre à la fois l'intérêt croissant pour l'intégration des puits naturels dans les politiques climat, et les limites de l'outil lorsqu'il s'agit d'appréhender finement la fonction carbone des zones humides. Deux cas sont présentés ici : le Département du Morbihan (Tricoche, 2024) et le Parc naturel régional Scarpe-Escout (Tromont, 2021).

Utilisation d'ALDO à l'échelle des ENS du Département du Morbihan

Le Département du Morbihan a entrepris une démarche méthodique de réévaluation des stocks de carbone stockés dans les Espaces Naturels Sensibles présents sur le département, en s'appuyant sur ALDO (voir Figure 3) et des données locales issues du Conservatoire botanique national de Brest (CBNB) et de la plateforme Sols de Bretagne. Cette démarche a permis de mettre en lumière l'écart considérable entre les surfaces de zones humides identifiées par l'outil (à partir de Corine Land Cover) et les superficies réelles des zones humides départementales.

- Redéfinition de l'enveloppe cartographique de référence cartographique : la surface totale des zones humides a été multipliée par huit, passant de 7 894 ha (ALDO brut) à 64 000 ha (ajout des données de référence du CBNB)

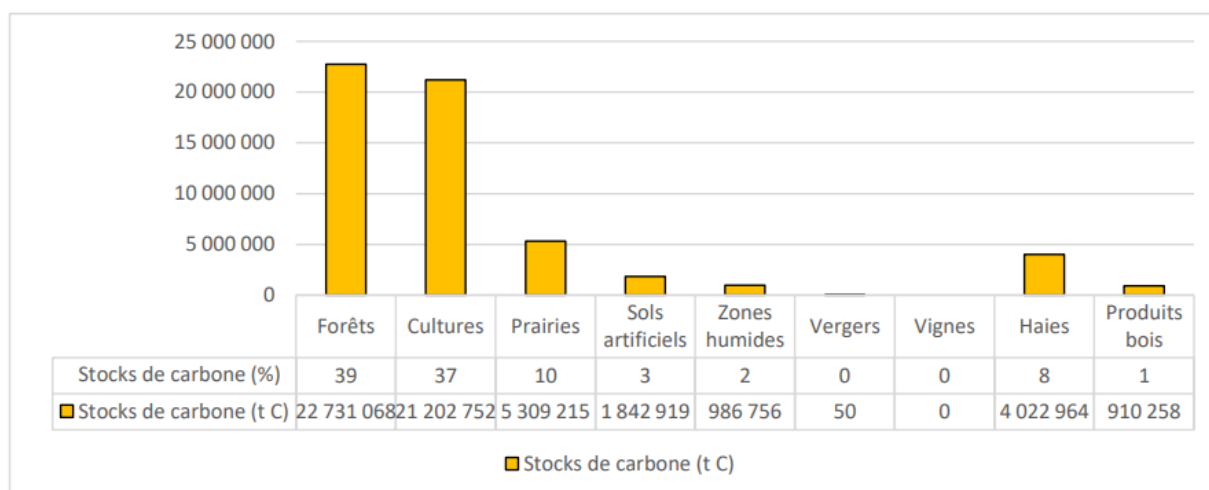


Figure 3 : Ventilation du stock de carbone (en tC) par occupation du sol (tous réservoirs confondus) sur le territoire morbihannais, d'après Aldo en 2024 (Tricoche, 2024)

Cette correction a profondément modifié la répartition du stock carbone entre milieux : les forêts représentent 38 % du total, les cultures 25 % et les zones humides près de 13 %, pour seulement ~2 % de la surface totale. Le sol demeure le principal réservoir, concentrant près de 66 % du stock total à l'échelle départementale.

Sur le plan temporel (voir Figure 4), l'analyse diachronique menée sur deux périodes ²(2000–2008 puis 2008–2017) révèle un ralentissement net de l'accumulation de carbone estimé selon l'évolution des stocks de carbone sur des périodes de 8-9 ans :

- +2,5 % en moyenne communale entre 2000 et 2008
- +0,1 % seulement entre 2008 et 2017
- L'écart est statistiquement très significatif ($p < 2 \times 10^{-16}$), traduisant une stabilisation, voire un affaiblissement, de la dynamique de puits

² Un taux d'évolution supérieur à 1 correspond à une augmentation du stock entre 2 dates et donc à un stockage moyen sur la commune, inversement un taux inférieur à 1 correspond à un déstockage. Une évolution moyenne de 1,025 signifie que les stocks de carbone par commune ont en moyenne augmenté de 2,5 % sur la période.

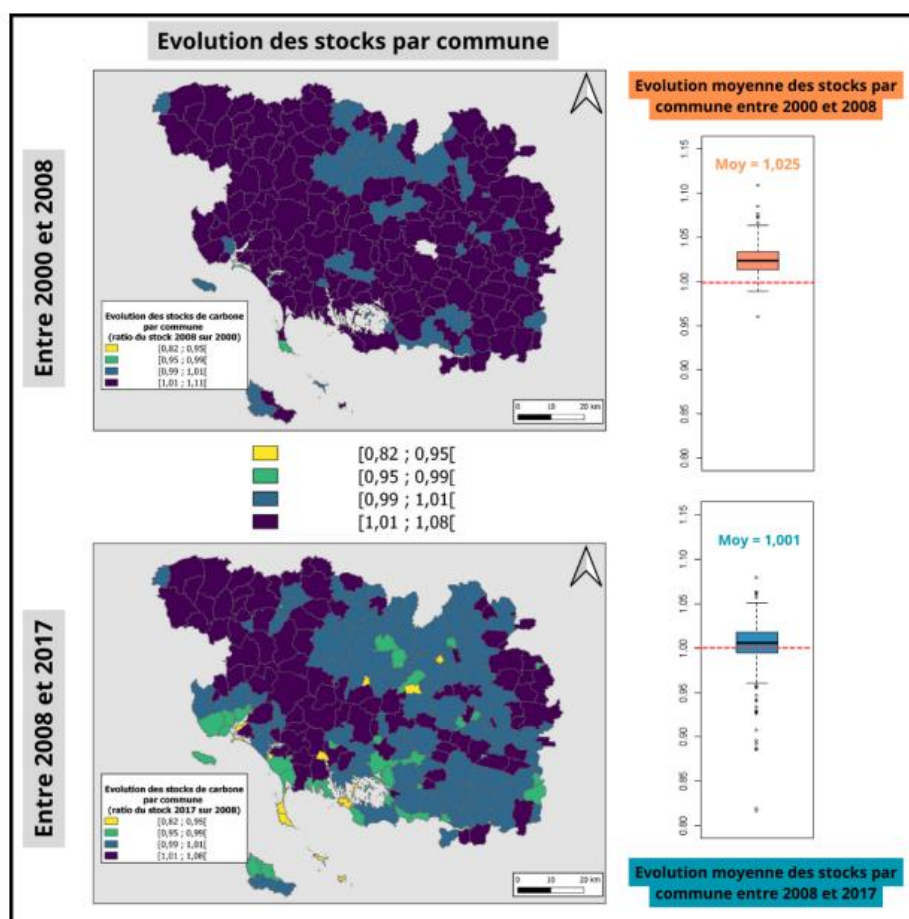


Figure 4 : Evolution des stocks de carbone par commune du Département du Morbihan sur deux périodes : 2000-2008 et 2008-2017 (Tricoche, 2024)

Utilisation d'ALDO à l'échelle du PNR Scarpe-Escaut

Le PNR Scarpe-Escaut a mené en 2021 une évaluation croisée des stocks, des puits et des émissions de carbone, en combinant les diagnostics ALDO et les flux produits par l'outil ESPASS (Effet de Serre, Polluants Atmosphériques et Stockage des sols), mis à disposition par l'Observatoire climat des Hauts-de-France. La démarche a permis de produire une première estimation du taux de « compensation » carbone (rapport entre les émissions résiduelles d'une organisation et les tonnes de CO₂ séquestrées, en gardant en tête qu'il n'y a pas d'équivalence stricte entre tonne émise et tonne séquestrée) par les milieux naturels :

- ALDO estime que les 55 communes de leur territoire séquestrent environ 43 344 t CO₂eq/an
- Les émissions directes atteignent 748 000 t CO₂e/an, soit un taux de compensation de 5,8 %

Ce chiffre, modeste mais non négligeable, met en lumière l'importance d'actions renforcées sur les puits naturels de carbone. Parmi ceux-ci, les tourbières ont été identifiées comme très stratégiques. Malgré une surface inférieure à 1 % du territoire, elles concentrent environ 15 % du stock de carbone total. Le rapport souligne leur rôle majeur et recommande une priorisation explicite des actions de restauration sur ces sites.

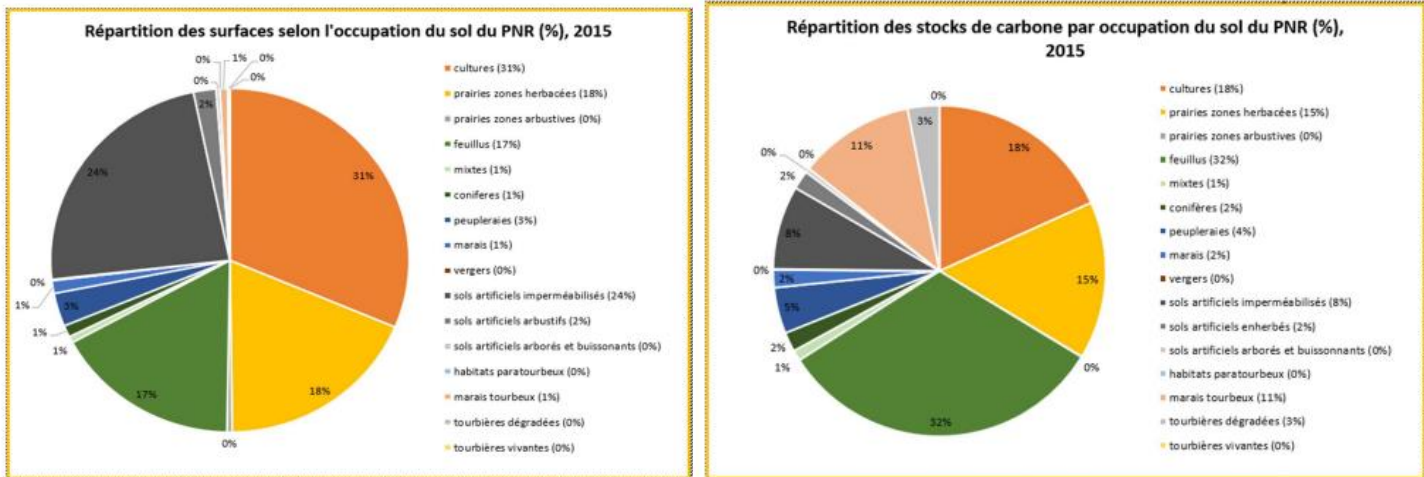


Figure 5 : Répartition des surfaces et des stocks de carbone par occupation du sol du PNR Scarpe-Escaut en 2015 (Tromont, 2021)

Par ailleurs, l'usage combiné d'OCS2D (Occupation du sol à deux dimensions dans les Hauts-de-France, précision minimale de 300 m² hors zone construite) et de typologies locales a permis un d'affiner le diagnostic notamment sur les changements d'affectation entre 2009 et 2015.

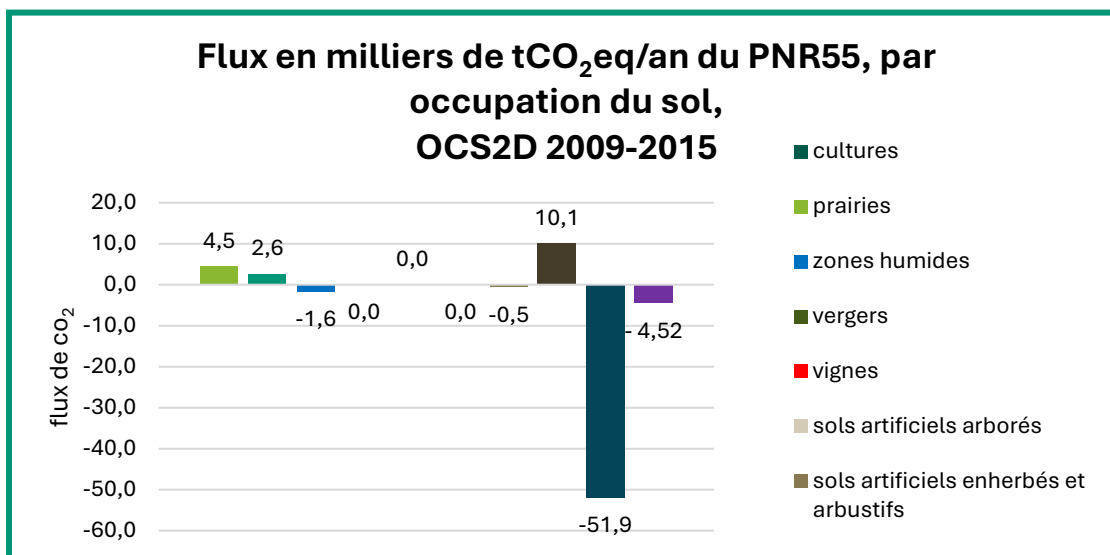


Figure 6 : Evolution des flux annuels (en milliers de tCO₂eq) par occupation du sol du PNR Scarpe-Escaut (Tromont, 2021)

L'intégration effective des zones humides dans les diagnostics de carbone territorial s'appuyant sur l'outil ALDO se heurte à plusieurs obstacles structurels.

- *Une typologie et une enveloppe cartographique de référence inadaptées aux zones humides*

La nomenclature utilisée dans ALDO repose sur une typologie à deux niveaux (niveau 1 : grandes catégories, niveau 2 : sous-classes d'occupation du sol), dérivée de Corine Land Cover (voir Annexe 5).

Les zones humides ne disposent dans ALDO que d'une seule catégorie générique, regroupant indistinctement marais, roselières, ripisylves, prairies humides et tourbières avec une valeur unique de référence sur le stock de carbone. Cette structuration, bien que compatible avec les principaux outils de planification, ne distingue pas de manière explicite les sols organiques des sols minéraux, ni les sous-typologies internes propres aux zones humides. Ce manque de finesse empêche de refléter la très forte hétérogénéité de stockage et de dynamique carbone entre ces types de milieux.

Par ailleurs, l'enveloppe cartographique de référence, à savoir Corine Land Cover, ne détecte pas les petites zones humides inférieures à 25 ha. Dans le cas du département du Morbihan, les surfaces cartographiées par ALDO à partir de CLC se limitaient à moins de 8 000 hectares, contre environ 64 000 hectares identifiés via la base régionale du Conservatoire botanique national de Brest (Tricoche, 2024). Il est fort probable que parmi les 56 000 ha identifiés en plus avec les données terrain, une majorité se situait dans des parcelles autrefois classées en « forêt », « prairie » ou « cultures ». En effet, outre la précision de CLC, une autre explication serait liée aux règles de définition et de classification. En effet, une même parcelle ne peut pas avoir une occupation « forêt » et « zones humides », ou encore « prairie » et « zones humides ». Ainsi, les zones humides identifiées par CLC correspondent à toutes celles qui ne sont ni des prairies, ni des forêts et ni des cultures (marais, tourbières, zones humides côtières, bords de plans d'eau, etc...), alors que les zones humides prairiales et forestières représentent la majorité des zones humides présente en France Métropolitaine (voir synthèse bibliographique sur le carbone et les GES en zones humides). Ces différences sur les surfaces ne sont pas marginales : elles modifient considérablement l'appréciation du stock de carbone total renfermé dans les zones humides.

- *Des valeurs de stocks et de flux peu dynamiques ou inexistantes*

Les valeurs de stock de carbone dans les sols sont basées sur des moyennes nationales génériques. Elles ne tiennent pas compte des caractéristiques pédoclimatiques régionales, ni des différences fondamentales entre sols minéraux et organiques.

Par ailleurs, ALDO n'intègre aucune dynamique liée aux flux propres aux zones humides :

- Non prise en compte des données sur la captation ou la séquestration de carbone (uniquement le stock de carbone considéré)
- Absence de prise en compte des effets des changements d'occupation du sol sur les zones humides

- Absence de module drainage / altération avec effets sur les émissions liées à la baisse du niveau de nappe
- Les flux forestiers sont figés sur une année de référence unique (données IGN 2018 issues de la campagne 2016-2020), sans trajectoire temporelle ni scénario actualisable. La nouvelle version Mélèze d'avril 2026 intègre également les données forestières de la campagne 2020-2024 et permet d'établir des comparatifs.

Les caractéristiques des sols comme la densité apparente, la fraction grossière ou la profondeur d'horizon exploité sont renseignées par défaut et ne sont pas modifiables dans l'interface, alors qu'elles influencent directement les estimations de stock (stock = concentration en carbone organique × densité × profondeur).

L'exploitation combinée des couches liées à l'occupation du sol comme OCS2D (référentiel d'Occupation du Sol en Deux Dimensions), des inventaires zones humides et des bases de données pédologiques (Donesol, RMQS...) pourrait permettre une réactualisation des estimations de stocks et de flux de carbone et de GES dans ces milieux.

Ces retours d'expérience mettent en évidence la valeur ajoutée du croisement entre ALDO et des données locales, mais aussi les limites structurelles de l'outil qui pourraient faire l'objet d'améliorations tout en gardant en tête l'objectif initial de disposer d'un outil simple, gratuit et exhaustif sur l'ensemble du territoire français.

b) Présentation de la plateforme TerriSTORY et perspectives d'utilisation

Dans un contexte dans lequel les territoires sont appelés à jouer un rôle pivot dans la lutte contre le changement climatique, TerriSTORY® apparaît comme un outil stratégique d'appui à la planification locale de la transition écologique. Cette plateforme numérique est née du besoin de consolider les données disponibles à l'échelle des territoires et de les rendre lisibles, comparables et exploitables pour les collectivités, les opérateurs publics et les agences d'urbanisme.

Initialement développée par l'agence régionale AURA-EE (Auvergne-Rhône-Alpes Energie Environnement) avec le soutien de la Région Auvergne-Rhône-Alpes et de l'ADEME, TerriSTORY® s'est structurée en consortium à partir de 2020, fédérant près de 17 structures partenaires.

La plateforme est aujourd'hui déployée dans six grandes régions françaises avec un accompagnement technique et méthodologique spécifique à chaque territoire :

- Auvergne-Rhône-Alpes,
- Nouvelle-Aquitaine,
- Bretagne,
- Corse,
- Occitanie,
- Pays de la Loire

Les principaux objectifs de la plateforme sont de :

- ✓ Comprendre son territoire grâce à des données territoriales fiables et multi-sources
- ✓ Élaborer un diagnostic énergie-climat, socio-économique ou environnemental
- ✓ Définir une stratégie territoriale alignée avec les objectifs de transition
- ✓ Suivre la trajectoire via des indicateurs dynamiques et des tableaux de bord
- ✓ Simuler des scénarios prospectifs pour mesurer les impacts de politiques publiques

Son socle repose sur une intégration multi-sources de données publiques (INSEE, IGN, ADEME, Open Data) et des observatoires régionaux. Ces données sont organisées par modules thématiques (climat, énergie, mobilité, socio-économie...) permettant une visualisation dynamique sous forme de tableaux de bord, de cartes interactives ou de scénarios prospectifs. Le passage en licence libre (aGPL-v3) en 2021 marque une volonté affirmée de transparence, d'interopérabilité et de mutualisation.

Cependant, certains enjeux restent encore sous-représentés dans la structure actuelle de TerriSTORY®. C'est notamment le cas de la fonction climatique des zones humides.

Pour illustrer ce propos, une capture d'écran de la plateforme TerriSTORY se situe en Annexe 6. Le territoire test sélectionné est la Communauté d'Agglomération Rochefort Océan (CARO) en Nouvelle Aquitaine.

Comme le montre clairement l'interface TerriSTORY® présentée en Annexe 6, ces milieux n'apparaissent presque pas du fait des règles de priorité d'affectation des différentes classes d'occupation de sol et du recours à Corine Land Cover (cf précédemment). Le graphique à barres affiché représente les contributions au stockage carbone additionnel par types d'usage du sol et les zones humides ne sont pas représentées alors que près de 38% de la surface intercommunale se situerait en marais. De plus, les données affichées datent de 2022 soit de plus de 3 ans sans réactualisation.

Dans l'objectif d'améliorer la prise en compte des zones humides dans les documents de planification, TerriSTORY semble être un outil open source existant précieux permettant à tous de télécharger les données en tableur ou CSV pour ensuite pouvoir les réorchestrer dans les documents de territoires.

3. Propositions pour une meilleure considération de la fonction climatique des zones humides dans les politiques publiques

a) Une meilleure prise en compte des zones humides par l'outil ALDO et de la plateforme TerriSTORY

➤ Développement d'un module dédié « zones humides »

L'enjeu principal réside dans la création d'un module intégré à ALDO spécifiquement consacré aux zones humides qui apporterait :

- Une typologie différenciée de rang 2 concernant les zones humides, en capacité de distinguer les tourbières, marais sur sols minéraux, prairies humides, zones humides alluviales, zones intertidales, etc... Elle compléterait la classification issue du GIEC de rang 1 (forêt, cultures, prairies, autres) en veillant à ne pas comptabiliser deux fois les mêmes surfaces.
- Des classes de stock spécifiques pour chaque sous-type, intégrant les écarts de densité et de dynamique organique (exemples des tourbières : 600-800 tC/ha à 1 mètre de profondeur selon la synthèse bibliographique sur le carbone et les GES en zones humides et entre 1 200–1 400 tC/ha à plusieurs mètres de profondeur selon Tromont, 2021), en intégrant des valeurs de référence issues d'études locales ou à défaut tirées de la littérature.
- Une enveloppe cartographique de référence plus précise que Corine Land Cover comme les inventaires zones humides ou des prélocalisations (cartographie nationale des milieux humides, CarHab). Une nouvelle version Méléze en 2026 intègre les données d'occupation et de changements d'occupation du sol du CITEPA (Occupation du sol à grande échelle – OCS-GE), selon les mêmes typologies que le GIEC.
- Des facteurs d'émissions liés à la dégradation et au changement d'usages : drainage, eutrophisation, conversion en cultures, mise en plantations, construction de bâtiments ou d'infrastructure (facteurs OMINEA issu de CITEPA ou ADEME).
- Des scénarii de gestion hydrologique avec des courbes de flux paramétrées selon les niveaux de nappe, la restauration, le drainage, etc.
- A terme, l'intégration des autres flux de GES notamment le méthane et le protoxyde d'azote

Une première approche serait de s'inspirer de l'approche du Département du Morbihan, qui distingue les types fonctionnels humides à partir des inventaires du CBNB et permet une première mise en correspondance avec les classes CLC utilisées par ALDO. Plus précisément, la typologie d'habitats et l'ébauche de référentiel national « Carbone et

zones humides » réalisées dans le cadre de l'étude « Carbone et zones humides » de 2025 peut constituer une base de départ.

➤ ***Dynamique spatio-temporelle et paramétrage***

L'outil Aldo gagnerait à intégrer :

- Un système de traçabilité temporelle des différents changements d'occupation, des changements des altérations, de la restauration de certains sites afin d'estimer les flux cumulés de relargage ou de stockage
- Une base de scénarios projetés à 2030–2050 pour modéliser l'impact d'une potentielle stratégie restauration / gestion / préservation des zones humides et les effets potentiels des changements climatiques

Ce type de démarche s'inspirerait de la logique utilisée dans le rapport Tricoche (2024, fig. 15 p. 46), montrant la rupture de dynamique entre deux périodes décennales (2000-2008 et 2008-2017). Ces perspectives sont en cours de réflexion pour alimenter la feuille de route d'amélioration continue de l'outil Aldo pour 2027-2028.

➤ ***Intégration des co-bénéfices***

ALDO pourrait évoluer en intégrant une grille de lecture « co-bénéfices » notamment en s'inspirant de la Méthode Nationale d'Évaluation des Fonctions des Zones Humides³ pour pondérer l'importance d'un milieu selon :

- Sa contribution à la régulation hydrologique (ex. zones tampons)
- Sa richesse écologique (ex. habitats Natura 2000, trames vertes et bleues)
- Sa fonction de régulation microclimatique
- Sa capacité de rétention et d'abattement des polluants

En effet, les zones humides assurent de nombreuses fonctions et fournissent de nombreux services, pouvant varier selon le type et l'état de conservation de la zone humide considérée. Cela permettrait, par exemple, d'aider à la priorisation entre deux zones à même potentiel carbone, mais à bénéfices écosystémiques inégaux, notamment dans le cadre d'une stratégie foncière par exemple.

➤ ***Interopérabilité avec d'autres outils***

L'une des limites soulignées dans les diagnostics territoriaux est l'absence de passerelles techniques entre ALDO et les autres outils mobilisés dans les PCAET comme l'outil ESPASS pour les bilans territoriaux, ClimAgri pour les exploitations agricoles, ABC'Terre pour les simulations de pratiques agricoles sur les stocks, etc.

³ <https://www.zones-humides.org/methode-nationale-d-evaluation-des-fonctions-des-zones-humides>

L'évolution d'ALDO pourrait inclure un format d'export structuré compatible avec ces outils, des correspondances entre typologies et nomenclatures (notamment sur les prairies et les zones humides), l'intégration future dans des plateformes territoriales interopérables de type TerriSTORY. Ces perspectives sont envisagées en 2026 et les années suivantes dans le cadre des mises à jour de l'outil.

➤ **Mobilisation et montée en compétence des acteurs**

D'après le retour d'expérience de la chargée de mission départementale dans le Morbihan, les freins ne sont pas uniquement d'ordre technique mais tiennent aussi à un manque de « culture carbone » au sein des collectivités. Les élus comme les agents techniques sont souvent peu familiarisés avec les logiques de séquestration de carbone, et encore moins avec les dynamiques spécifiques aux milieux humides (effet des fluctuations hydrologiques, respiration aérobie, flux CH₄ ou N₂O potentiels).

Pour y remédier, des actions de formation et de sensibilisation peuvent être envisagées :

- Développement de modules techniques à destination des élus et des techniciens, centrés sur la fonction climatique des zones humides : processus, facteurs d'influence, dégradation, gestion et restauration, bilan carbone et GES.
- Animation de réseaux locaux de praticiens (inspirée de l'approche du PNR Scarpe-Escout de 2021) pour favoriser les mutualisations de méthode et la lisibilité des dispositifs et le transfert de connaissances
- Production de documents vulgarisés (fiches, cas pratiques, infographies) à produire au niveau régional et local en répondant aux enjeux et aux besoins locaux
- Partage d'un vocabulaire harmonisé des types de zones humides applicable au PCAET, au PLUi, au SCoT et aux zonages ENS/ZNIEFF en plus d'une définition commune et partagée sur les zones humides.

En étroite relation avec les propositions formulées pour Aldo, des évolutions peuvent être également suggérées concernant la plateforme TerriSTORY :

- L'interface graphique actuel pourrait évoluer en intégrant des barres spécifiques aux zones humides et en fonction des territoires, donner la possibilité de cibler spécifiquement certains sous types de zones humides. Différentes sources de données fourniront des valeurs de référence de carbone (stock et flux), ou en s'appuyant sur le travail initié dans le cadre de la synthèse bibliographique menée sur le sujet par le Forum des Marais Atlantiques en 2025. Un onglet dédié aux « Zones humides et puits de carbone » pourrait être ajouté dans l'interface, avec des histogrammes de stock évolutifs, des scénarii temporels et des comparatifs intercommunaux. Tout en y incorporant les flux ou encore en proposant d'intégrer les autres GES comme le méthane ou le protoxyde d'azote.

- Une mise à jour du module cartographique pourrait ajouter des couches hydrologiques dynamiques pour anticiper les risques de déstockage suite à l'assèchement de zones humides (activités humaines, changements climatiques).
- L'export proposé dans l'interface (Excel, CSV, GeoPackage) peut faciliter l'interconnexion avec ALDO ou ESPASS, mais aucune couche directe sur les flux hydrologiques ou les typologies humides n'est visible. Une interopérabilité avec le Réseau Partenarial de Données sur les Zones Humides (prochainement Plateforme Unifiée de données sur les milieux humides) pourrait être envisagée.

b) Recommandations pour une prise en compte systémique de l'enjeu « carbone et zones humides » dans les politiques publiques

A partir des réflexions précédemment évoquées et d'échanges avec certaines structures référentes, plusieurs axes d'action ont été identifiés pour structurer la meilleure prise en compte des zones humides dans les politiques publiques. Cela peut correspondre à la fois à intégrer les zones humides dans les politiques publiques climatiques (représentées en marron sur la Figure 7) mais aussi à intégrer la fonction climatique dans les autres politiques publiques (aménagement, agriculture, biodiversité, eau et zones humides, littoral et milieu marin, représentées respectivement en gris, orange, vert ; bleu clair et bleu marine sur la Figure 7).

Les propositions générales formulées ci-dessous ne sont pas exhaustives. Elles incitent à décroisonner et à traiter le sujet de la régulation du climat par les zones humides de manière transversale dans les politiques publiques.

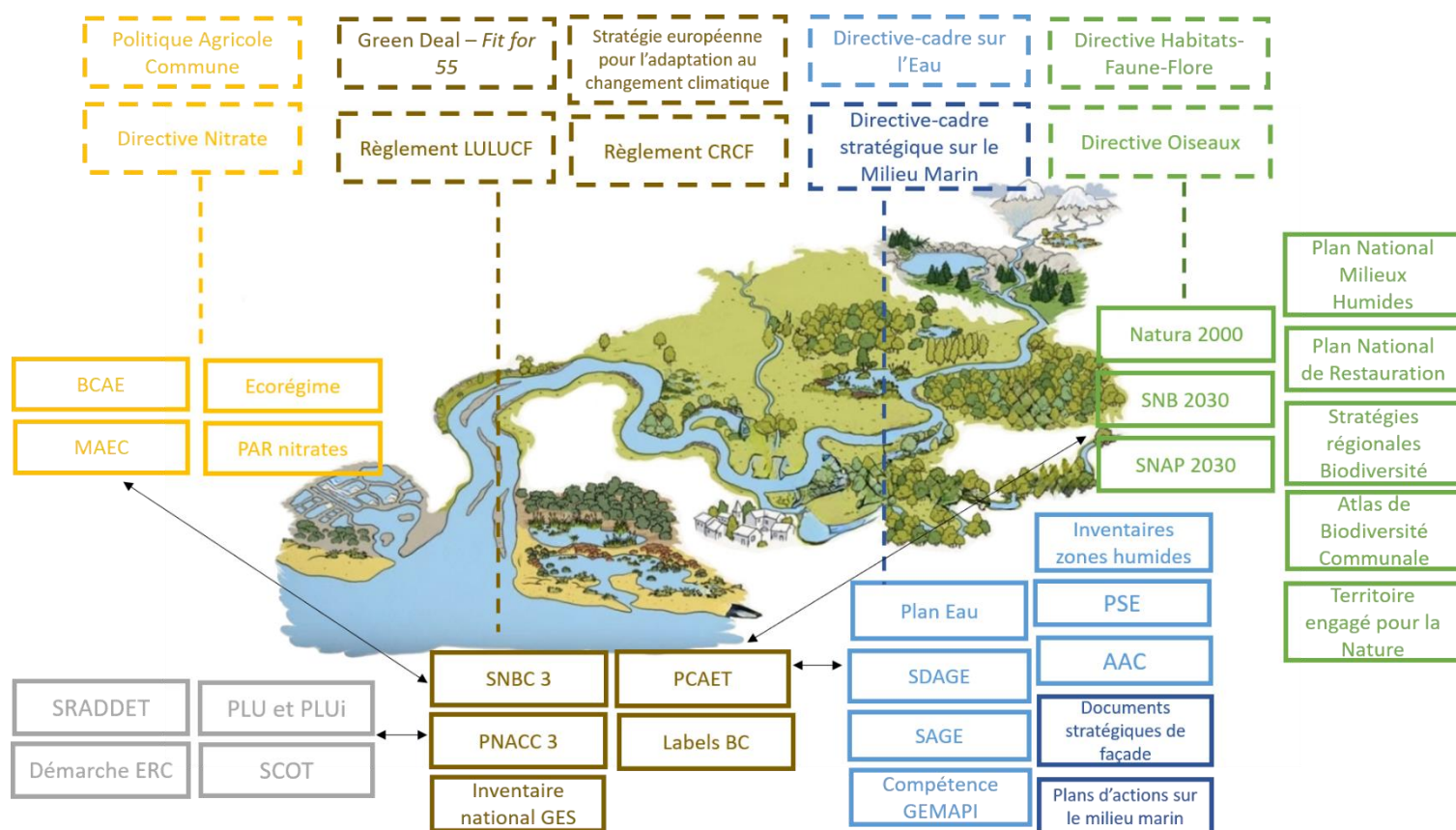


Figure 7 : Articulation des politiques à différentes échelles (échelle européenne en pointillés et échelle française et territoriale en traits pleins) pour une meilleure intégration du rôle des zones humides dans la régulation du climat au sein (tiré de AERMC, 2016 et adapté de Abdul-Malak et al., 2021)

➤ **Prise en compte dans les politiques publiques liées au climat**

- **SNBC 3 et inventaire national des GES**
 - ✓ Harmoniser les définitions et les valeurs climatiques de référence des zones humides entre les politiques publiques liées au climat, à l'eau, à l'agriculture, à la biodiversité
 - ✓ Intégrer pleinement les zones humides dans la SNBC 3 et le budget carbone de la France (dimension « émissions de GES » concernant les zones humides dégradées et dimension « puits de carbone » pour les zones humides préservées et restaurées)
 - ✓ Estimer des facteurs d'émissions par type de zones humides, type d'altérations et changements d'occupation du sol dans le cadre de l'inventaire national des GES
 - ✓ Insister sur l'importance de préserver les stocks de carbone (émissions évitées) et les capacités de séquestration des zones humides fonctionnelles (retrait net à long terme), en plus de prendre en compte les flux de GES dans le cadre de l'inventaire national

- *PNACC 3 – Plan National d'Adaptation au Changement Climatique*
 - ✓ Mettre en avant les zones humides comme solutions d'adaptation mais aussi d'atténuation face au changement climatique
 - ✓ Faire apparaître la préservation, la gestion appropriée et la restauration des zones humides comme des solutions « sans regret » au regard de la multiplicité des services rendus par les zones humides et des co-bénéfices

- *Labels bas-carbone*
 - ✓ Faire valoir l'intérêt des méthodes centrées sur les zones humides et les écosystèmes par rapport aux puits technologiques, à la manière de la méthode en cours de validation sur la restauration hydraulique des tourbières dégradées, développée par la Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels
 - ✓ Développer des labels bas-carbone pour la préservation des stocks de carbone et pas uniquement focalisés sur la restauration
 - ✓ Développer des méthodes pour sécuriser un modèle de cofinancement local visant au maintien de pratiques agricoles favorables, à une meilleure gestion des zones humides et à la restauration de zones humides
 - ✓ Elaborer des contrats multibénéfices individuels et collectifs (eau-biodiversité-carbone), articulant MAEC, PSE et labels bas-carbone et valorisant la multifonctionnalité des zones humides en plus de leur rôle majeur dans la régulation du climat
 - ✓ Intégrer les flux et les stocks de carbone liés aux zones humides agricoles et forestières dans les outils de diagnostic carbone existant (CAP'2ER, ABC'Terre, CLIMAGRI, etc...)

- *PCAET*
 - ✓ Utiliser les données des inventaires zones humides ou de prélocalisation en cas d'absence d'inventaire sur le territoire afin de constituer l'enveloppe cartographique de référence
 - ✓ Prendre en compte les zones humides dans le diagnostic territorial notamment les stocks de carbone et les flux de GES via :
 - L'outil ALDO (ADEME) pour le stock initial et les flux.
 - Données complémentaires (RMQS, données locales, projets de recherche) sur les stocks et les flux, associées à des typologies de zones humides définies localement en prenant en compte les référentiels existants en cours de développement
 - ✓ Incrire la préservation et la restauration de zones humides dans les orientations stratégiques des PCAET

- ✓ Définir des objectifs et des programmes d'actions de préservation, de gestion extensive et de restauration des zones humides

➤ **Prise en compte dans les politiques publiques liées à l'aménagement**

- *Démarche ERC – Eviter Réduire Compenser*
 - ✓ Intégrer toutes les composantes de la fonction climatique des zones humides dans la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (diagnostic fonctionnel, ratio fonctionnel, interface de dimensionnement, etc...), ainsi que les effets sur les autres fonctions
 - ✓ Eviter la dégradation de stocks de carbone en zones humide et réduire au maximum les impacts
 - ✓ En dernier recours, compenser les surfaces de zones humides détruites en veillant à restaurer les processus nécessaires au stockage de carbone à long terme et la limitation des émissions de GES
 - ✓ Suivre sur le long terme (au moins 10 à 20 ans) les effets réels de la compensation par rapport aux stocks initiaux de carbone et aux émissions de GES occasionnées
- *SRADDET – Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires*
 - ✓ Intégrer la fonction climatique des zones humides dans les orientations prescriptives, le fascicule de règles du SRADDET et la Trame Verte et Bleue régionale
 - ✓ Croiser avec les objectifs ZAN (Zéro Artificialisation Nette) pour préserver les zones humides de l'artificialisation
- *SCoT – Schéma de Cohérence Territoriale*
 - ✓ Intégrer les zones humides dans les trames vertes et bleues et éventuellement créer une sous-trame spécifique "trame humide climatique" dans les orientations environnementales du SCoT
- *PLU / PLUi / PLUm – Plans Locaux d'Urbanisme*
 - ✓ Définir des Orientations d'Aménagement et de Programmation sur les zones humides en prenant en compte l'enjeu climatique, adossées aux PLUi.
 - ✓ Créer une sous-destination inconstructible pour les zones humides du territoire suite à la réalisation d'un inventaire des zones humides

➤ **Prise en compte dans les politiques publiques liées à l'agriculture**

- *Politique agricole commune*
 - ✓ Réviser le zonage sur la BCAE2 « Protection des zones humides et des tourbières » pour l'étendre au-delà des sites Ramsar et des habitats tourbeux
 - ✓ Ajouter des obligations associées à la BCAE2 en lien avec le déstockage de carbone en zones humides (ne pas retourner les prairies, couverture des sols minimale en cultures, fertilisation azotée ou phosphorée raisonnée voir absente)
 - ✓ Définir un bonus de l'écorégime pour la préservation des stocks de carbone existants et la séquestration additionnelle de carbone en zones humides
 - ✓ Prendre en compte le volet climat dans les Commissions Régionales Agro-Environnementales et Climatiques en particulier au sein des Projets Agro-Environnementaux et Climatiques « Eau » et « Biodiversité » (définition des enjeux, périmètres géographiques, financement dédié)
 - ✓ Prendre en compte le volet climat des Mesures Agro-Environnementales Climatiques notamment les MAEC « Eau » et « Biodiversité » (formations dédiées, engagements favorables au climat revalorisés au regard du bénéfice climatique, restriction de la fertilisation azotée minérale)

- *Programmes d'Actions Régionaux « Nitrates » :*
 - ✓ Interdire le retournement de prairies humides et du drainage des zones humides de manière générale
 - ✓ Limiter la fertilisation azotée minérale et le travail du sol en zones humides cultivées
 - ✓ Contraindre à la couverture maximale des sols et à l'enfouissement des résidus de cultures des zones humides cultivées

➤ **Prise en compte dans les politiques publiques de l'eau**

- *Plan Eau*
 - ✓ Accorder une place importante à la préservation, à la gestion adéquate et à la restauration de zones humides en tant que solutions d'adaptation fondées sur la nature (SFN) mais aussi comme solutions naturelles pour l'atténuation du climat

- ✓ Mieux identifier et valoriser le rôle des zones humides pour la régulation du climat selon une approche multi-services en prenant en compte les autres services rendus par les zones humides (épuration de l'eau, support de biodiversité, écrêtement des crues, recharge de nappe, etc...)
- *Inventaires des zones humides*
 - ✓ Etablir des correspondances données inventoriées, typologies et référentiels « carbone et zones humides » pour valoriser les données des inventaires zones humides déjà existants
 - ✓ Elaborer de critères supplémentaires de caractérisation dans les nouveaux inventaires zones humides pour l'estimation des stocks et des flux de carbone à l'image des inventaires de stocks de carbone en tourbières initié par la thèse de Lise Pinault
 - ✓ Mettre en avant le rôle des zones humides pour la régulation du climat comme argument supplémentaire à la réalisation d'inventaires
- *SDAGE, SAGE et GEMAPI*
 - ✓ Définir des orientations stratégiques et des objectifs climatiques en lien avec les zones humides dans les SDAGE et prendre en compte cet aspect dans les aides octroyées par les Agences de l'eau
 - ✓ Définir des orientations stratégiques et des mesures dans les règlements dans les SAGE en lien avec la fonction climatique des zones humides
 - ✓ Intégrer l'enjeu carbone dans les programmes d'actions liées à la gestion et à la restauration des zones humides et marais (programmes pluriannuels de gestion, contrat territorial, contrat de progrès territorial, contrat territorial eau et climat, plan de gestion stratégique des zones humides, contrat de marais, etc...)
- *Paiement pour Services Environnementaux*
 - ✓ Développer et déployer des dispositifs de Paiements pour Services Environnementaux (PSE) en zones humides, soutenus par les Agences de l'Eau, en intégrant des critères et bonus pour des actions favorables à la préservation des stocks existants, à la séquestration additionnelle de carbone et à la diminution des flux de GES
 - ✓ Elaborer des contrats multi-services individuels et collectifs (eau-biodiversité-carbone), articulant MAEC, PSE et labels bas-carbone

- *Aires d’Alimentation et de Captage*
 - ✓ Mettre en avant l’argument climatique pour inciter à l’amélioration de la qualité de l’eau en particulier en ce qui concerne les zones humides se situant sur des aires d’alimentation et de captage
 - ✓ Prendre en compte l’enjeu climatique lorsque des prélèvements d’eau ont lieu en zones humides

- ***Prise en compte dans les politiques publiques liées au milieu marin et côtier***
 - *Documents stratégiques de façade (DSF) et plans d’actions sur le milieu marin (PAMM)*
 - ✓ Mettre en avant le carbone bleu dans les orientations stratégiques des DSF et des PAMM
 - ✓ Intégrer l’importance de la considération du continuum terre-mer et du bassin-versant pour la compréhension des processus impliqués dans la régulation du climat au niveau des zones humides côtières

- ***Prise en compte dans les politiques publiques liées à la biodiversité***
 - *Sites Natura 2000*
 - ✓ Intégrer l’enjeu carbone des zones humides aux DOCOB (diagnostic, mesures de gestion et de conservation)
 - ✓ Prendre en compte la fonction climatique des zones humides dans la démarche d’évaluation des incidences Natura 2000
 - ✓ Mettre au point des contrats Natura 2000 et des chartes Natura 2000 visant à préserver la biodiversité mais aussi le carbone

 - *Stratégie Nationale Biodiversité 2030*
 - ✓ Inscrire de manière transversale l’enjeu climatique lié aux zones humides dans la SNAP 2030, le plan national « Agir pour restaurer la nature », le 4^{ème} PNMH et d’autres actions découlant de la SNB
 - ✓ Lutter contre les impacts climatiques importés touchant les zones humides en particulier en ce qui concerne la déforestation, l’extraction de tourbe et la destruction de mangroves pour l’aquaculture

 - *Stratégie Nationale pour les aires protégées 2030*
 - ✓ Faire des aires protégées des laboratoires de l’atténuation du changement climatique en particulier en zones humides et

- expérimenter des leviers d'actions potentiels pour influencer sur les processus en œuvre
- ✓ Traiter la fonction climatique des zones humides comme indicateurs de performance écologique
 - ✓ Intégrer les flux de GES dans les bilans annuels ou quinquennaux que ce soit au niveau des écosystèmes gérés ou de l'impact des pratiques de gestion et des travaux de restauration
- *4^{ème} Plan National Milieux Humides*
 - ✓ Maintenir et étendre le financement de l'élaboration de label bas-carbone concernant différents types de zones humides (action 21) à l'image de la méthode sur la restauration hydrologique de certaines tourbières dégradées
 - ✓ Intégrer la fonction climatique des zones humides dans les actions portant sur la préservation (actions 1, 2, 4, 5, 11, 12), la gestion adaptée (9, 14, 15, 17, 18) et la restauration de zones humides (7, 8, 16, 19), ainsi que les actions portant sur l'amélioration et la diffusion des connaissances (24, 25, 27, 28, 29, 30, 31)
 - *Plan National de Restauration la Nature à compter de 2027*
 - ✓ Rehausser l'ambition de restauration de zones humides dégradées d'intérêt communautaire en particulier des tourbières agricoles mais également sur d'autres types de zones humides jugées moins remarquables
 - ✓ Identifier des actions de restauration favorables au climat mais aussi aux autres services rendus par les zones humides (épuration de l'eau, support de biodiversité, écrêtement des crues, recharge de nappe, etc...)
 - ✓ Saisir l'opportunité de restaurer à grande échelle les écosystèmes pour suivre les effets du climat sur les zones humides et des zones humides sur le climat *via* des indicateurs à développer par type de zones humides
 - ✓ Estimer les impacts « carbone » liées aux travaux de restauration de zones humides
 - *Stratégies Régionales Biodiversité (SRB) et Territoires Engagés pour la Nature (TEN)*
 - ✓ Intégrer l'enjeu carbone dans les orientations, les objectifs et les mesures préconisés par les SRB
 - ✓ Valoriser les Solutions fondées sur la Nature favorables à la biodiversité et présentant d'autres co-bénéfices en particulier climatiques au sein de la démarche « Territoire engagé pour la Nature »

- *Atlas de biodiversité communale (ABC)*
 - ✓ Valoriser les données récoltées dans le cadre de la mise en œuvre des ABC, en synergie avec les co-bénéfices climatiques
 - ✓ Définir des plans d'action et feuilles de route « biodiversité » intégrant l'enjeu carbone en particulier concernant les zones humides

Conclusion

Les travaux menés sur les territoires du Morbihan, du PNR Scarpe-Escaut et en Nouvelle-Aquitaine démontrent que les zones humides représentent un levier stratégique encore largement sous-estimé dans les démarches territoriales bas-carbone. Leur rôle important dans la régulation du climat, leur sensibilité aux perturbations d'usage et leur sous-représentation dans les outils de diagnostic actuels en font un sujet prioritaire vers une consolidation méthodologique et de mise en application.

L'outil ALDO, bien qu'efficace pour amorcer un diagnostic multi-réservoirs à l'échelle des EPCI, doit aujourd'hui évoluer pour répondre aux spécificités écologiques et biogéochimiques des milieux humides. L'absence de typologie et d'enveloppe cartographique de référence, de valeurs de référence dédiée aux différents types de zones humides existantes, le gel des variations, et l'absence d'interopérabilité avec les autres outils limitent considérablement son potentiel. Les propositions formulées dans ce document comme la création d'un module zones humides dédié alimentent dans un travail méthodologique plus global mené par le CITEPA dans le cadre de l'inventaire national des émissions de GES pour mieux intégrer les flux d'émissions et de séquestration des zones humides.

Un meilleur diagnostic sur le rôle climatique des zones humides pourrait constituer un prélude à des mesures protectrices ou bénéfiques au carbone dans les ZH que ce soit dans les politiques publiques locales liées à l'eau, aux zones humides, au littoral et au milieu marin, à la biodiversité, à l'agriculture, à l'aménagement ou au climat.

Faire converger la planification climat, la gestion de la biodiversité, les politiques de l'eau et de l'usage sols autour d'un objectif commun de neutralité carbone territoriale semble envisageable. Les zones humides, du fait de leur rôle important pour la régulation du climat et de leurs multiples co-bénéfices, apparaissent comme des écosystèmes tout à fait appropriés pour faire converger et mieux articuler les différentes politiques publiques à différentes échelles sous le prisme du carbone.

Bibliographie

- ADEME. (2021). *Présentation de l'outil ALDO – Analyse des Lieux pour le Diagnostic Opérationnel*.
- ADEME. (2023). *Guide méthodologique pour l'évaluation des puits de carbone territoriaux*. Agence de la transition écologique.
- AREC Nouvelle-Aquitaine. (2023). *Base de données territoriale Carbone et Zones humides*. Agence Régionale d'Évaluation Environnement et Climat.
- Aselmann, I., & Crutzen, P.J. (1989). Global distribution of natural freshwater wetlands and rice paddies, their net primary productivity, seasonality and possible methane emissions. *Ecological Modelling*, 46 (3–4), 343–373. <https://doi.org/10.1007/BF00052709>
- Bridgman, S. D., Magonigal, J. P., Keller, J. K., Bliss, N. B., & Trettin, C. (2006). The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands*, 26 (4), 889-916. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[889:TCBONA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[889:TCBONA]2.0.CO;2)
- CITEPA. (2022). *Facteurs d'émission OMINEA – Secteur LULUCF*. Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique.
- CITEPA. (2025). *Rapport Secten – Emissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques 1990-2024*. <https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/secten/>
- Davidson, N. C., Fluet-Chouinard, E. et Finlayson, C. M. (2017). Global extent and distribution of wetlands: trends and issues. *Marine and Freshwater Research*, 69 (4), 620–627. <https://doi.org/10.1071/MF17019>
- EFSE. (2019). *Évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques – Rapport sur les zones humides*. Ministère de la Transition écologique.
- Evans, C. D., Peacock, M., Holden, J., Chapman, P. J., Burden, A., Callaghan, N., ... & Artz, R. R. E. (2021). Overriding CO₂ emissions from declining methane sinks in peatlands. *Nature*, 593 (7858), 548–552. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1>
- Mitra, S., Wassmann, R., & Vlek, P. (2005). An Appraisal of Global Wetland Area and Its Organic Carbon Stock. *Current Science*, 88 (1), 25-35. https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/3292160
- Mitsch, W.J. et Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. 5th Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. <https://www.wiley.com/en-gb/Wetlands%2C+5th+Edition-p-9781119019787>
- Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., Béguin, E., Bertrand, M., Bockel, L., ... & Wattenbach, M. (2020). *Stocker du carbone dans les sols français : Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?* INRAE.
- Saunois, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Raymond, P. A., Dlugokencky, E. J., Houweling, S., Patra, P. K., Ciais, P., Arora, V. K., Bastviken, D., Bergamaschi, P., Blake, D. R., Brailsford, G., Bruhwiler, L., Carlson, K. M., Carrol, M., ... Zhuang, Q. (2020). The Global Methane Budget 2000–2017. *Earth System Science Data*, 12 (3), 1561-1623. <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>
- Tricoche, M. (2024). *Évaluation du stock de carbone dans les zones humides du Morbihan* [Rapport technique]. Département du Morbihan.
- Tromont, R. (2021). *Diagnostic Carbone du PNR Scarpe-Escaut* [Rapport technique]. Parc naturel régional Scarpe-Escaut.
- Villa, J. A. et Bernal, B. (2018). Carbon sequestration in wetlands, from science to practice: An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework. *Ecological Engineering*, 114, 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.037>
- Whiting, G. J., & Chanton, J. P. (2001). Greenhouse carbon balance of wetlands: Methane emission versus carbon sequestration. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 53 (5), 521-528. <https://doi.org/10.3402/tellusb.v53i5.16628>

Annexes

ANNEXE 1 : TABLEAU DE SYNTHÈSE DES PROPOSITIONS SUR LES POLITIQUES PUBLIQUES ISSUES DES QUESTIONNAIRES ET DES ENTRETIENS

<i>Thématique</i>	<i>Propositions/idées</i>	<i>Explication et impacts attendus</i>
Protection et préservation	Renforcer la réglementation sur les zones humides, limiter les activités « nuisibles » (photovoltaïque, éoliennes)	La conservation des zones humides est essentielle pour maintenir leur rôle écologique. Cependant, les réglementations doivent être mieux appliquées et contrôlées.
Incitations économiques	Mettre en place des aides financières pour les gestionnaires, instaurer des incitations fiscales, renforcer les dispositifs comme le paiement pour services environnementaux (PSE)	Un soutien et un système financier solide encouragerait la gestion durable des zones humides et garantirait leur préservation à long terme. Evolution des réglementations.
Sensibilisation et formation	Éduquer le grand public et les élus, organiser des conférences et des journées techniques, intégrer la thématique dans la formation des agents de terrain	Une meilleure connaissance des enjeux permettrait aux décideurs et aux citoyens de prendre la mesure de l'enjeu pour construire, avec du temps, un comportement en faveur de la préservation des zones humides.
Intégration dans les politiques publiques	Inscrire plus <u>systematiquement</u> les zones humides dans les documents d'urbanisme (PLU, SCOT, PCAET),	Une reconnaissance institutionnelle plus forte notamment sur les Co-Bénéfice renforcerait leur champs protection et faciliterait la mise en place de stratégies de préservation.
Recherche et connaissance	Mener des études sur le stockage de carbone, créer des indicateurs de suivi fiable, améliorer la cartographie et les inventaires des zones humides	Des données précises et accessibles sont indispensables pour éclairer les décisions politiques et démontrer les bénéfices des zones humides.

ANNEXE 2 : SYNTHÈSE DES INITIATIVES RECENSEES DANS LA BASE DE DONNEES DE L'AREC-NA CONCERNANT LE THEMATIQUE CARBONE

<i>Structures concernées</i>	<i>Les objectifs qu'ils ont identifiés</i>	<i>Comment ils ont fait ?</i>
CC de la Vallée de l'Homme, CC du Pays Loudunais, CU Limoges Métropole	Renforcer les formations sur la gestion forestière durable et faciliter l'accès aux aides financières	Organisation de formations dédiées aux propriétaires forestiers avec l'appui du CRPF et des experts du secteur
CC Sarlat-Périgord Noir, CC de la Vallée de l'Homme	Étendre le Label Bas Carbone et inciter les collectivités à l'intégrer dans leurs politiques	Promotion locale du Label Bas Carbone avec des dispositifs d'incitation pour les propriétaires forestiers
CC du Pays Loudunais, CA du Grand Villeneuvois, CC Vienne et Gartempe	Expérimenter des cultures adaptées au climat et subventionner la transition vers l'agriculture régénérative	Sensibilisation des agriculteurs aux pratiques favorables au stockage du carbone et mise en place de programmes de soutien financier
CA de la Rochelle, CC du Pays Loudunais, CC Vienne et Gartempe	Renforcer la réglementation pour protéger les espaces humides et créer des incitations économiques pour leur préservation	Intégration des zones humides dans les documents d'urbanisme, suivi réglementaire et mesures de soutien financier
Bordeaux Métropole, CA du Niortais, CC de l'Île d'Oléron	Cibler les zones urbaines dégradées et développer des plans de plantations avec la participation des citoyens	Lancement de programmes de végétalisation urbaine, incitation à la plantation participative avec des habitants
CA Pau Béarn Pyrénées, CA du Grand Cognac, Bordeaux Métropole	Instaurer des critères carbonés obligatoires dans les PLUi et encourager l'utilisation de matériaux biosourcés	Prise en compte des enjeux climatiques dans les réglementations d'urbanisme et introduction des matériaux bas carbone
CA de la Rochelle, CC du Pays Loudunais, CC des Grands Lacs	Étendre les études territoriales et établir un suivi annuel des capacités de séquestration	Élaboration de diagnostics carbone sur les sols et les milieux naturels avec suivi annuel des évolutions
CC du Pays Loudunais, CC Fumel Vallée du Lot	Simplifier les démarches administratives pour inciter davantage de propriétaires forestiers à s'engager dans les crédits carbonés	Mise en place de dispositifs d'accompagnement et communication auprès des propriétaires pour valoriser les crédits carbonés
CA de la Rochelle, CC des Grands Lacs, CC de l'Île d'Oléron	Développer des projets pilotes pour tester différentes approches de conservation et maximiser le stockage carbone	Lancement d'expérimentations sur la séquestration du carbone dans les milieux humides et forestiers
CA du Pays Basque, CA de la Rochelle, CC des Grands Lacs	Mettre en place un cadre de gouvernance clair impliquant collectivités, chercheurs et acteurs locaux pour la gestion des milieux aquatiques	Coordination entre collectivités, chercheurs et gestionnaires pour élaborer des stratégies de conservation adaptées ²⁰

ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES INITIATIVES RECENSEES DANS LA BASE DE DONNEES DE L'AREC-NA CONCERNANT LE THEMATIQUE STOCKAGE CARBONE/ESTIMATION CARBONE

CC du Seignaux	Réaliser une cartographie de la séquestration carbone	Collecte de données territoriales et utilisation d'outils SIG pour identifier et visualiser les zones à fort potentiel de séquestration.
CC du Thouarsais	Projet ABC Terre – Diagnostic, suivi et simulation des scénarios d'évolution du stockage carbone en secteur agricole	Formation d'un animateur référent, mobilisation des agriculteurs, réalisation d'un diagnostic initial des stocks et flux, mise à jour après évolution des pratiques, et modélisation avec simulation de scénarios futurs.
CC Vienne et Gartempe	Réaliser des diagnostics carbone (bilan des matériaux et produits issus des forêts)	Recueil et analyse de données sur les stocks de carbone dans les forêts et matériaux bois, suivi des pratiques de gestion, et accompagnement pour remettre en production les parcelles dégradées.
CC des Grands Lacs	Diagnostic relatif à la séquestration carbone en espaces agricoles, sylvicoles et naturels	Évaluation des bilans carbone par hectare en analysant l'usage des sols, recensement des pratiques et comparaison entre différents milieux pour estimer les flux de carbone.
CA de la Rochelle	Évaluer et accroître les capacités de séquestration carbone des réservoirs du territoire	Collaboration avec des équipes scientifiques pour modéliser les flux, production d'un atlas cartographique des zones prioritaires et intégration des résultats dans la planification territoriale.
CC du Pays Loudunais	Mobiliser les crédits carbone forestiers via l'estimation des stocks de carbone	Déploiement d'outils de diagnostic pour quantifier les stocks de carbone dans les forêts, simplification des démarches administratives et accompagnement des propriétaires pour activer le mécanisme de compensation bas carbone.

ANNEXE 4 : SYNTHÈSE DES INITIATIVES RECENSEES DANS LA BASE DE DONNEES DE L'AREC-NA CONCERNANT LE THEMATIQUE ZONES HUMIDES

Structures concernées	Initiatives et Actions sur les zones humides	Comment s'est mis en place ?
Sybarval	Reconstituer les zones humides et les boisements vecteurs de services	Lancement d'une campagne de prévention et d'information, associée à la montée en compétences des acteurs locaux et associations pour valoriser ces milieux.
CA du Niortais	Préserver, maintenir et renforcer les milieux humides capteurs de carbone	Réalisation d'une étude préalable incluant un inventaire et un diagnostic, suivie d'actions de communication et de mesures de suivi de la qualité des zones.
CC Vienne et Gartempe	Restaurer et préserver les zones humides	Intégration de la préservation de ces milieux dans les contrats territoriaux (Vienne Aval et Gartempe) et dans les documents d'urbanisme afin de limiter leur artificialisation.
CC Sarlat-Périgord Noir	Protection des ressources en eau et des zones humides	Mise en œuvre d'actions de protection et d'acquisition, accompagnées d'un inventaire cartographique pour mieux gérer et suivre ces milieux stratégiques.

ANNEXE 5 : TYPOLOGIE DES TYPES D'OCCUPATIONS DU SOL RECENSEES DANS ALDO (NIVEAU 1 ET 2)

Nomenclature niveau 1	Nomenclature niveau 2	Descriptif
Forêt	Forêt - mixte	Formations végétales composées de peuplements mixtes (feuillus et résineux mélangés)
Forêt	Forêt - feuillu	Formations végétales composées de peuplements majoritairement feuillus (> 75 %)
Forêt	Forêt - conifère	Formations végétales composées de peuplements majoritairement résineux (> 75 %)
Forêt	Forêt - peupleraie	Peupleraie
Zones humides	Zones humides	Ensemble des marais, tourbières, cours et voies d'eau.
Culture	Cultures	Ensemble des terres arables et de zones hétérogènes essentiellement agricoles

Prairie	Prairie - herbacée	Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole, pelouses et pâturages naturels.
Prairie	Prairie - arbustive	Formations végétales basses et fermées (landes et broussailles).
Prairie	Prairie - arborée	Végétation sclérophylle et persistante, y compris maquis et garrigues.
Vergers	Vergers	Parcelles plantées d'arbres fruitiers, y compris les châtaigneraies, noiseraies et oliveraies.
Vignes	Vignes	Parcelles plantées de vignes.
Haies	Haies	Haies linéaires, arbres alignés et bosquets
Sols artificiels	Sols artificiels Imperméabilisés	Espaces dont l'imperméabilisation couvre la quasi-totalité du sol : espaces urbains, zones industrielles, commerciales, réseau de transport, mines, décharges et chantiers.
Sols artificiels	Sols artificiels - Enherbés et arbustifs	Espaces urbains dont la végétalisation ou le sol nu couvre des surfaces non négligeables, comme des petits parcs et jardins
Sols artificiels	Sols artificiels - Arborés	Espaces verts urbains.

ANNEXE 6 : CAPTURE D'ÉCRAN ISSU DU SITE INTERNET TERRISTORY REPRESENTANT LE STOCKAGE DU CARBONE ADDITIONNEL SUR LA CA ROCHEFORT Océan

