



DREAL Nouvelle-Aquitaine  
Direction régionale de l'environnement,  
de l'aménagement et du logement

# STRUCTURER L'ACTION CLIMAT AUTOUR DES ZONES HUMIDES : CONNAISSANCES, OUTILS ET DYNAMIQUE COLLECTIVE

ÉTUDE « CARBONE ZONES HUMIDES » – DECEMBRE 2025



LUCAS DEGOS - FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES

## Préambule

Les zones humides constituent l'un des piliers écologiques de la transition environnementale. Longtemps perçues comme des espaces marginaux, elles s'imposent désormais comme des régulateurs majeurs du cycle de l'eau, du carbone et de l'azote. À l'heure où la France s'engage dans l'atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050, leur rôle dans la séquestration et la régulation des gaz à effet de serre (GES) devient un enjeu stratégique. Cette situation traduit un intérêt de plus en plus important, mais encore limitée par le manque de connaissances, de cadre méthodologique et de pilotage institutionnel. Les zones humides sont encore trop souvent appréhendées sous l'angle de la biodiversité ou de la gestion de l'eau, rarement sous le prisme du climat.

En 2025, dans un contexte d'accélération des changements globaux, une étude a été engagée par le Forum des Marais Atlantiques (FMA) pour explorer les liens entre le carbone, gaz à effet de serre et zones humides. Cette étude s'inscrit dans une dynamique collective, pilotée par un comité scientifique et technique, et enrichie par une synthèse bibliographique.

Le projet vise à approfondir la connaissance sur le rôle des zones humides dans la régulation du climat, en mobilisant à la fois la littérature scientifique et grise, française et internationale. Il s'agit de centraliser et structurer les savoirs existants (Axe 1), tout en identifiant les lacunes de connaissances et les incertitudes actuelles, afin d'orienter la recherche appliquée future (Axe 3).

Un accent est également mis sur le transfert et l'appropriation de ces connaissances (journée technique, webinaire, documents de vulgarisation) vers les acteurs des territoires (gestionnaires, collectivités), afin qu'elles soient directement mobilisables dans leurs actions. Cela passe notamment par la prise en compte des besoins, attentes et perceptions de ces acteurs, dans une logique de co-construction. Afin de mieux identifier les attentes, les besoins et les problématiques rencontrés par les techniciens travaillant en lien avec les zones humides, un questionnaire a été diffusé entre le 29 avril et le 16 juin 2025 pour 175 réponses collectées (Axe 2).

L'analyse bibliographique et les échanges avec divers experts ont permis de mettre en avant le peu d'attention portée aux zones humides hors tourbières et « carbone bleu ». Nous identifions ci-après un certain nombre de manques de connaissance et des pistes pour y remédier en prenant en compte les résultats de l'enquête menée en parallèle.

## 1. Un rôle des zones humides dans la régulation du climat mal connu

### a) Des données locales manquantes

Les zones humides renvoient à une variété de milieux littoraux et continentaux présentant des différences majeures entre eux (vasières, herbiers, prés salés, roselières, prairies humides, landes humides, tourbières, forêts alluviales, mares, etc...), ce qui influence fortement les valeurs de stocks, de séquestration, de captation de carbone et d'émissions de GES. Tous les types de zones humides gagneraient à être mieux connus de manière générale par des suivis fins à l'échelle française. Certains types de zones humides souffrent d'un manque notable de données locales comme les vasières, les roselières, les prairies humides, les fossés, les mares, les landes humides, les fourrés ripicoles et les forêts alluviales.

De plus, la forte variabilité temporelle et l'importante hétérogénéité spatiale des zones humides (y compris pour un même type de zone humide) implique de disposer des mesures directes, que ce soit sur les stocks ou les flux de GES. Des campagnes de terrain à grande échelle, à l'image de ce qui a été initié sur les stocks de carbone en tourbières par la thèse de Lise Pinault, sont nécessaires pour établir des valeurs de référence par type de zones humide mais aussi par grande région biogéographique (par exemple : océanique, continentale, méditerranéenne et alpine pour la France Métropolitaine).

Les mesures de flux nécessitent une haute fréquence de prélèvement sur une durée longue pour prendre en compte la variabilité journalière, mensuelle, saisonnière et interannuelle. Le recours à des tours à Eddy-covariance ou à des dispositifs de chambres à flux couplés à des modèles peuvent permettre de dresser un bilan carbone et GES annuel à l'échelle de l'écosystème.

### b) Des processus biogéochimiques encore mal connus

Les études françaises se concentrent principalement sur le CO<sub>2</sub>, mais rarement sur le CH<sub>4</sub> et encore moins sur le N<sub>2</sub>O, pourtant à fort potentiel de réchauffement. Les approches multi-GES et multi-compartiment (sol, atmosphère, hydrosphère, biosphère) demeurent très rares. De ce fait, les estimations globales manquent souvent de robustesse. Les émissions de CH<sub>4</sub> par ébullition dans les secteurs restant en eau ou par les plantes des zones humides (aérenchymes, lenticelles, troncs, etc...) sont souvent peu considérées, ainsi que les relations entre eau de surface et eau souterraine et les flux latéraux. L'influence des flux latéraux dans le bilan carbone de l'écosystème est également peu prise en compte (TOC, DIC, TA, précipitation de CaCO<sub>3</sub>) que ce soit par des entrées ou des sorties de carbone.

La prise en compte de facteurs d'influence (température, teneur en oxygène, potentiel redox, niveau de la nappe, teneur en humidité, pH, salinité, type de végétation, type de communauté microbienne, type de sol, relations trophiques, etc...) et des changements climatiques sur les processus biogéochimiques par type de zones humides reste à approfondir.

### **c) Une faible prise en compte de l'état de conservation et de dégradation**

Certaines zones humides peuvent agir comme puits lorsque les conditions d'engorgement sont stables, mais peuvent devenir sources importantes dans une période de stress hydrique ou sous l'action d'une pression anthropique. Un même type de zone peut ainsi être puits ou source de carbone selon son état de dégradation. L'état de dégradation renvoie à des altérations anthropiques d'intensité plus ou moins marquée (drainage, mise en culture, foresterie, pâturage intensif, etc...), ce qui nécessiterait de disposer de valeurs également par type d'altération en plus du type de zone humide pour disposer d'un panorama complet. De plus, selon la gestion mise en œuvre, les conséquences ne sont pas les mêmes pour les processus biogéochimiques mis en œuvre. Dans la même idée, les zones humides en bon état et les zones humides restaurées (donc préalablement dégradées) pourraient être distinguées étant donné que les processus biogéochimiques de zones humides au fonctionnement « naturel » peuvent prendre des décennies à se remettre en place suite à une restauration. Le type de restauration mis en œuvre et le temps suite à la restauration pourraient constituer un filtre supplémentaire selon les situations rencontrées en plus de considérer le type de zones humides. En se projetant dans le climat futur à partir des scénarii du GIEC, l'influence des changements climatiques pourrait être pris en compte également avec des effets différenciés selon le type de zones humides et le type et l'intensité du ou des effets considérés.

## **2. Consolider et développer les bases méthodologiques pour intégrer le carbone des zones humides dans les politiques publiques et les stratégies locales**

### **a) Poursuite de la cartographie et de la caractérisation des zones humides**

Les zones humides, avant d'être étudiées précisément, doivent être cartographiées, en premier lieu au travers des inventaires zones humides. Le Réseau Partenarial de Données sur les Zones Humides (RPDZH), prochainement Plateforme Unifiée de données sur les Milieux Humides (PLUMH), permet de consulter en ligne l'ensemble des connaissances connues relatives aux zones humides telles que les inventaires, en gardant à l'esprit que cela reflète l'état de la connaissance à un moment donné. Près de 2 300 000 ha de zones

humides effectives et 57 200 ha de plans d'eau sont recensés dans le RPDZH en date de juillet 2025, pour environ les 2/3 de la France Métropolitaine inventoriée. La poursuite des inventaires dans les territoires qui en sont dépourvus et leur mise à jour apparaissent comme des actions structurantes préalables à leur préservation et à leur étude plus approfondie sous l'angle des fonctions qu'elles assurent et des services qu'elles rendent. De plus, concernant les territoires de marais, cela consiste à connaître et à préciser les différentes unités hydrauliques cohérentes régulant la gestion collective de l'eau.

Les données présentes dans les inventaires zones humides sont caractérisées selon des typologies, en particulier Corine Biotope, EUNIS, SDAGE/SAGE et Prodrome en ce qui concerne l'approche par le critère botanique. (habitats ou espèces) La typologie GEPPA détaille des types de sols hydromorphes. Des perspectives de travail à entamer ou à poursuivre seraient de parvenir à relier les données existantes avec des processus biophysiques et biogéochimiques en lien avec le cycle du carbone et de l'azote que ce soit au travers d'une approche habitat ou d'une approche sol. La typologie HGM (HydroGéoMorphologique) pourrait être également être utilisée en complément pour davantage prendre en compte l'alimentation en eau et les flux hydrodynamiques également cruciaux pour la fonction climatique des zones humides.

Des prélocalisations peuvent apporter des sources d'informations complémentaires aux données terrain, telles que la cartographie nationale des milieux humides de 2023, fruit d'une collaboration entre le Ministère en charge de l'Écologie, l'Université de Rennes 2, Patrinat, l'Institut Agro Rennes-Angers, l'INRAE et la Tour du Valat. Début 2026, un module supplémentaire proposera des prélocalisations d'habitats littoraux et continentaux. La prélocalisation CarHab propose également des données complémentaires portant sur les habitats (physionomie, habitats, humidité édaphique, correspondance avec EUNIS), avec une mise à disposition progressive par département (75% des départements couverts en 2025).

## **b) Harmonisation des référentiels et partage des données « zones humides et carbone »**

L'intégration de la fonction climatique des zones humides dans les politiques publiques à différentes échelles implique avant tout un partage des données existantes et une harmonisation des définitions à *minima* entre les différentes bases de données/inventaires et structures référentes suivantes :

- RPDZH (futur PLUMH, portée par le FMA) ;
- Inventaire des tourbières françaises et des stocks de carbone (porté par le Pôle-relais Tourbières de la FCEN) ;
- Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN porté par le MNHN) ;
- BD Donesol (portée par le GIS Sol) ;

- Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS, porté par l'unité Info&Sols de l'INRAE) ;
- Inventaire national des GES (porté par le CITEPA) ;
- BD Ades sur les eaux souterraines (portée par le BRGM) ;
- BD Drainage (portée par le BRGM, l'AREAS et l'OFB) ;
- Occupation du sol à grande échelle (OCS GE porté par l'IGN).

Ces échanges constituent un préalable indispensable à l'établissement d'un référentiel national « Zones humides et carbone », initié dans le cadre de l'étude « Zones humides et carbone » mené en 2025 par le Forum des Marais Atlantiques. Cette première ébauche prend comme référence une typologie de zones humides basée sur la classification des habitats européens EUNIS. Un tableau de valeurs de référence a été élaboré et nécessiterait d'être complété et mise à jour à partir d'études françaises si possible par sous-région biogéographique. De plus, uniquement les habitats en bon état de France Métropolitaine ont été considérés et les habitats ultramarins seraient à inclure. La recherche de valeurs de référence pour les habitats dégradés et restaurés et par sous-régions biogéographiques serait à mener. A noter que les données issues de la littérature présentent des instrumentations, protocoles de prélèvement et d'analyse parfois différents ; ce qui peut rendre délicat le calcul de valeurs moyennes ou médianes et la comparaison entre ces valeurs. De plus, les types d'habitats humides pourraient être croisés avec les types de sol à partir de bases de données pédologiques afin de fournir des informations complémentaires, en particulier en ce qui concerne les sols minéraux. Concernant les sols organiques, la démarche d'inventaire des tourbières françaises constitue une première pierre à l'édifice à compléter et à démultiplier.

### **c) Développement d'outils et d'indicateurs à l'échelle locale et territoriale**

Le développement d'indicateurs pour estimer les stocks de carbone et les flux de GES apparaît comme une priorité pour davantage outiller les techniciens intervenant en zones humides mais aussi pour sensibiliser et argumenter afin de préserver et restaurer les zones humides. Selon les types de zones humides, les contextes pédoclimatiques, les objectifs des projets, une diversité de méthodes de suivis peuvent être adoptées. Des outils de suivis, des calculateurs carbone ou des modèles peuvent être développés afin de répondre aux attentes. Ils intègrent les compartiments de l'écosystème, les stocks de carbone, la séquestration de carbone et les flux de différents GES verticaux ou horizontaux tout en prenant en compte l'état de conservation et certains facteurs d'influence prépondérants.

Par exemple, l'élaboration d'un module spécifique aux exploitations agricoles en marais, compatible avec les bilans carbone agricoles préexistants peut constituer un premier chantier à mener. Cela servirait par la suite à la préfiguration d'une démarche "4 pour 1000" en marais, avec des préconisations pour la gestion de l'eau et la prise en compte de

la biodiversité. Un autre exemple serait de pouvoir simplement et objectivement estimer les gains carbone suite à la restauration de zones humides (changement d'habitats, d'usages, de fonctionnement hydrologique), en testant des indicateurs et en développant des outils de suivis et des méthodes de mise en œuvre et d'analyse en parallèle.

Ces indicateurs pourraient servir de base de pour la mise en place de PSE et de crédits carbone selon les méthodes certifiées de labels bas carbone ou encore pour la mise à jour d'outils cartographiques territoriaux comme l'outil Aldo de l'ADEME utilisé dans le cadre des PCAET. Un autre exemple est la plateforme « Carbone Bleu » initiée dans le cadre du projet La Rochelle Territoire Zéro Carbone. Elle permet d'estimer et de représenter des valeurs de stocks de carbone, de captation et de séquestration de carbone des écosystème « carbone bleu » de l'agglomération rochelaise à partir d'études locales. Cet outil cartographique pourrait être enrichi par des prélocalisations sur les habitats, de nouvelles valeurs issues d'études locales ou issues de la littérature dans certains cas. De plus, cet outil cartographique pourrait être démultiplié sur d'autres territoires et mis en avant sur le RPDZH en veillant à l'interopérabilité des plateformes et l'harmonisation des définitions et typologies utilisées.

#### **d) Apport de la télédétection et de la modélisation à grande échelle**

L'essor de la télédétection lié à l'utilisation d'images satellites de plus en plus fréquentes, à large échelle avec une résolution de plus en plus précise, offre de nouvelles possibilités d'études des écosystèmes tels que les zones humides. La télédétection désigne l'ensemble des techniques utilisées pour déterminer des propriétés d'objets à distance, en se basant sur les rayonnements qu'ils émettent, réfléchissent, absorbent ou réfractent. La qualité des images de référence, le nombre et la précision des mesures terrain utilisées comme données d'entraînement sont autant de points de vigilance à avoir en tête au moment d'interpréter des résultats obtenus par télédétection. Des modèles basés sur des images satellitaires, entraînés à partir de données terrain sur les habitats, les processus et des apports issus de la géomatique, sont développés pour suivre les stocks de carbone et les flux de GES en zones humides à différentes interfaces.

La sensibilité des zones humides au changement climatique, le suivi des émissions de méthane, la production primaire brute, la production primaire nette, les échanges de carbone dissous et particulaire en zones côtières constituent autant de potentielles applications. Plus précisément, le recours à certains indices multi-spectraux comme la NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), peut permettre d'estimer l'activité photosynthétique et donc la production primaire brute de certains écosystèmes. Début 2026, dans le cadre de la cartographie nationale des milieux humides menée en 2023, la NDVI-i sera disponible au niveau métropolitain et pourrait donner une estimation de la capacité de captation de carbone annuelle des écosystèmes végétalisés situés en zone humide. Par ailleurs, l'établissement de modèles numériques d'élévation à partir d'images

Lidar HD permet également d'évaluer des taux d'accrétion moyen par l'acquisition d'images précises à intervalles de temps réguliers. Cette méthode est complémentaire d'autres approches in situ pour les zones côtières.

### **3. Vers une dynamique collective et intégrée pour la prise en compte du carbone et des gaz à effet de serre en zones humides**

#### **a) Initier et structurer une dynamique collective à différentes échelles**

La diversité des enjeux et des processus en œuvre au sein des zones humides appelle à une dynamique collective réunissant chercheurs de différentes disciplines, gestionnaires, techniciens et décideurs. Ce réseau informel, en s'appuyant sur les réseaux déjà existants comme FairCarbon ou Carbonium, aurait vocation à mutualiser les données, partager les retours d'expérience, coconstruire des indicateurs et soutenir la montée en compétence des acteurs. Les structures faisant le pont entre ces différents mondes, comme le Forum des Marais Atlantiques ou les autres pôles-relais zones humides, sont cruciales pour activer et animer une dynamique collective.

L'enquête menée auprès des techniciens travaillant en lien avec les zones humides a montré que 80 % des répondants se disent intéressés par le sujet et par l'émergence d'une démarche collective. Les entretiens ont également souligné un déficit d'acculturation et de connaissances de la part des élus et des techniciens. Cette méconnaissance limite l'intégration de la fonction climatique des zones humides dans les politiques publiques. Les acteurs expriment un fort besoin de vulgarisation et d'outils d'aide à la décision accessibles. Cette attente confirme la nécessité de renforcer la médiation scientifique et de structurer un cadre collectif de diffusion et d'échanges.

Plusieurs pistes de travail seraient à approfondir :

- Monter un programme d'expérimentations mobilisant des sites pilotes représentatifs par grands types de milieux humides et initier des observatoires des changements climatiques en zones humides ;
- Inclure les sciences humaines et sociales notamment des sciences du comportement dans les projets de recherche nationaux et locaux ;
- Nourrir de futurs projets de recherche en encourageant les échanges à un niveau national et local entre techniciens, entre chercheurs et entre techniciens et chercheurs ;
- Accompagner les collectivités à mieux prendre en compte les zones humides dans les PCAET, PLUi ou autres documents de planification, en valorisant leur rôle climatique ;

- Réaliser des documents de synthèse vulgarisant la littérature scientifique notamment pour éclairer les choix de préservation, de gestion et de restauration des zones humides et pour argumenter sur le rôle important qu'elles jouent dans la régulation du climat ;
- Organiser des journées techniques, formations et webinaires à destination de différents publics pour favoriser le transfert de connaissances sur le sujet ;
- Alimenter un centre de ressources centralisant données, études, outils et retours d'expérience.

## b) Vers une approche intégrée des zones humides

A l'amont ou à l'aval, les flux hydrologiques alimentant (zone contributive), traversant ou drainant la zone humide influence son fonctionnement. Les secteurs en partie humide et aquatiques (milieux humides) se situant aux limites de la zone humide jouent également un rôle clé et doivent être pleinement considérés dans les stratégies de préservation, de gestion et de restauration des zones humides, illustrés par la notion d'Espace de Bon Fonctionnement (EBF). Par ailleurs, le concept de « wetlandscape », que l'on peut traduire par paysage de zones humides, met en évidence également les relations entre zones humides par moment déconnectées et connectées à d'autres moments selon les conditions hydrologiques. Ces différents éléments incitent à prendre de la hauteur et à considérer les modélisations à grande échelle à l'échelle de grand bassin-versant en ce qui concerne le rôle des zones humides dans la régulation du climat, le long du continuum terre-mer.

En outre, les zones humides ne sont pas concernées uniquement par le carbone et les gaz à effet de serre. Une approche trop « carbo-centrée » présente des écueils et une approche multifonctionnelle ou selon le bouquet de services écosystémiques serait à privilégier dans le cadre d'une évaluation plus complète pour aider à la prise de décision. En effet, d'autres fonctions sont associées aux zones humides comme les fonctions hydrologiques (ralentissement des ruissellements, recharge de nappe, rétention de sédiments, atténuation du début de crue à l'aval, soutien au débit d'étiage), écologiques (support et connexion des habitats) et d'autres fonctions biogéochimiques (assimilation végétale de l'azote et des orthophosphates, adsorption et précipitation du phosphore, dénitrification des nitrates). L'intensité de ces fonctions ne s'expriment pas de la même manière selon le type de zone humide et son état de dégradation.

## Conclusion

Les zones humides constituent un patrimoine écologique et climatique d'une grande importance. Pourtant, l'estimation fine de leur contribution réelle demeure partielle, en

raison d'un manque de données locales par type de zones humides, des lacunes dans la compréhension de certains processus et selon différents paramètres et facteurs d'influence. De plus, la cartographie encore incomplète des zones humides, le déficit d'harmonisation des définitions et partage de données au niveau national, le manque d'outils de suivis et cartographiques et une dynamique collective encore cloisonnée et émergente ne contribuent pas à une meilleure appropriation des connaissances par les différents acteurs gravitant autour des zones humides.

La note ci-dessus souligne la nécessité d'une approche combinant :

- ✓ La poursuite de l'acquisition de connaissances scientifique solide et continue ;
- ✓ Une appropriation sociale et territoriale par la transmission des connaissances scientifique ;
- ✓ La mise en place d'une dynamique collective pour transformer la connaissance en actions.