



# JOURNAL OF INTERDISCIPLINARY METHODOLOGIES AND ISSUES IN SCIENCE

## Méthode de classification et de cartographie des écosystèmes de carbone bleu pour la réalisation d'un bilan carbone : le cas d'étude de l'agglomération de La Rochelle

Marine AFONSO<sup>1</sup>, Christine DUPUY<sup>2</sup>, Thomas LACOUÉ-LABARTHE<sup>2</sup>, Cécilia PIGNON-MUSSAUD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agglomération de La Rochelle et ville de La Rochelle, 17 000 La Rochelle, France

<sup>2</sup> Littoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs), UMR 7266, La Rochelle Université, 17 000 La Rochelle, France

\*Correspondance : [marine.afonso@ville-larochelle.fr](mailto:marine.afonso@ville-larochelle.fr)

DOI : [10.46298/jimis.15253](https://doi.org/10.46298/jimis.15253)

Soumis le 22 novembre 2024 – Accepté le 5 février 2025

Volume : 12 – Année : 2024

Titre du numéro : **Sciences de l'information géographique & mesures environnementales**

Éditeurs : *Thierry Badard (Université Laval, Québec), Jacynthe Pouliot (Université Laval, Québec), Matthieu Noucher (CNRS, Bordeaux), Marlène Villanova (Université Alpes Grenoble).*

---

### Résumé

Dans un contexte de changement climatique global, la France s'est engagée vers la neutralité carbone. Le territoire de La Rochelle, à travers le projet La Rochelle Territoire Zéro Carbone, vise à atteindre cet objectif en valorisant ses écosystèmes de « carbone bleu ». Cette étude propose une typologie des écosystèmes de carbone bleu rochelais présents le long d'un continuum terre-mer, établissant une classification inédite de sept types de milieux susceptibles d'être des puits de carbone : marais doux, saumâtres et salés ainsi que prés salés, vasières, herbiers et océan. Un second niveau de classification a été introduit pour les marais rétro-littoraux, attribuant la notion de carbone bleu uniquement aux surfaces aquatiques. Cette distinction entre les surfaces en eau et les surfaces émergées soulève des interrogations sur la séparation entre carbone bleu et carbone vert. De plus, une base de données géographique a été créée, accompagnée de cartographies permettant de localiser ces milieux et d'évaluer leur superficie, afin d'assister les gestionnaires et collectivités dans leur mission de préservation et d'évaluation du potentiel de captation et de séquestration du carbone. Les limites de l'étude portent sur la subjectivité du périmètre maritime assigné au territoire et sur la catégorisation des écosystèmes entre carbone bleu et carbone vert. Cette typologie innovante, soutenue par un référentiel cartographique, offre une meilleure compréhension des puits de carbone sur le territoire et contribue à orienter les politiques publiques en vue d'atteindre la neutralité carbone.

### Mots-clés

Cartographie ; Base de données géographique ; carbone bleu ; marais littoraux et rétro-littoraux ; typologie des écosystèmes ; puits de carbone

---

## 1 INTRODUCTION

Les émissions de gaz à effet de serre, principalement dues aux activités humaines, ont indubitablement causé le réchauffement de la planète, avec une augmentation de la température de surface de 1,1 °C observée en 2011-2020 par rapport à la période 1850-1900 (IPCC, 2023). C'est dans ce contexte de changement climatique et de prise de conscience de la responsabilité humaine dans ce phénomène, que plus de 130 pays, dont un certain nombre de pays grands émetteurs, se sont engagés vers un objectif de zéro émission nette d'ici 2050 (Vasylyeva, 2021) pour limiter le réchauffement à +1,5 °C. Ce concept de neutralité carbone, introduit en 2015 lors de l'Accord de Paris, désigne l'atteinte de l'équilibre entre les émissions de gaz à effet de serre et l'absorption de ces gaz par les écosystèmes (forêts, prairies, sols, zones humides) ou par certains procédés industriels (Vasylyeva, 2021 ; ministère de la Transition écologique, 2020). En France, la Stratégie nationale Bas-Carbone (SNBC), introduite par la Loi de Transition énergétique pour la Croissance verte fixe les orientations de sa politique d'atténuation du changement climatique et de réduction de ses gaz à effet de serre, avec pour ambition l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050 (ministère de la Transition écologique, 2020). C'est dans le cadre de cette politique de neutralité carbone, qui doit être prise en compte par les décideurs publics nationaux et territoriaux, que l'agglomération de La Rochelle a initié son projet « La Rochelle Territoire Zéro Carbone (LRTZC) » dont l'objectif est l'atteinte d'un bilan « zéro carbone » à horizon 2040. Ce projet porté par un consortium de cinq acteurs - Communauté d'Agglomération de La Rochelle, Ville de La Rochelle, La Rochelle Université, port Atlantique et pôle Atlantech - et soutenu par 130 partenaires a été lauréat en 2019 de l'appel à projet national « Territoires d'Innovation », piloté par le Secrétariat général pour l'Investissement et opéré par la Banque des Territoires (Ville de La Rochelle, 2024). Structuré autour de dix axes de travail (énergie, mobilité, industries, agriculture, tourisme, etc.), il ambitionne de proposer des réponses concrètes face au changement climatique tout en améliorant la qualité de vie des citoyens.

Pour parvenir à la neutralité carbone, un territoire doit non seulement réduire ses émissions, mais également générer des émissions négatives afin de compenser ses émissions résiduelles (ministère de la Transition écologique, 2020). Pendant longtemps, la séquestration du carbone atmosphérique par les puits naturels a été principalement attribuée aux grands écosystèmes forestiers terrestres, mais des recherches relativement récentes ont mis en évidence la forte capacité de séquestration du carbone dans les sédiments marins et plus particulièrement dans les habitats côtiers végétalisés, désignés sous le terme de puits de carbone bleu (Pettex, 2018 ; Mcleod *et al.*, 2011). Avec ses 70 kilomètres de côtes, ses neuf communes littorales et ses marais couvrant 10 % de sa superficie, l'agglomération de La Rochelle a décidé d'orienter ses efforts vers la séquestration du carbone dans les écosystèmes de « carbone bleu » pour compenser ses émissions résiduelles (Agglomération de La Rochelle, 2024). Mais, ce potentiel de séquestration carbone en mer et sur les plateaux continentaux reste largement méconnu en France et une grande incertitude persiste à l'échelle mondiale concernant la comptabilisation du carbone dans les écosystèmes de carbone bleu côtier (ministère de la Transition écologique, 2020 ; Gattuso *et al.*, 2023).

Le terme de *carbone bleu*, introduit en 2009, fait référence aux écosystèmes côtiers végétalisés, tels que les marais salés tidaux, les herbiers marins et les mangroves, dont de nombreuses études ont mis en évidence leur capacité à capter, séquestrer et stocker durablement le carbone atmosphérique, contribuant ainsi de manière significative à la régulation des émissions de gaz à effet de serre (Lovelock et Duarte, 2019). Ces écosystèmes sont caractérisés par la présence de végétaux submergés ou partiellement émergés et se répartissent dans la zone intertidale depuis la surface et jusqu'à 40 m de profondeur (Duarte *et al.*, 2013). Ces écosystèmes stockent le carbone dans leurs sédiments, dans la biomasse vivante (feuilles, tiges, racines...) via la photosynthèse et dans la biomasse morte présente (litière, bois mort et aussi animaux morts associés à ces écosystèmes) (Figure 1). Ces puits de carbone que sont les habitats côtiers végétalisés ne comptent que pour 0,2 % de la surface des habitats marins, mais contribuent - au minimum - pour 50 % du carbone organique piégé dans les sédiments marins, soit environ 120-329 TgC/an (Duarte *et al.*, 2005 ; Nelleman *et al.*, 2009 ; Pettex, 2018). Le taux de piégeage du carbone dans ces habitats côtiers est ainsi 180 fois plus élevé que celui mesuré pour la pleine mer (Nelleman *et*

al., 2009). Reconnue à l'échelle internationale, l'importance des écosystèmes de carbone bleu dans l'atténuation et l'adaptation au changement climatique repose sur des stratégies prometteuses telles que la conservation, la restauration et l'utilisation des habitats côtiers végétalisés comme solutions d'écologie pour renforcer la protection des côtes (Macreadie *et al.*, 2019 ; Duarte *et al.*, 2013). À l'échelle mondiale, leur conservation pourrait éviter l'émission de 304 Tg d'équivalent CO<sub>2</sub> par an, tandis que leur restauration à grande échelle pourrait permettre l'élimination de 841 Tg CO<sub>2</sub> équivalent supplémentaire par an d'ici 2030, mais leur efficacité en tant que solution fondée sur la nature dépend des actions sociétales et des politiques de gestion mises en œuvre (Macreadie *et al.*, 2021).

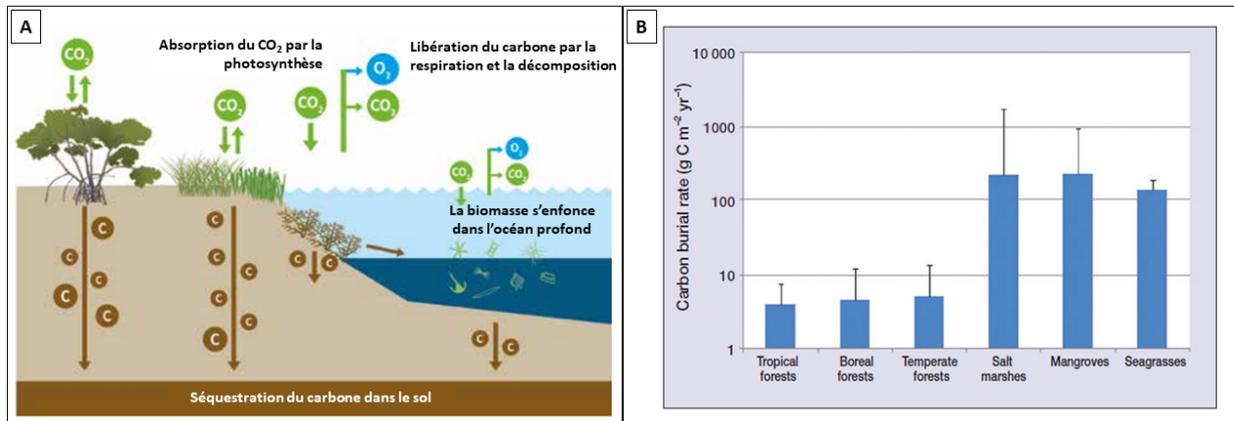


FIGURE 1 – A Illustration de l'absorption du carbone via la photosynthèse par les écosystèmes de carbone bleu et de sa séquestration ultérieure à long terme dans la biomasse et le sol (IUCN, 2021). B Taux moyens de piégeage de carbone à long terme dans les sols des forêts terrestres et dans les sédiments des écosystèmes côtiers végétalisés (gC/m<sup>2</sup>/an). L'axe des ordonnées a une échelle logarithmique (McLeod *et al.*, 2011).

La Rochelle, ville maritime et portuaire, s'est développée le long d'un littoral de faible altitude, composé de milieux variés permettant l'implantation de diverses activités économiques (pêche, saliculture, commerce maritime, etc.). Fort de cette originalité littorale, l'un des objectifs de l'axe carbone bleu du projet LRTZC est d'établir un bilan carbone des zones humides et littorales du territoire en leur attribuant une valeur de captation et de séquestration carbone. Au-delà de la prise en compte classique des habitats marins et littoraux (comme l'océan, les herbiers marins, les prés salés ou les vasières), l'étude présentée ici intègre, de manière originale, des milieux complexes tels que les marais rétro-littoraux composés d'une mosaïque d'habitats comprenant des surfaces en eau (milieu aquatique) et des surfaces émergées (milieu terrestre). La séquestration du carbone étant différente dans les milieux carbone bleu et les milieux carbone vert, il était donc nécessaire d'établir un inventaire, une typologie et une cartographie précise des surfaces carbone bleu.

Ce document présente les résultats de cette typologie du carbone bleu, du calcul des surfaces associées et de la cartographie des différents écosystèmes carbone bleu du territoire de l'agglomération de La Rochelle dans le but d'évaluer son potentiel global de puits de carbone.

## 2 MÉTHODE MISE EN ŒUVRE

### 2.1 L'agglomération de La Rochelle comme territoire d'étude

La Rochelle est une ville côtière du sud-ouest de la France, préfecture du département de la Charente-Maritime, en région Nouvelle-Aquitaine (Figure 2.A). L'agglomération de La Rochelle compte 28 communes et 175 600 habitants sur un territoire de 327 km<sup>2</sup> (Figure 2.B). Pour calculer la surface des milieux présents sur le territoire, un périmètre d'étude a été établi (Figure 2.C). Celui-ci a été défini par les responsables du projet et correspond au contour de l'agglomération de La Rochelle pour la

partie terrestre et à un rayon arbitraire de 5 km en partant des côtes (limite terre-mer – BD TOPO® IGN version 3,0 traitement du 2022-04-07) pour la partie maritime. Le périmètre total du projet est de 56 700 ha comprenant une surface terrestre de 33 100 ha (périmètre de l’agglomération) et une surface maritime de 23 600 ha (océan et littoral).

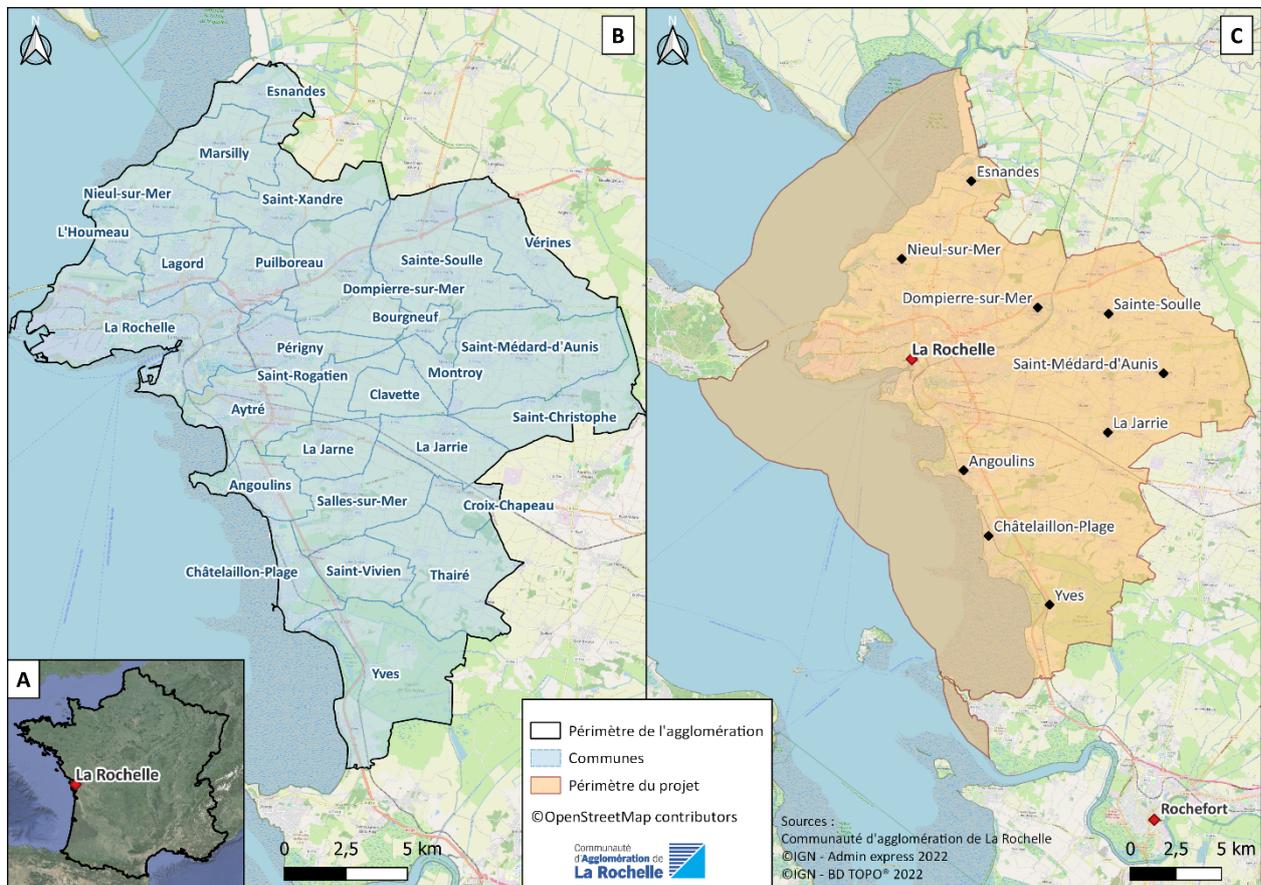


FIGURE 2 – A Localisation du site d’étude sur la carte de France métropolitaine. B Communes et périmètre de l’agglomération de La Rochelle. C Périmètre d’étude dans le cadre du projet La Rochelle Territoire Zéro Carbone. Il comprend le périmètre terrestre de l’agglomération et un périmètre maritime de 5 km à partir de la limite terre-mer (©IGN - BD TOPO® 2022, version 3.0).

## 2.2 Sémantique et typologie des différents milieux

### 2.2.1 Premier niveau de classification

La typologie, science de l’élaboration des types, permet d’établir un système de classification. Elle est utilisée ici pour répartir en différentes classes, les écosystèmes de carbone bleu du territoire, afin de leur attribuer par la suite une valeur de captation et de séquestration du carbone.

Le terme carbone bleu a été utilisé pour la première fois par le Programme des Nations Unies pour l’Environnement pour désigner le carbone capturé, puis séquestré par les océans et les écosystèmes côtiers tels que les mangroves, les prés salés et les herbiers (Nelleman *et al.*, 2009). Le territoire rochelais étant caractérisé par de nombreuses zones humides terrestres, notamment des marais rétro-littoraux, l’équipe projet a décidé d’intégrer ces marais à l’étude carbone bleu. Il est donc nécessaire d’établir une classification pour l’ensemble de ces écosystèmes océaniques, côtiers et terrestres. Pour cela, l’étude s’est appuyée sur la classification établie par le Forum des Marais Atlantiques (FMA) (Figure 3).

Il convient tout d'abord de préciser que la notion de « marais » est distincte de celle de « zone humide ». D'après l'article L.211-1 du code de l'environnement, les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Pour la France métropolitaine et la Corse, l'article R211-108 du code de l'environnement précise les critères pour définir et délimiter une zone humide, afin de garantir leur protection conformément à la réglementation. Il stipule qu'une zone est considérée comme humide si elle présente au moins l'un des deux critères de pédologie ou végétation caractéristique des zones humides. Les marais, quant à eux, correspondent à des milieux humides anthropiques, caractérisés par une gestion effective des niveaux d'eau et un entretien régulier des digues et chenaux, conditions indispensables pour que ces milieux conservent leur caractère humide (SANDRE, 2018). La jurisprudence a établi que même si les critères définissant une « zone humide » ne sont pas remplis (pédologie ou végétation), un projet doit être soumis à la réglementation sur l'eau, s'il est situé sur un terrain qualifié de « marais » : localisation dans un périmètre géographique ou administratif désigné comme un marais ou défini par le statut d'une structure portant le nom « marais ». Cette définition s'applique aux marais terrestres et la jurisprudence concerne notamment les marais desséchés du marais poitevin et du marais de Rochefort.

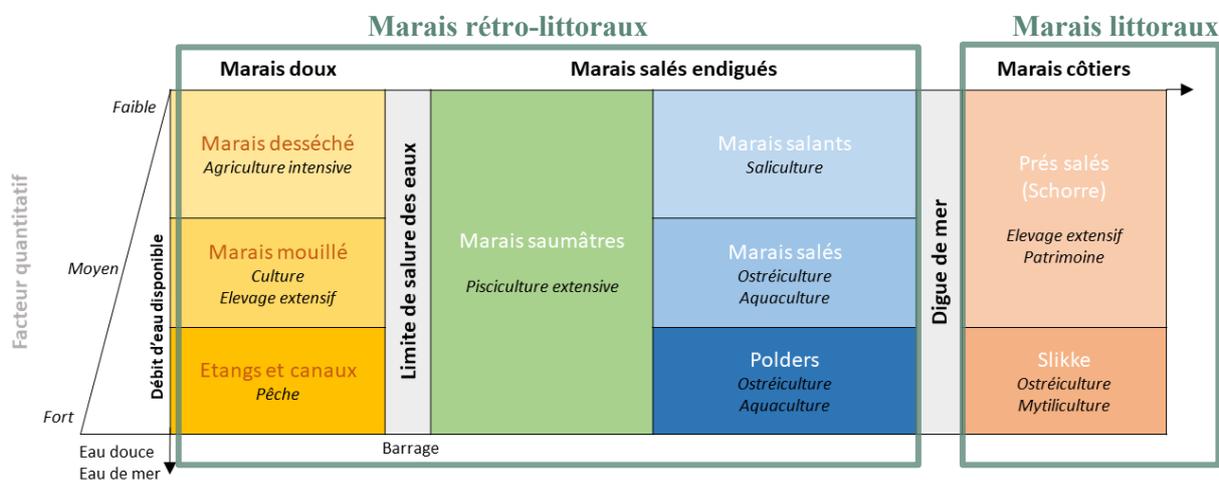


FIGURE 3 – Typologie et utilisation principale des différents types de marais (Figure modifiée d'après Anras *et al.*, 2004).

La classification du Forum des Marais Atlantiques permet de distinguer deux types de marais :

- Les **marais littoraux**, également appelés marais maritimes ou marais côtiers (Goeldner-Gianella, 1998 ; Anras *et al.*, 2004 ; Tabarly *et al.*, 2012). Ils correspondent à des étendues littorales basses, composées d'alluvions fines, partiellement couvertes par une végétation herbacée ou forestière (schorre ou mangrove) et submergées périodiquement par le balancement des marées (Paskoff, 2010).
- Les **marais rétro-littoraux**, séparés du littoral par une digue ou une porte à la mer (écluse), se distinguent ensuite entre eux en fonction de leur salinité et comprennent les marais endigués doux, saumâtres et salés (Anras *et al.*, 2004 ; Préfecture de la Charente-Maritime, 2015).

Concernant les habitats d'herbiers, définis par l'UNESCO (2021) comme des écosystèmes de carbone bleu, on peut retrouver, en zone atlantique, deux espèces d'herbiers : *Zostera noltii* principalement localisée dans la partie basse de la zone intertidale et *Zostera marina* établie entre la base de la zone intertidale et une profondeur d'environ 10 mètres (Devillers *et al.*, 1991). Selon leur espèce, les herbiers peuvent donc se situer sur les marais littoraux ou sur la partie océanique.

Il est ensuite nécessaire d'identifier parmi l'ensemble de ces typologies, celles présentes sur le territoire

de l'agglomération rochelaise. Cela a nécessité des observations de terrain, de la bibliographie, de l'étude de documents, un travail cartographique par photo-interprétation d'orthophotographies et images aériennes, ainsi que des entretiens avec les gestionnaires et agents de collectivités. Cette méthode de travail est détaillée dans le paragraphe 2.3. L'ensemble de ce travail a permis d'établir une classification préliminaire en retenant sept types de milieux (Tableau 1) :

- Marais doux (endigués)
- Marais saumâtres (endigués)
- Marais salés (endigués)
- Prés salés (schorre)
- Vasière intertidale (slikke)
- Herbiers de zostères naines
- Océan

Types de milieux	Caractéristiques	Types de marais et océan
Marais rétro-littoraux (endigués)	Milieux humides anthropiques, séparés du littoral par une digue, une dune ou une porte à la mer et caractérisés par une gestion effective des niveaux d'eau et un entretien régulier des digues et chenaux.	Marais doux
		Marais saumâtres
		Marais salés
Marais littoraux (tidaux)  Synonymes : Marais côtiers Marais maritimes	Étendues littorales basses, composées d'alluvions fines et submergées périodiquement par le balancement des marées.	Prés salés (schorre)
		Vasière intertidale (slikke)
		Herbiers de <i>Zostera noltii</i>
Océan	Vaste étendue d'eau salée dont la surface, toujours en eau, est brassée par des courants marins	Océan

TABLEAU 1 – Classification préliminaire établie pour les marais du territoire de La Rochelle.

### 2.2.2 Distinction entre marais et typologie carbone bleu

Pour les milieux littoraux (slikke, schorre, herbiers) ou océaniques, qui sont reconnus dans la bibliographie comme des écosystèmes de carbone bleu, la valeur de séquestration carbone est attribuée à l'ensemble de leur surface. Cependant, pour les marais rétro-littoraux, qui ont été intégrés au sein du projet comme sites d'étude, aucune recherche sur le carbone bleu n'a été précédemment effectuée. Ces marais, composés d'une mosaïque complexe d'habitats, sont occupés par des surfaces en eau (bassins et canaux) et par des surfaces émergées (prairies, cultures, bosses, haies, etc.) (Figure 4). Pour ces marais rétro-littoraux, il était donc nécessaire de clarifier la surface sur laquelle sera attribué le potentiel de puits de carbone bleu.

Dans cette étude, il a été choisi de considérer comme carbone bleu uniquement le carbone du milieu aquatique. Il était donc nécessaire de faire une distinction, entre les surfaces en eau (canaux et bassins) dont le potentiel de puits de carbone bleu sera mesuré au sein du projet et le reste du marais (prairies, cultures, bosses, haies, etc.) qui sera associé à des valeurs de carbone vert (carbone stocké dans les végétaux terrestres : forêts, prairies, etc.) ou de carbone brun (carbone stocké dans les sols) en fonction de l'occupation des sols. Les valeurs de carbone vert seront issues de la bibliographie.

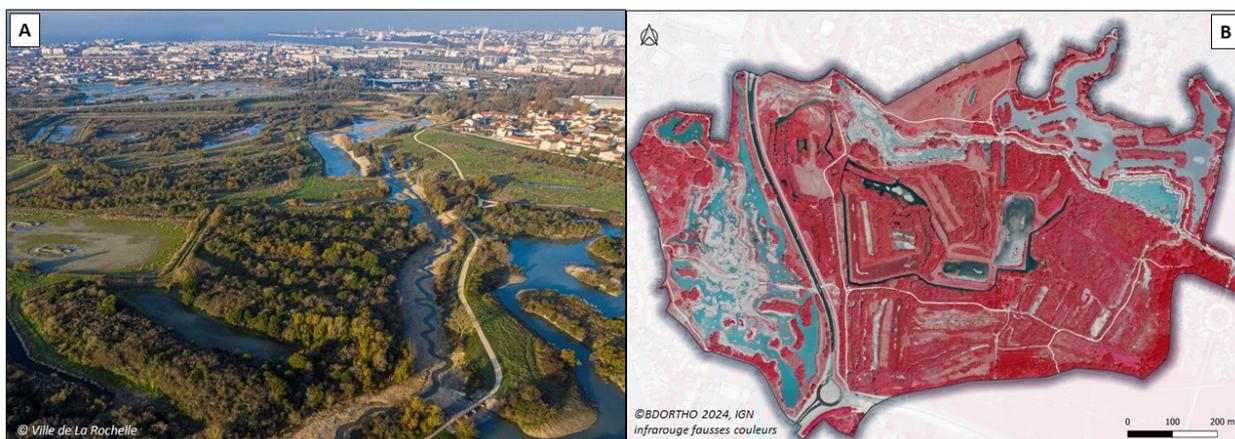


FIGURE 4 – **A** Photographie aérienne du marais de Tasdon à La Rochelle sur laquelle des surfaces en eau et des surfaces émergées de prairies et boisements sont observées (Ville de La Rochelle). **B** Cartographie en fausses couleurs Proche Infra-Rouge du marais de Tasdon avec en bleu les zones en eau et en rouge les zones de végétation (BD ORTHO® IRC 2024 IGN).

### 2.2.3 Classification finale des milieux carbone bleu étudiés

Le Tableau 2 présente la classification finale pour les marais et les typologies « carbone bleu » du territoire en prenant en compte le premier niveau de classification du paragraphe 2.2.1., ainsi que les distinctions nécessaires concernant les marais rétro-littoraux décrites dans le paragraphe 2.2.2.

Types de milieux	Types de marais et océan	Caractéristiques	Typologie carbone bleu
Marais rétro-littoraux (endigués)	Marais doux	Milieux exclusivement alimentés par l'eau douce et réaménagés à des fins agricoles. Ces marais peuvent être desséchés, mouillés ou réalimentés	Canaux d'eau douce Bassins d'eau douce
	Marais saumâtres	Marais composé d'un mélange d'eau douce et d'eau salée. La salinité de l'eau est comprise entre 3 g/L et 30 g/L	Canaux d'eau saumâtre Bassins d'eau saumâtre
	Marais salés	Marais alimentés par de l'eau de mer grâce à des canaux qui approvisionnent les bassins	Canaux d'eau salée Bassins d'eau salée
Marais littoraux (tidaux)	Prés salés (schorre)	Partie haute de l'estran, végétalisée et submergée par les marées de vives-eaux	Prés salés
	Vasière intertidale (slikke)	Partie basse de l'estran, composée de sédiments vaseux, submergée à chaque marée et pauvre en végétation de type macrophytes	Vasière intertidale (sédiments vaseux)
	Herbiers de <i>Zostera noltii</i>	Herbiers marins de l'espèce <i>Zostera noltii</i> , localisés dans la zone intertidale	Herbiers de <i>Zostera noltii</i>
Océan	Océan	Surface toujours en eau, au large de l'estran	Océan

TABLEAU 2 – Classification finale des marais et des typologies carbone bleu au sein de ces marais sur le territoire de La Rochelle.

## 2.3 Identification et cartographie des marais littoraux et rétro-littoraux d'un territoire

### 2.3.1 Recueil des données existantes et identification des milieux sur le territoire

L'objectif de cette première étape a été d'obtenir une vision globale du territoire. Pour cela, une recherche documentaire a été faite, afin de recueillir des informations préliminaires sur le périmètre d'étude. Les documents de gestion produits par les collectivités et les gestionnaires ont prioritairement été examinés pour avoir un aperçu du territoire et identifier les zones d'intérêt pour l'étude. Cette consultation a été complétée par une analyse des bases de données cartographiques disponibles qui sont présentées ci-dessous, afin d'avoir une vision préliminaire du territoire et de ses milieux. La synthèse de l'ensemble de ces documents et cartographies a permis de répertorier les zones d'intérêt, à savoir les marais littoraux et rétro-littoraux du périmètre d'étude, et d'obtenir un premier niveau de connaissance les concernant.

Documents ressources utilisés pour l'identification et la connaissance des marais du territoire :

- Contrats territoriaux Milieux aquatiques (CTMA) ou Programmes pluriannuels de Gestion (PPG)
- Plan local d'Urbanisme communal ou intercommunal (PLU ou PLUi)
- Fiches Natura 2000 et fiches ZNIEFF du territoire
- Documents des Associations Syndicales de Marais
- Plan de gestion des réserves naturelles et parcs marins
- Documents d'organismes en lien avec les zones humides du territoire tels que le Forum des Marais Atlantiques ou l'UNIMA (ex : Les marais périurbains de La Communauté d'Agglomération de La Rochelle, UNIMA 2002).

Premières données cartographiques utilisées pour un aperçu préliminaire du territoire :

- Corine Land Cover 2018 (Copyright UE-SOeS)
- BD TOPO® version 3.0 (© IGN) : surfaces hydrographiques, tronçons hydrographiques, zone d'estran
- Périmètres des espaces naturels protégés : CARMEN ou Inventaire national du Patrimoine naturel.

### 2.3.2 Rencontre avec les gestionnaires et phase de terrain

L'objectif de cette deuxième étape est de confirmer et d'approfondir sur le terrain les connaissances précédemment acquises. Pour chaque marais, le gestionnaire a été identifié et une liste de collectivités et d'organismes en lien avec la gestion des marais a été élaborée : communes, Communauté d'Agglomération de La Rochelle, Département, Région, Office français de la biodiversité (OFB), Agence de l'eau, Parc Naturel Marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNM), réserves naturelles, parc naturel régional, syndicats de bassins, Conservatoire du littoral, Conservatoire d'espaces naturels, Forum des Marais atlantiques (FMA), UNIMA, Établissement public du Marais poitevin.

Des réunions ont été planifiées avec les interlocuteurs mentionnés précédemment, en utilisant un questionnaire structuré dont un extrait est disponible en Annexe 1. Au total, 22 entretiens individuels d'une durée d'environ deux heures ont été réalisés entre 2021 et 2022. Ces rencontres avaient pour objectif de valider la typologie des milieux identifiés (nom et type de marais, salinité, entité, surface), de comprendre les méthodes de gestion (gestionnaire, type de régime hydraulique, entrées et sorties d'eau) et d'acquérir des données cartographiques complémentaires sur les marais du territoire (périmètres, zones en eau, linéaires, habitats). Les informations recueillies lors de ces entretiens ont permis de compléter le référentiel cartographique présenté dans le paragraphe 2.3.3, notamment dans le choix des attributs pour les Tableaux 4 et 5.

Il peut être nécessaire, à la suite de ces entretiens, de prévoir une phase de terrain, afin de pallier les lacunes de connaissances s'il y en a. Cela permet de confirmer la typologie des milieux et d'obtenir

une compréhension approfondie du territoire, particulièrement lorsque certaines rencontres n’ont pas pu se concrétiser. Dans notre étude, cela a surtout été pertinent pour certains marais rétro-littoraux où l’organisme de gestion n’était pas clairement identifié ou lorsque plusieurs propriétaires privés étaient impliqués, ne permettant pas la prise de rendez-vous. Dans ce cas, il devient impératif de vérifier la corrélation entre les observations issues des documents, les données cartographiques disponibles et la réalité du terrain surtout concernant les typologies de milieux.

### 2.3.3 *Élaboration d’un référentiel cartographique pour les écosystèmes de carbone bleu*

Un référentiel cartographique des écosystèmes de carbone bleu a pu être élaboré en intégrant : les données cartographiques déjà existantes (paragraphe 2.3.1), les données cartographiques fournies par les gestionnaires et les informations récoltées grâce au questionnaire et à la phase de terrain (paragraphe 2.3.2). Ce référentiel spatial a été constitué à partir du logiciel QGIS version 3.22.8 en créant deux référentiels cartographiques : un sur les marais et un sur les surfaces carbone bleu (d’après la classification finale établie dans le Tableau 2).

Les données concernant les marais littoraux (prés salés, herbiers, vasières) proviennent du Parc Naturel Marin. La couche de l’océan a été générée en créant un tampon de 5 km à partir de la limite-terre mer (IGN BD TOPO® version 3.0), puis en excluant la zone d’estran. Sur la partie terrestre, le territoire est majoritairement couvert par un Contrat territorial Milieux aquatique (CTMA) - Dispositif financé par des institutions publiques visant à gérer et restaurer les milieux aquatiques d’un territoire donné - pour lequel de nombreuses cartographies ont été réalisées par le bureau d’études SERAMA en 2021, mandaté par l’Agglomération de La Rochelle. Pour le reste des marais rétro-littoraux non couverts par le CTMA, les données des gestionnaires ou de la BD TOPAGE® 2023, référentiel hydrographique à grande échelle (métrique), co-produit par l’IGN et l’OFB (fusion de la BD CARTHAGE® et de la BD TOPO®, offrant une précision et une exhaustivité accrues pour les tronçons hydrographiques) ont été utilisés.

En complément, les données manquantes concernant la localisation des surfaces en eau sur certains secteurs (par exemple sur la commune d’Esnandes ou sur le marais de Tasdon à La Rochelle) ont été complétées par photo-interprétation (numérisation au 1/2000 à partir de la dernière base de données orthophotographique de l’IGN BD ORTHO® 2021). Le Tableau 3 référence les données cartographiques qui ont été utilisées.

Sources	Données cartographiques	Informations complémentaires
Parc Naturel Marin Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis	Prés salés Herbiers de zostères naines Habitat sédimentaire à caractère vaseux	Version 15 <a href="#">Plan de gestion dynamique</a> <a href="#">Métacatalogue</a>
BD TOPAGE®	Tronçons hydrographiques	<a href="#">Lien internet</a>
Contrat territorial Milieux aquatique de l’agglomération rochelaise	Marais Unité hydraulique homogène Grande entité marais Canal doux Canal salé	Données de la communauté d’agglomération de La Rochelle. Étude réalisée par le bureau d’étude SERAMA en 2021
BD TOPO®	Surfaces hydrographiques Zone estran Limite terre-mer	Version 3.0 <a href="https://geoservices.ign.fr/bdtopo">https://geoservices.ign.fr/bdtopo</a>
Réserve naturelle nationale d’Yves	Habitats-Yves	Données produites par J. Terrisse (Ligue de Protection des Oiseaux)
UNIMA	Associations syndicales Réseau de canaux	Convention de récupération de données

TABLEAU 3 – Données sources utilisées pour la création du référentiel cartographique du carbone bleu.

Deux jeux de données ont ainsi été créés : un sur les « marais » (Tableau 4) et un relatif à la « surface carbone bleu » (Tableau 5). Le jeu de données « marais » regroupe l'ensemble des entités des marais du territoire d'après la classification établie au paragraphe 2.2.1, en fournissant des informations supplémentaires permettant de comprendre leur fonctionnement. La couche « surfaces carbone bleu » détaille les surfaces en eau du milieu terrestre, conformément à la classification définie au paragraphe 2.2.3. Certains attributs ont été créés en utilisant le référentiel de nomenclature SANDRE (<https://www.sandre.eaufrance.fr/v2/>). Les niveaux d'eau, les régimes pluviométriques et les saisons n'ont pas été considérés pour calculer les surfaces en eau. Il s'agit cependant de bassins et de canaux délimités et relativement profonds, pour lesquels l'eau est présente durant l'hiver, mais où des assècs peuvent avoir lieu pendant une partie de l'année.

Nom de l'attribut	Type	Choix des attributs	Description
ID	Int (int 4)	-	Identifiant unique du polygone
Libellé	Qstring (text)	-	Nom du marais
Gestionnaire	Qstring (text)	-	Nom du gestionnaire du marais
Distance océan	Double (numéric)	-	Distance du marais à l'océan en mètre par rapport à la limite terre-mer
Régime hydraulique	Int (int 4)	1 : Géré 2 : Naturel 3 : Déconnecté 4 : Sans objet 5 : Non renseigné	Type de régime hydraulique du marais Code SANDRE 981 <a href="https://id.eaufrance.fr/nsa/981">https://id.eaufrance.fr/nsa/981</a>
Temporalité submersion	Int (int 4)	0 : Inconnue 1 : Jamais 2 : Toujours 3 : Exceptionnelle 4 : Régulière	Temporalité de la submersion marine de la zone Code SANDRE 949 <a href="http://id.eaufrance.fr/nsa/949">http://id.eaufrance.fr/nsa/949</a>
Étendue submersion	Int (int 4)	1 : Inconnu 2 : Sans objet 3 : Totalement 4 : Partiellement	Classification de l'étendue de la submersion en cas de submersion Code SANDRE 947 <a href="http://id.eaufrance.fr/nsa/947">http://id.eaufrance.fr/nsa/947</a>
Typologie	Int (int 4)	1 : Marais salé 2 : Marais saumâtre 3 : Marais doux 4 : Prés salés 5 : Herbiers 6 : Vasière 7 : Océan	Typologie du marais selon la classification établie dans le paragraphe 2.2.1
Surface	Double (numéric)	-	Surface du marais en hectare
Producteur	Qstring (text)	-	Producteur de la donnée
Producteur année	Qstring (text)	-	Année de production de la donnée
Producteur fichier	Qstring (text)	-	Nom du fichier initial
Producteur id	Qstring (text)	-	Identifiant initial
Date création	QDate (date)	-	Date de création de la couche

TABLEAU 4 – Description des attributs de classe d'objets de la donnée « marais » (MultiPolygone 2D).

Nom de l'attribut	Type	Choix de valeurs	Description
ID	Int (int 4)	-	Identifiant unique du polygone

Libellé	Qstring (text)	-	Nom initial du polygone (couche d'origine)
Salinité	Int (int4)	1 : Salé 2 : Saumâtre 3 : Doux	Salinité de l'eau Code SANDRE 980 <a href="http://id.eaufrance.fr/nsa/980">http://id.eaufrance.fr/nsa/980</a>
Distance océan	Double (numeric)	-	Distance à l'océan en mètres
Canal	Double (numeric)	1 : Vrai 2 : Faux	L'entité est un canal : vrai ou faux
Largeur canal	Double (numeric)	-	Largeur du canal en mètres (si l'entité est un canal)
Longueur canal	Double (numeric)	-	Longueur du canal en mètres (si l'entité est un canal)
Surface canal	Double (numeric)	-	Calcul de la surface du canal en m <sup>2</sup> : longueur x largeur (si l'entité est un canal)
Nom producteur	Qstring (text)	-	Nom du producteur de la donnée
Fichier producteur	Qstring (text)	-	Nom du fichier d'origine
ID producteur	Qstring (text)	-	Identifiant d'origine de la donnée
MAJ producteur	QDate (date)	-	Date de mise à jour de la donnée
Date création	QDate (date)	-	Date de création de la donnée
ID marais	Int (int4)	-	Identifiant du marais sur lequel est située l'entité
Type de surface	Int (int4)	1 : Bassin doux 2 : Bassin salé 3 : Bassin saumâtre 4 : Canal doux 5 : Canal salé 6 : Canal saumâtre 7 : Herbiers zostères 8 : Vasière 9 : Océan 10 : Prés salés	Typologie carbone bleu établie dans le paragraphe 2.2.3
Surface	Double (numéric)	-	Calcul de la surface en hectare

TABLEAU 5 – Description des attributs de classe d'objet de la donnée « surface carbone bleu » (MultiPolygone 2D).

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 Cartographie et surface des marais du territoire

L'ensemble des marais rétro-littoraux, littoraux et de l'océan couvre **25 580 ha**, soit 45 % du périmètre d'étude, avec **14 383 ha** d'océan, **6 634 ha** de marais littoraux et **4 563 ha** de marais rétro-littoraux (Tableau 6). L'océan, représentant 56 % de la surface totale est le milieu le plus vaste, couvrant 61 % du périmètre maritime et 25 % du périmètre d'étude. La vasière intertidale, avec environ 6 000 ha, représente 24 % de la surface totale et occupe 11 % du périmètre d'étude. Sur la partie terrestre, les marais doux prédominent avec environ 4 000 ha, couvrant 16 % de la surface totale et 12 % du périmètre terrestre.

En termes de localisation (Figure 5), les prés salés se trouvent au nord du périmètre d'étude, dans la Baie de l'Aiguillon, tandis que les herbiers de zostères sont principalement localisés au sud, dans la baie d'Yves. La majorité des marais doux se situe dans la moitié sud du périmètre d'étude.

Types de marais et océan		Surface (ha)	% surface totale (25 580 ha)	% du périmètre terrestre (33 100 ha)	% du périmètre maritime (23 600 ha)	% du périmètre d'étude (56 700 ha)
Marais rétro- littoraux	Marais doux	3 985	15,6 %	12,0 %	-	7,0 %
	Marais saumâtres	330	1,3 %	1,0 %	-	0,6 %
	Marais salés	248	1,0 %	0,7 %	-	0,4 %
Marais littoraux	Prés salés	477	1,9 %	-	2,0 %	0,8 %
	Vasière intertidale	6 068	23,7 %	-	25,7 %	10,7 %
	Herbiers de zostères naines	89	0,3 %	-	0,4 %	0,2 %
Océan		14 383	56,2 %	-	60,9 %	25,4 %
<b>TOTAL</b>		<b>25 580</b>	<b>100,0 %</b>	-	-	<b>45,1 %</b>

TABLEAU 6 – Surface des typologies de marais et pourcentages d'occupation en fonction des différents périmètres.

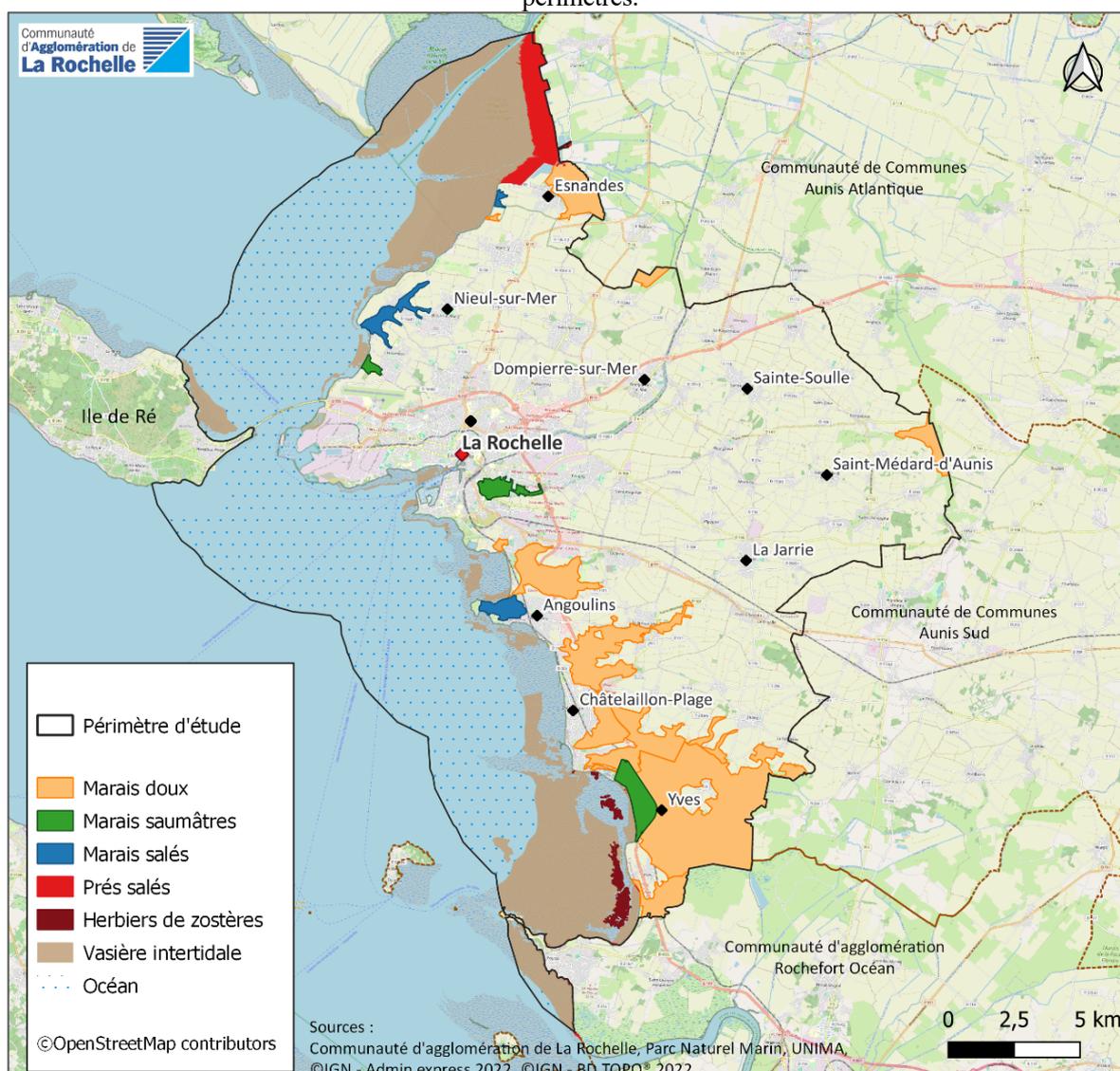


FIGURE 5 – Cartographie des marais rétro-littoraux, littoraux et de l'océan sur le périmètre d'étude.

### 3.2 Cartographie et surface des milieux carbone bleu

L'ensemble de la surface carbone bleu représente **21 441 ha** (Tableau 7) correspondant à 38 % de la surface du périmètre d'étude. La cartographie (Figure 6) et les surfaces restent inchangées concernant les milieux littoraux (6 634 ha) et océaniques (14 383 ha), mais la surface en eau des marais rétro-littoraux ne représente plus que **424 ha**. Le reste des 4 139 ha correspond donc à des surfaces émergées (prairies, cultures, boisements, etc.) qui peuvent être des puits de carbone, mais dont la capacité de captation et de séquestration est différente des milieux carbone bleu. Pour les marais doux, qui sont les marais rétro-littoraux les plus présents sur le territoire, seuls **6 %** de leur surface est en eau, la quasi-totalité correspondant à des canaux.

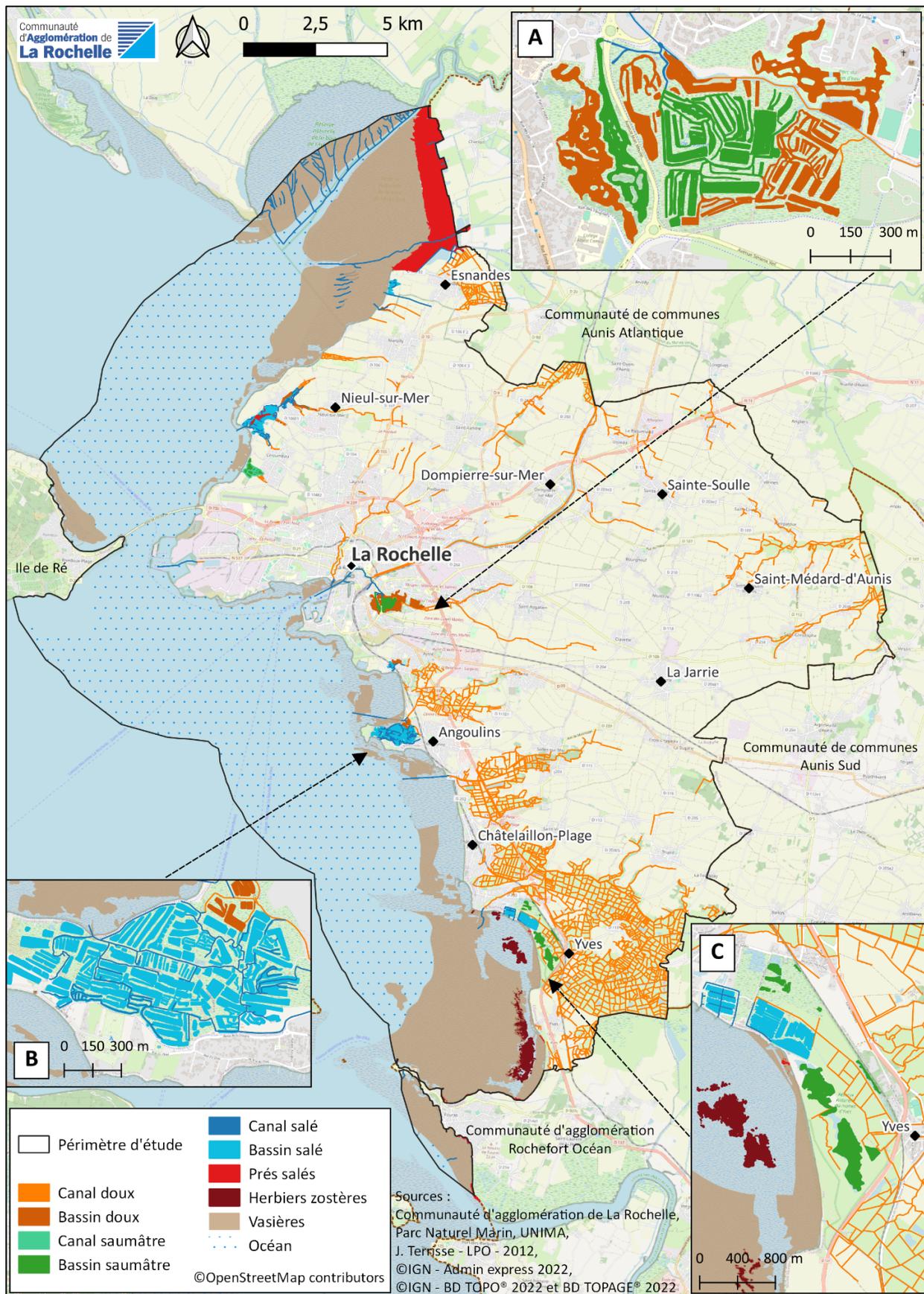


FIGURE 6 – Cartographie des milieux carbone bleu sur le périmètre d'étude avec un zoom sur trois marais : le marais de Tasdon (A), le marais du Chay (B) et le marais d'Yves (C).

Types de marais et océan	Typologie carbone bleu	Surface (ha)	% surface totale carbone bleu (21 441 ha)	% surface carbone bleu sur le marais
Marais doux (3 985 ha)	Canal doux	205	1,0 %	5,1 %
	Bassin doux	36	0,2 %	0,9 %
Marais saumâtres (330 ha)	Canal saumâtre	1	0,0 %	0,3 %
	Bassin saumâtre	50	0,2 %	15,2 %
Marais salés (248 ha)	Canal salé	38	0,2 %	15,3 %
	Bassin salé	94	0,4 %	37,9 %
Prés salés (477 ha)	Prés salés	477	2,2 %	100,0 %
Herbiers de zostères (89 ha)	Herbiers de zostères	89	0,4 %	100,0 %
Vasière intertidale (6 068 ha)	Vasière intertidale	6 068	28,3 %	100,0 %
Océan (14 383 ha)	Océan	14 383	67,1 %	100,0 %
<b>TOTAL</b>		<b>21 441</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

TABLEAU 7 – Surfaces carbone bleu sur le périmètre d'étude.

#### 4 DISCUSSION

Cette étude a permis d'obtenir une classification inédite incluant l'ensemble des écosystèmes étudiés le long d'un continuum terre-mer, dans le cadre d'un projet de recherche sur le carbone bleu appliqué à un territoire. Sept types de milieux ont été identifiés, comprenant l'habitat océanique, les habitats côtiers végétalisés (marais littoraux) et les marais terrestres du territoire (rétro-littoraux). Le périmètre d'étude rochelais englobe 14 383 ha d'océan, 6 634 ha de marais littoraux et 4 563 ha de marais rétro-littoraux, marqués par une prédominance de l'océan, des vasières et des marais doux. De manière innovante, un deuxième niveau de classification a été établi concernant les milieux terrestres rétro-littoraux en distinguant les surfaces en eau des surfaces émergées. Les résultats montrent que très peu de surfaces de marais rétro-littoraux sont en eau : 53 % des marais salés endigués, 15 % des marais saumâtres et seulement 6 % des marais doux. La majorité des surfaces en eau dans les marais saumâtres et salés sont des bassins, tandis que les marais doux sont principalement constitués de canaux. Bien que la surface initiale des puits de carbone potentiels soit de 25 580 hectares, incluant la totalité de la surface des marais, seulement 21 441 hectares correspondent à des surfaces en eau. Les 4 139 ha restants sont des espaces agricoles, arborés ou de prairies, qui peuvent être des puits de carbone, mais dont la capacité de captation et de séquestration est différente de celle du carbone bleu. Cette étude a également permis de mettre en place une méthode d'identification et de cartographie de ces milieux en créant un référentiel spatial commun offrant une meilleure compréhension du territoire et pouvant être répliqué sur d'autres territoires.

Cette classification, qui intègre des milieux rétro-littoraux, littoraux et océaniques, n'a pas de précédent dans la littérature. Elle met en évidence la difficulté de nommer, classifier et s'accorder sur une typologie de milieu sur un territoire donné dans le cadre de la réalisation d'un bilan carbone. L'application du concept de carbone bleu aux processus côtiers et non côtiers, ainsi qu'aux écosystèmes autres que les écosystèmes côtiers végétalisés, fait l'objet de débats et soulève de nombreuses incertitudes, notamment concernant la comptabilisation et la compréhension de l'origine et des apports du carbone sédimentaire terrestre (Gattuso *et al.*, 2023). Cette étude se distingue par une approche innovante qui prend en compte l'ensemble des écosystèmes présents sur un territoire le long

d'un continuum terre-mer. Elle s'inscrit dans le cadre de l'atteinte de la neutralité carbone d'un territoire, nécessitant l'évaluation de sa capacité de séquestration carbone et le renforcement de ses puits de carbone (ECOACT, 2019). La connaissance du véritable potentiel des puits de carbone d'un territoire requiert une typologie et une cartographie des habitats, ainsi que la mesure *in situ* de leurs taux de séquestration carbone (Pettex, 2018). Par conséquent, cette étude contribue de manière significative à une meilleure localisation et compréhension des écosystèmes de puits de carbone du territoire, ainsi qu'à leur spatialisation le long d'un continuum terre-mer. La connaissance de cette spatialisation est cruciale pour leur préservation et pour orienter les politiques publiques sur le territoire. Les mesures *in situ*, actuellement en cours au sein du projet, permettront d'attribuer finement une valeur de captation et de séquestration carbone à chaque type de milieu et d'aboutir, en prenant en compte les surfaces de cette étude, à un bilan carbone complet du territoire.

Plusieurs limites doivent être reconnues. D'une part, le périmètre d'étude défini reste subjectif en ce qui concerne la partie maritime. En effet, le périmètre d'action d'une collectivité est limité aux parties terrestres définies par les contours des Établissements Publics de Coopération intercommunale (EPCI) tandis que les milieux littoraux et océaniques relèvent du Domaine public maritime de l'État. Attribuer une partie littorale et océanique à une collectivité est donc inexact et renforce la contestabilité de la neutralité carbone à l'échelle d'une collectivité, terme qui devrait être réservé aux seules échelles planétaires ou nationales d'après Dugast *et al.* (2021). D'autre part, cette étude met en évidence la limite au fait d'attribuer des couleurs au carbone (carbone bleu ou carbone vert) à des écosystèmes, notamment ceux qui sont à l'interface terre-mer ou aquatique-terrestre. Le choix méthodologique dans cette étude a été de considérer comme carbone bleu uniquement les surfaces en eau au sein des marais rétro-littoraux, bien que le terme de carbone bleu désigne à l'origine les écosystèmes océaniques et littoraux. Ces marais terrestres composés de surfaces en eau et de surfaces émergées disposent de peu de données quant à leur capacité de captation et de séquestration carbone. De plus, bien que ces milieux puissent être reconnus comme des puits de carbone, il demeure incertain s'ils doivent être classés comme des puits de carbone bleu ou vert. Ces milieux humides n'ont jamais été réellement étudiés sous cet angle, soulevant des questions sur la pertinence des catégories de couleurs de carbone dans ces écosystèmes.

Des recherches futures devraient se concentrer sur une analyse de la végétation en dehors des zones en eau des marais rétro-littoraux pour mieux intégrer les écosystèmes de carbone vert. Il est donc nécessaire d'établir une typologie pour ces milieux, de les cartographier et de connaître leur surface afin d'obtenir un bilan carbone complet du territoire. Des perspectives pourraient également prendre en compte les modes de gestion de ces zones pour voir leur impact sur la fonction puits de carbone ainsi qu'intégrer le traitement automatisé d'images satellites hautes résolutions pour un meilleur suivi de ces surfaces.

## 5 CONCLUSION

L'objectif national de neutralité carbone, initié par certains pays dont la France, dans un contexte de changement climatique mondial, a poussé certains territoires à s'engager vers un bilan zéro émission nette. C'est le cas du territoire de La Rochelle avec son projet LRTZC. Dans cet objectif de neutralité carbone, l'identification des puits de carbone est un travail incontournable et le territoire rochelais a choisi de se concentrer particulièrement sur l'étude de ses écosystèmes dits « carbone bleu », nécessitant la réalisation d'une cartographie et d'une typologie de ces milieux sur l'ensemble du territoire. Cette étude a permis d'obtenir une classification inédite des écosystèmes océaniques, littoraux et rétro-littoraux le long d'un continuum terre-mer, identifiant sept types de milieux (marais doux, marais saumâtres, marais salés, prés salés, vasière, herbiers, océan) qui peuvent être de potentiels puits de carbone. Un deuxième niveau de classification a été établi pour les marais rétro-littoraux en choisissant d'attribuer la notion de carbone bleu uniquement aux surfaces aquatiques, ce qui soulève

la question de l'attribution de couleurs pour le carbone et de la distinction carbone bleu et carbone vert. De plus, l'élaboration d'un référentiel cartographique a permis de créer une base de données géographiques utilisable par les gestionnaires et les collectivités, afin de localiser ces milieux et d'identifier leur surface. Cette classification, qui n'a pas de précédent dans la littérature, et la base de données constituée sur le territoire de la Communauté d'Agglomération de La Rochelle contribuent à une meilleure compréhension du territoire. Les surfaces définies ici seront couplées aux études scientifiques qui attribuent des valeurs de captation et de séquestration à ces milieux dans le but de réaliser un bilan carbone global. Pour améliorer ces résultats, il est essentiel de poursuivre l'analyse de l'occupation des sols des marais rétro-littoraux, afin d'intégrer l'ensemble des milieux, dont ceux en carbone vert ou brun et d'acquérir des données supplémentaires sur le lien entre modes de gestion et carbone bleu. Ces informations serviront de base solide pour élaborer des recommandations adaptées aux gestionnaires de ces milieux, afin d'optimiser la gestion en fonction du service de puits de carbone, en répondant aux enjeux de régulation du cycle de l'eau et de protection de la biodiversité. Cette démarche de travail est répliquable et la méthode employée peut être appliquée à d'autres territoires permettant une meilleure compréhension des zones humides littorales. Cette approche est cruciale pour la préservation des écosystèmes et l'orientation des politiques publiques en matière de neutralité carbone.

## RÉFÉRENCES

- Agglomération de La Rochelle. 2024. « L'Agglo en chiffres - Agglo La Rochelle ». 2024. <https://www.agglo-laroche.fr/territoire/l-agglo-en-chiffres>.
- Anras L., Blachier P., Hussenot J., Lagardère J.-P., Lapouyade P., Massé J., Poitevin B., et Rigaud C. 2004. « Les marais salés atlantiques. Mieux connaître pour mieux gérer ». Cahier technique. Forum des Marais Atlantiques.
- Devillers P., Devillers-Terschuren J., Ledant J.-P., *et al.* 1991. « CORINE Biotopes Manual. Habitats of the European Community ». Data specifications-Part 2.
- Duarte C.M., Middelburg J.J., et Caraco N. 2005. « Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle ». *Biogeosciences*, 2, 1-8. <https://doi.org/10.5194/bg-2-1-2005>.
- Duarte C.M., Losada I. J., Hendriks I. E., Mazarrasa I., et Marbà N. 2013. « The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation ». *Nature Clim Change*, 3, 961-68. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>.
- Dugast C., Gallo F., Zito F., Fleuriot F., Lalevée G., Vassilevskaya T., Degrémont M., Fosse J., Mesqui B., et Pittavino A. 2021. « Neutralité et territoires. Un cadre d'action collectif pour la neutralité carbone en France ». Rapport final. Carbone 4.
- ECOACT. 2019. « Réussir la neutralité carbone des collectivités territoriales et des territoires. Ambition, actions et solidarité territoriale. » Note de synthèse.
- Gattuso J.-P., Heymans S., Hicks N., Neukermans G., Landschützer P., et Pörtner H.-O. 2023. « Blue Carbon: Challenges and Opportunities to Mitigate the Climate and Biodiversity Crises. » Report, European Marine Board. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8314214>.
- Goeldner-Gianella L. 1998. « La mise en valeur agricole et salicole des marais maritimes ». In *Les littoraux maritimes. Milieux, aménagements, sociétés*, Éditions du Temps, Paris, 70-99. Paris : Éditions du Temps.
- IPCC. 2023. « Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023 : Synthesis Report ».
- IUCN. 2021. « Manual for the creation of Blue Carbon projects in Europe and the Mediterranean ». Otero, M. (Ed)., 144 p.
- Lovelock C.E., Duarte C.M. 2019. « Dimensions of Blue Carbon and emerging perspectives ». *Biology Letters* 15: 20180781. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2018.0781>.
- Macreadie P.I., Anton A., Raven J.A. *et al.* 2019. « The future of Blue Carbon science ». *Nature Communications* 10, 3998. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11693-w>.
- Macreadie P.I., Costa M.D.P., Atwood T.B. *et al.* 2021. « Blue carbon as a natural climate solution ». *Nature Reviews Earth Environment* 2, 826-839. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00224-1>.
- McLeod E., Chmura G.L., Bouillon S., Salm R., Björk M., Duarte C.M, Lovelock C.E, Schlesinger W.H, et Silliman B.R. 2011. « A Blueprint for Blue Carbon: Toward an Improved Understanding of the Role of Vegetated Coastal Habitats in Sequestering CO<sub>2</sub> ». *Frontiers in Ecology and the Environment* 9 (10) : 552-60. <https://doi.org/10.1890/110004>.
- Ministère de la Transition écologique. 2020. « Stratégie nationale bas-carbone. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone ». Synthèse. Ministère de la Transition écologique et solidaire. <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie->

[nationale-bas-carbone-snbc](#).

- Nelleman C., Corcoran E., Duarte C.M., Valdés L., De Young C., Fonseca L., et Grimsditch G. 2009. « Blue carbon. A rapid response assessment. The role of healthy oceans in binding carbon ». United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7772>.
- Paskoff R. 2010. « 5. Les marais maritimes ». In *Les littoraux*, 3e éd. : 100-127. Collection U. Paris : Armand Colin. <https://www.cairn.info/les-littoraux--9782200249267-p-100.htm>.
- Pettex E. 2018. « Veille scientifique sur le carbone bleu et identification d'un réseau sur le carbone bleu/vert », 32 pages.
- Préfecture de la Charente-Maritime. 2015. « Les marais rétro littoraux en Charente-Maritime ». Présenté à Groupe Zones Humides, janvier.
- SANDRE. 2018. « Description des milieux humides ». Dictionnaire des données Version 3. Thème : Milieux humides. Service d'Administration nationale des Données et Référentiels sur l'Eau.
- Tabarly S., Doceul M.-C., Bouron J.-B., Ferreira L., Bourgeat S., Bras C., Nussbaum F., Charlet M., et Depraz S. 2012. « Glossaire ». Géoconfluences. École normale supérieure de Lyon. ISSN : 2492-7775. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire>.
- UNESCO. 2021. « Le patrimoine mondial marin de l'UNESCO, gardien des réserves mondiales de carbone bleu. » Paris, France.
- Vasylyeva N. 2021. « A net zero future looms larger after COP26 – but how do we get there in time? » *UNDP Climate Promise* (blog). 13 décembre 2021. <https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/net-zero-future-looms-larger-after-cop26-how-do-we-get-there-time>.
- Ville de La Rochelle. 2024. « La Rochelle Territoire Zéro Carbone (LRTZC) ». 2024. <https://www.larochelle.fr/annuaires/projets/projet/la-rochelle-t>.

## A ANNEXE 1

Extrait du questionnaire pour les entretiens carbone bleu

MARAIS	
INTERLOCUTEUR(S)	
DATE	

**NOM DU MARAIS :** \_\_\_\_\_

**ENTITE :** \_\_\_\_\_

**SOUS-ENTITE :** \_\_\_\_\_

**SURFACE TOTALE :** \_\_\_\_\_

**GESTIONNAIRE :** \_\_\_\_\_

*Date, rôle, missions*

### STATUT FONCIER :

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Propriété privée                 | <input type="checkbox"/> Fluvial = Domaine public Fluvial   |
| <input type="checkbox"/> Association, groupement, société | <input type="checkbox"/> Maritime = Domaine public maritime |
| <input type="checkbox"/> Public = Établissement public    | <input type="checkbox"/> Inconnu                            |
| <input type="checkbox"/> Collectivité territoriale        | <input type="checkbox"/> Autre :                            |
| <input type="checkbox"/> État = Domaine de l'État         |   |

*Détail du propriétaire :*

### SALINITE :

- Salé
- Saumâtre
- Doux
- Non renseigné

### TYPE DE REGIME HYDRAULIQUE :

- Géré
  - Actif : manœuvre d'ouvrages
  - Passif : Digue, seuil
- Naturel = soumis au marnage, impluvium ou crue sans maîtrise
- Déconnecté = déconnecté du réseau hydraulique : bassin isolé, terre cultivée ou drainée
- Sans objet = zone artificialisée
- Non renseigné

**SURFACE EN EAU :** \_\_\_\_\_

**LINEAIRE EN EAU :** \_\_\_\_\_

### ENTREE D'EAU :

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Mer, Océan                | <input type="checkbox"/> Ruissellement diffus         |
| <input type="checkbox"/> Cours d'eau               | <input type="checkbox"/> Eaux de crues                |
| <input type="checkbox"/> Canaux, fossés            | <input type="checkbox"/> Pompages                     |
| <input type="checkbox"/> Sources                   | <input type="checkbox"/> Précipitations               |
| <input type="checkbox"/> Nappes d'eau souterraines | <input type="checkbox"/> Eaux de Ruissellement Urbain |
| <input type="checkbox"/> Plan d'eau                | <input type="checkbox"/> Autres :                     |

**SORTIE D'EAU :**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Mer, Océan                | <input type="checkbox"/> Ruissellement diffus |
| <input type="checkbox"/> Cours d'eau               | <input type="checkbox"/> Eaux de crues        |
| <input type="checkbox"/> Canaux, fossés            | <input type="checkbox"/> Pompages             |
| <input type="checkbox"/> Nappes d'eau souterraines | <input type="checkbox"/> Inconnue             |
| <input type="checkbox"/> Plan d'eau                | <input type="checkbox"/> Autres :             |
| <input type="checkbox"/> Evaporation               |   |

**DISTANCE A LA MER :** \_\_\_\_\_**TEMPORALITE SUBMERSION MARINE :**

- Jamais : la zone n'est jamais submergée
- Toujours : la zone est submergée en permanence
- Régulièrement : la zone est submergée lors d'évènements relatifs au fonctionnement normal du cycle annuel (une fois par an pendant 3 mois, une fois par jour dans les zones tidales, etc.)
- Exceptionnellement : zone submergée lors d'évènements exceptionnels (inondations quinquennales, décennales, tempêtes, etc.)
- Inconnue : pas d'information sur la fréquence de submersion de la zone

*Détails :***ETENDUE SUBMERSION MARINE :**

- Totalement : la zone est submergée dans sa totalité
- Partiellement : la zone est partiellement submergée
- Sans objet : la zone n'est jamais submergée
- Inconnue

---

**B REMERCIEMENTS**

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État dans le cadre du projet La Rochelle Territoire Zéro Carbone (LRTZC) des Territoires d'Innovations de Grande Envergure (TIGA), à travers le Plan d'Investissement d'Avenir (PIA3) géré par la Caisse des Dépôts et la Région Nouvelle-Aquitaine (agrément 25875420). Les auteurs remercient les collègues de l'Agglomération de La Rochelle qui coordonnent le projet et les collègues de la Ville de La Rochelle qui ont suivi ce travail.