



Finistère
Penn-ar-Bed

camab

Cellule d'animation
sur les milieux aquatiques
et la biodiversité



Notice descriptive

Pré-localisation des zones humides estuariennes sur le
Finistère par télédétection

Février 2025

Sommaire

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Préambule..... | 3 |
| 2. | Méthode de production des données..... | 4 |
| 2.1. | Donnée précisant les limites estuariennes | 4 |
| 2.2. | Acquisition des images..... | 4 |
| 2.3. | Production de la donnée d'apprentissage | 7 |
| 2.4. | Classification finale..... | 9 |
| 2.5. | Post-traitements..... | 12 |
| 3. | Limites de la méthode | 13 |
| 4. | Données de pré-localisation des zones humides estuariennes | 14 |
| 4.1. | Description de la table attributaire | 14 |
| 4.2. | Mise à disposition des données..... | 14 |

1. Préambule

Contexte sur le Finistère

A l'échelle du département du Finistère, la Camab¹ assure une mission de coordination des inventaires de zones humides. Elle mène un suivi, centralise, actualise, fiabilise et diffuse les données sur les zones humides, dans l'état où elles sont produites par les acteurs locaux (structures porteuses des Schémas d'aménagement et de gestion des eaux, syndicats de bassin, communes ou intercommunalités) selon une méthodologie départementale. Cette donnée constitue l'inventaire permanent des zones humides du Finistère (IPZH29)², une base de référence partagée.

Ces inventaires agrégés dans l'IPZH29 ont généralement été réalisés dans les limites cadastrales et n'intègrent que rarement les zones humides estuariennes ou de manière hétérogène. Des besoins de compléments ont été exprimés par les acteurs des territoires. C'est pourquoi un travail de **pré-localisation des zones humides estuariennes par télédétection** a été engagé sur le département par la Camab à partir de 2021. En 2023, cette donnée a fait l'objet d'une consultation technique auprès des territoires finistériens.

Limites de la télédétection

Basée sur des **images satellites et photos aériennes**, la méthode développée permet de **pré-localiser** les enveloppes de zones humides estuariennes par modélisation. Ainsi, la donnée de pré-localisation des zones humides estuariennes présente une **fiabilité moindre** par rapport aux inventaires de terrain. A ce titre et afin de ne pas mélanger des données de sources différentes, la donnée de prélocalisation des zones humides estuariennes n'a pas été intégrée à l'inventaire permanent des zones humides du Finistère qui rassemble les inventaires de zones humides réalisés sur le terrain. Pour autant, cette donnée constitue un **premier niveau de connaissance complémentaire** aux inventaires de terrain existants et peut constituer une **enveloppe d'alerte** utile à la protection des zones humides estuariennes dans les documents de planification et les projets d'aménagement.

Autres points d'attention :

- Tous les estuaires finistériens n'ont pu être étudiés dans le cadre de cette pré-localisation, notamment les plus petits (cf. 2.1). Sur ces secteurs non étudiés, des données sont très souvent disponibles dans l'IPZH29.
- Il existe des données plus précises sur un certain nombre d'estuaires, en particulier les **cartographies des habitats sur les sites Natura 2000**. Ces données sont à mobiliser en priorité quand elles existent.
- Les estuaires sont des milieux très variables au cours du temps. Leurs caractéristiques peuvent évoluer rapidement alors que la cartographie constitue une **photo du territoire à un instant t**.

¹ La Cellule d'animation sur les milieux aquatiques et la biodiversité (Camab) est issue d'un partenariat entre le Conseil départemental du Finistère, le Forum des Marais Atlantiques et la Fédération de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques du Finistère. Depuis 2008, elle accompagne les collectivités finistériennes pour la préservation et la restauration des milieux aquatiques et de la biodiversité.

² [Données consultables et téléchargeables sous GéoBretagne](#)

2. Méthode de production des données

2.1. Donnée précisant les limites estuariennes

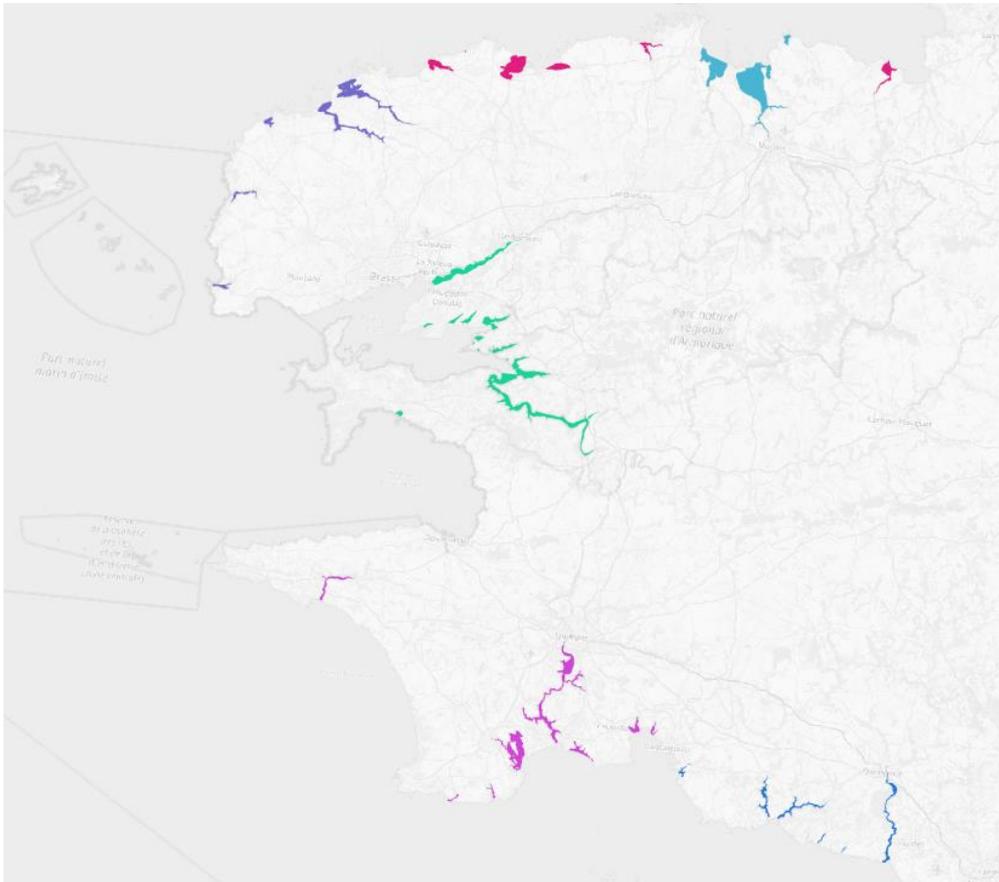


Figure 1 : Localisation des estuaires délimités.

Les limites des estuaires sont principalement basées sur la donnée « **limite terre-mer** » produite par le **SHOM** (Service hydrographique et océanographique de la Marine). Le résultat a été affiné par **photo-interprétation**, ce qui a permis de mieux faire coller les limites aux zones véritablement estuariennes et de retirer certaines zones comme les infrastructures portuaires qu'il était inutile de soumettre à la télédétection.

Au total, **43 estuaires** sont délimités et répartis dans six groupes en fonction du positionnement géographique ou de leurs similitudes. Cela représente **113 km² de surface** étudiée.

2.2. Acquisition des images

Les images des **satellites Sentinel-2** ont été utilisées. Elles sont à la fois :

- Gratuites ;
- Très fréquentes (un passage tous les 5 jours) ;
- D'une large fauchée de 290 km ;
- D'une résolution acceptable pour l'usage envisagé (10 m pour les bandes les plus précises) ;
- Riches en données dans l'infrarouge ce qui est intéressant pour discriminer la végétation.

Malgré la haute fréquence de passage, le choix se limite drastiquement lorsqu'il s'agit d'éliminer les images où la nébulosité est gênante et la marée trop haute. Quatre dates seulement ont pu être sélectionnées entre le 28/02/2021 et le 06/09/2021. Par chance, elles sont bien réparties sur la période et représentatives de chaque saison. La **BD Ortho@IGN RVB et IRC de 2021** a également été utilisée pour renforcer le jeu.

| Dates | Production | Résolution | Bandes spectrales |
|------------|-------------------|--------------------|---|
| 28/02/2021 | Sentinel-2 A et B | 10 m, 20 m et 60 m | 4 bandes à 10 m 6 bandes à 20 m 3 bandes à 60 m |
| 14/04/2021 | | | |
| 13/06/2021 | | | |
| 06/09/2021 | | | |
| Été 2021 | BD ORTHO RVB/IRC | 0,20 m | 4 pseudo-bandes |

Tableau 1 : Caractéristiques des images sélectionnées.

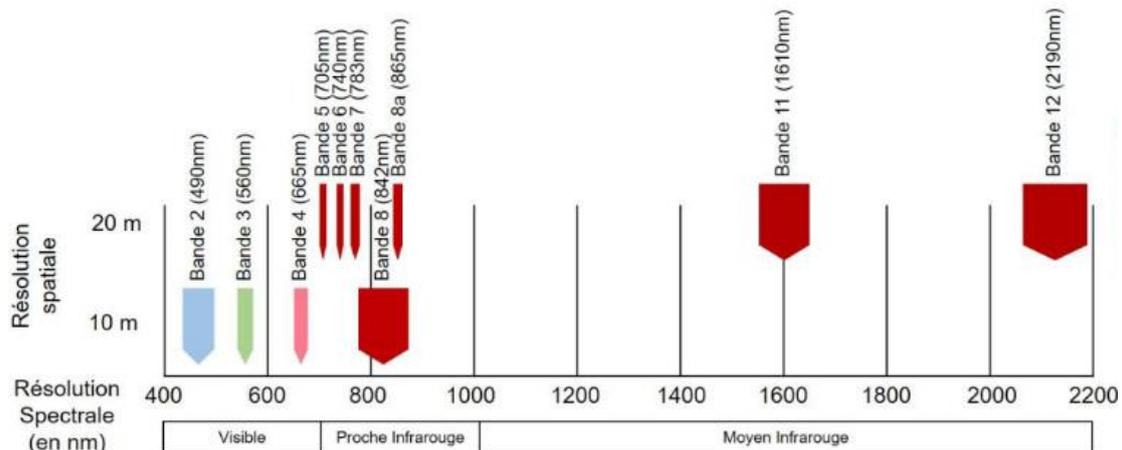


Figure 2 : Bandes spectrales utilisées.

Les images ont toutes été rééchantillonnées afin de faire correspondre leur résolution et leur emprise :

- La BD ORTHO a été re-échantillonnée à une résolution de 2,5 m.
- Pour les images Sentinel-2, les bandes à 20 m et 60 m ont été rééchantillonnées à 10 m de résolution par la méthode bilinéaire (lissage en fonction des pixels voisins qui produit un dégradé).

La méthode bilinéaire est réutilisée afin d'avoir toutes les bandes à 5 m de résolution.

Le dernier rééchantillonnage à 2,5 m par la méthode du plus proche voisin permet de ne pas trop étirer les dégradés et de garder des limites assez franches entre les habitats.

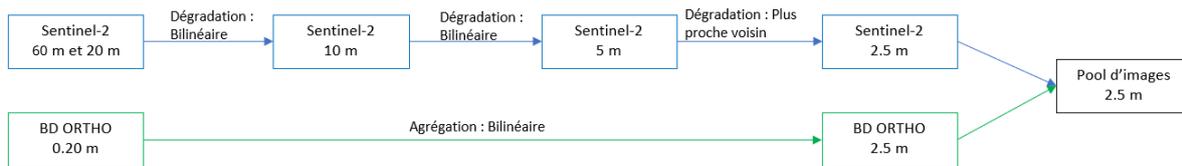


Figure 3 : Étapes du rééchantillonnage.

À partir des 10 bandes spectrales de Sentinel-2 et des 4 de la BD ORTHO, des indices ont été calculés et ajoutés au lot de données :

- Des **indices de végétation** (NDVI, ARVI, GNDVI) discriminent des habitats en fonction de la production chlorophyllienne. Plus la chlorophylle des plantes est active, plus l'augmentation du niveau de réflexion dans le proche infrarouge ou le vert est impactant.
 - o Exemple de formule avec le NDVI pour Sentinel-2 :

$$\frac{\text{Bande 8} - \text{Bande 4}}{\text{Bande 8} + \text{Bande 4}}$$
- Des **indices d'eau** (NDWI, NDMI, NDTI), intéressants pour discriminer les habitats en fonction de la teneur en eau dans le couvert végétal. Le NDTI a la particularité de donner une indication sur la turbidité de l'eau.
 - o Exemple de formule avec le NDWI pour Sentinel-2 :

$$\frac{\text{Bande 3} - \text{Bande 8}}{\text{Bande 3} + \text{Bande 8}}$$
- Des **indices de sol** (BSI) discriminent les variations du sol. Les bandes spectrales infrarouge et rouge sont utilisées pour quantifier la composition minérale du sol, tandis que les bandes spectrales bleues et proches infrarouge sont utilisées pour mettre en valeur la présence de végétation.
 - o Exemple de formule avec le BSI pour Sentinel-2 :

$$\frac{[(\text{Bande 11} + \text{Bande 4}) - (\text{Bande 8} + \text{Bande 2})]}{[(\text{Bande 11} + \text{Bande 4}) + (\text{Bande 8} + \text{Bande 2})]}$$

2.3. Production de la donnée d'apprentissage

La méthode de classification utilisée est dite **supervisée**. Elle fait appel à l'algorithme **Random Forest**. Ce dernier n'a pas l'autonomie décisionnelle de choisir les classes à délimiter. La supervision se fait grâce à une **donnée d'apprentissage** propre à chaque groupe d'estuaires qui se présente sous forme de points correspondant à chaque type de milieu que l'on souhaite classifier. Cet échantillonnage est fourni en entrée au modèle Random Forest ainsi que l'intégralité des bandes spectrales acquises et des indices calculés.

Ces points ont été **collectés sur le terrain**, complétés par **photo-interprétation** et en s'appuyant sur des **données existantes** (IPZH29, cartographie des habitats Natura 2000, inventaire des roselières et la Cartographie des grands types de végétation produite par le CBNB). 20 % des points sont réservés et non soumis à la télédétection. Ils sont utilisés ultérieurement pour évaluer la fiabilité du résultat.

Des premiers **tests de classification** sont réalisés dans l'objectif d'éprouver la pertinence de cette donnée d'apprentissage. L'**analyse visuelle** et des **outils statistiques** (indices Kappa, matrices de confusion, Analyse en composantes principales...) permettent d'évaluer les résultats et de retravailler la donnée d'apprentissage. Pour limiter les confusions, il est parfois nécessaire de supprimer, déplacer, ajouter des points.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) fait partie des outils statistiques utilisés pour évaluer la fiabilité des résultats. Elle permet de visualiser en deux (ou trois) dimensions des données multivariées dont le nombre de variables trop important ne permet pas d'en appréhender la variabilité facilement. Les différentes variables sont résumées en deux ou trois groupes (les composantes principales) ce qui permet une représentation graphique simplifiée (sur deux ou trois axes). Cette analyse nous a permis d'obtenir un graphique en deux dimensions où chaque point de la couche d'apprentissage est coloré en fonction du type de milieu qu'il représente et qui est positionné en fonction de sa variabilité, résumée dans les deux composantes principales. La situation idéale est un lot de points de la même classe bien regroupé sur le graphique et qui n'est pas recouvert par d'autres points de classes différentes. Dans ce cas, la classification sera **performante** pour cette classe. A l'inverse, si les points d'une même classe ne sont pas suffisamment regroupés sur le graphique et qu'ils sont recouverts par d'autres nuages de points de classes différentes, il faut s'attendre à un résultat qui présentera des **confusions**. À titre d'exemple sur la figure ci-dessous, des points de la classe « eau » sont à supprimer ou déplacer car ils génèrent des confusions avec la classe « slikke sableuse ». L'étalement des points de la slikke sableuse témoigne d'une trop grande variabilité pour cette classe. Ce biais a en partie pu être réduit par l'ajout d'une classe « Algue verte ».

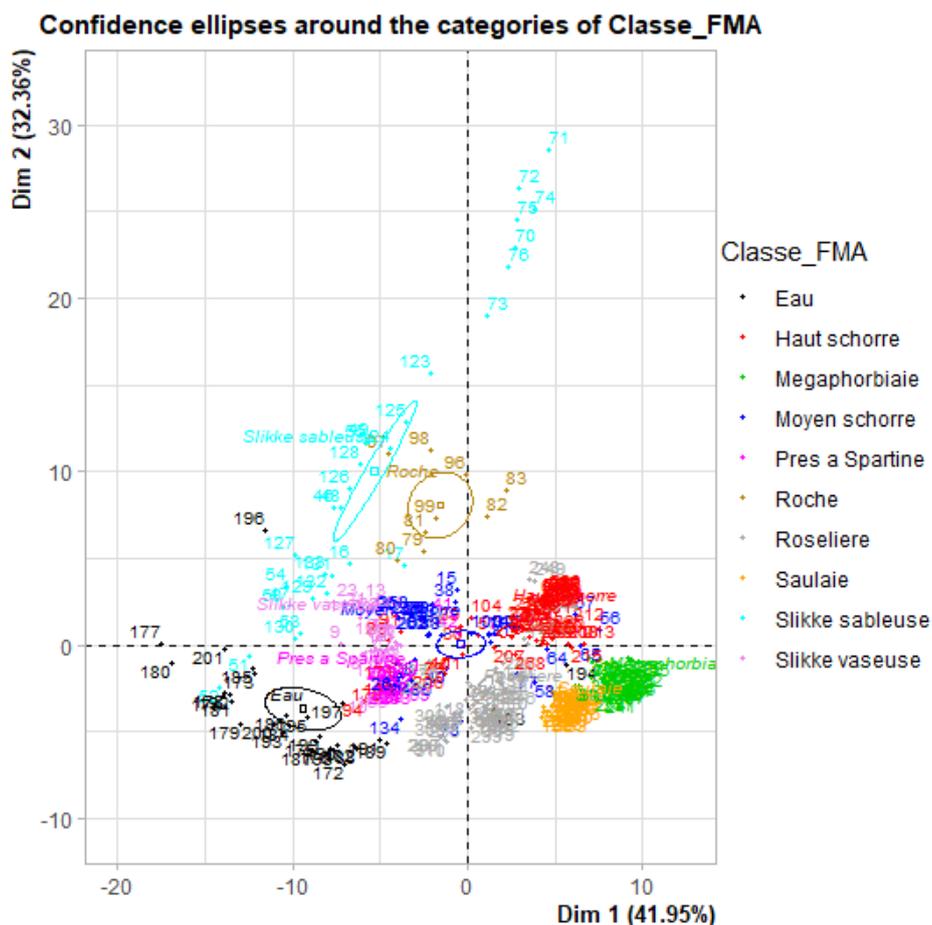


Figure 4 : Répartition des points de la couche d'apprentissage selon les composantes principales.

2.4. Classification finale

L'algorithme Random Forest est une méthode d'apprentissage automatique basée sur des **tests aléatoires et nombreux** organisés sous forme d'**arbres de décision indépendants**. Chaque arbre part d'un sous-échantillonnage des données trop nombreuses en entrée. Les résultats sont comparés les uns aux autres et ceux qui présentent des **similarités majoritaires** sont utilisés pour définir la **classification** en sortie de l'algorithme. Dans le cas de la télédétection, Random Forest est en quelque sorte une manière de choisir automatiquement les bandes spectrales ou indices permettant la meilleure discrimination de chaque classe.

La classification a permis d'aboutir à la définition de 13 classes.

Suite à la consultation réalisée sur les territoires et afin de limiter certaines confusions identifiées, il a été proposé de retenir uniquement **10 classes dont 6 considérées en zone humide**, en fusionnant (cf. tableau suivant) :

- Les classes *slikke vaseuse* et *slikke sableuse* en **slikke** ;
- Les classes *haute slikke* et *prés à spartine* en **haute slikke et bas schorre** ;
- Les classes *moyen schorre* et *haut schorre* en **moyen et haut schorre**.

| Habitats télédéfectés | Equivalence CORINE Biotopes | Libellé CORINE Biotopes | Classes retenues dans la pré-localisation des zones humides |
|--|-----------------------------|--|---|
| Eau | 13 | Estuaires et rivières tidales (soumises à marées) | NON |
| Slikke sans végétation vasculaire | 14 | Vasières et bancs de sable sans végétations Bancs de sable (dont amas de débris coquillés) sans végétations vasculaires (slikke, recouverte ou non d'algues vertes ou brunes) Vasières sans végétations vasculaires (slikke, recouverte ou non d'algues vertes ou brunes) | OUI |
| Haute slikke et bas schorre | 15.1 | Gazons pionniers salés Dont gazons atlantiques à Salicorne | OUI |
| | 15.2 | Prairies à Spartine | OUI |
| Moyen et haut schorre | 15.3 | Prés salés atlantiques Dont groupements à <i>Puccinellia maritima</i> des prés salés (peut aussi inclure : <i>Tripolium pannonicum</i> , <i>Halimione portulacoïdes</i> ...) Communautés du schorre supérieur (inclus notamment : <i>Juncus gerardii</i> , <i>Plantago maritima</i> , <i>Ameria maritima</i> , <i>Limonium vulgare</i> , <i>Juncus maritimus</i> ...) Végétation à <i>Elymus pycnanthus</i> | OUI |
| Roselière | 53.1 (53.11 + 53.17) | Roselières (Phragmitaies + Végétation à Scirpes halophiles) | OUI |
| Mégaphorbiaie | 37.1 | Communautés à Reine des prés et communautés associées | OUI |
| Saulaie | 44.92 | Saussaies marécageuses | OUI |
| Roche | A | Roches | NON |
| Algues brunes | B | Algues brunes | NON |
| Algues vertes | C | Algues vertes | NON |

Tableau 2 : Récapitulatif des habitats télédéfectés et leurs équivalences CORINE Biotopes.

Précisions et points de vigilance des classes proposées pour la pré-localisation des zones humides estuariennes par télédétection :

- Sur certains secteurs, les habitats sont **imbriqués** et une classe d'habitat majoritaire peut intégrer d'autres habitats.
- Certaines classes peuvent être **surestimées ou sous-estimées**, notamment au niveau des zones ombragées par la ripisylve et aux endroits où les houpriers recouvrent la zone estuarienne.

Précisions sur les différents types d'habitat

- **Gazons à Salicorne** : habitat humide caractéristique de la haute slikke. Point de vigilance sur la pré-localisation car la Salicorne est annuelle. L'habitat aura une répartition variable d'une année à l'autre. D'autant plus qu'elle est concurrencée par la Spartine sur certains estuaires. La pré-localisation se base ici sur l'année d'obtention des images (2021).
- **Prés à Spartine** : habitat humide avec un caractère invasif pour l'espèce anglaise plutôt inféodée à la haute slikke alors que l'espèce européenne se situera plutôt sur le bas schorre. Ce sont des espèces pionnières des marais salés. Par télédétection, cette classe est parfois confondue avec celle des algues vertes.
- **Moyen schorre** : habitat humide, faciès de prés salés avec des graminées, en transition avec d'autres groupements ou non, dans lesquels des espèces revêtent un aspect particulier qui les distingue.
- **Haut schorre** : habitat humide. Point de vigilance car cette classe intègre deux habitats CORINE Biotopes : 15.33 et 15.35. L'habitat 15.33 est prédominant sur les estuaires du Finistère, il possède des formations souvent relativement riches en espèces, verdoyantes, fleuries, des prés salés supérieurs. Pour information en rade de Brest, l'habitat 15.35 de groupements nitrophiles de hautes herbes est dominant par rapport au 15.33.
- **Roselière** : habitat humide. Point de vigilance car cette classe intègre deux habitats CORINE Biotopes : 53.11 et 53.17.
 - > Phragmitaie (53.11) : Formation dominée par le Phragmite, communauté des bords des lacs, des mers intérieures, des anses marines, des cours d'eau et des ruisseaux, des marais.
 - > Scirpaie (53.17) : Formation de Scirpes maritime, souvent accompagnée de Jonc bordant, jusqu'à une profondeur de 1,5 m, les eaux saumâtres, salées, parfois douces, des marais côtiers, des sources, des prés salés, des bas-marais et des cours d'eau tidaux.

Ces deux habitats ont des profils spectraux similaires et se situent quasiment dans les mêmes zones. Généralement, la Scirpe maritime est en aval de la Phragmitaie.

Cet habitat peut être un peu surestimé sur certains estuaires, notamment au niveau des zones d'ombrage.

- **Mégaphorbiaie, saulaie** : habitats humides non caractéristiques des estuaires. Cependant, pour les estuaires de l'Aulne et de la Laïta, des débordements d'eau très faiblement saumâtre permettent l'installation de ces habitats dans la zone estuarienne.

- **Roche** : habitat non humide. Il y a des confusions par télédétection avec les algues brunes et/ou les algues vertes qui se déposent ou se fixent à la roche.
- **Algues brunes** : non caractéristique des zones humides. Elle est détectée pour réduire les confusions. Sur l'estran, les algues brunes sont fixées à la roche (algues de rive) ou déposées par la marée (algues épaves). Le milieu déduit privilégié est la roche. Cependant, il y a des algues brunes qui peuvent s'accrocher à de nombreux galets posés sur la slikke. La prise de décision se fait manuellement par photo-interprétation.
- **Algues vertes** : non caractéristique des zones humides, elle est seulement délimitée pour réduire les confusions. La présence des algues vertes est saisonnière. L'habitat à déduire sera généralement de la slikke.

2.5. Post-traitements

La donnée brute produite en sortie de la classification Random Forest est sous forme d'image et a subi une série de traitement afin d'aboutir à une donnée vectorisée exploitable.

Tamissage : le résultat est tamisé pour réduire l'effet « poivre et sel ». Les pixels isolés vont intégrer une autre classe d'habitat en fonction de l'habitat majoritaire qui l'entoure.

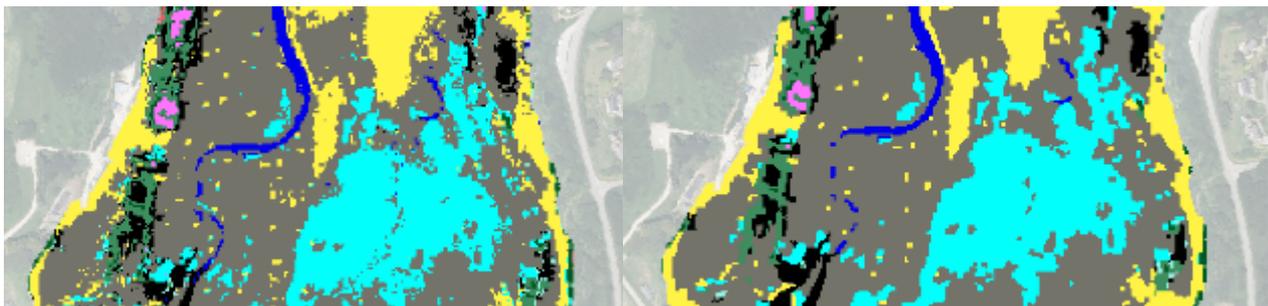


Figure 5 : Avant et après tamissage.

Vectorisation : La conversion au format vecteur s'accompagne d'un lissage des coins atténuant l'effet « escalier ».

Photo-interprétation : Les erreurs de classification ou de délimitations qui ont pu être repérées (notamment suite à la consultation réalisée sur les territoires) ont été corrigées manuellement en se basant visuellement sur des images aériennes.

Correction topologique : Enfin la donnée subie une dernière vérification afin de corriger les éventuelles invalidités de géométries et les recouvrements. Les limites extérieures sont retravaillées pour correspondre à la donnée définissant la limite des estuaires.

3. Limites de la méthode

La résolution des bandes spectrales les plus précises des images Sentinel est de 10 m et va jusqu'à 60 m. C'est à la fois précis et insuffisant. Beaucoup de confusions sont dues au fait que de nombreux pixels sont à cheval sur deux habitats et que certains habitats sont étroits et plus ou moins mélangés. Le choix de faire converger les résolutions des données Sentinel et de l'orthophoto IGN à 2,5 m (ce qui implique une forte dégradation de l'orthophoto IGN dont la résolution initiale est de 20 cm) est peut-être un point d'amélioration de la méthode.

La présence de bordures boisées dont les houpiers débordent sur l'estuaire et présentent parfois une **ombre portée** est aussi un facteur de confusion important. C'est un point sur lequel la photo-interprétation en post-traitement peut aider mais qui devrait sûrement être complété par des vérifications sur le terrain.

La **donnée d'apprentissage** demande une attention particulière. L'investissement en temps, a été considérable. Il a fallu des phases successives de test permettant de repérer les points mal placés apportant de la confusion et des sorties terrain pour obtenir une donnée utilisable. Plus les points sont correctement placés et leur nombre est conséquent, plus la classification issue du Random Forest est robuste. Il serait sûrement pertinent de consacrer encore plus de temps à la production de cette donnée essentielle.

4. Données de pré-localisation des zones humides estuariennes

4.1. Description de la table attributaire

| Nom de l'attribut | Description |
|---------------------|--|
| Habitat_teledetecte | Type d'habitat de zone humide identifié : <ul style="list-style-type: none">- Slikke sans végétation vasculaire- Haute slikke et bas schorre- Moyen et haut schorre- Roselière- Mégaphorbiaie- Saulaie |
| Origine_donnee | Origine de l'obtention de la donnée : <ul style="list-style-type: none">- Télédétection- Retours suite à la consultation (sur la base des connaissances terrain et cartographies d'habitats Natura 2000)- Photo-interprétation suite à la consultation |

4.2. Mise à disposition des données

Les données sont accessibles depuis le [site GeoBretagne](#) et du [Réseau partenarial des données sur les zones humides](#).

Contact

Forum des Marais Atlantiques - Antenne de Brest

Tel : 02 56 31 13 65

Mail : camab@forum-marais-atl.com

Site internet : <https://camab.fr/>



camab
Cellule d'animation
sur les milieux aquatiques
et la biodiversité