



**HAL**  
open science

## Suivi opérationnel des Activités Conchyliques par imagerie SATellitaire et réseaux de neurones convolutifs (projet SACSAT)

Rémi Budin, Cécile Curti, C. Carteron, Kevin Leleu, Karine Dedieu, Franck Desmazes, Isabelle Gailhard-Rocher, Julie Charmasson, Virginie Lafon, Aurélie Dehouck

### ► To cite this version:

Rémi Budin, Cécile Curti, C. Carteron, Kevin Leleu, Karine Dedieu, et al.. Suivi opérationnel des Activités Conchyliques par imagerie SATellitaire et réseaux de neurones convolutifs (projet SACSAT). merIGéo, Ifremer; Office Français de la Biodiversité; SHOM; Ecole Nationale Supérieure Maritime, Mar 2023, Le Havre, France. hal-04347491

**HAL Id: hal-04347491**

**<https://ofb.hal.science/hal-04347491v1>**

Submitted on 15 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Suivi opérationnel des Activités Conchylicoles par imagerie SATellitaire et réseaux de neurones convolutifs (projet SACSAT).

B.Beguet<sup>1\*</sup>, R.Budin<sup>1</sup>, N.Debonnaire<sup>1</sup>, C.Curti<sup>1</sup>, C.Carteron<sup>1</sup>, K.Leleu<sup>2</sup>, K.Dedieu<sup>2</sup>, F.Desmazes<sup>3</sup>, I.Gailhard-Rocher<sup>2</sup>, J.Charmasson<sup>2</sup>, V.Lafon<sup>1</sup>, A.Dehouck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>i-Sea, Pessac, France.

<sup>2</sup>OFB, Office Français de la Biodiversité.

<sup>3</sup>BRGM, Orléans, France

\* [benoit.beguet@i-sea.fr](mailto:benoit.beguet@i-sea.fr)

---

## Introduction

Depuis 2016, i-Sea a investi plus spécifiquement le monde du machine learning et notamment les nouvelles approches dites « Deep Learning ». Les réseaux de neurones convolutifs, et plus particulièrement les architectures de types SegNet ont été appliquées avec succès dans le cadre de travaux avec le PNMBA (Parc Naturel Marin du Bassin d’Arcachon) pour la cartographie surfacique des friches ostréicoles mais aussi des tables ostréicoles et des herbiers à partir d’images aériennes dès 2018. Ces approches ont ensuite été étendues à l’analyse d’images satellites, dans le cadre du projet SACSAT, financé par l’OFB, cela afin de démontrer le potentiel de notre approche pour la cartographie des activités conchylicoles sur des contextes d’étude variés. L’objectif de ce projet était de développer un processus de cartographie et de suivi opérationnel performant pour la gestion des activités conchylicoles à l’échelle de grandes façades maritimes, à partir d’images satellitaires à très haute résolution spatiale. Cet outil doit permettre de répondre aux besoins de suivi des masses d’eau côtières et de transition de la DCE et du programme de surveillance de la DCSMM pour l’indicateur « D6 intégrité des fonds marins ».

## Matériel et méthode

### Un processus de cartographie itérative par raffinements successifs

Nous avons développé un processus de cartographie reposant sur l’usage de réseaux de neurones convolutifs (plus spécifiquement l’architecture « SegNet ») adapté à la cartographie fine des activités conchylicoles. L’intérêt principal de cette approche est que le processus de classification intègre l’analyse des caractéristiques de formes et de textures dans l’image, cela à toutes les échelles que permettent les couches de convolutions du modèle. Cet outil est donc particulièrement adapté à l’analyse d’images texturées et à la reconnaissance d’objets fins comme les tables ostréicoles ou les linéaires de production de mytiliculture. Ces techniques constituent aujourd’hui les méthodes de traitement et d’analyse d’images les plus avancées, cependant elles nécessitent un gros volume de données pour leur entraînement et sont très dépendantes de la qualité de la base de données d’apprentissage, tout en étant très peu robustes au problème d’overfitting ou surapprentissage (le modèle n’a une bonne performance que sur la base de données d’apprentissage). Elles nécessitent donc en pratique une attention et une rigueur particulière si l’on souhaite aboutir à un modèle performant et bien généralisé, qui puisse être appliqué au plus de contextes d’étude possibles.

Dans un premier temps, la méthode a été développée et testée sur des images Pléiades couvrant de larges sites du Cotentin, en construisant pas à pas, par raffinements successifs, un modèle de prédiction pertinent. Une première étape de digitalisation manuelle est essentielle pour constituer une base de données d’apprentissage. Cette base de données d’apprentissage est ensuite complétée par des techniques d’augmentation de données permettant de multiplier le volume de données. Plusieurs itérations, ou aller-retours homme-machine, sont ensuite réalisées pour entraîner le modèle de prédiction, évaluer ses performances, et compléter, enrichir la base de données de cas particuliers que le modèle n’avait pas encore rencontré dans son apprentissage. L’opérateur humain joue donc ici

un rôle prédominant dans la compréhension des biais et des erreurs de prédictions, il va guider et imposer au modèle ses améliorations en sélectionnant de nouvelles zones les plus pertinentes possibles pour combler les lacunes de la base de données d'apprentissage. Après quelques itérations, les prédictions atteignent de très bons niveaux de performance et permettent la production de cartographies à grande échelle.

Dans un second temps, nous avons travaillé à la généralisation de ce modèle de prédiction en ajoutant au fil de l'eau de nouveaux échantillons digitalisés au sein de nouvelles images du Cotentin mais aussi du site du Bassin d'Arcachon, un milieu différent avec des pratiques et des types de production différents impliquant ainsi des faciès d'activités conchylicoles plus variés. L'objectif de cette étape de généralisation est de rendre notre modèle de prédiction invariant aux conditions d'acquisitions des images, aux types de milieux ainsi qu'aux types d'activités conchylicoles. L'idée étant in fine d'obtenir un modèle prédictif performant et pertinent à l'échelle de grandes façades maritimes, capable de prédire précisément les contours des activités conchylicoles dès l'acquisition d'une nouvelle image satellite haute résolution.

### **Constitution de la base de données d'entraînement**

Pour le littoral du Cotentin, 5 images Pléiades (4 bandes spectrales, dans le visible et le proche infrarouge, 0,5 m de résolution spatiale) acquises entre 2020 et 2022 ont été utilisées, ces images ont été sélectionnées pour avoir les niveaux d'eau les plus bas possibles ainsi qu'une turbidité la plus modérée possible afin de pouvoir distinguer au mieux des objets immergés. Cette série a été complétée par 2 images pour le Bassin d'Arcachon acquise entre 2021 et 2022. La base de données a été collectée et mise à disposition par DINAMIS (Dispositif Institutionnel National d'Approvisionnement Mutualisé en Imagerie Satellitaire).

La construction de notre base de données d'entraînement s'est donc faite au fil des raffinements successifs de notre processus de cartographie, pour aboutir à une surface échantillonnée de l'ordre de 680ha pour le site du Cotentin (au sein desquels approximativement 4000 polygones ont été digitalisés, représentant une surface de l'ordre de 55ha) et une surface de 115ha pour le Bassin d'Arcachon (au sein desquels 1700 polygones ont été digitalisés, soit 23ha). Ces surfaces sont découpées en imagerie de 256\*256 pixels, chaque imagerie constitue un échantillon de la base de données de référence. De façon classique, nous avons sélectionné aléatoirement 10% de ces imageries pour constituer un jeu de données de validation, indépendant du jeu de données d'apprentissage. Ces imageries nous ont donc servi à évaluer pas à pas les améliorations de notre modèle prédictif, ces évaluations quantitatives sont toujours doublées d'évaluations plus qualitatives par photo-interprétation, cela afin de comprendre les difficultés rencontrées par le modèle et ainsi bien choisir les nouvelles zones à échantillonner pour affiner son apprentissage.

### **Résultats et discussions**

Après avoir entraîné et évalué notre modèle de prédiction des activités conchylicoles pas à pas, sur les sites du Cotentin dans un premier temps puis sur l'ensemble des données de validation (Cotentin et Bassin d'Arcachon) dans le cadre de la généralisation du modèle, nous obtenons des précisions globales de l'ordre de 95% (avec un Kappa de 0.71) pour l'ensemble de validation du Cotentin et 94% (avec un score Kappa de 0.76) pour celui du Bassin d'Arcachon. Ces précisions obtenues par notre modèle, après cette première phase de généralisation, sont très satisfaisantes et permettent d'envisager la cartographie des activités conchylicoles à grande échelle avec un modèle unique. La figure 1 présente les résultats obtenus sur des imageries de validation, ces dernières montrent toute la difficulté du problème posé, avec des objets de tailles, de formes et d'orientations différentes, dans des milieux environnants, des profondeurs, et des niveaux de turbidités variables. Les prédictions obtenues sont très précises et permettent de bien définir, à l'échelle de la table ostréicole, des contours précis et pertinents. La première imagerie montre la capacité de notre processus à détecter

des objets au sein de rochers, avec une visibilité limitée. La seconde imagerie contient un piège à poisson que le modèle a réussi à détecter de par sa forme linéaire particulière. Enfin, la dernière imagerie montre la capacité de notre méthode à détecter des objets très fins, de l'ordre de 2 ou 3 pixels d'épaisseur.

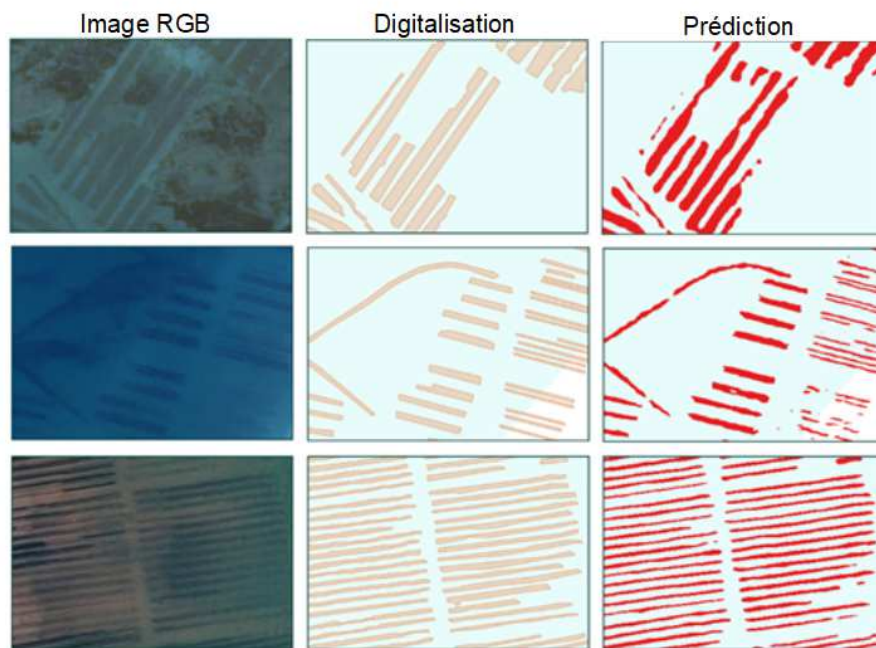


Figure 1 : Exemple d'échantillons de validation, de gauche à droite : l'image Pléiades (multispectral fusionné à 0.5cm) ; la digitalisation manuelle de référence et la prédiction obtenue.

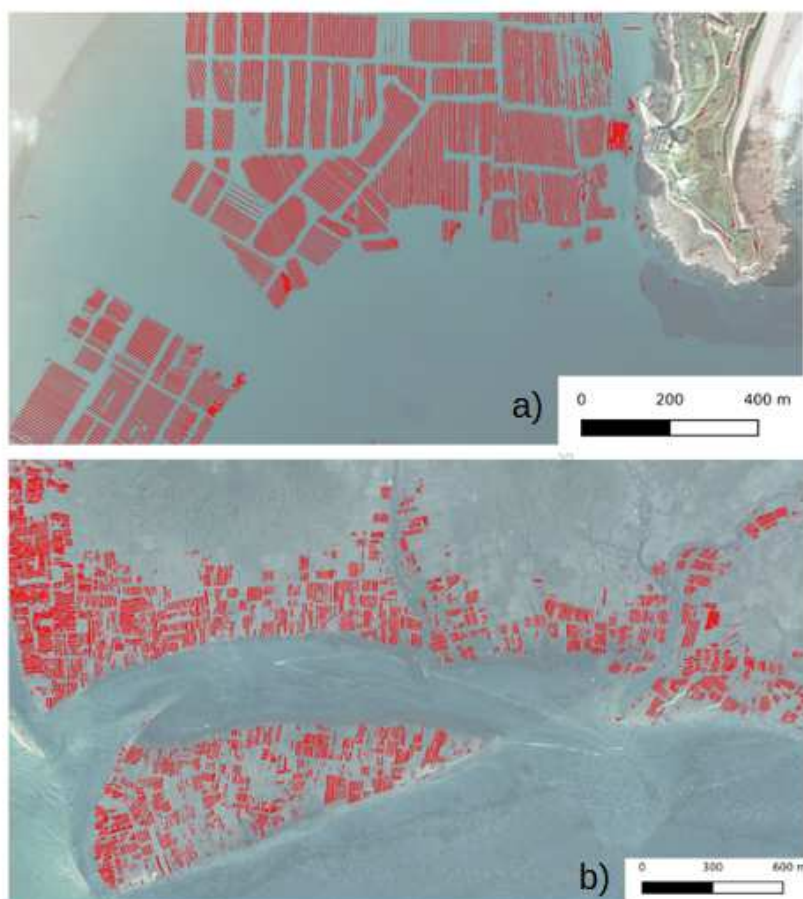


Figure 2 : Zones prédites par le modèle généralisé : a) site du Cotentin (secteur de Saint-Vaast-La-Hougue), b) site du Bassin d'Arcachon (au sud de l'île aux oiseaux).

Enfin, la figure 2 présente des prédictions à plus grande échelle, sur des zones d'intérêt des deux sites d'études. Très peu de sur-détections sont observables, seuls les éléments anthropiques linéaires et structurés sont détectés. Nous avons aussi pu observer la capacité du modèle généralisé à prédire avec précisions des activités conchylicoles dans des contextes très complexes comme des platiers rocheux, mais aussi au sein d'images de qualité médiocre avec notamment la présence de voiles nuageux.

## Conclusion

Notre approche de cartographie des friches et tables ostréicoles à partir d'orthophotographie (15 cm) développée sur le Bassin d'Arcachon a été adaptée et appliquée avec succès pour la cartographie d'activités conchylicoles à partir d'images Pléiades (50 cm). L'effort de transfert et d'adaptation méthodologique s'est concentré sur les sites du Cotentin avec la constitution d'une base de données digitalisée spécifique. Cette base de données a permis de raffiner un modèle de prédiction hérité des travaux réalisés sur le Bassin d'Arcachon. La mise en œuvre de cet algorithme aboutit à des résultats très pertinents et satisfaisants sur l'ensemble de la côte du Cotentin.

Dans un second temps, nous avons cherché à démontrer le potentiel de généralisation de ce type d'algorithmes de détection en étendant notre process d'apprentissage à différentes images Pléiades, notamment sur le site d'Arcachon. On a ainsi montré que notre méthode a une bonne capacité de généralisation, ouvrant d'excellentes perspectives opérationnelles. Il est alors envisageable de mettre au point des modèles génériques à l'échelle des grandes façades maritimes, dont la performance à très grande échelle reste toutefois à évaluer.

Le projet a permis de démontrer qu'il était possible d'obtenir des images Pléiades exploitables - malgré les marées, les couvertures nuageuses, etc. – sur un grand linéaire côtier. Même dans le cas de niveaux d'eau relativement élevés, la méthode a montré de bons résultats sous l'eau. Ces premiers résultats montrent également qu'une image aérienne en complément restera utile pour la cartographie de grandes façades, dans le cas d'indisponibilité d'imagerie Pléiades exploitable. De plus, l'apport des images aériennes en termes de résolution permet d'aller plus loin dans la caractérisation des types d'activités conchyliques. En appliquant le même processus de cartographie itérative, nous avons pu, avec le Parc Naturel Marin du Bassin d'Arcachon, démontrer la capacité de notre méthode à différencier les tables ostréicoles pleines et vides, mais aussi d'autres types de productions comme l'usage de cages en eaux profondes ou de « paniers australiens ». Sur le site du Cotentin, en travaillant avec une image du ROL (Réseau d'observation du littoral de Normandie et des Hauts-de-France) à 15cm de résolution, nous avons pu discriminer les activités d'ostréicultures et de mytilicultures ainsi que différentes pratiques présentant des faciès différents dans les images.

Dans un futur proche, nous pouvons imaginer à l'échelle de grandes façades, une plateforme en ligne permettant pour chaque image Pléiades acquise sur une zone d'intérêt, le déclenchement d'un traitement automatique de détection d'activité conchylique. Cette perspective opérationnelle est très encourageante pour le suivi et la gestion des milieux à grande échelle, avec un outil automatisé pertinent permettant de réduire les coûts tout en proposant un niveau d'objectivité inégalable. Cette perspective, ainsi que la possibilité de développer des modèles génériques à l'échelle des façades maritimes, nous invite à poursuivre et approfondir les travaux réalisés dans le cadre de ce projet SACSAT.