



i-Sea



DATATERRA
DINAMIS

Rémi Budin

remi.budin@i-sea.fr

Études de fréquentation nautique par analyse d'images à très haute résolution spatiale

Atelier Utilisateurs DINAMIS



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Novembre 2025



Sommaire

Introduction	3
Méthodologie d'analyses d'images pour les études de la fréquentation nautique et de ses impacts potentiels	6
Étude sur la côte basque avec l'OFB	13
Historique des études de fréquentation nautique chez i-Sea	23
Conclusions	28



i-Sea



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Introduction



i-Sea



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

L'entreprise i-Sea



PME française
indépendante &
jumelle canadienne



Issue du milieu
académique



11 ans



15 personnalités



Répondre aux enjeux de la
transition écologique et climatique



Démocratiser l'usage du
spatial et de l'IA dans la mise
en œuvre des PP





Enjeux liés à la fréquentation nautique

Enjeux liés aux usages

- Actualisation des zones de mouillage autorisées
- Connaissance des usages et de la fréquentation liés aux activités de loisirs – Aujourd'hui souvent une connaissance vernaculaire

Enjeux pour les écosystèmes

- Pression du mouillage forain sur les habitats

Quelles données ?

- Données AIS (pas systématiques ou obligatoire pour toutes les embarcations)
 - Comptages sur photos obliques → Inadapté pour une grande zone d'étude
- Imageries aériennes & satellites pour une couverture exhaustive à date fixe.



i-Sea



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Méthodologie d'analyses d'images pour les études de la fréquentation nautique et de ses impacts potentiels

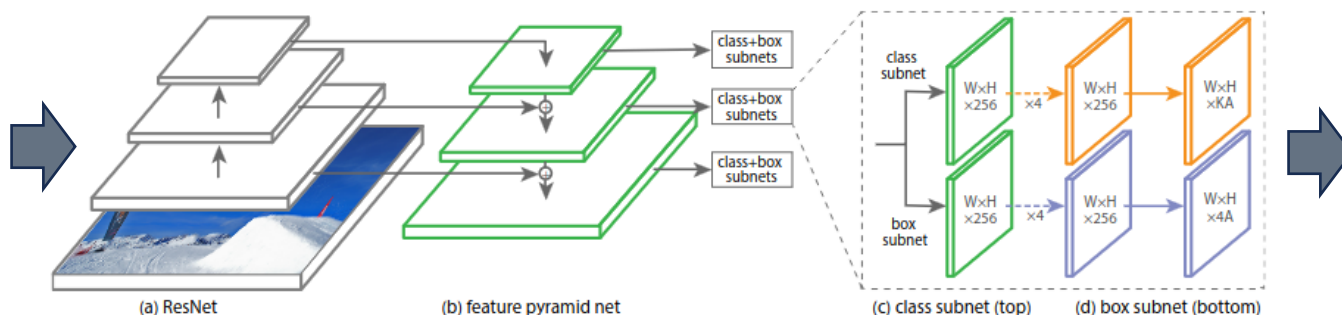
Recensement des bateaux par télédétection

Processus de reconnaissance semi-automatique de bateaux



En entrée

Image satellite et/ou aérienne très haute résolution



Réseau de neurones convolutifs
Architecture RetinaNet

En sortie

- Sur chaque image, **détection des navires sous forme d'une boîte géoréférencée**, avec une information sur **l'état de navigation***
- Pour chaque boîte, **extraction d'une taille estimée du navire** à partir d'algorithmes de segmentation (détourage des bateaux) et attribution d'une **classe de longueur**
- **Correction manuelle** pour garantir **l'exhaustivité des détections**

Exemple détourage des bateaux



* **État de navigation** : échoué, mouillage à l'ancre / à la dérive, mouillage au corps-mort, en navigation, à quai.

Analyse des données de recensement

Création d'un maillage

- Par exemple hexagonal (peut aussi être carré)
- Sur l'ensemble de la zone d'étude
- X mètres de côté (fonction des usages et des besoins)
- Selon les objectifs de l'étude, les embarcations en navigation peuvent être exclues de l'analyse pour se concentrer sur le mouillage forain

Objectif: Définir une **unité d'analyse commune** pour l'ensemble des paramètres considérés dans l'étude:

- Fréquentation moyenne (indicateur lié au nombre de bateaux)
- Pression physique (indicateur lié à l'impact d'ancrage des bateaux)
- Sensibilité des habitats
- Risque d'impact (indicateur qui combine les trois premiers)



Plusieurs informations agrégées dans les mailles

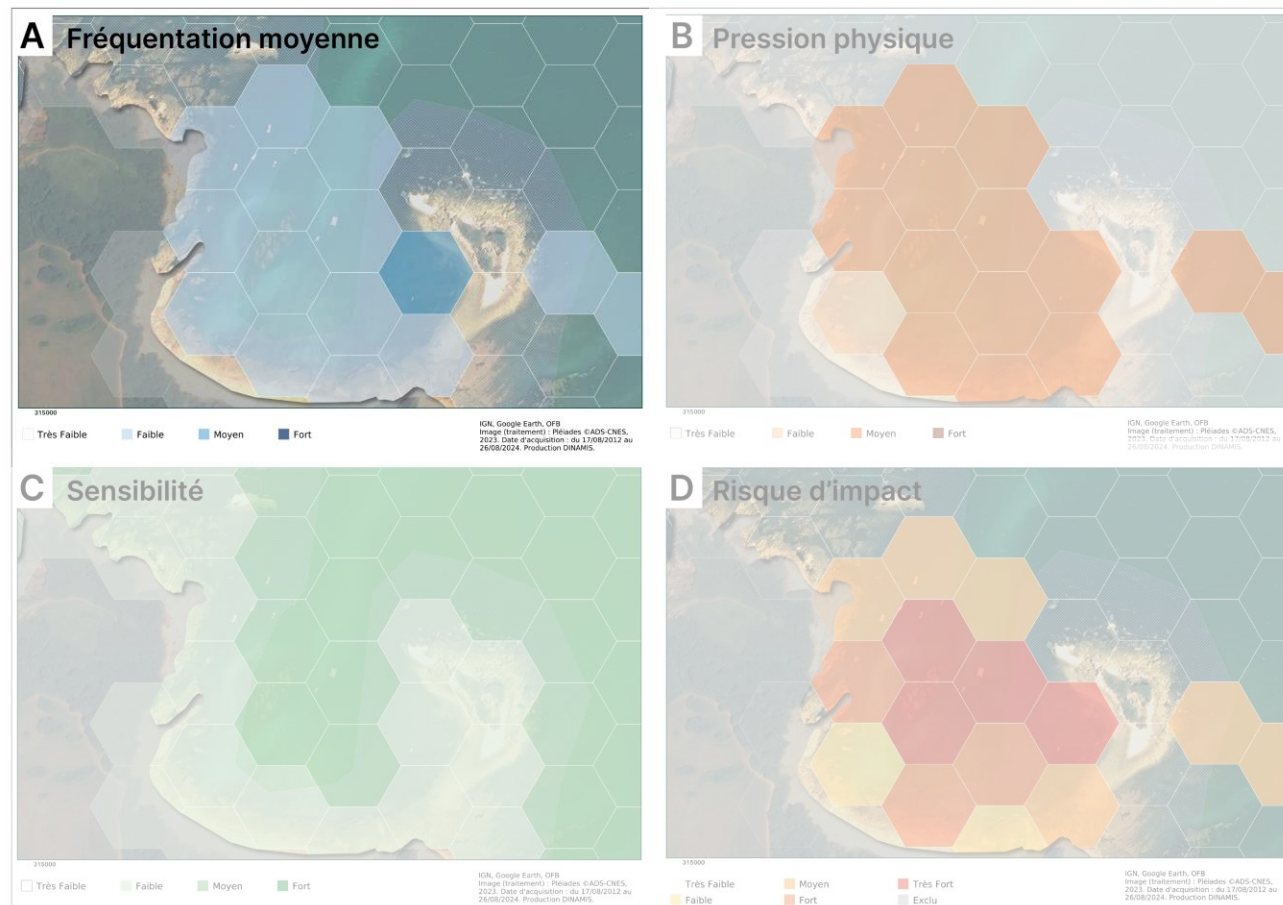
- Nombre d'images utilisées
- Nombre moyen, total, max., min de bateaux au mouillage
- Structure de la fréquentation par tailles de navires
- **Superficie des zones d'habitats connues au sein des mailles**



Analyse des données de recensement

Fréquentation moyenne

Nombre moyen de bateaux au mouillage
au sein de chaque maille

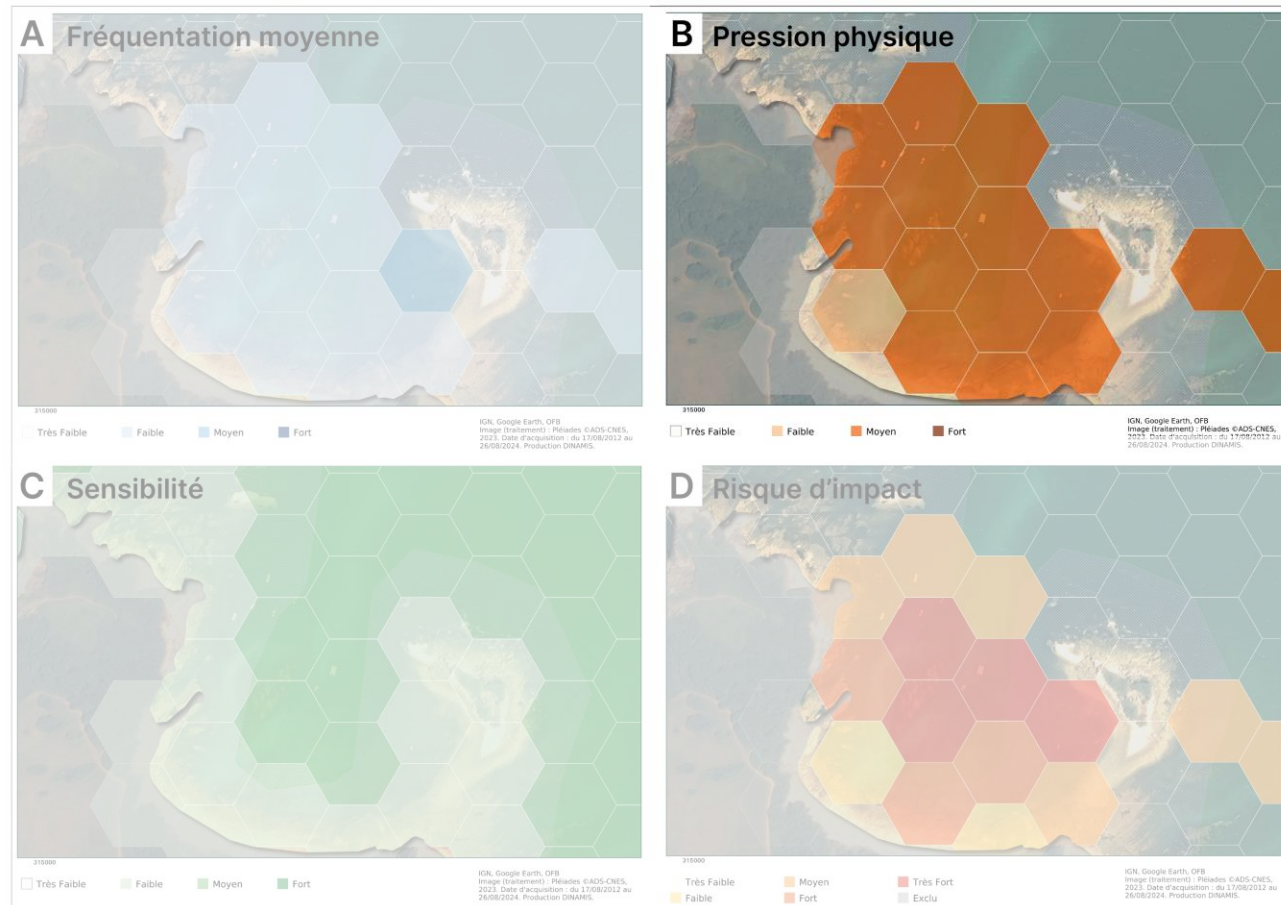




Analyse des données de recensement

Pression physique

Évaluer la pression potentielle selon la structure de la fréquentation: pression plus importante pour les bateaux de grande taille -> attribution de **poids en fonction des classes de taille**

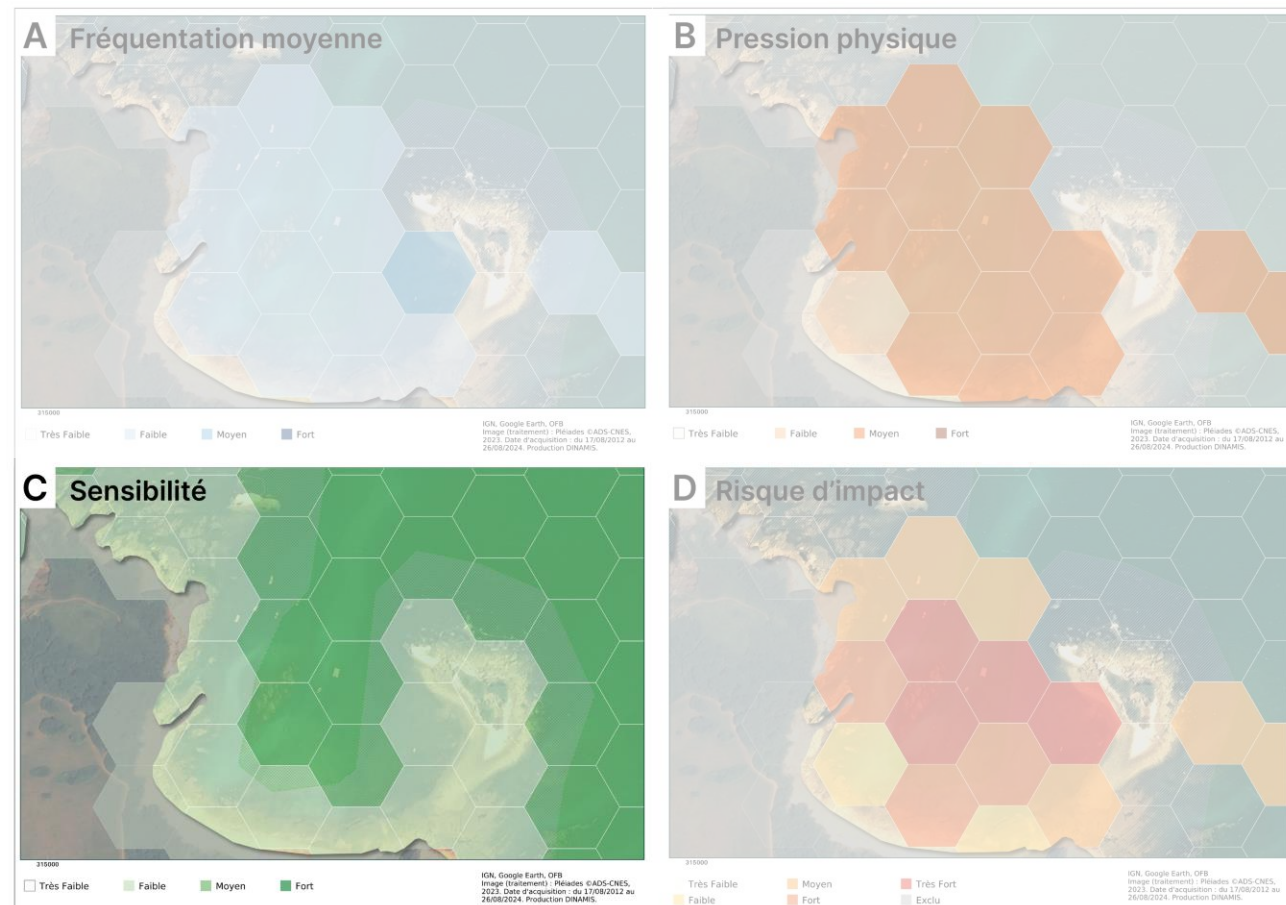




Analyse des données de recensement

Sensibilité

Sensibilité plus ou moins forte des habitats:
Poids établis à dire d'experts à partir des
données d'espèces ou d'habitats

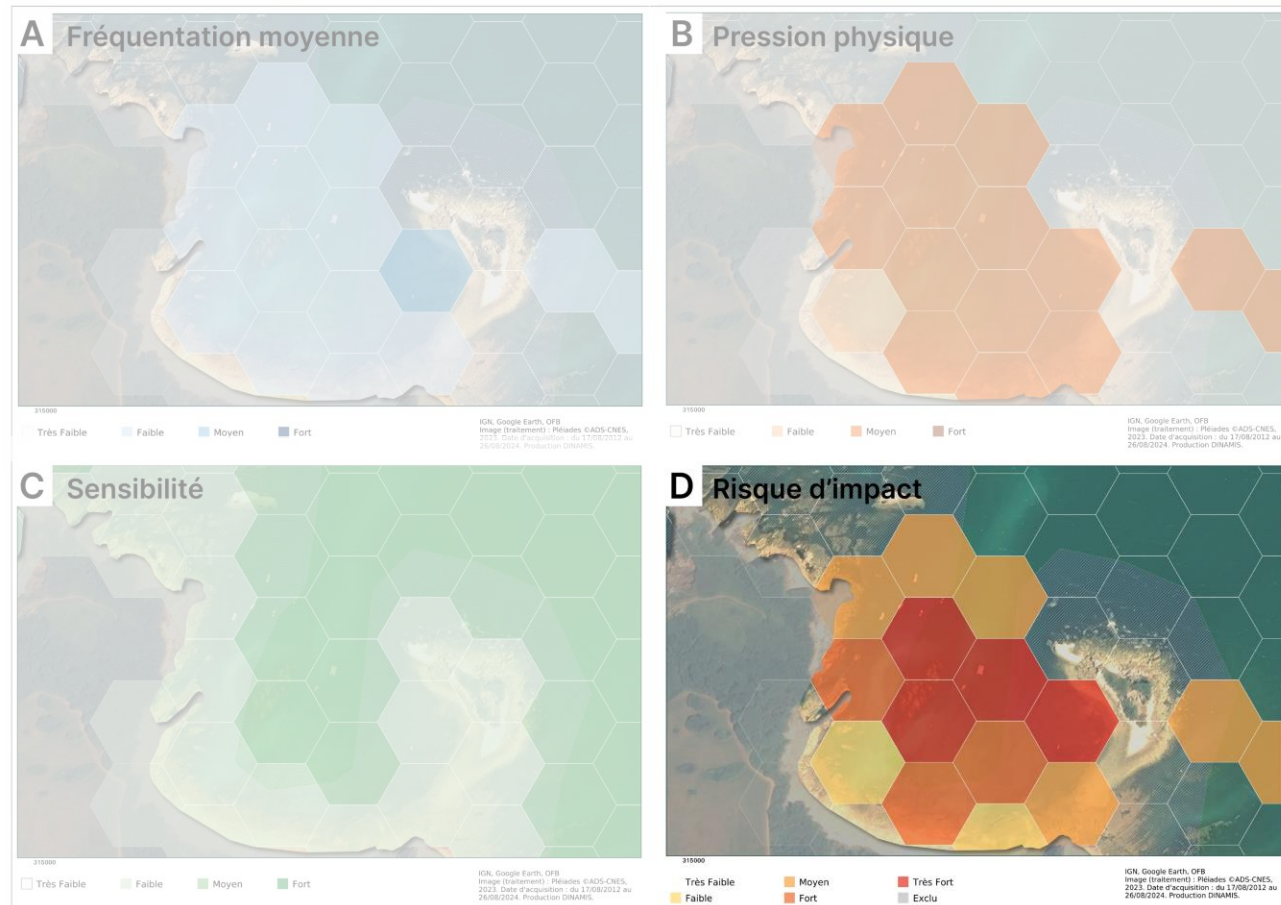




Analyse des données de recensement

Risque d'impact

Identifier les zones où le risque d'impact est le plus fort en intégrant la contribution des différents indicateurs considérés





i-Sea



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Étude sur la côte basque avec l'OFB



Contexte et objectifs

Objectifs de l'OFB

- Inventaire des bateaux au mouillage à l'ancre
- Caractérisation de la pression physique exercée par le mouillage forain

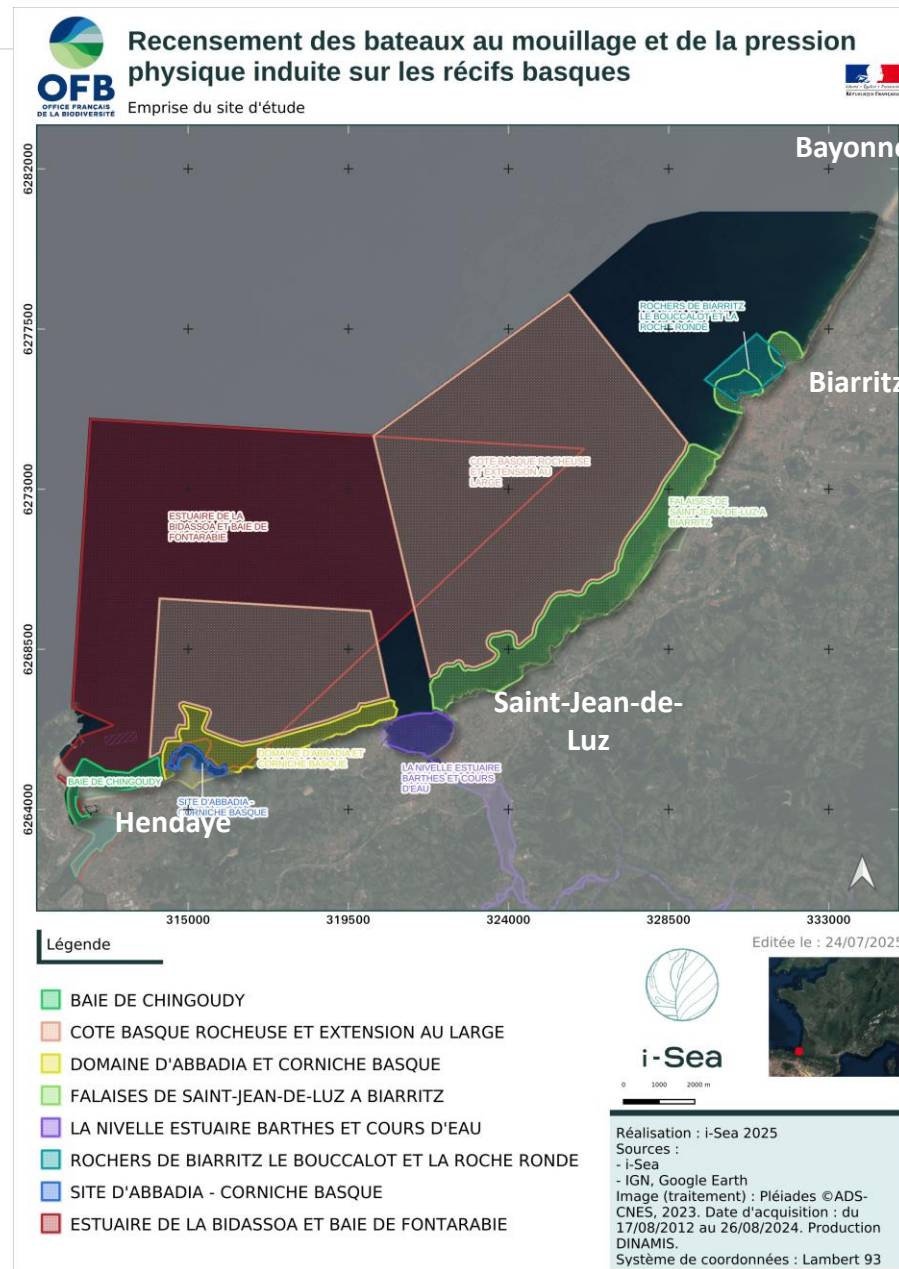
Objectifs de l'étude

- **Détection et caractérisation exhaustives** des navires à partir d'une banque d'images satellitaires et aériennes sur une **période temporelle de 10 ans**
- **Analyse de l'intensité de la pression physique de l'ancrage** et du **risque d'impact** en fonction de la sensibilité des habitats

Zone d'étude

- **Littoral basque** entre l'Adour et la Bidassoa

Exclusion des zones de mouillages organisées et autorisées





Collecte des données images

Critères

- **Période d'analyse** : 2012 – 2024
- Focus sur les **périodes de plus forte fréquentation** (juillet-août, week-end et jours fériés de mai, juin)
- Images **trop nuageuses** ou **mer trop agitée exclues**
- **Couvertures incomplètes** ou composées d'images acquises à plusieurs dates **intégrées à l'étude**

Images Pléiades

- Dispositif DINAMIS
- Entre 2013 et 2024
 - 30 images

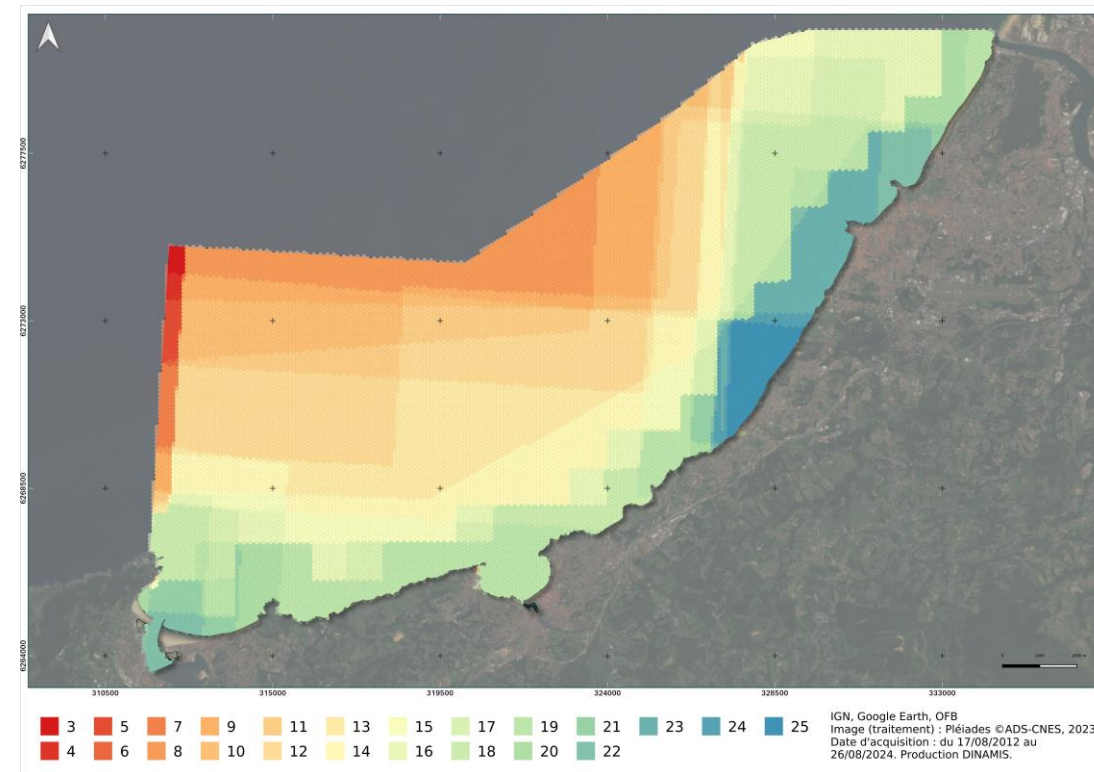


Orthophotographies

- Ortholittorales v2 (2012) et v3 (2019-2024)
- Orthophotographies (2012, 2015, 2018, 2021)

Image Google Earth

- Maxar – Juillet 2020



Période d'analyse 2012 – 2024: 37 images et 29 dates

Données auxiliaires

Contextualisation de l'étude

Couches transmises par l'OFB

- Zonages ZMEL
- Faciès sédimentaires
- Sites de plongée
- Zones de grottes
- Ceintures algales
- Zones de gorgones

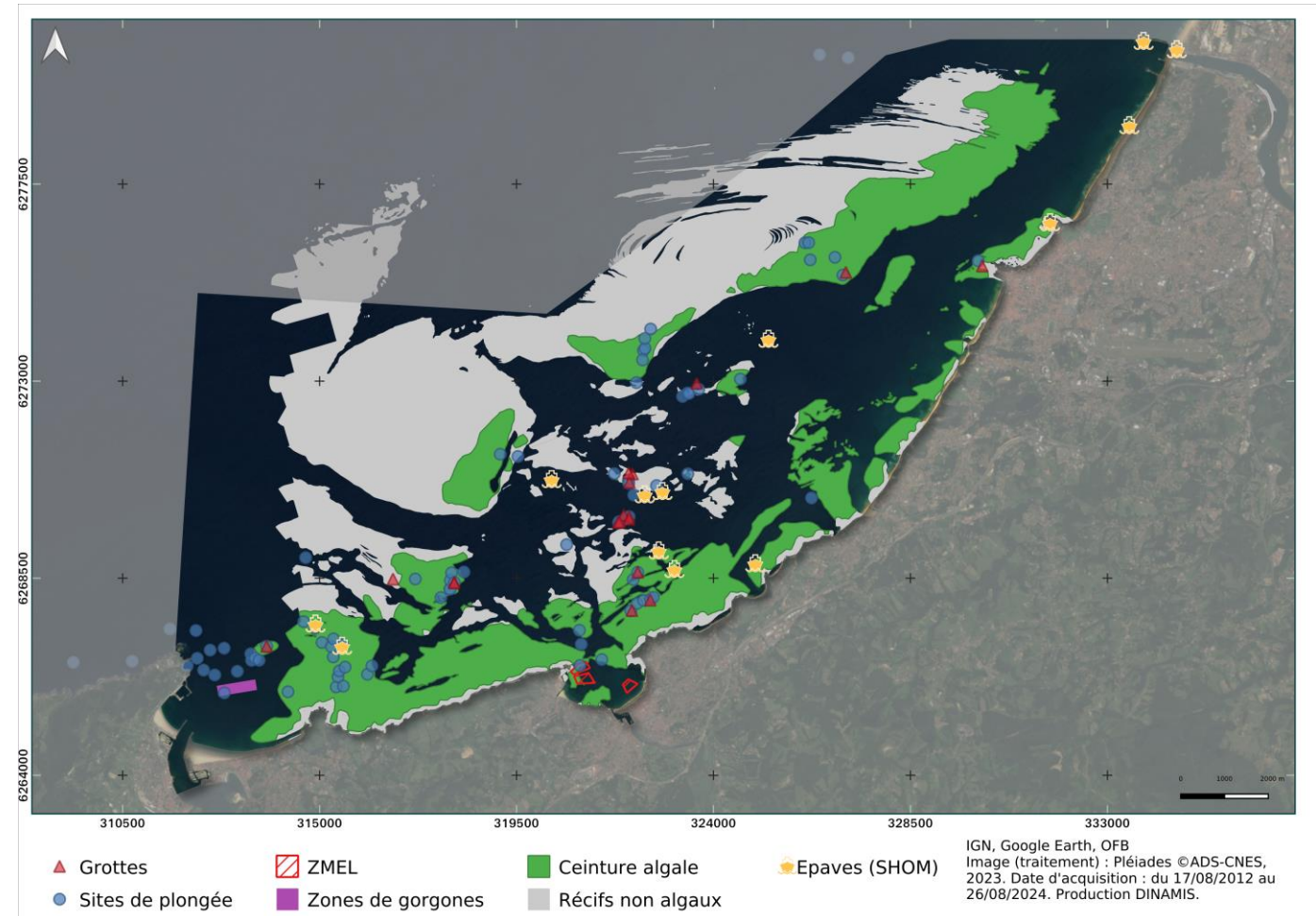
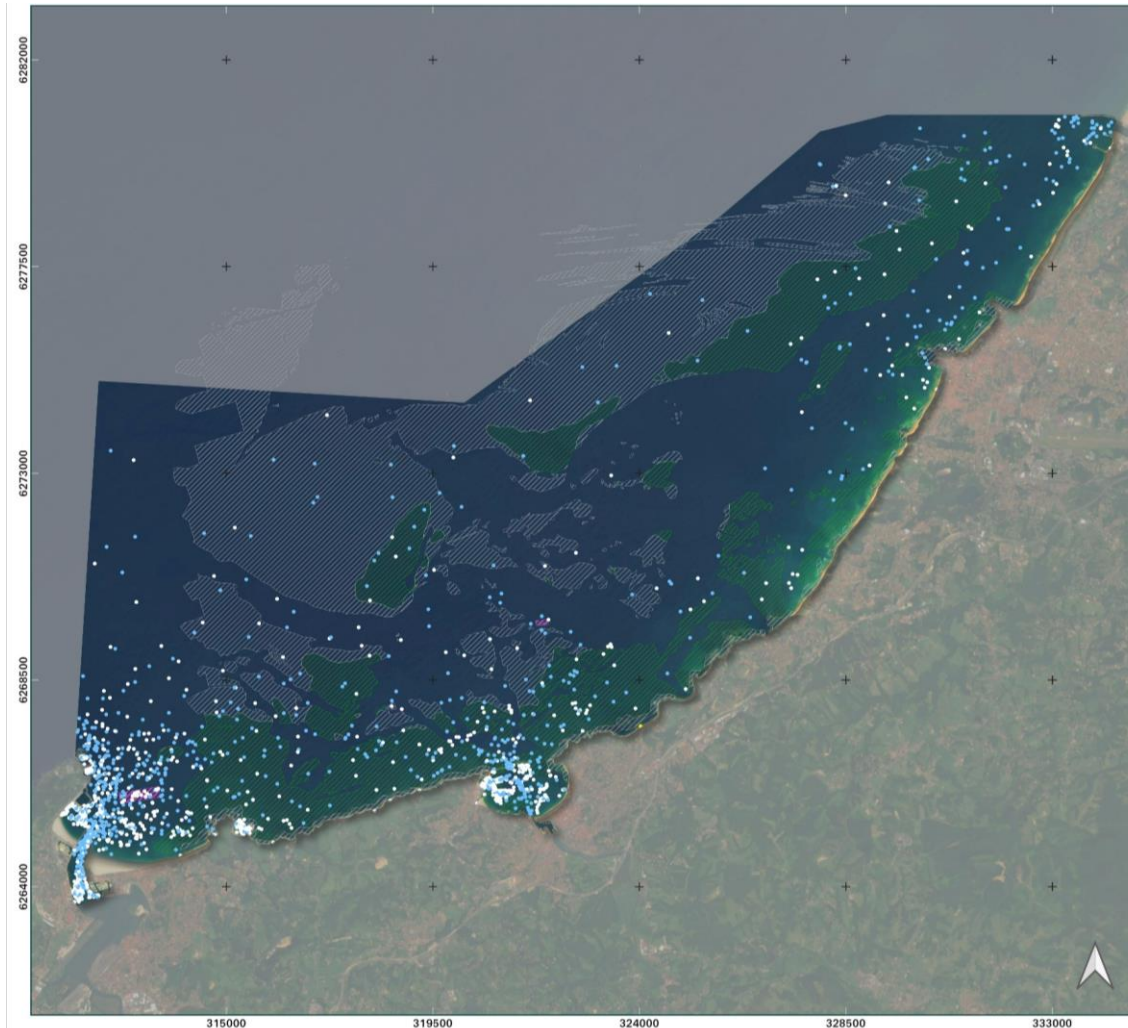


Figure – Données contextuelles fournies par l'OFB et entrant dans l'analyse du risque d'impacts.

Répartition des bateaux observés



Fréquentation nautique

- Période d'étude : 2012 – 2024
- 37 images satellitaires et aériennes couvrant 29 dates
- 2 622 navires détectés (tous états de navigation)
 - 1 658 embarcations au mouillage / à la dérive
- Concentration à proximité des côtes

Typologie

Observations de bateaux

- Au mouillage à l'ancre / à la dérive
- En navigation
- Echoué

- Zones de gorgones
- Récifs non algaux
- Ceinture algale

Éditée le : 09/10/2025



i-Sea

0 1000 2000 m

Réalisation : i-Sea 2025

Sources :

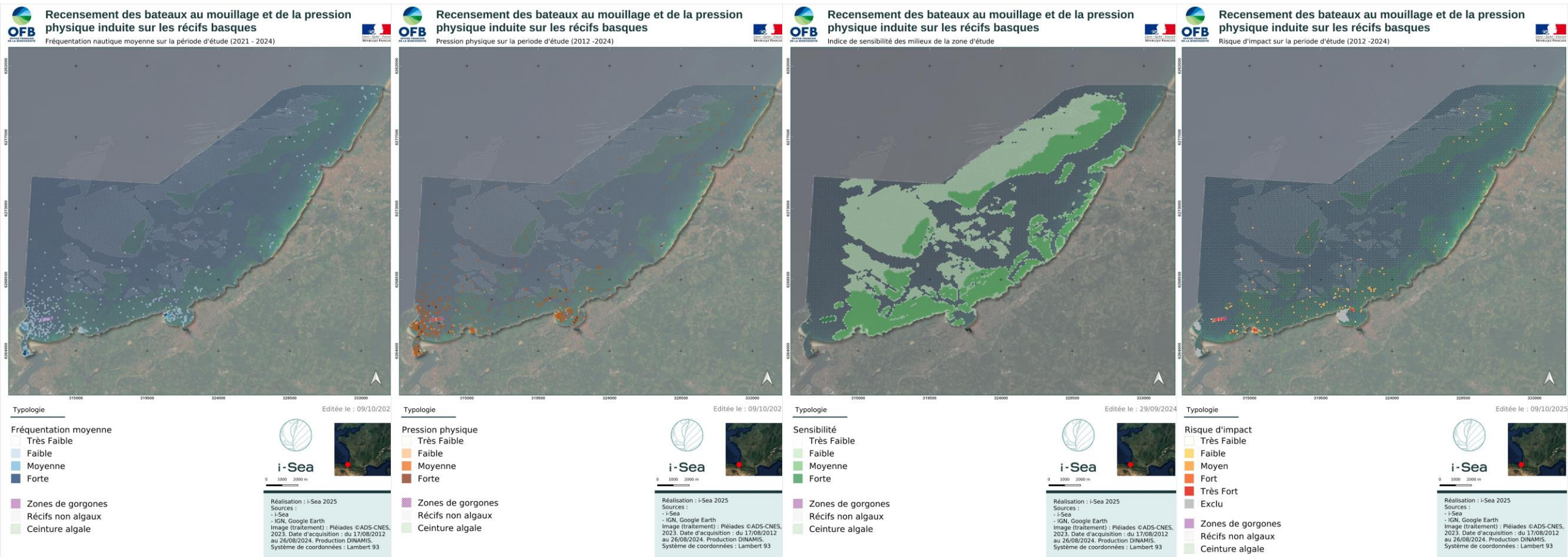
- i-Sea

- IGN, Google Earth

Image (traitement) : Pléiades ©ADS-CNES, 2023. Date d'acquisition : du 17/08/2012 au 26/08/2024. Production DINAMIS.

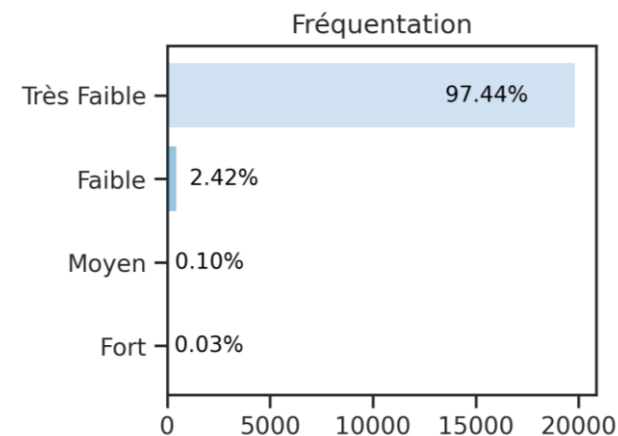
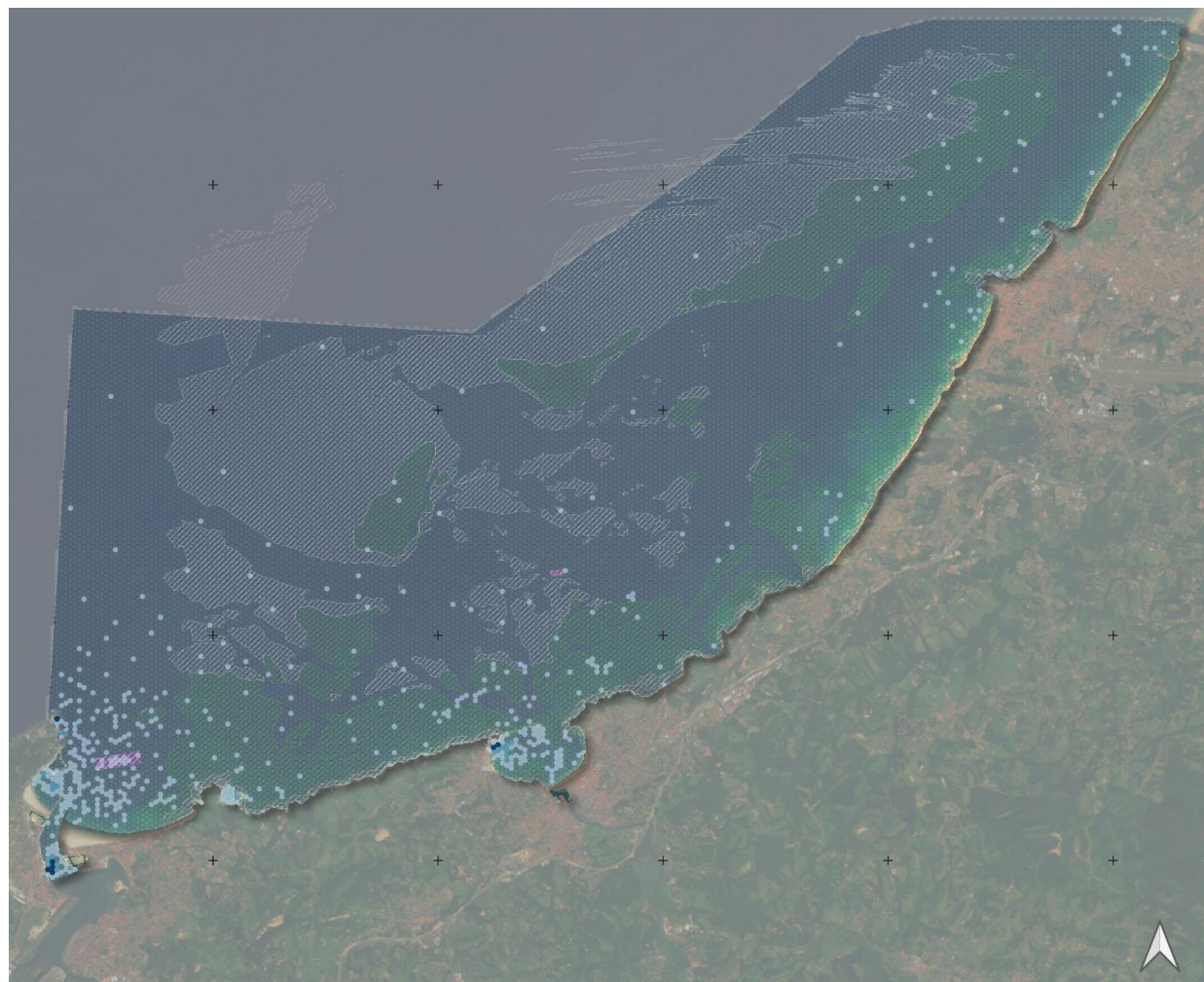
Système de coordonnées : Lambert 93

Du recensement à l'évaluation du risque d'impact





Fréquentation nautique moyenne (2012-2024)



Fréquentation moyenne

- Très Faible
- Faible
- Moyenne
- Forte

- Zones de gorgones
- Récifs non algaux
- Ceinture algale



i-Sea

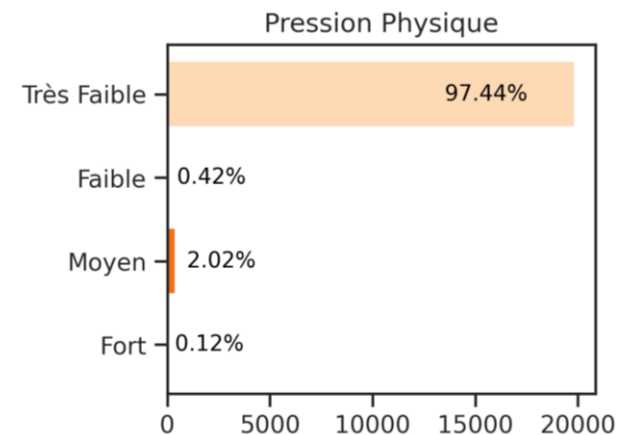
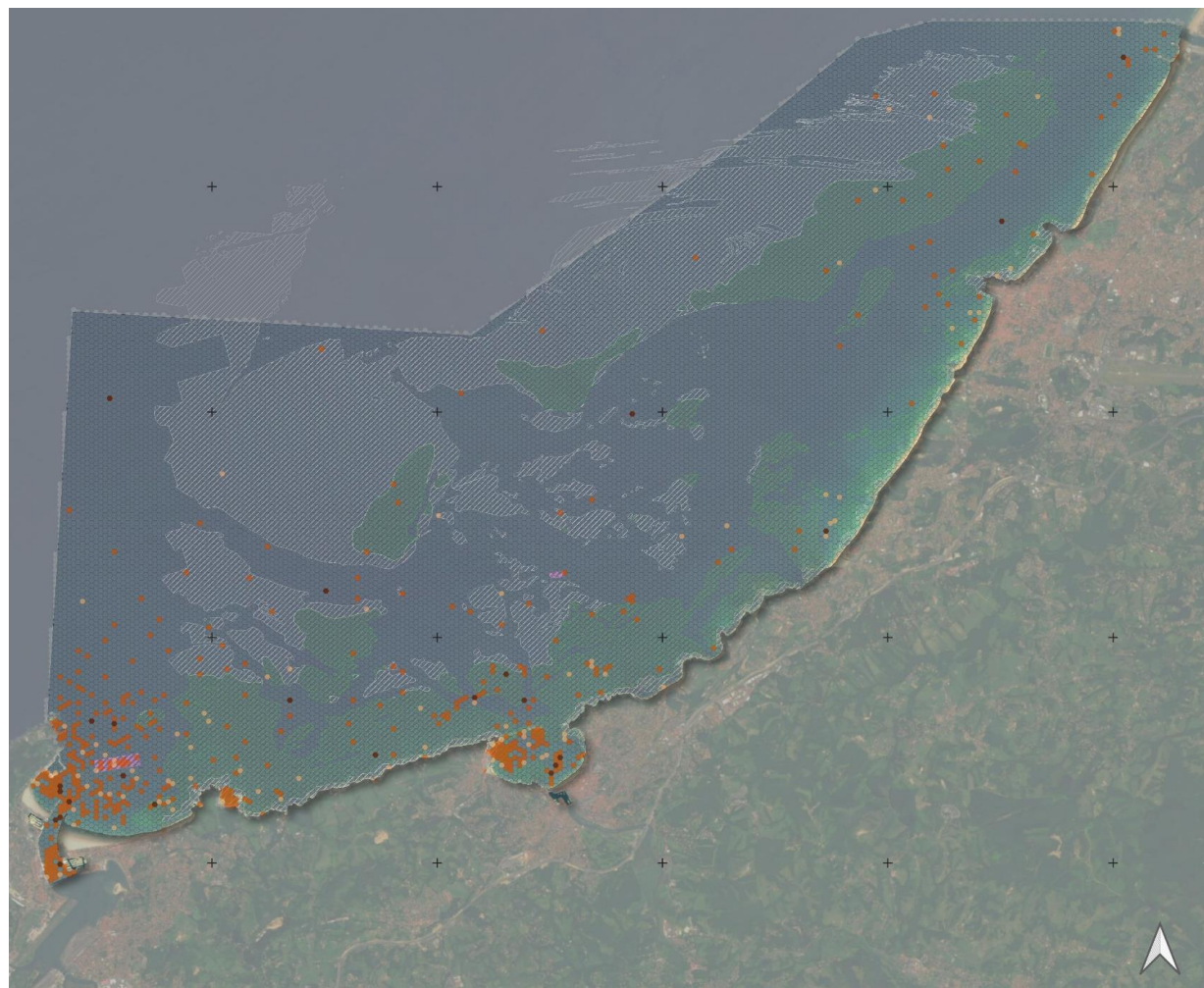
0 1000 2000 m



Réalisation : i-Sea 2025
Sources :
- i-Sea
- IGN, Google Earth
Image (traitement) : Pléiades ©ADS-CNES,
2023. Date d'acquisition : du 17/08/2012
au 26/08/2024. Production DINAMIS.
Système de coordonnées : Lambert 93



Pression physique (2012-2024)



Pression physique

- Très Faible
- Faible
- Moyenne
- Forte

- Zones de gorgones
- Récifs non algaux
- Ceinture algale



i-Sea

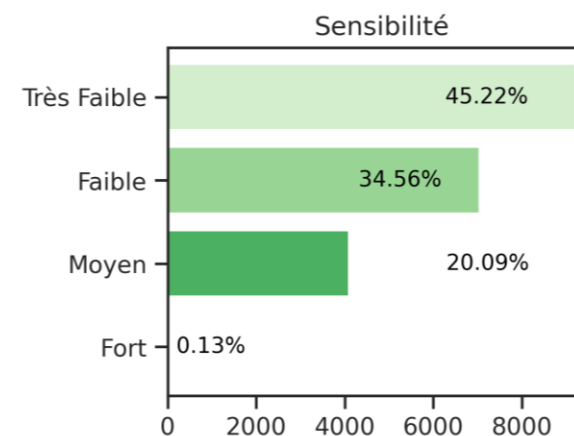
0 1000 2000 m



Réalisation : i-Sea 2025
Sources :
- i-Sea
- IGN, Google Earth
Image (traitement) : Pléiades ©ADS-CNES,
2023. Date d'acquisition : du 17/08/2012
au 26/08/2024. Production DINAMIS.
Système de coordonnées : Lambert 93



Indice de sensibilité du milieu



i-Sea

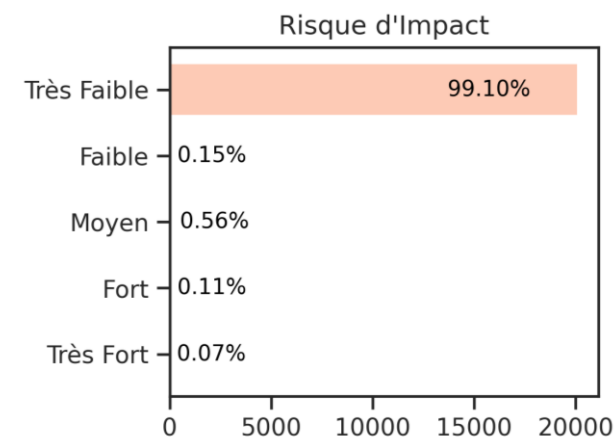
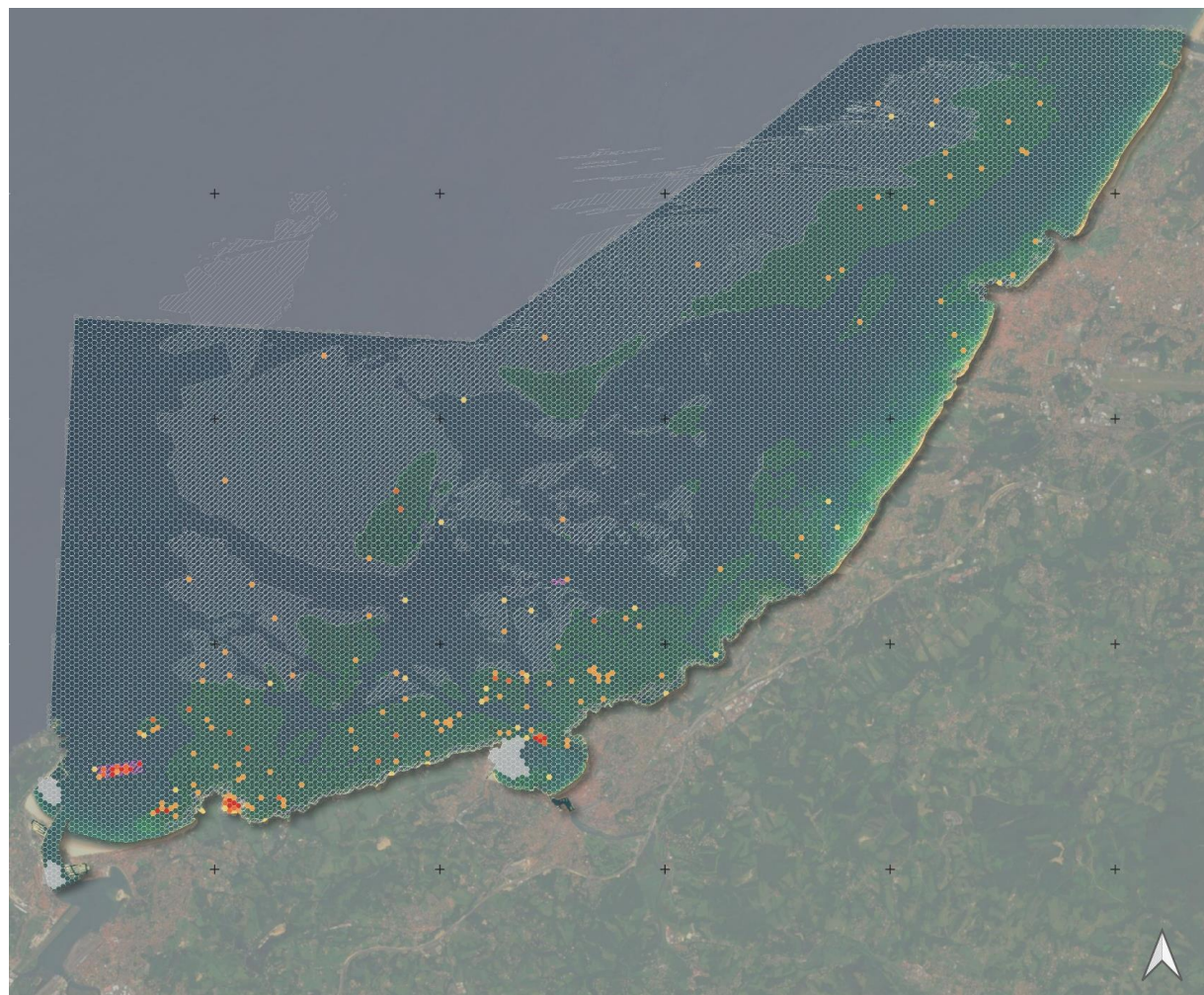
0 1000 2000 m



Réalisation : i-Sea 2025
Sources :
- i-Sea
- IGN, Google Earth
Image (traitement) : Pléiades ©ADS-CNES,
2023. Date d'acquisition : du 17/08/2012
au 26/08/2024. Production DINAMIS.
Système de coordonnées : Lambert 93



Risque d'impact (2012-2024)



Risque d'impact

- Très Faible
- Faible
- Moyen
- Fort
- Très Fort
- Exclu

- Zones de gorgones
- Récifs non algues
- Ceinture algale



i-Sea

0 1000 2000 m



Réalisation : i-Sea 2025
Sources :
- i-Sea
- IGN, Google Earth
Image (traitement) : Pléiades ©ADS-CNES,
2023. Date d'acquisition : du 17/08/2012
au 26/08/2024. Production DINAMIS.
Système de coordonnées : Lambert 93



i-Sea



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Historique des études de fréquentation nautique chez i-Sea



Martinique - CMT (2018 - 2019)

Étude fondatrice

Période d'analyse : 2018 – 2019

Images Pléiades

- Dispositif DINAMIS
- **16 images** sur un an



Images Sentinel-2

- 19 images Sentinel-2 (ESA Copernicus)
- L'étude a démontré que la résolution spatiale de ces images (10m) était trop grossière pour un suivi exhaustif de la fréquentation nautique.



Sentinel-2, 2019/01/24



Pléiades, 2019/01/24



Etablissement Portuaire Saint-Martin (2021 - 2022)

Période d'analyse : mai 2021 – avril 2022

Images Pléiades

- Dispositif DINAMIS
- 11 images sur un an



Image Google Earth

- 5 images Worldview (Maxar)

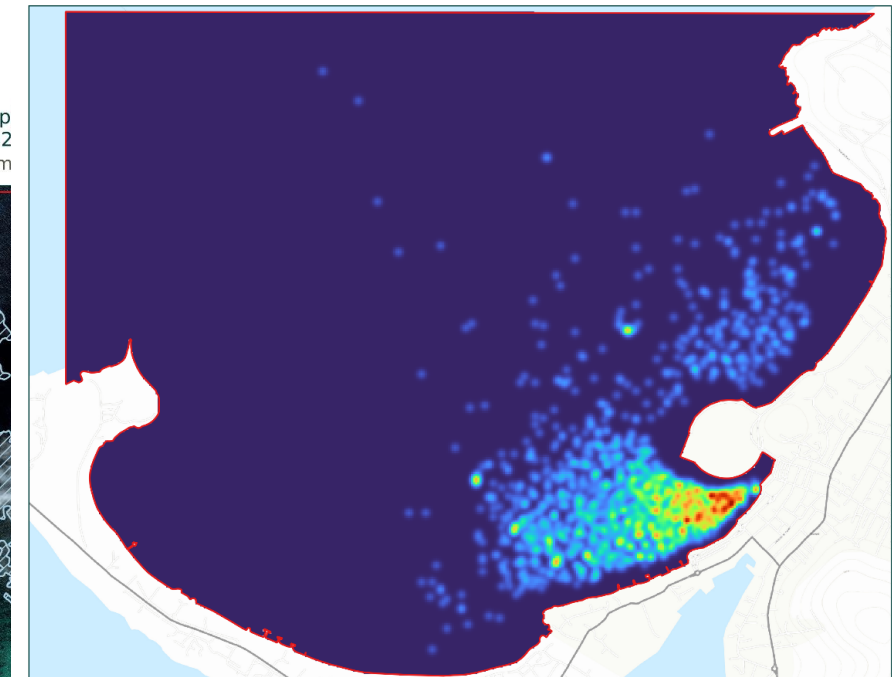


Cartographie de la densité de navires au mouillage
Période de mai 2021 à avril 2022 - Toutes tailles de bateaux
Établissement portuaire de Saint-Martin



Édité le : 18 / 10 / 2022

Cartographe
10/09/2022
Établissement



Légende

Zone d'étude

Carte de densité de mouillage
Période de mai 2021 à avril 2022
Toutes tailles

High
Low

Cette carte de densité de mouillage a été réalisée à partir de détections de navires sur des scènes satellitaires par DeepLearning et photo-interprétation (i-Sea).

Les positions journalières sont projetées sur une grille commune, dispersées au moyen d'un filtre gaussien et moyennées sur la période temporelle.

Réalisation : i-Sea 2022

Sources :
Images (traitement) :
Série temporelle Pléiades
Série temporelle Worldview depuis le portail Google Earth

Ce travail a bénéficié d'une aide du Dispositif Institutionnel National d'Approvisionnement Mutualisé d'Imagerie Satellitaire (DINAMIS) <https://dinamis.data-terra.org/>

Système de coordonnées : UTM Zone 20N

0 300 600 m

Réalisation : i-Sea 2022

Sources :
Image: scène Pléiades du 10/09/2021

Ce travail a bénéficié d'une aide du Dispositif Institutionnel National d'Approvisionnement Mutualisé d'Imagerie Satellitaire (DINAMIS) <https://dinamis.data-terra.org/>

Système de coordonnées : UTM Zone 20N

0 300 600 m

Bretagne & Pays de Loire - OFB (2018 - 2022)

13 sites d'études

Période d'analyse : 2018 – 2022

Images Pléiades

- Dispositif DINAMIS
- 48 images sur quatre ans (programmation et images archives)



Images Ortho

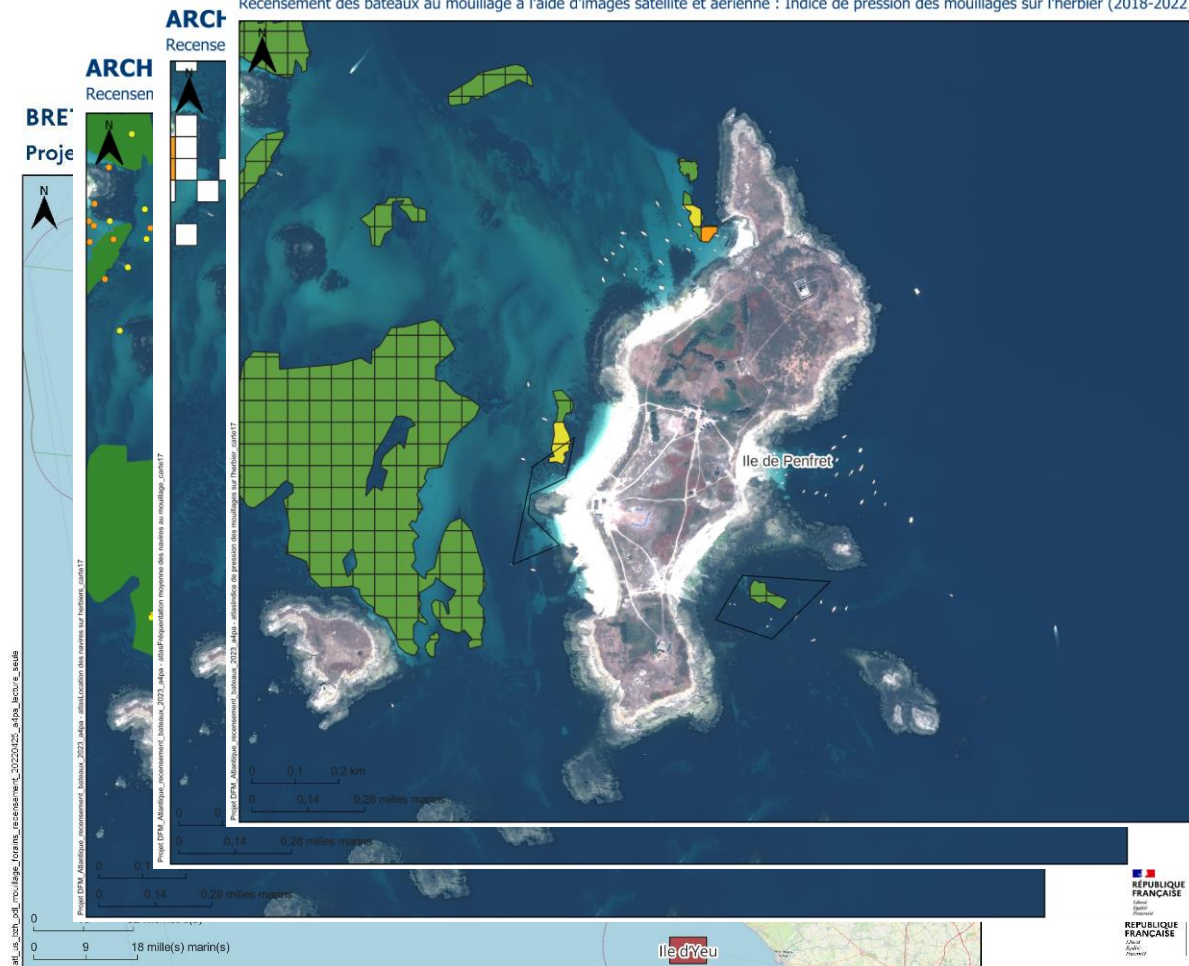
- 16 images ortho

Images Google Earth

- 13 images Worldview (Maxar)

ARCHIPEL DES GLENAN - Penfret

Recensement des bateaux au mouillage à l'aide d'images satellite et aérienne : Indice de pression des mouillages sur l'herbier (2018-2022)



Indice de pression des mouillages sur l'herbier (moyenne du nombre de navires par maille x proportion d'herbier dans la maille)

- Pression nulle (0 ; 0.28)
- Pression faible (0.28 ; 0.86)
- Pression moyenne (0.86 ; 2)
- Pression forte (Supérieure à 2)

Zone de mouillage organisée et autorisée (ZMEL, ports, AOT, individuelles)

EDITEE LE : 11 / 7 / 2023

Sources des données :

- i-Sea, OFB
- Départements : IGN - GéoFLA®, 2009
- Navire, fréquentation et pression : i-Sea/OFB (07/2023)
- Zone de mouillage : DOTM 56, 44, 35, 22 et 85
- Toponymie : SHOM (2023)

Fonds cartographiques :

- Pléiades 2022 © CNES distribution AIRBUS DS
- Système de coordonnées : EPSG:2154

Ce recensement a été réalisé à partir de 6 scènes satellite et aériennes acquises pendant la période (2018-2022)



i-Sea



RNN Saint-Martin – Etude Multithématique - (2021 - 2023)

Période d'analyse : déc. 2021 – fév. 2023

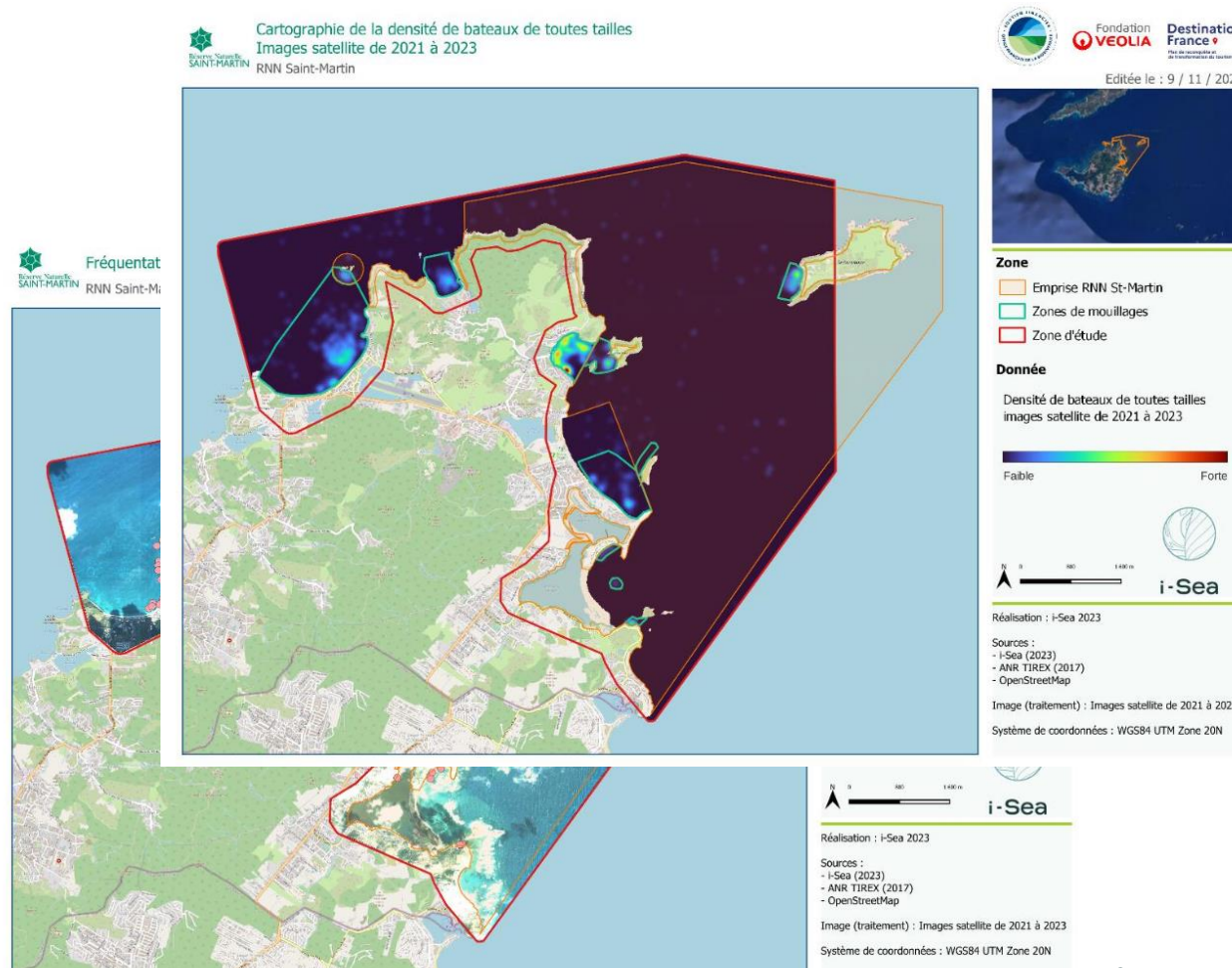
Images Pléiades

- Dispositif DINAMIS
- 10 images sur un peu plus de deux ans



Image Google Earth

- 1 image Worldview (Maxar)





Bassin d'Arcachon - PNMBA (2023)

Période d'analyse : 2023

Objectif d'amélioration des connaissances associées à la fréquentation dans le périmètre du parc

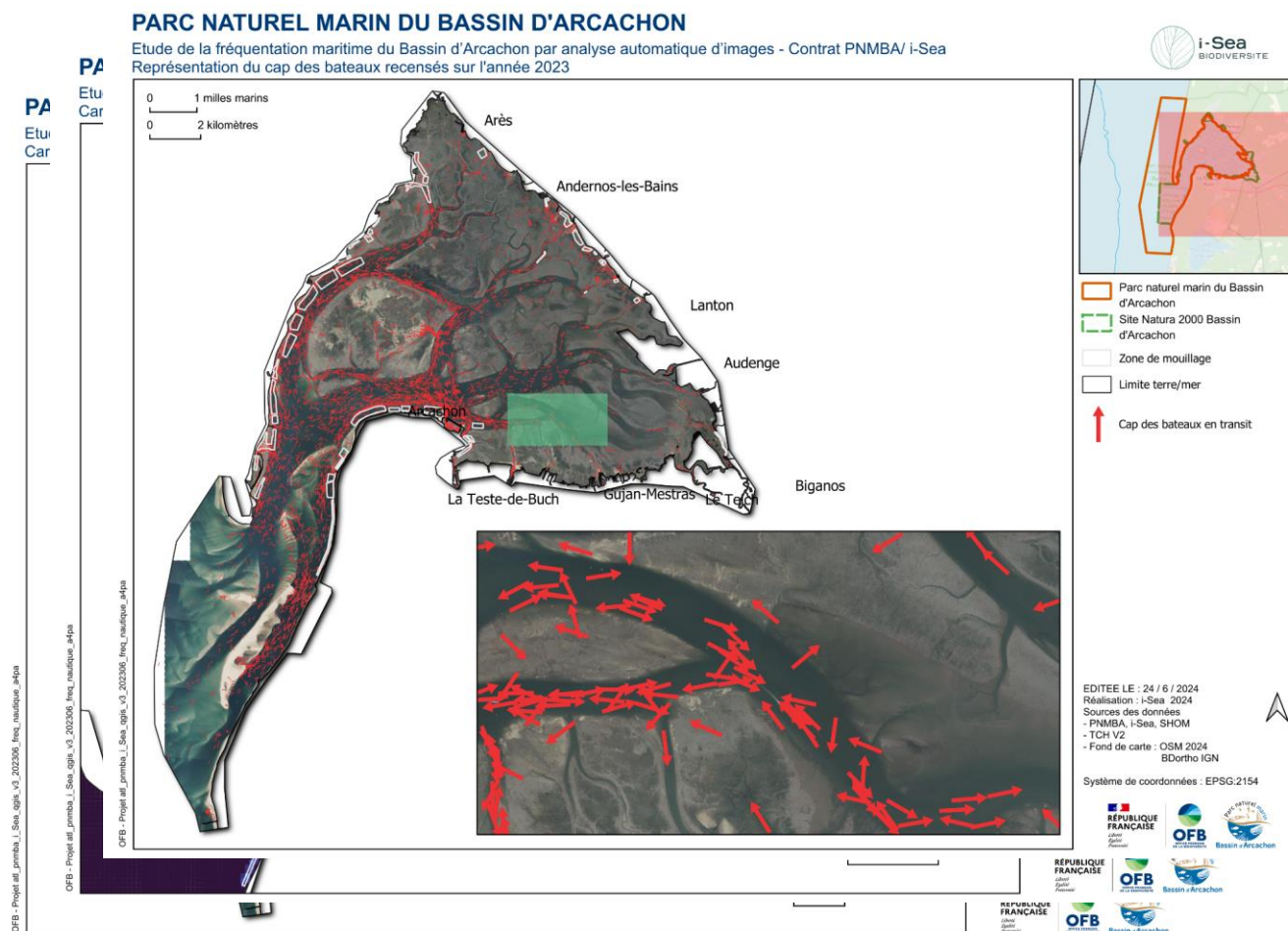
Images Pléiades

- Dispositif DINAMIS
- 7 images programmées sur une année



Images Ortho

- 12 images ortho acquises sur l'année 2023





i-Sea



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Conclusions



Apports de la télédétection pour le suivi de la fréquentation nautique et de ses impacts

- **Analyse d'images** : Recensements exhaustifs et objectifs des navires sur des zones étendues
- **Quantification multiparamétrique de la pression environnementale** : Poids paramétrables selon les besoins et la connaissance locale, outil utile pour nuancer l'évaluation du risque et hiérarchiser les sites d'intervention
- **Mailles d'analyse** : Synthèse de l'information en unités homogènes et comparables, identification de points chauds
- **Suivi historique et monitoring** : Méthode généraliste, possibilité de capitaliser sur les images d'archives, établissement d'un socle de connaissances de référence
- **Soutien à la gestion et à la décision**

Principales limites de la méthode

- **Distinction des différents états de navigation**
- **Dépendance forte à l'exploitabilité des images** (nuages, scintillement, état de mer)
- **Représentativité statistique: Limitée par la couverture et la disponibilité des images**

→ Peut-être compensée par une programmation ou une sélection d'images supposées refléter une forte fréquentation.

Figure – Exemple d'image présentant un scintillement important limitant la capacité des algorithmes à détecter automatiquement les navires



IGN, Google Earth, OFB
Image (traitement) : Pléiades ©ADS-CNES,
2023. Date d'acquisition : du 17/08/2012 au
26/08/2024. Production DINAMIS.



Perspectives

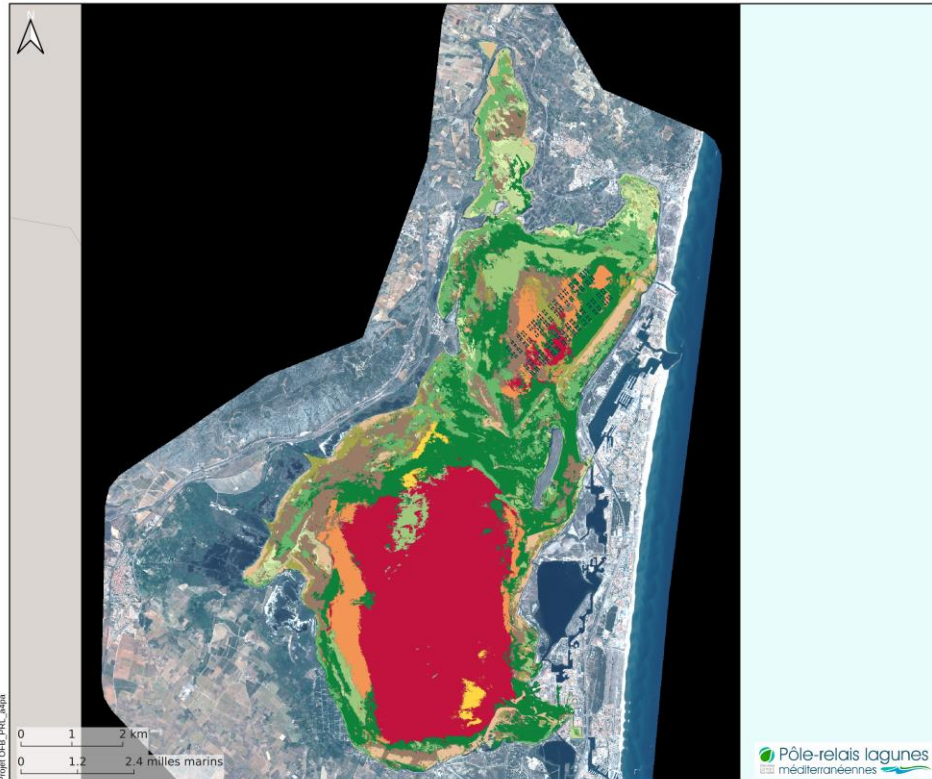
- **Amélioration des détections automatisées:** Entraînement de nouveaux modèles IA avec plus de données à plus forte variabilité
- **Intégration de données complémentaires:** Données de navigation (chenaux, voies navigables), données AIS, ...
- **Mise en place de suivis réguliers:** Détection de nouvelles tendances, suivi de la fréquentation après la mise en place de mesures de gestion, ...
- **Systématisation de la programmation d'images satellites:** Amélioration de la représentativité statistique
- **Pérennisation du dispositif DINAMIS**
 - Juste sur cette application: +de 120 images Pléiades mises à disposition

Ouverture

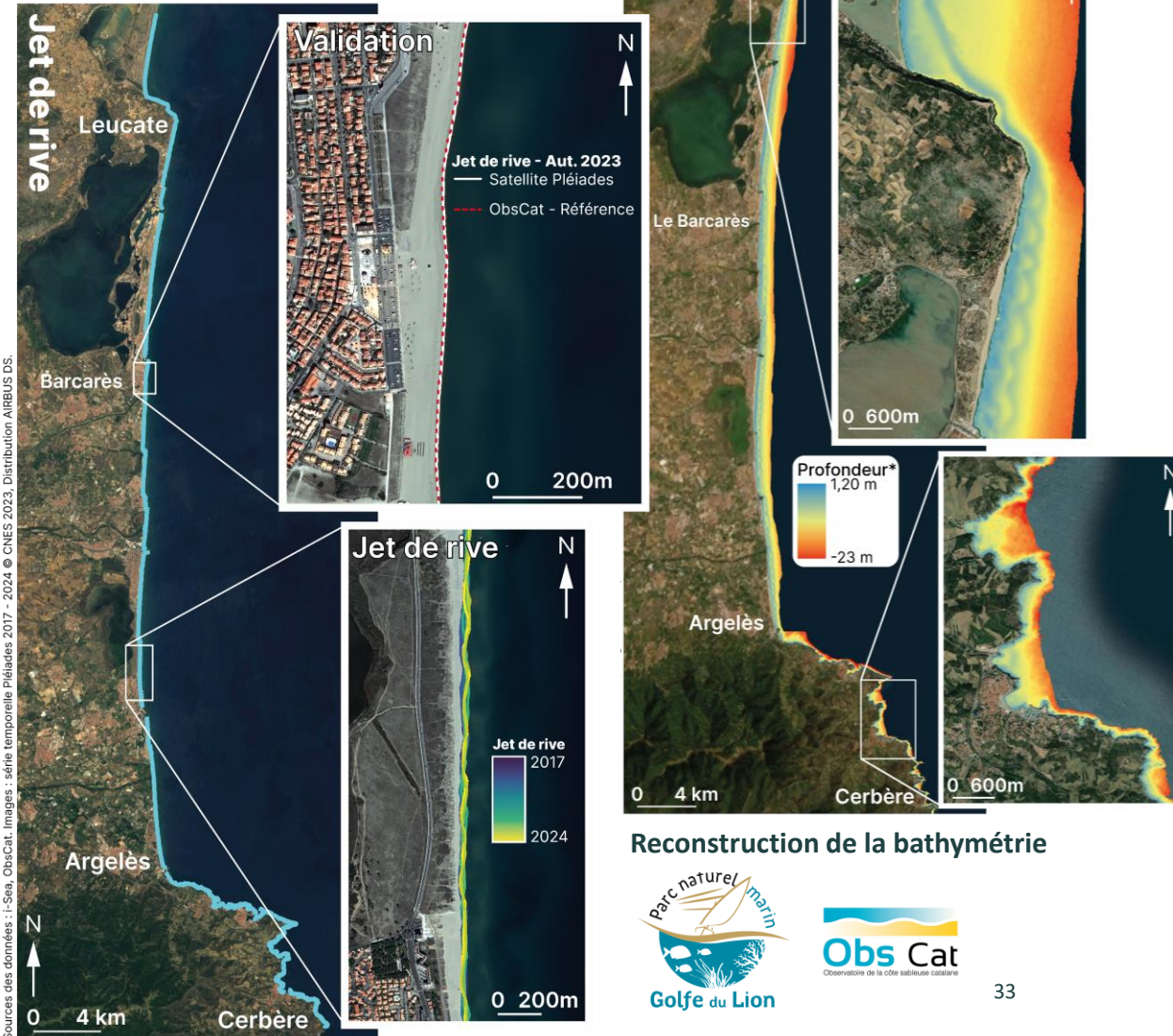
Au-delà de la Fréquentation Nautique, le dispositif DINAMIS nous est indispensable pour tout un tas d'autres applications !

COMPLEXE LAGUNAIRE DE SALSES LEUCATE

Cartographie des herbiers des lagunes méditerranéennes par télédétection



Détection automatique du trait de côte





i-Sea

contact@i-sea.fr

33600 PESSAC

i-sea.fr

Rémi Budin

Chef de projets & Ingénieur R&D

remi.budin@i-sea.fr

in