

Vision prospective des plages du Parc et simulation du risque de submersion marine par imagerie satellite

Webinaire « Inondation et submersion en Occitanie »

Animation Régionale Thématique (ART) Occitanie

Sommaire

01 Le PNMGL, un périmètre et une gestion locale du littoral

02 Les suivis satellites du PNMGL.

03 Evolution du littoral de la côte rocheuse à 2050.

- La méthode DSAS
- Principaux résultats

04 Comment valoriser les résultats de ces études ?

05 LittoSIM « PNMGL » - un serious game au service de la gestion

1. Le PNMGL, un périmètre et une gestion locale du littoral

- Un périmètre
- Des objectifs de gestion
- Une gouvernance locale



35 milles (70 km) au large

Leucate

Parc naturel marin du golfe du Lion

Aire marine protégée créée en 2011 par décret,
gérée par l'Office français de la biodiversité (Etat),
4 010 km²

100 km de côte (dont 35 km
de côtes rocheuses)

Cerbère

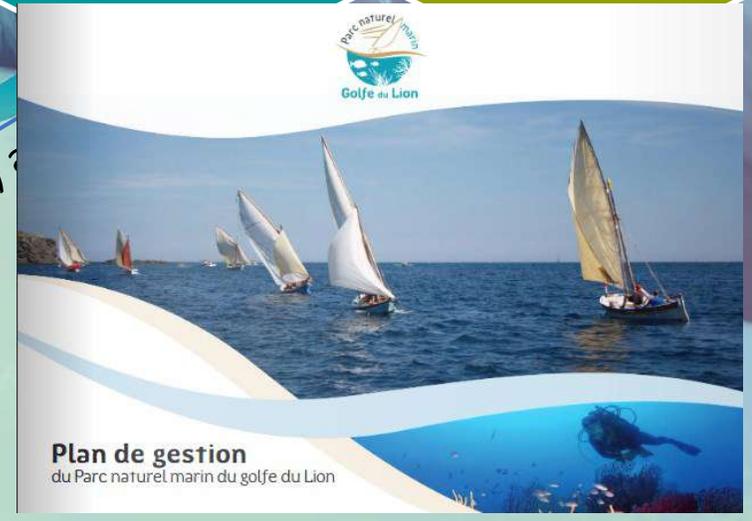
Frontière espagnole

35 milles (70 km)

Protection du milieu, habitats et espèces

Connaissance du milieu marin

Développement durable des activités maritimes



Exemples d'indicateurs

Chapitre : *Usages durables*

Paragraphe : *Gestion géophysique du littoral*



- **Finalité 6.7** : « De la défense contre la mer vers la gestion du trait de côte : un aménagement littoral respectueux de l'environnement marin »
- **Objectifs de la finalité** :
 - La surveillance et la caractérisation du milieu marin
 - Le suivi de la dynamique du trait de côte
 - La cartographie des habitats benthiques
 - Le suivi de la qualité physico-chimique de l'eau (turbidité, plancton, etc).

Submersion marine

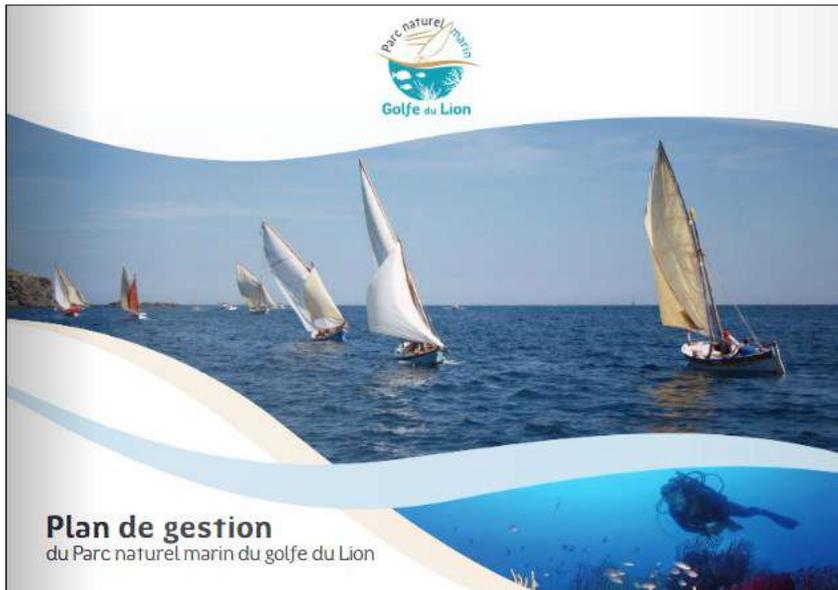






Chapitre : *Usages durables*

Paragraphe : *Gestion géophysique du littoral*



Plan de gestion du Parc naturel marin du golfe du Lion

Évaluation de la gestion
Macro-indicateur « Évolution du trait de côte »
Indicateur « Vulnérabilité érosion / submersion » - A stabiliser
Indicateur « Dynamique hydro-sédimentaire du littoral »
Indicateur « Gestion concertée » - A définir

2. Les suivis satellites du PNMGL

- Senvisat – Etude de faisabilité du suivi environnemental par satellite (2016-2019)
- Erosion de la côte Vermeille entre 1942 et 2019
- Suivisat – Suivis environnementaux par satellites (2018-2024) et mise en œuvre des indicateurs (2025-2028)
- Evolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050 (2023-2024)

SUIVISAT

Suivi environnemental du littoral sur l'emprise du Parc naturel marin du golfe du Lion par imagerie satellite 2018 - 2028

Indicateurs de la dynamique littorale

Méthode

- Trait de côte – Jet de rive
 - **Côtes meubles** : limite sable sec / sable mouillé ou limite du déferlement sur la plage (interface eau / sable sec)



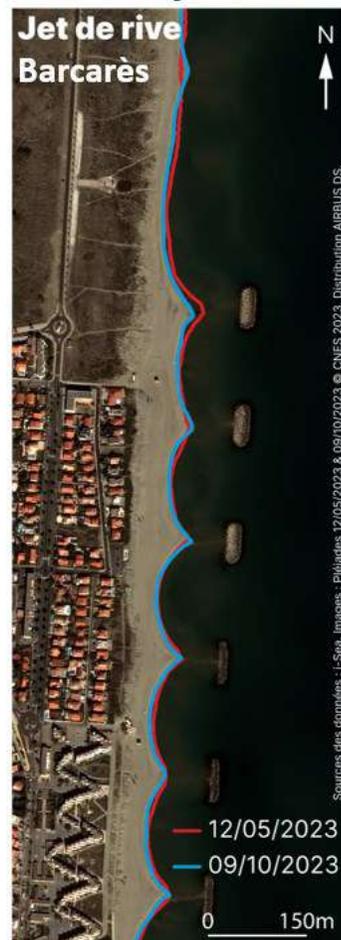
- **Côtes rocheuses** : limite entre l'eau et la roche émergée – pied de falaise



Indicateurs de la dynamique littorale

Résultats - production

- Trait de côte – Position du jet de rive

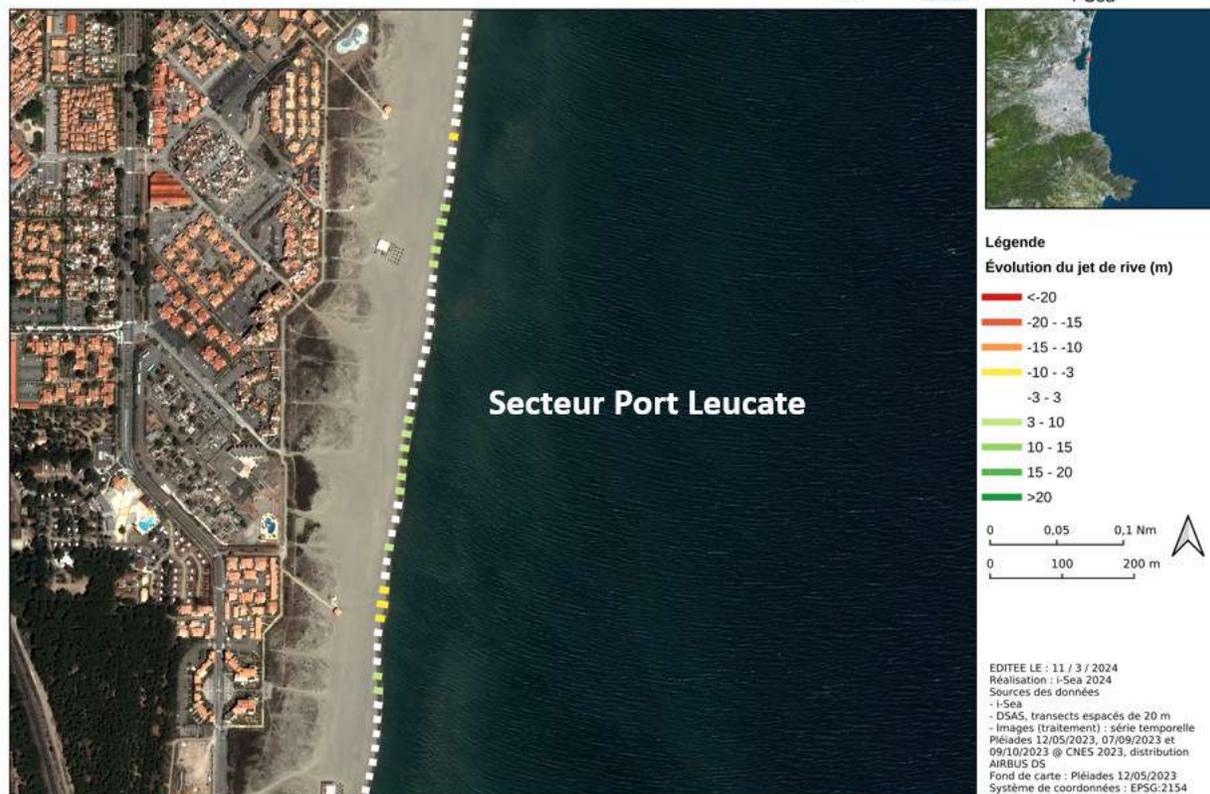


Indicateurs de la dynamique littorale

Résultats – Atlas - Exemples

- Trait de côte – Evolution du jet de rive

Évolution du jet de rive - côtes sableuses
Entre Mai et Septembre-Octobre 2023 - Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



Évolution du jet de rive - côtes sableuses
Entre Mai et Septembre-Octobre 2023 - Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



Barres sableuses d'avant côte

Exemples de résultats

Barres sableuses - 2017-2024

Position moyenne estivale des barres sableuses par télédétection
Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea

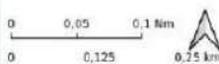
AF1



Légende

Barres Sableuses

- 2024
- 2023
- 2022
- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017

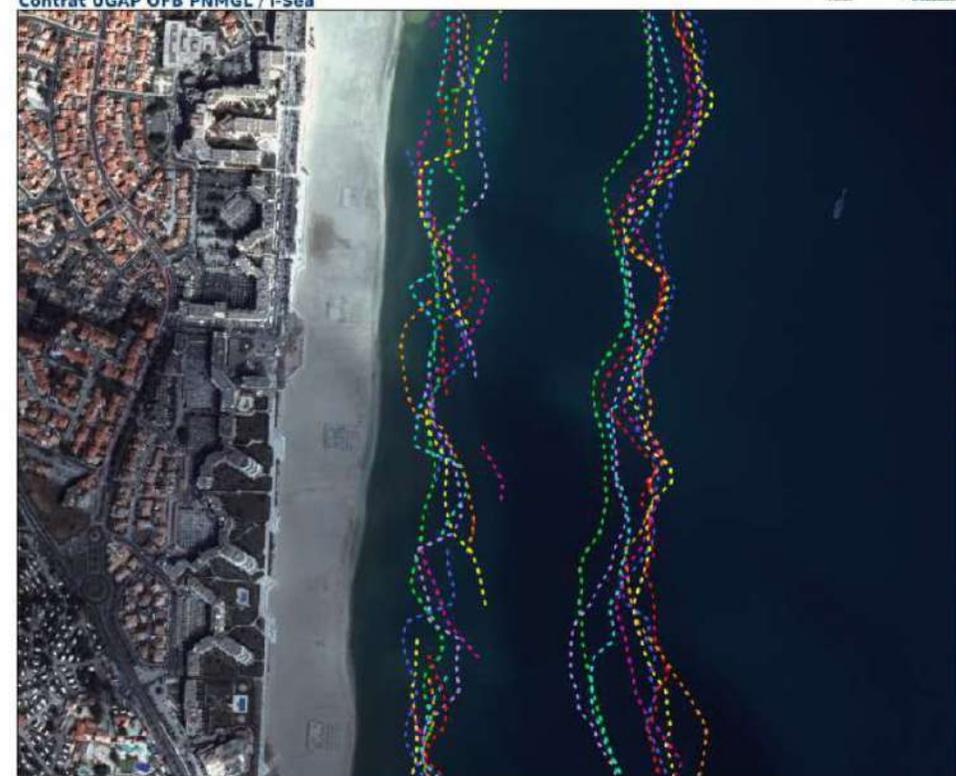


EDITEUR LE : 14 / 11 / 2024
Réalisation : i-Sea 2024
Sources des données :
- i-Sea
- Images (traitement) : Série temporelle Sentinel 2 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 @ Copernicus
Fond de carte : Pixabay 19/03/2024
Système de coordonnées : EPSG:2154

Barres sableuses - 2017-2024

Position moyenne estivale des barres sableuses par télédétection
Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea

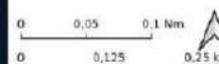
BG1



Légende

Barres Sableuses

- 2024
- 2023
- 2022
- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017



EDITEUR LE : 14 / 11 / 2024
Réalisation : i-Sea 2024
Sources des données :
- i-Sea
- Images (traitement) : Série temporelle Sentinel 2 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 @ Copernicus
Fond de carte : Pixabay 19/03/2024
Système de coordonnées : EPSG:2154

Bathymétrie

Côtes sableuses

Pléiades 19-20-21/09/2017



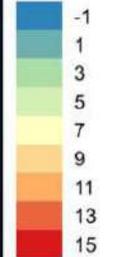
Bathymétrie satellite Pléiades (21/09/2017)

Cartographie d'indicateurs géomorphologiques du littoral par imagerie satellitaire -
Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



Légende

Bathymétrie (m)



0 0,5 1 milles marins

0 1 2 kilomètres



EDITEE LE : 15 / 2 / 2024

Réalisation : i-Sea 2024

Sources des données

- Fond de carte : Sentinel-2 cloudless 2021 by
EOX

Système de coordonnées : EPSG:32631



i-Sea



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

SUIVISAT – Restitution finale

21 nov. 2024

Bathymétrie

Côtes rocheuses

Pléiades 04/09/2019



Bathymétrie satellite Pléiades (04/09/2019)

Cartographie d'indicateurs géomorphologiques du littoral par imagerie satellitaire -
Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



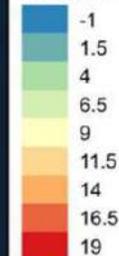
Mer Méditerranée

Port Vendres

Banyuls sur-Mer

Légende

Bathymétrie (m)



0 0,5 1 milles marins

0 1 2 kilomètres



EDITEE LE : 15 / 2 / 2024
Réalisation : i-Sea 2024
Sources des données
- Fond de carte : Sentinel-2 cloudless 2021 by EOX

Système de coordonnées : EPSG:32631

Cartographie des habitats dunaires

2018

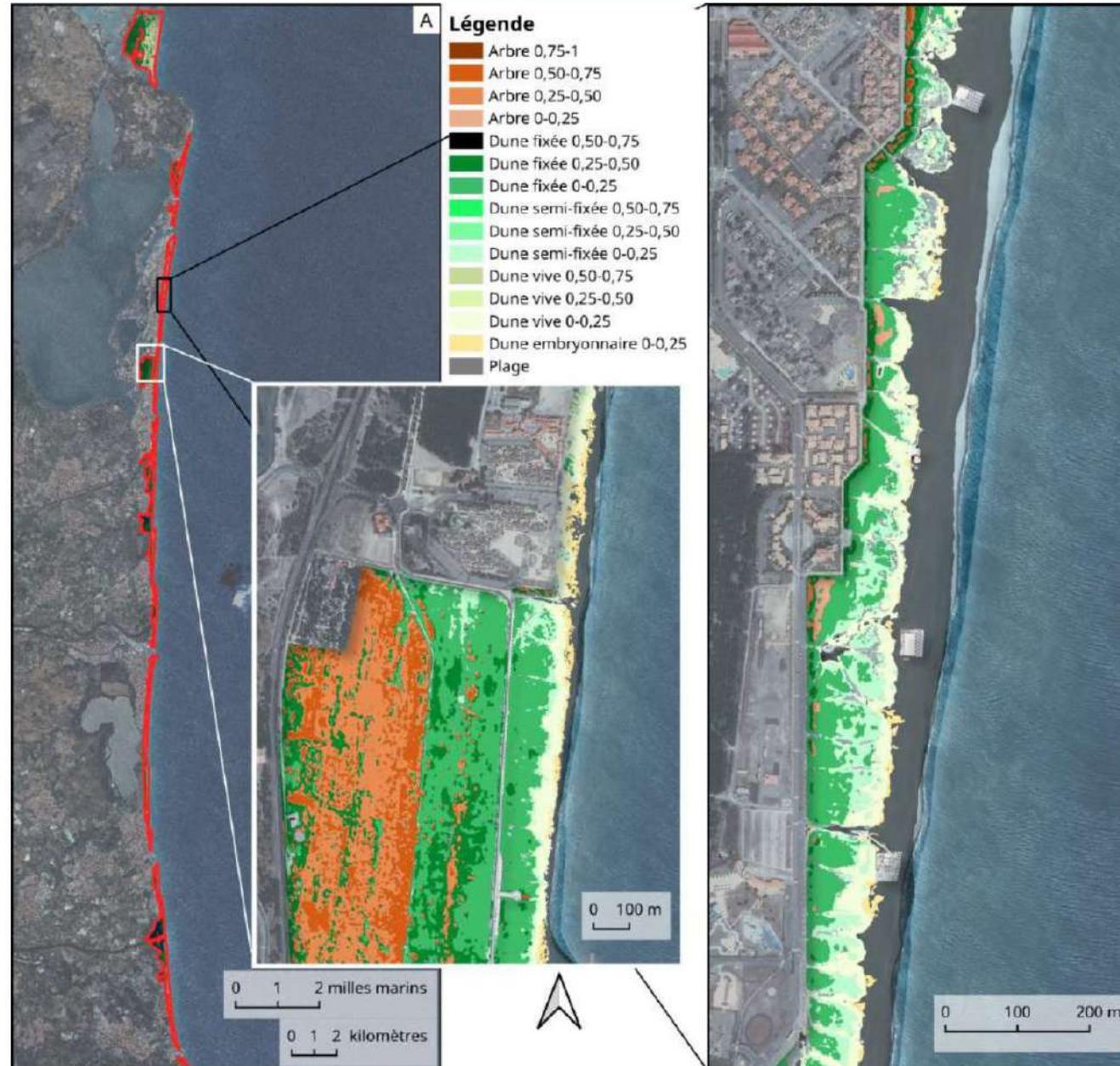


Cartographie des habitats dunaires

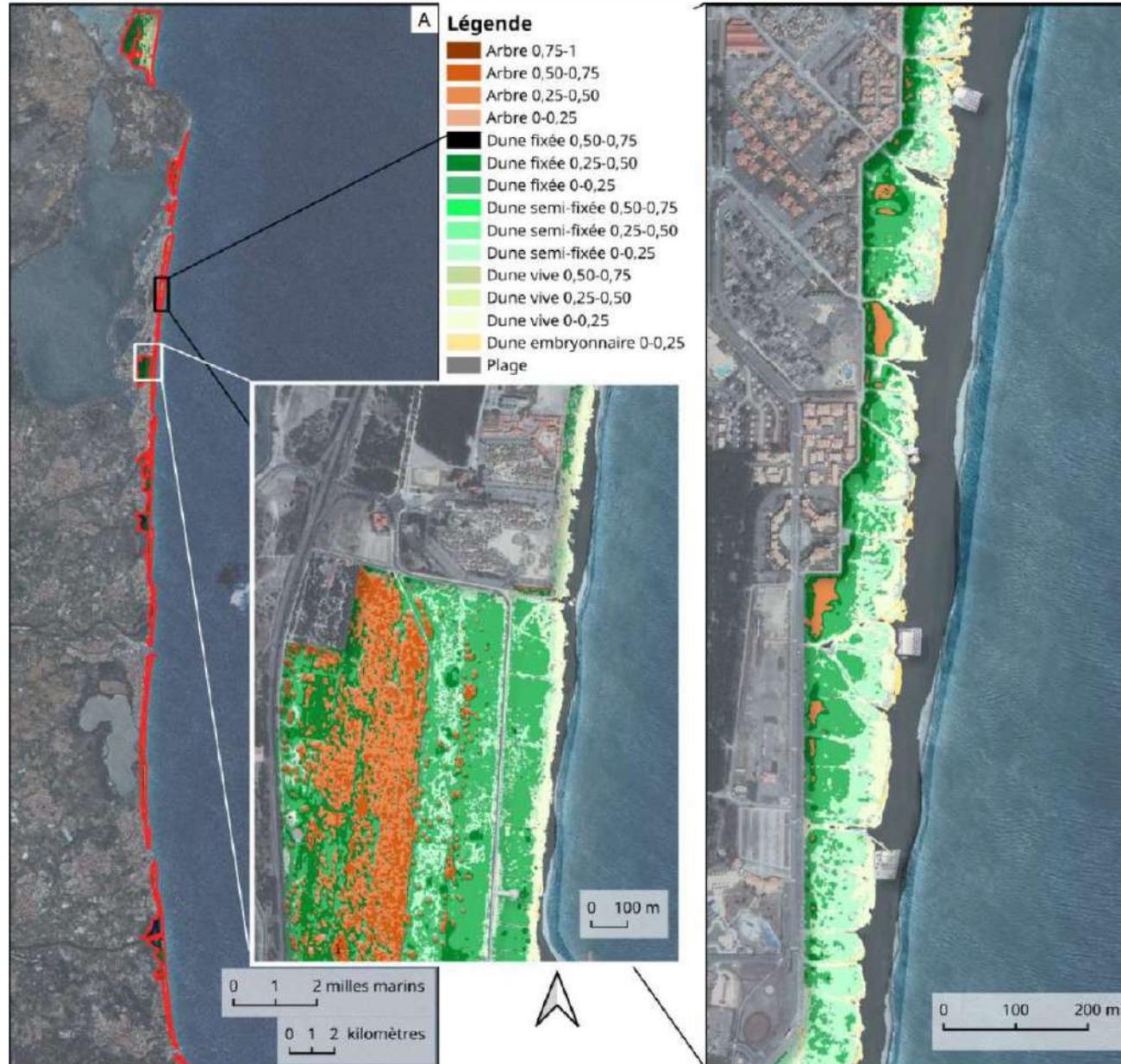
2024



2018

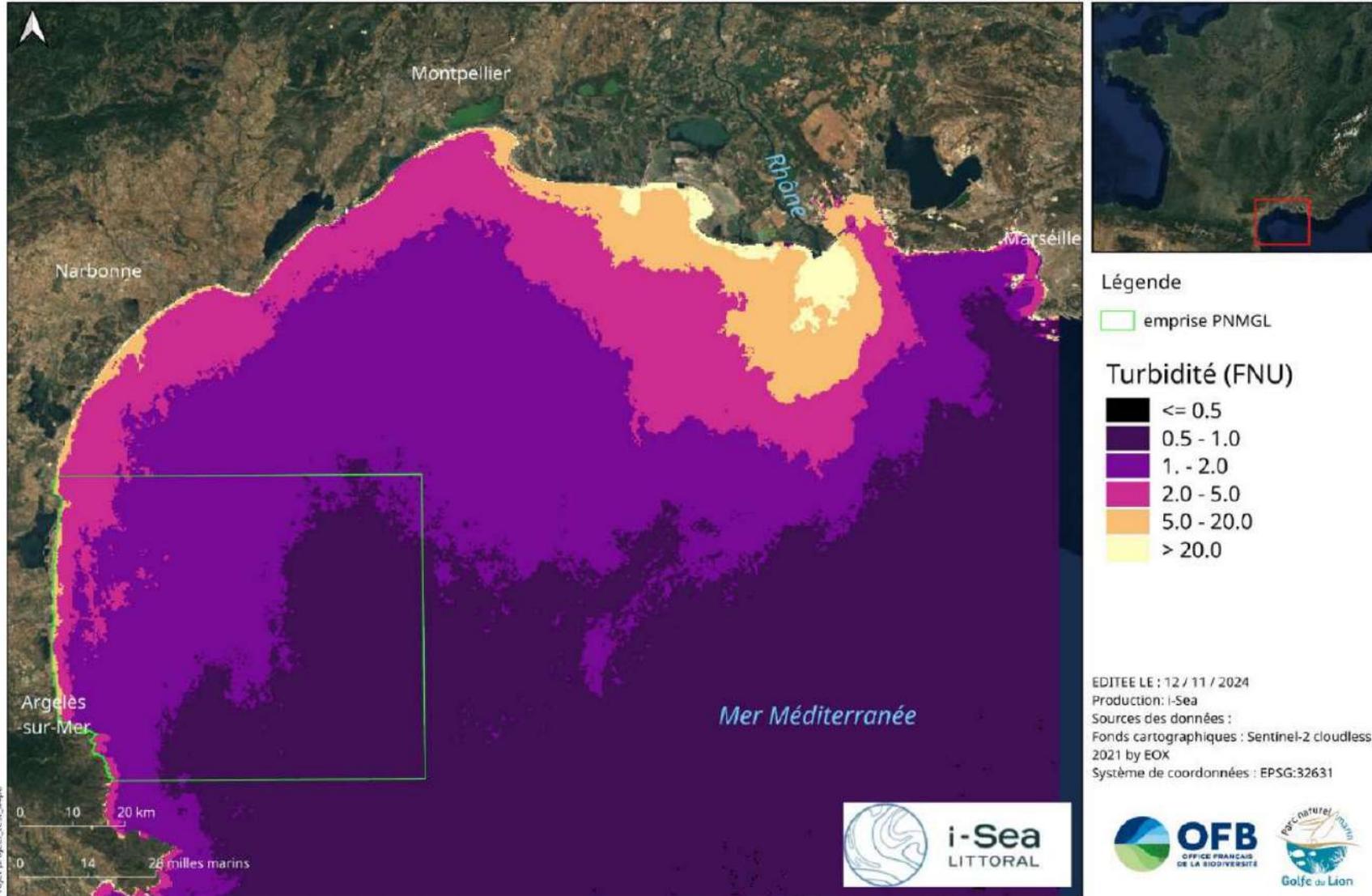


2024



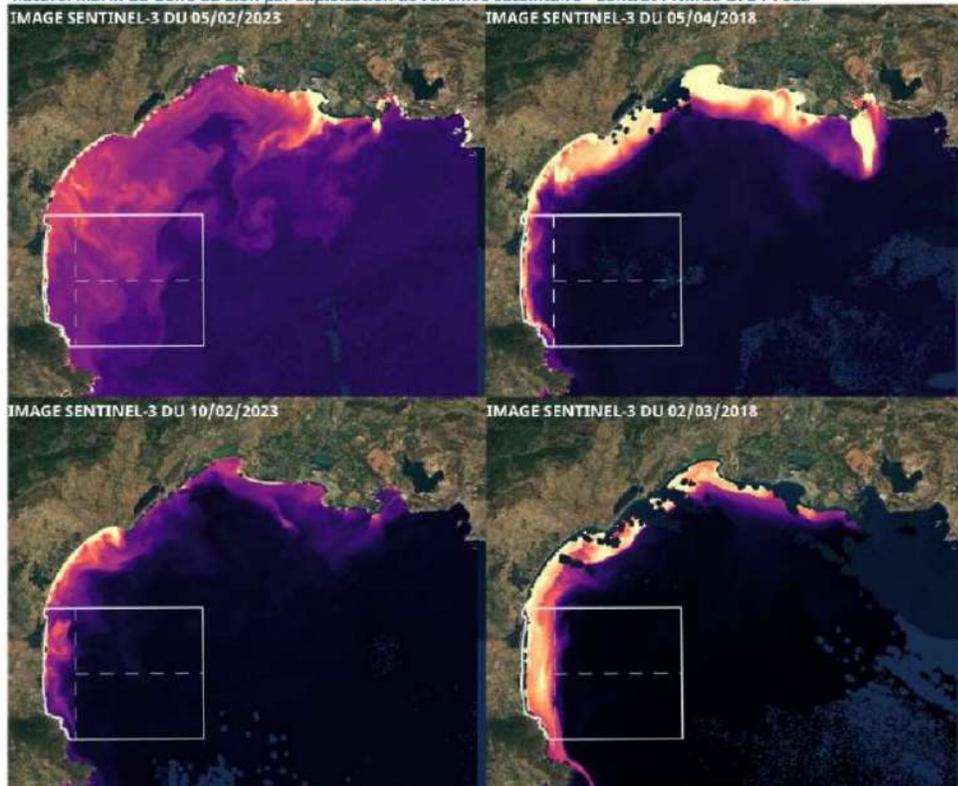
Climatologie mensuelle de turbidité PC95 - Janvier

Production et analyse avancée des paramètres de la qualité de l'eau dans le PNMGL par exploitation de l'archive satellitaire - Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



Cas de turbidité très forte sur la zone côtière du PNMGL

Production et analyse avancée des paramètres de la qualité de l'eau sur le périmètre du Parc naturel Marin du Golfe du Lion par exploitation de l'archive satellitaire - Contrat PNMGL OFB / i-Sea

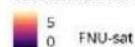


Légende
 □ Périmètre PNMGL
 - Sectorisation du PNMGL

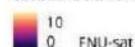
Turbidité du 05/02/2023



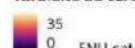
Turbidité du 05/04/2018



Turbidité du 10/02/2023



Turbidité du 02/03/2018



Fond de carte EOX Sentinel-2

0 5 10 milles marins

0 12 24 kilomètres

EDITEE LE : 3 / 10 / 2024

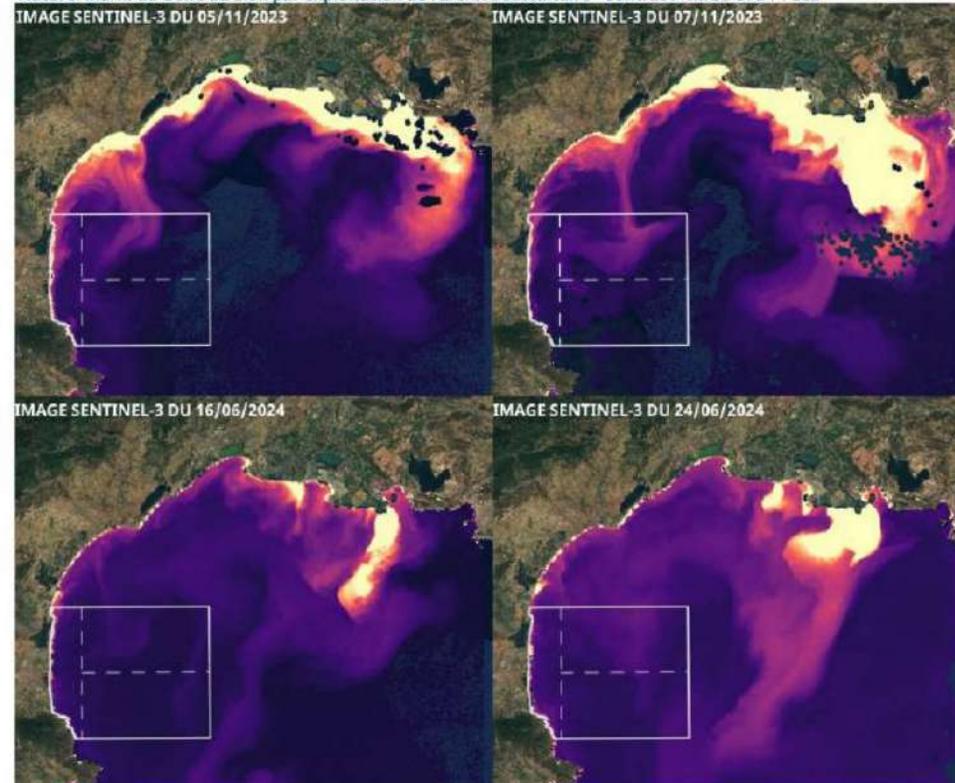
Realisation : i-Sea 2024

Système de coordonnées : EPSG:32631



Cas de turbidité en provenance de la côte nord - Zoom sur le PNMGL

Production et analyse avancée des paramètres de la qualité de l'eau sur le périmètre du Parc Naturel Marin du Golfe du Lion par exploitation de l'archive satellitaire - Contrat PNMGL OFB / i-Sea



Légende
 □ Périmètre PNMGL
 - Sectorisation du PNMGL

Turbidité (FNU-sat)



Fond de carte EOX Sentinel-2

0 5 10 milles marins

0 12 24 kilomètres

EDITEE LE : 3 / 10 / 2024

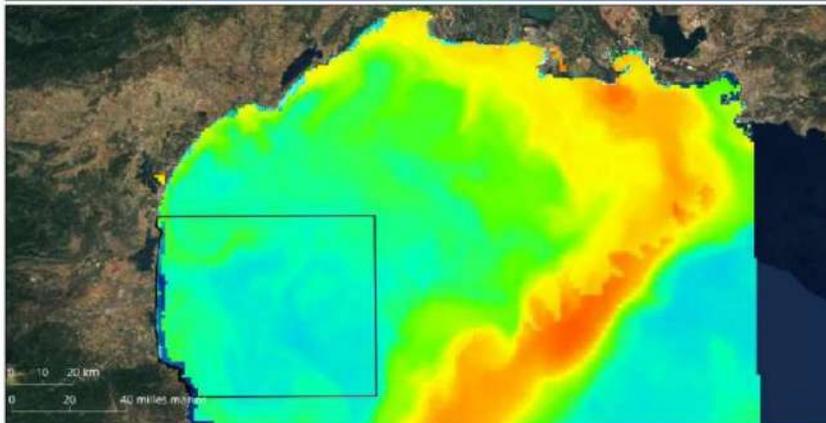
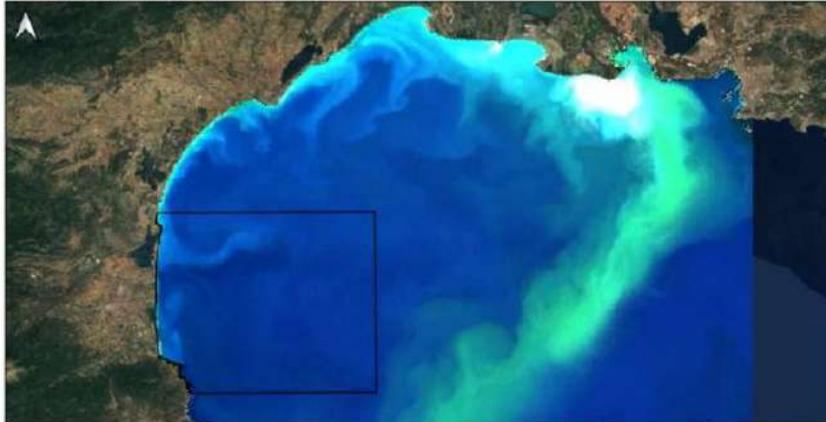
Realisation : i-Sea 2024

Système de coordonnées : EPSG:32631



Produit CMEMS de concentration en chlorophylle - 27/05/2021

Production et analyse avancée des paramètres de la qualité de l'eau dans le PNMGL par exploitation de l'archive satellitaire - Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



Projet exemple_CHL_CMEMS.jpg



Légende

Emprise PNMGL

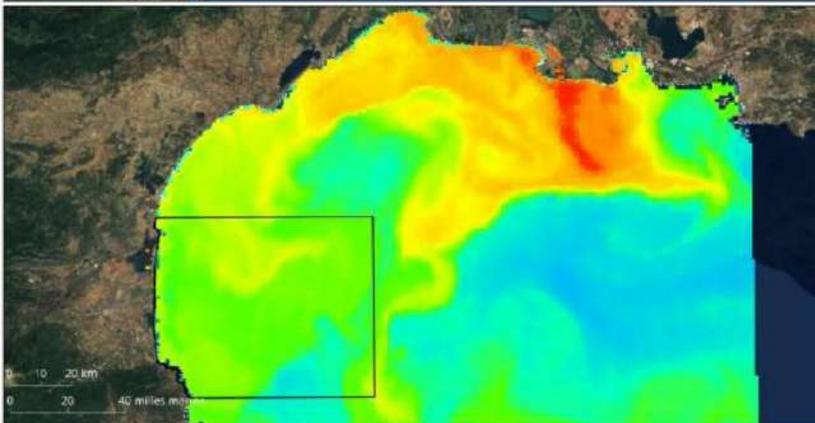
Conc. CHL (mg/m³)



EDITEE LE : 25 / 10 / 2024
Production: i-Sea
Sources des données :
Fonds cartographiques :
Sentinel-2 cloudless 2021 by
EOX
Système de coordonnées :
EPSG:32631

Produit CMEMS de concentration en chlorophylle - 11/05/2024

Production et analyse avancée des paramètres de la qualité de l'eau dans le PNMGL par exploitation de l'archive satellitaire - Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



Projet exemple_CHL_CMEMS.jpg



Légende

Emprise PNMGL

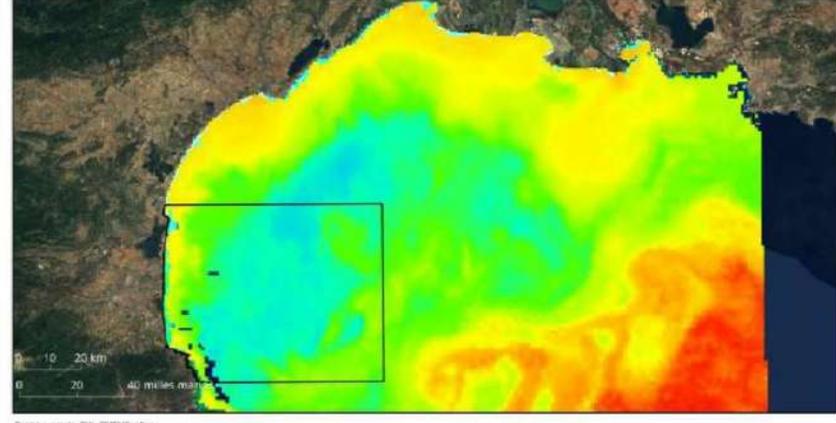
Conc. CHL (mg/m³)



EDITEE LE : 25 / 10 / 2024
Production: i-Sea
Sources des données :
Fonds cartographiques :
Sentinel-2 cloudless 2021 by
EOX
Système de coordonnées :
EPSG:32631

Produit CMEMS de concentration en chlorophylle - 16/04/2022

Production et analyse avancée des paramètres de la qualité de l'eau dans le PNMGL par exploitation de l'archive satellitaire - Contrat UGAP OFB PNMGL / i-Sea



Projet exemple_CHL_CMEMS.jpg



Légende

Emprise PNMGL

Conc. CHL (mg/m³)



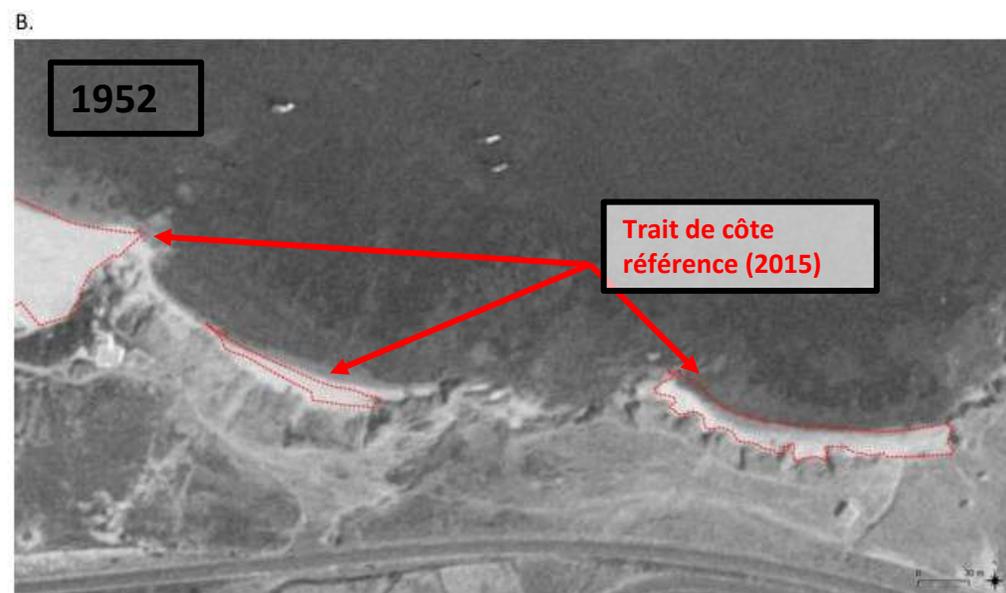
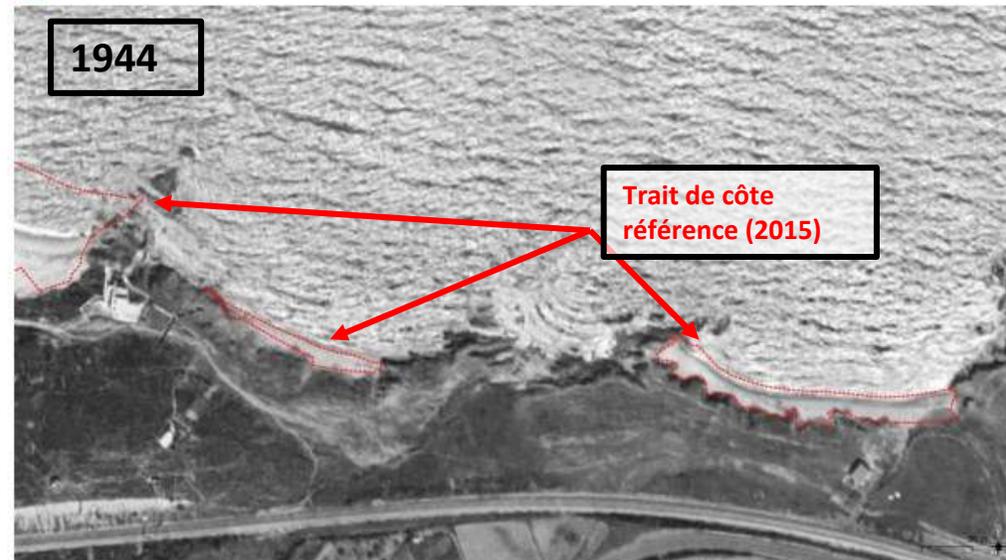
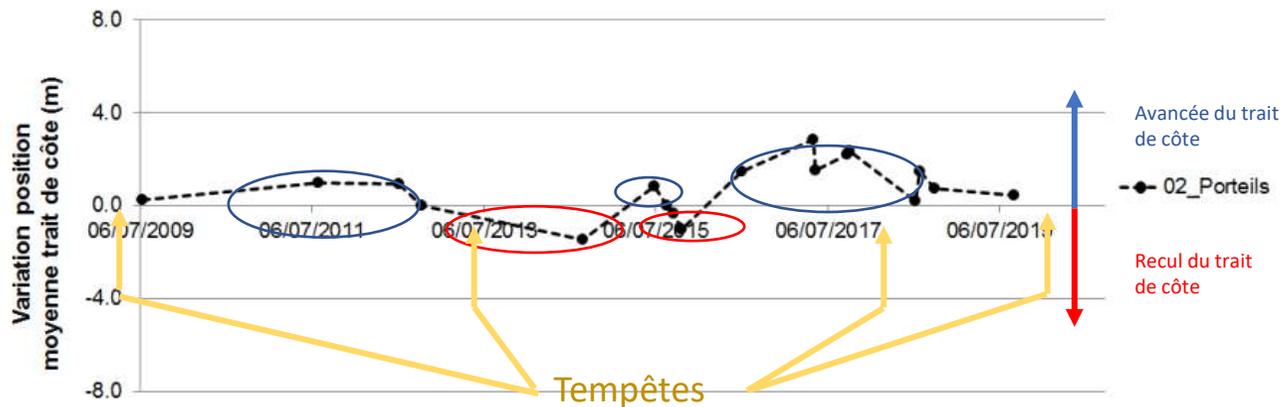
EDITEE LE : 25 / 10 / 2024
Production: i-Sea
Sources des données :
Fonds cartographiques :
Sentinel-2 cloudless 2021 by
EOX
Système de coordonnées :
EPSG:32631

Actualisation des connaissances sur l'érosion de la côte Vermeille entre 1942 et 2019

Actualisation des connaissances sur l'érosion de la côte Vermeille entre 1942 et 2019

Résultats : surface de plage et position absolue du trait de côte de 19 « grandes plages » de la côte Vermeille (référence de trait de côte : été 2015)

SURFACE_SABLE	Surface sableuse (surface "serviette") par rapport à l'image de 2015 de l'IGN	linéaire de trait de côte de sableux/galets mobile	Surface de plage sur le même linéaire côtier en 1944	Surface de plage sur le même linéaire côtier en 1952
02_Portell (anse principale)	2 727 m ²	167 m	2 347 m ² (-2,3 m en moyenne d'avancée du trait de côte par rapport à 2015)	2 620 m ² (-0,6 m en moyenne d'avancée du trait de côte par rapport à 2015)



Étude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

Les objectifs de cette étude :

- **Affiner** les données **trait de côte** des plages de poche **2010 – 2020**.
- Fournir une **tendance prospective** à **l'horizon 2050** .
- Faire naître une **prise de conscience** :
 - rien n'est immuable sur la côte rocheuse (**sécurité des biens et des personnes**),
 - présence d'**enjeux publics** (réseaux eau potable, assainissement et infrastructures).

Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

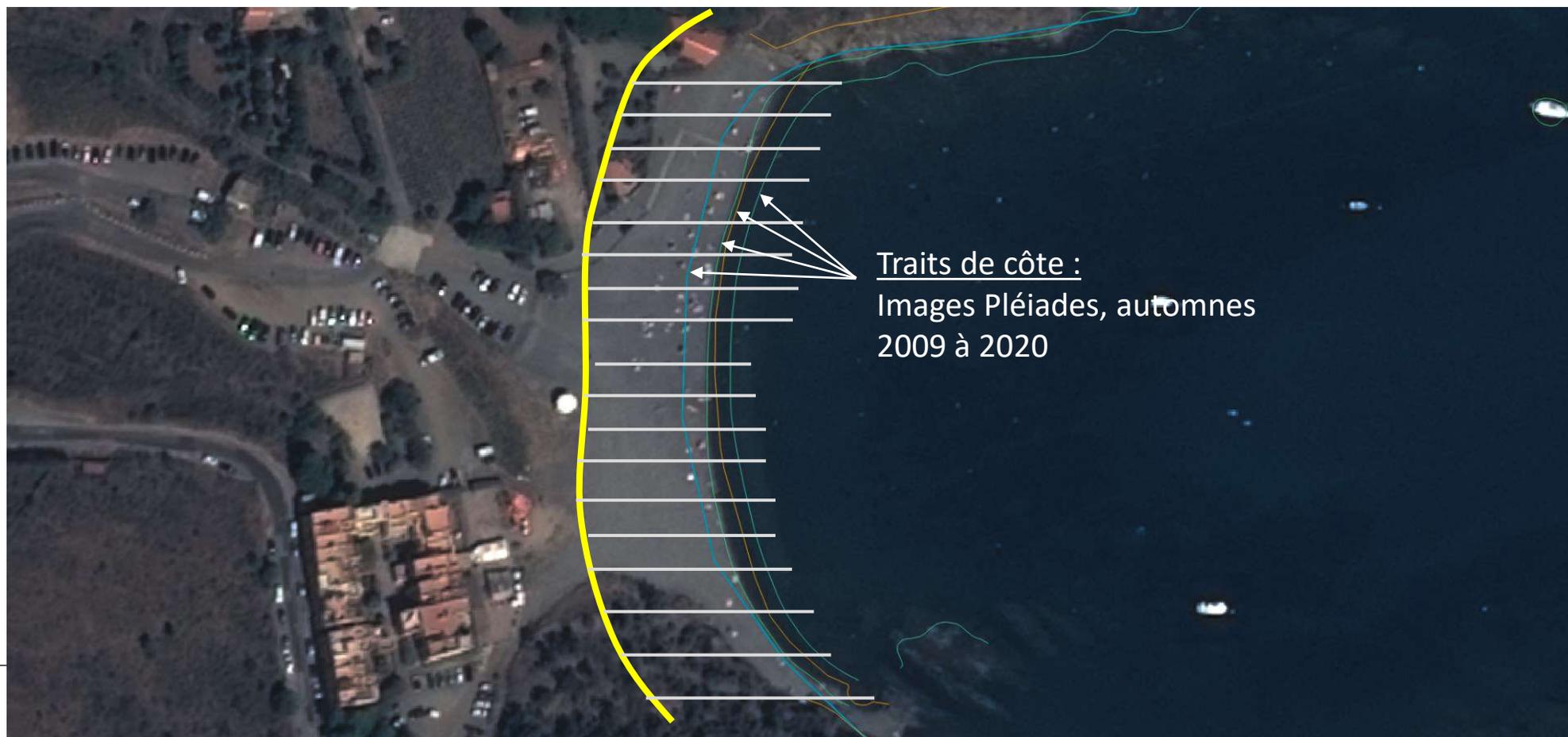
Décryptage de la méthode :

- 1. Régression linéaire : la méthode DSAS (Digital Shoreline Analysis System)**
- 2. Formule de projection tenant compte de :**
 - La régression linéaire obtenue
 - l'élévation du niveau marin
 - la pente de plage

Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

Méthode utilisée:

- Tracer une ligne de référence en arrière du rivage (suit de manière simplifiée la côte).
- Créer des transects perpendiculaires espacés de 20m qui recoupent tous les traits de côte.

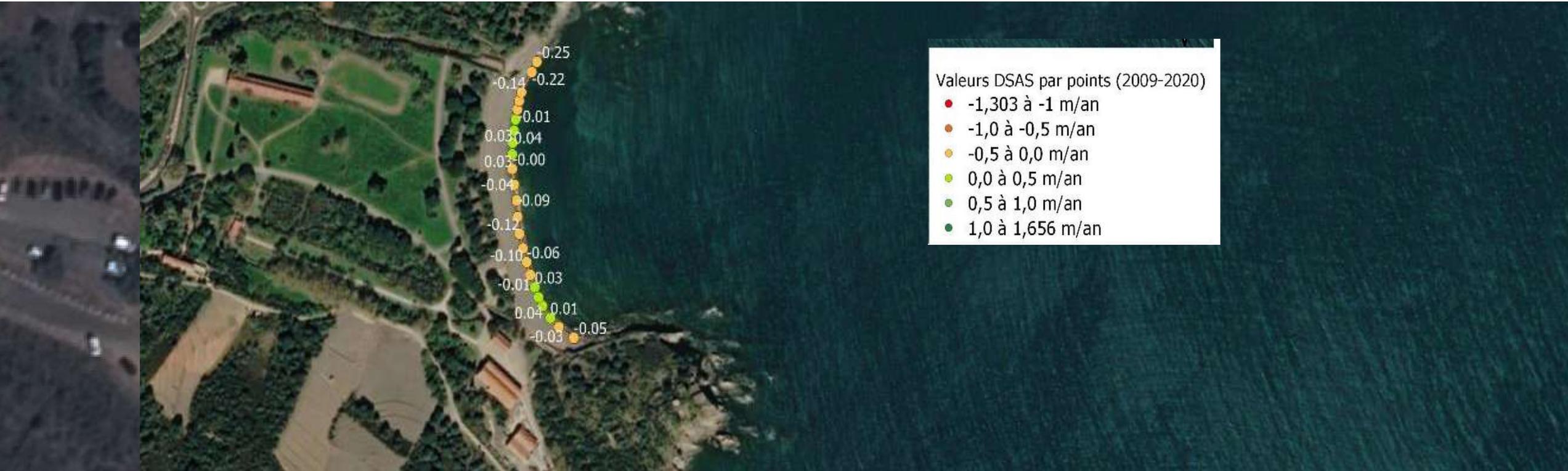


Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

Méthode utilisée:

- Mesurer la distance ligne de référence vs trait de côte.
- Calcul du taux de variation annuel de la position du trait de côte.
- Ce taux est ensuite multiplié par le nombre d'années voulues (30 ans pour nous).

⇒ valeur de recul prévue par régression linéaire.



Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

Formule utilisée:

La projection est obtenue en utilisant la formule : $R = r + [(E21 - E20) / P]$ (Durand et Heurtefeux, 2006)

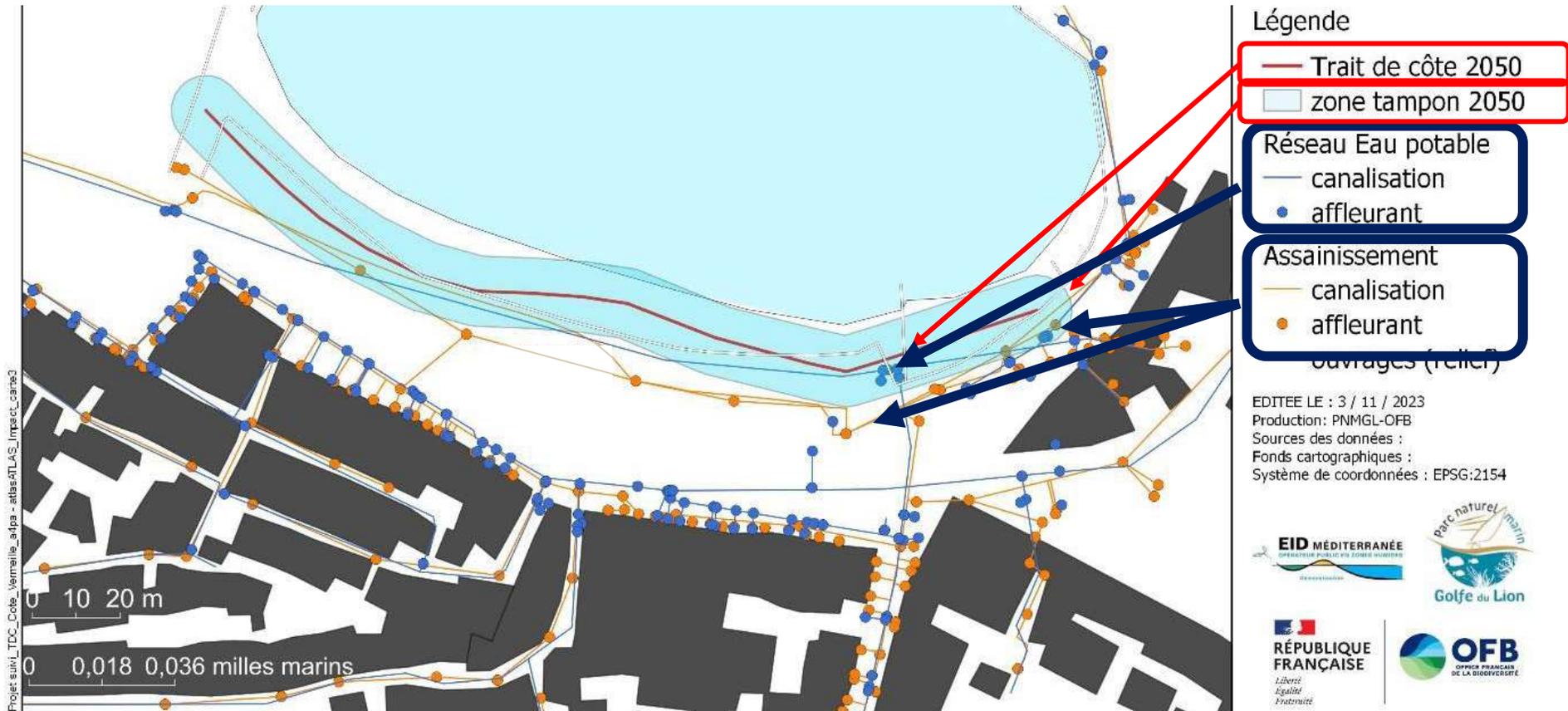
- R = valeur de recul prévue en 2050
- r = valeur de recul prévue par régression linéaire (2020 -2050)
- E21 = Valeur d'élévation du niveau de la mer prévue par le GIEC pour 2050 (20 cm dans notre cas)
- E20 = Valeur annuelle d'élévation du niveau de la mer au 20^{ème} siècle
- P = pente de la plage (jusqu'à - 8m)

Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050



Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

- Illustration de la projection pour 2050 sur la plage du Faubourg (Collioure) et de l'impact potentiel sur les réseaux et les infrastructures



Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

Impact sur les enjeux d'ici 2050 - Plage du Boramar

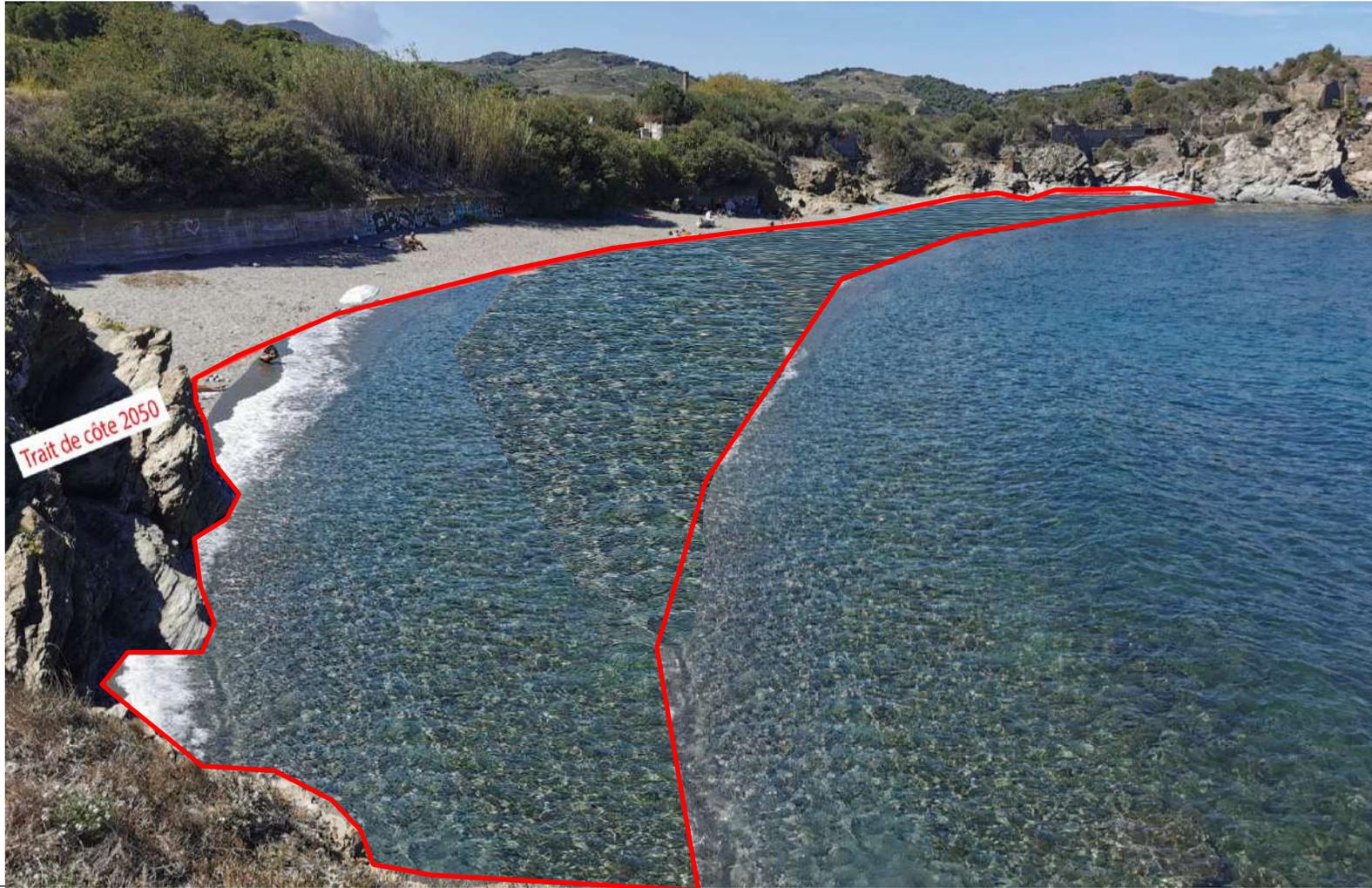


Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050



Photos EID 2023

Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

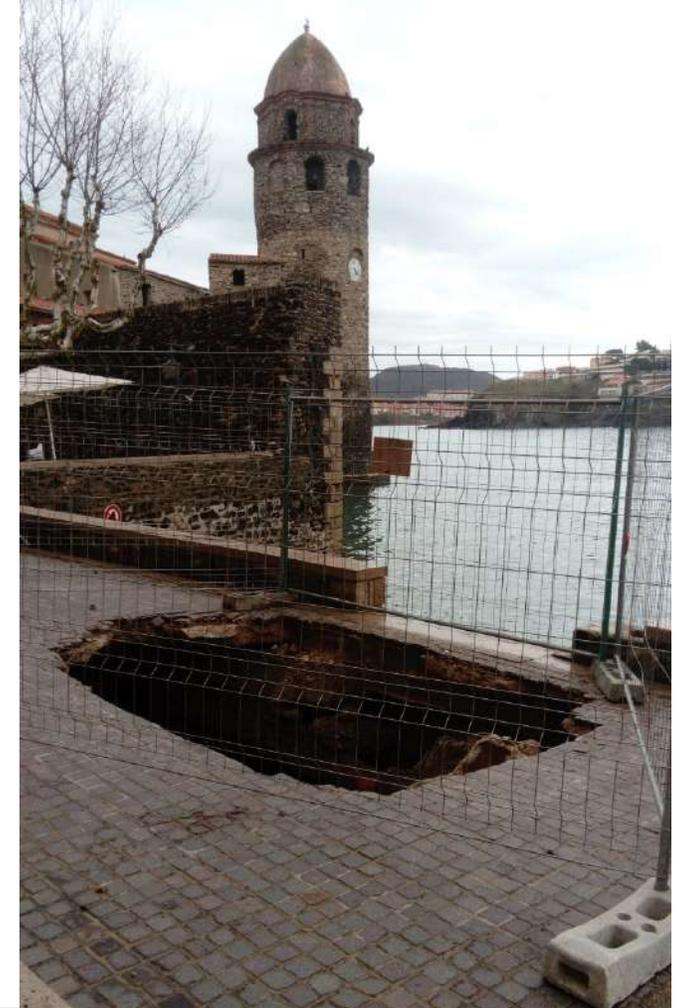
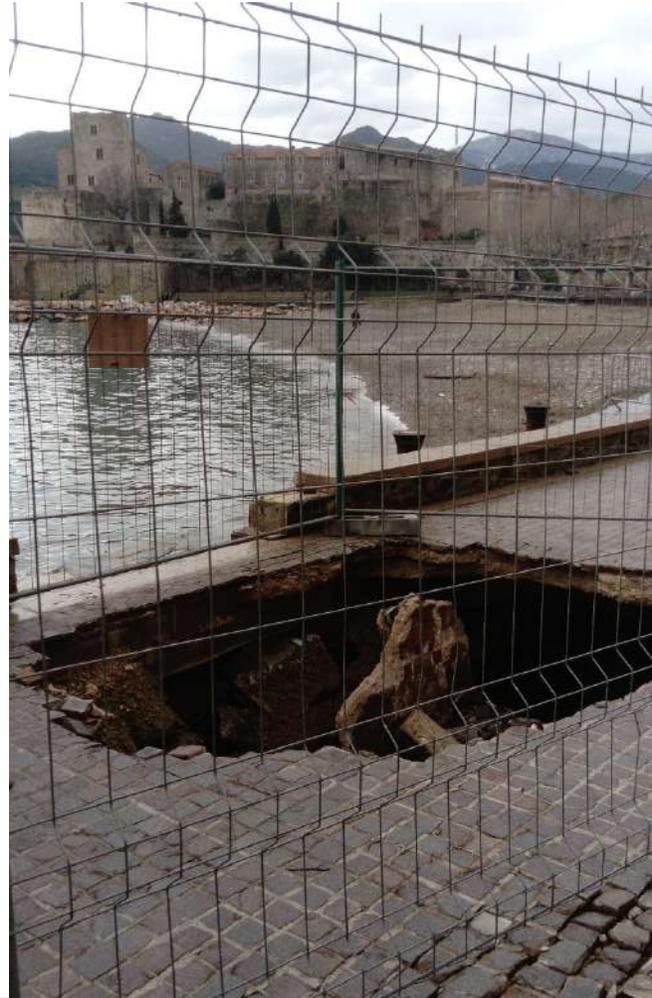


Photos EID 2023

Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

Réseaux déjà impactés sur certains secteurs :

- Tempête de mars 2018 sur la plage du Boramar à Collioure

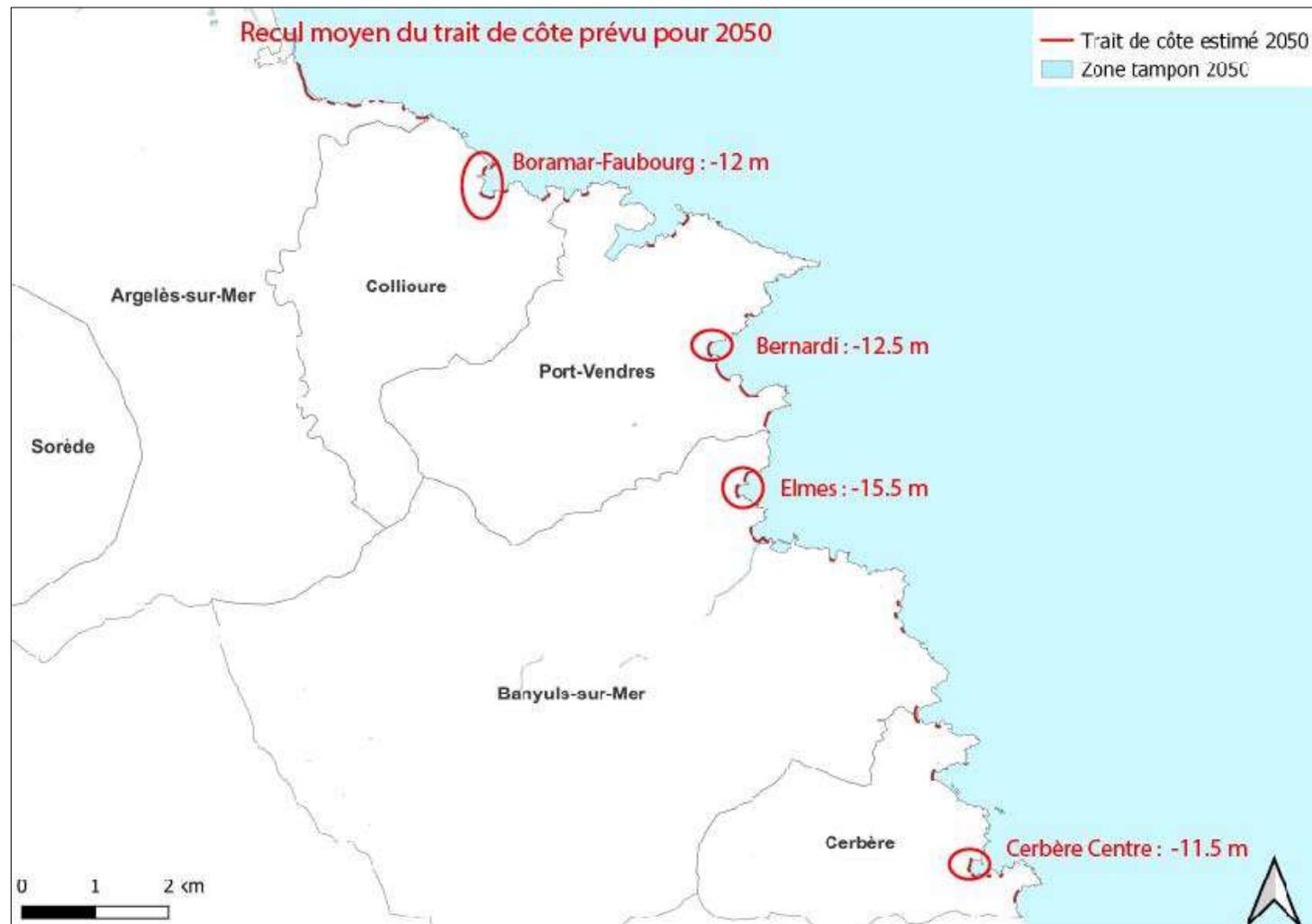


© photos PNMGL 2018

Etude prospective sur l'évolution du littoral des plages de la côte rocheuse à l'horizon 2050

- Méthode *exploratoire* et *expérimentale* qui donne une tendance, en prenant en compte l'élévation du niveau de la mer observée localement.
- Confirme que sur ces plages « de poche » **les risques existent** (*menaces pour les ouvrages, enjeux sur les réseaux*).
- Incertitudes liées à la précision de la donnée et de la méthode : **les résultats doivent être consolidés par des suivis terrains**, des études complémentaires et une observation continue pour **vérifier si la trajectoire annoncée se confirme**, ou si elle s'accélère/ralentit à court ou moyen terme.

Travail similaire sur côte sableuse avec OscCat



4. Comment valoriser les résultats de ces études ?



Comment valoriser les résultats de cette étude?

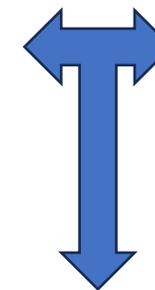
Dans le cadre de la **compétence GEMAPI**, la CC ACVI partenaire de l'étude a souhaité **valoriser les résultats de l'Etude Trait de côte 2050 de l'EID sur la Côte Vermeille** en s'appuyant sur son **Service SIG**.

Proposition:

Développement en interne d'une **application web SIG** sous la forme d'un **tableau de bord dynamique**.

Objectifs:

- Diffuser une information destinée au grand public qui permettent une **vision de l'aléa érosion** mais aussi une vision de la **vulnérabilité des ouvrages** de la CCACVI par croisement des couches SIG (réseaux eau et assainissement)
- Démontrer l'intérêt d'un **SIG décisionnel pour la compréhension de ce phénomène naturel** (recul du trait de côte) avec une **dynamique relativement lente** mais qui **impacterait rapidement le territoire** si on ne pointe pas rapidement les enjeux qui seront touchés à court, moyen ou long terme.
- **Alerter les services** de la CC ACVI et les communes membres,
- **Valoriser les données géomatiques** de la régie des eaux qui est organisée en géodatabase depuis près de 20 ans
- Permettre un **échange avec les élus** de la Côte Rocheuse pour une **prise de conscience** de ce recul du trait de côte.



Bienvenue sur le Tableau de bord aléa érosion 2050

Tableau de bord interactif des résultats de l'évolution du trait de côte à l'horizon 2050 (Source EID Méditerranée 2023)

Ce tableau de bord est interactif. N'hésitez pas à interroger la cartographie et ainsi zoomer sur des statistiques plus précises (zoom à la commune ou à la plage).

Bonne visite

Ne plus afficher ce message

Fermer

L'outil sous l'angle de l'aléa érosion

Erosion
410

points DSAS / 488 points

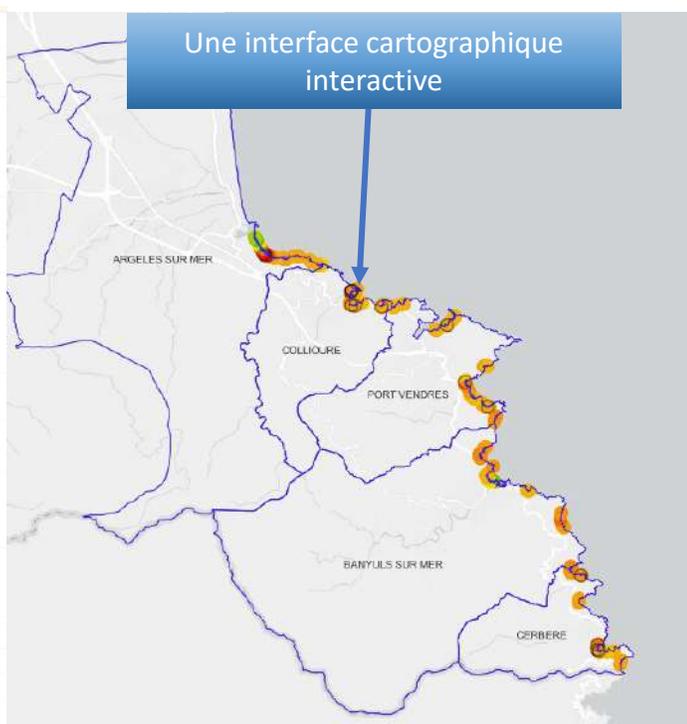
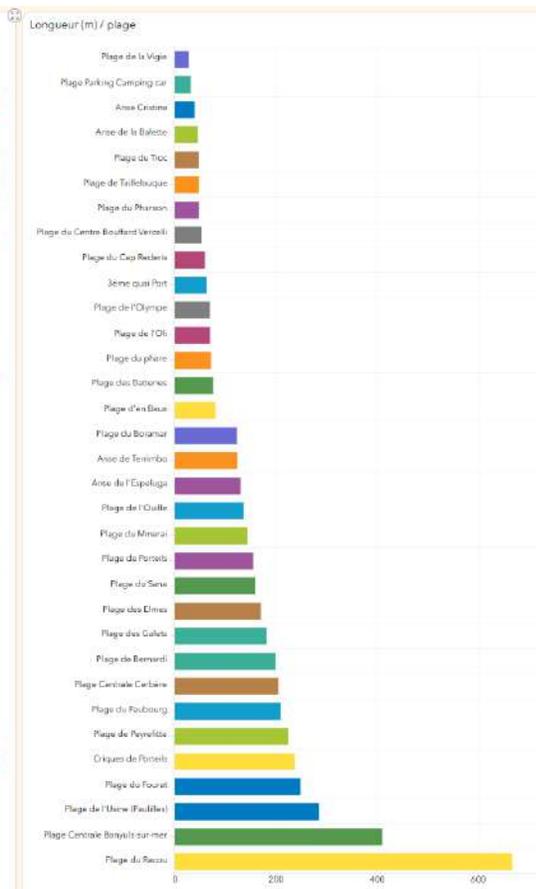
Accrétion

78

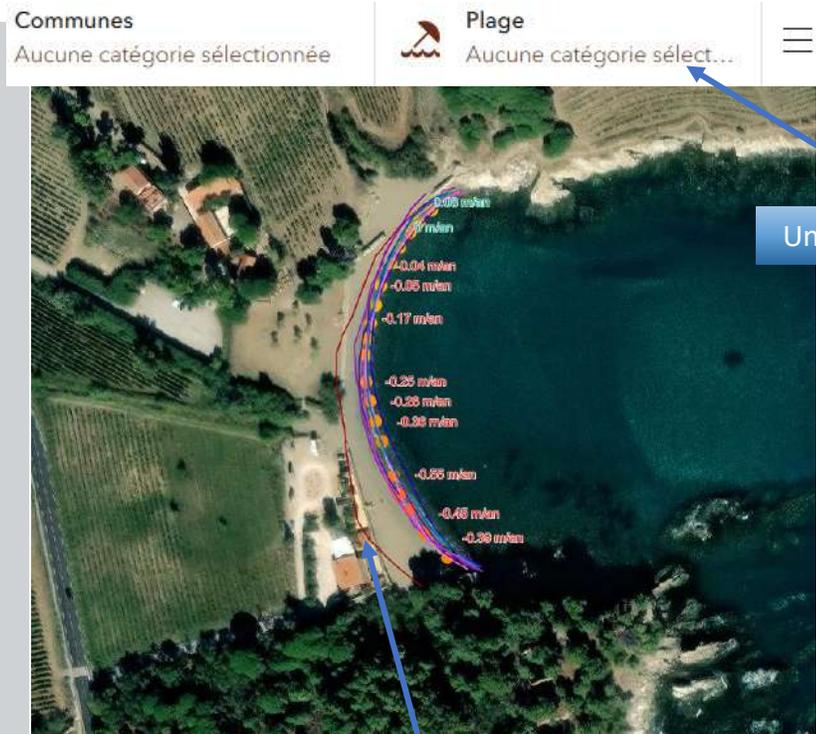
points DSAS / 488 points

Vitesse d'érosion moyenne

-0.12 m/an



Total longueur de plages
4,8km



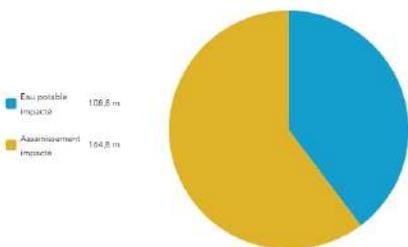
Une synthèse interactive de l'étude sur les 26 criques avec un sélecteur géographique

Un indicateur de longueur de plage adapté au zoom carto

L'outil sous l'angle des enjeux impactés

42 Bâtiments impactés pour une surface de 1525.3 m²

273,7m De réseaux humides impactés



242,2m D'ouvrages impactés



Un indicateur des enjeux impactés:
- Habitations
- Réseaux
- Ouvrage de voirie

Communauté de communes ACVI



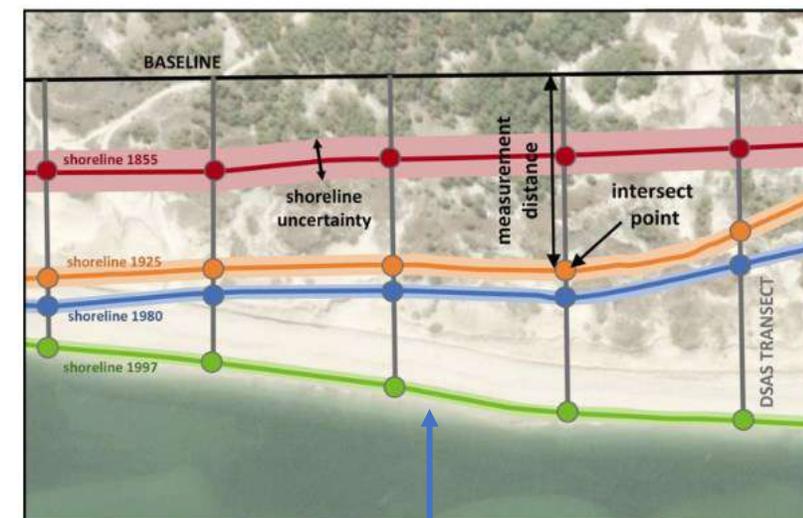
Résultats de l'étude prospective à l'horizon 2050 de l'évolution du trait de côte sur 26 criques de la Côte Vermeille (Source EID Méditerranée 2023).

Cette étude s'appuie sur une analyse des traits de côte entre 2009, 2011, 2012, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020. Une série statistique réduite en nombre d'année, mais homogène en qualité. Les traits de côte sont digitalisés sur la base de source satellites Pléiades.

La méthode DSAS consiste à établir une droite de régression par rapport à une ligne de référence et les différents traits de côte en s'appuyant sur des transects tous les 20 m pour affiner la projection suivant le schéma ci-dessous.

On obtient un taux de variation annuel que l'on multiplie par le nombre d'année pour atteindre la projection à 2050.

La formule de projection prend en compte l'élévation du niveau marin (+20cm d'ici à 2050) et la pente de chaque plage.



Un rappel explicatif de la méthodologie DSAS

De l'application Web à la prise de décision



Observatoire littoral de la Côte Rocheuse Catalane

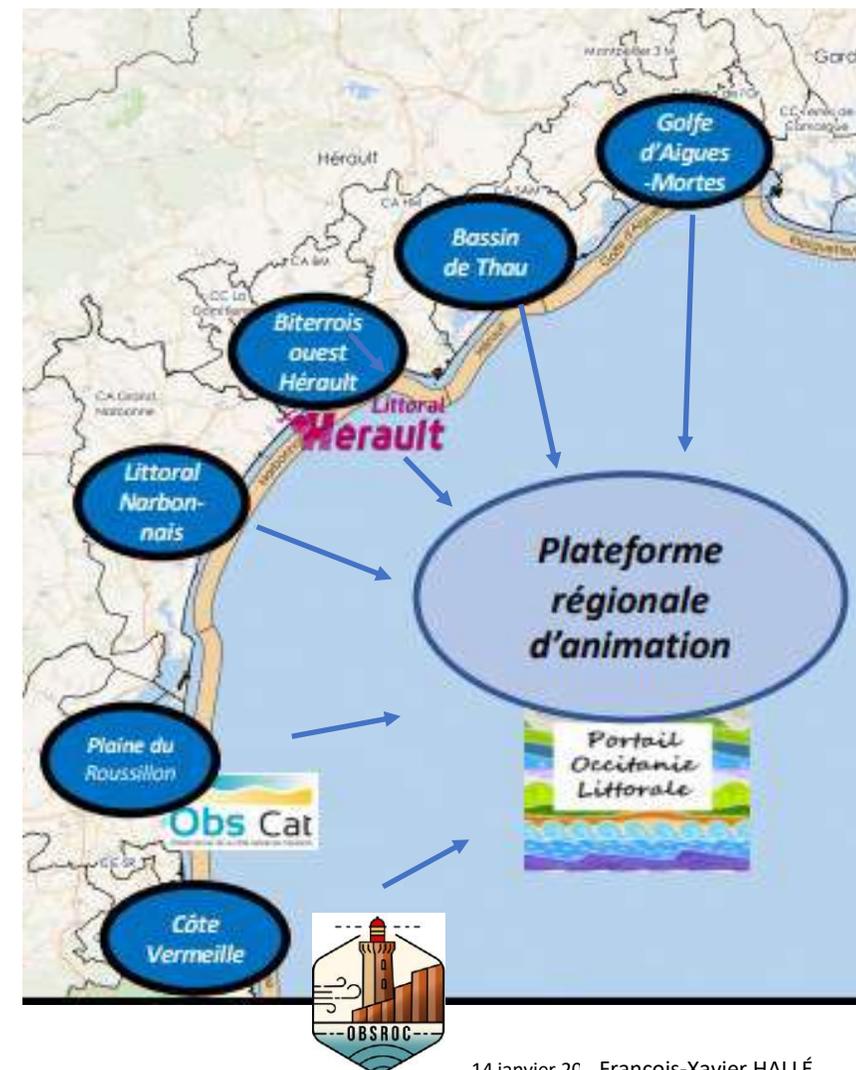
Suite à la valorisation des résultats de l'étude les objectifs ont été largement atteints.

La commune de Port-Vendres a décidé de s'inscrire sur le décret liste des communes sujettes à l'érosion côtière.

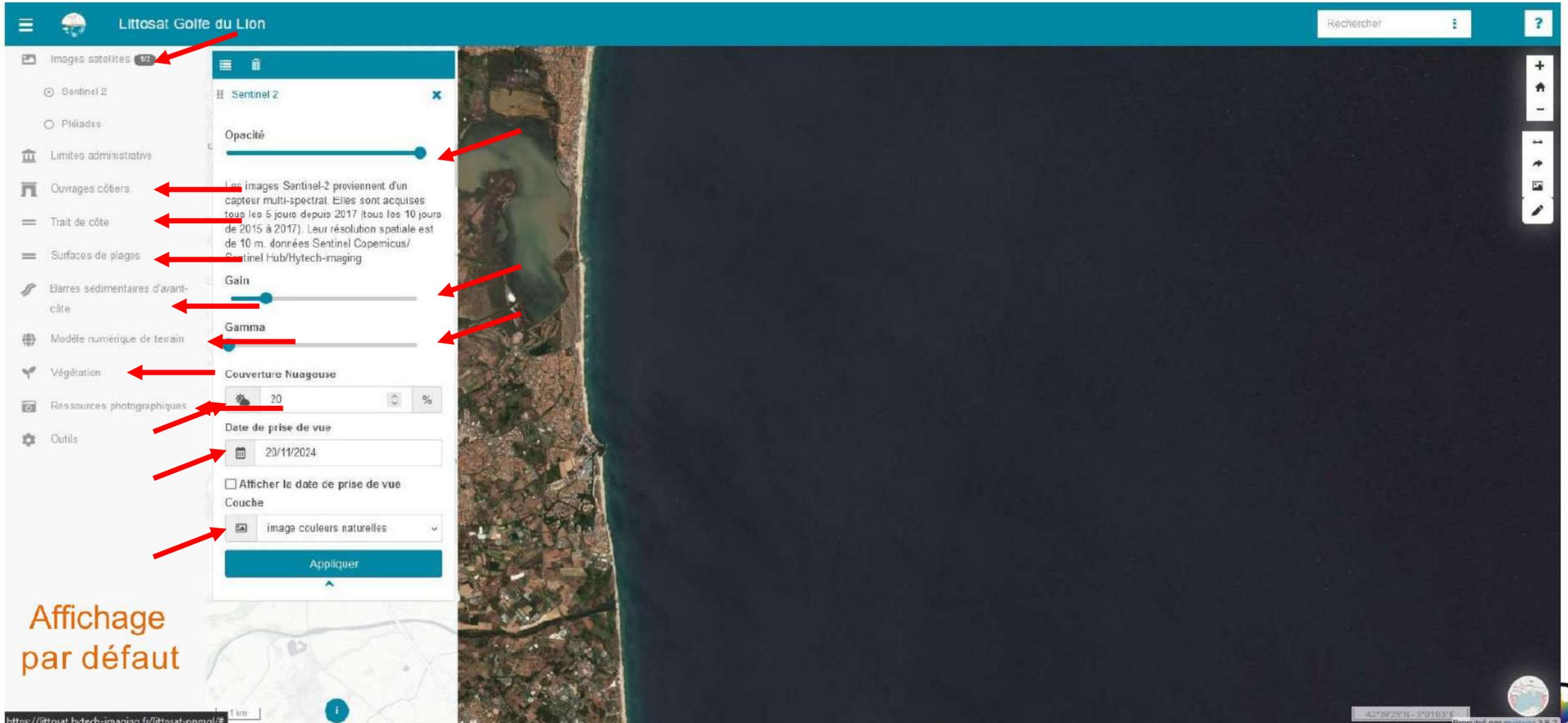
La CCACVI a délibéré en décembre 2024 pour la création d'un Observatoire littoral de la Côte Rocheuse avec 4 missions:

- 1/ *Observation du littoral:*
- 2/ *Bancariser l'Information:*
- 3/ *Analyser et préconiser des modes de gestion aux maîtres d'ouvrage:*
- 4/ *Communiquer et sensibiliser:*

L'observatoire s'intégrera dans une mise en réseau pour une vision régionale de la recomposition spatiale en application du Plan d'adaptation au changement climatique du littoral d'Occitanie.



Suivi des paramètres de l'environnement littoral à partir d'images satellites



The screenshot displays the Littosat web application interface. On the left, a sidebar menu lists various data layers: Images satellites (1/2), Sentinel 2, Pléiades, Limites administratives, Ouvrages côtiers, Trait de côte, Surfaces de plages, Barres sédimentaires d'avant-côte, Modèle numérique de terrain, Végétation, Ressources photographiques, and Outils. A central panel titled 'Sentinel 2' provides configuration options: Opacité (opacity slider), Gain (gain slider), Gamma (gamma slider), Couverture Nuageuse (cloud cover percentage set to 20%), Date de prise de vue (date of acquisition set to 20/11/2024), and Couche (layer set to 'image couleurs naturelles'). An 'Appliquer' button is at the bottom of this panel. The main map area shows a satellite image of a coastal area with a bay. Red arrows point from the menu items to their corresponding settings in the Sentinel 2 panel. A search bar is located in the top right corner.

Affichage par défaut

<https://littosat.hytech-imaging.fr/littosat-pnmgl/#>



5. LittoSIM « PNMGL » - un *serious game* au service de la gestion

LittoSIM - *Serious game* au service de la gestion du littoral

Simulation participative pour la sensibilisation des acteurs de l'aménagement du littoral face au risque de submersion marine :

- Développer un module complémentaire de dérive sédimentaire intégrant la modélisation de l'évolution du trait de côte adapté à la façade méditerranéenne
 - stock sédimentaire, transit sédimentaire, impact des ouvrages, etc.
- Proposer une version alternative adaptée au grand public
 - destiné à des gestionnaires et élus pour réfléchir une stratégie de territoire

Sources des données :

SUIVISAT

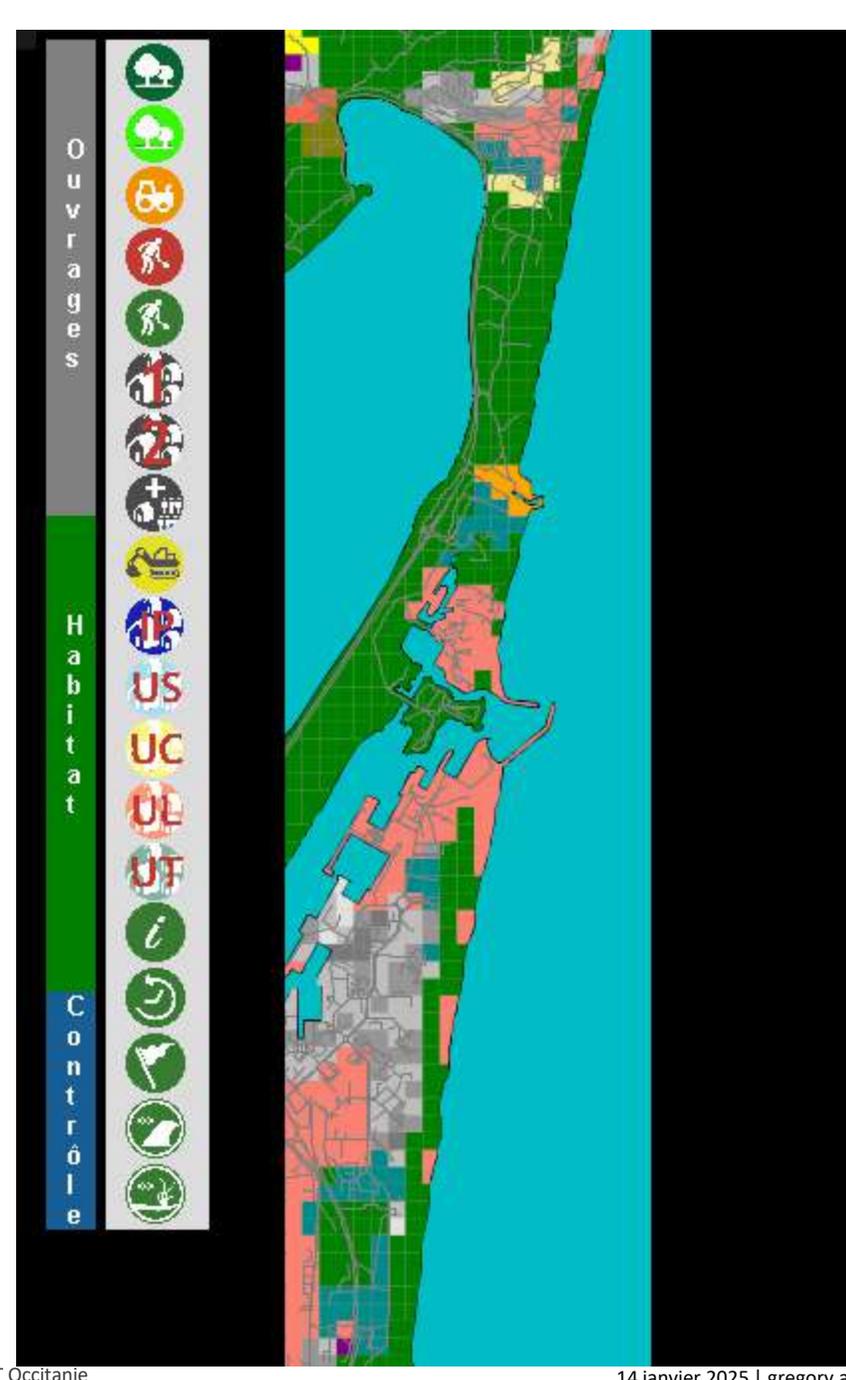


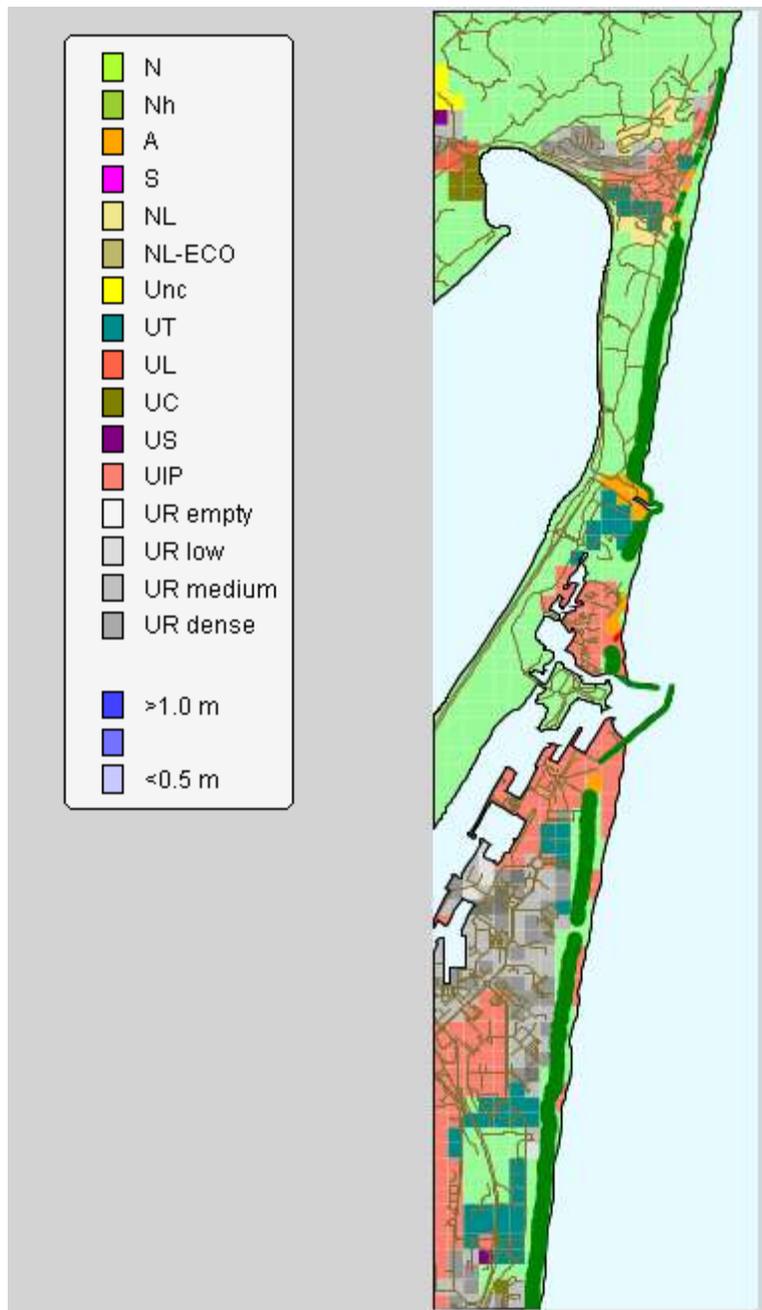
4 équipes :

1. l'équipe municipale
2. Secteur des activités économiques

3. Résidents permanents et associations environnementales

4. Service de l'État et scientifiques





Merci pour votre attention

Contacts technique :

Grégory AGIN

Chargé de mission "usages industriels et aménagements maritimes"

Parc naturel marin du golfe du Lion

gregory.agin@ofb.gouv.fr

Tél.: 04 68 68 40 20

Alexian AJAS

Chargé d'études et suivis du littoral

Direction générale

Pôle littoral , EID Méditerranée

François-Xavier HALLÉ

Responsable Risques / GEMAPI littoral / OBS ROC

Communauté de communes Albères Côte Vermeille

Illibéris

