Journée de démonstration régionale

Space for shore

Erosion littorale en Occitanie et données spatiales

esa Coastal Erosion Project

European Space Agency

i-Sea

Brockmann Consult GmbH

Terra Spatium SA

TerraSigna

University of Bucharest

Universität Hamburg

universidade de aveiro

Au programme

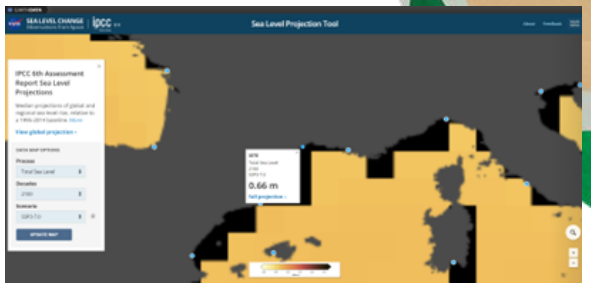
- Mot de bienvenue et d'introduction de J. Ribes (Maire de Montbazin)
- Tour de table
- Présentation générale du projet européen
- Présentation des méthodes et des résultats sur vos territoires
- Présentation du nouveau géoportail Space for Shore
- Présentation du format des données
- Echange libre sur vos impression

Anticiper et se protéger de l'érosion: un enjeu mondial

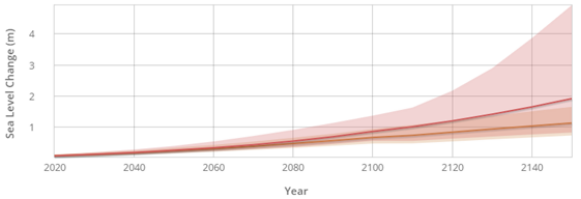
Les effets du changement climatique déjà visibles

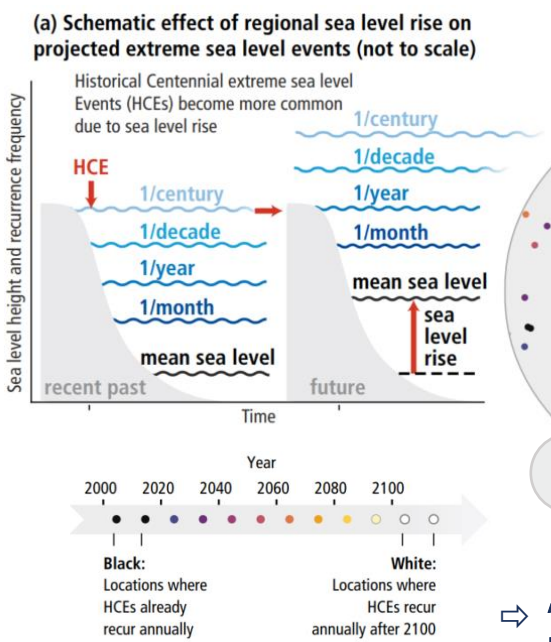
Montée du niveau marin ⇨ érosion & submersion

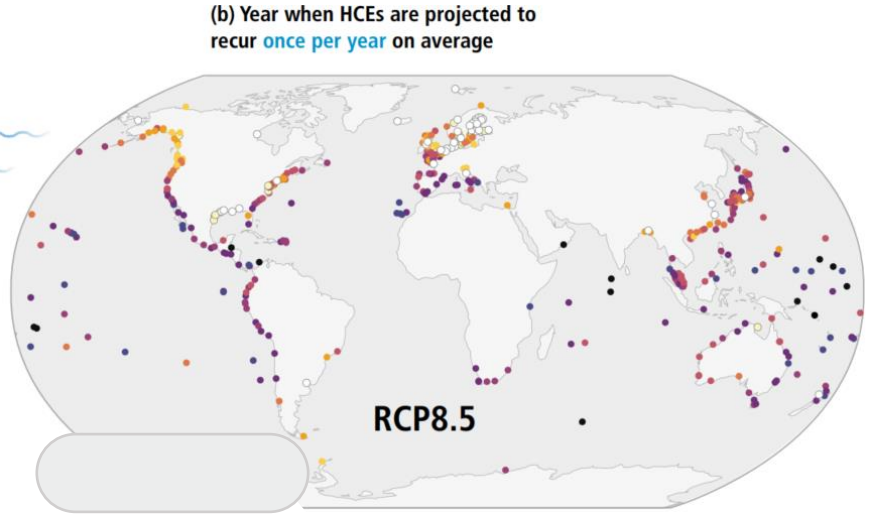
- ⇨ 70% des côtes y sont soumises dans l'amplitude moyenne des projections du GIEC
- ⇨ Périls géopolitiques
  - ⇨ Atteinte à l'intégrité d'îles-états ou états majoritairement côtiers
  - ⇨ Déplacement massifs de populations à l'horizon 2100
- ⇨ Les événements extrêmes centennaux vont devenir annuels
- ⇨ Périls écologiques et économiques: Perte d'écosystèmes majeurs



https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool





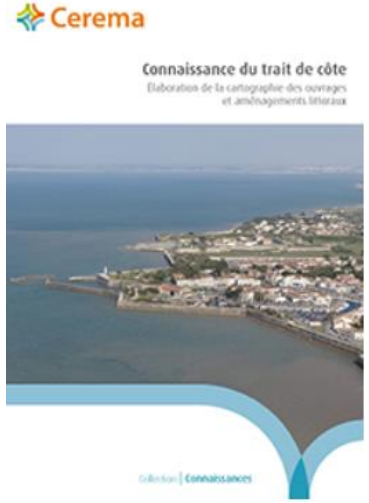


IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].

⇨ "For the 21st century, the benefits of protecting against increased coastal flooding and land loss due to submergence and erosion at the global scale are larger than the social and economic costs of inaction"

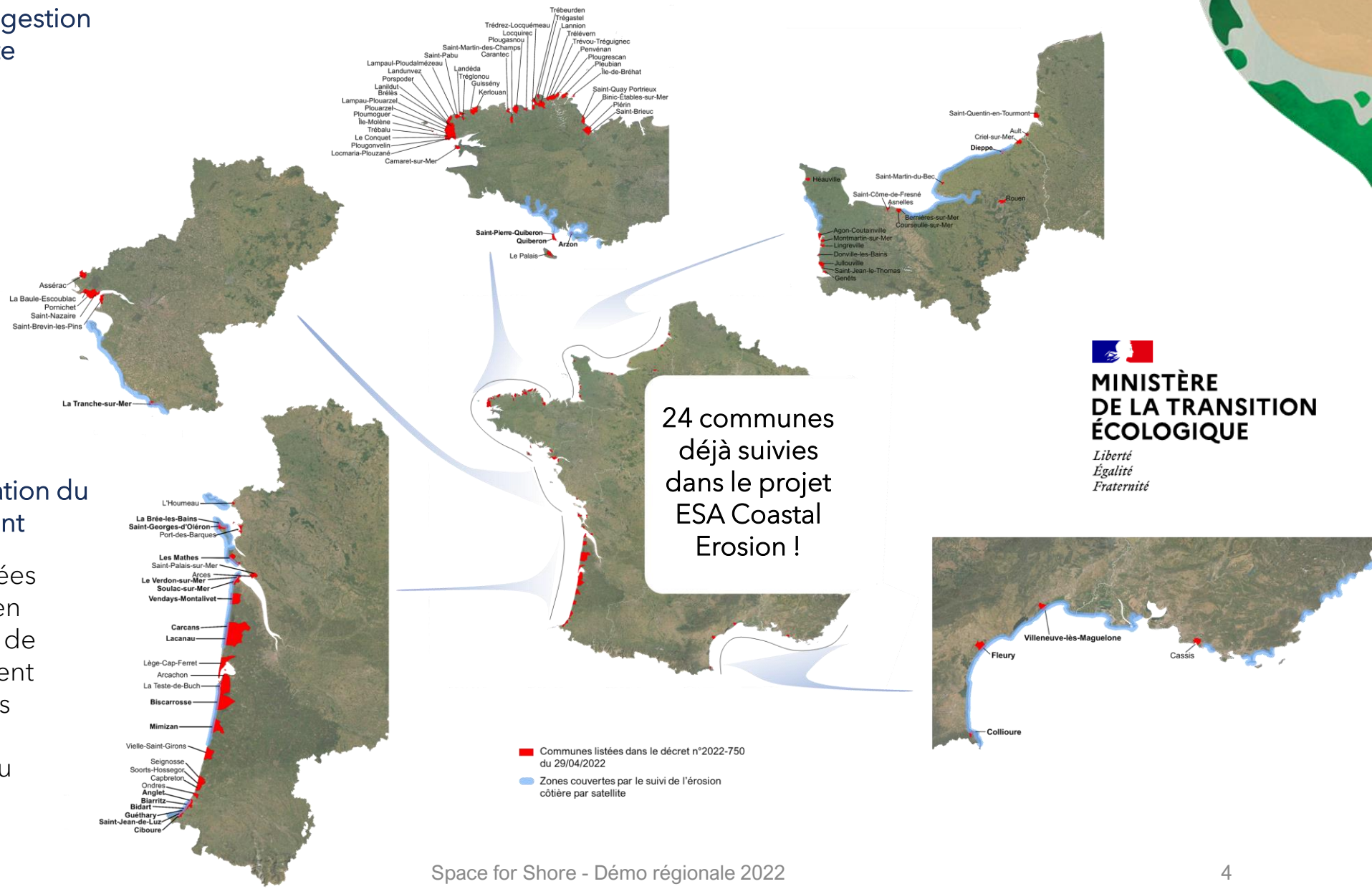
Accroissement des prises de conscience

2012 : Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte



Avril 2022 : Décret en application du Code de l'Environnement

126 communes désignées pour adapter l'action en matière d'urbanisme et de politique d'aménagement face aux phénomènes hydrosédimentaires entraînant l'érosion du littoral

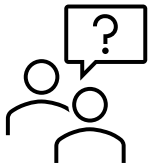


24 communes déjà suivies dans le projet ESA Coastal Erosion !

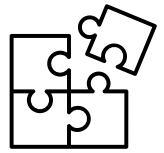
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Liberté
Égalité
Fraternité

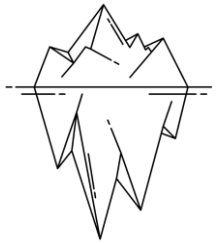
Leitmotiv d'un projet ESA d'envergure

Les pouvoirs publics, usagers – sphère économique, secteur et propriétaires fonciers, secteur de l'assurance, scientifiques…



- **Accompagner** les prises de décision des acteurs directs du territoire littoral
- **Compléter** spatialement et temporellement l'information levée sur le terrain

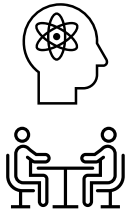




- Explorer tout le potentiel de la donnée satellite (profondeur temporelle, couverture spatiale, fréquence de revisite, précision et éventail d'informations)
- Franchir les frontières naturelles et administratives

~ 4000 km de littoral

Des milliers d'images satellite



Plus de 60 experts et gestionnaires côtiers impliqués

25 ans de rétrospective

Une dizaine d'algorithmes

esa Coastal Erosion Project

European Space Agency

Notre historique pour proposer une solution étalonnée sur toutes les mers d'Europe

Collecte des besoins et élaboration de la feuille de route

Définition des sites d'intérêt, des indicateurs de suivi d'érosion, des périodes et fréquences temporelles, des enjeux

Démarrage d'une année supplémentaire de projet !

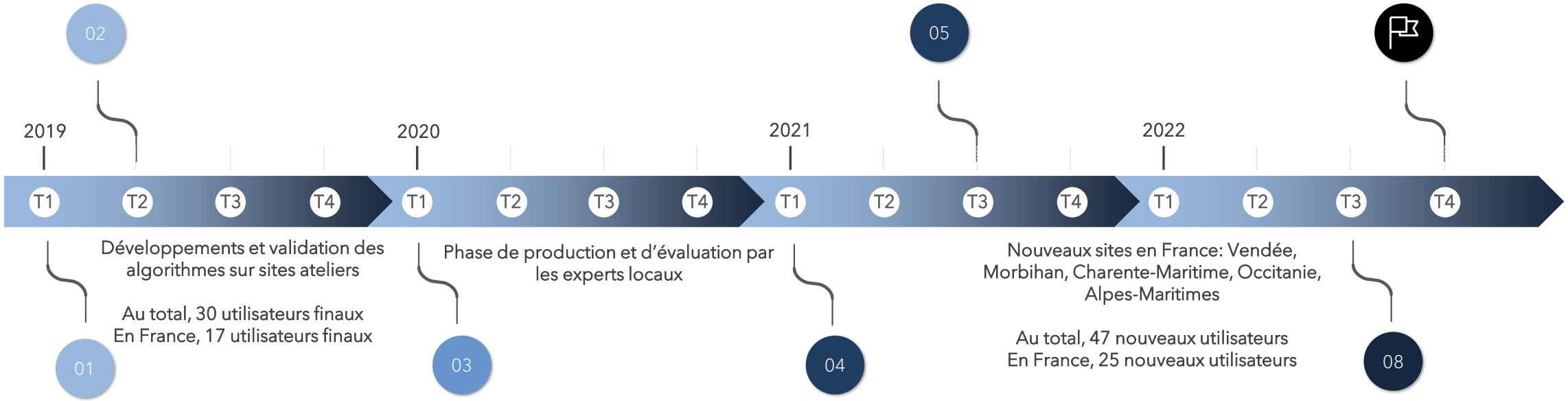
Mise à jour du suivi sur les sites pilotes initiaux jusqu'en 2022

Ajout de 300 km dans chaque pays membre du consortium

Intégration d'un nouveau pays: Norvège

Démarrage avec nouvelle collecte des besoins (nouveaux utilisateurs finaux!)

Nouvelle offre de service



Naissance du consortium Space for Shore

Bilan de mi-parcours et déploiement à large échelle

Sites pilotes en France : Nouvelle Aquitaine, Région Sud, Normandie

Démonstrations régionales Retour d'expérience

10/20 Région Sud
11/20 Normandie, Nouvelle Atlantique

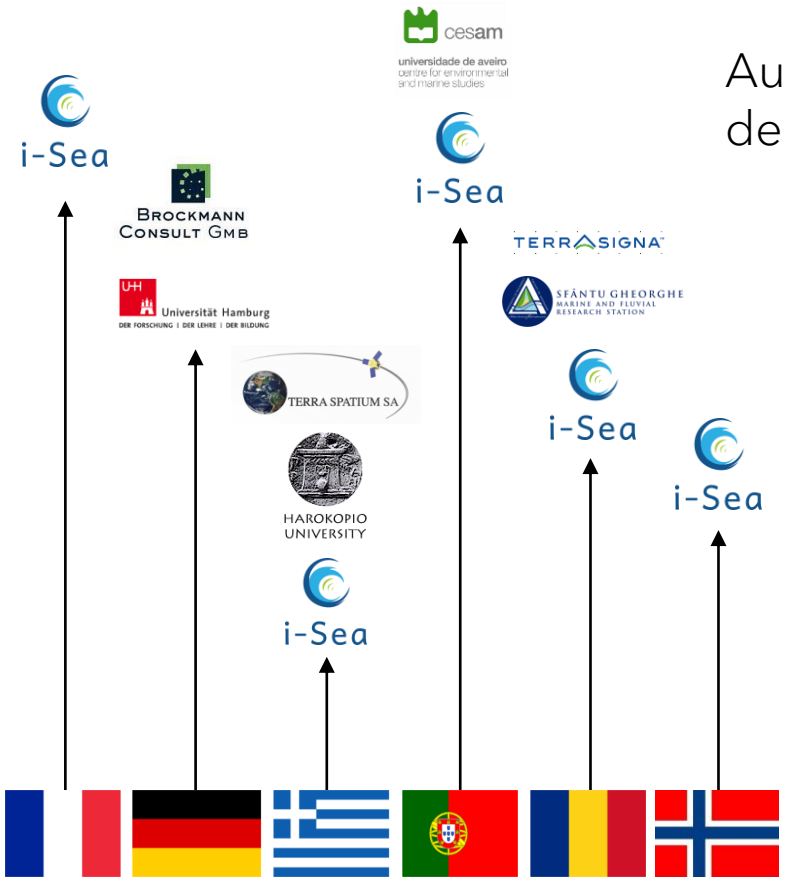
Au total, 1445 résultats sur ~1500 km
En France, 370 résultats sur 340 km

Démonstrations régionales Retour d'expérience

01/07/22 Côte Atlantique – Saint-Jean-de-Monts
05/07/22 Occitanie - Loupian

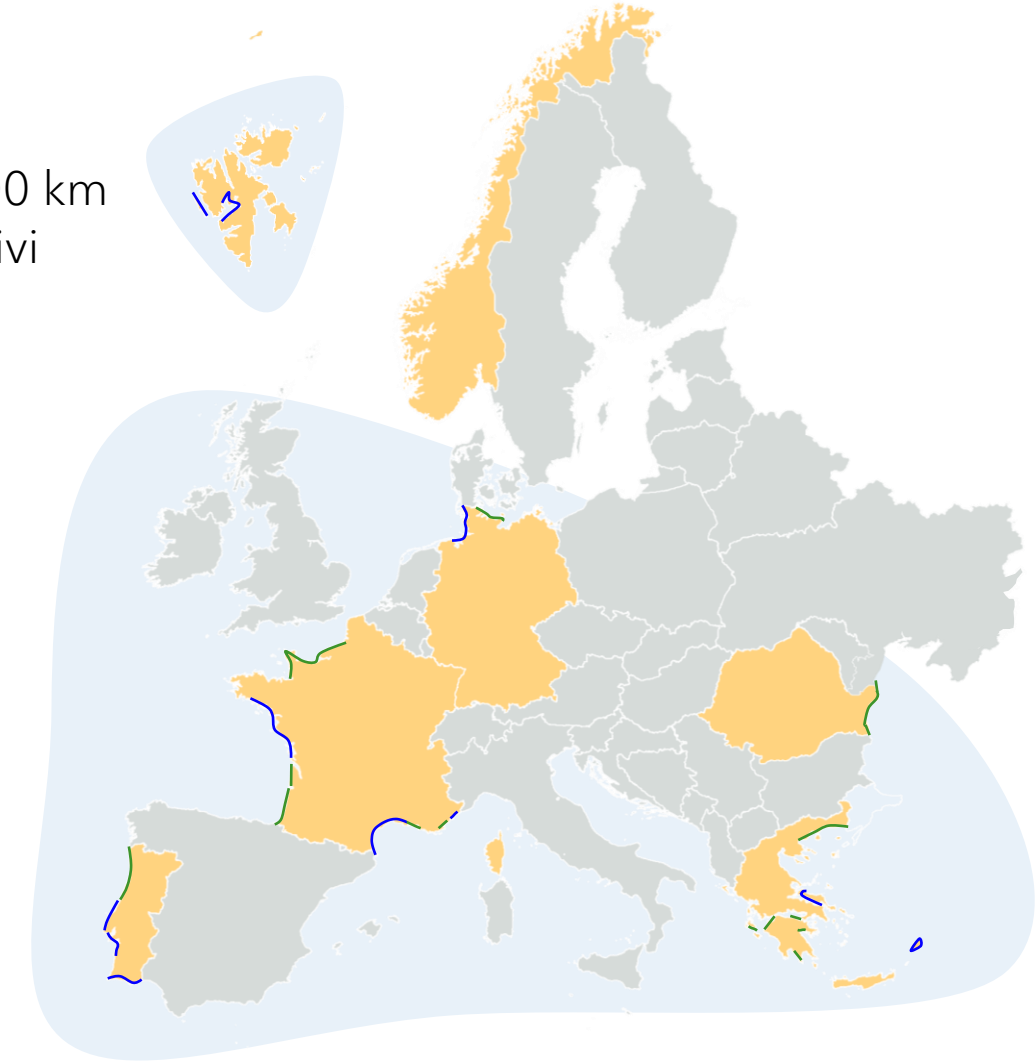
Au total, ~2000 résultats sur ~2600 km
En France, 450 résultats sur 595 km

Un consortium Européen et de nombreuses façades littorales

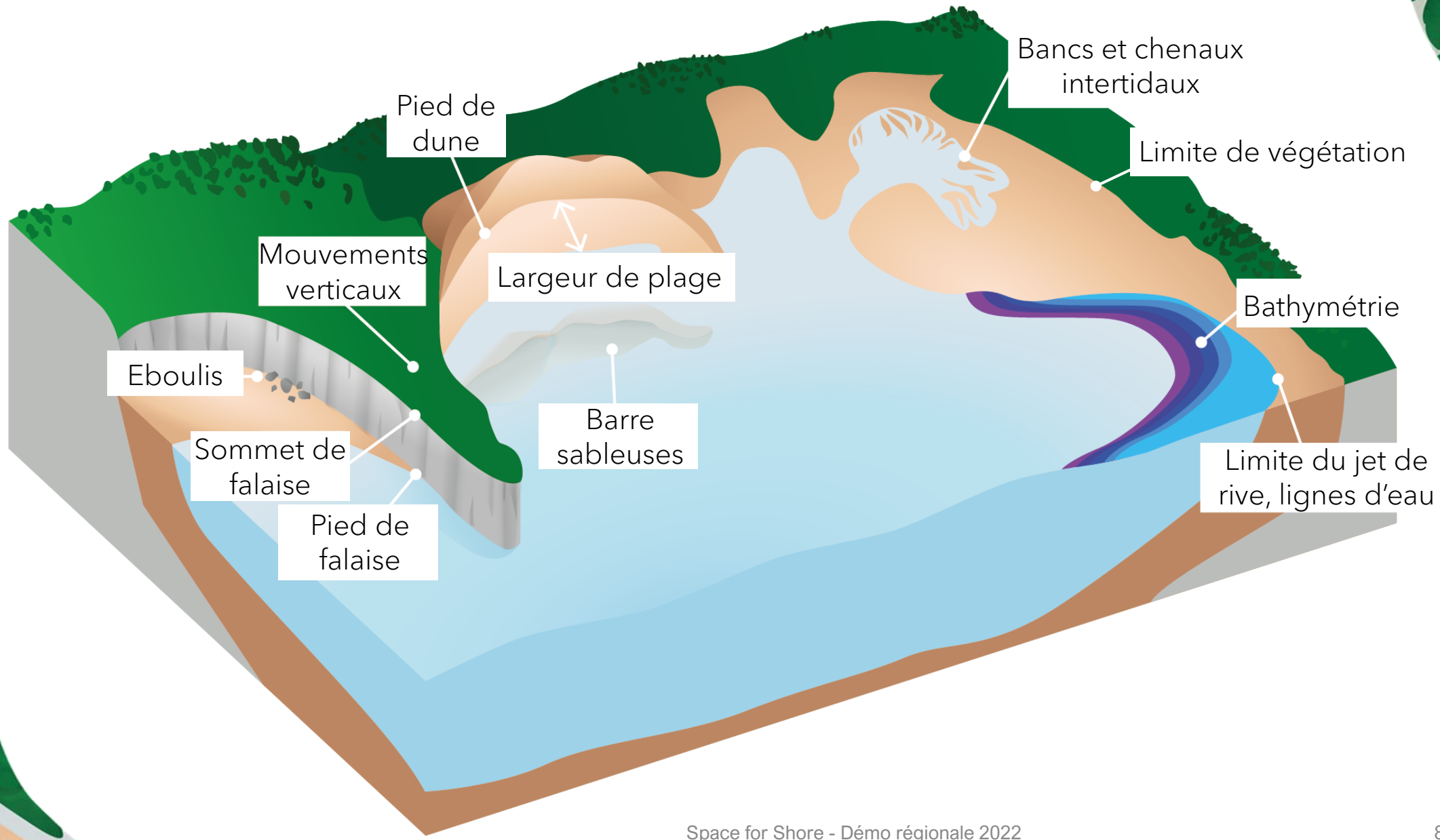


Membres du consortium intervenant dans la production sur les 6 pays

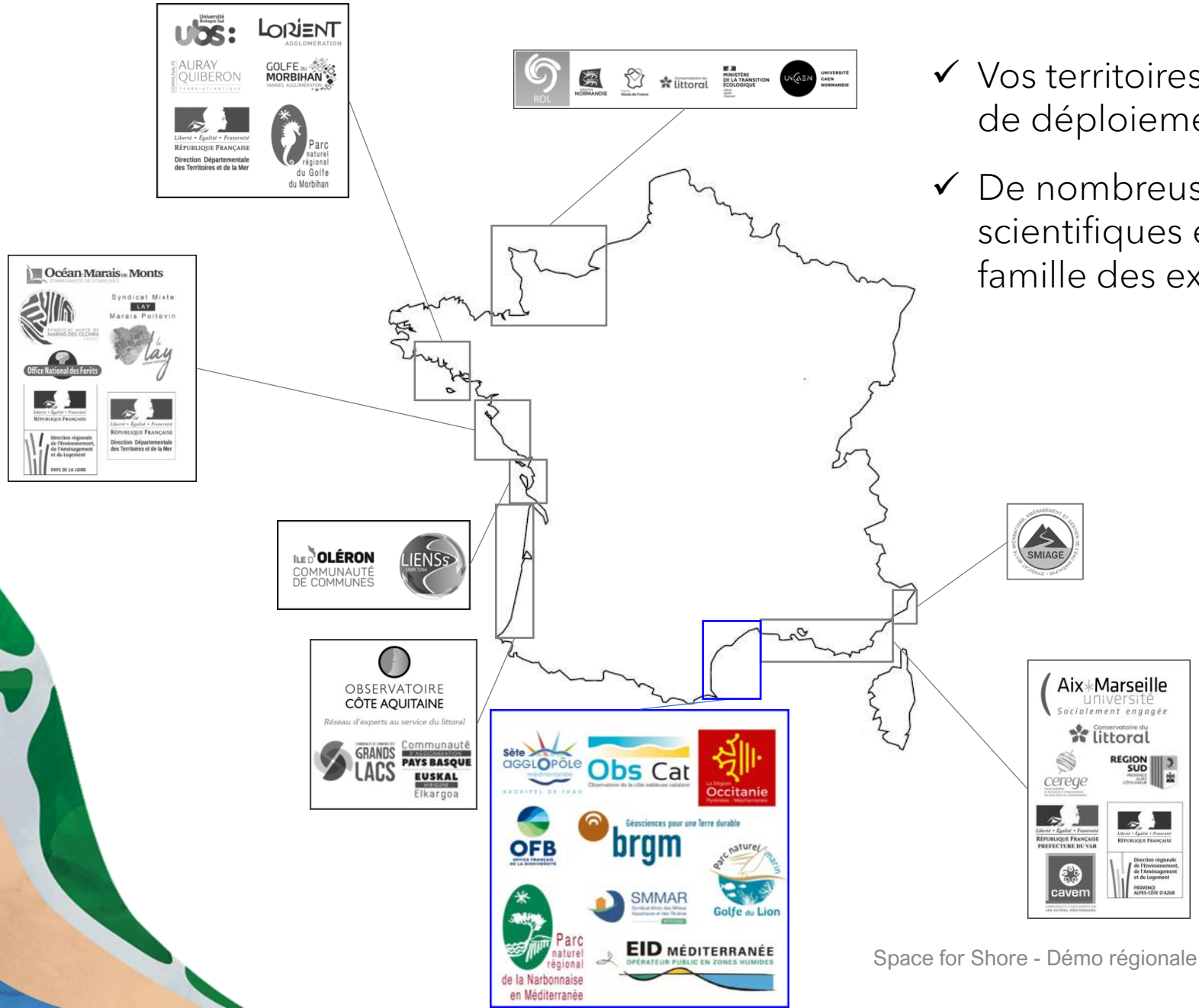
Au total, 4000 km de littoral suivi



Indicateurs morphologiques suivis en France



Collaborations multiples avec les experts et gestionnaires



- ✓ Vos territoires ont intégré le projet en phase de déploiement à grande échelle
- ✓ De nombreuses structures locales scientifiques et de gestion a rejoint la famille des experts et utilisateurs finaux.

Organismes:

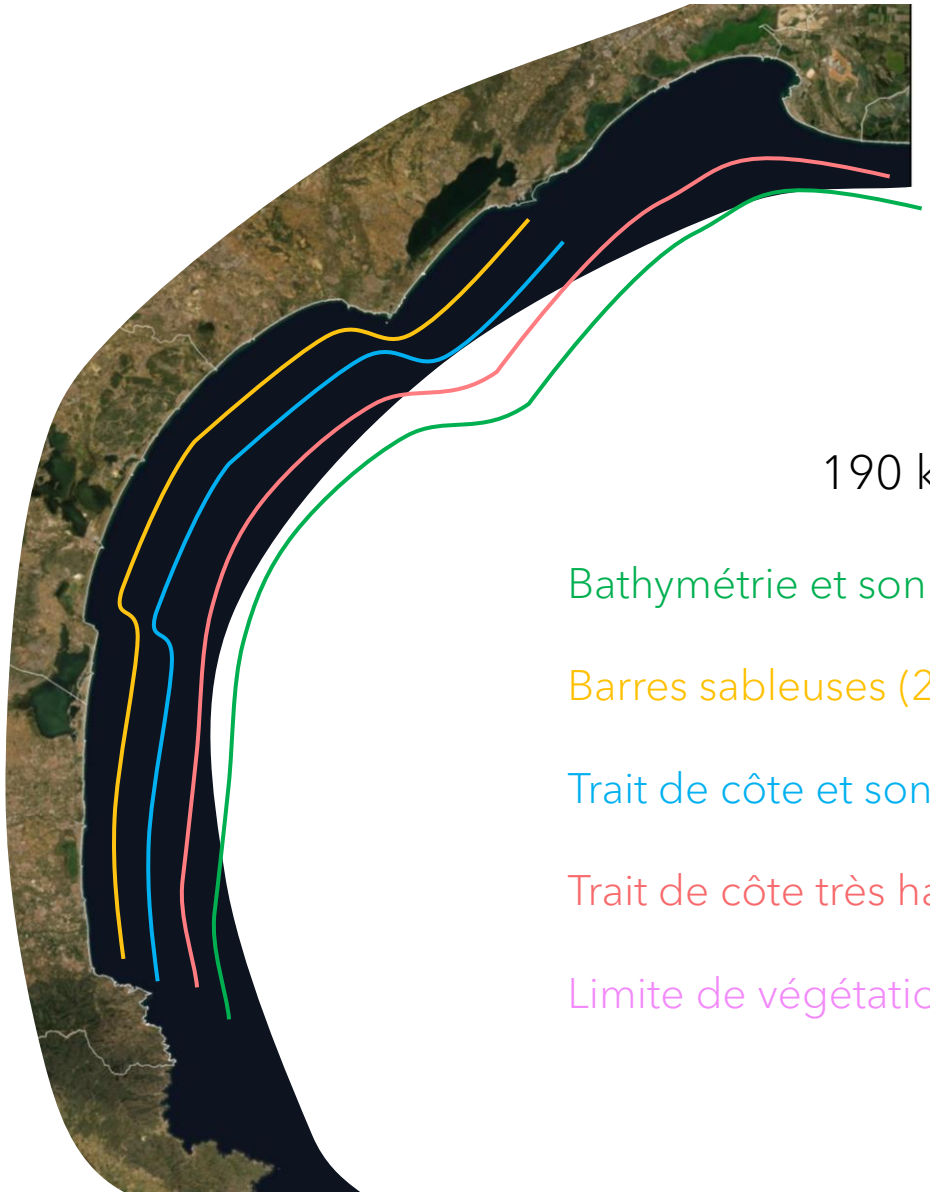
- Agences gouvernementales,
- Régions,
- Départements,
- Communautés de communes,
- Syndicats mixtes,
- Municipalités,
- Sites naturels,
- Centres de recherche,
- Universités,
- Observatoires…

Nous avons besoin de votre retour d'expérience et vos témoignages!

Enjeux majeurs reportés sur votre territoire

- Aider dans l'élaboration locale de la stratégie de gestion et d'intégration du risque d'érosion dans le cadre de la réforme pour la résilience climatique
- Comprendre la dynamique côtière dans une zone où peu de données existent ou des jeux de données incomplets (falaises)
- Surveiller à haute fréquence, saisonnière et post-tempête
- Rompre avec la territorialisation et construire une grille d'analyse en fonction des enjeux de la population
- Assurer une continuité du suivi des effets des protections (atténuateur de houle de Sète)
- Accompagner, par l'alimentation en données homogènes et en suivi standardisé, la création d'un observatoire régional
- Rendre l'information accessible au grand public (communication, interprétation)

Sites d’étude



190 km de littoral

Bathymétrie et son évolution (10 produits, 2015 – 2021)

Barres sableuses (22 produits, 1995 – 2021)

Trait de côte et son évolution 30 produits, 1995 – 2021)

Trait de côte très haute résolution (2022)

Limite de végétation

Large volume de données satellitaires

Plus de 3000 images traitées - ½ radar, ½ optique

SPOT

Sentinel 1

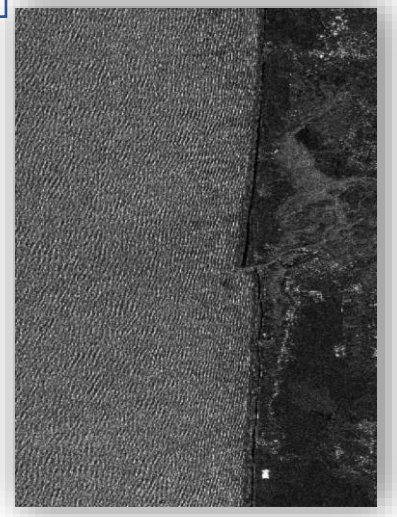
Sentinel 2

Priorité

Pléiades

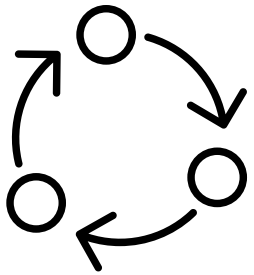
Landsat

Worldview 2



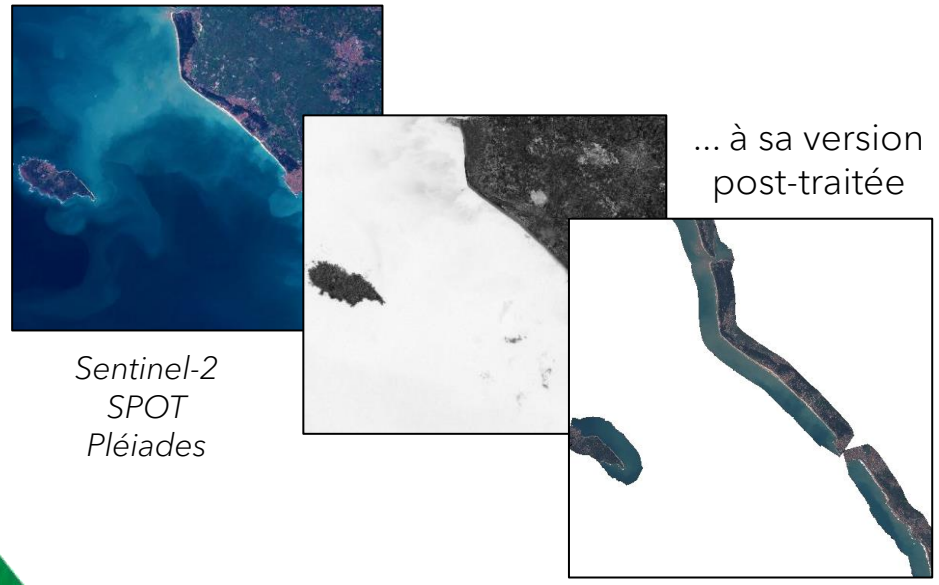
ERS 1

Méthodes



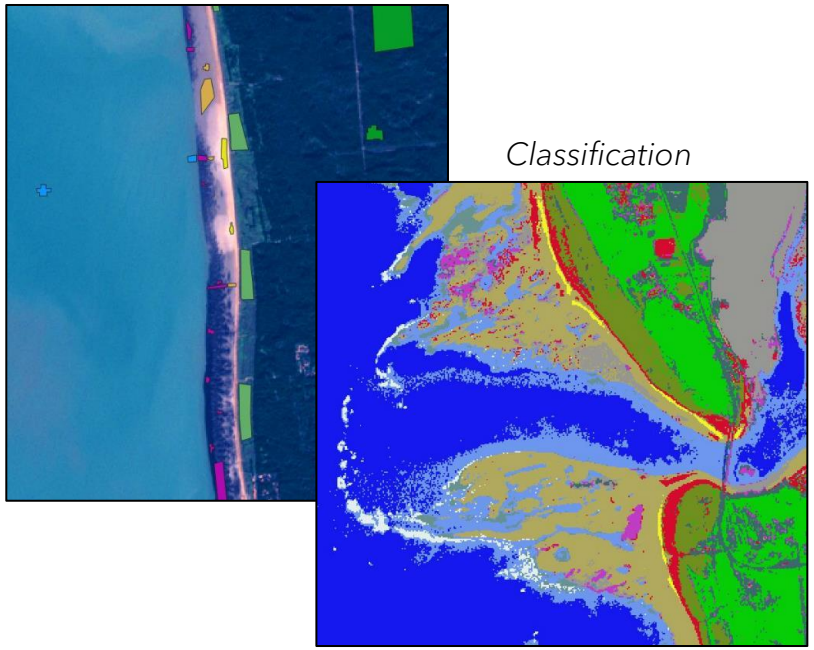
Nouveauté de l'année: les traits de côte suivis grâce à un modèle régional

De l'image satellite brute...



Sentinel-2
SPOT
Pléiades

... à sa version post-traitée

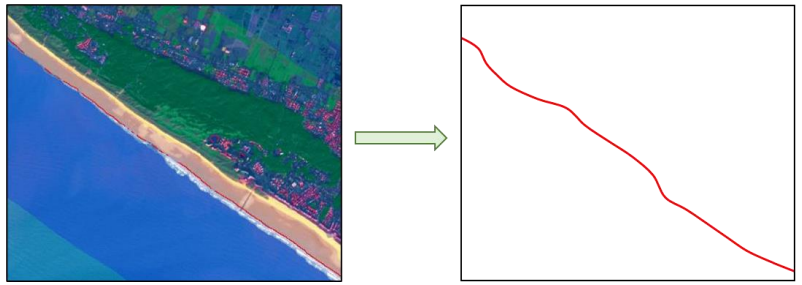


Classification

Distinction des classes de terre et d'eau

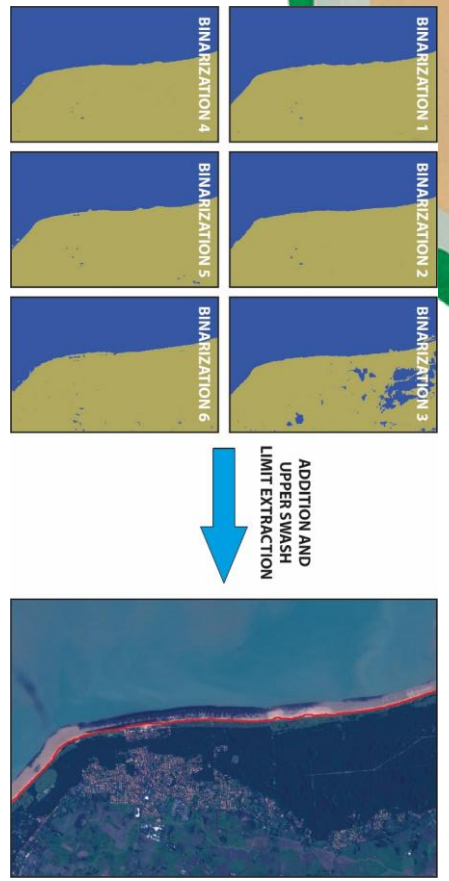
LAND CLASS	WATER CLASS
1. Land	3. Wet sand
2. Dry sand	5. Water
4. Rock flat	6. Surf
7. Building	8. Muddy foreshore
9. Emerged herbarium	10. Shallow water
14. Dune vegetation	11. Turbid water
	12. Water on rock
	13. Submerged herbarium

Génération d'un modèle basé sur mini. 30 échantillons par classes extraits sur 10 images = 4200 échantillons minimum.

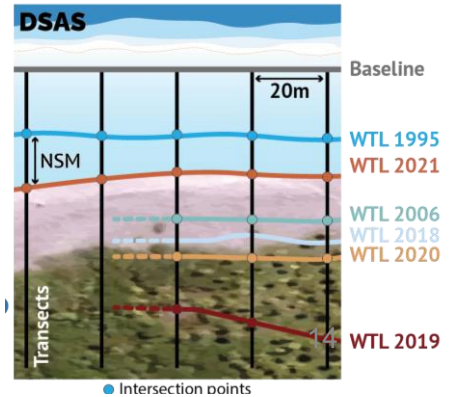


Un nouvel outil capable d'extraire les positions de la ligne d'eau, de l'excursion du jet de rive, de la limite de végétation...

La combinaison multi-dates pour accroître la précision



Une méthode connue pour calculer l'évolution



La bathymétrie par imagerie optique

Donnée spatiale multispectrale

Pré-traitements (corrections atmosphériques & reflectance solaire, masques…)

Réflectance de la surface de l'eau

Modèle quasi-analytique

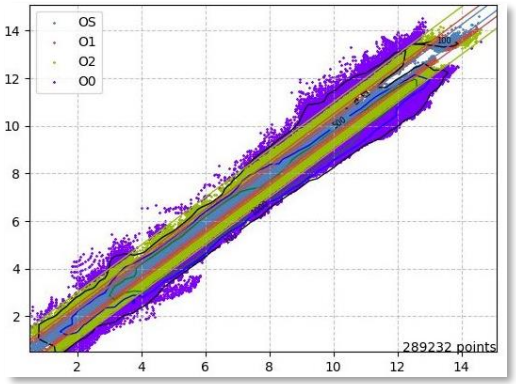
Profondeur d'eau

Post-traitements (correction tidale, interpolation, validation)

Bathymétrie

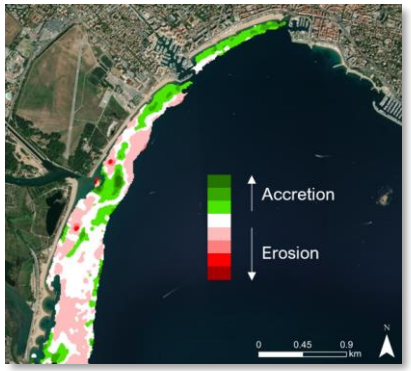
Calcul des changements verticaux et de volumes

Evolution morphosédimentaire



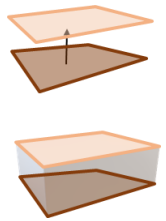
Lee et al., 1998
Capo et al., 2014

TOSCA MORITO



Différentiels d'une date à la suivante :

- Mesure de la variation verticale en [m]
- Estimation de la variation volumique en [m3]



Les barres sableuses

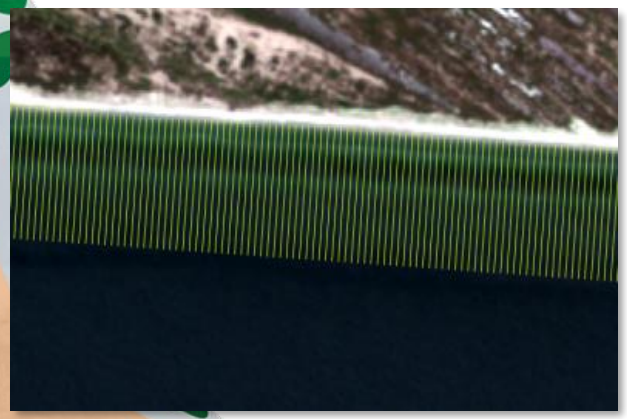
- Utile à la gestion intégrée de la zone côtière
- Continuité de la plage (stock sédimentaire)

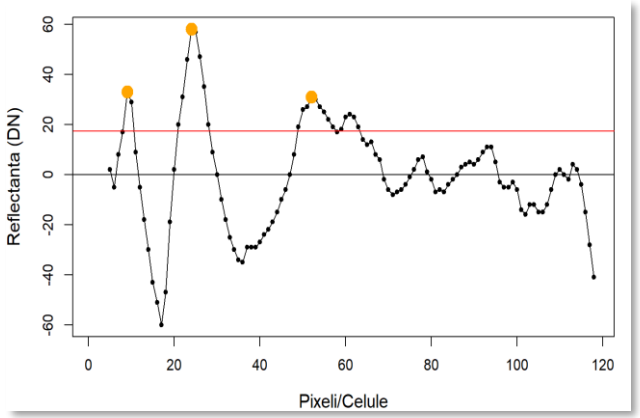
Approche basée sur:

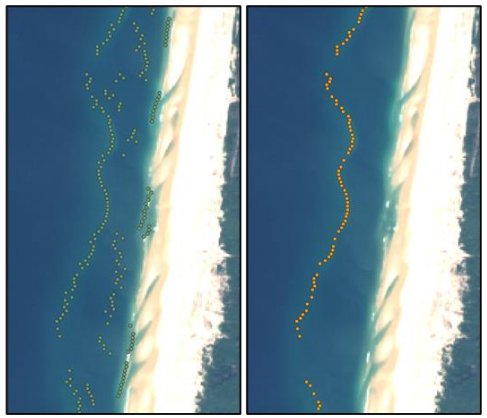
- Les données spatiales multispectrales
- La réponse spectrale des positions des barres

La position de chaque barre sableuse d'avant-côte est extraite le long de profils perpendiculaires à la côte.

- Pour chaque profil, les valeurs de reflectance sont extraites

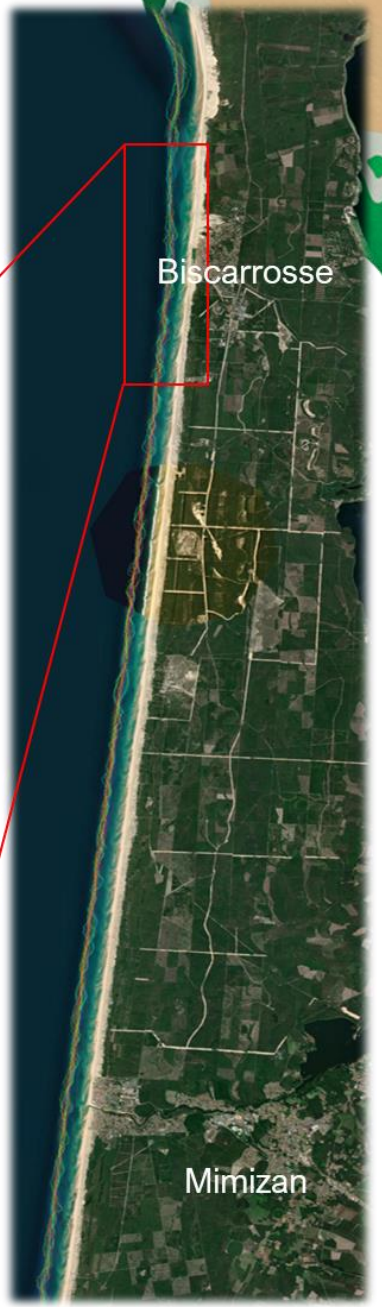






Résultat avant / après post-traitement

Exemple Nouvelle-Aquitaine



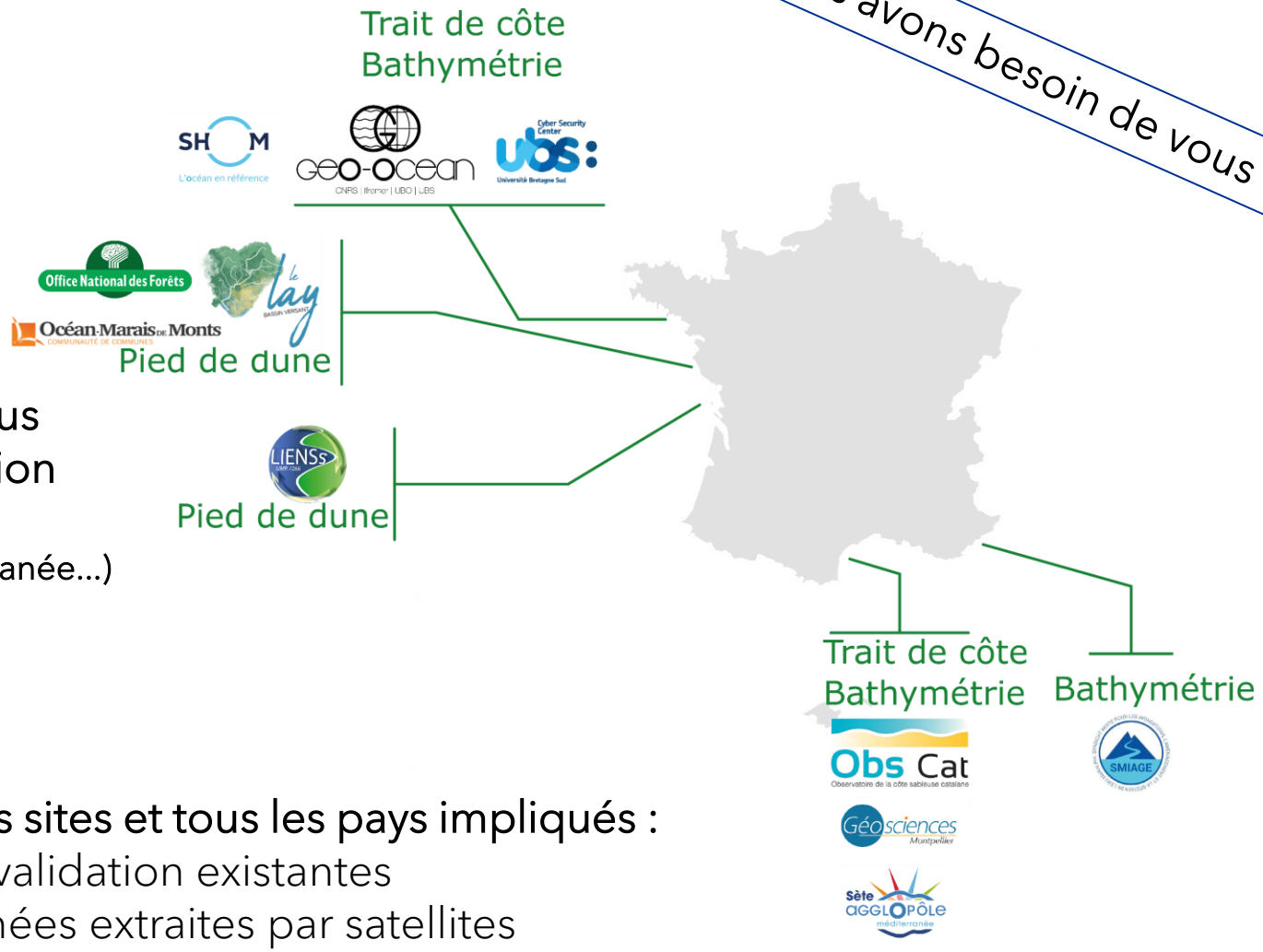
Validation

De nouvelles données pour la validation des résultats sur les côtes françaises qui ont rejoint le projet

Nous avons besoin de vous !

Sources des données mises à disposition:

- Observatoires côtiers
- Universités
- Centres de recherche
- Institutions publiques
- Syndicats mixtes



Des indicateurs pour lesquels nous manquons de données de validation

- Trait de côte (limite de jet de rive, limite instantanée…)
- Bathymétrie

Un constat généralisable à tous les sites et tous les pays impliqués :

Peu de données de validation existantes

Opportunité pour les données extraites par satellites

Résumé des validations

- Méthodes de validation

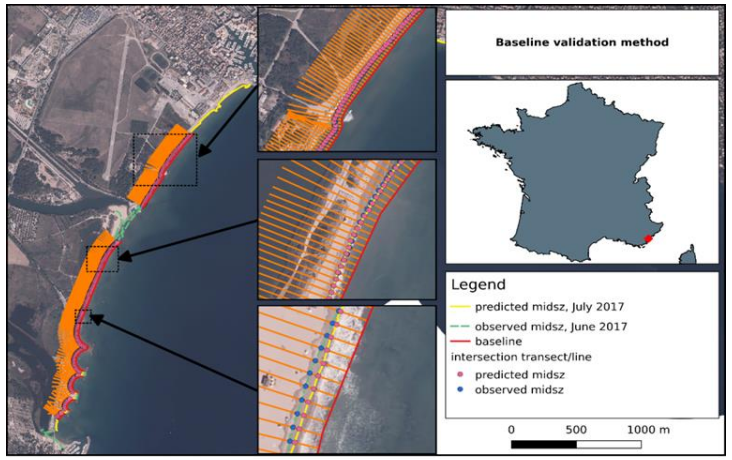
Indicateurs trait de côte

- Approche quantitative:
  - Méthode de la "ligne de base"
  - Evaluer l'écart des distances entre la donnée extraite par satellite et des données in-situ temporellement proches
  - **Prérequis** = indicateurs identiques + dates proches

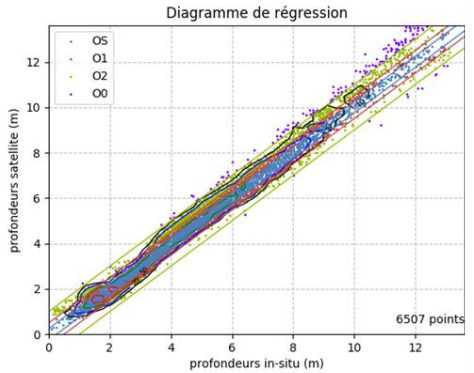
- Approche qualitative:
  - Contrôle qualité pour garantir la cohérence des données produites

Bathymétrie

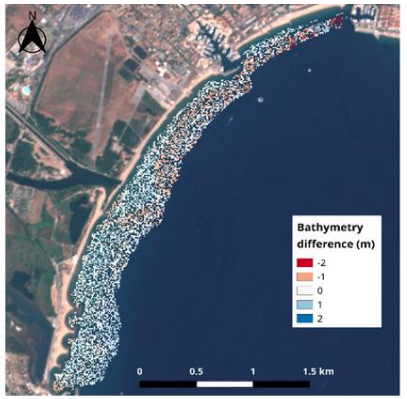
- Approche quantitative:
  - Comparer la différence de profondeur entre la bathymétrie dérivée du satellite et la bathymétrie observée
  - Diagramme de régression, cartes de différences absolues, indicateurs statistiques



Map with baseline, measured and satellite derived lines and cross-shore transects.



Regression diagram between field data and satellite derived bathymetry



Difference map between satellite derived and observed bathymetry.

- Résultats toutes années et tous sites du projet confondus

Limite du jet de rive (multi-dates)

- Au mieux, 2,2 m avec Sentinel-2. En moyenne, 6 m.
- Au mieux, 1,26 m avec Pléiades. En moyenne, 1,9 m.

Pied de dune

- Au mieux, 5,6 m avec SPOT. En moyenne 9,8 m.
- Au mieux, 8,4 m avec Sentinel-2. En moyenne, 9,5 m.
- Précision max sur le calcul d'évolution: 0,8 m/an avec Sentinel-2

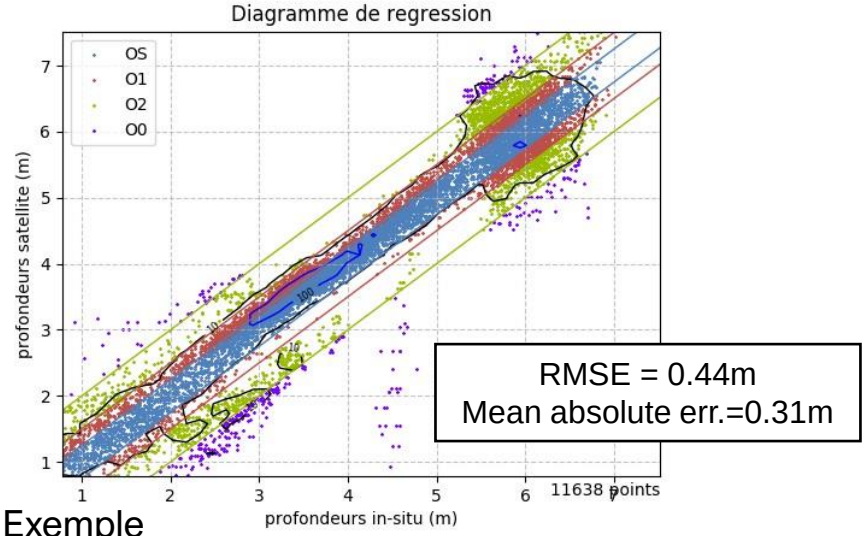
Bathymétrie (verticale)

- Au mieux, 0,5 m avec Pléiades
- Au mieux, 0,3 m avec Sentinel-2. En moyenne, 0,4 m.
- Au mieux, 0,5 m avec Landsat

Résumé des validations

- Sur les nouvelles régions

	Limite du jet de rive	Pied de dune	Bathymétrie
Menton	1,52 m – 3,44 m (Pléiades)	/	0,50 m (Pléiades)
Saint-Jean-de-Monts	/	3,33m – 3,79m (Spot-5)	/
Morbihan	/	/	0,99 m (Sentinel-2)
Occitanie	2,78 m (Frontignan) 4,65 m (Sète) (Sentinel-2)	/	0,31 m – 1,09 m (Sentinel-2)

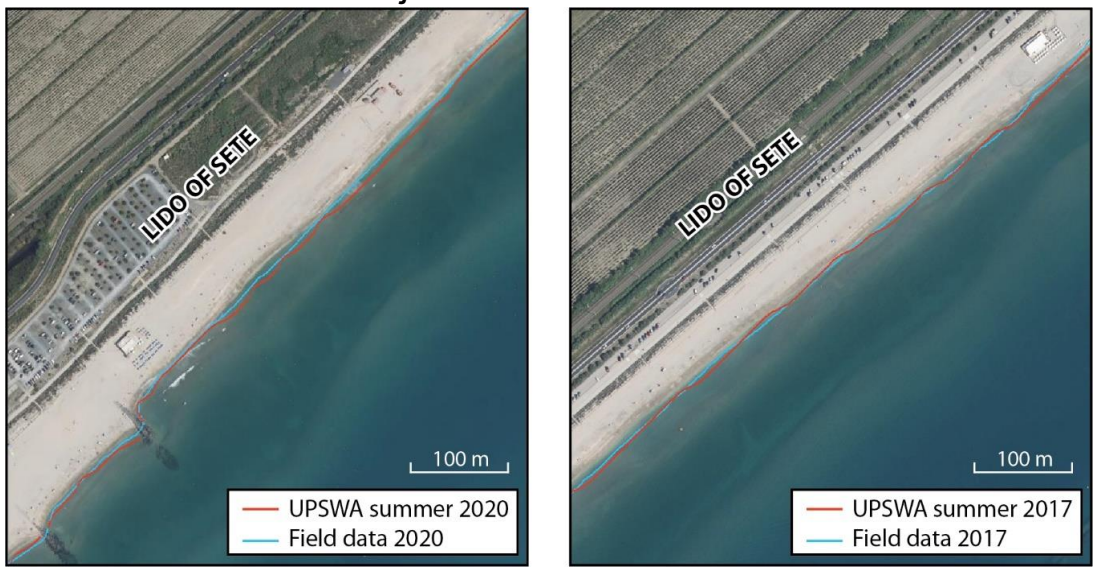


Exemple
Bathymétrie - Aresquiers - Sentinel-2

Rapport de validation à paraître fin juillet

Nous avons besoin de vous !

Exemple
Excursion maximale du jet de rive – Lido de Sète - Sentinel-2



Principale limite à l'exercice de validation = les données de terrain et les données extraites par satellites n'ont pas la même date = induit des écarts importants et surestimés.

Résultats

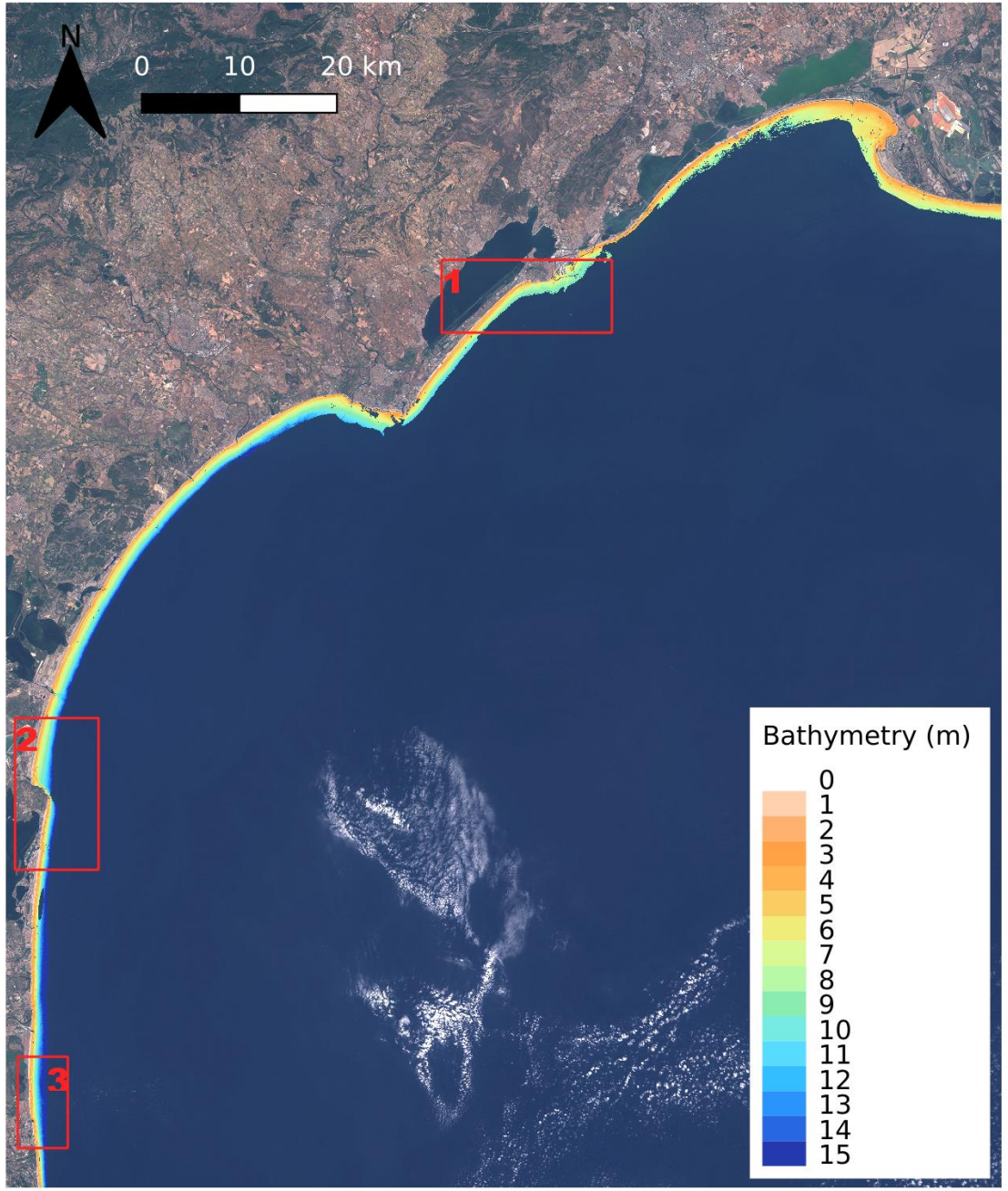
Bathymétrie et son évolution

La morphologie de l'estran et de l’avant côte influence la dynamique du littoral.

- Evaluer le bilan sédimentaire global
- Évaluer l'impact et l'efficacité des mesures de protection du littoral
- Surveiller les signaux précurseurs de l’érosion côtière
- Renseigner sur l’épuisement des sédiments

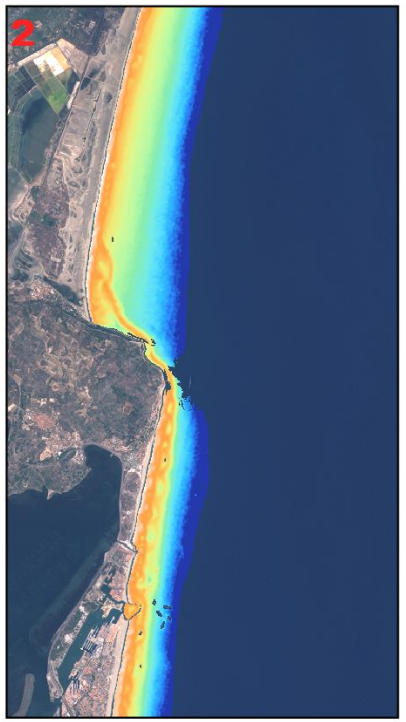
Challenge :
Extraction dans un environnement complexe (turbidité, hétérogénéité des fonds, agitation du plan d'eau)

Succès :
Bathymétrie à l'échelle régionale

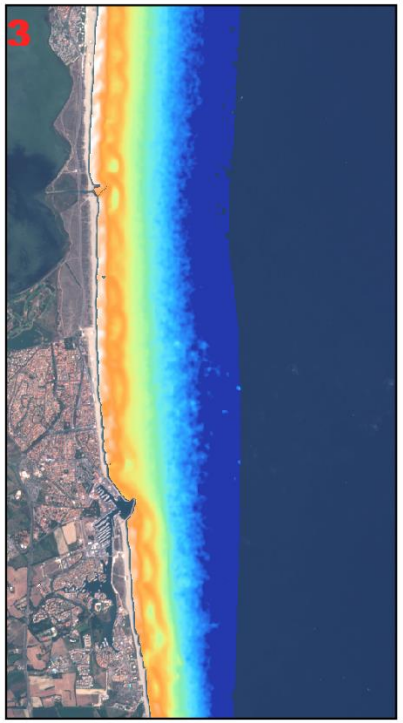


Bathymétrie satellite - Sentinel-2 - 31/08/2019

Lido de Sète



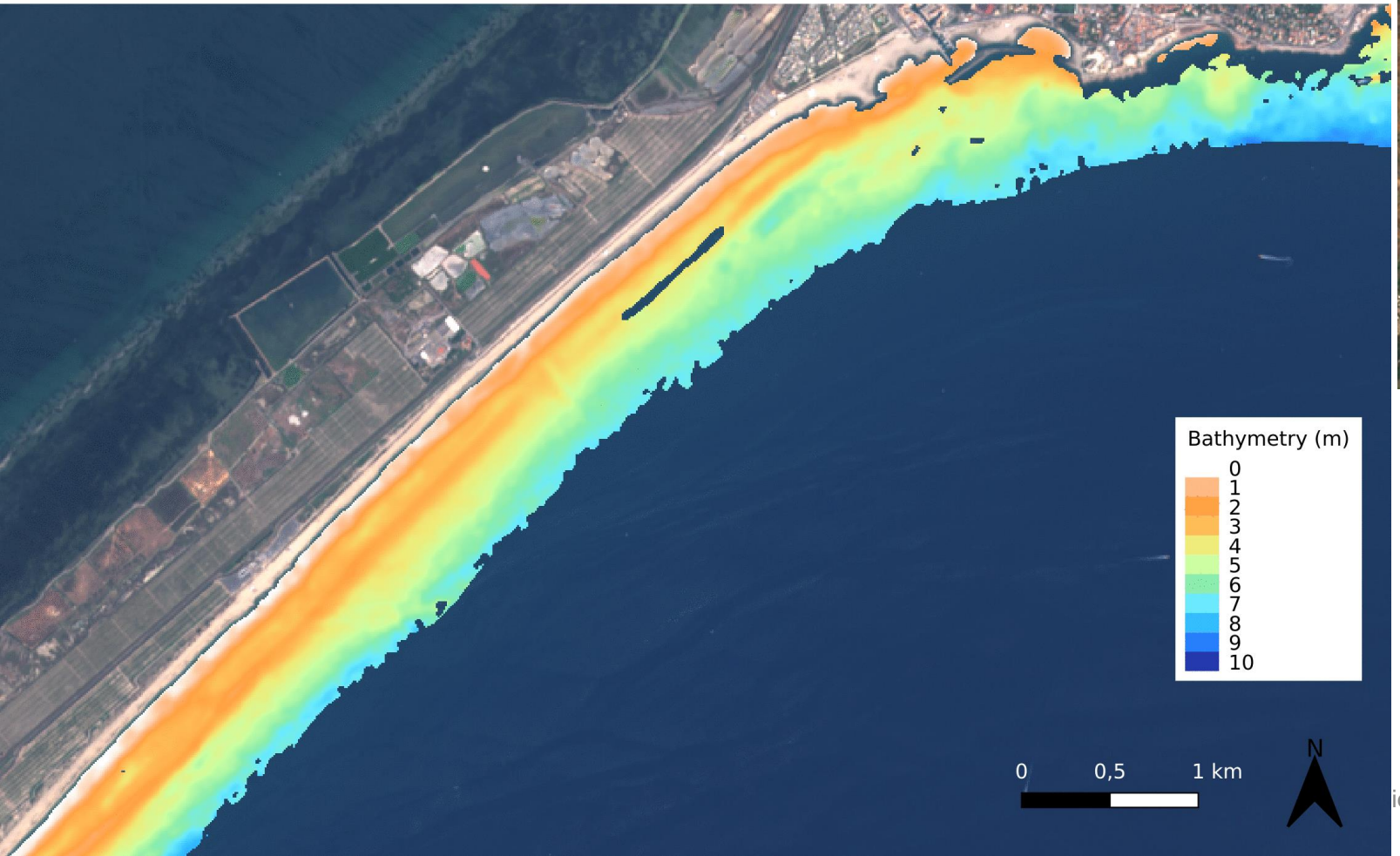
Plages de Leucate



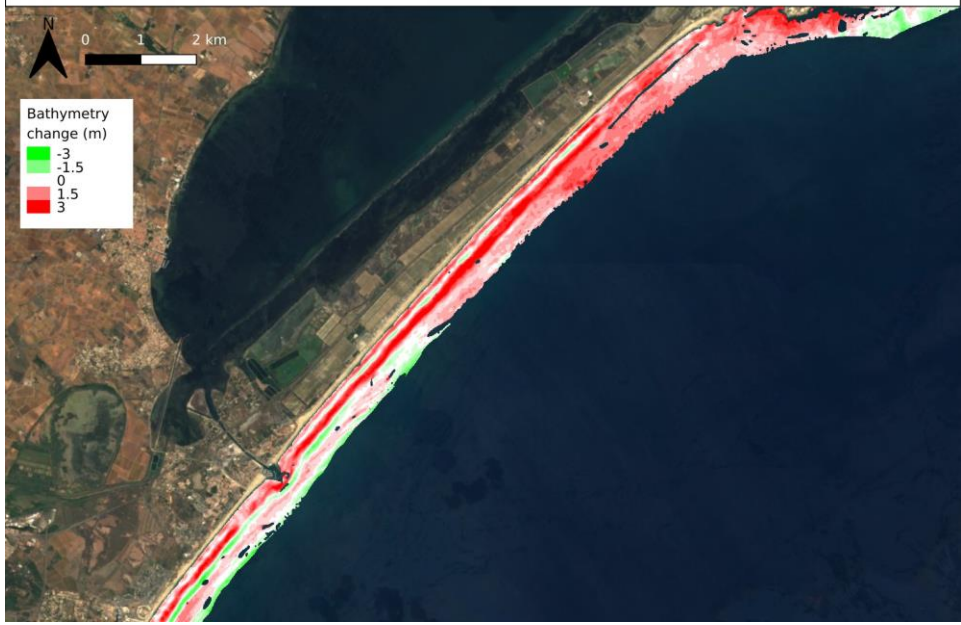
Plages de Saint-Cyprien

Dynamique des fonds en milieu aménagé

Bathymétrie satellite - Plage de Sète
Sentinel-2 - 12/08/2015



Carte de changement de bathymétrie - Plage de Sète
Sentinel-2 - 12/08/2015 vs 20/08/2021



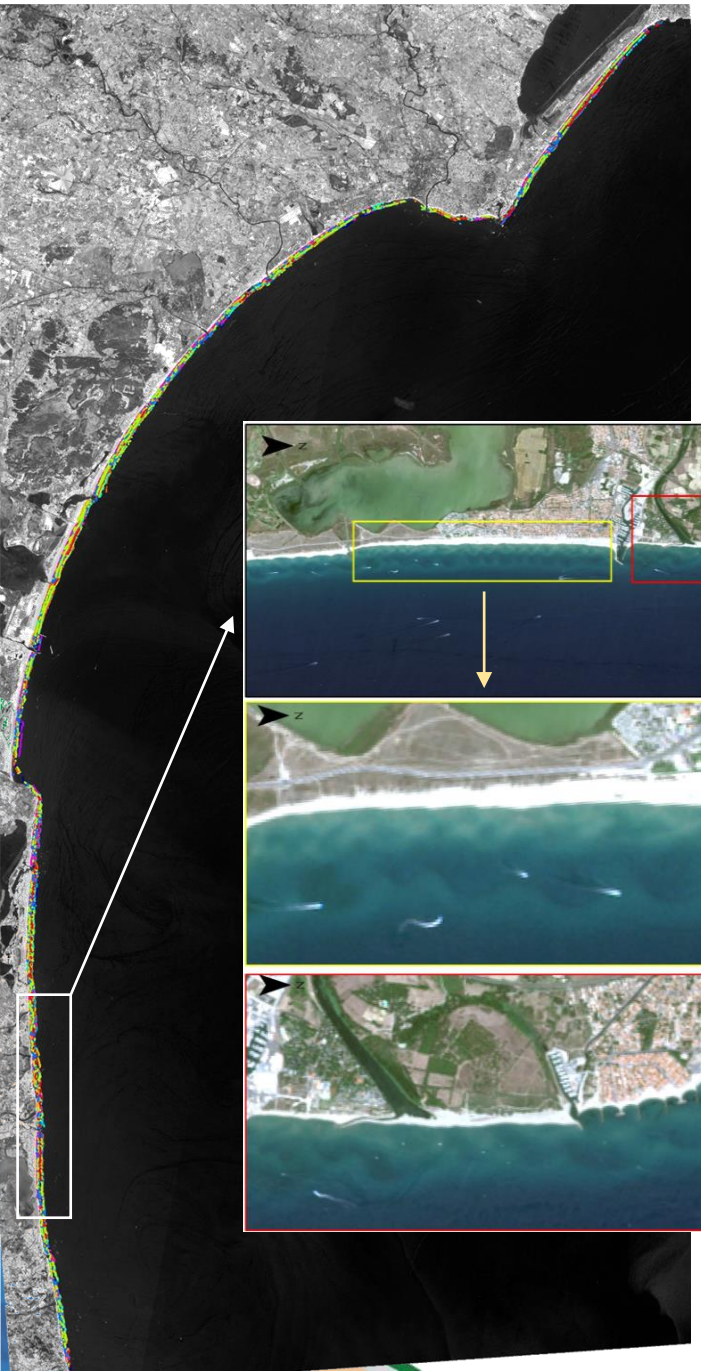
Une migration des barres vers le large

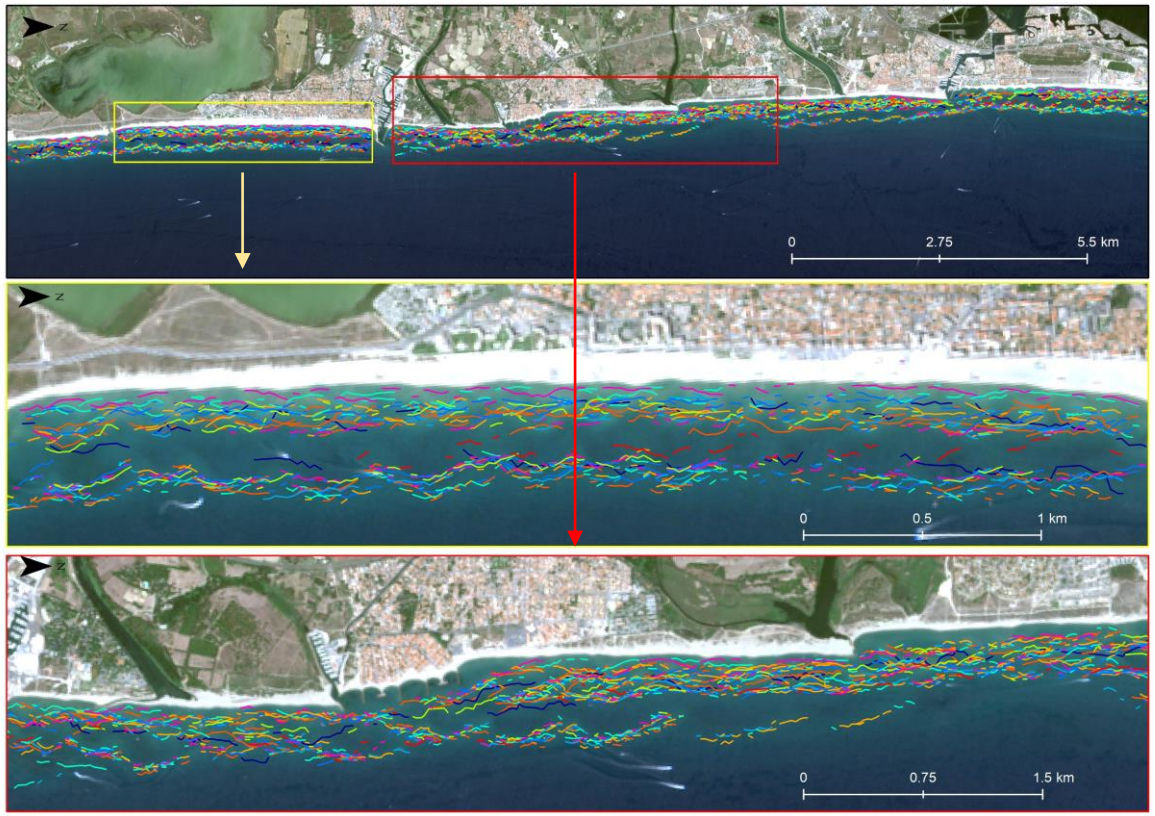
Une dynamique de barre liée au positionnement de l'atténuateur

Barres sableuses

1995 – 2021

Un système à barres multiples et complexes

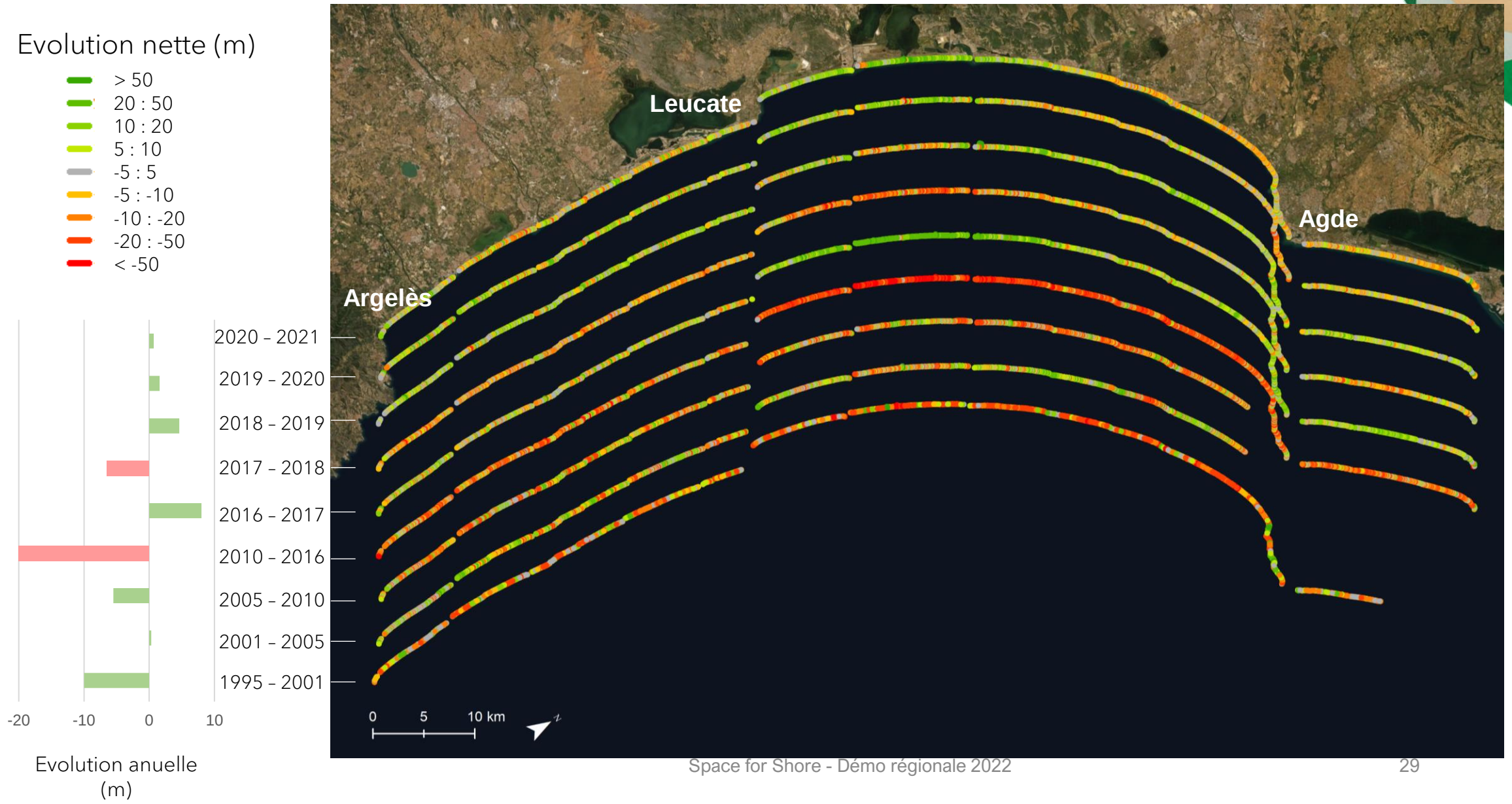




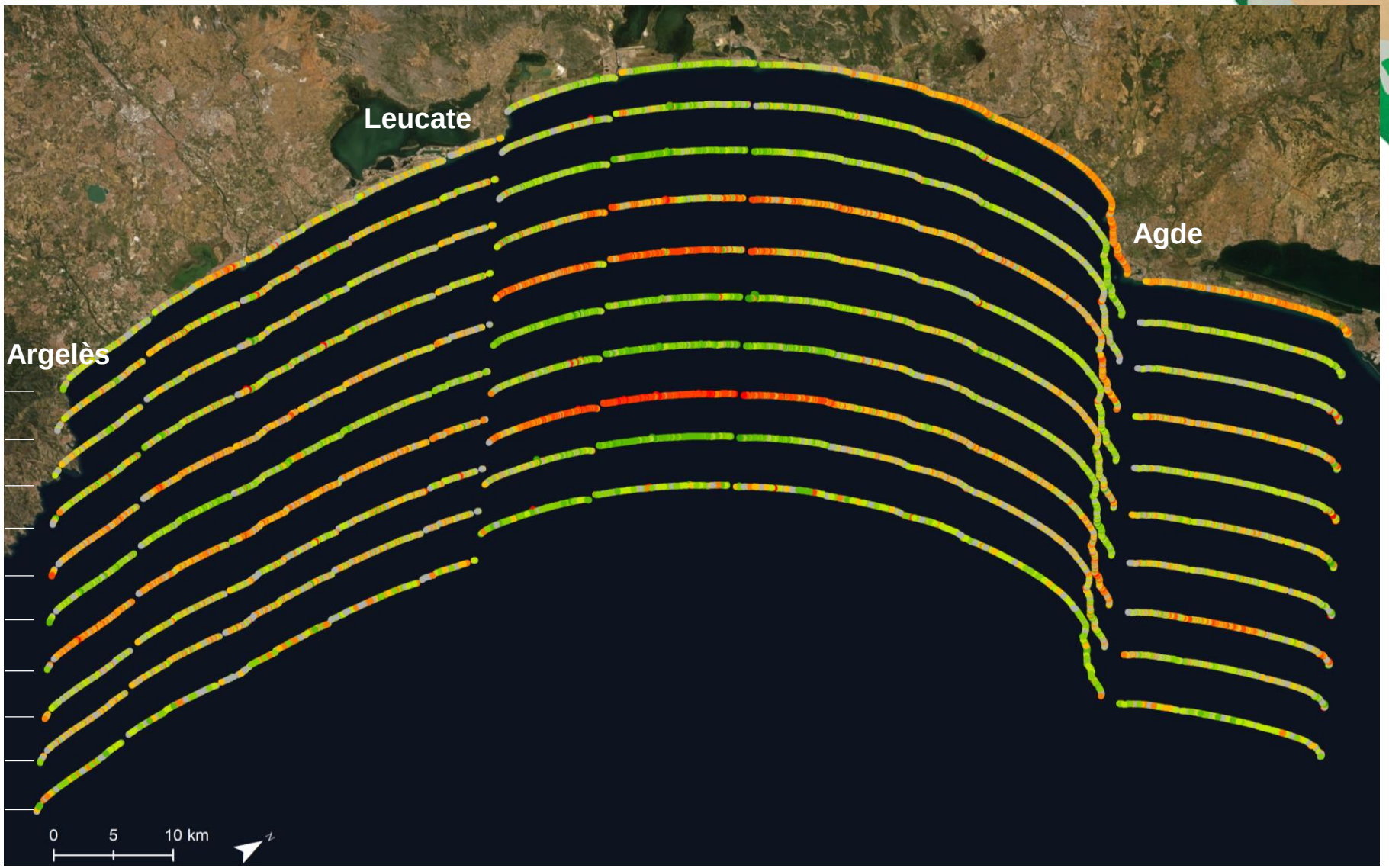
Jan — Dec

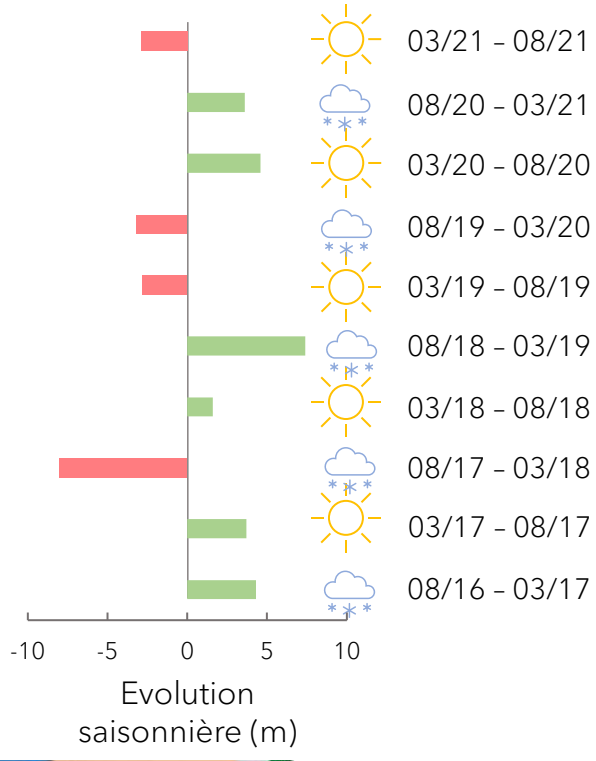
Indicateur de la position du trait de côte

L'excursion maximale de la ligne d'eau
Evolution long-terme



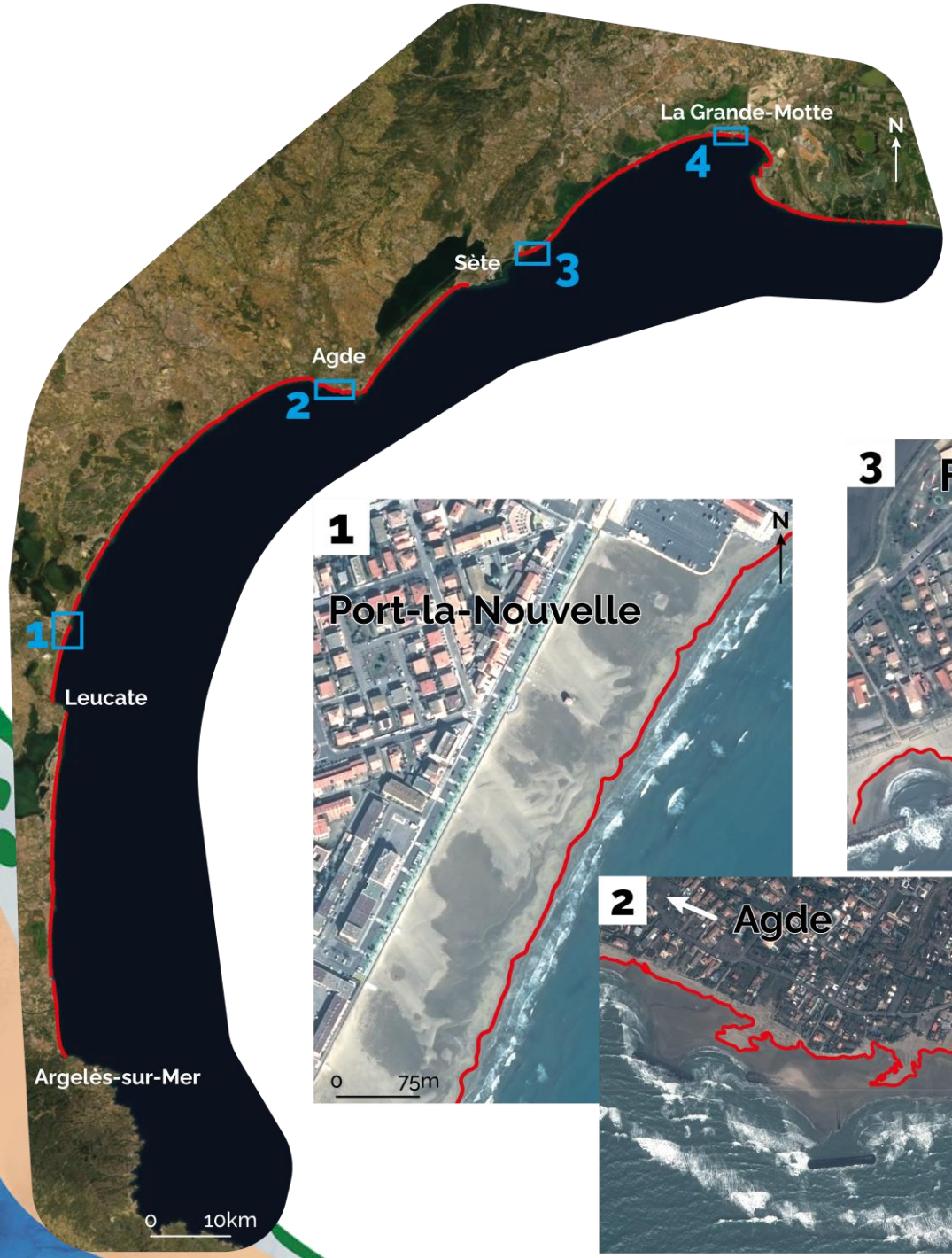
L'excursion maximale de la ligne d'eau
Evolution saisonnière (mars / aout)





L'excursion maximale de la ligne d'eau

La très haute résolution - Images Pléiades



Extraction de l'excursion maximale de l'eau

- 191 km de côtes sableuses
- Images Pléiades mars/avril 2022
- 50cm de résolution
- Très haute résolution = position détaillée de l'excursion maximale, notamment par forte mer (et/ou tempêtes)

Vers un indicateur universel de risque côtier

Aperçu de la démarche

Les objectifs

- Synthétiser l'information : de la Recherche à l'Opérationnel
- Assurer la comparabilité inter-régions
- Relier aux enjeux du territoire pour localiser les espaces les plus sensibles

Brainstorming (04/04/2022)

Littérature

- **Segmentation de la bande côtière en boîtes:** Letortu et al. 2014 ; Koroglu et al. 2019 ; Juigner et al. 2021
- **Classification des aléas:** Gornitz, 1991 ; Abuodha et Woodroffe, 2010 ; Hegde et Reju, 2007 ; Martínez-Grana et al., 2016 ou encore Cerema, 2017.
- **Classification des enjeux:** Eurosion, 2004 ; OSIRISC et OSIRISC +, 2020.
- **Exposition au risque:** Fitton et al, 2017, Sekovski et al, 2019 ; Juigner et al. 2021.

Une méthode inspirée de l'existant et adaptée au produit Space for Shore

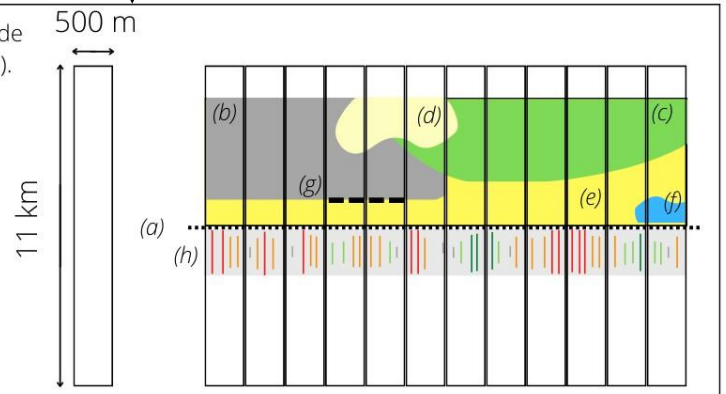
DÉFINITION DES INDICES DE RISQUE ET D'ALÉA

Echanges multidisciplinaire avec scientifiques et initiateurs de classifications de vulnérabilité

BOÎTES DE CALCUL

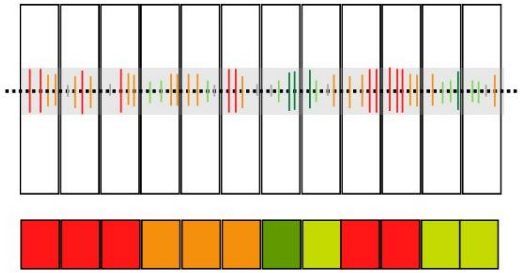
- Segmentation de la frange côtière de part et d'autre du trait de côte (DSAS).
- Création de boites de calcul.

a. trait de côte 2018 (Eurostat)
b. bâti indifférencié
c. végétation naturelle
d. végétation non-naturelle
e. système côtier
f. mer / océan
g. ouvrage de défense
h. transects d'évolution du trait de côte



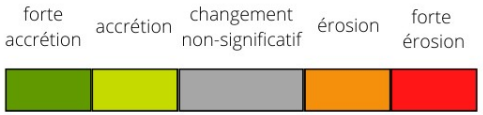
INDICATEUR D'ALÉA

- Ajout des transects qui représentent les évolutions du trait de côte entre deux dates.
- Calcul des rythmes d'évolution du trait de côte par boite en m/an (EPR). Calculs basés sur la moyenne des transects présents dans chaque boite.



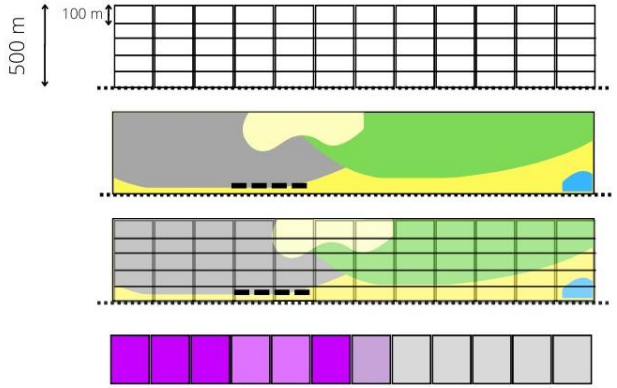
CLASSES

- Les valeurs de l'indicateur s'adaptent à la géomorphologie et aux conditions hydrodynamiques des sites étudiés.



INDICATEUR D'ENJEU

- Création d'une bande de 500 m segmentée par les boites de calcul et horizontalement tous les 100 m.
- Récupération de la donnée Corine Land Cover à l'échelle européene (2018).
- Pour chaque enjeu fragmenté par boite, classification de la vulnérabilité et de sa position par rapport au trait de côte.



Végétation naturelle	Forêt de feuillus
	Forêt de conifères
	Forêt mixte
	Prairies naturelles
	Bruyères et landes
	Végétation sclérophylle
	Bois et arbustes de transition
Végétation artificielle	Zones urbaines vertes
	Installations sportives et de loisirs
	Terres arables non irriguées
	Terres irriguées en permanence
	Rizières
	Vignobles
	Arbres fruitiers et plantations de baies
	Oliviers
	Pâturages
	Cultures annuelles associées à des cultures permanentes
	Modèles de culture complexes
	Terres principalement
	Zones agroforestières
Infrastructures de défense	Zones portuaires
	Protections artificielles (digues)
Constructions diverses	Tissu urbain continu
	Tissu urbain discontinu
	Unités industrielles ou commerciales
	Réseaux routiers et ferroviaires et terrains associés
	Zones portuaires
	Aéroports
	Décharges
	Sites de construction

Une méthode inspirée de l'existant et adaptée au produit Space for Shore

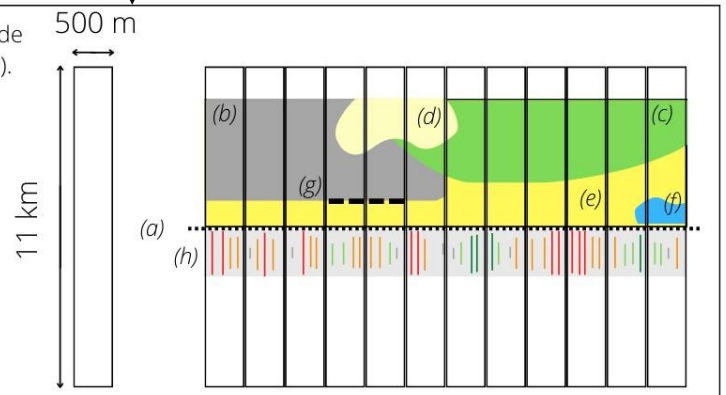
DÉFINITION DES INDICES DE RISQUE ET D'ALÉA

Echanges multidisciplinaire avec scientifiques et initiateurs de classifications de vulnérabilité

BOÎTES DE CALCUL

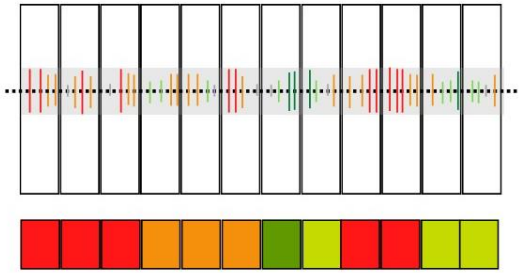
- Segmentation de la frange côtière de part et d'autre du trait de côte (DSAS).
- Création de boites de calcul.

a. trait de côte 2018 (Eurostat)
b. bâti indifférencié
c. végétation naturelle
d. végétation non-naturelle
e. système côtier
f. mer / océan
g. ouvrage de défense
h. transects d'évolution du trait de côte



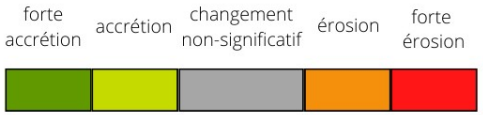
INDICATEUR D'ALÉA

- Ajout des transects qui représentent les évolutions du trait de côte entre deux dates.
- Calcul des rythmes d'évolution du trait de côte par boite en m/an (EPR). Calculs basés sur la moyenne des transects présents dans chaque boite.



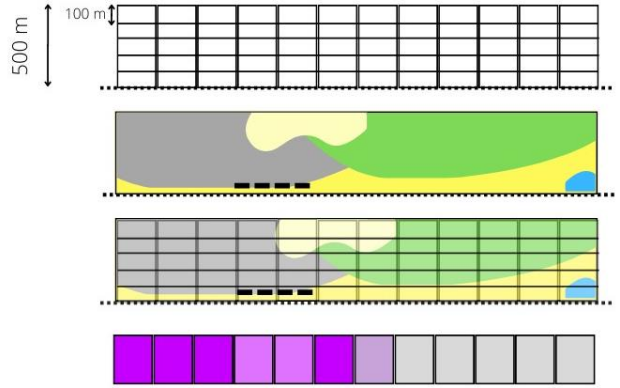
CLASSES

- Les valeurs de l'indicateur s'adaptent à la géomorphologie et aux conditions hydrodynamiques des sites étudiés.

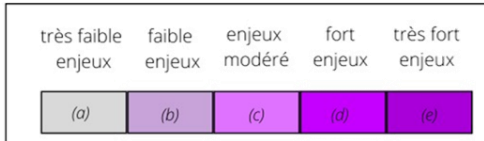


INDICATEUR D'ENJEU

- Création d'une bande de 500 m segmentée par les boites de calcul et horizontalement tous les 100 m.
- Récupération de la donnée Corine Land Cover à l'échelle européene (2018).
- Pour chaque enjeu fragmenté par boite, classification de la vulnérabilité et de sa position par rapport au trait de côte.



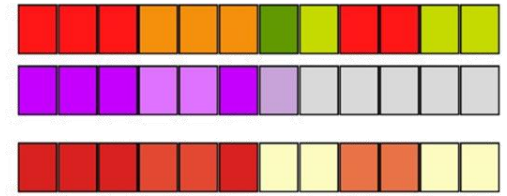
CLASSES

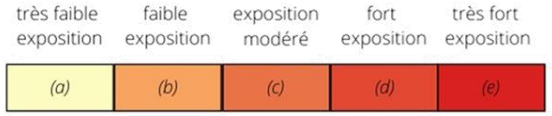


plage naturelle et végétation naturelle (a)
végétation non naturelle avec protection artificielle et/ou naturel (b)
végétation non naturelle au contact des aléas (c)
bâti avec protection artificielle et/ou naturelle (d)
bâti exposé aux aléas (e)

EXPOSITION AU RISQUE

- Aléa d'érosion côtière
- Enjeux de la bande côtière (500 m)
- Exposition au risque d'érosion côtière.





forte accrétion et très faibles enjeux (a)
accrétion et faibles enjeux (b)
pas de changement significatif et enjeux modérés (c)
érosion et fort enjeux (d)
forte érosion et très fort enjeux (e)

Un exemple basé sur la migration du trait de côte entre 1995 et 2020

Classes d'érosion

forte accrétion	accrétion	changement non-significatif	érosion	forte érosion

●

Classes d'enjeux

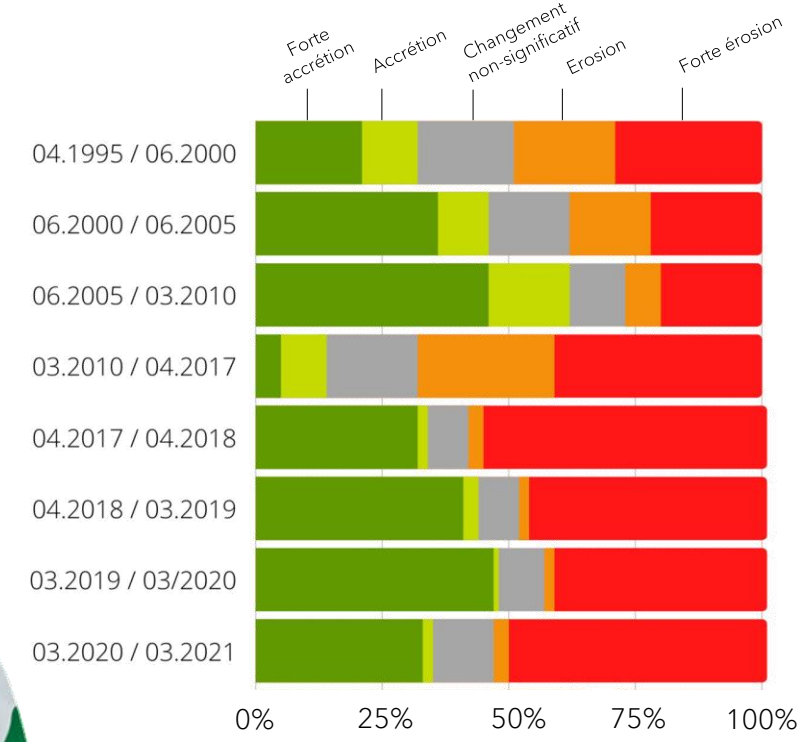
très faible enjeux	faible enjeux	enjeux modéré	fort enjeux	très fort enjeux
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

=

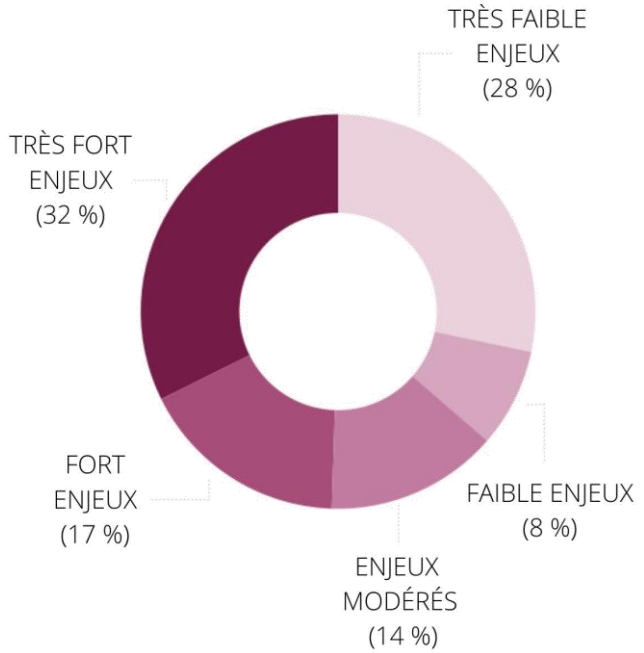
Classes d'exposition au risque

très faible exposition	faible exposition	exposition modéré	fort exposition	très fort exposition
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

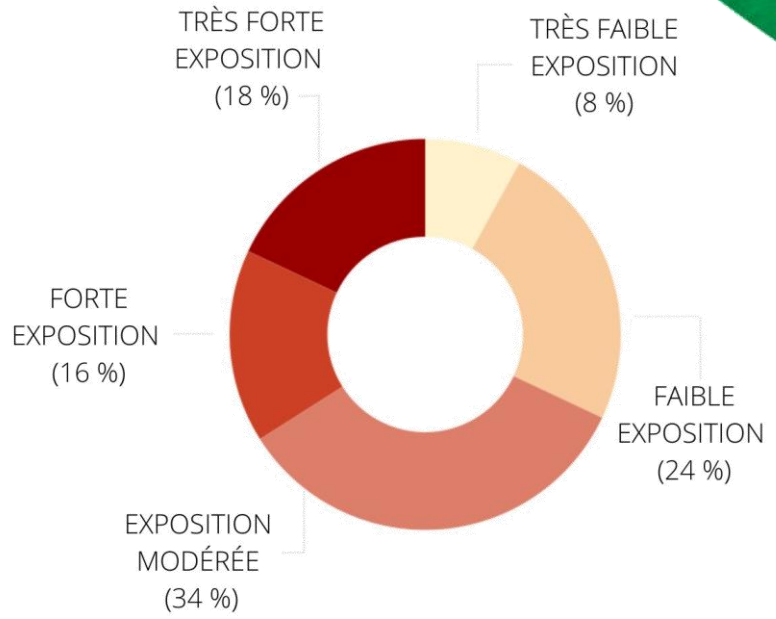
Un exemple basé sur la mobilité de l'excursion maximale du jet de rive entre 1995 et 2020



Distribution des niveaux d'aléa érosion au cours du temps

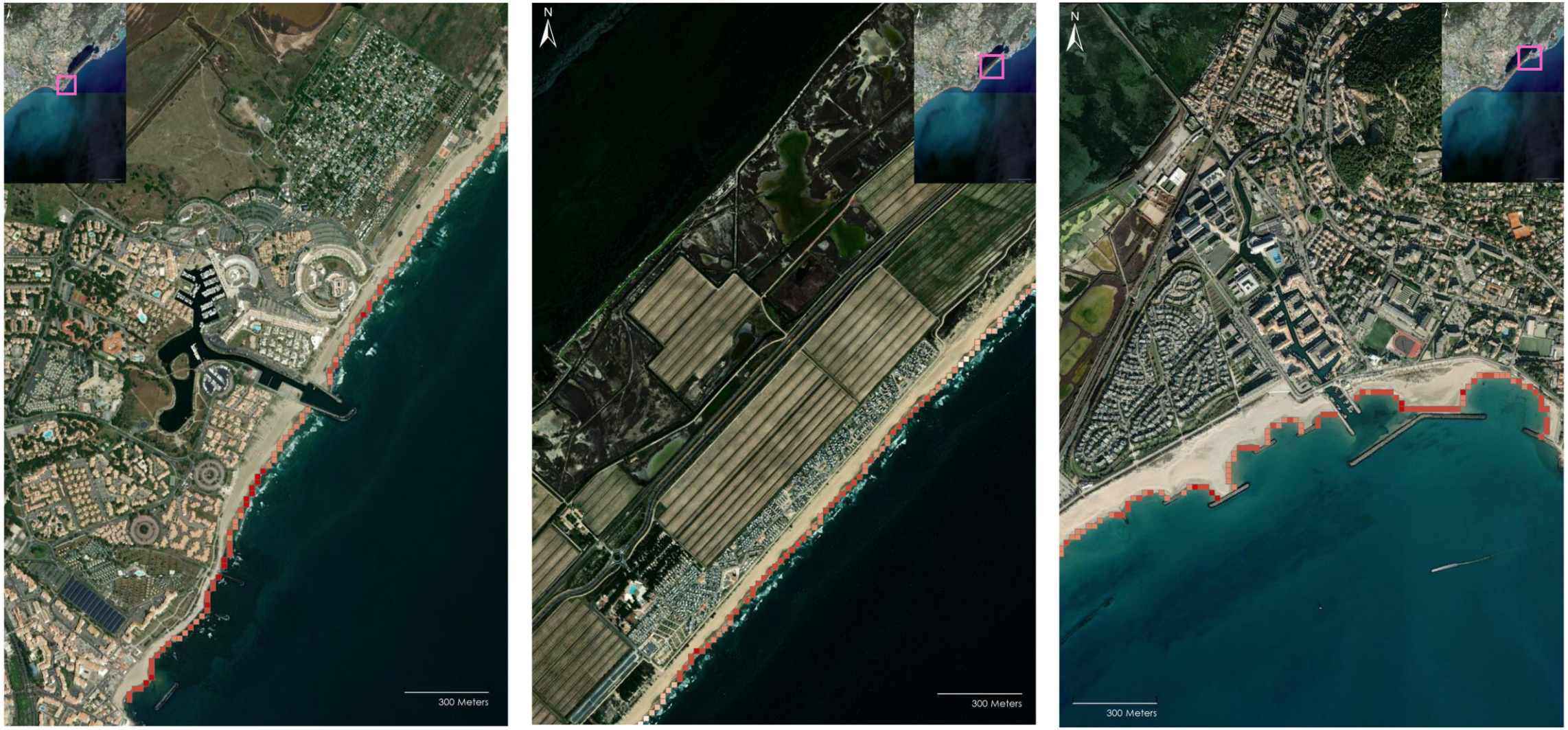


Intégration des enjeux



Exposition au risque d'érosion côtière

L’exemple de Sète à échelle plus fine



Classes d’érosion

forte accrétion	accrétion	changement non-significatif	érosion	forte érosion

•

Classes d’enjeux

très faible enjeux	faible enjeux	enjeux modéré	fort enjeux	très fort enjeux
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

=

Classes d’exposition au risque

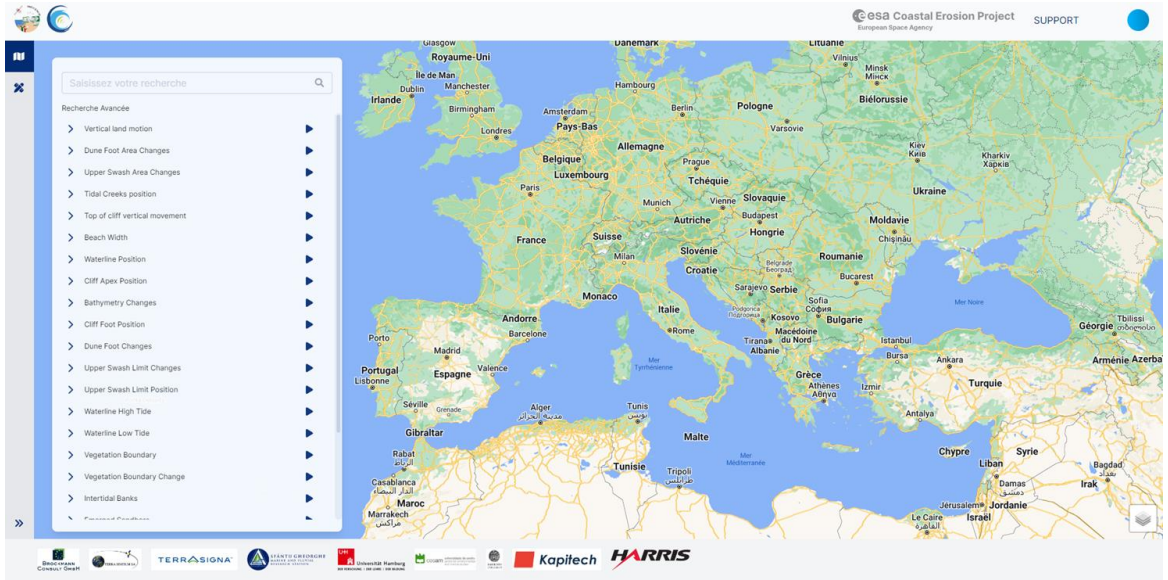
très faible exposition	faible exposition	exposition modéré	fort exposition	très fort exposition
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

Nouvelle plateforme de visualisation et de mise à disposition

Portail de visualisation et de téléchargement des données

- Mise à disposition des données à l'échelle européenne
- Visualiser et naviguer dans l'ensemble de la base de données du projet
- Télécharger les données clés pour votre territoire (SIG, cartographie)

Visite Guidée !



i-Sea

deimos · Brockmann Consult GmbH · TERRA SPATIUM SA · TERRASIGNA · Kapitech · Harokopio University · universidade de aveiro · Universität Hamburg · Sfântu Gheorghe Marine and Fluvial Research Station

Format des données

Des produits personnalisés

- En fonction de la demande:

Couverture temporelle

Emprise spatiale

Fréquence d'acquisition

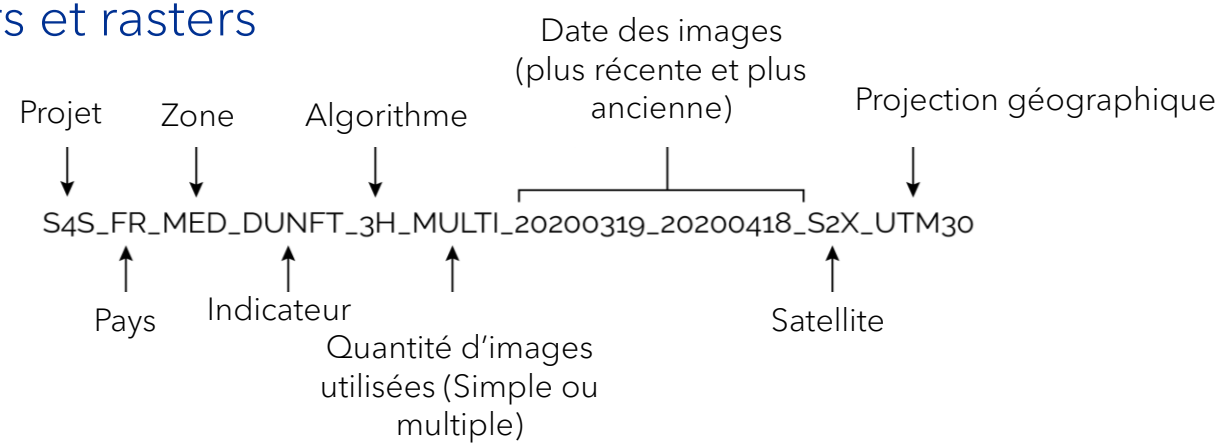
Format des données

Nature des résultats

Le sur-mesure possible grâce à l'éventail satellitaire et le service développé dans Space for Shore

Des produits standardisés

- Résultats sous forme de vecteurs et rasters
- Nomenclature informative



- Homogénéité du système de coordonnées géographiques
- Une métadonnée complète au format universel (ex. Geosource)

S4S_FR_BEA_BATHY_CHANGE_4B_MULTI_20150805_20160505_MULSR_UTM31

Cette donnée est publiée dans le service de visualisation (WMS) disponible à l'adresse https://hellas.eugenius-asso.eu/geoserver/wms, couche SpaceForShore:S4S_FR_BEA_BATHY_CHANGE_4B_MULTI_20150805_20160505_MULSR_UTM31.

À propos de cette ressource
Thèmes INSPIRE

Des produits renseignés

- Nom
- Image source
- Date (MM/JJ/YYY HH/MM/SS)
- Producteur
- Système de coordonnées
- Résolution
- Résumé de la méthode
- Mots clés
- Financement
- Droits – Copyright
- Emprise spatiale

+ estimation de la précision des résultats
+ symbologie

Retour d’expérience

A vous de jouer !