

Journée de démonstration régionale



Space for shore

Erosion littorale en PACA et données spatiales



Au programme

- 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 impressions

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

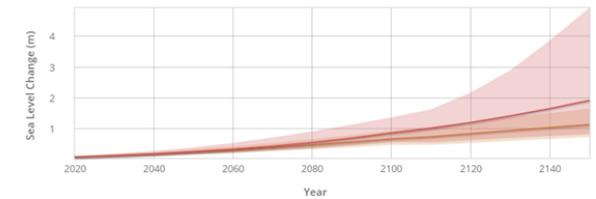
Les effets du changement climatique déjà visibles

Montée du niveau marin ⇒ érosion & submersion

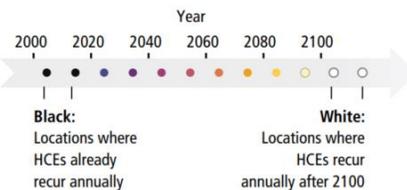
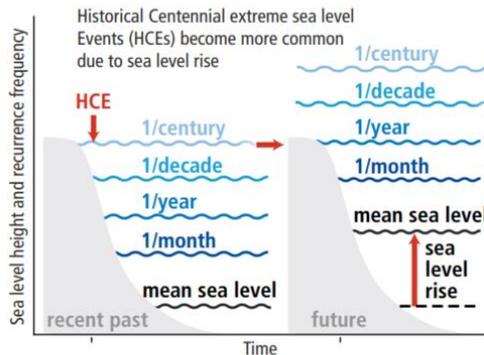
- ⇒ 70% des côtes y sont soumises dans l'amplitude moyenne des projections du GIEC
- ⇒ Périls géopolitiques
 - ⇒ Atteinte à l'intégrité d'îles-états ou états majoritairement côtiers
 - ⇒ Déplacement massifs de populations à l'horizon 2100
- ⇒ Les événements extrêmes centennaux vont devenir annuels
-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



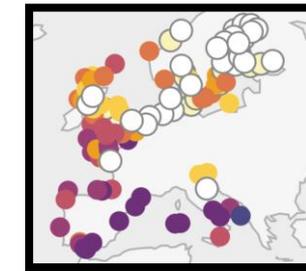
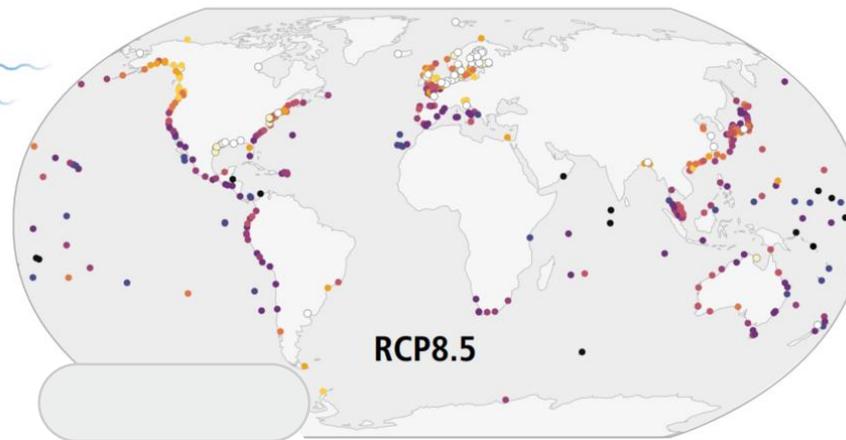
<https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>



(a) Schematic effect of regional sea level rise on projected extreme sea level events (not to scale)



(b) Year when HCEs are projected to recur **once per year** on average



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.)].

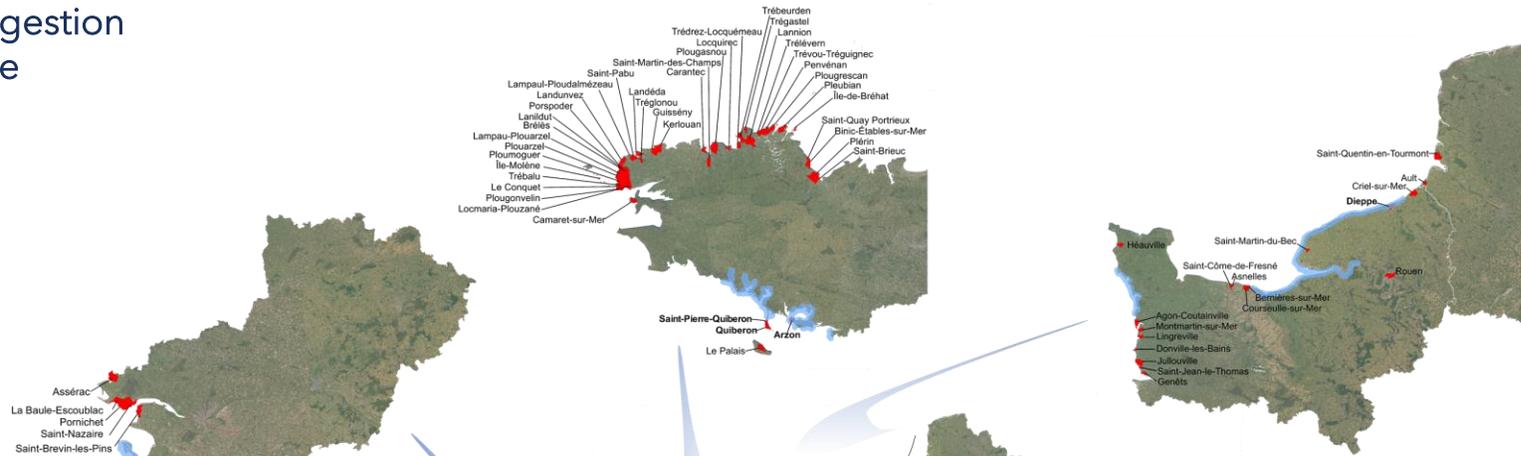
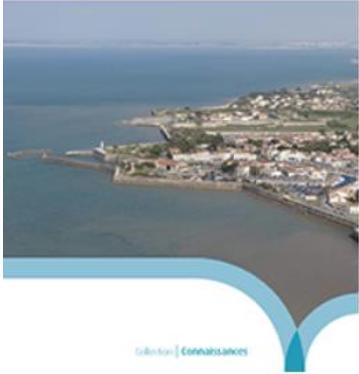
⇒ "For the 21st century, the benefits of protecting against increased coastal flooding and land loss due to submergence and erosion at the global scale are larger than the social and economic costs of inaction"

Accroissement des prises de conscience

2012 : Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte



Connaissance du trait de côte
Élaboration de la cartographie des ouvrages et aménagements littoraux



24 communes déjà suivies dans le projet ESA Coastal Erosion !

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



■ Communes listées dans le décret n°2022-750 du 29/04/2022
● Zones couvertes par le suivi de l'érosion côtière par satellite



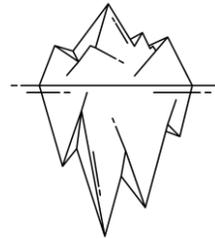
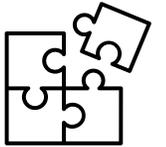
Leitmotiv d'un projet ESA d'envergure

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

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 !

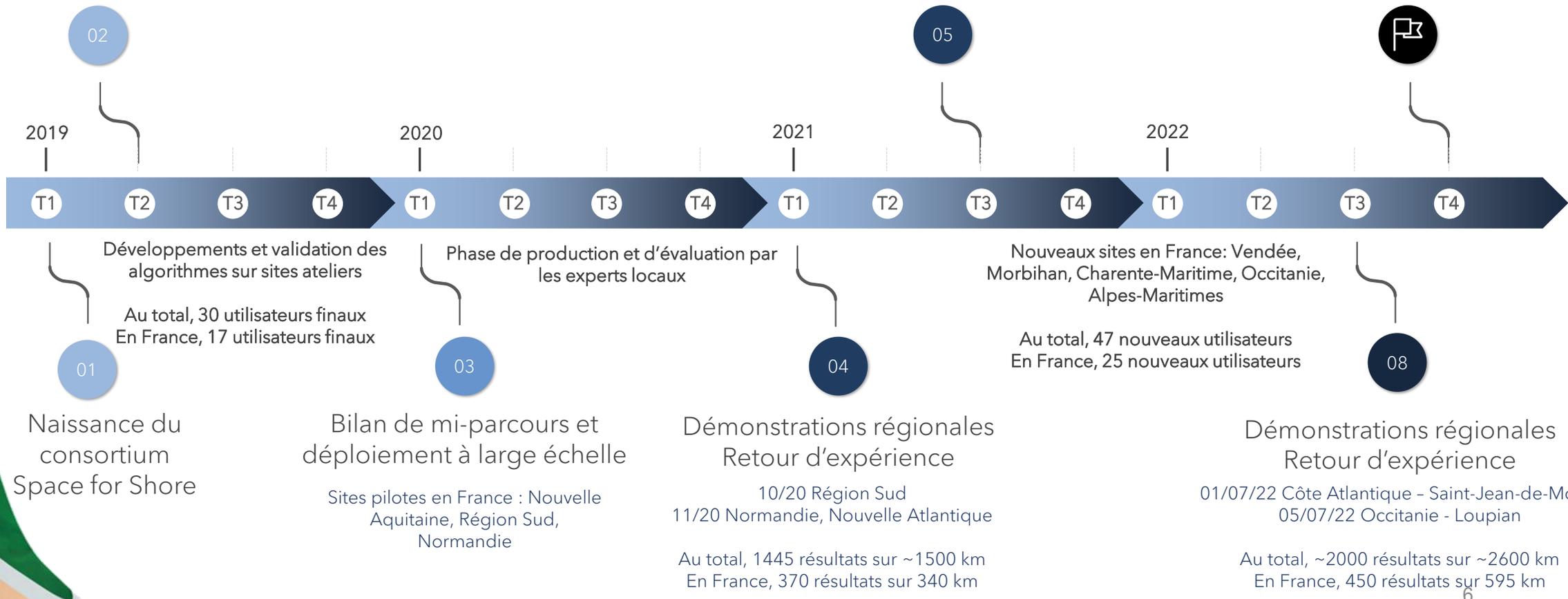
Mise à jour du suivi sur les sites pilotes initiaux jusqu'en 2022

Ajout de 300 km dans chaque pays membre du consortium

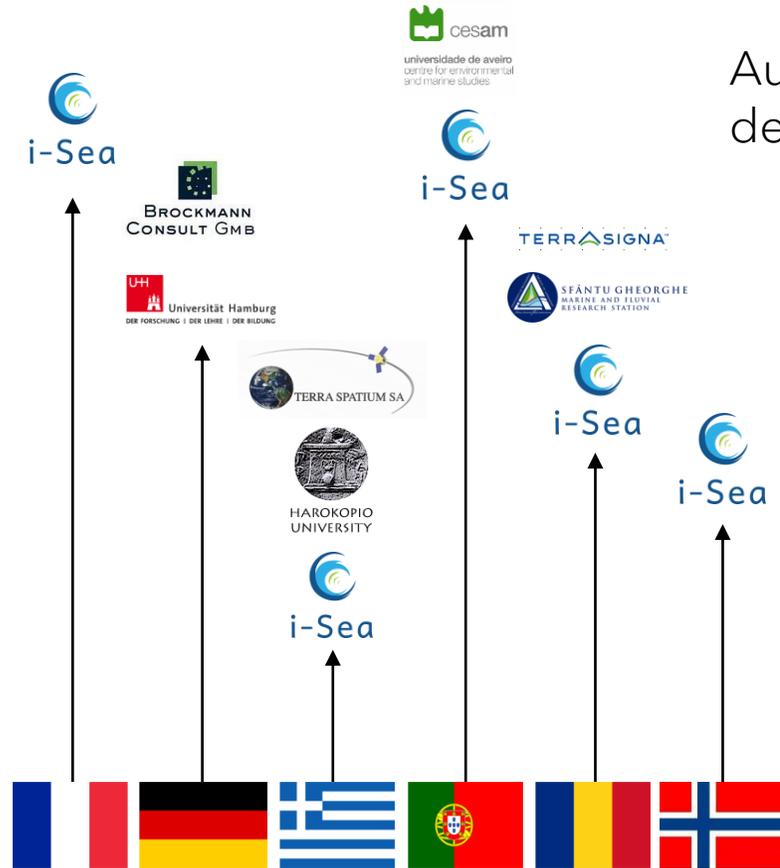
Intégration d'un nouveau pays: Norvège

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

Nouvelle offre de service



Un consortium Européen et de nombreuses façades littorales

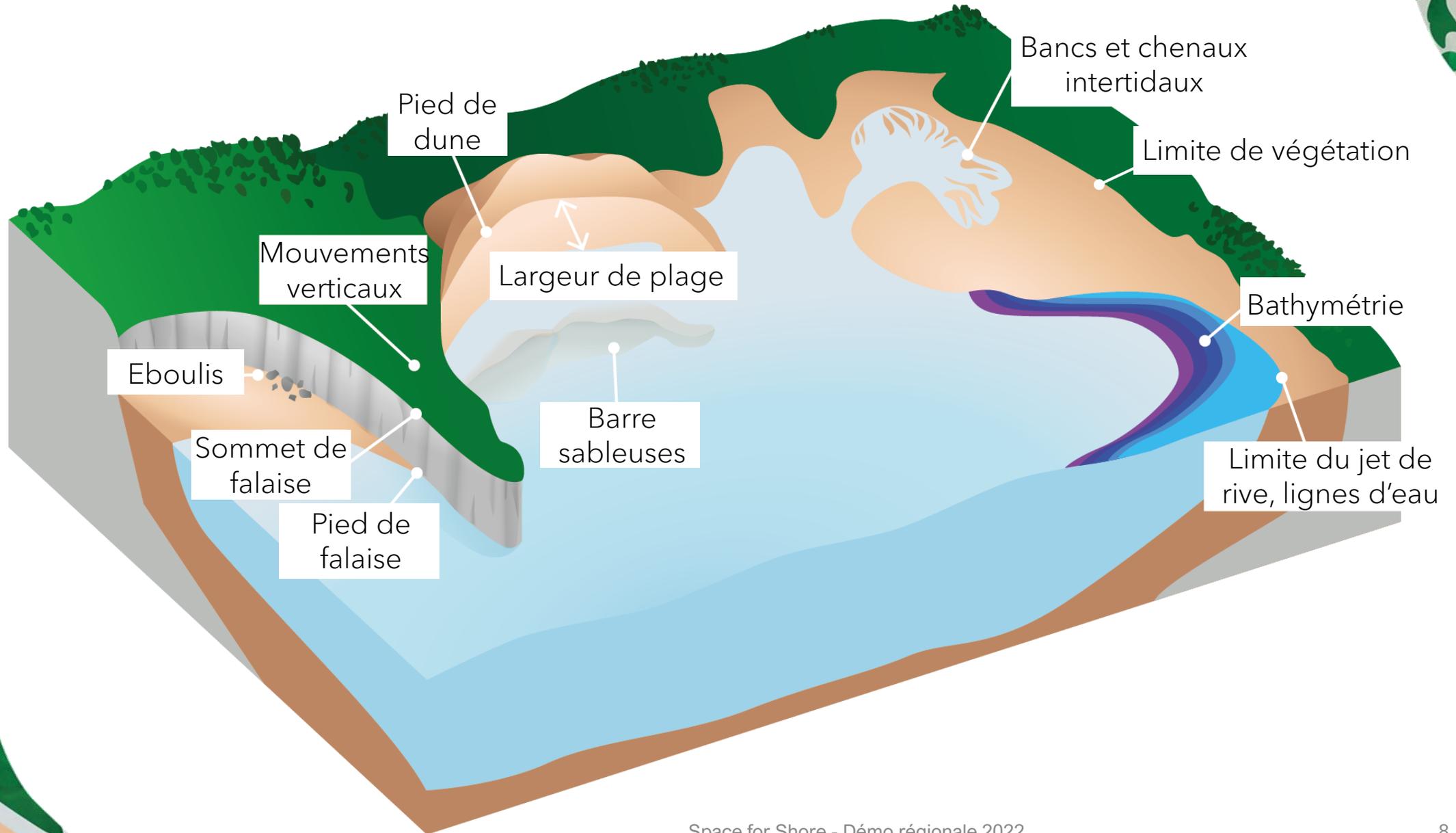


Membres du consortium intervenant dans la production sur les 6 pays

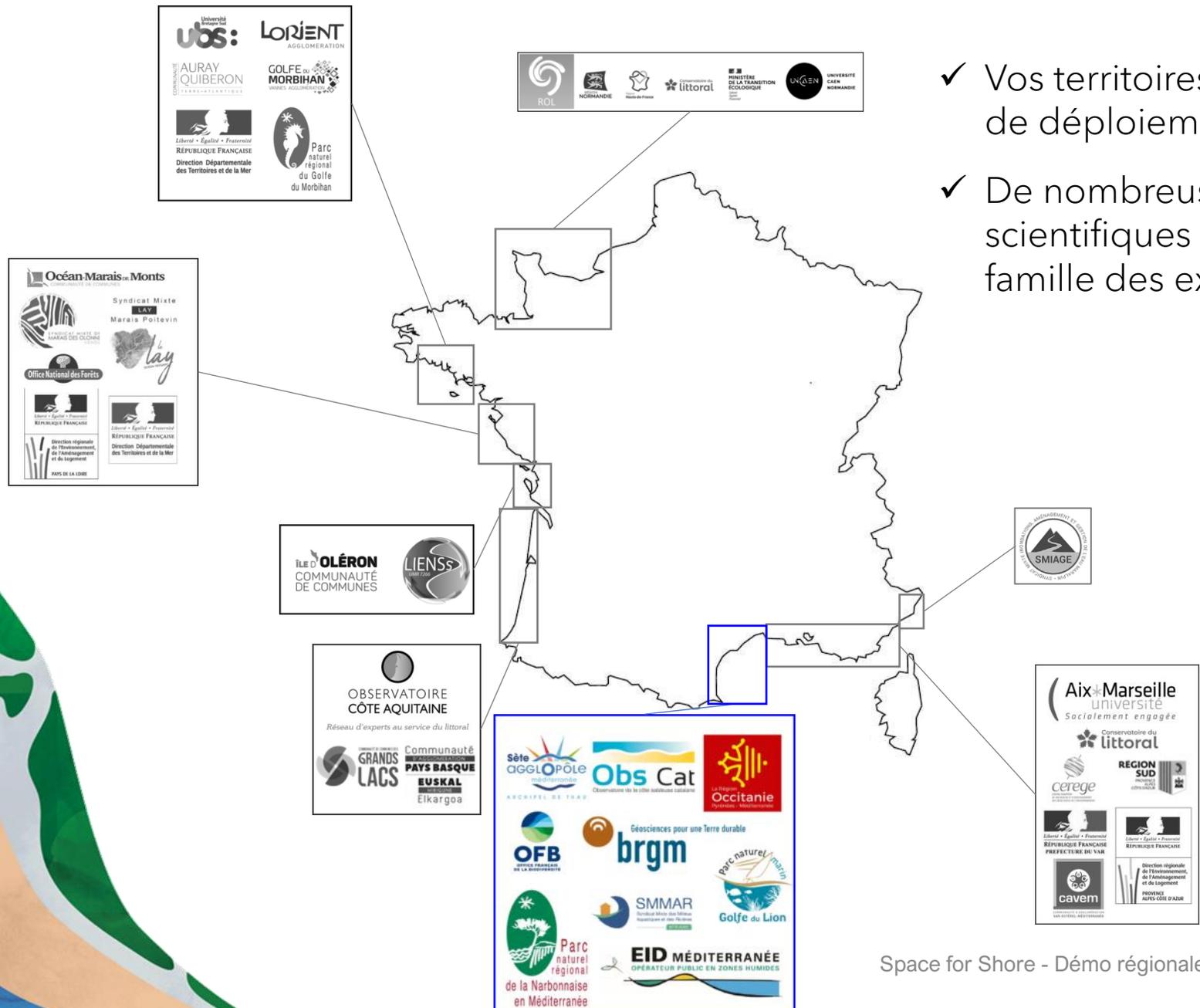
Au total, 4000 km de littoral suivi



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...

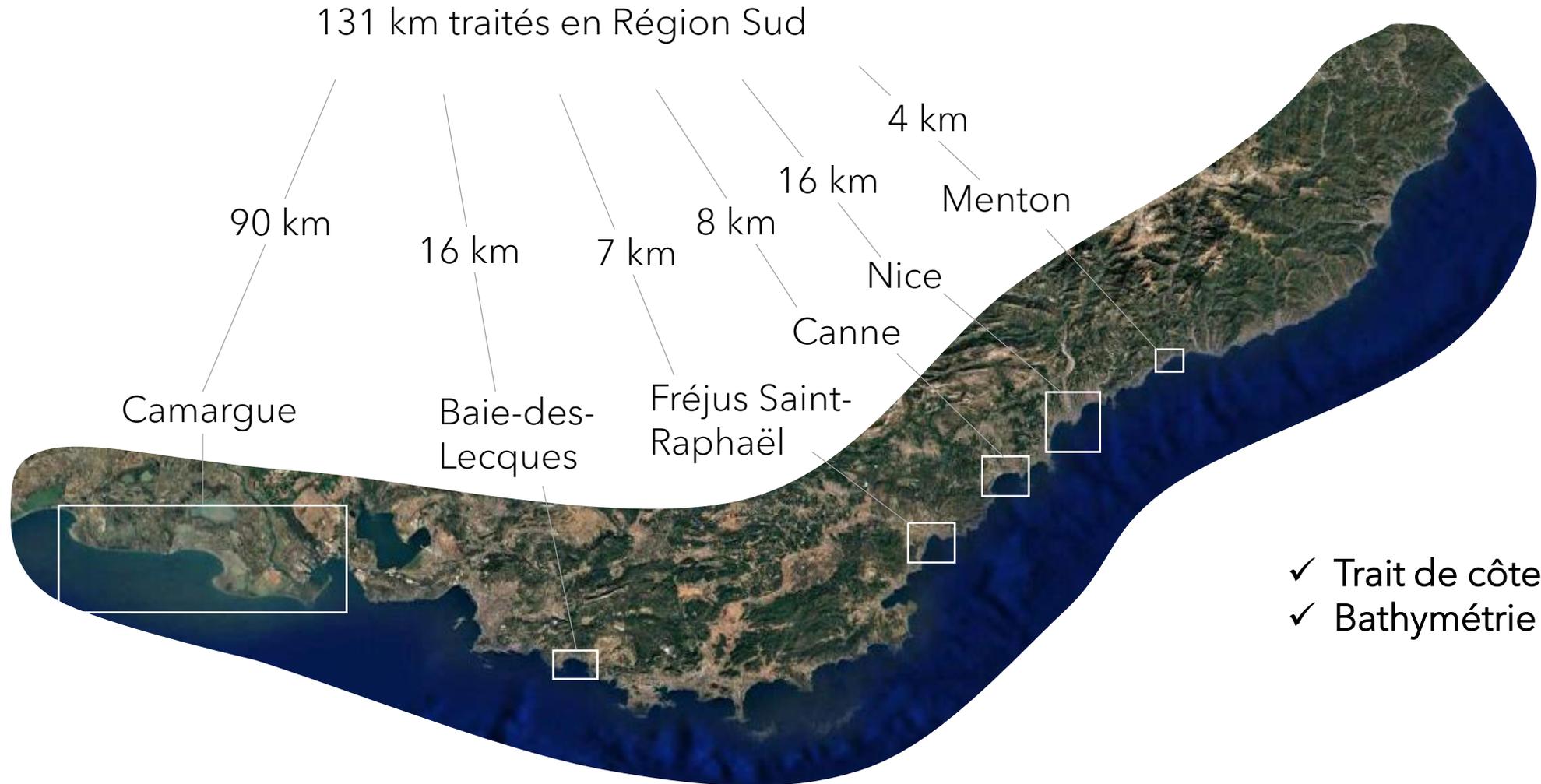
Nous avons besoin de votre retour d'expérience et vos témoignages!

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
- 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 (butée de plage)
- 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

Annuellement, saisonnièrement, sur 25 ans d'archives ...
Les Alpes-Maritimes ont rejoint le projet sur sa 3^{ème} année !



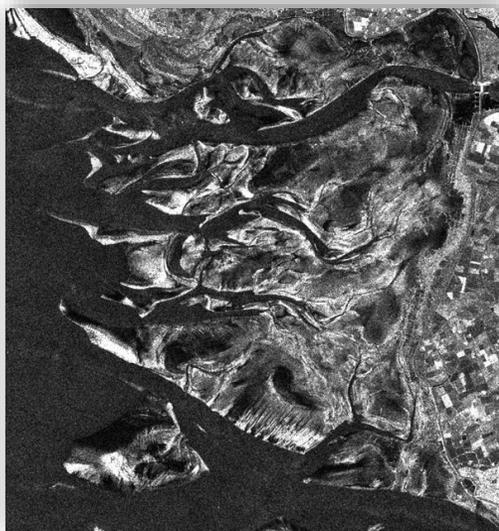
- ✓ Trait de côte
- ✓ Bathymétrie

Large volume de données satellitaires

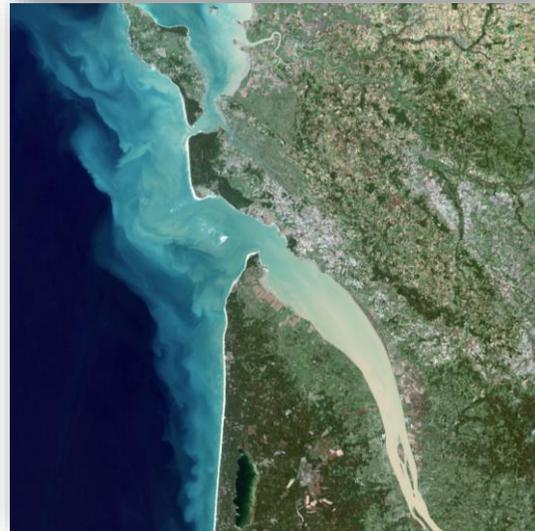
Plus de 3000 images traitées - 1/2 radar, 1/2 optique



SPOT



Sentinel 1



Sentinel 2

Priorité



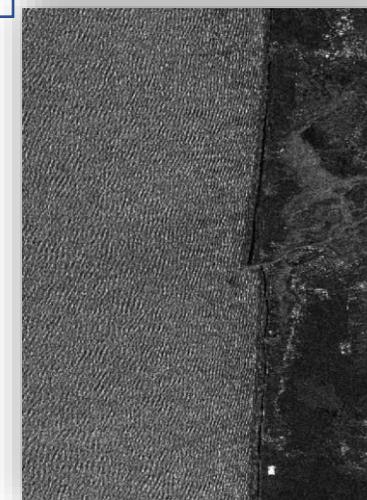
Pléiades



Landsat

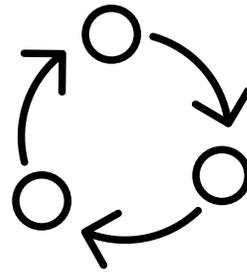


Worldview 2



ERS 1

Méthodes

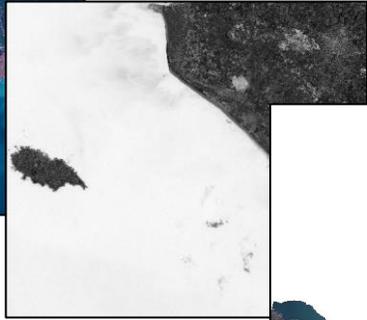


Nouveauté de l'année: les traits de côte suivis grâce à un modèle régional

De l'image satellite brute...



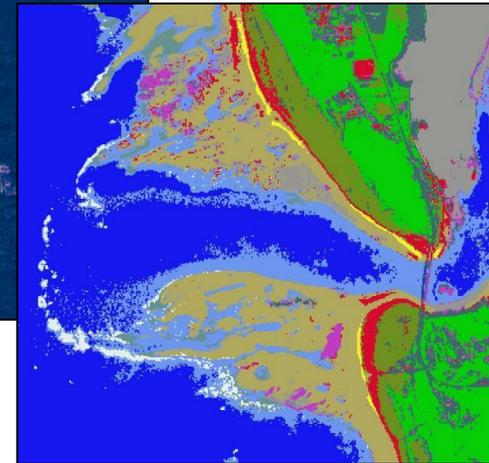
Sentinel-2
SPOT
Pléiades



... à sa version post-traitée



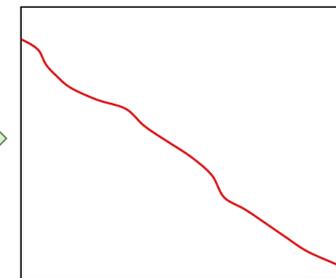
Classification



Distinction des classes de terre et d'eau

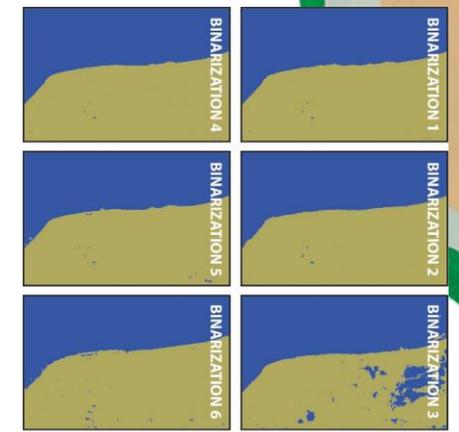
| LAND CLASS | WATER CLASS |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Land | 3. Wet sand |
| 2. Dry sand | 5. Water |
| 4. Rock flat | 6. Surf |
| 7. Building | 8. Muddy foreshore |
| 9. Emerged herbarium | 10. Shallow water |
| 14. Dune vegetation | 11. Turbid water |
| | 12. Water on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

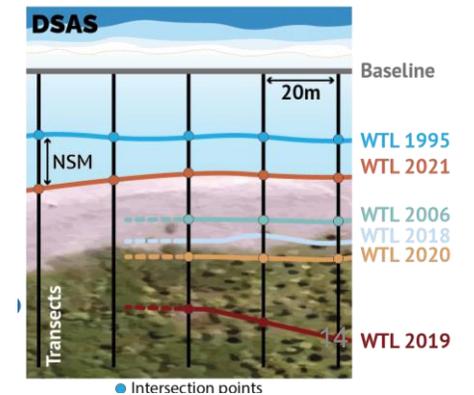
La combinaison multi-dates pour accroître la précision



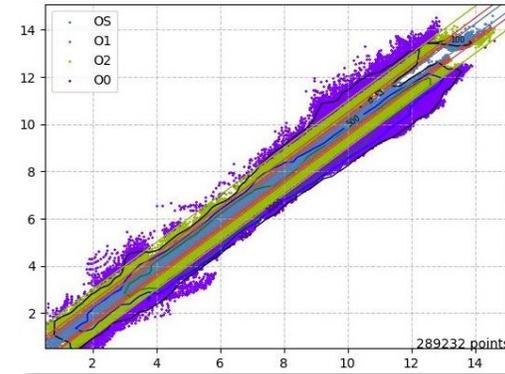
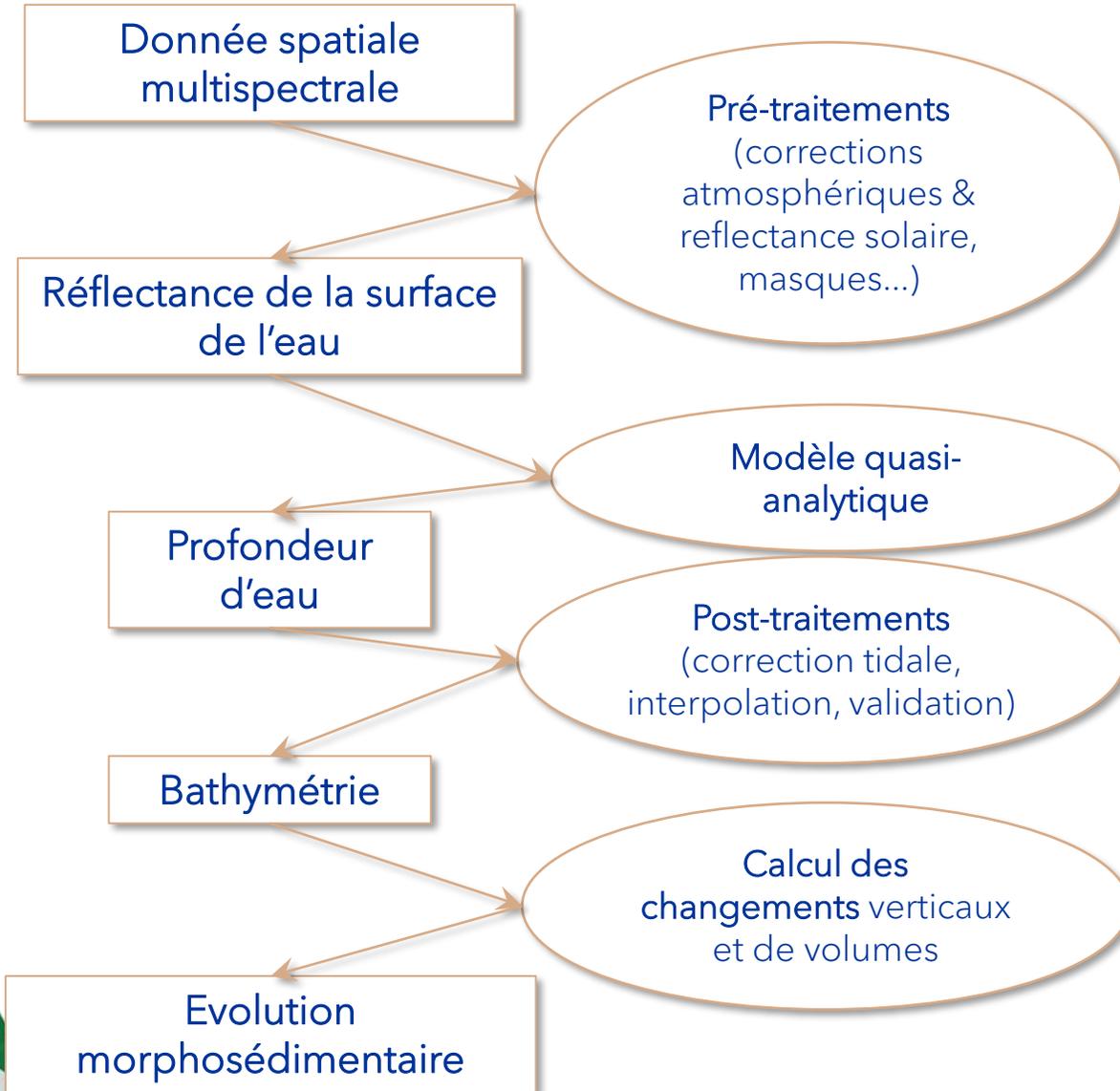
ADDITION AND UPPER SWASH LIMIT EXTRACTION



Une méthode connue pour calculer l'évolution

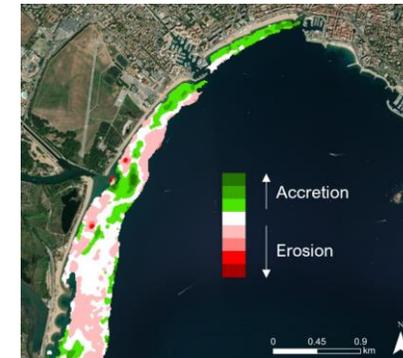


La bathymétrie par imagerie optique



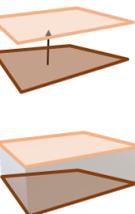
Lee et al., 1998
Capo et al., 2014

TOSCA MORITO 



Différentiels d'une date à la suivante :

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



Validation



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

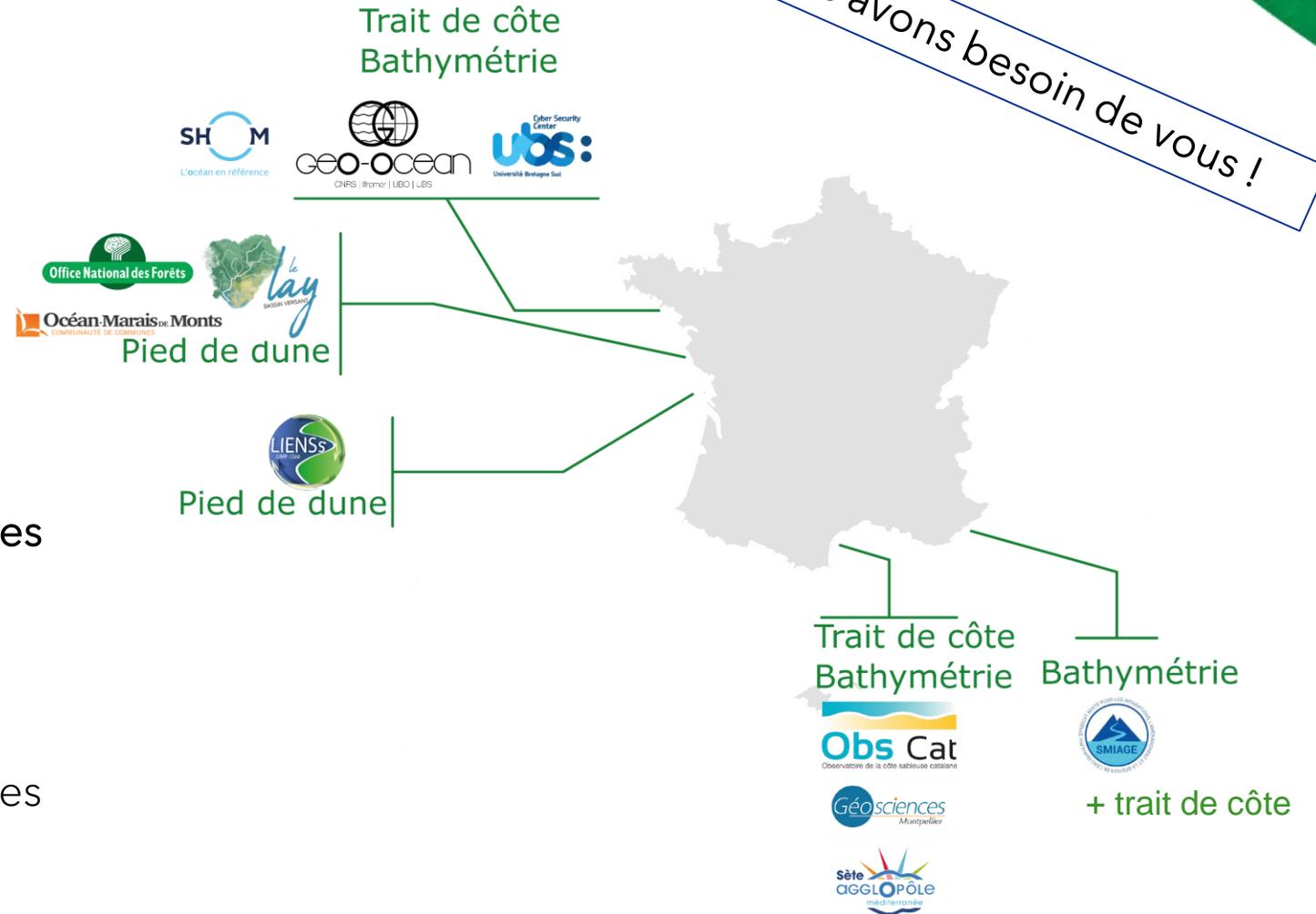
Sources des données mises à disposition:

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

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

Peu de données de validation existantes aux dates des images utilisées

Opportunité pour les données extraites par satellites



Résumé des validations

- Résultats toutes années et tous sites du projet confondus

Rapport de validation à paraître fin juillet

Limite du jet de rive (multi-dates)

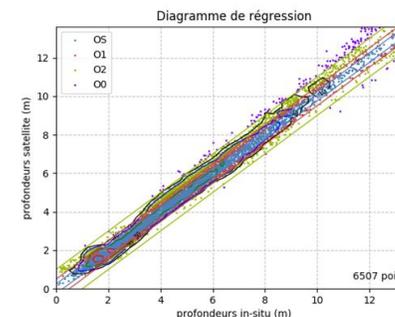
- Au mieux, 2,3 m avec Sentinel-2. En moyenne, 5 m.
- Au mieux, 1,26 m avec Pléiades. En moyenne, 1,9 m.

Bathymétrie (verticale)

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

- Sur la région

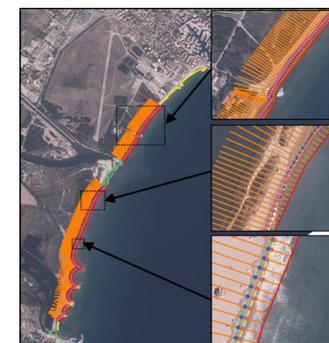
| | Limite du jet de rive | Bathymétrie |
|-------------------------------|---|--|
| Menton | 1,52 – 3,44 m (Pléiades) | 0,50 m (Pléiades) 0,44 m (Sentinel-2) |
| Cannes | / | 0,68 m (Sentinel-2) |
| Nice | / | 0,42 m (Sentinel-2) |
| Fréjus – Saint-Raphaël | 1,3 – 1,6 m (Pléiades) 2,33 – 5,5 m (Sentinel-2) | 0,39 m (Landsat-8) 0,28 m (Sentinel-2) 0,32 m (Pléiades) |
| Camargue | / | 0,49 m (Sentinel-2) |



Regression diagram between field data and satellite derived bathymetry



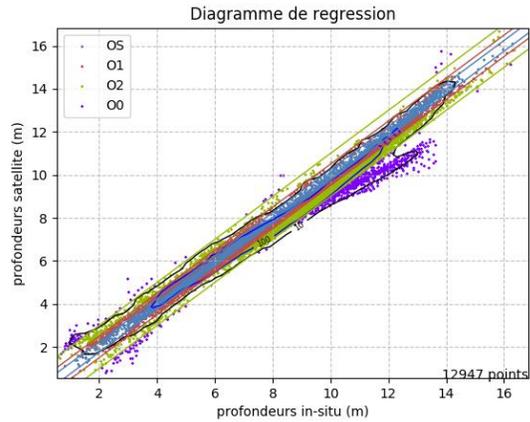
Difference map between satellite derived and observed bathymetry.



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.

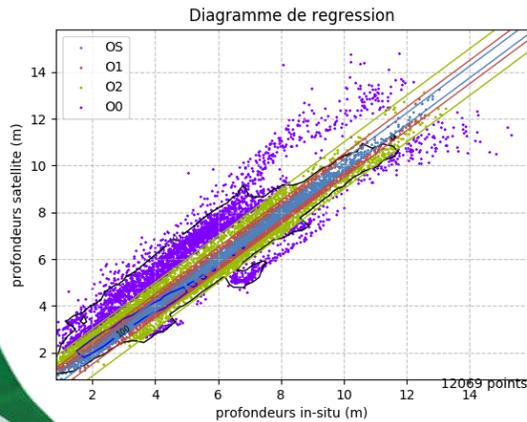
Résumé des validations

Menton 09/2015 (Sentinel-2) avec 2013/2014 (LITTO3D)



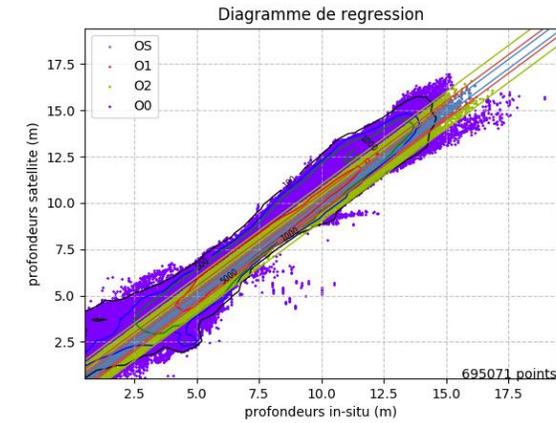
Marnage : 0,48 m
Biais moyen: -0,30 m
RMSE: 0,56 m
Erreur moyenne absolue: 0,44 m

Cannes 11/2015 (Sentinel-2) avec 2013/2014 (LITTO3D)

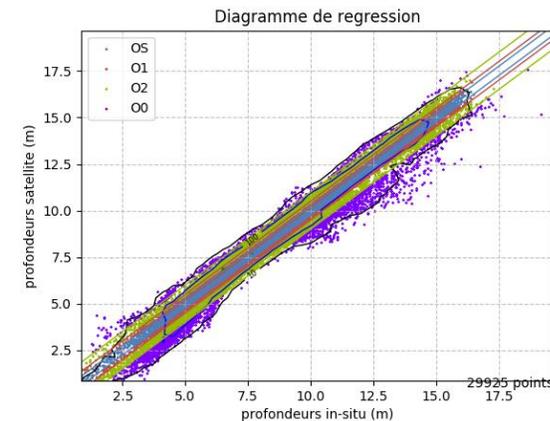


Marnage : 0,52 m
Biais moyen: -0,32 m
RMSE: 0,95 m
Erreur moyenne absolue: 0,68 m

Nice 09/2020 (Pléiades) avec 2013/2014 (LITTO3D)



Nice 09/2016 (Sentinel-2) avec 2013/2014 (LITTO3D)



Marnage : 0,4 m
Biais moyen: -0,02 m
RMSE: 0,57 m
Erreur moyenne absolue: 0,42 m

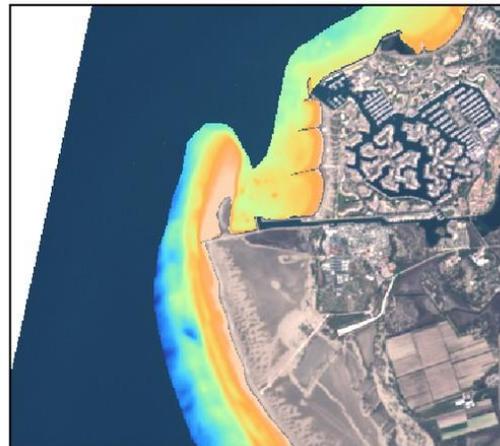


Résultats

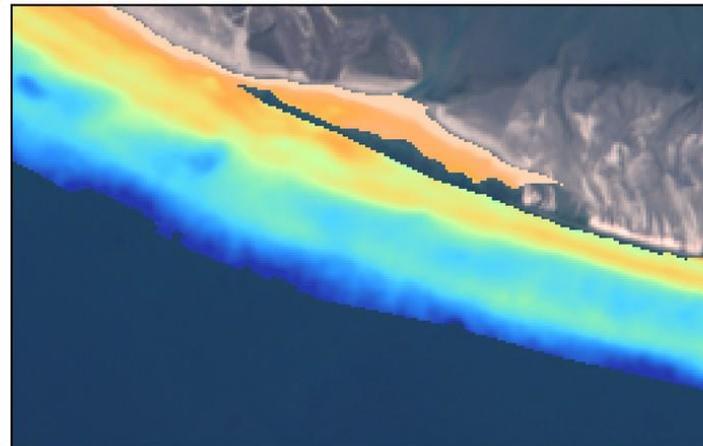


Bathymétrie satellite - Camargue
Sentinel-2 - 04/05/2022

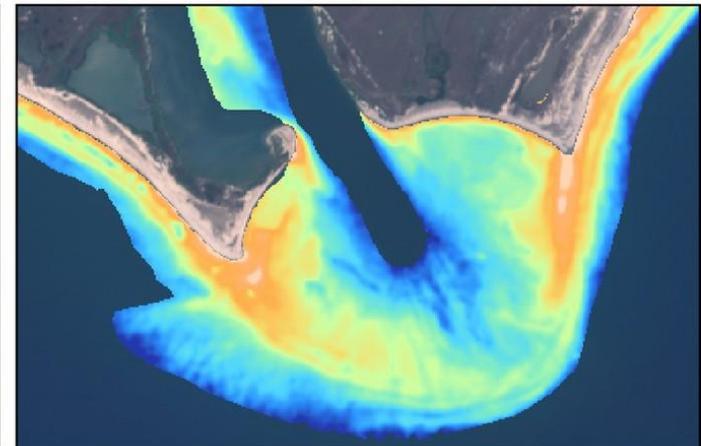
2021 et 2022
fraichement extraits!



Pointe de l'Espiguette



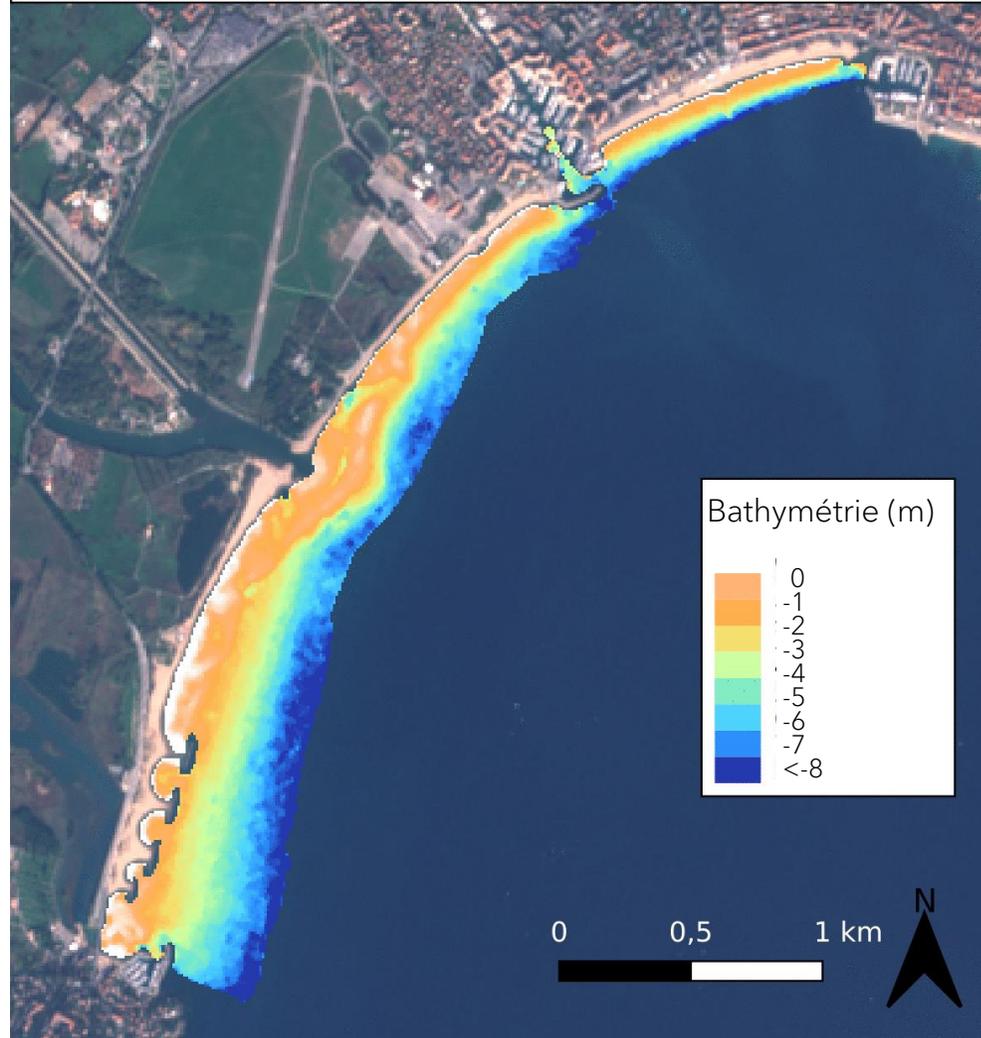
Etang de Beauduc



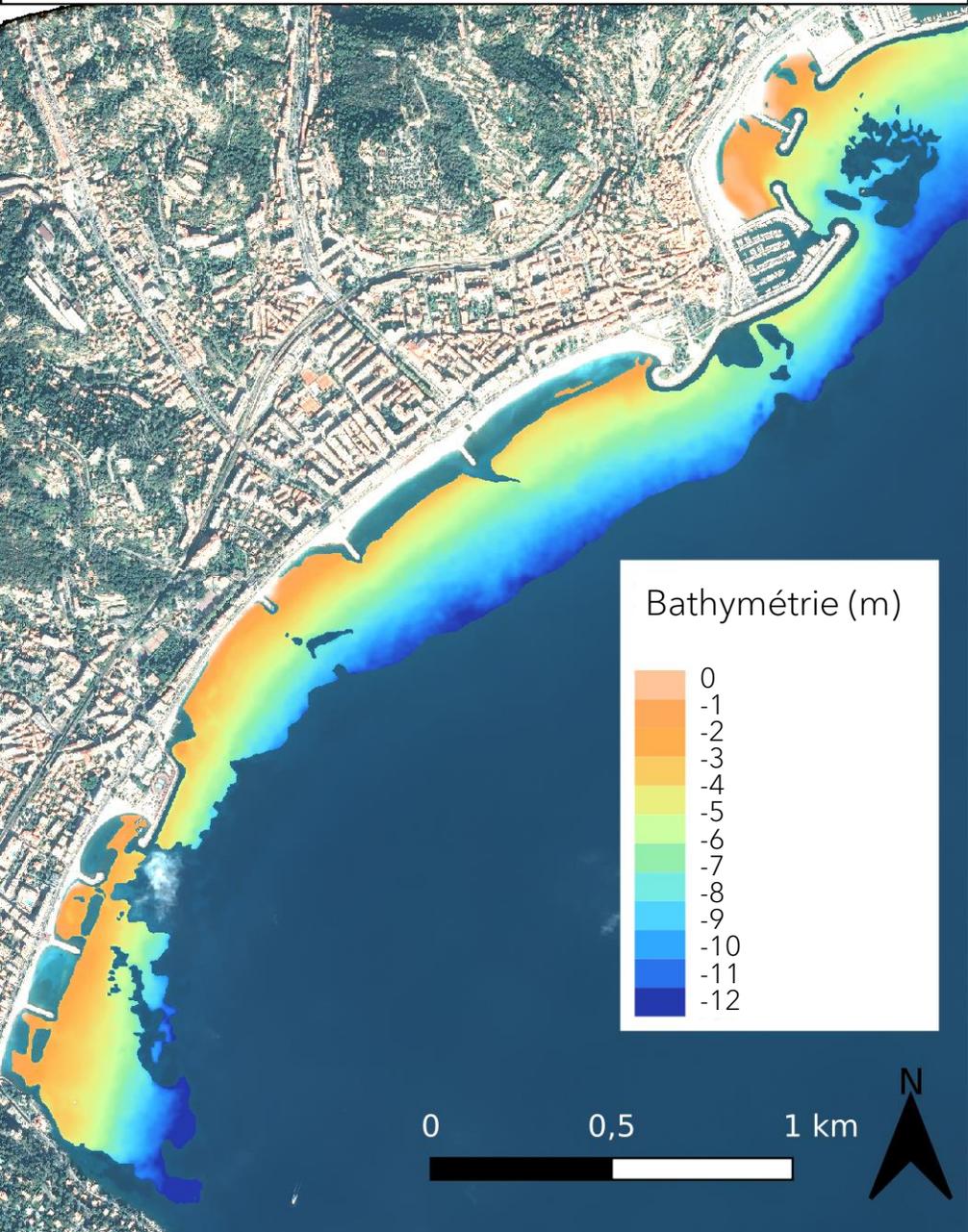
Embouchure du Rhône

2021 et 2022
fraichement extraits!

Bathymétrie satellite - Baie de Saint-Raphaël
Sentinel-2 - 17/11/2015



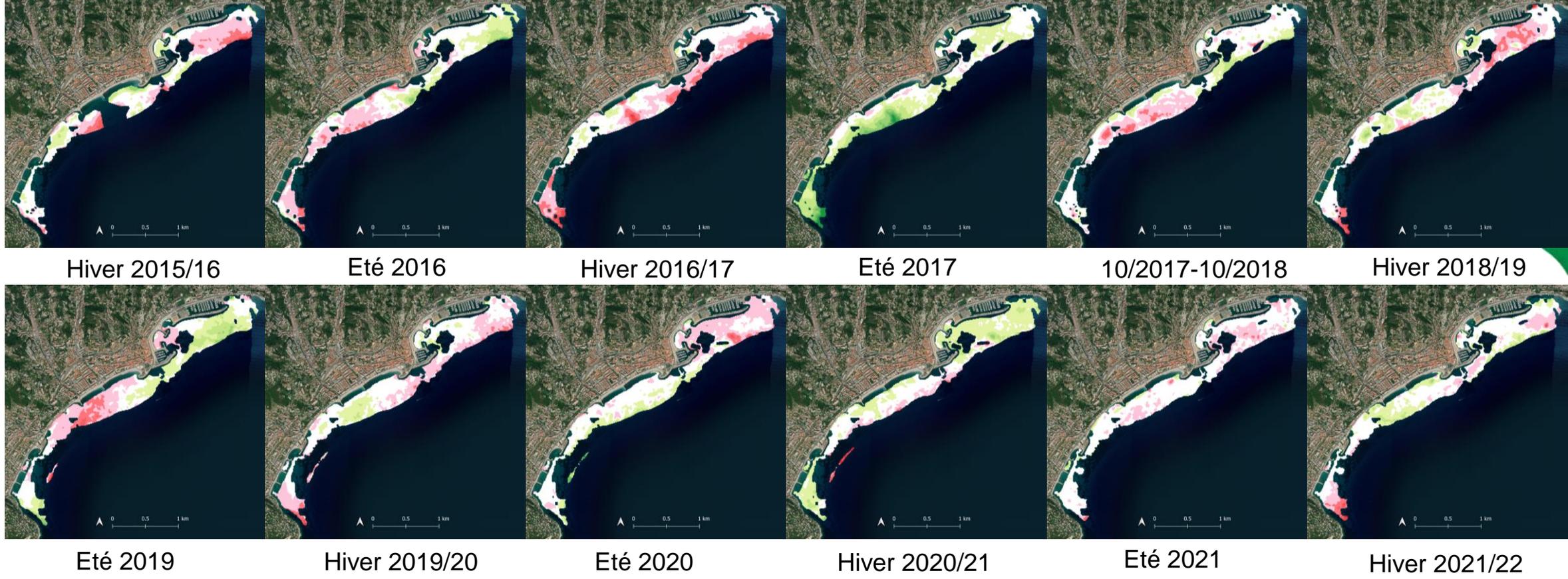
Bathymétrie satellite - Plage de Menton Pléiades - 26/10/2021



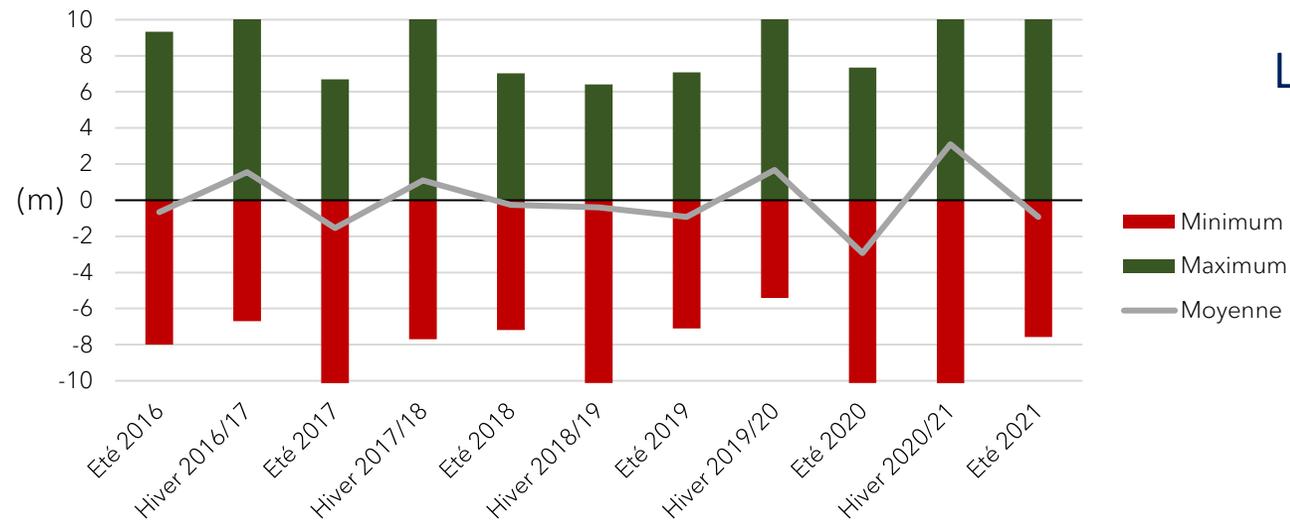
Challenge : Extraction dans un environnement complexe (turbidité, hétérogénéité des fonds, agitation du plan d'eau)

Succès : Les précisions vues sur sable sont atteintes voire dépassées sur les plages à galets!

Evolution saisonnière de la bathymétrie

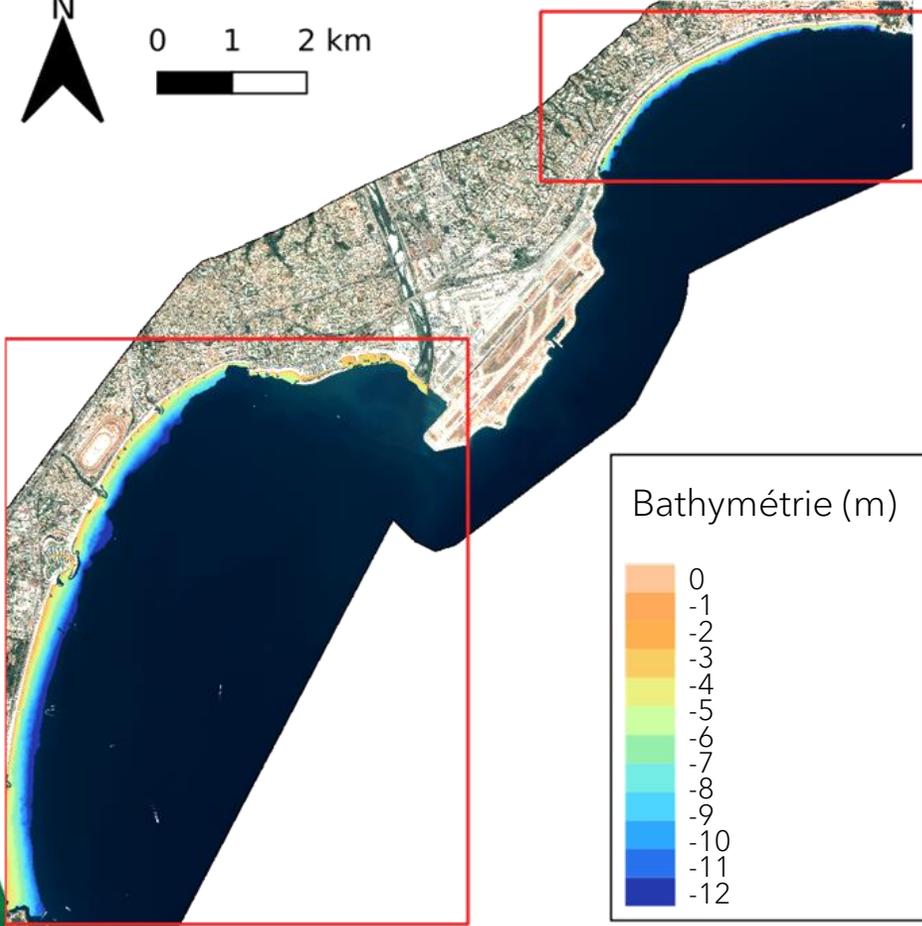
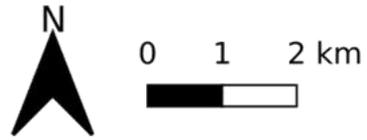


Evolution saisonnière du trait de côte

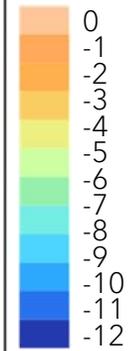


L'exemple de Menton

Bathymétrie satellite - Plages de Nice
Pléiades - 26/10/2021

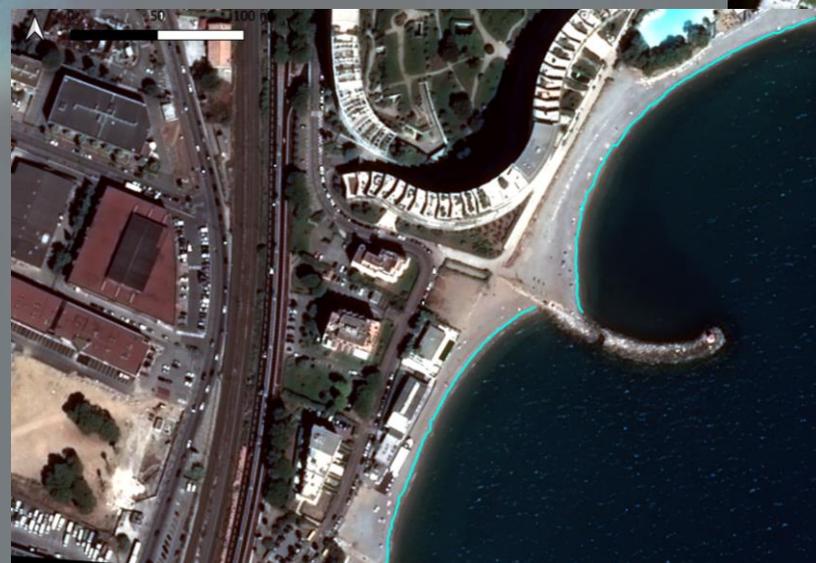


Bathymétrie (m)



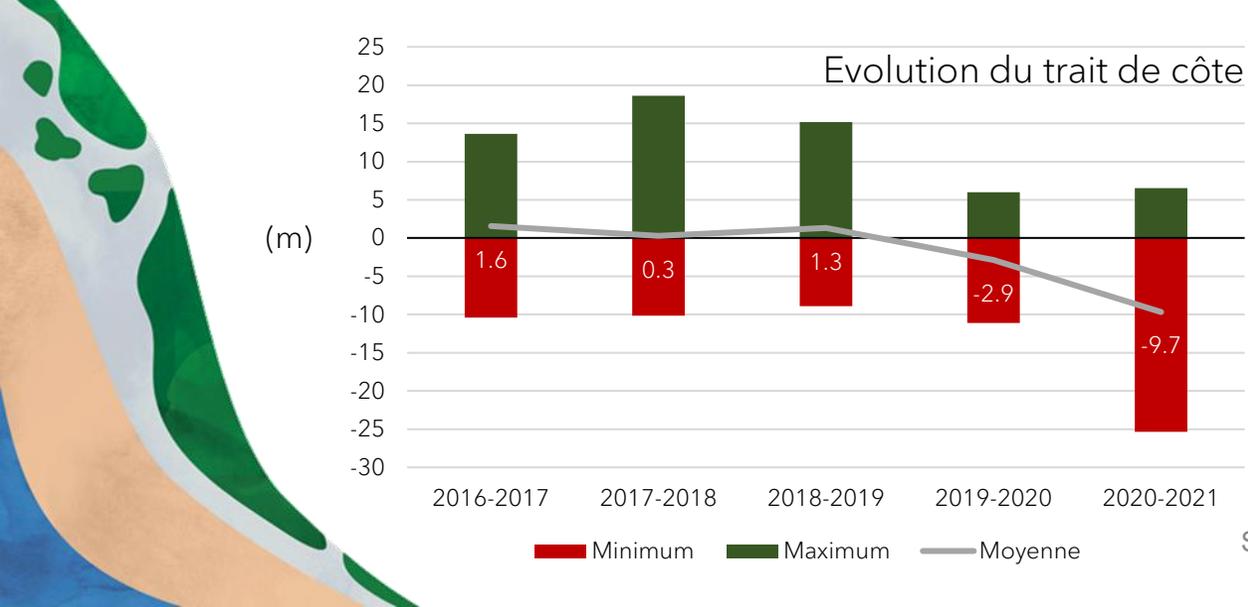
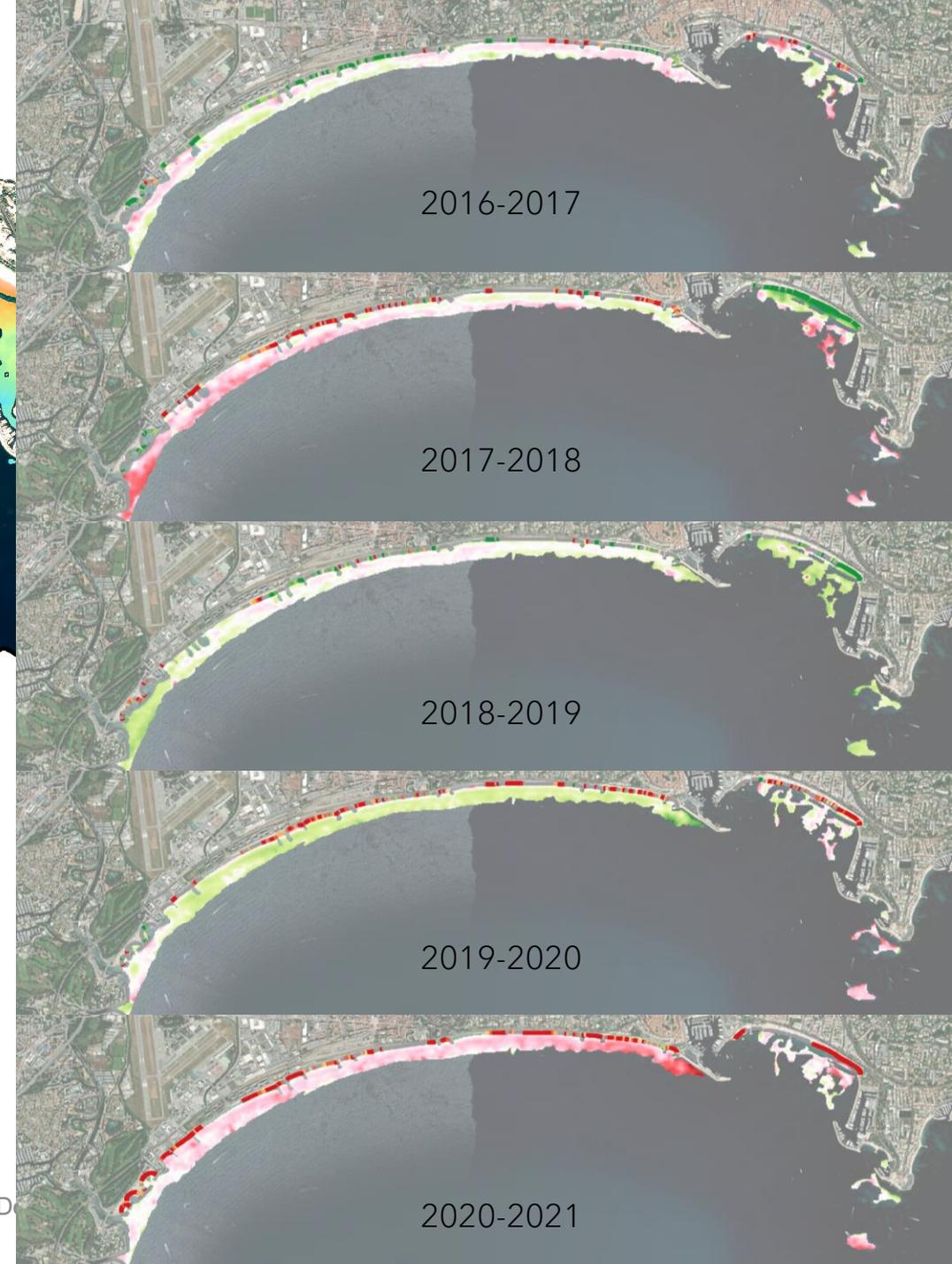
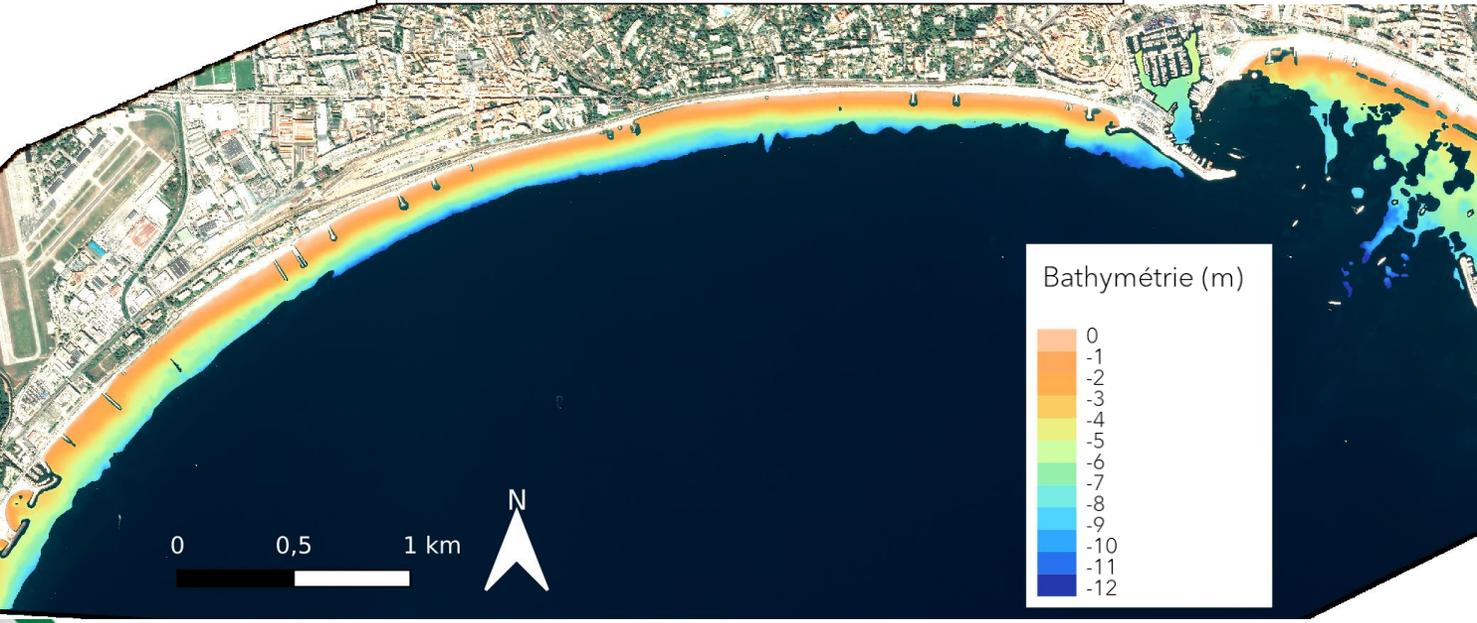
Space for Shd

Et un trait de côte très haute résolution associé



Cannes – Tendance annuelle

Pléiades - 26/10/2021





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 boîtes de calcul.

500 m

11 km

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 boîte en m/an (EPR). Calculs basés sur la moyenne des transects présents dans chaque boîte.

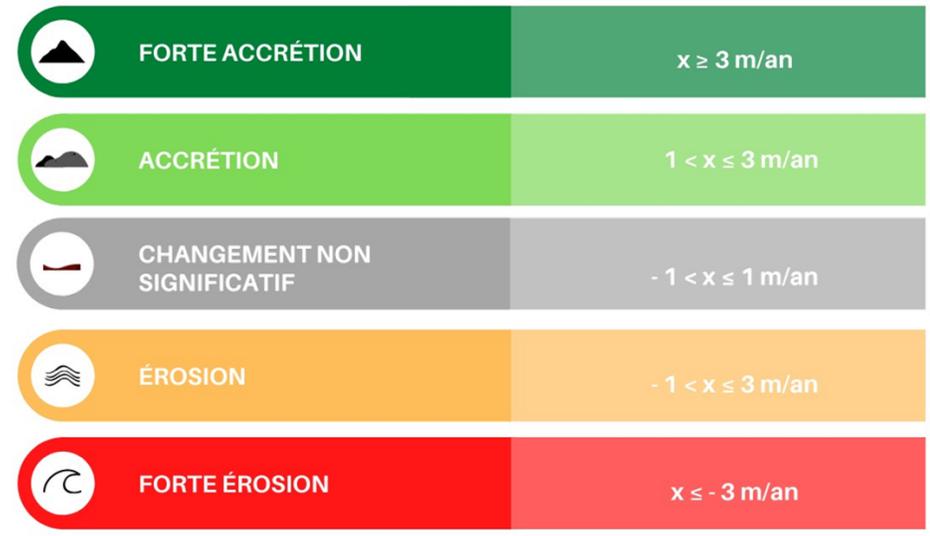
CLASSES

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

forte accrétion accrétion changement non-significatif érosion forte érosion

CÔTES SABLEUSES

MER MEDITERRANÉE



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

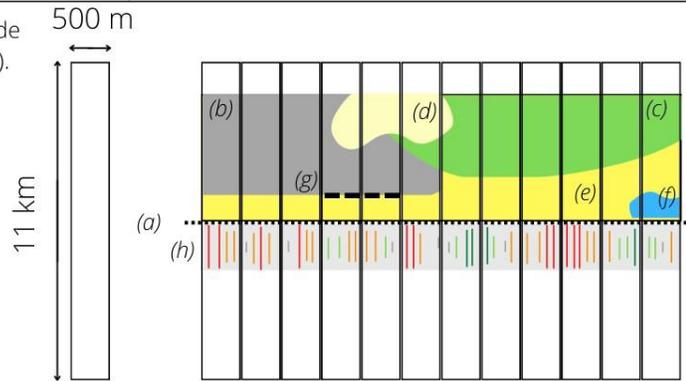


BOÎTES DE CALCUL

• Segmentation de la frange côtière de part et d'autre du trait de côte (DSAS).

• Création de boîtes de calcul.

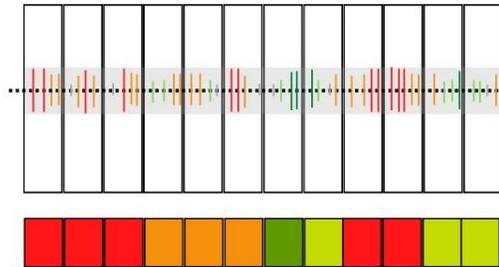
- a. trait de côte 2018 (Eurostat)
- b. bâti indifférencié
- c. végétation naturelle
- d. végétation non-naturelle
- e. système côtier
- f. mer / océan
- g. ouvrage de défense
- h. transects d'évolution du trait de côte



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 boîte en m/an (EPR). Calculs basés sur la moyenne des transects présents dans chaque boîte.



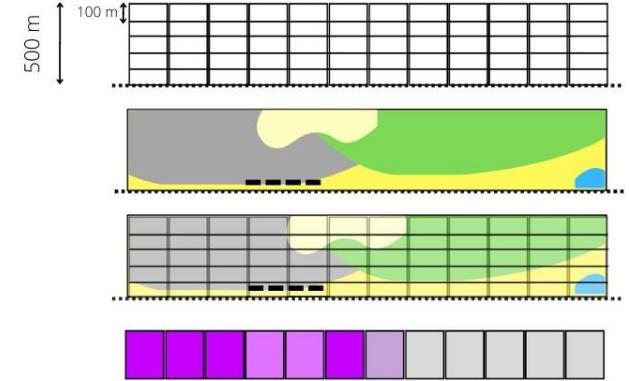
CLASSES

• 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 boîtes de calcul et horizontalement tous les 100 m.
- Récupération de la donnée Corine Land Cover à l'échelle européenne (2018).
- Pour chaque enjeu fragmenté par boîte, 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 | |
| Infrastructures de défense | Zones agroforestières | |
| | Protections artificielles (digues) | |
| Constructions diverses | Zones portuaires | |
| | Tissu urbain continu | |
| | Tissu urbain discontinu | |
| | Unités industrielles ou commerciales | |
| | Réseaux routiers et ferroviaires et terrains associés | |
| | Zones portuaires | |
| | Aéroports | |
| | Décharges | |
| | Sites de construction | |
| | | 32 |

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 boîtes de calcul.

500 m

11 km

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 boîte en m/an (EPR). Calculs basés sur la moyenne des transects présents dans chaque boîte.

CLASSES

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

forte accrétion accrétion changement non-significatif érosion forte érosion

INDICATEUR D'ENJEU

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

CLASSES

très faible enjeu faible enjeu enjeux modéré fort enjeu très fort enjeu

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

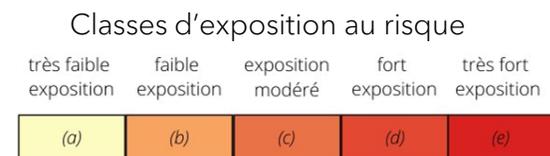
EXPOSITION AU RISQUE

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

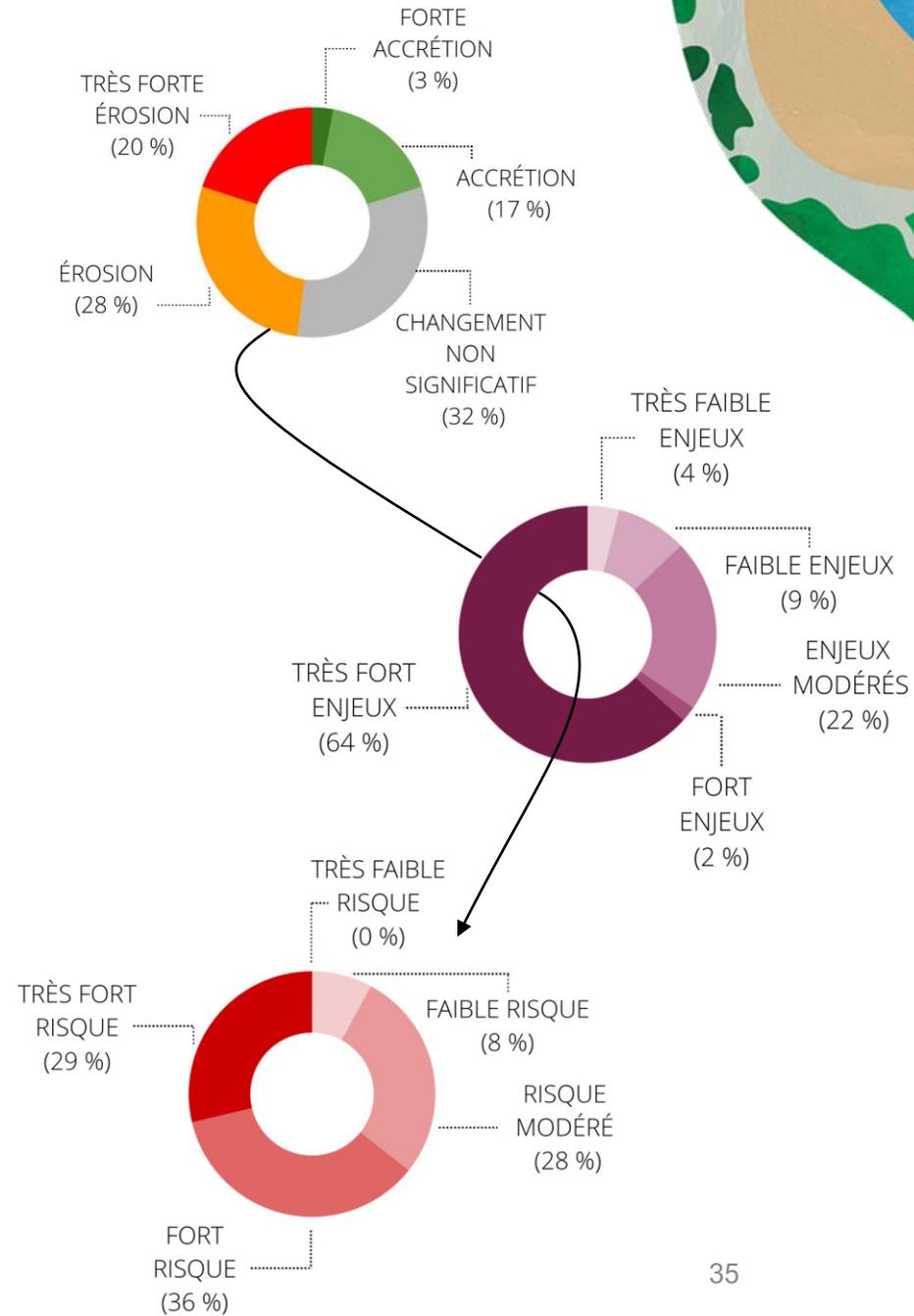
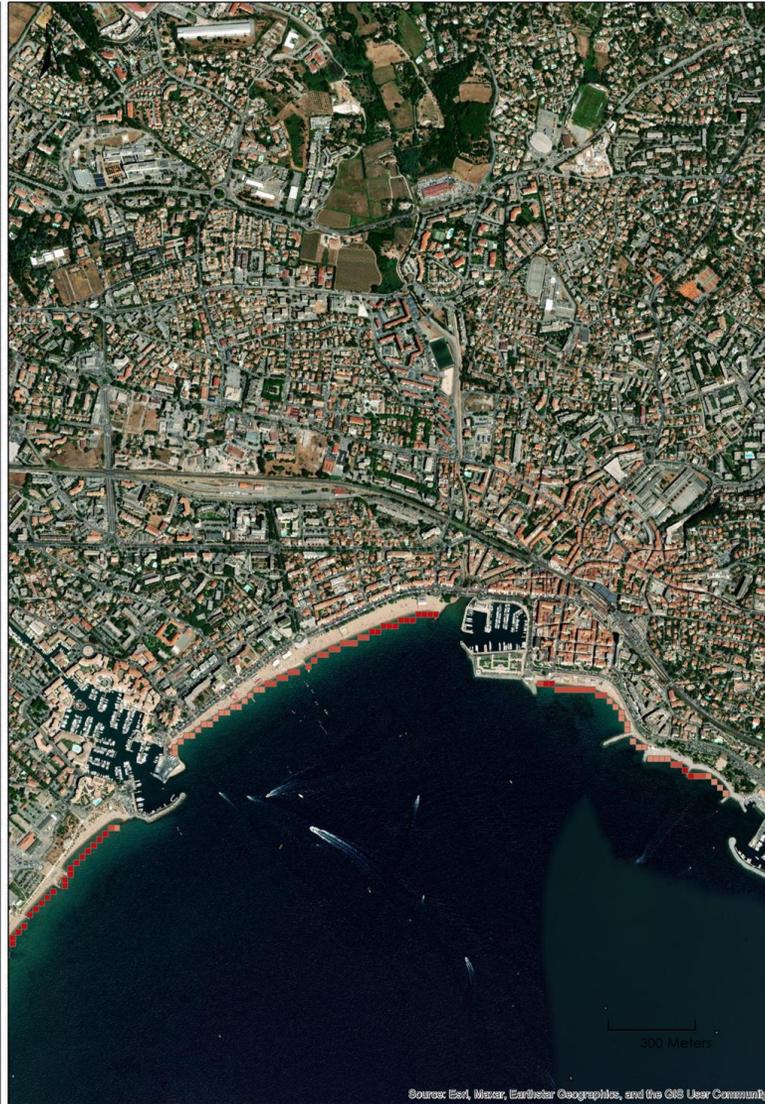
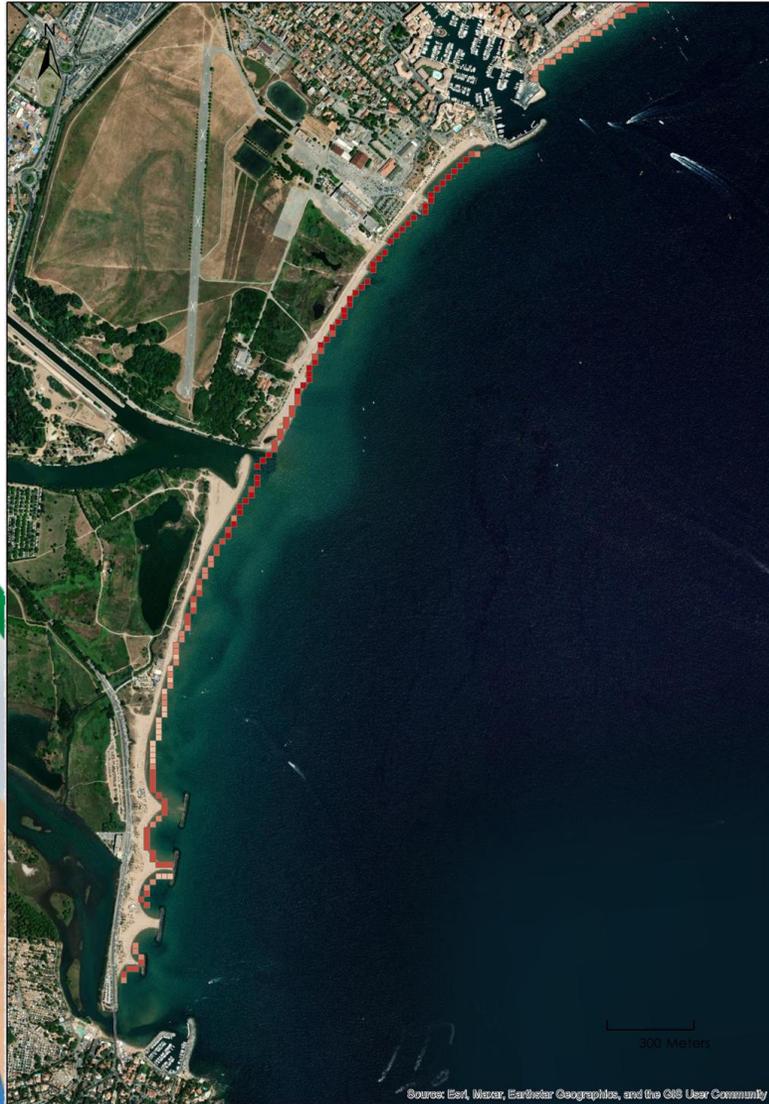
très faible exposition faible exposition exposition modéré fort exposition très fort exposition

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 2021



L'exemple de Saint-Raphaël à échelle plus fine



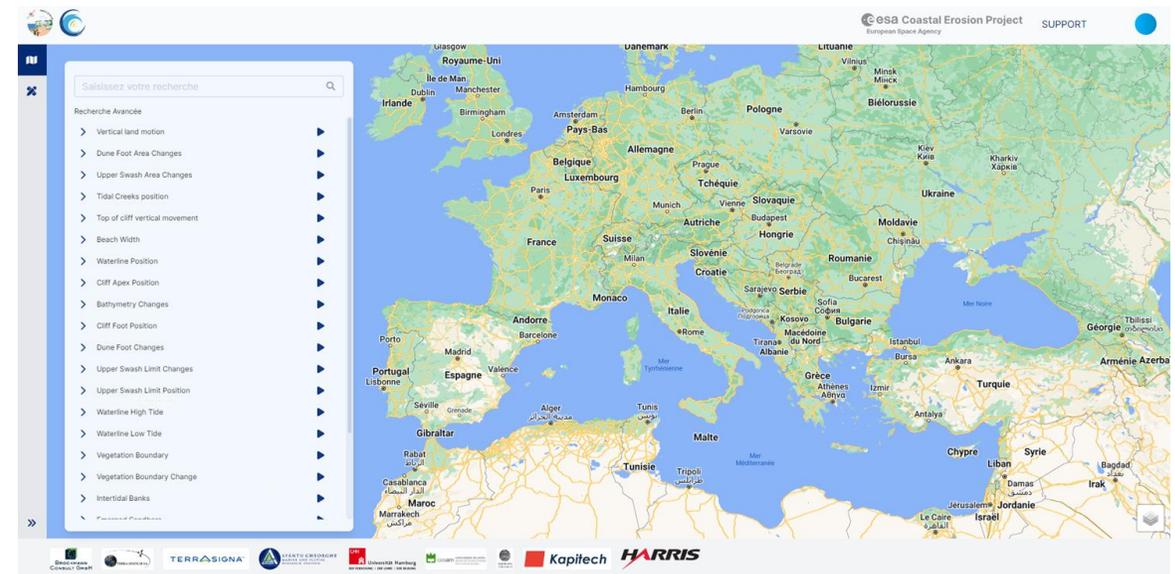


Nouvelle plateforme de visualisation et de mise à disposition

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 !



Format des données

Des produits personnalisés

- En fonction de la demande:

Couverture temporelle 

Emprise spatiale 

Fréquence d'acquisition 

Format des données 

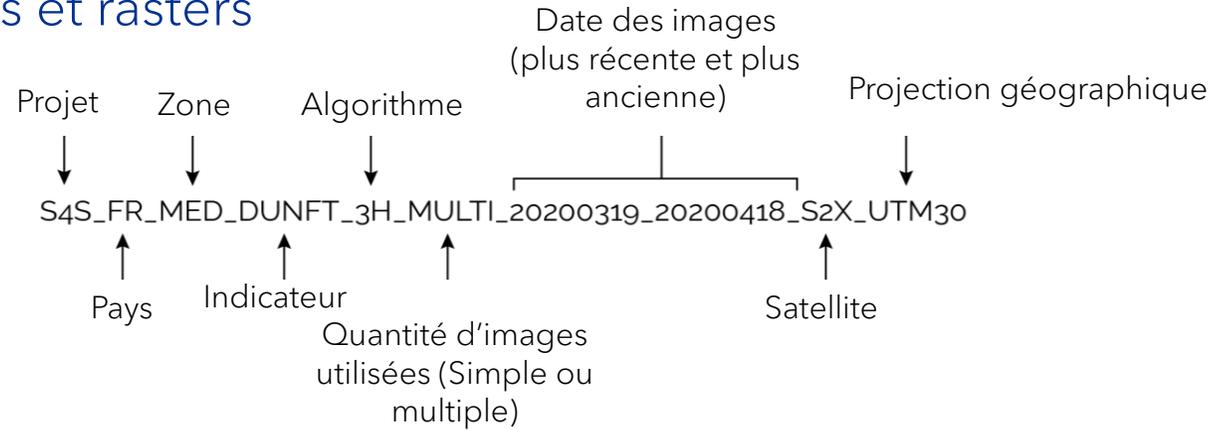
Nature des résultats 

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_BEА_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_BEА_BATHY_CHANGE_4B_MULTI_20150805_20160505_MULSR_UTM31.

À propos de cette ressource
Thèmes INSPIRE

Des produits renseignés

- Nom
- Image source
- Date (MM/JJ/YYYY 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 !