

Suivre l'évolution des côtes méditerranéennes dans un contexte de changement climatique : enjeux et expérimentations

Manon Besset¹, Peggy Bucas²

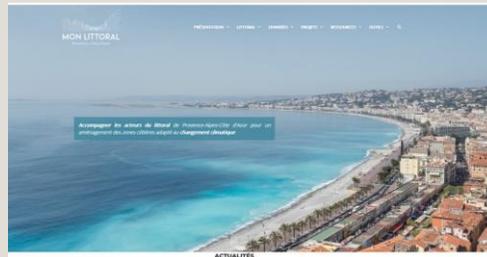
¹i-Sea, France; ²DREAL PACA

Les objectifs de la DREAL PACA à travers la plateforme monlittoral.fr en matière de données satellitaires pour le suivi de l'évolution du trait de côte

Répondre au besoin de connaissance des acteurs du littoral

- Pour favoriser une gestion intégrée du trait de côte
- Pour accompagner l'adaptation des littoraux aux effets du changement climatique
- Pour faciliter la mise en œuvre de la loi Climat et Résilience
- (cartographie du recul du trait de côte par les collectivités inscrites dans le décret associé)

⇒ la plateforme monlittoral.fr, un outil État/Région pour répondre aux besoins des acteurs de la gestion du trait de côte en Provence-Alpes-Côte d'Azur :



- devenir pour la région l'observatoire de référence sur l'acquisition de données régionales et mutualisables
- être un outil d'aide à la décision par le retour d'expériences, les échanges de pratiques, l'offre de formation, etc.
- favoriser la construction de la communauté apprenante des acteurs du littoral en PACA

Divers solutions de suivi de l'évolution du trait de côte, + ou – coûteuses et/ou chronophages

- Levés sur terre : GPS, théodolite, photos avec analyse diachronique
- Levés en mer (bathymétrie) : échosondeur mono ou multifaisceaux, sonar
- Levés aériens (orthophotos, laser aéroporté LIDAR topo et bathy) et images satellites (Pléiades, etc.)

⇒ Pour aller plus loin : [Rapport BRGM 2012 « Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte »](#)



Les objectifs de la DREAL PACA à travers la plateforme monlittoral.fr en matière de données satellitaires pour le suivi de l'évolution du trait de côte

Le cadre partenarial construit avec i-Sea depuis 2020

- Space for Shore : des sites tests en PACA (delta du Rhône (Camargue), lagune de Vérans et embouchure du Grand Rhône, Baie des Lecques, Golfe de Fréjus, Juan-les-Pins), une diffusion des résultats sur monlittoral.fr et via 2 événements publics de présentation des résultats du projet (oct 2020, juillet 2022)
- En projet : Partenariat de Recherche & Développement pour massifier la production de données et développer un nouvel indicateur « aléa avant-côte » en plus de celui lié à l'érosion du trait de côte

Les apports identifiés des images satellites pour le suivi de l'évolution du trait de côte

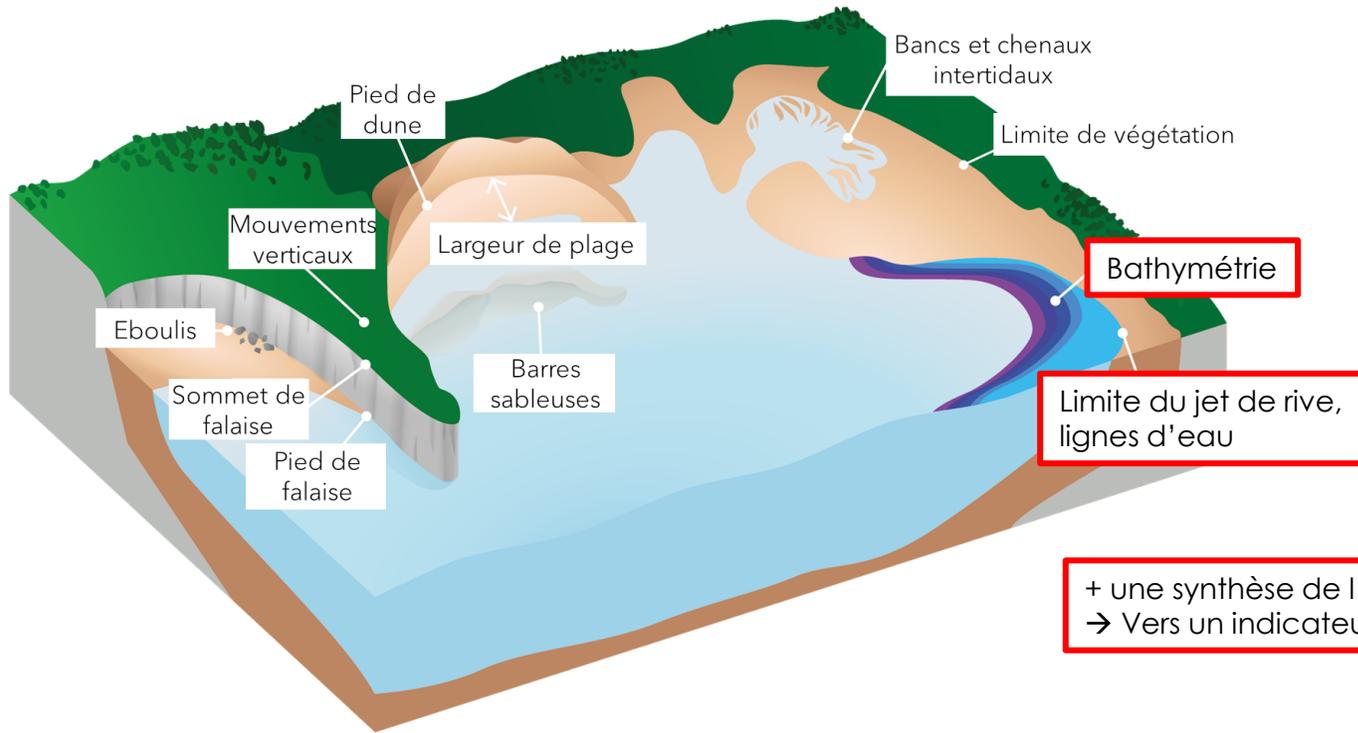
- Données disponibles à haute fréquence avec approche saisonnière possible
- Traitement combiné des données terrestres et maritimes pour l'analyse de l'interface Terre-Mer
- Nombreux millésimes disponibles avec une résolution de plus en plus fine
- Temps de traitement des données raccourci et automatisable, coût plus abordable

Les attentes de la DREAL PACA sur les analyses des données satellitaires à venir

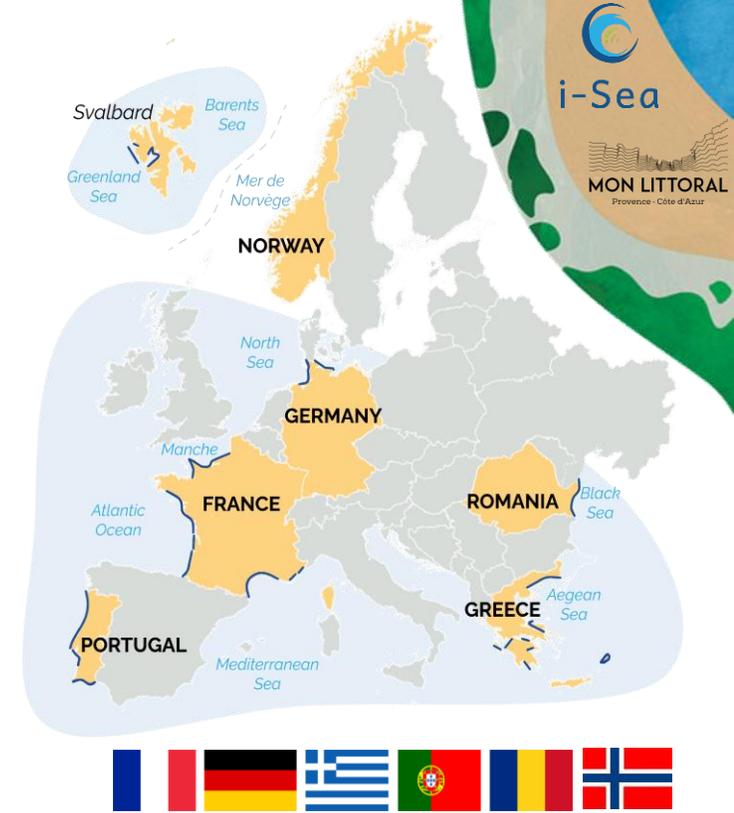
- Production de données régionalisées et standardisées pour faciliter les comparaisons entre secteurs pour avoir une vision exhaustive de l'évolution du littoral (continuum des suivis)
- Produire de la donnée accessible (analysable par tout type d'acteur) et pas seulement compréhensible par les spécialistes (outil de vulgarisation et pédagogique sur l'évolution du TC)



Le projet ESA Coastal Erosion, un tremplin pour l'innovation technologique et l'avancée scientifique au service de l'opérationnel



+ une synthèse de l'information
→ Vers un indicateur d'aléa érosion



>4500 km de côtes
25 années de rétrospective

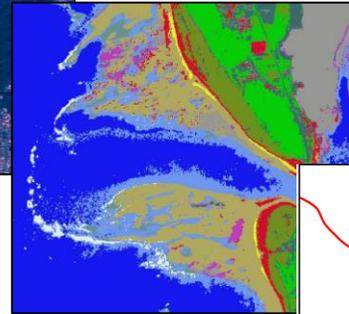
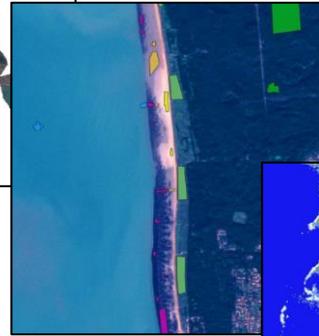
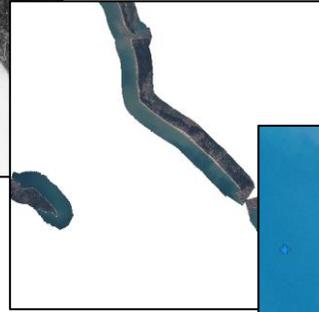
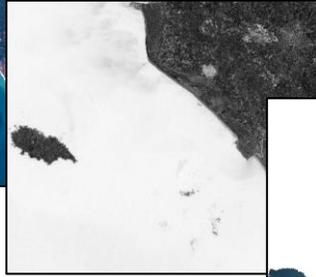
Des **milliers d'images** satellite
~dix **algorithmes**

>70 experts et **gestionnaires impliqués**
>4M€ investis par **l'ESA**

34 en France

L'évolution du trait de côte – un suivi optimisé

De l'image satellite brute...



Objectifs atteints:

- Automatiser
- Standardiser
- Généraliser
- Massifier

Nouveaux défis:

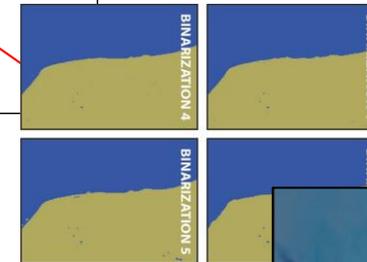
- Traduire l'information pour les prises de décision

Distinction des classes de terre et d'eau

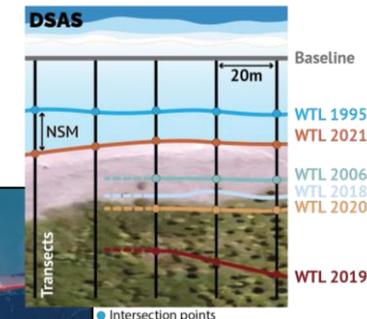
LAND CLASS	WATER CLASS
1. Land	3. Wet sand
2. Dry sand	5. Water
4. Rock flat	6. Surf
7. Building	8. Muddy foreshore
9. Emerged herbarium	10. Shallow water
14. Dune vegetation	11. Turbid water
	12. Water on rock
	13. Submerged herbarium

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

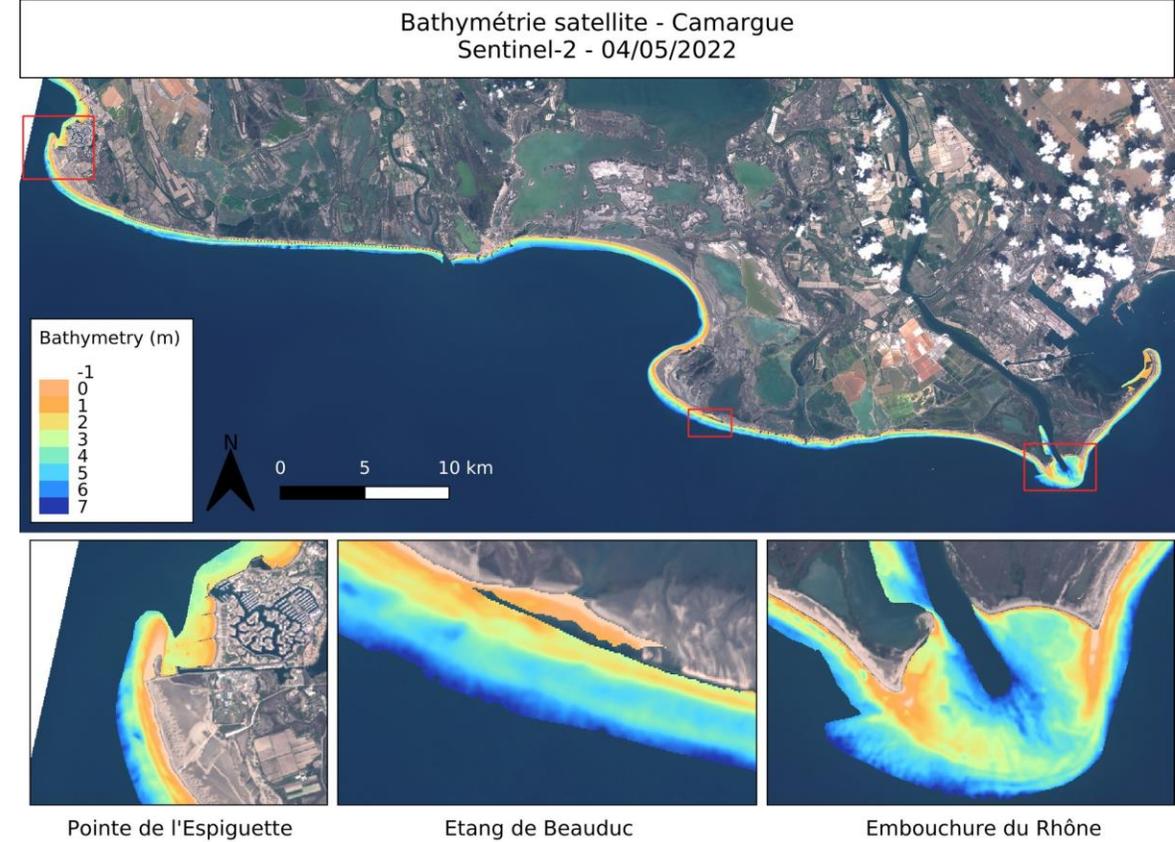
Combinaison multi-dates



Calcul de l'évolution



L'évolution des petits fonds



Objectifs atteints:

- Standardiser
- Généraliser
- Massifier

Nouveaux défis:

- Automatiser l'identification du type de fond et les grandeurs associées
- Généraliser en complétant la couverture des résultats sur fonds hétérogènes

Un contrôle qualité supervisé par les experts



- Résultats toutes années et tous sites du projet confondus

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)

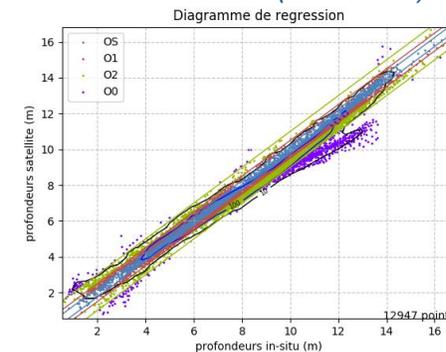
- Au mieux, 0,3 m avec Pléiades
- Au mieux, 0,3 m avec Sentinel-2. En moyenne, 0,4 m.
- Au mieux, 0,4 m avec Landsat

- Sur la région méditerranéenne

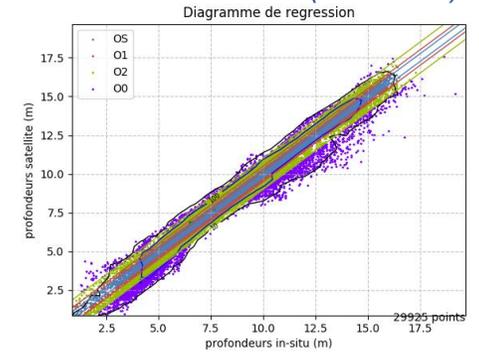
	Limite du jet de rive	Bathymétrie
Menton	1,52 – 3,44 m (Pléiades)	0,50 m (Pléiades) 0,44 m (Sentinel-2)
Cannes	/	0,68 m (Sentinel-2)
Nice	/	0,42 m (Sentinel-2)
Saint-Raphaël	1,3 – 1,6 m (Pléiades) 2,33 – 5,5 m (Sentinel-2)	0,39 m (Landsat-8) 0,28 m (Sentinel-2) 0,32 m (Pléiades)
Camargue	/	0,49 m (Sentinel-2)
Occitanie	2,78 m (Frontignan) 4,65 m (Sète) (Sentinel-2)	0,31 m – 1,09 m (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.

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



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



Indice d'exposition à l'aléa d'érosion côtière

Boîtes de calcul (A)

- Méthode inspirée de (e.g) *Juigner et al., 2021*
- Intervalles variables (500m, 20m...)

Indicateur d'aléa (B)

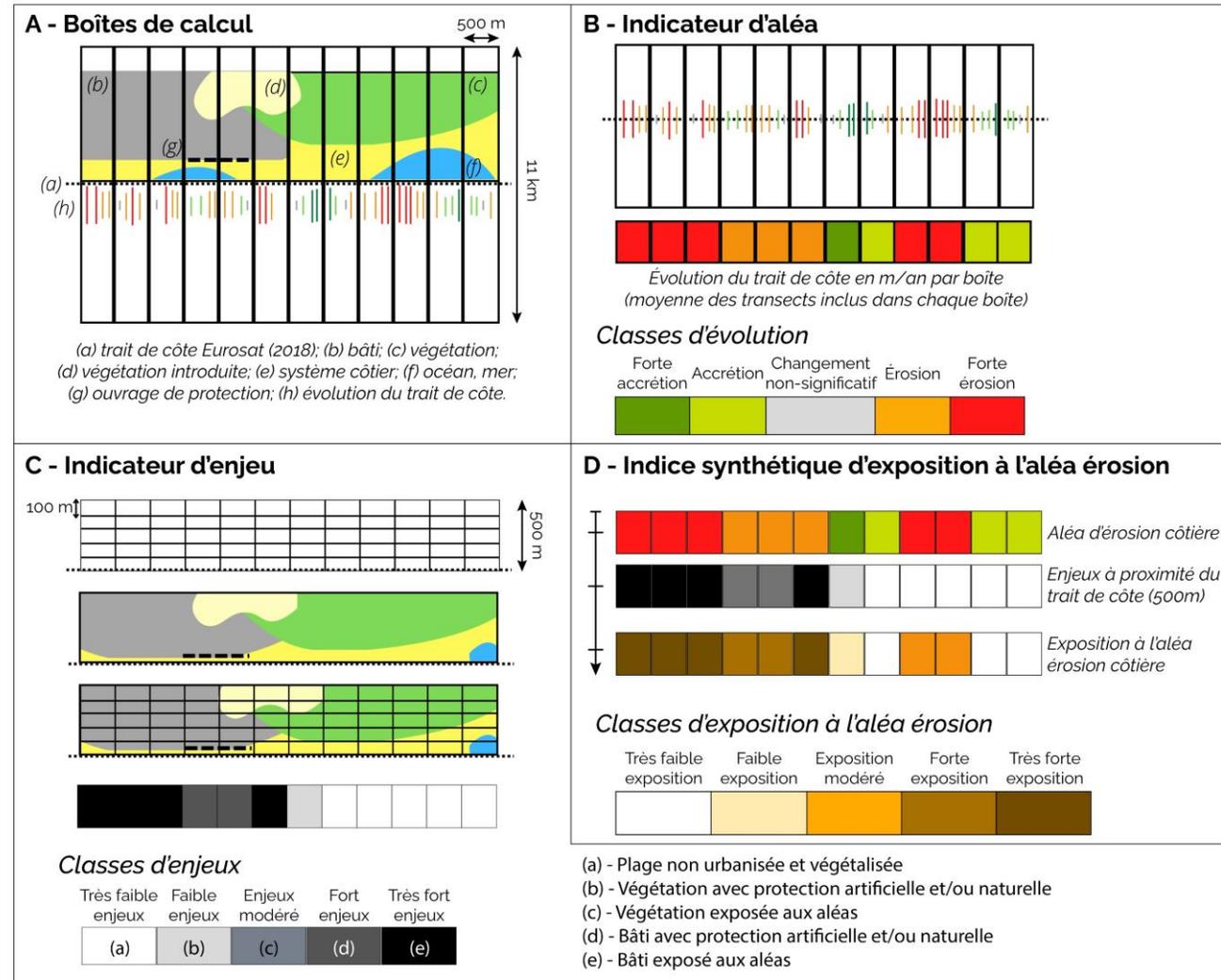
- Extrait de la base de données **Space for Shore** = dynamique du trait de côte
- Couverture spatio-temporelle variable

Indicateur d'enjeu (C)

- Segmentation de la bande côtière (100m) = pondérer l'exposition des enjeux en fonction de leur distance au trait de côte
- Extrait de CORINE Land Cover (2018)

Indice d'exposition à l'érosion côtière (D)

- Agrégation des données d'aléa et d'enjeux

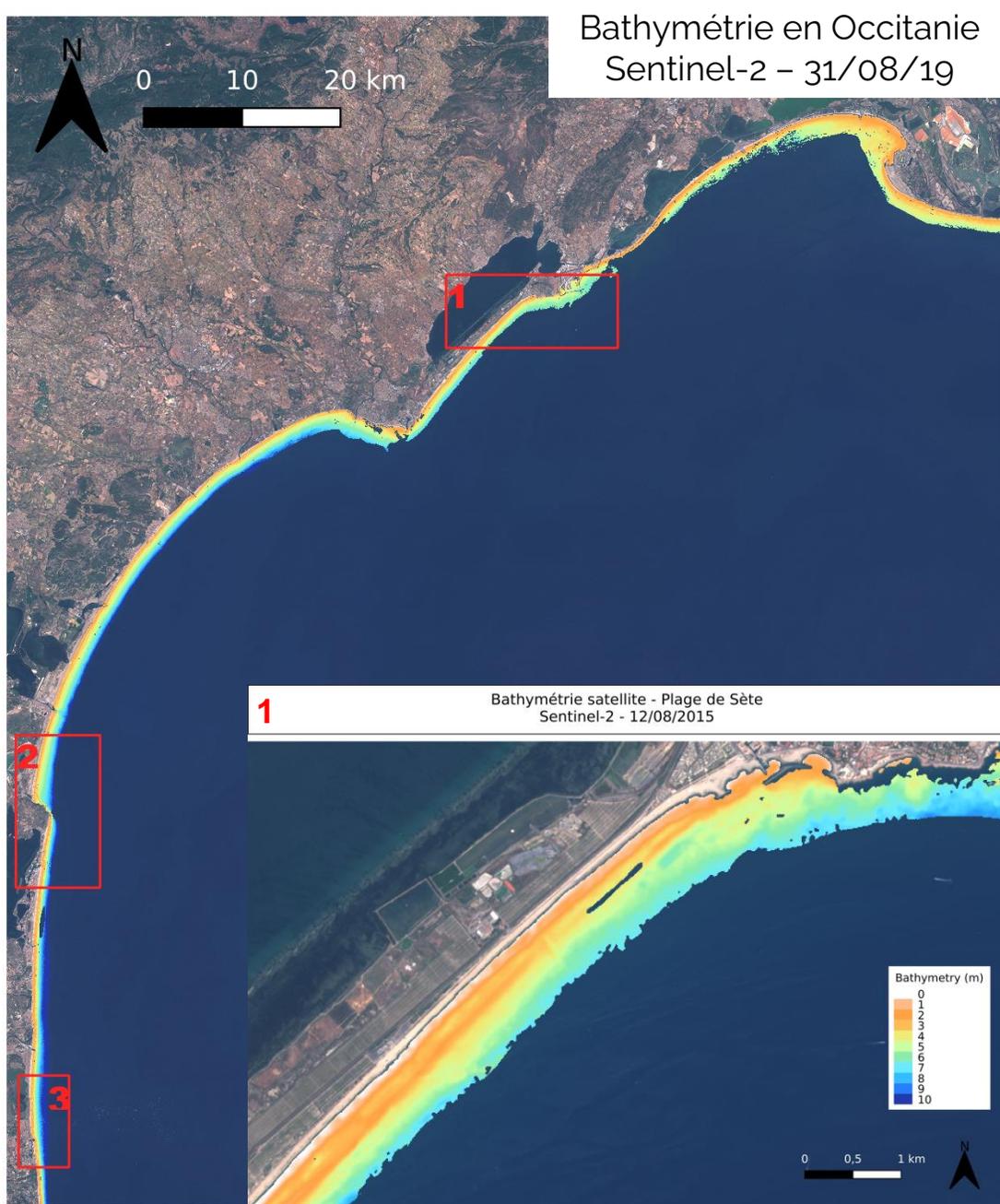


Objectifs atteints: Standardiser Généraliser Actualiser

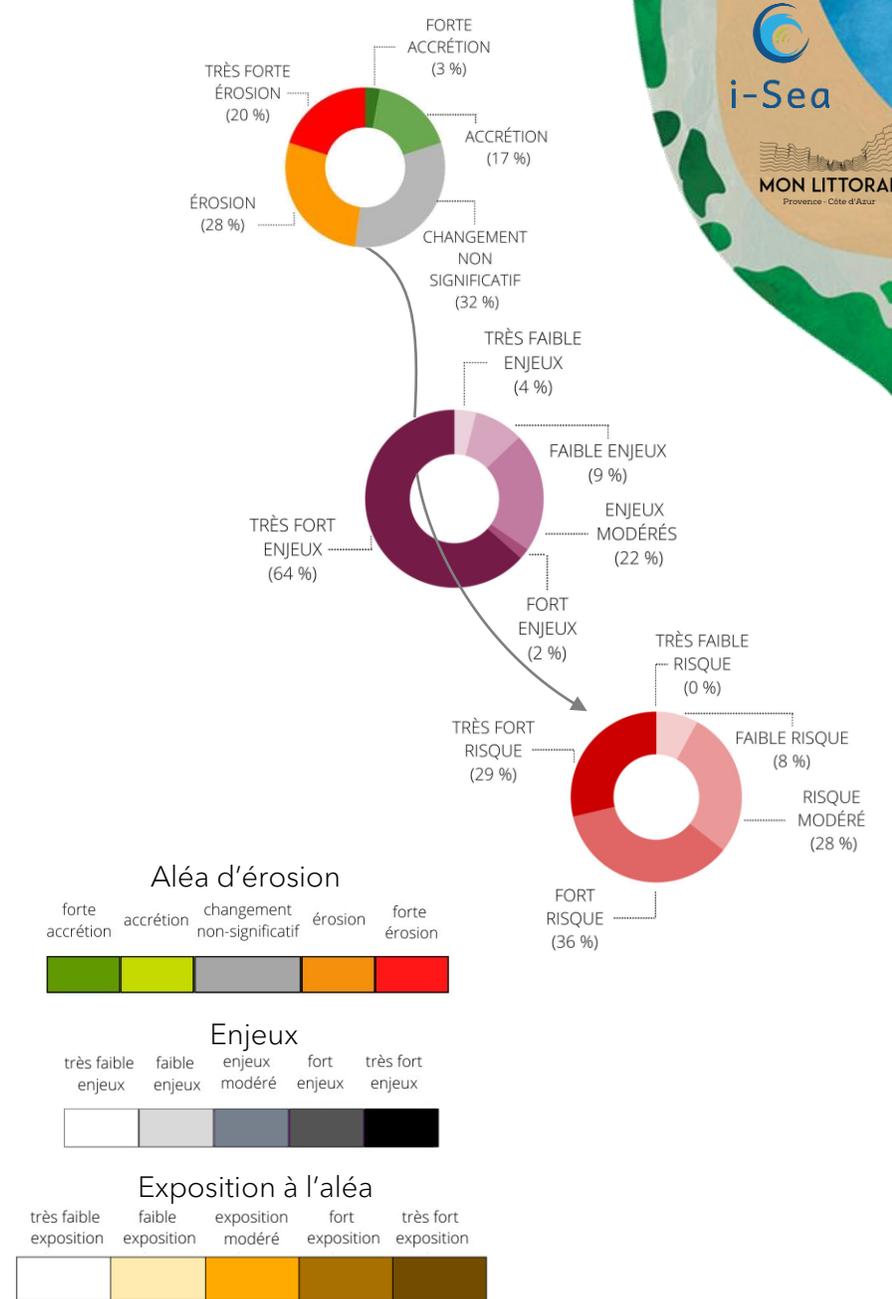
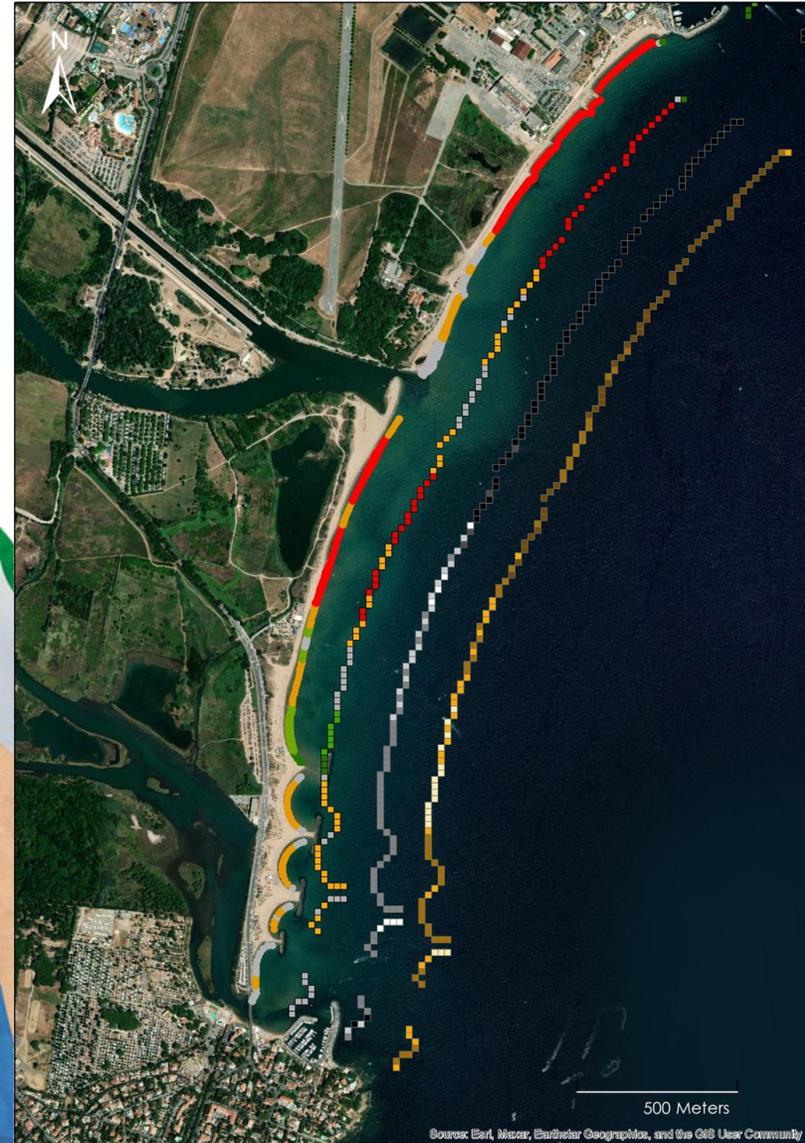
Nouveaux défis: Automatiser Adapter à l'échelle et aux enjeux Intégrer l'aléa érosion sur l'avant-côte

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

Succès :
Bathymétrie à l'échelle régionale



L'aléa : exemple de Saint-Raphaël



Nos positions basées sur les atouts du satellite et les outils développés

- Pour estimer le futur de nos littoraux, nous pouvons :
 - Connaître le passé → plusieurs décennies d'archives
 - Dimensionner les enveloppes de confiance → la haute fréquence de l'acquisition satellitaire estimer les tendances et les variabilités à différentes échelles
- Pour aider les communes et leurs acteurs à agir sur la cartographie des risques (Loi Climat), nous devons :
 - Synthétiser l'information
 - Permettre l'appropriation et l'ajustement → adapter aux enjeux locaux et aux échelles spatiales et temporelles
 - Actualiser au gré des besoins
 - Tirer profit de la couverture spatiale → s'affranchir des limites administratives pour suivre la dynamique morpho-sédimentaire

Les nouveaux défis R&D que nous relevons

- Contourner les limites de l'optique pour des bathymétries complètes
- Viser le continuum méditerranéen
- Intégrer la dynamique proche-côtière dans l'indice d'exposition à l'aléa érosion
- Confirmer le suivi haute-fréquence de littoraux hétérogènes
- Rendre les résultats accessibles, compréhensibles, pédagogiques

Toujours en étroite collaboration avec l'expert scientifique et l'acteur opérationnel