

# Suivi de la dynamique littorale par satellite

Extraction automatisée d'indicateurs de la position du trait de côte à partir de données spatiales

**Webinaire Technique - Usage de la télédétection pour le suivi de l'évolution du trait de côte**

Valentin PILLET | i-Sea

Vendredi 30 juin 2023



[valentin.pillet@i-sea.fr](mailto:valentin.pillet@i-sea.fr)

# Un déploiement européen

L'AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE



**70 experts  
et gestionnaires**  
impliqués



**Des milliers  
d'images satellites**



**Une dizaine  
d'algorithmes**



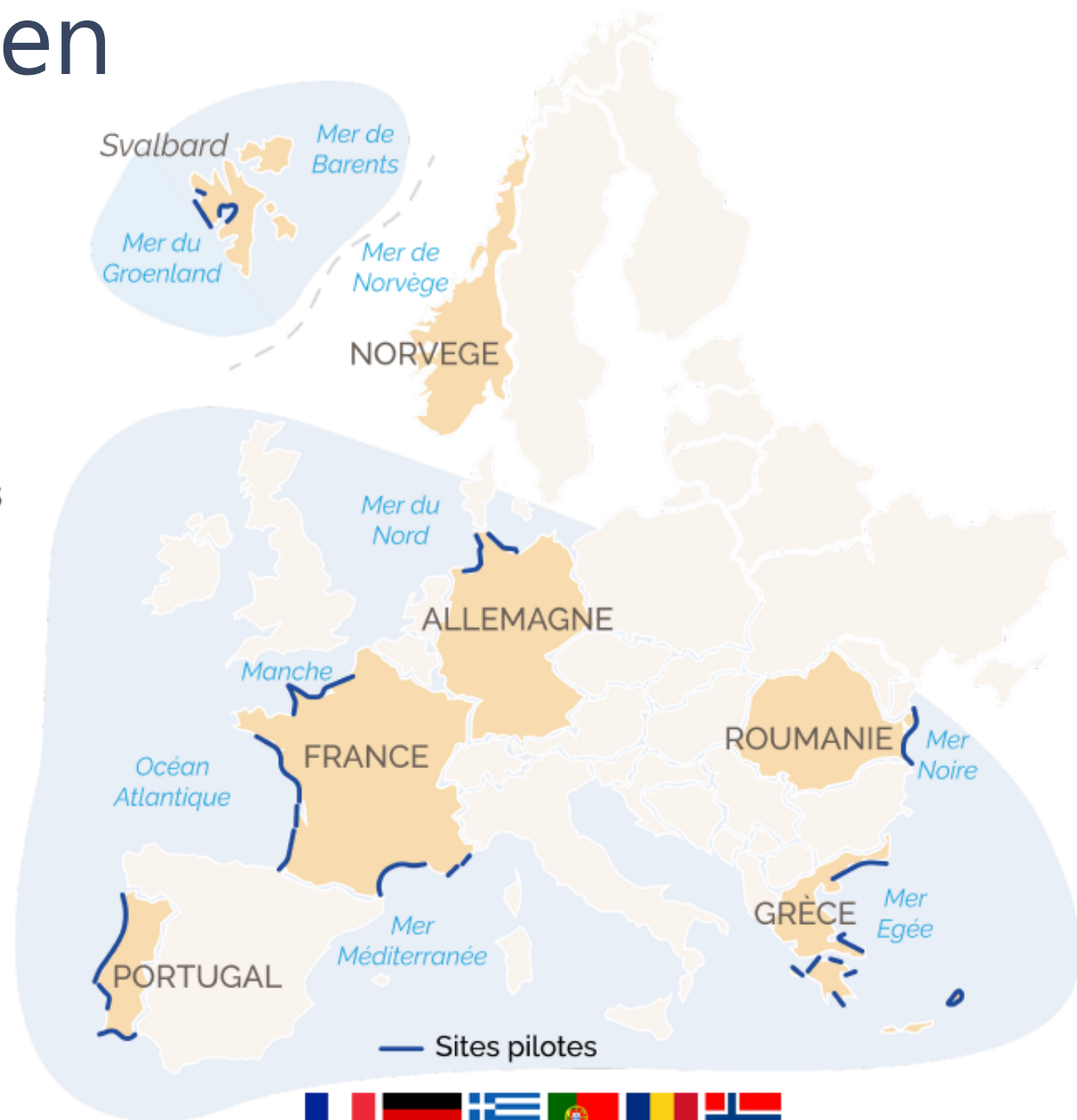
**~4500km  
de littoral**



**4M€ investis  
par ESA**



**25 années  
de rétrospective**



**ESA Coastal Erosion Project**

European Space Agency

# Nos partenaires français

Une **collaboration accrue** avec les **gestionnaires du littoral** et les **institutions** dans la majorité des **régions littorales métropolitaines**

Définir collectivement les besoins en terme d'indicateurs de la dynamique littorale

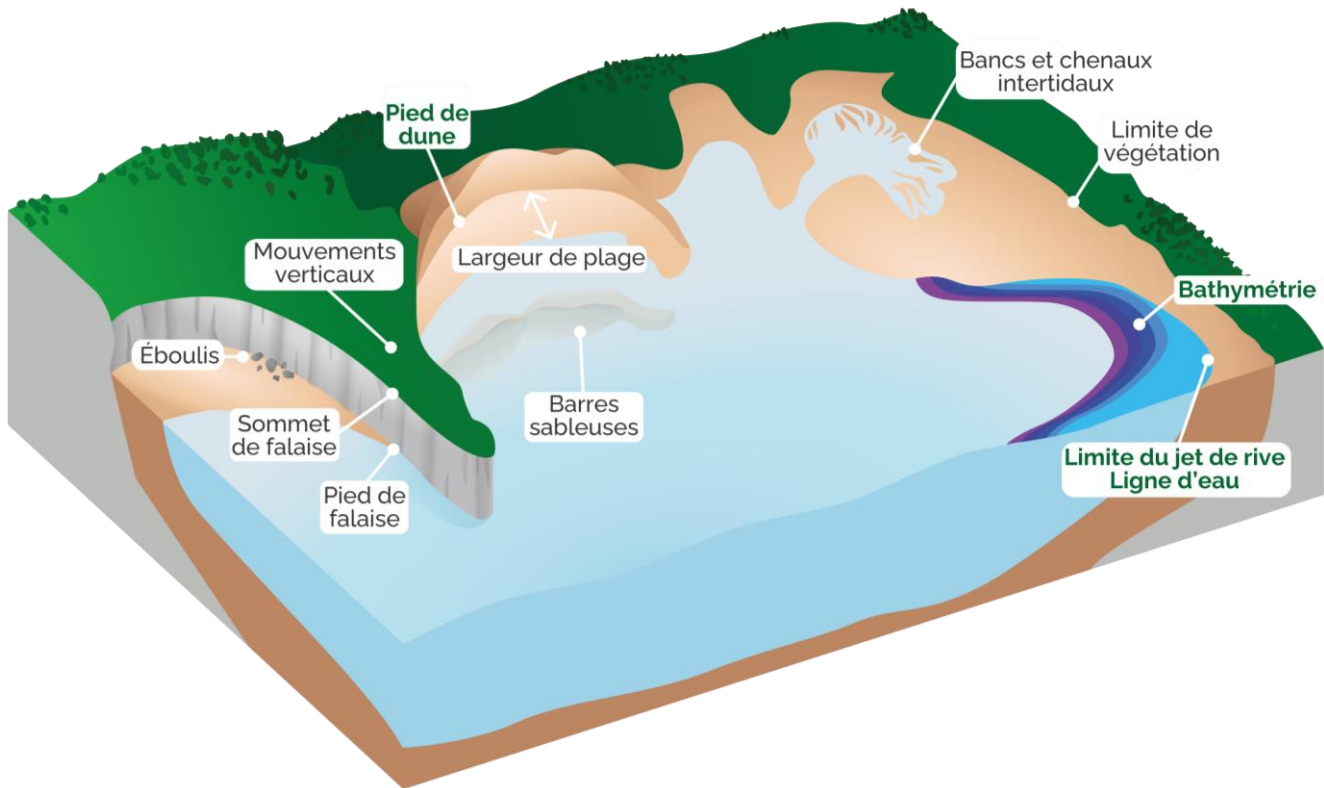
Répondre au mieux aux attentes des gestionnaires

Apporter à terme une solution clé-en-main au bénéfice des gestionnaires



# Besoins identifiés par les gestionnaires

- **Collecte européenne** des besoins, exhaustif en termes d'indicateurs et de capacité du spatial
- Plus de 10 indicateurs identifiés au total



## Les produits les plus demandés pour accompagner les pratiques actuelles et futures

| Famille           | Indicateurs                     | France       |
|-------------------|---------------------------------|--------------|
| Avant-côte        | Bathymétrie                     | Très demandé |
|                   | Barres d'avant-côte             | Peu demandé  |
|                   | Détection de sable              | Peu demandé  |
| Trait de côte     | Pied de dune                    | Très demandé |
|                   | Jet de rive                     | Très demandé |
|                   | Ligne d'eau                     | Très demandé |
|                   | Limite de végétation            | Peu demandé  |
| Multi-indicateurs | Largeur de plage                | Peu demandé  |
|                   | Indice d'exposition à l'érosion | Peu demandé  |
| Côtes rocheuses   | Lignes de falaise               | Peu demandé  |
| Zone intertidale  | Bancs intertidaux               | Peu demandé  |

| Peu demandé |  | Très demandé |  |
|-------------|--|--------------|--|
|             |  |              |  |

# Les demandes qui reviennent fréquemment

« Aider dans l'élaboration locale de la stratégie de gestion et d'intégration du risque d'érosion »

« Comprendre la dynamique côtière dans une zone où peu de données existent »

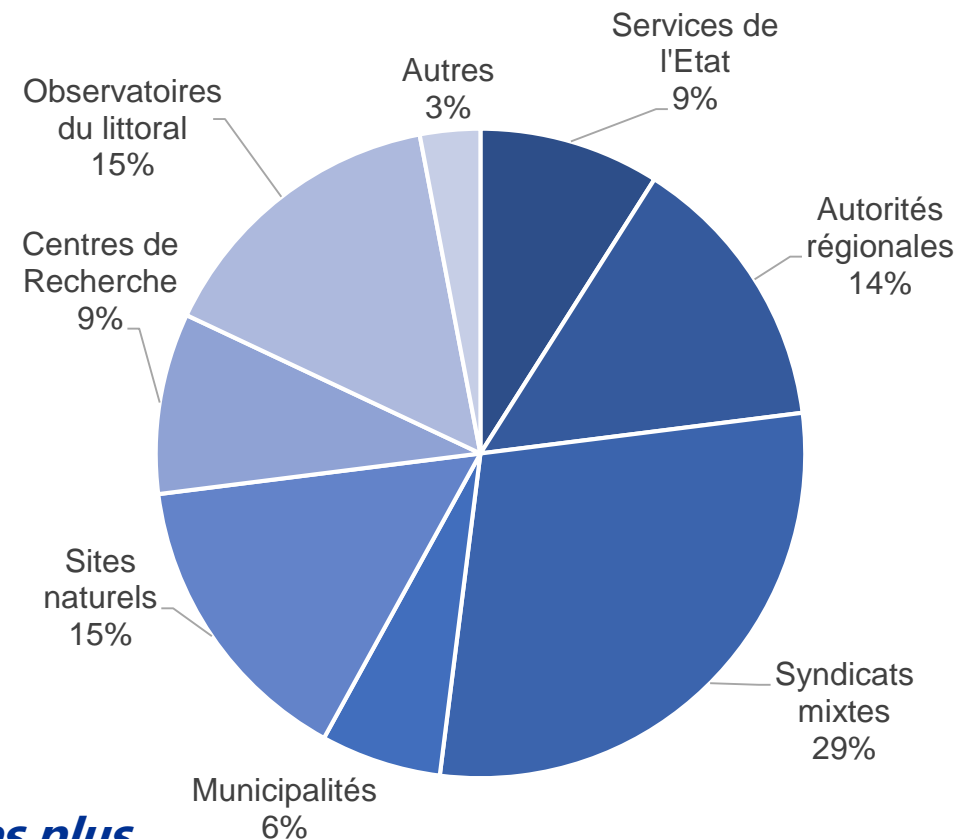
« Gérer les stocks sableux »

« Surveiller à **haute fréquence**, saisonnière et post-tempête »

« Accompagner, par l'alimentation en **données homogènes et en suivi standardisé**, la création d'un observatoire régional »

« Aider à l'identification des **indicateurs côtiers les plus pertinents à surveiller** »

« Rendre **l'information accessible au grand public** »



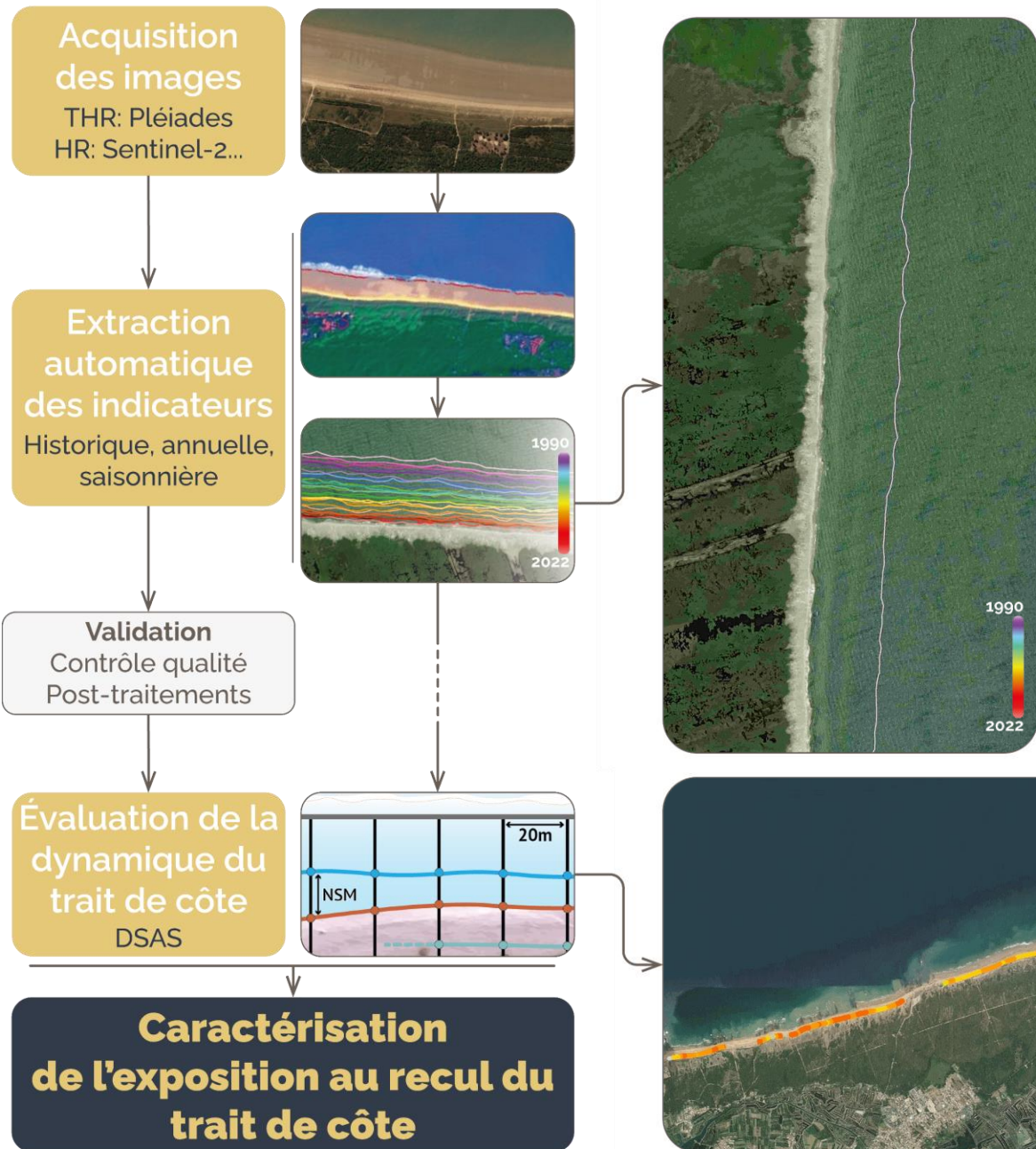
# Suivi de la position du trait de côte

Indicateurs pertinents, adaptés aux sites d'étude et aux pratiques déjà en place

**Fréquences d'acquisition multiples et haute réactivité**

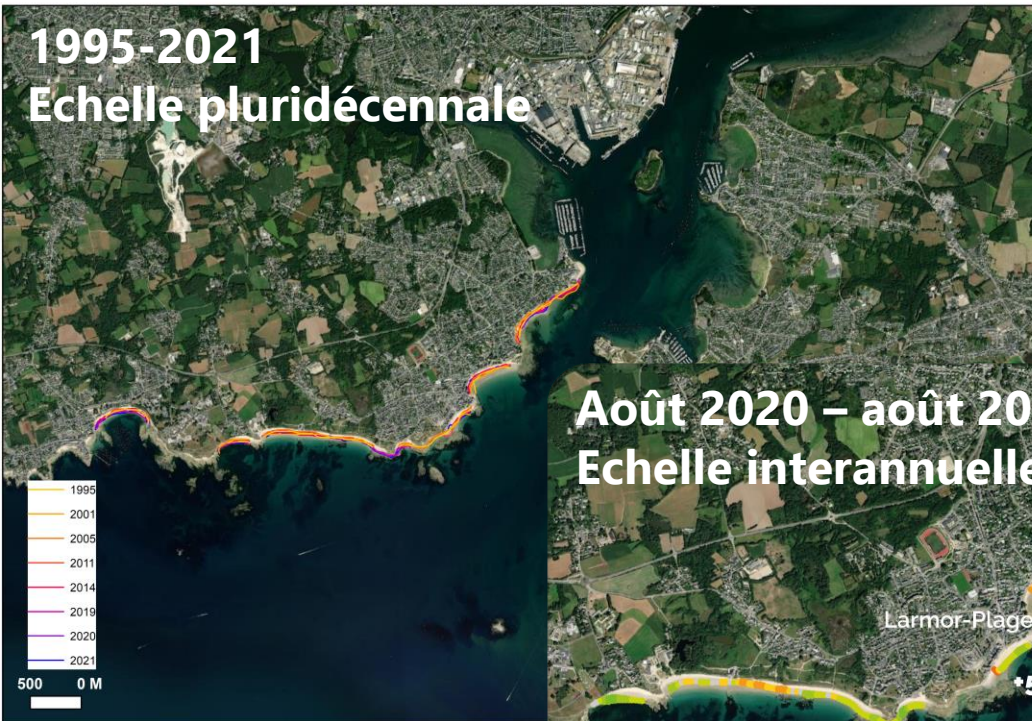
- **Rétrospective** de 25 à 30 années
- **Haute fréquence**
- Évaluation des **impacts des tempêtes**

Ex.: Jet de rive et pied de dune



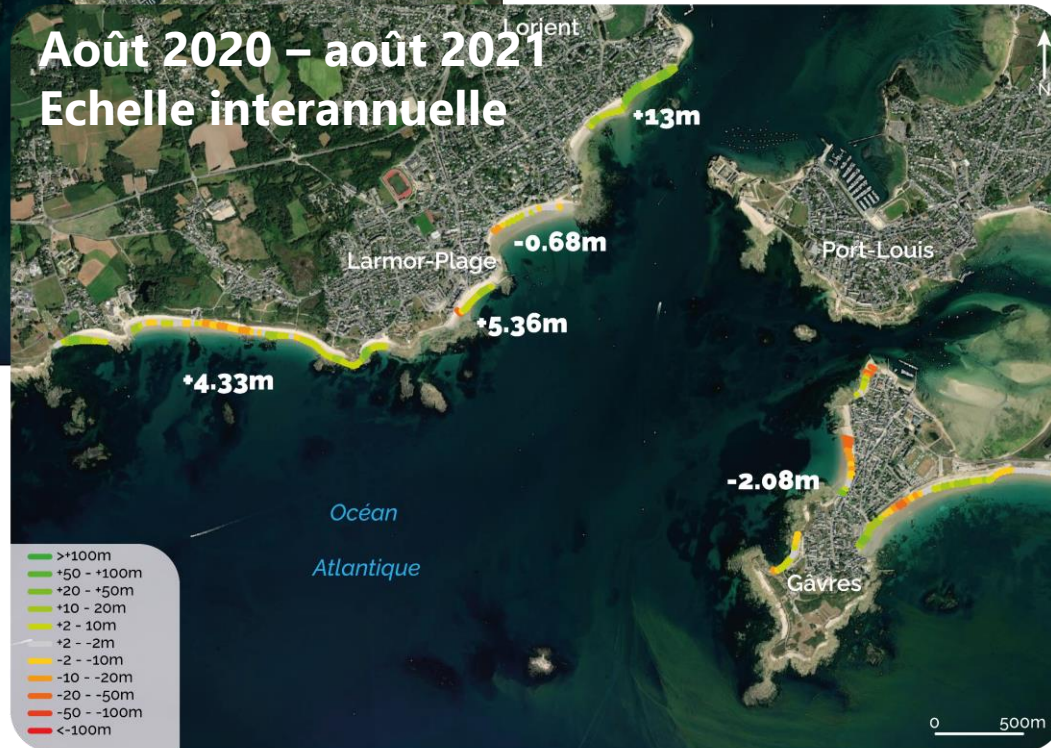
# Exemples de résultats : jet de rive

1995-2021  
Echelle pluridécennale



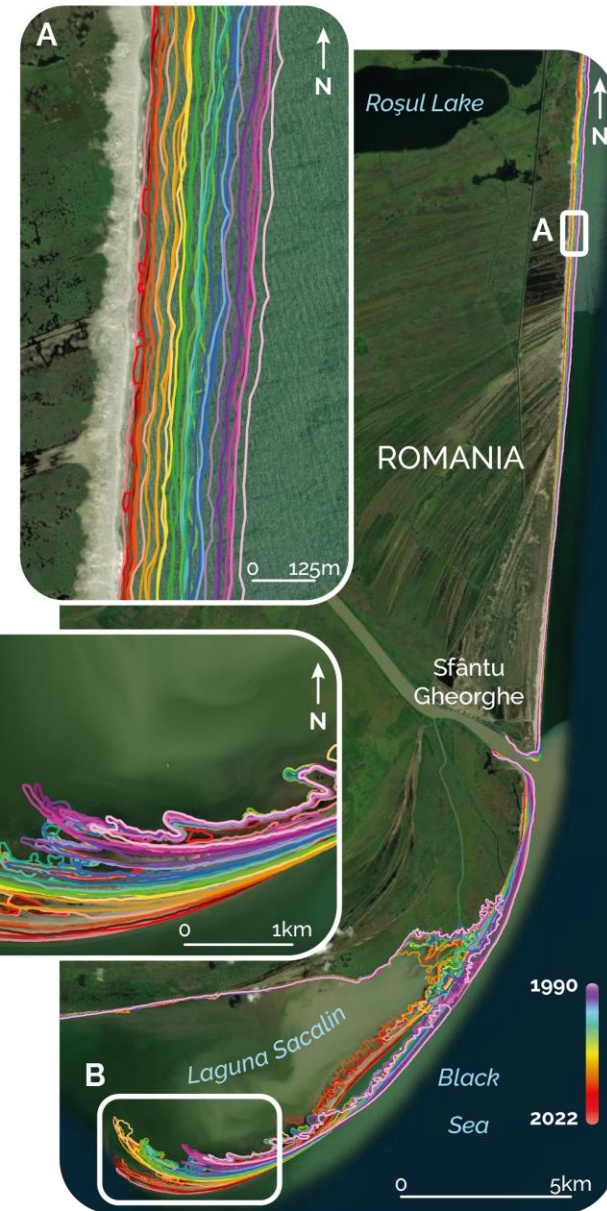
Landsat, Spot,  
Sentinel-2, Pléiades

août 2020 – août 2021  
Echelle interannuelle



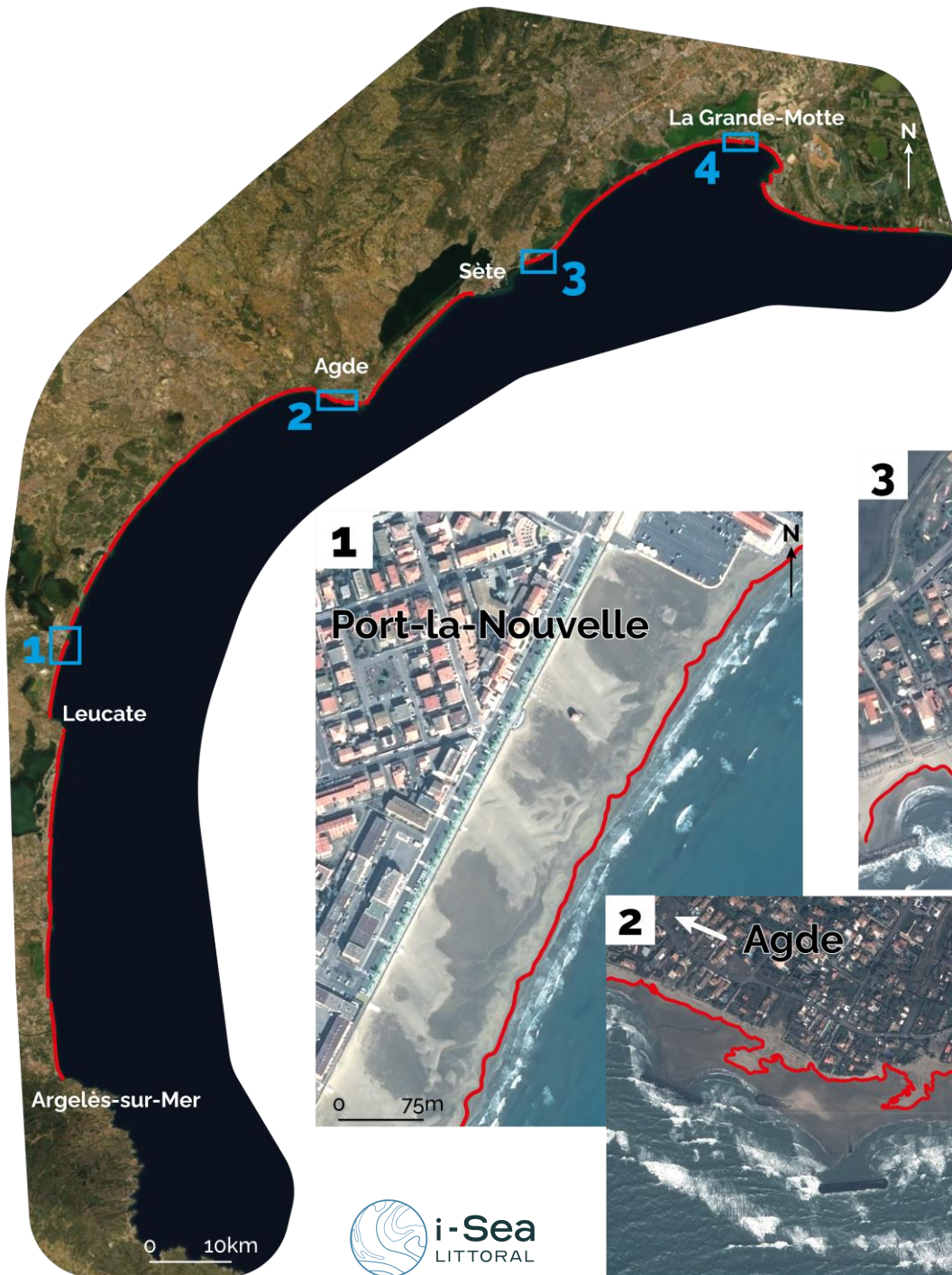
Multi-échelles spatio-temporelles

Capturer l'ensemble des variations du trait de côte



# Jet de rive

Très haute résolution - Images Pléiades



## Extraction du jet de rive

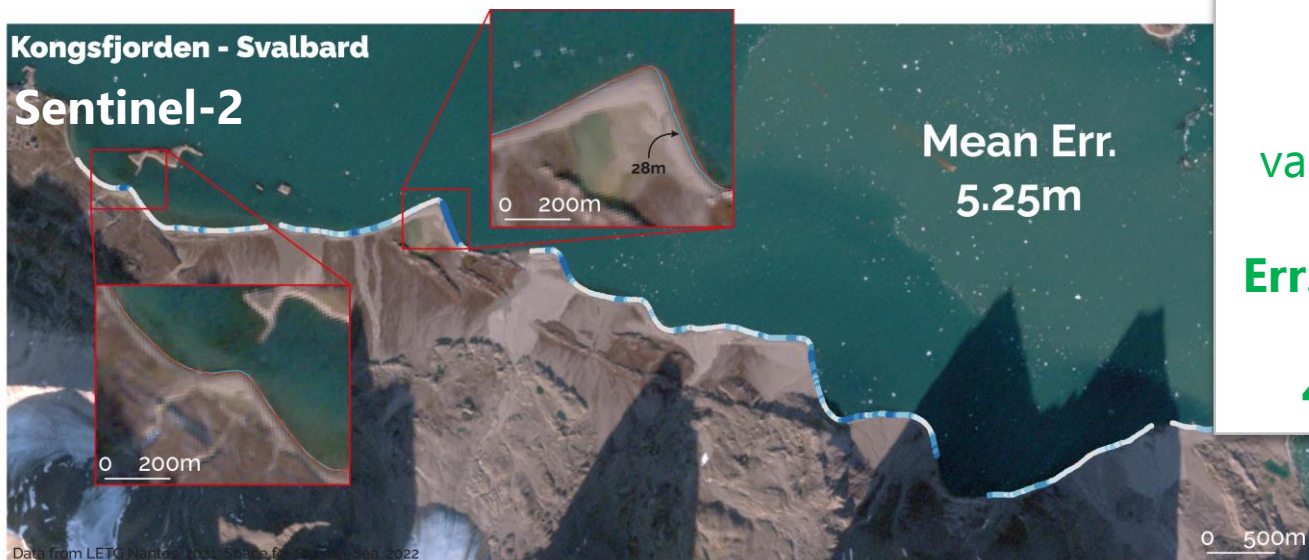
- 191 km de côtes sableuses
- Images **Pléiades** mars/avril 2022
- **THR** = position détaillée de l'excursion maximale, notamment par forte mer (et/ou tempêtes)



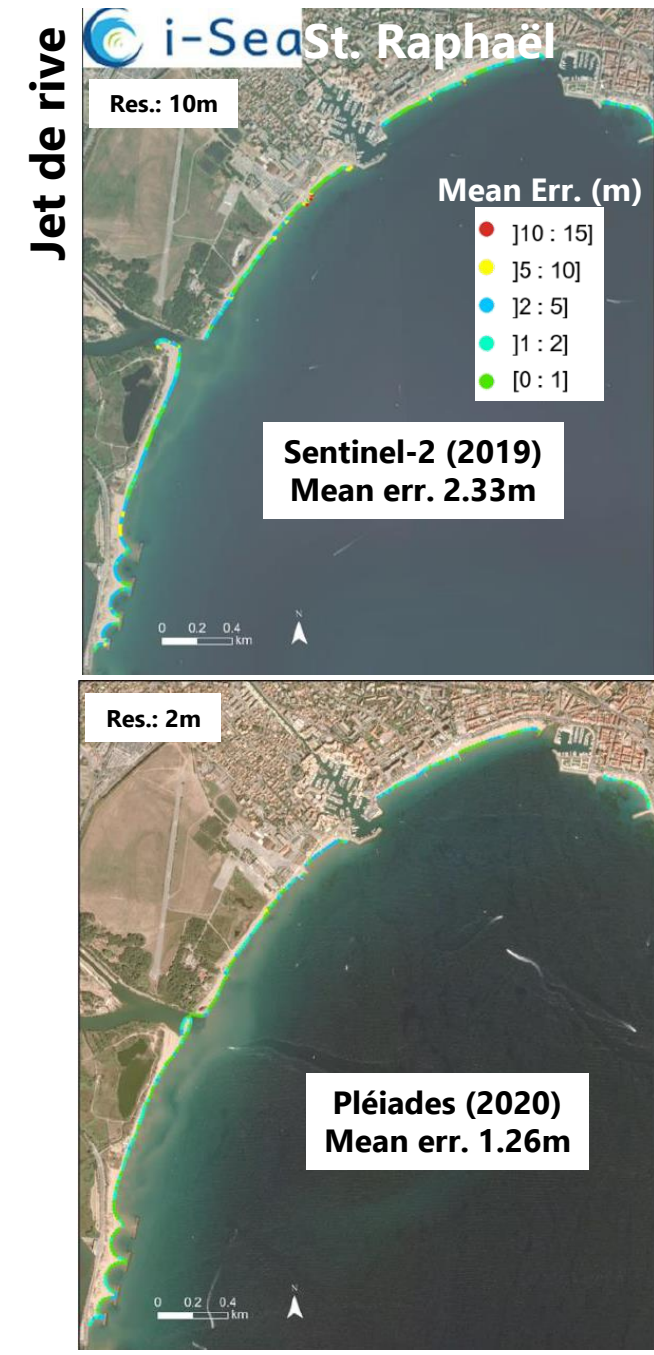
# Incertitudes - Ligne d'eau & jet de rive

- Les produits liés à la ligne d'eau / jet de rive ont été validés
  - Dans 6 pays
  - Sur plus de 800km de littoral
  - Pour 85 dates

Waterline



**Chiffres clés**  
 Médiane  
**6.79m**  
 72% des validations < 10m  
**Err. Moy. Absolue**  
**1.26m Min.**  
**49.59m Max.**



| Study site         | Satellite Data  |                   | Validation data          |                      | Validation results |          |          |                    |
|--------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|----------|----------|--------------------|
|                    | Data source     | Date              | Validation data provider | Validation data date | RMSE               | BIAS     | Median   | Mean absolute err. |
| Kongsfjorden       | Sentinel-2      | 08/14/2021        | LETG                     | 08/23/2021           | /                  | 4,20     | 4,73     | <b>5,25</b>        |
| St. Raphaël        | Sentinel-2      | June 2019         | CAVEM                    | June 2019            | /                  | /        | /        | <b>2,33</b>        |
| <b>St. Raphaël</b> | <b>Pléiades</b> | <b>04/09/2020</b> | <b>CAVEM</b>             | <b>03/09/2020</b>    | <b>/</b>           | <b>/</b> | <b>/</b> | <b>1,26</b>        |

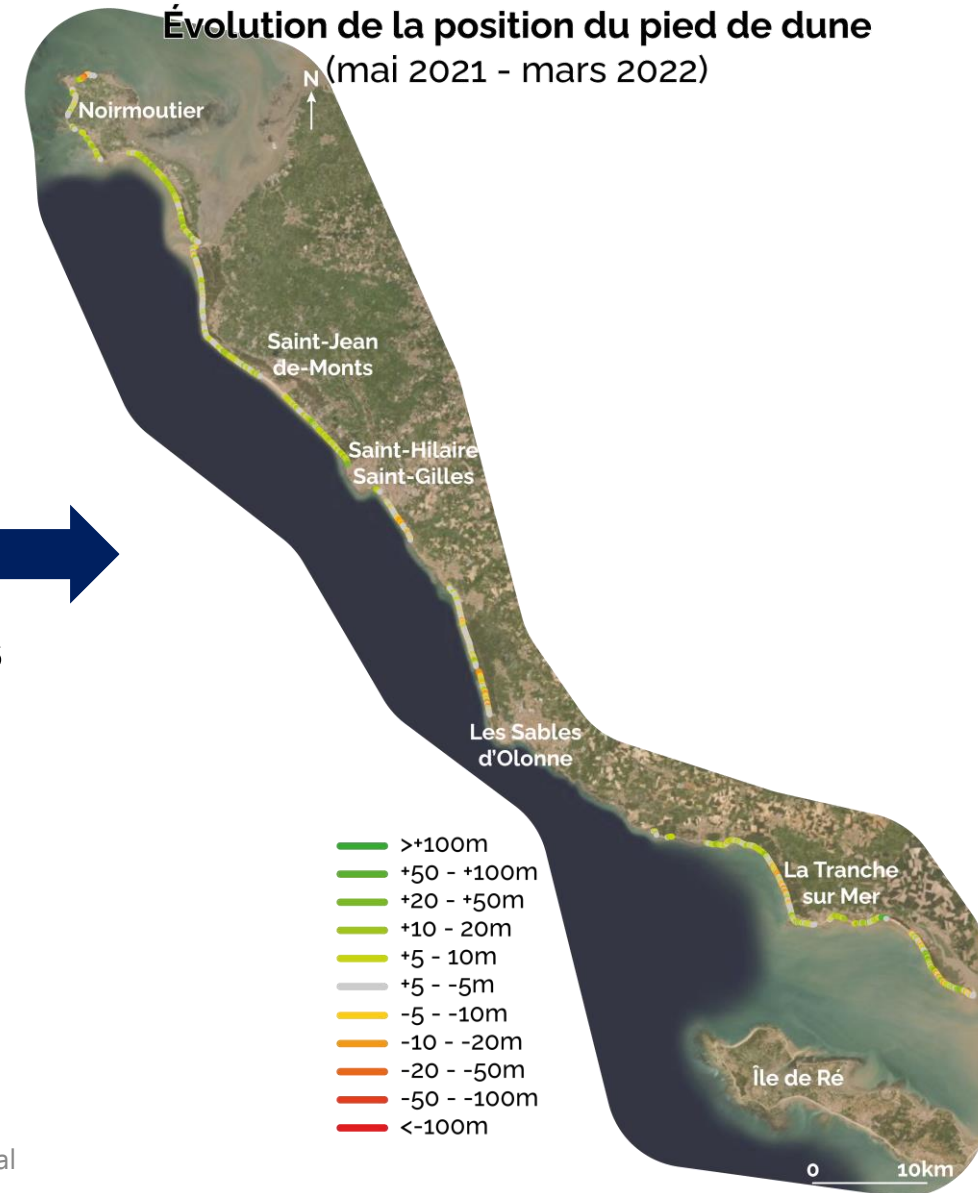
# Exemple - Détection du pied de dune en Vendée

- Sur 80 km
- Entre 1995-2022
  - 1 fois par an
    - Massif dunaire au nord des Sables Olonne: 4x par an (2018-2021)

Évolution de la position du pied de dune  
(mai 2021 - mars 2022)



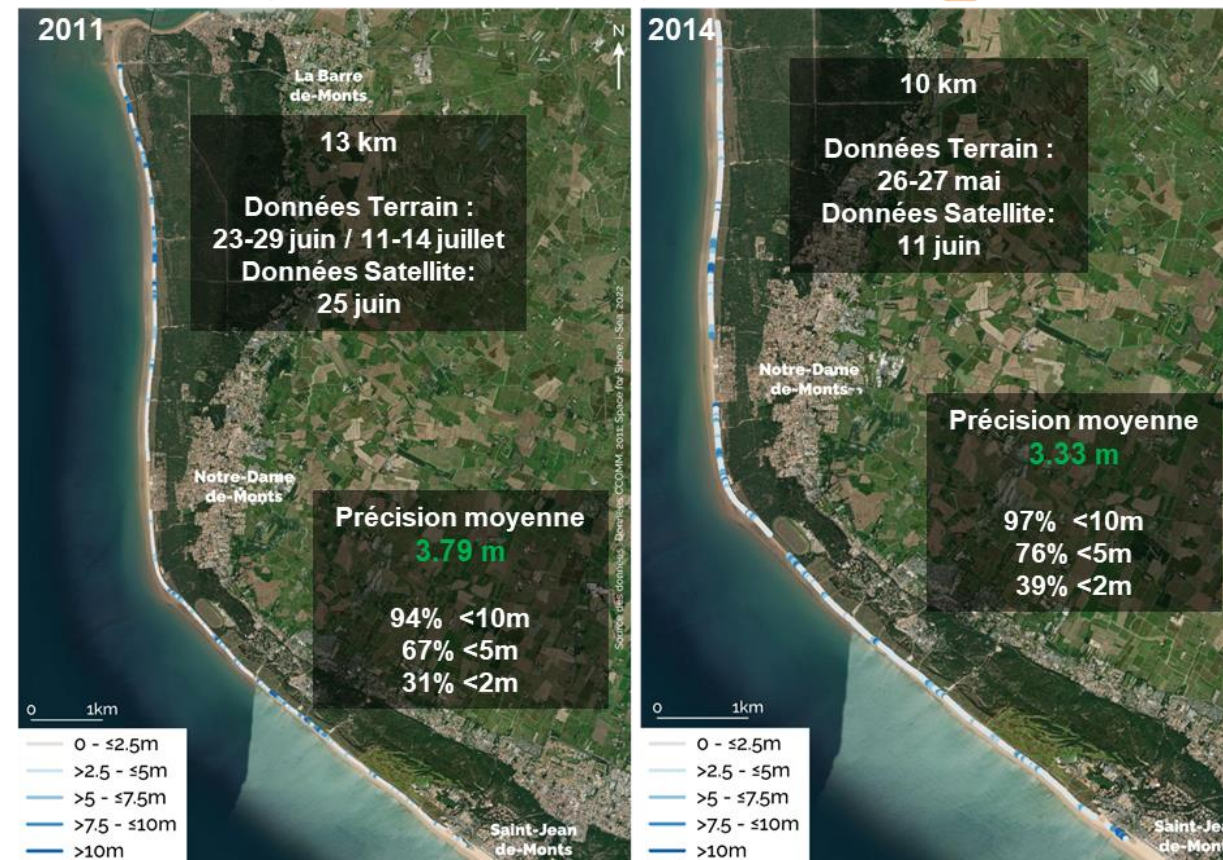
Détection des évolutions



# Comparaison avec des données terrain – Pied de dune

Exemple

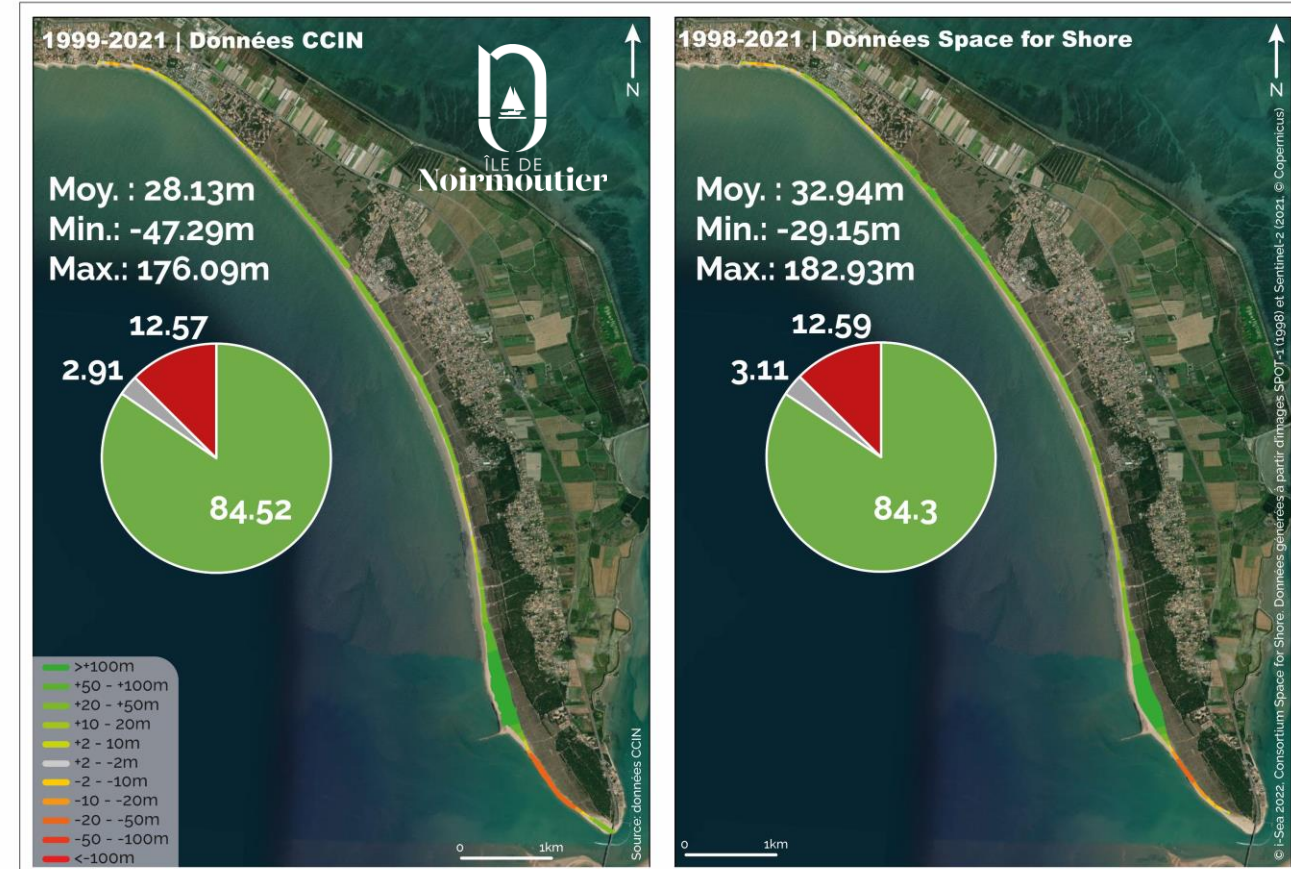
Position du pied de dune – Spot 5 – 10 m 



Écarts les plus importants = végétation pionnière, accès plage...

Exemple

Position du pied de dune – Sentinel-2 – 10 m

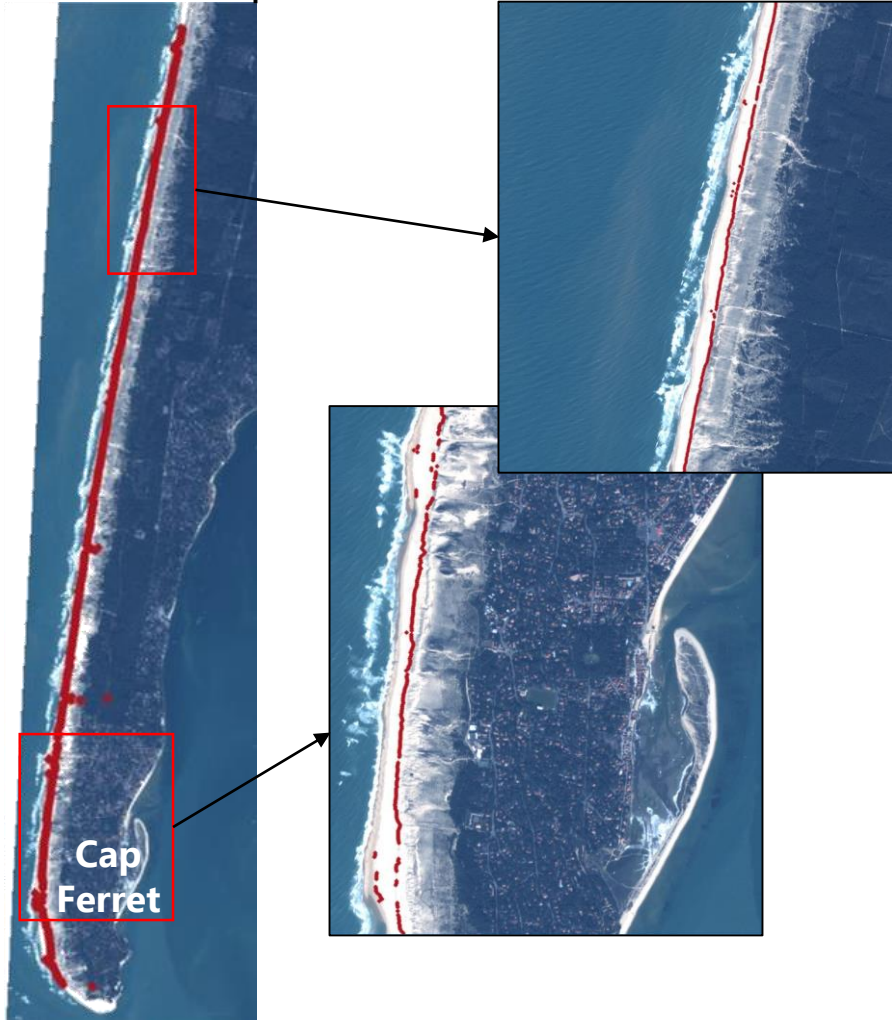


Évolutions comparables entre données in situ et données satellites

# Comparaison avec des données terrain – Pied de dune

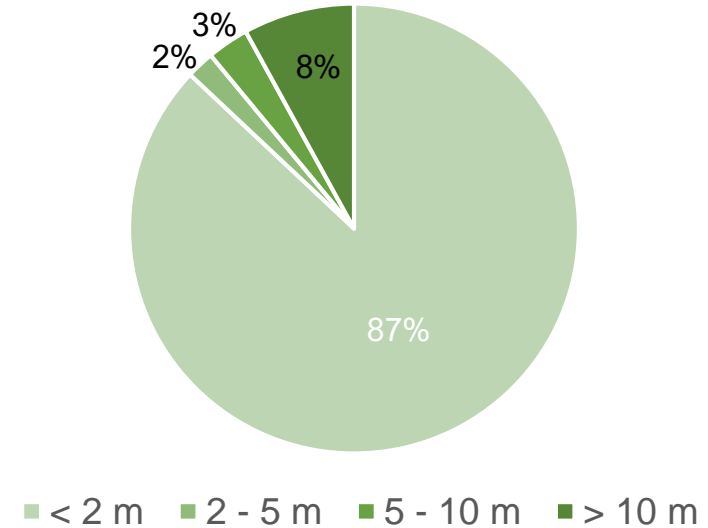
Exemple

Position du pied de dune – Pléiades – 2 m



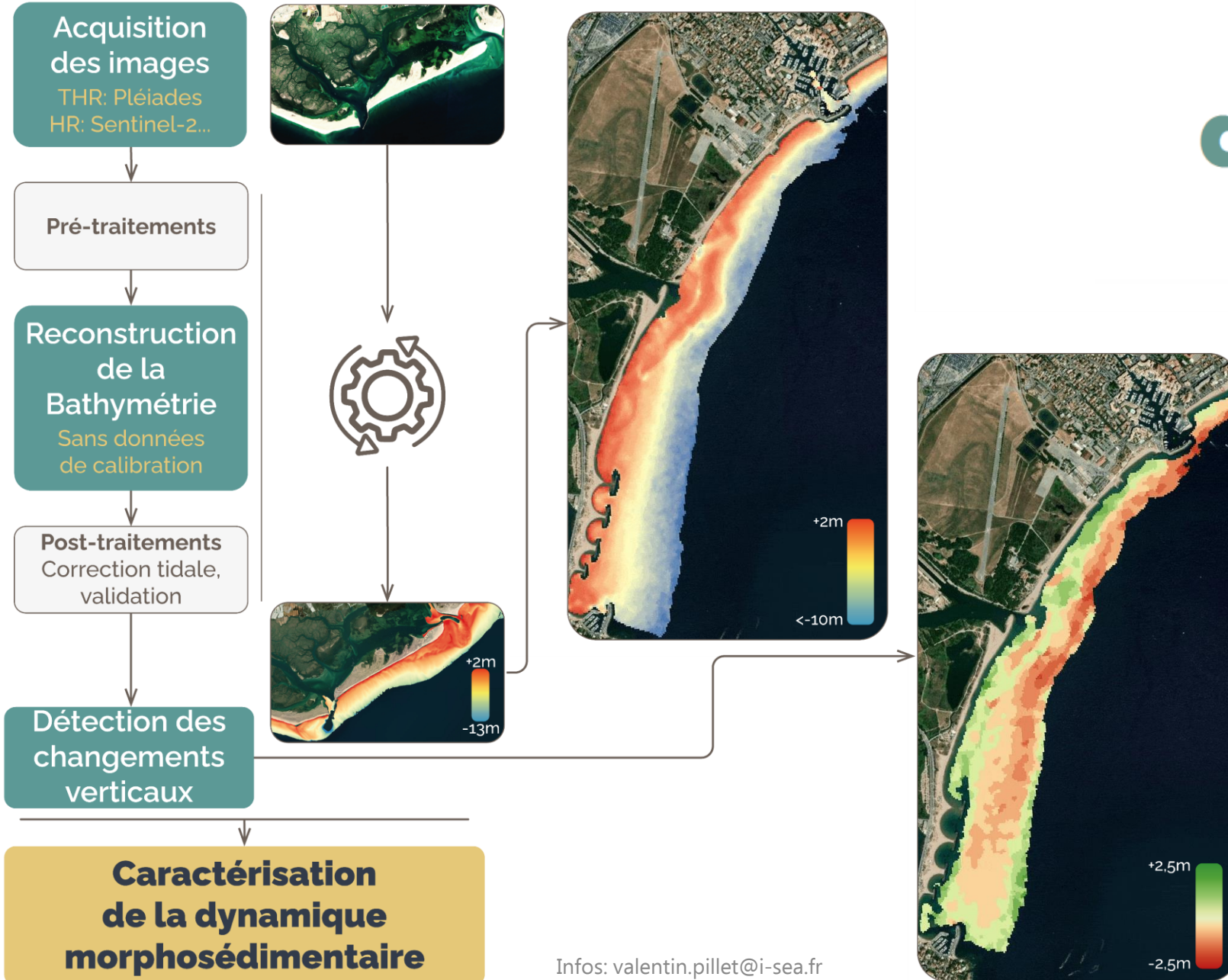
## Une précision accrue avec des images THR

Distance pied de dune GPS –  
pied de dune Pléiades  
(1409 points de contrôle)



Des faux positifs (err. > 10m) faciles à détecter visuellement et nettoyer.

# Autres applications



# Suivi de la dynamique de l'avant côte

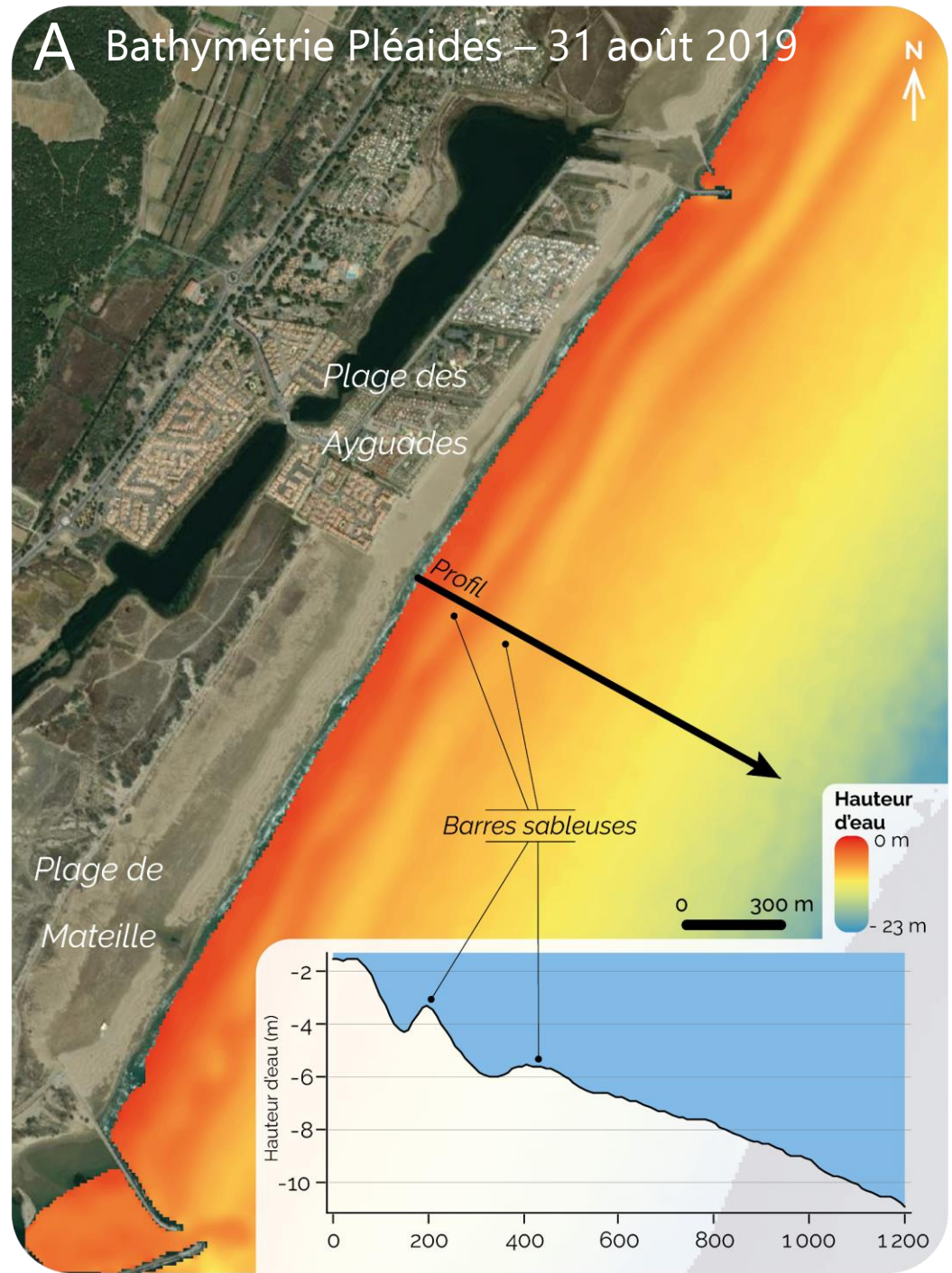
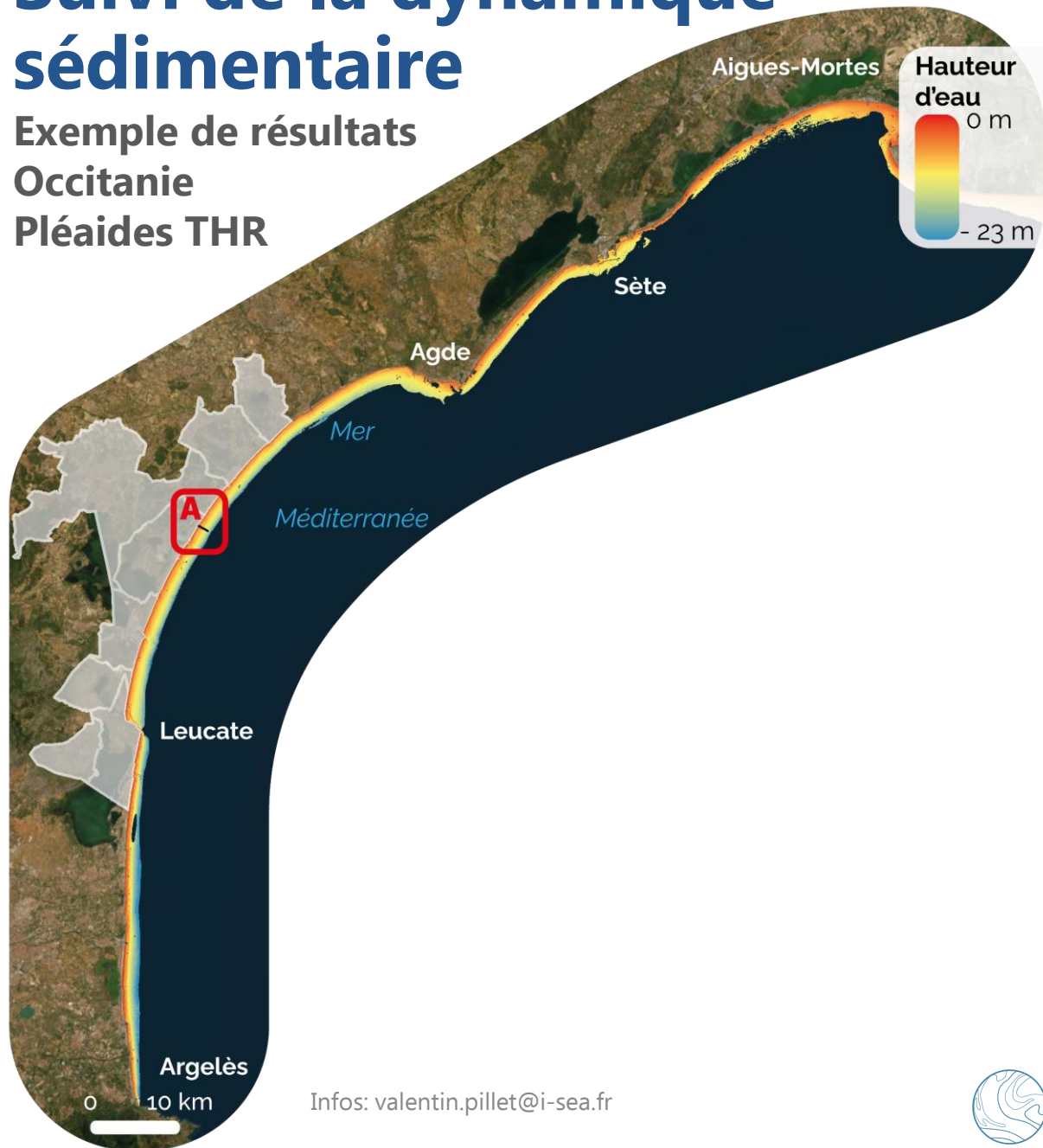
Reconstruction de la bathymétrie

- **Dynamique** morpho sédimentaire de l'avant plage
- **Signaux précurseurs** de l'érosion côtière
- Présence de **stocks sédimentaires**
- **Haute fréquence**
- **Sans** données de **calibration**

Infos: valentin.pillet@i-sea.fr

# Suivi de la dynamique sédimentaire

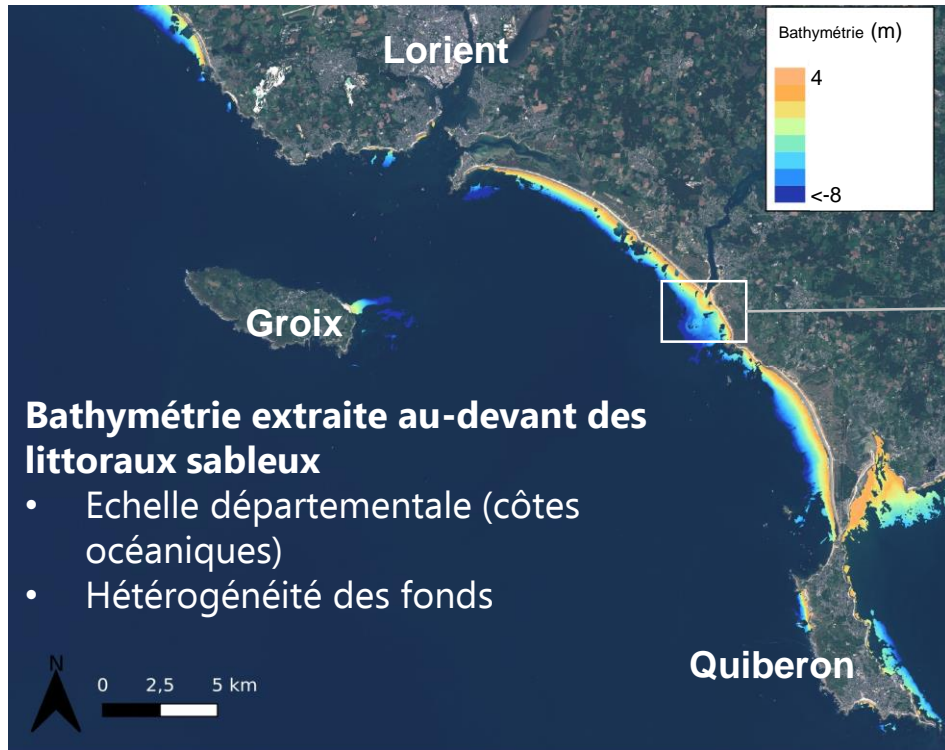
Exemple de résultats  
Occitanie  
Pléaides THR



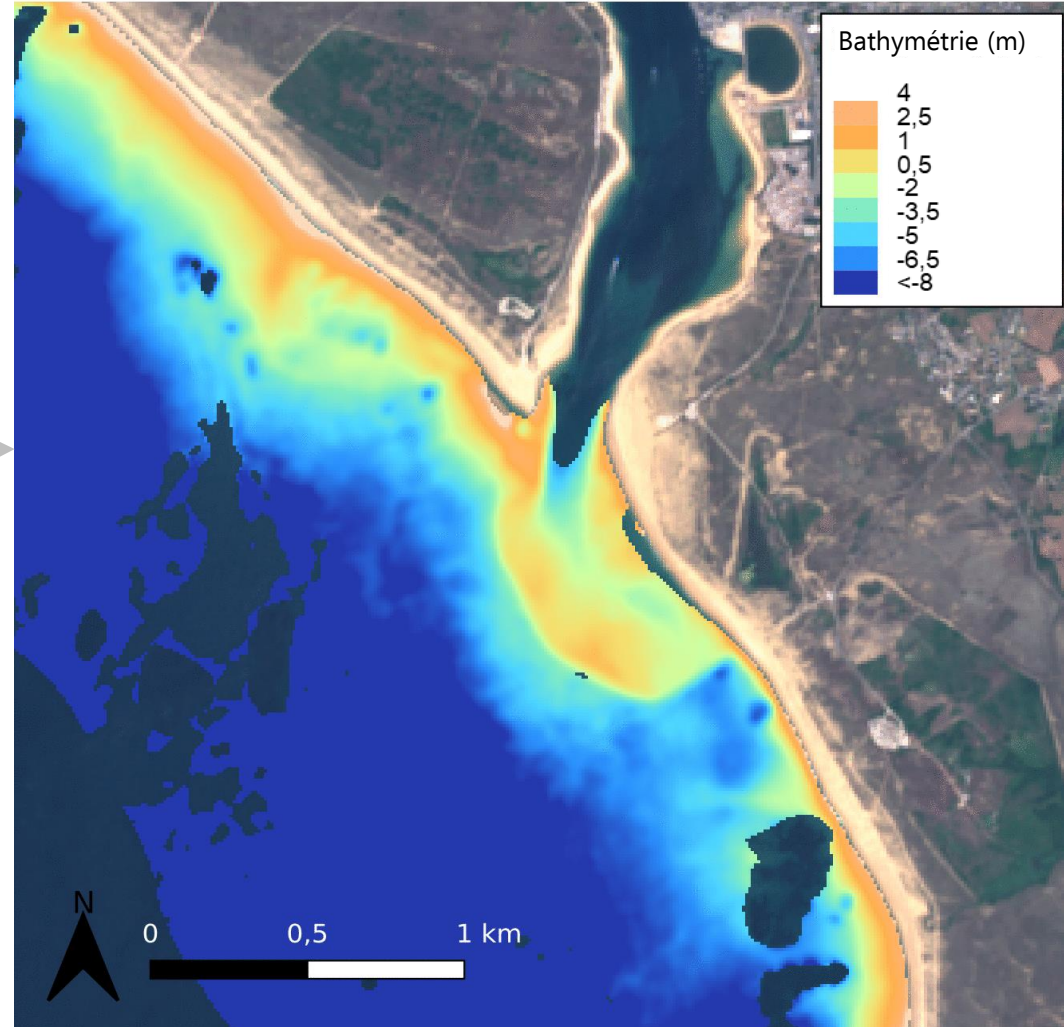
# Suivi de la dynamique sédimentaire

## Exemple de résultats dans le Morbihan Sentinel-2

14/08/2021 - Sentinel-2



Bathymétrie satellite - Barre d'Etel  
Sentinel-2 - 16/07/2017

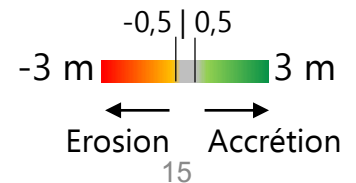


2017-2018

2018-2019

2019-2020

2020-2021



# Précision - Bathymétrie

• Les produits liés à la bathymétrie ont été validés:

- Dans 2 pays (FR, PT)
- pour 38 dates



**Chiffres clés**  
Moyenne globale  
**0.70m**

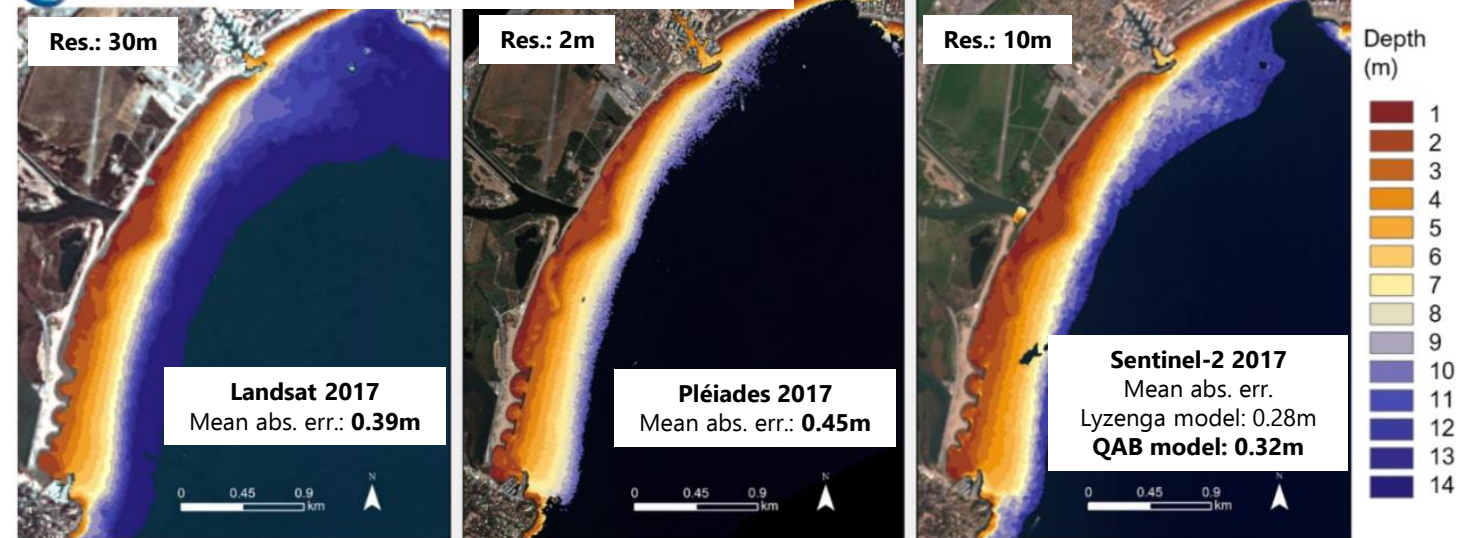
77% des validations <0.9m

**Mean abs. err.**  
**0.28m** Min.  
**1.79m** Max.

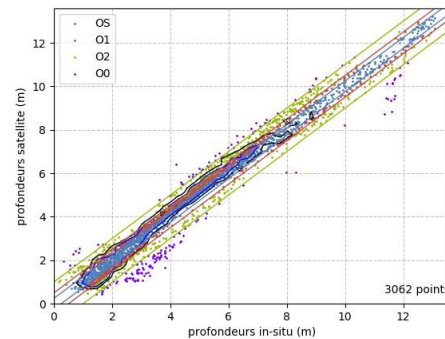
## Quelques exemples de France

| Study site                   | Satellite Data |            | Validation data           |                      | Validation results |       |        |                    |
|------------------------------|----------------|------------|---------------------------|----------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|
|                              | Data source    | Date       | Validation data provider  | Validation data date | RMSE               | BIAS  | Median | Mean absolute err. |
| Saint-Raphaël (PACA, France) | Landsat 8      | 04.09.2017 |                           |                      | 0.51               | 0.06  | 0.31   | <b>0.39</b>        |
|                              | Pléiades 1A    | 06.07.2017 | CAVEM/Aix-Marseille Univ. | Jul. 17              | 0.46               | -0.06 | 0.24   | <b>0.45</b>        |
|                              | Sentinel 2A    | 06.07.2017 |                           |                      | 0.43               | -0.07 | 0.20   | <b>0.32</b>        |

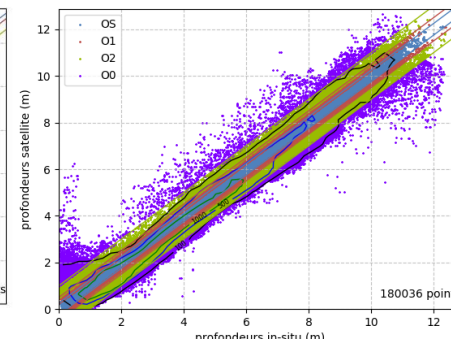
### i-Sea Saint-Raphaël - France



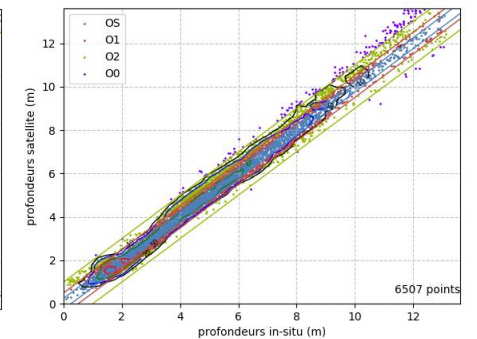
Regression graph



Regression graph



Regression graph





# Observer les littoraux depuis l'espace : avantages

## Des algorithmes

- **Automatisés:** gain de temps et réactivité
- **Standardisés:** inter comparabilité et homogénéité des données produites
- **Adaptés/adaptables:** indicateurs pertinents en fonction des spécificités des sites étudiés

## La dynamique littorale à l'échelle pluridécennale

- **Exploiter les archives** pour produire de la connaissance
- Détecter les **évolutions passées** pour alimenter **les projections futures**

## Faciliter l'appropriation des données

- Indice **d'exposition à l'aléa érosion** côtière
- **Mise à jour constante et rapide** des données à toutes les échelles spatiales

## Un système d'alerte et d'optimisation des relevés réalisés sur le terrain

- Identifier **les zones à forts enjeux** et soumises à des taux de recul important
- Identifier les **zones prioritaires** pour lever des informations plus précises
- **Optimiser les coûts** pour les gestionnaires du littoral

## Une adoption des solutions satellites en cours sur le littoral français

- **Guyane** (BRGM)
- **Alpes Maritimes** (SMIAGE)
- **Occitanie** (PNMGL OFB)
- Autres marques d'intérêt



# DATAALLIANCE – L'IGN et i-Sea s'associent

Réseau ouvert qui allie les **technologies et des capacités** des secteurs **publics et privés**

**Répondre ensemble aux besoins** des politiques publiques liées aux territoires et à la transitions écologiques

- Renforcer **les synergies public-privé**
- **Lever les verrous** technologiques / capacitaires de l'innovation
- **Faciliter** l'intégration de **solutions nouvelles**
- Garantir la **cohérence et la neutralité** des données pour passer à l'échelle des données souveraines

i-Sea apporte son expertise dans l'exploitation des données spatiales pour la détection du trait de côte et le suivi de la dynamique littorale.

The logo for IGN (Institut National de l'Information Géographique et Forestière) features the letters 'IGN' in a bold, grey, sans-serif font. A small green leaf is positioned between the 'I' and the 'N'.

**DATAALLIANCE**

# Suivi de la dynamique littorale par satellite

Extraction automatisée d'indicateurs de la position du trait de côte à partir de données spatiales

---

Webinaire Technique - Usage de la télédétection pour le suivi de l'évolution du trait de côte

**Valentin PILLET | i-Sea**

Vendredi 30 juin 2023

---



**i-Sea**  
LITTORAL

  
MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET DE LA COHÉSION  
DES TERRITOIRES  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**RNOTC**  
Réseau national des observatoires  
du trait de côte

[valentin.pillet@i-sea.fr](mailto:valentin.pillet@i-sea.fr)