MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

cnes

Apport des observations spatiales pour le suivi et la gestion des risques côtiers

François Soulat, Cyril Germineaud, Pascale Danto, Vincent Lonjou

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN

MARINE NATIONALE 400 ANS

ENJEUX ET DÉFIS DE L'ACCÈS AUX DONNÉES EN MILIEU MARIN



Des observations sont nécessaires à tous les stades du processus scientifique :

Description | Compréhension | Modélisation | Prévision

- Historiquement, les données marines nécessitent des opérations en mer très coûteuses :
  - ✓ données rares et difficilement reproductibles
  - ✓ risque élevé de perte ou d'inaccessibilité

- Augmentation du nombre des observations marines *in situ* (plateformes autonomes) et spatiales (constellation altimétriques, missions Sentinel-1/2/3/6…) au cours des dernières décennies

ENJEUX ET DÉFIS DE L'ACCÈS AUX DONNÉES EN MILIEU MARIN

Des observations sont nécessaires à tous les stades du processus scientifique :

Description | Compréhension | Modélisation | Prévision



- Historiquement, les données marines nécessitent des opérations en mer très coûteuses :
  - ✓ données rares et difficilement reproductibles
  - ✓ risque élevé de perte ou d'inaccessibilité

- Augmentation du nombre des observations marines *in situ* (plateformes autonomes) et spatiales (constellation altimétriques, missions Sentinel-1/2/3/6…) au cours des dernières décennies

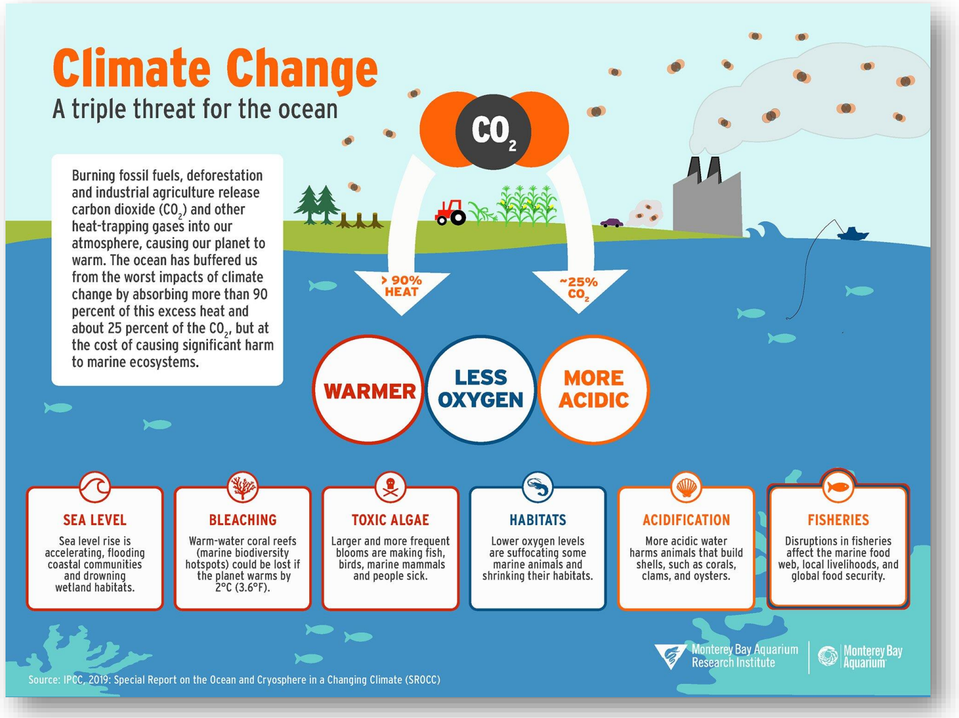
→ Une réutilisation qui démultiplie la valeur **scientifique** et **applicative**

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

cnes

LE LITTORAL FACE AUX ENJEUX CLIMATIQUES



De nombreux secteurs socio-économiques du littoral impactés :

- énergie,
- pêche,
- aquaculture,
- tourisme,
- gestion portuaire et estuaire,
- transport de personnes et de marchandises,
- gestion des pollutions,
- protection des ressources maritimes,
- respect des AMP, …

Encadrement de la surveillance environnementale et de la gestion des risques côtiers

- France :
  - ✓ Stratégie Nationale Mer et Littoral
  - ✓ Réglementations & lois : DCE, DCSMM, DCPEM, Loi Littoral, SRADDET, Loi Climat et Résilience,…
- Europe : Water Framework Directive (2000) & Marine Framework Strategy Directive (2008)

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN

MARINE NATIONALE 400 ANS

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

cnes

APPLICATIONS CONCRÈTES DE LA DONNÉE SPATIALE

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

- Courants
- Glace de mer
- Etat de mer
- Bathymétrie
- Interface air/mer
- Ecosystèmes marins
- Ondes internes
- Continuum Terre-mer



BESOINS AVALS

- Qualité de l'eau
- Gestion du littoral
- Gestion des AMP
- Industrie offshore
- Pêche et aquaculture
- Trafic maritime
- Sécurité en mer
- Energies renouvelables
- Lutte contre la pollution
- Intelligence économique
- Défense

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN

MARINE NATIONALE 400 ANS

Les priorités scientifiques du CNES dans le domaine côtier-littoral

Trois grandes priorités CNES « côtier/littoral » issus du dernier SPS 2024 – St Malo :

- Couleur de l'eau côtière et variables biogéochimques associées
- Bathymétrie/topographie et évolution du trait de côte
- Niveau de la mer et hydrodynamisme (interactions vent/vagues/courants, température et salinité)

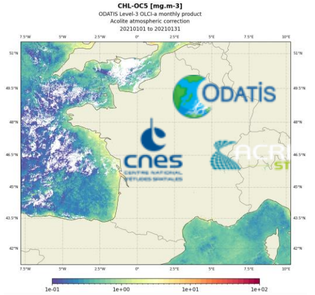
Les priorités scientifiques du CNES dans le domaine côtier-littoral

- Evaluation d'algorithmes de correction atmosphérique et bio-optiques pour l'étude de la variabilité spatio-temporelle de paramètres biogéochimiques autour des côtes françaises (réalisé dans un cadre ODATIS)

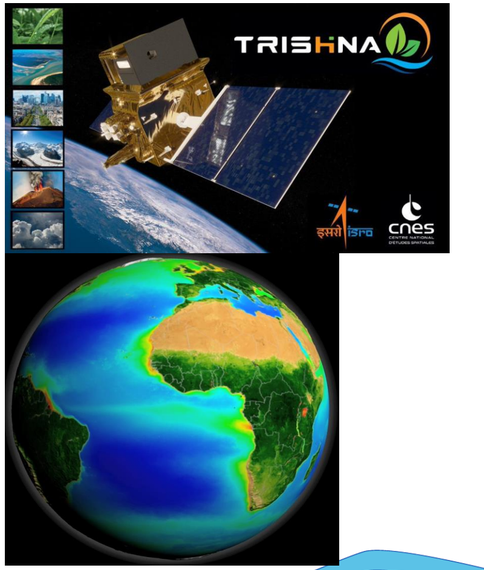
- Accompagnement de la communauté nationale sur la SST et potentiellement de futurs produits couleur de l'eau dans le cadre de la mission Trishna (prévue pour fin 2027-2028)

- Instruction d'une Phase 0 GEOCOLOR pour un futur géostationnaire couleur de l'eau (établissement d'un groupe mission scientifique)

- Continuité des observations SMOS/salinité pour le suivi des cyclones qui se renforcent au dessus des estuaires (perspective SMOS-HR)



Produit ODATIS-MR 300m de résolution pour suivre l'évolution des eaux côtières métropolitaines sur 25+ ans



MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

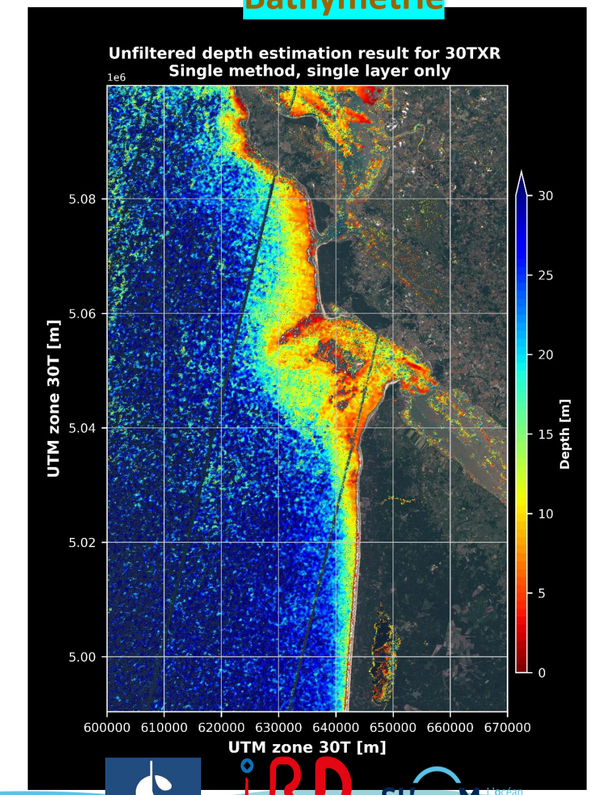
SHOM

cnes

► La connaissance de la zone/bande côtière : de la bathymétrie à la topographie en passant par l'évolution du trait de côte

Par différentes méthodes d'estimation de la bathymétrie, du trait de côte et de la topographie en zones intertidales dérivées d'images optiques (**Sentinel-2, Venµs, Pléiades**, **Landsat)** et radar **(Sentinel-1)**

Bathymétrie ⟷ **Trait de côte** ⟷ **Topographie**

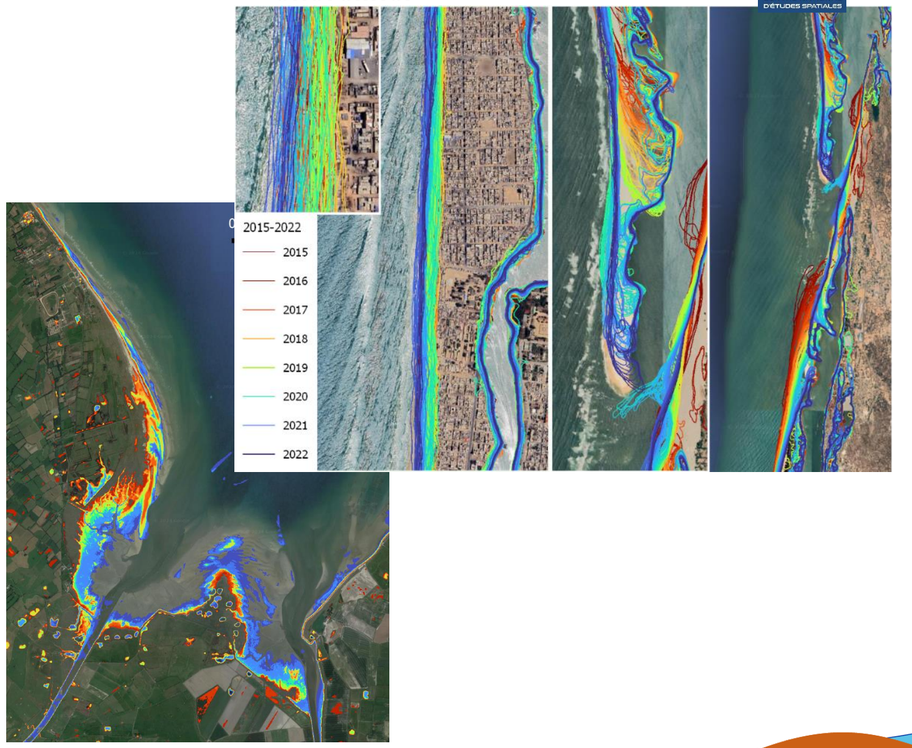


Avec la chaine de Traitement S2Shores

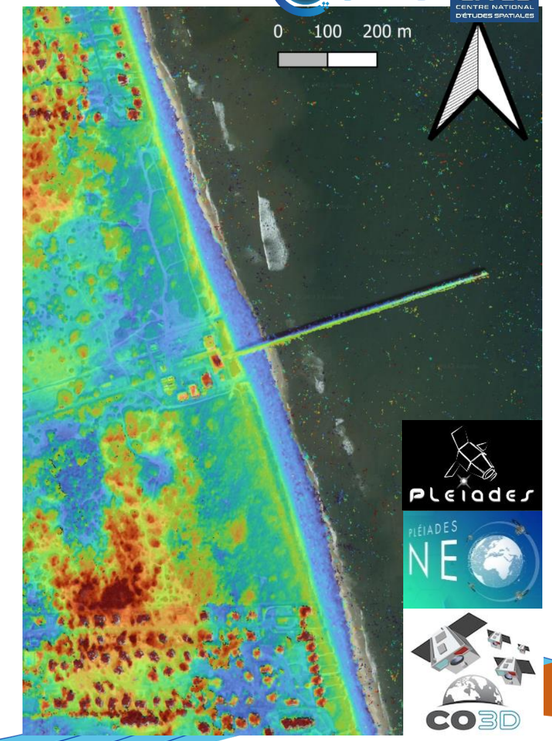
sentinel-2

1er atlas mondial de bathymétrie côtière par satellite (Collab. CNES, LEGOS/IRD & SHOM)

Avec la chaine de Traitement Shoreliner



Avec le logiciel cars



cnes CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

IRD Institut de Recherche pour le Développement FRANCE

SHOM Océan en référence

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN

MARINE NATIONALE 400 ANS

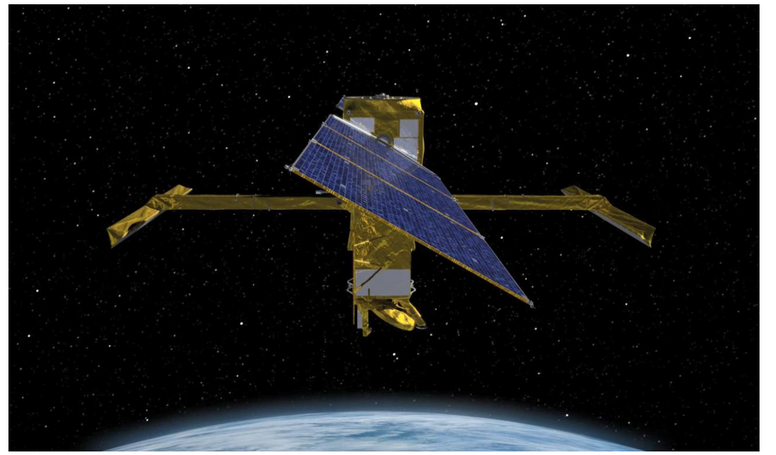
8

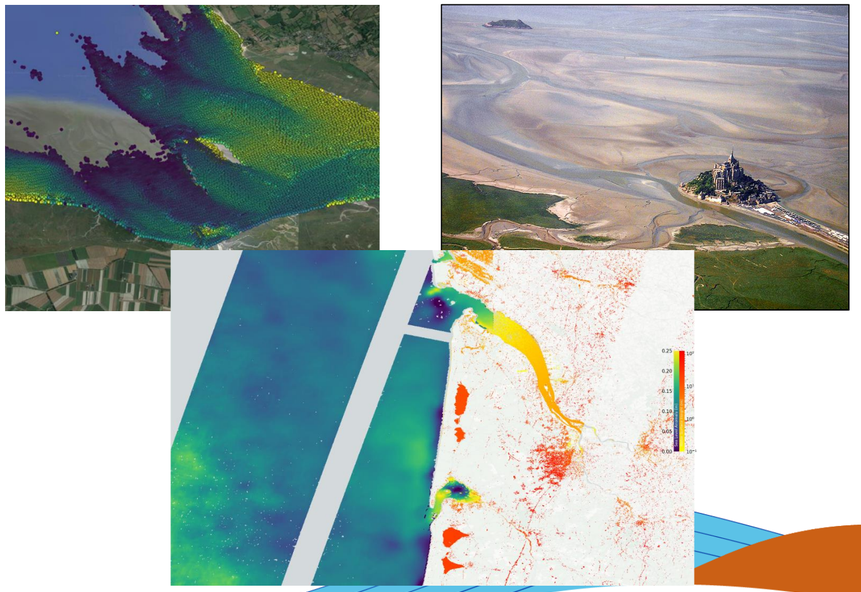
► Le niveau de la mer et l'hydrodynamisme côtier : l'altimétrie et l'héritage de SWOT pour le futur

- Le **satellite SWOT** (radar interféromètre) lancé en décembre 2022 délivre depuis mars 2023 des mesures de topographie en 2D sur océan avec une qualité dépassant toutes les spécifications

- Les équipes de recherche ont commencé l'exploitation des données **SWOT** dans les **zones côtières et littorales** (ex. estuaires) :
  - mesure de **spectres de houle à partir des données HR**
  - validation **des modèles hydrodynamiques**
  - détermination **bathymétrie intertidale** (gain en précision)

- La communauté scientifique avec le support du CNES et CLS travaille sur un **futur produit L3 SWOT côtier** (entre le HR et le LR à 250 m)





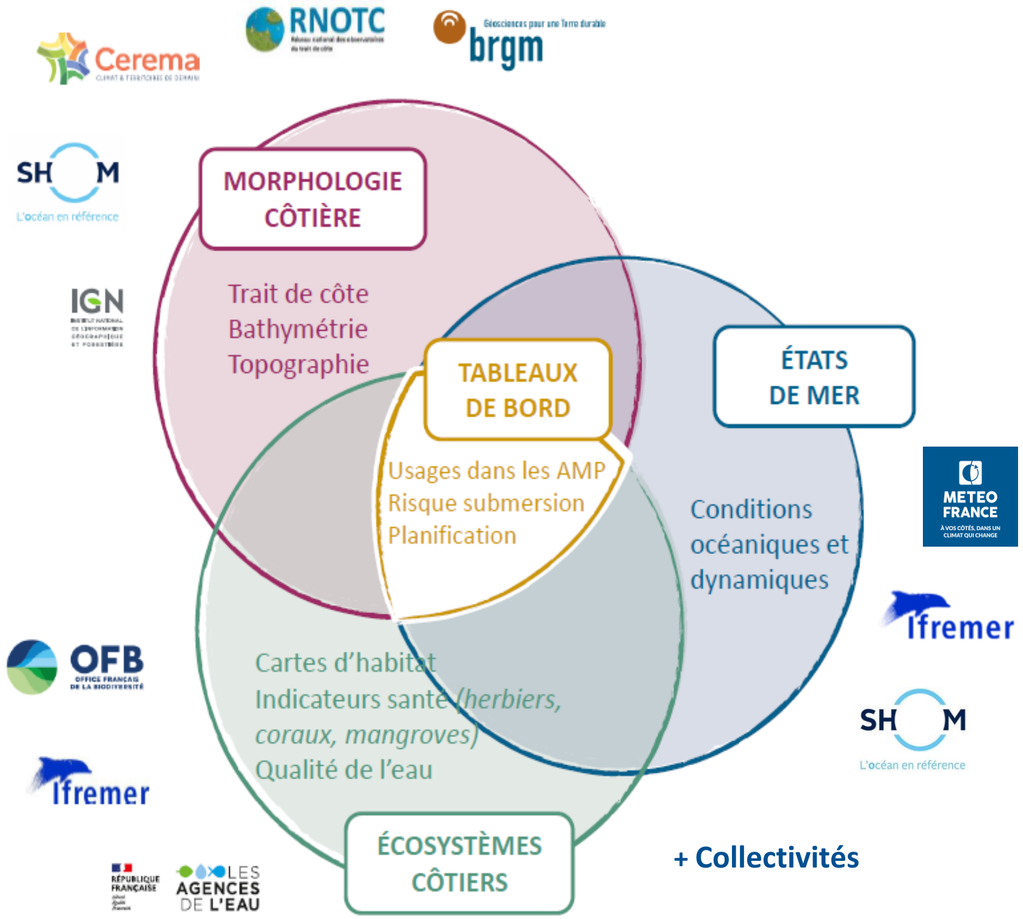
BESOINS AVALS

Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) 2023 dans le cadre France 2030

- Collecte des besoins par les acteurs publics
- Apport du spatial, tous sujets confondus, dont les enjeux du littoral

Objectifs :

- Démonstration de l'**apport des observations spatiales** pour les **besoins** des **acteurs publics**
- **Fourniture opérationnelle** de données cartographiques en **Métropole et en Outre-Mer**
- **Adoption** à terme des services



MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

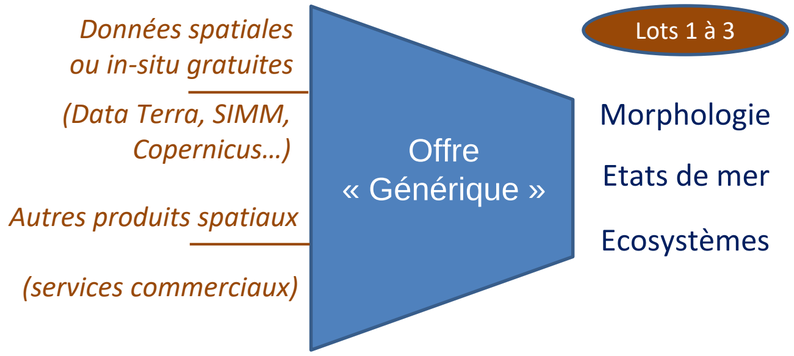
DÉMONSTRATION « CONNAISSANCE ET SUIVI DE LA BANDE CÔTIÈRE »

Lot 1 - Services de suivi de la **morphologie**
- Topographie, bathymétrie et trait de côte

Lot 2 - Services de suivi des **états de mer**
- Courants de surface, topographie océanique, hauteur significative et période des vagues, énergie spectrale des vagues et vent de surface

Lot 3 - Services de suivi des **écosystèmes**
- Végétation côtière, couleur de l'eau, habitats benthiques, classification/occupation des sols

→ **Production « générique » opérationnelle** sur zones spécifiques et sur l'ensemble du littoral national selon les variables

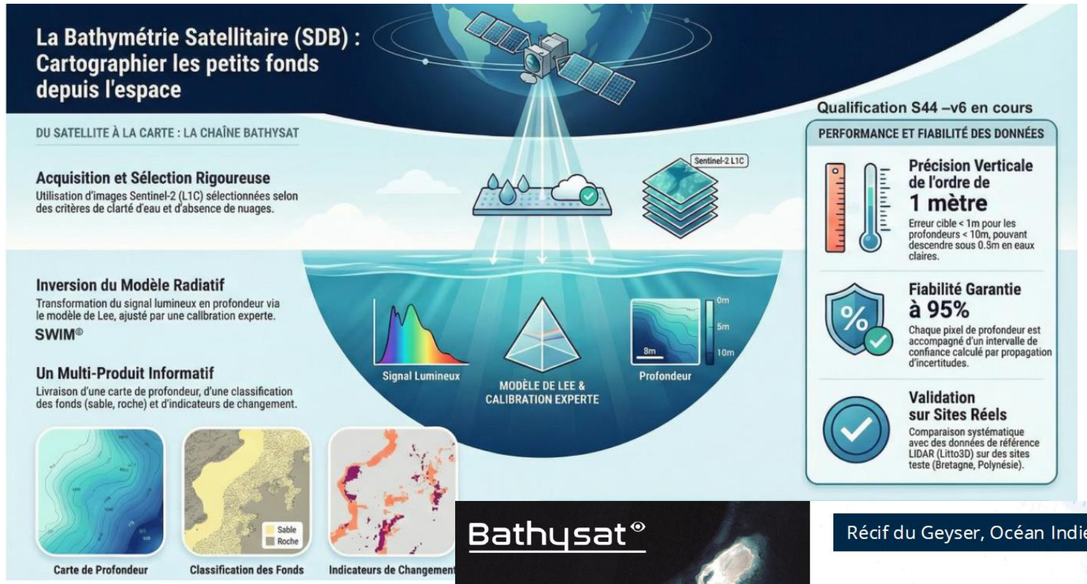


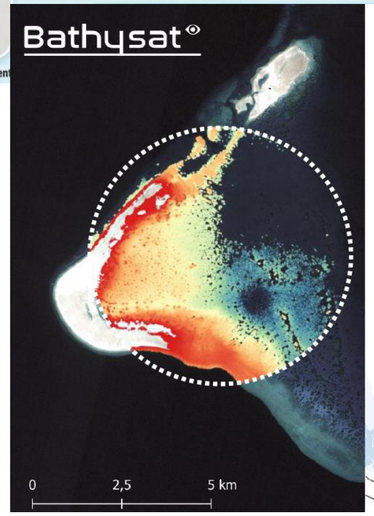
MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

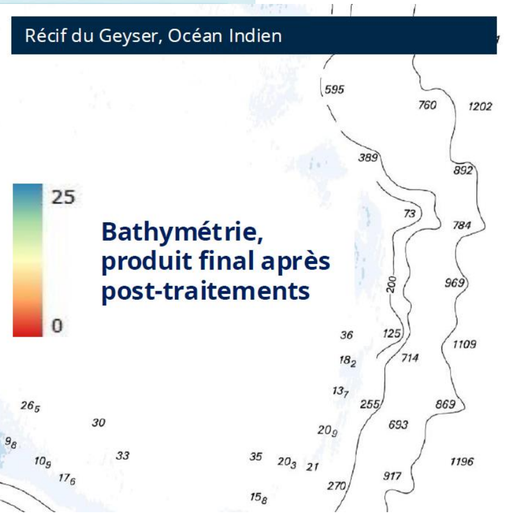
SHOM

MORPHODYNAMIQUE COTIÈRE

BATHYMETRIE







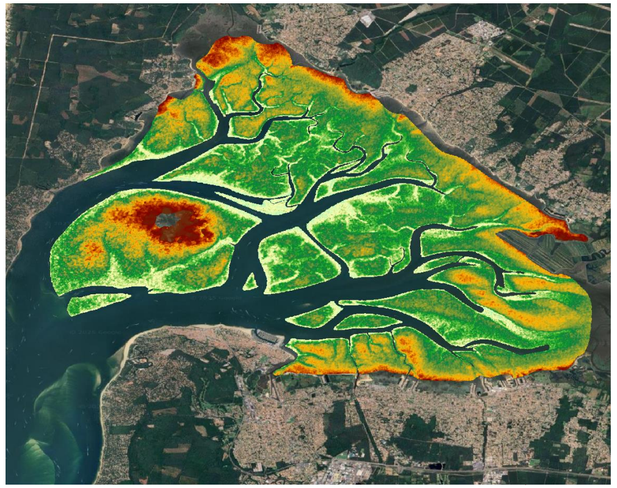
© Hytech Imaging

TRAIT DE COTE



© i-Sea

TOPOGRAPHIE INTERTIDALE



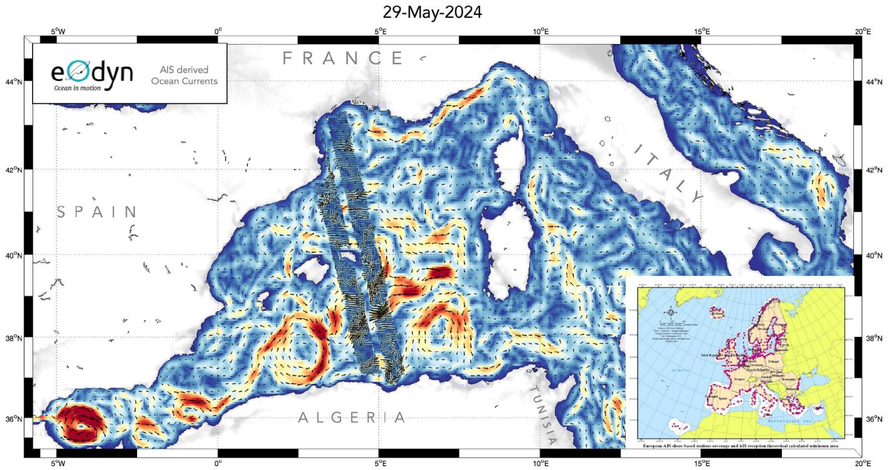
© SWOT/E.Salameh

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

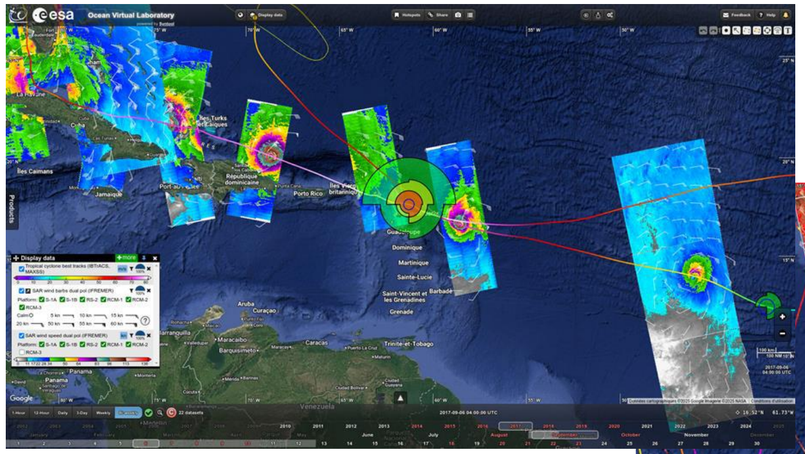
SHOM

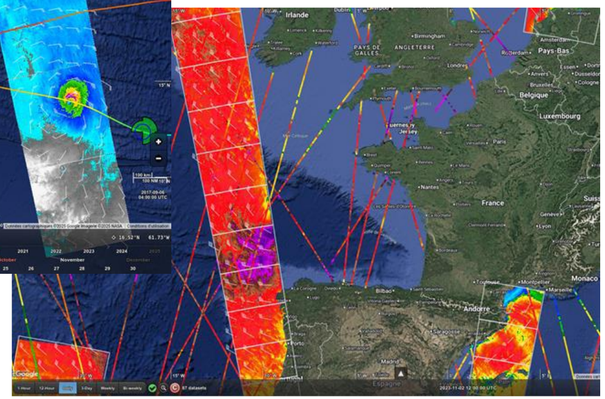
OCÉAN CÔTIER

COURANTS

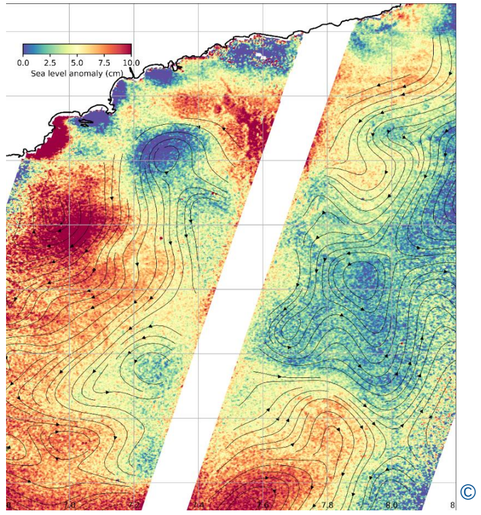


VENT



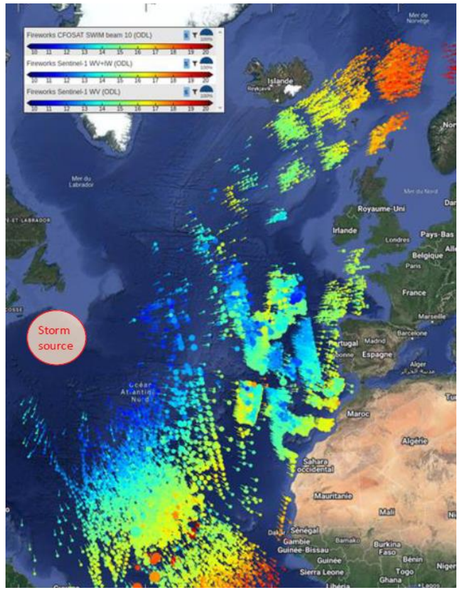


TOPOGRAHIE / NIVEAU DE LA MER



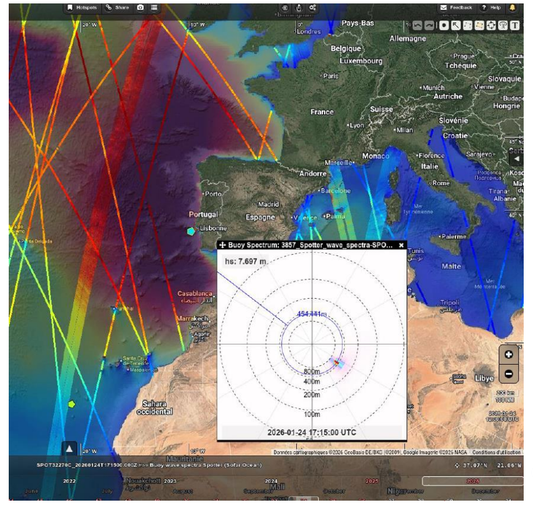
© SWOT/CNES

LONGUEURS D'ONDES DE HOULES



© CLS/ODL

HAUTEUR SIGNIFICATIVE DES VAGUES



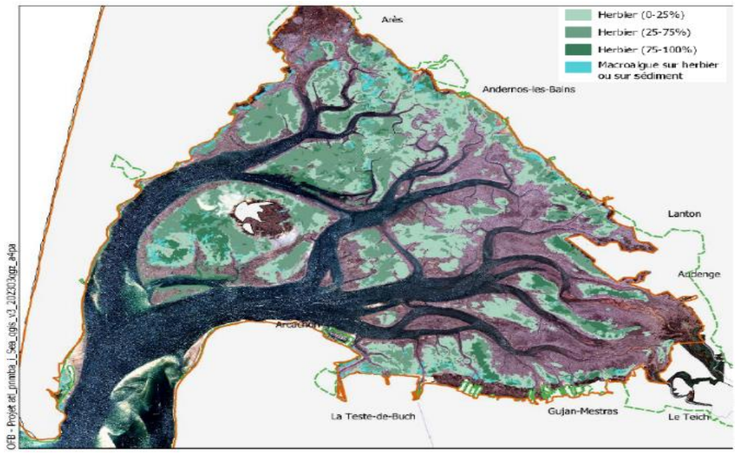
© ODL

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

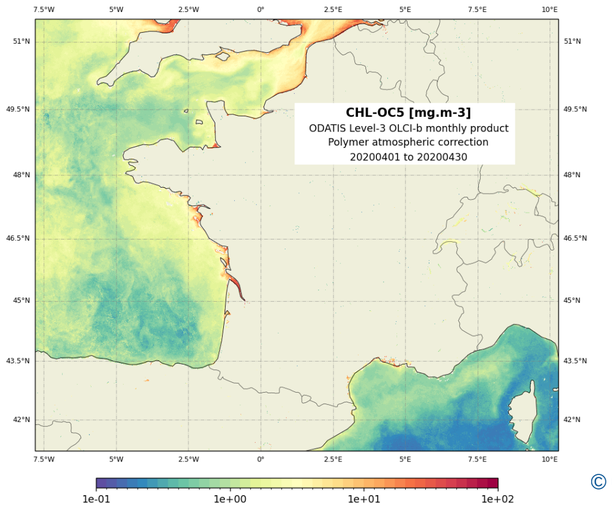
ECOSYSTÈMES

HABITATS



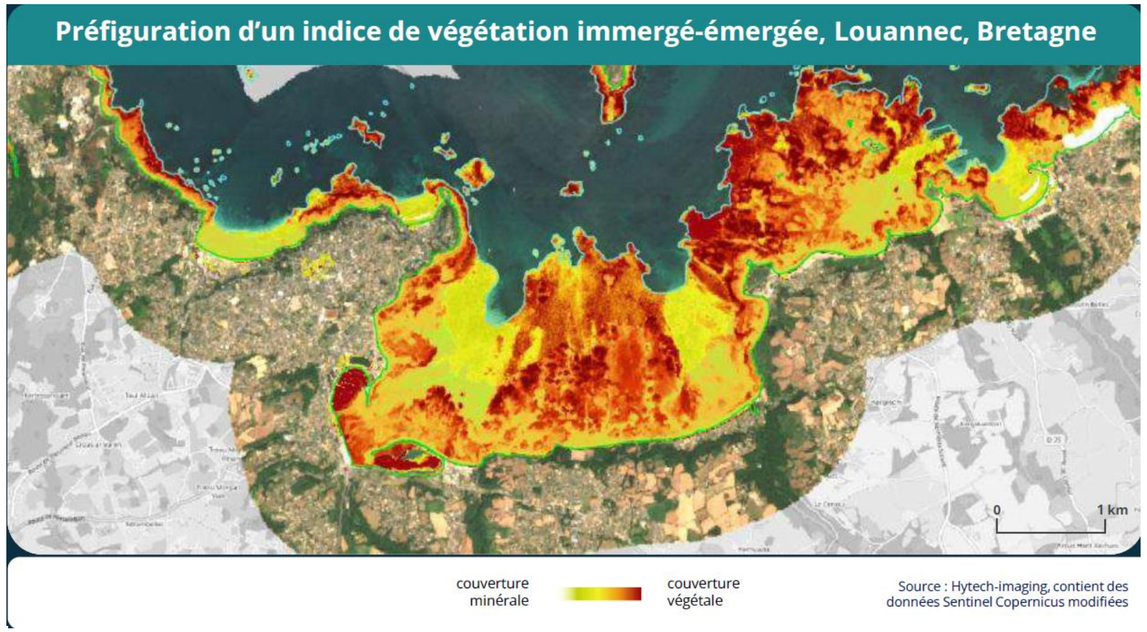
© i-Sea

BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE

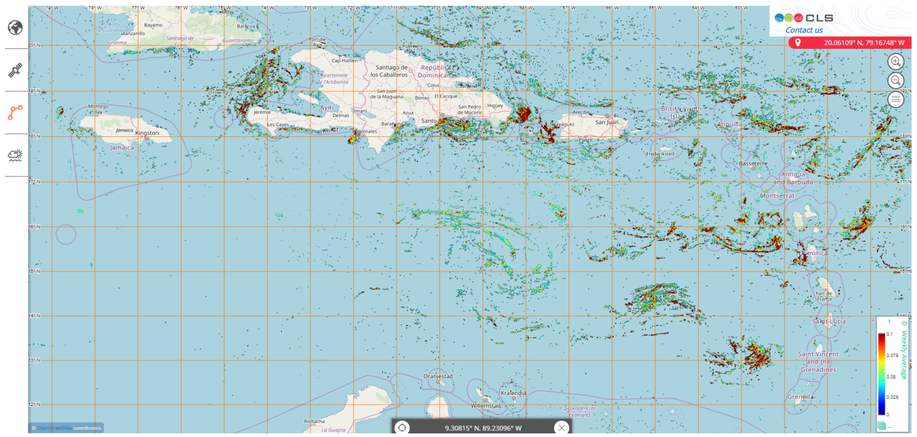


© CNES/ACRI-ST

INDICATEURS ETAT DE SANTE



SARGASSES (CMEMS)



MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

DÉMONSTRATION « CONNAISSANCE ET SUIVI DE LA BANDE CÔTIÈRE »

Lot 1 - Services de suivi de la **morphologie**
- Topographie, bathymétrie et trait de côte

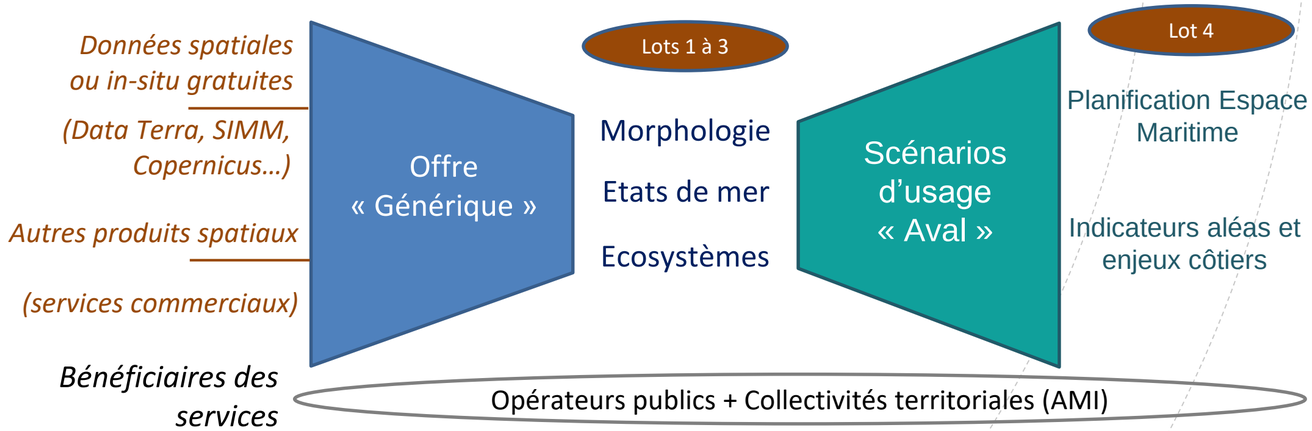
Lot 2 - Services de suivi des **états de mer**
- Courants de surface, topographie océanique, hauteur significative et période des vagues, énergie spectrale des vagues et vent de surface

Lot 3 - Services de suivi des **écosystèmes**
- Végétation côtière, couleur de l'eau, habitats benthiques, classification/occupation des sols

Production « générique » opérationnelle sur zones spécifiques et sur l'ensemble du littoral national selon les variables

Lot 4 - Services de **gestion de la bande côtière**
- Usages avals : planification espace maritime, indicateurs de submersion, usages d'une AMP
- 3 scénarios intégrant les informations cartographiques des 3 services « génériques » et en agrégeant d'autres données

Services « avals » sur des sites pilotes



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

cnes

FRANCE 2030

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

FRANCE 2030

GESTION CÔTIÈRE



Concilier usages de loisirs et usages professionnels avec la conservation des écosystèmes dans les AMPs.

Observer, suivre et analyser les risques côtiers pour anticiper les évolutions et renforcer la résilience des territoires.

Accompagner la planification spatiale et stratégique des infrastructures maritimes et portuaires dans un contexte de transition énergétique.

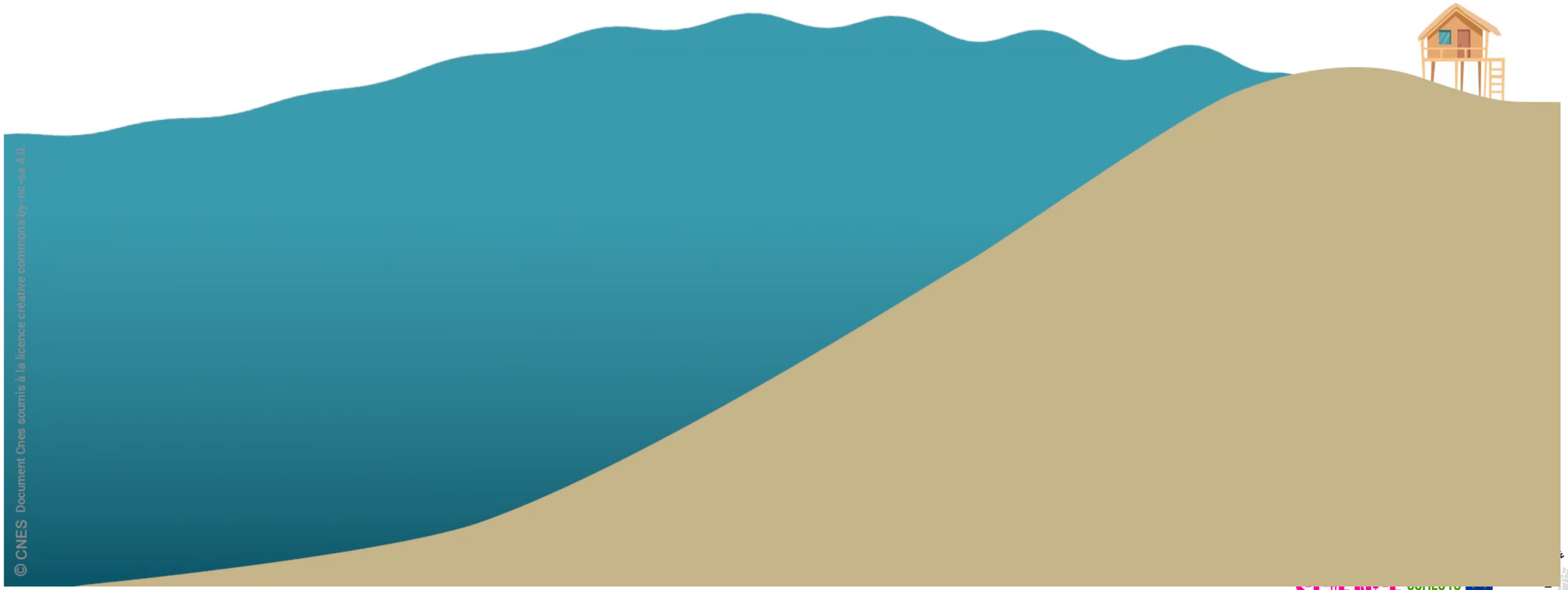
PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN

MARINE NATIONALE 400 ANS

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

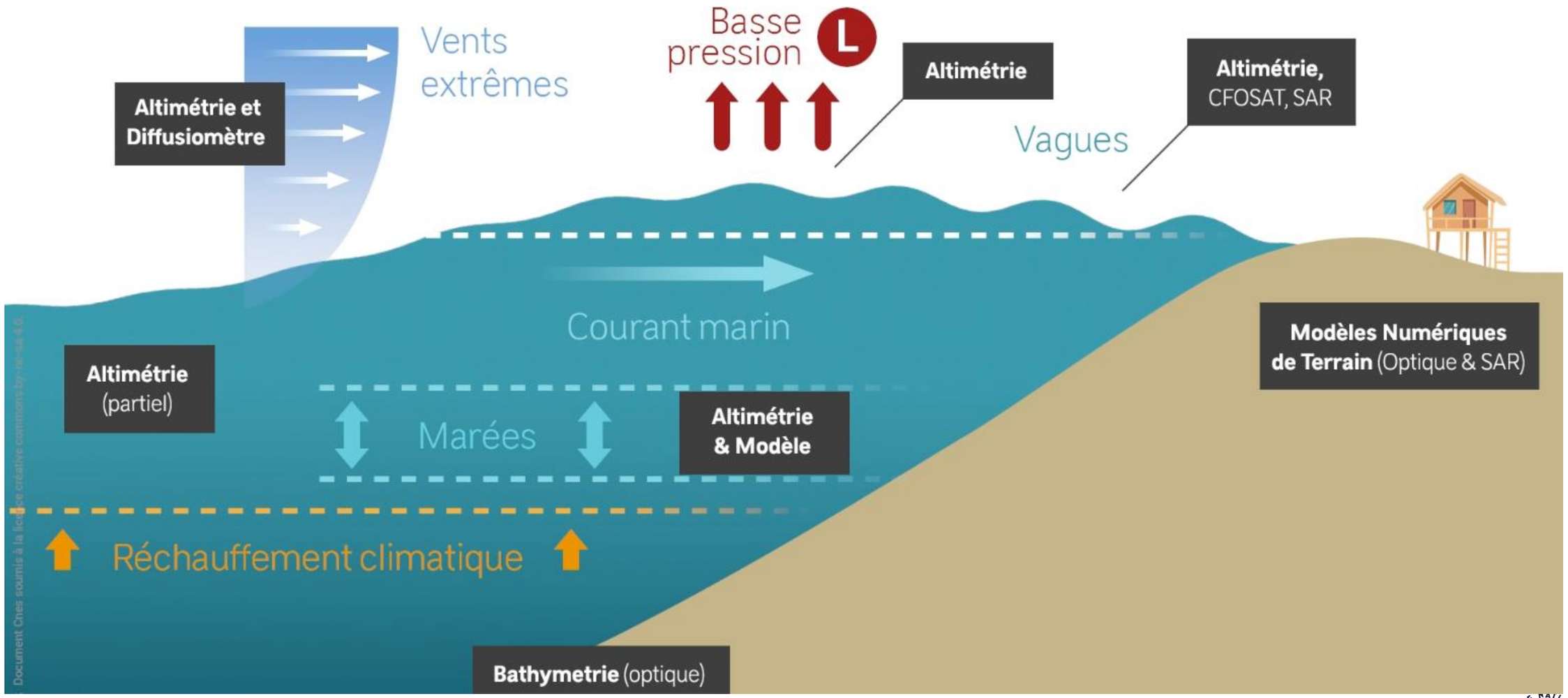
CAS D'USAGE : INONDATIONS CÔTIÈRES



MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

CAS D'USAGE : INONDATIONS CÔTIÈRES → OBSERVATIONS SPATIALES



Protéger le littoral suppose ainsi d'observer et de modéliser l'ensemble de ces mécanismes complexes pour prédire leur évolution sur plusieurs jours pour les alertes opérationnelles, mais aussi plusieurs décennies pour dimensionner les structures en conséquence.

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN

MARINE NATIONALE 400 ANS

MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

FRANCE 2030

INDICATEURS DE SUBMERSION

Scénario: 2050 - GIEC (pire) - Mvt Verticaux du sol - Evt Ext 100 ans
Résolution 30m - *Résultat préliminaire*



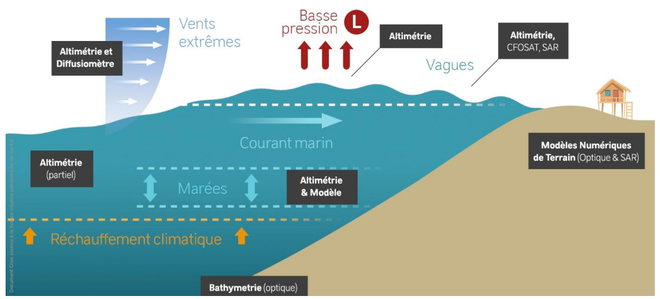
Scénario: 2100 - Altimétrie - Mvt Verticaux du sol - Evt Ext 10 ans
Résolution 30m - *Résultat préliminaire*

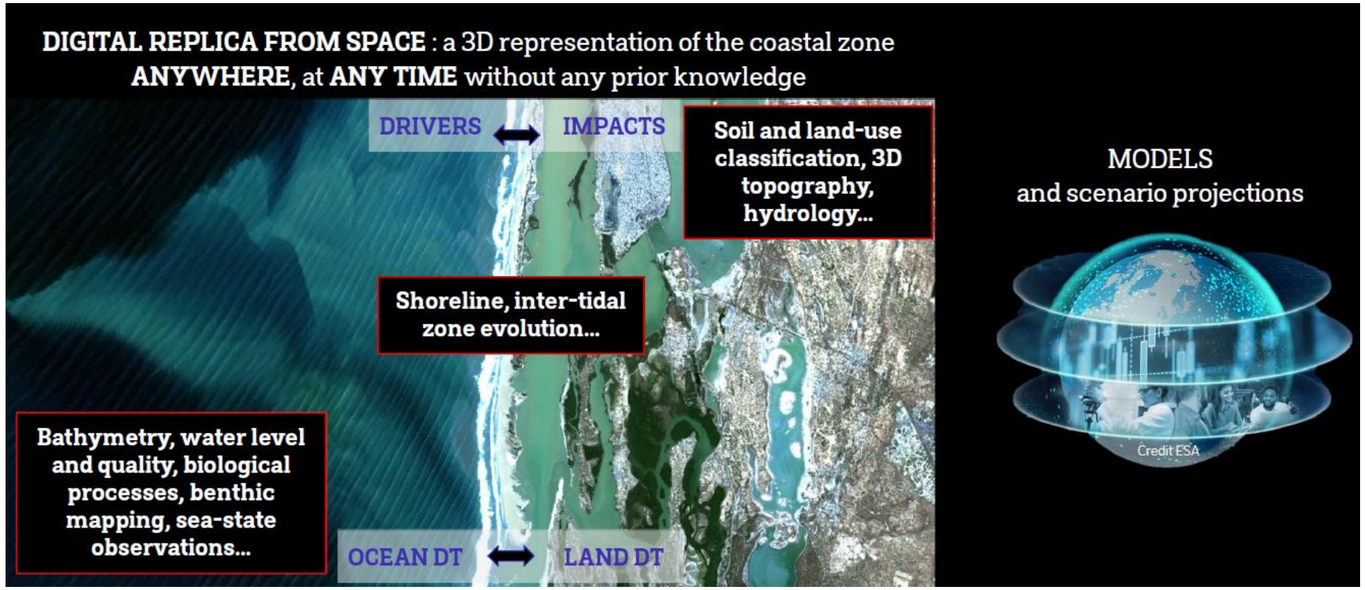


INTÉGRATION DES OBSERVATIONS

Activités FR et EU sur les Jumeaux Numériques Côtiers

- Destination Earth / Commission Européenne + Digital Twin Earth / ESA
- Digital Twin Factory / CNES
  - Développement d'outils industriels (algorithmie, visualisation) pour faciliter les services opérationnels
  - Démonstrations de cas d'usages côtiers (programme SCO : SCOAST-DT)



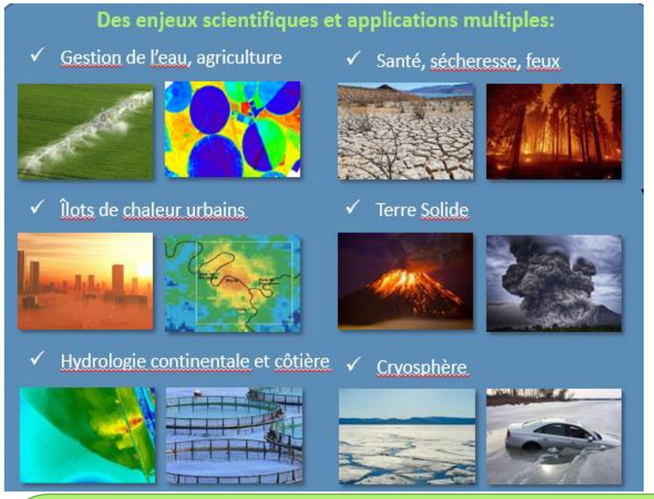


Merci de votre attention



crédits : CNES / Distribution Airbus DS, 2012

TRISHNA



Contexte programmatique

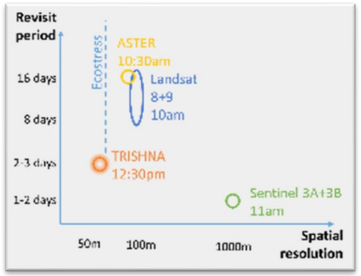
- ✓ **Partenariat CNES/ISRO sur cette mission science et applications**
- ✓ Recommandée dès 2004 et identifiée comme hautement prioritaire au SPS 2019 et 2024
- ✓ Précurseur mission Copernicus LSTM
- ✓ Nombreux laboratoires et organismes FR impliqués
- ✓ Phase C engagée début 2024

Concept mission

- ✓ Couverture globale des terres émergées et bandes côtières
- ✓ Résolution 60m, Revisite à 8 jours ou 3 jours (différents angles)
- ✓ Livraison des produits systèmes TRISHNA en NRT (~12h)
- ✓ Imageur infrarouge thermique et visible VNIR-SWIR (7 bandes) – LWIR (4 bandes)



Mission IRT/Couleur



PRODUCTION MONDIALE PARTAGEE

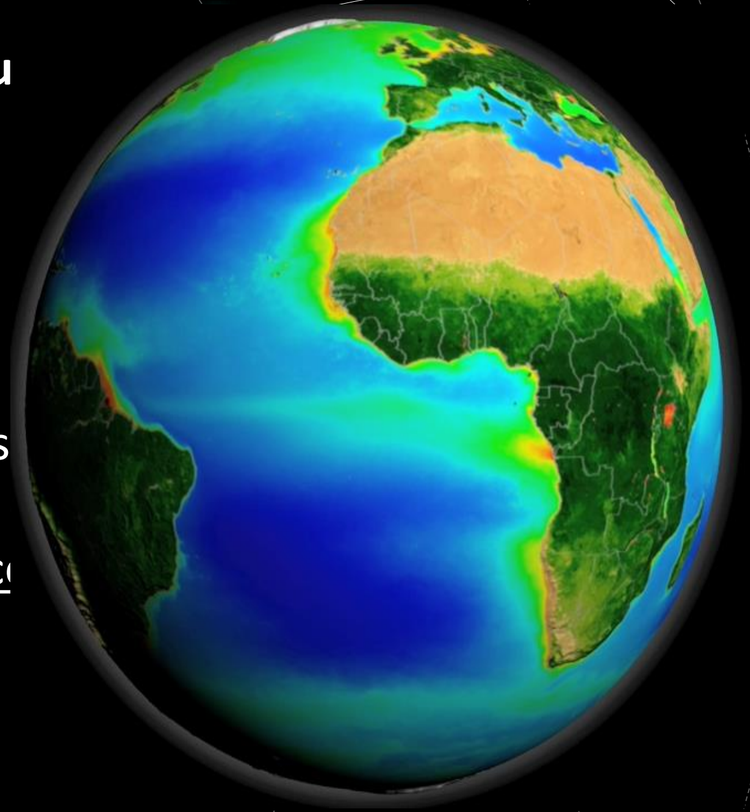


- **CDR instrument TIR tenue avec succès juin 2025**
- **Segment sol** : version complète avec ensemble des ATBD prévue fin 2026
- Livraison instruments TIR et VSWIR prévues en 2027
- 2025 : International workshop on IRT (Toulouse), prochaine édition en 2027
- 2026 : réunions Science team et ateliers (été-automne 2026)
- **Elaboration Programme Préparatoire TRISHNA Aval**
- **Synergie prévue avec les ST des autres missions : ECOSTRESS, LSTM (ESA), EAGLE (NASA)…**



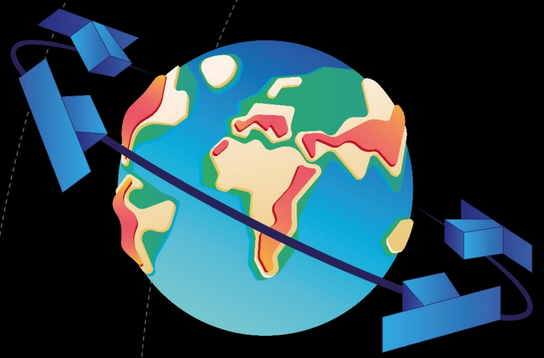
Mission Couleur de l'eau GEO
Phase 0 2026

- Priorité scientifique SPS 2024 (majeure) « **Géostationnaire couleur de l'eau** pour :
  - Cycle du Carbone (apparition de nouvelles méthodes de quantification, nouveaux paramètres)
  - Evolution de la production primaire
  - Impacts sur Biodiversité marine
  - Meilleure compréhension des évolutions rapides des écosystèmes côtiers/littoraux dynamiques et océaniques (dynamique phytoplancton dans les fronts, observation des courants de surfac



- Contexte international :
  - Corée: mission GOCI-1 et 2 (ADS PI instrument)
  - USA: satellites GOES East et West, GLIMR/2026, GEOXO/2032

L’APPORT DE CO3D (3D OPTICAL CONSTELLATION): SUIVI DE L’ÉROSION DES CÔTES ET D’IDENTIFIER LES ZONES INONDABLES PROCHE LITTORAL



CO3D
AIRBUS · CNES

4 satellites, 4 bands : Blue, Green, Red, Near Infra Red at 50 cm resolution

