



5^{ème} édition du colloque : « La Méditerranée, une mer sous surveillance »

Cartographie & perspectives de surveillance des herbiers de cymodocées et de zostères

Claire - NOËL (SEMANTIC TS)

11 décembre 2025



Bureau d'études en Environnement Océanographie Acoustique

Cartographie & Perspectives de surveillance des herbiers de cymodocées et de zostères (*cymodocea nodosa*) (*zostera noltii*)

Claire NOEL
Docteur & Ingénieur
Directeur scientifique



Claire NOEL
Directeur Scientifique

Simon MARCHETTI
Eric BAUER
Jean-Marc TEMMOS



Simon MARCHETTI
Responsable Acquisition et



Eric BAUER
Responsable Mission et Modélisé



Jean-Marc TEMMOS
Responsable

Clément LAHOUDE
Loan MEGE



Clément LAHOUDE



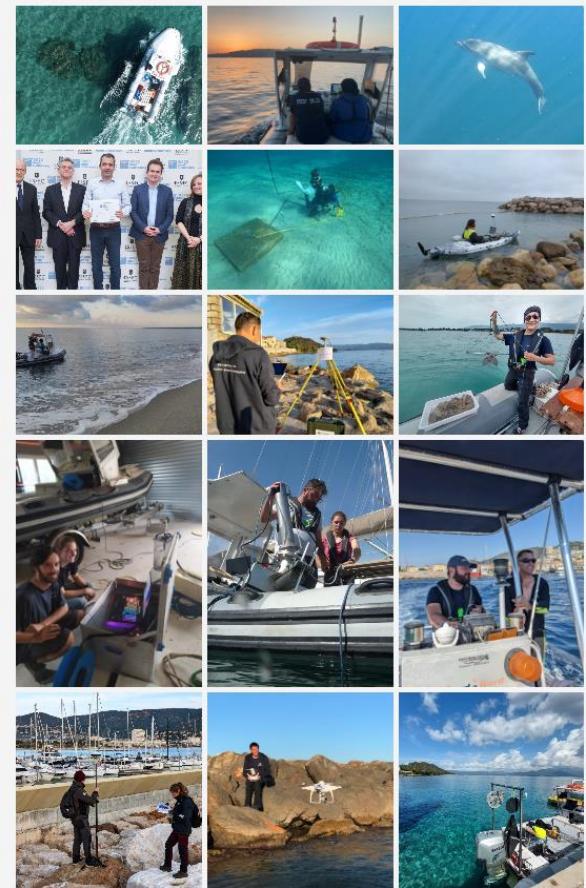
Loan MEGE

Michel COQUET



Michel COQUET
Ingénieur Ingénierie

L'équipe de SEMANTIC TS
des professionnels de la technique et de la mer...

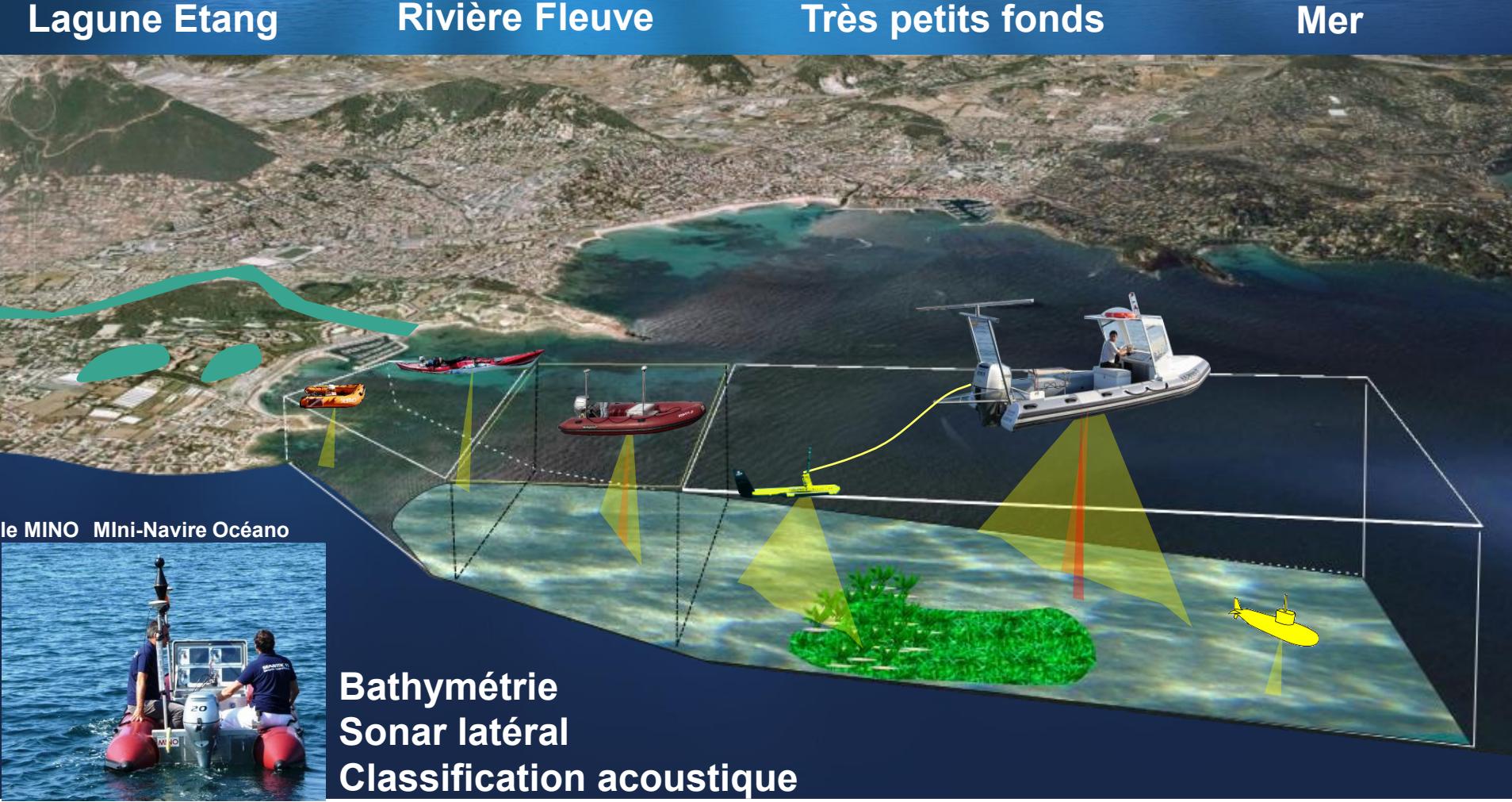


SEMANTIC TS – Sanary (Var)

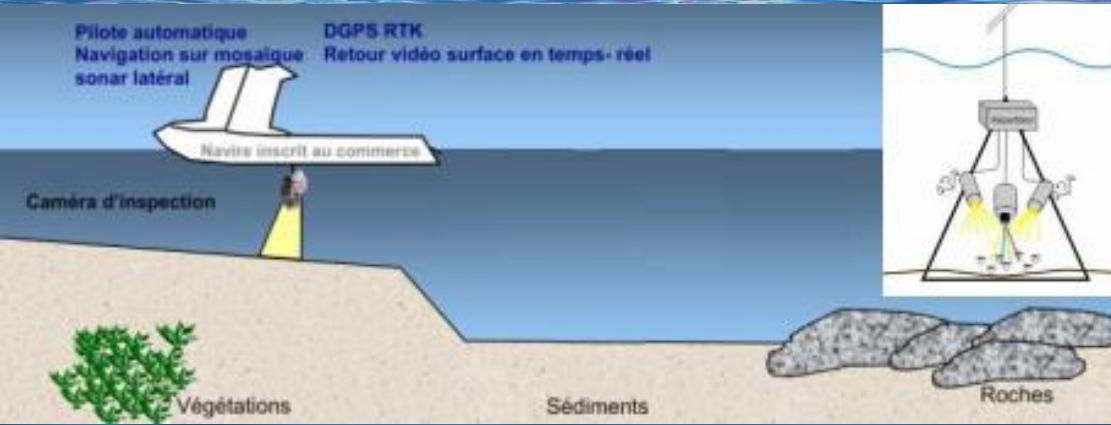
Docteur-Ingénieurs Opérateurs sonars Pilotes et plongeurs PRO

Plate-formes légères ... Instrumentées et dédiées à la reconnaissance des fonds marins

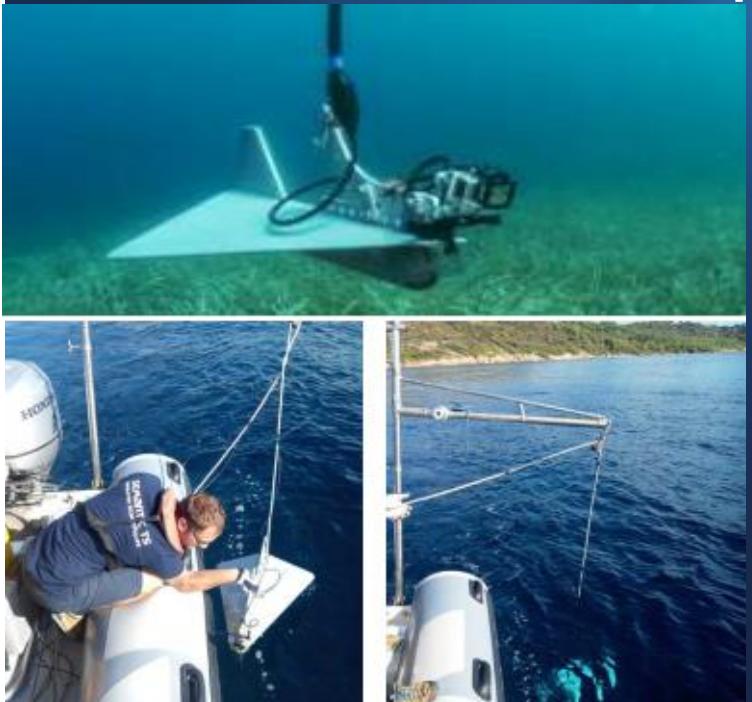
de la côte à l'océan ...



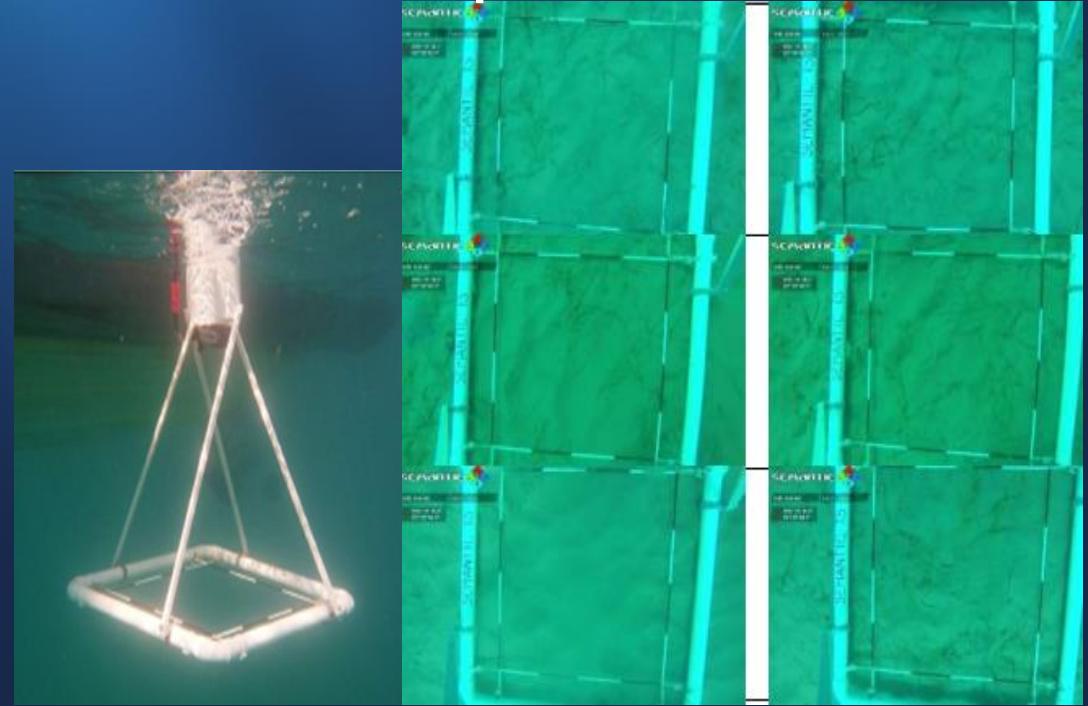
Vérité terrain géo-référencée retour temps-réel



Vidéo remorquée



Vidéo quadrat



Les herbiers de cymodocées et de zostères

(*Cymodocea nodosa*) (*zostera noltii*)

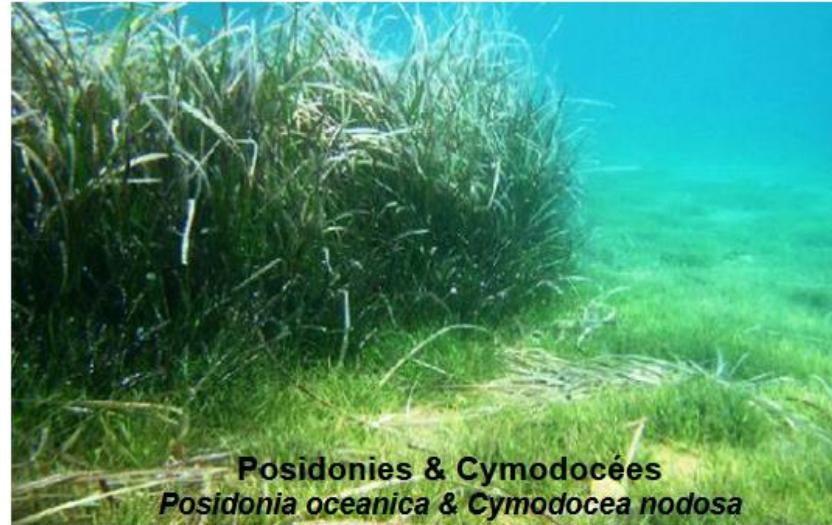
Cymodocées et zostères naines

En Méditerranée : 5 espèces de plantes marines à fleurs (magnoliophytes).

Outre les herbiers de posidonies, les herbiers présents dans les baies correspondent généralement à des herbiers de **cymodocées** (*Cymodocea nodosa*) ou de **zostères** (*Zostera noltii*).

→ feuilles plus étroites et plus courtes que celles de la posidonie.

Espèces protégées



Caractéristiques herbiers de cymodocées

- **Dynamique forte et complexe**

Sensibilité potentielle à de **nombreux** paramètres environnementaux →

Fort taux de renouvellement des feuilles

Peuvent survivre 4 ans sous 40 cm de sédiment

Forte variabilité de l'herbier (densité, répartition géographique)

Cycle saisonnier marqué

- Manque d'observations - Méconnaissance générale

→ **Difficultés pour le suivi**

Turbidité
Courant Houle
Flux à la mer (débit eau douce)
Topo-bathymétrie Stocks sédimentaires
Trait de côte Altération mécanique
Déchets posés sur le fond
Qualité générale de l'eau
Substances chimiques
Sédiments



Recommandations actuelles pour le suivi des cymodocées et zostères

Répartition de l'herbier

→ Approche surfacique : **Cartographie**

→ Approche linéaire : **transects**

Limite supérieure à limite inférieure

Etat de vitalité

→ **Densité** de faisceaux & **longueurs** des feuilles



GUIDE CADRE EVAL_IMPACT
IMPACTS DES PROJETS D'ACTIVITÉS ET D'AMÉNAGEMENTS
EN MILIEU MARIN MÉDITERRANÉEN.
RECOMMANDATIONS DES SERVICES INSTRUCTEURS.

FASCICULE 4 : SUIVI ENVIRONNEMENTAL

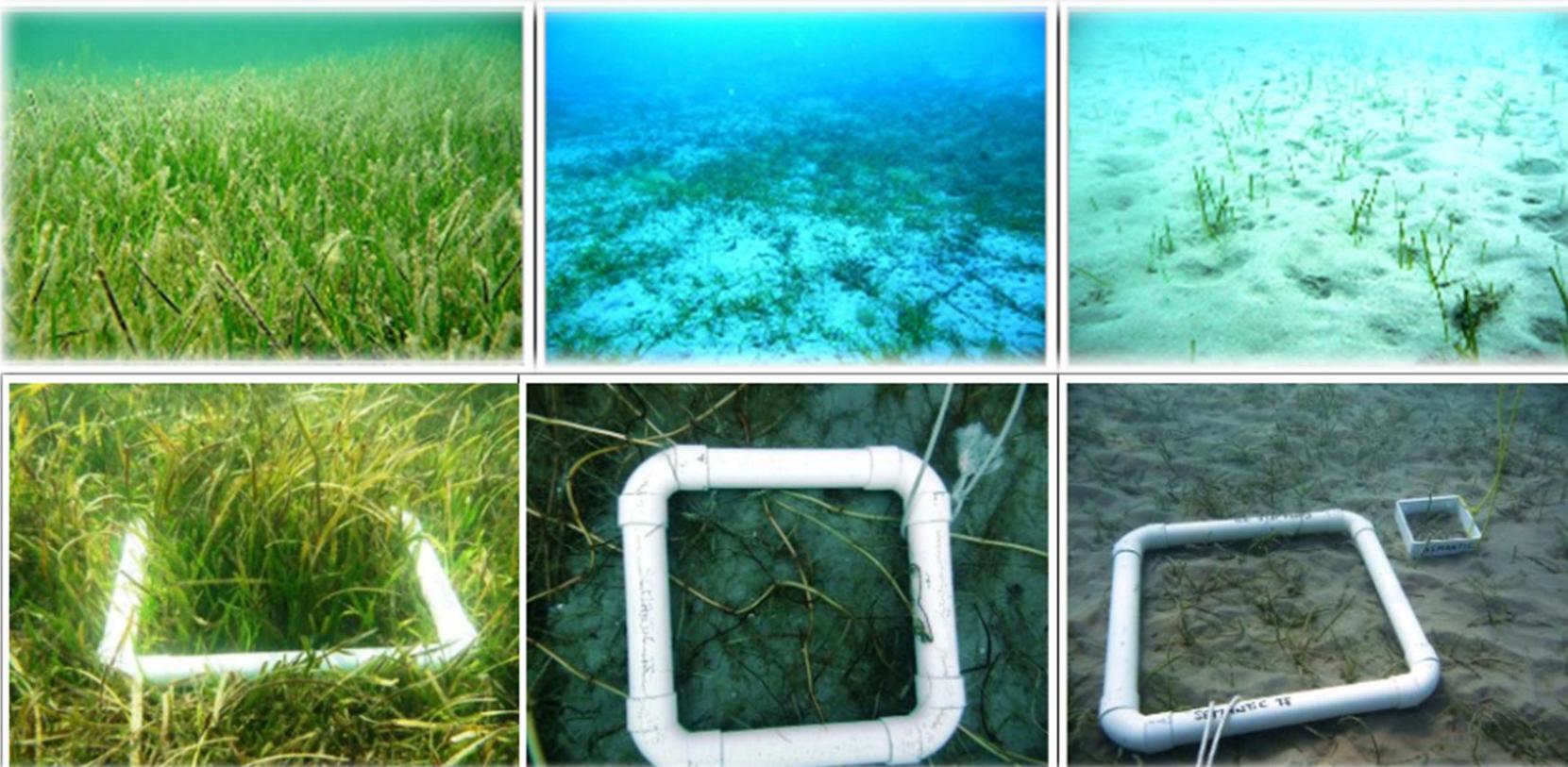
JUIN 2018

FICHE EH-6 : HERBIER DE CYMODOCÉE

FICHE EH-5 : HERBIER DE ZOSTÈRES

Constat

Ce protocole ponctuel n'est pas toujours adapté aux caractéristiques et à la dynamique de cette plante



Quadrat dans l'herbier de cymodocées pour la mesure de la densité
Extrait d'un jeu de photographies géo-référencées recueillies par SEMANTIC TS

→ Nécessité d'étudier ces herbiers... tout en continuant à les observer

Étude des méthodes de cartographie et de suivi des herbiers de cymodocées et zostères

Pierre BOISSERY

Objectif : éléments de recommandations pour la cartographie et perspectives de suivi

Travaux :

Compiler l'existant : R/D & Observations (Travaux internes depuis 2008) + Bibliographie

Poursuite des travaux de recherche et de mise au point de méthodes de suivi adaptées

- aux caractéristiques des zones d'étude (profondeur, étendue)
- à la morphologie et la dynamique de ces herbiers

En parallèle,

- Tests sur le terrain de l'applicabilité des méthodes les plus pertinentes, en opportunité, dont sites en cours d'étude...
- Analyse des résultats des essais de méthodologies in-situ & RETEX

Historique des travaux de R&D de SEMANTIC TS depuis 2008

Cartographie des herbiers de cymodocées/zostères

Imagerie sonar latéral

Motifs bien observables (réflectivité acoustique)

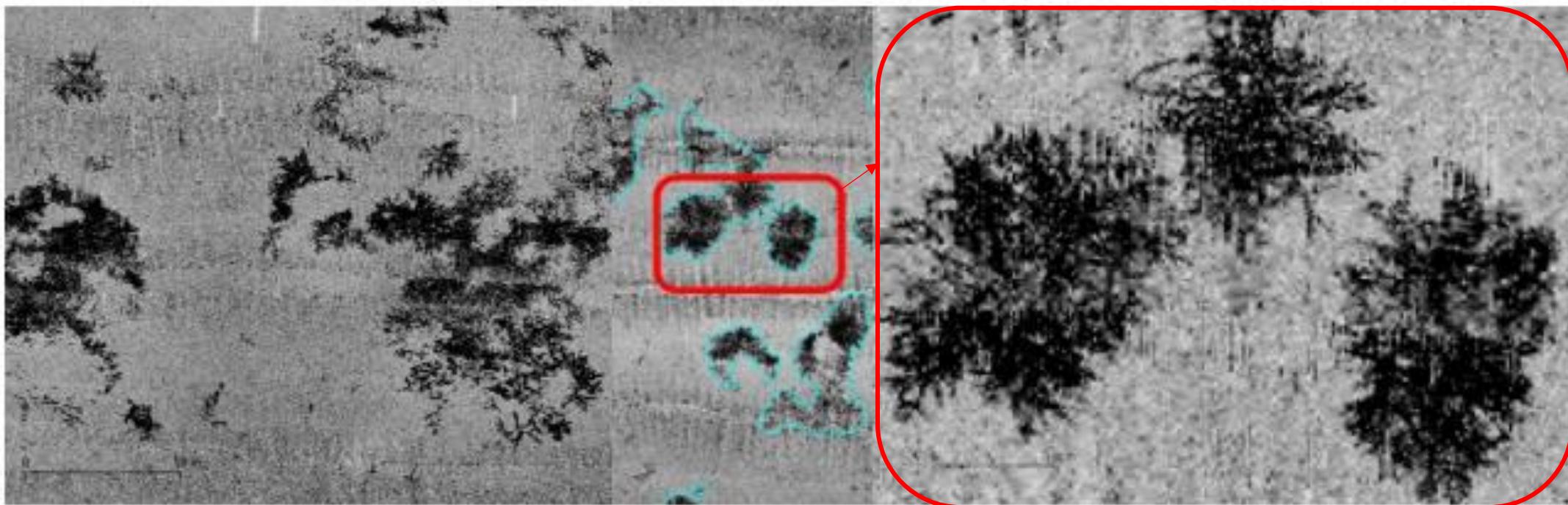
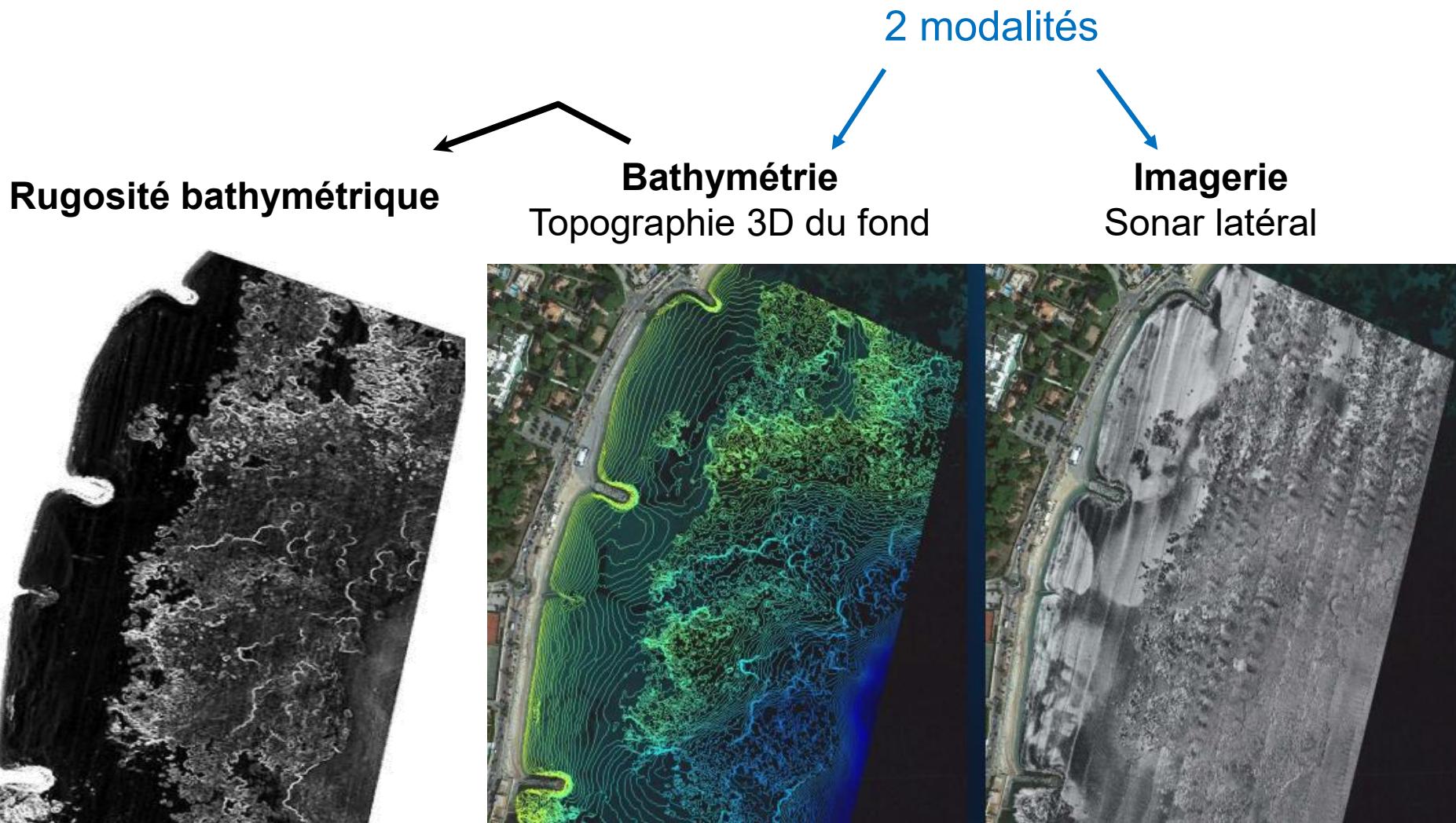


Figure 12: Exemples d'observations de cymodocées sur la mosaïque sonar latéral
(La résolution de la mosaïque sonar latéral, c'est à dire la taille du pixel, est de 25 cm x 25 cm)

Multi-capteurs sonars : 2 modalités





semantic ts

TERRITOIRE ENVIRONNEMENT TELEDETECTION
INFORMATION SPATIALE



Projet RAPID-DGA ADELE Acoustic DEep LEarning

Système de détection de changement des fonds marins
basé sur l'apprentissage profond des signaux acoustiques
issus de multi-capteurs sonars

Lionel PIBRE
Jérôme PASQUET



Développement d'un réseau de neurones

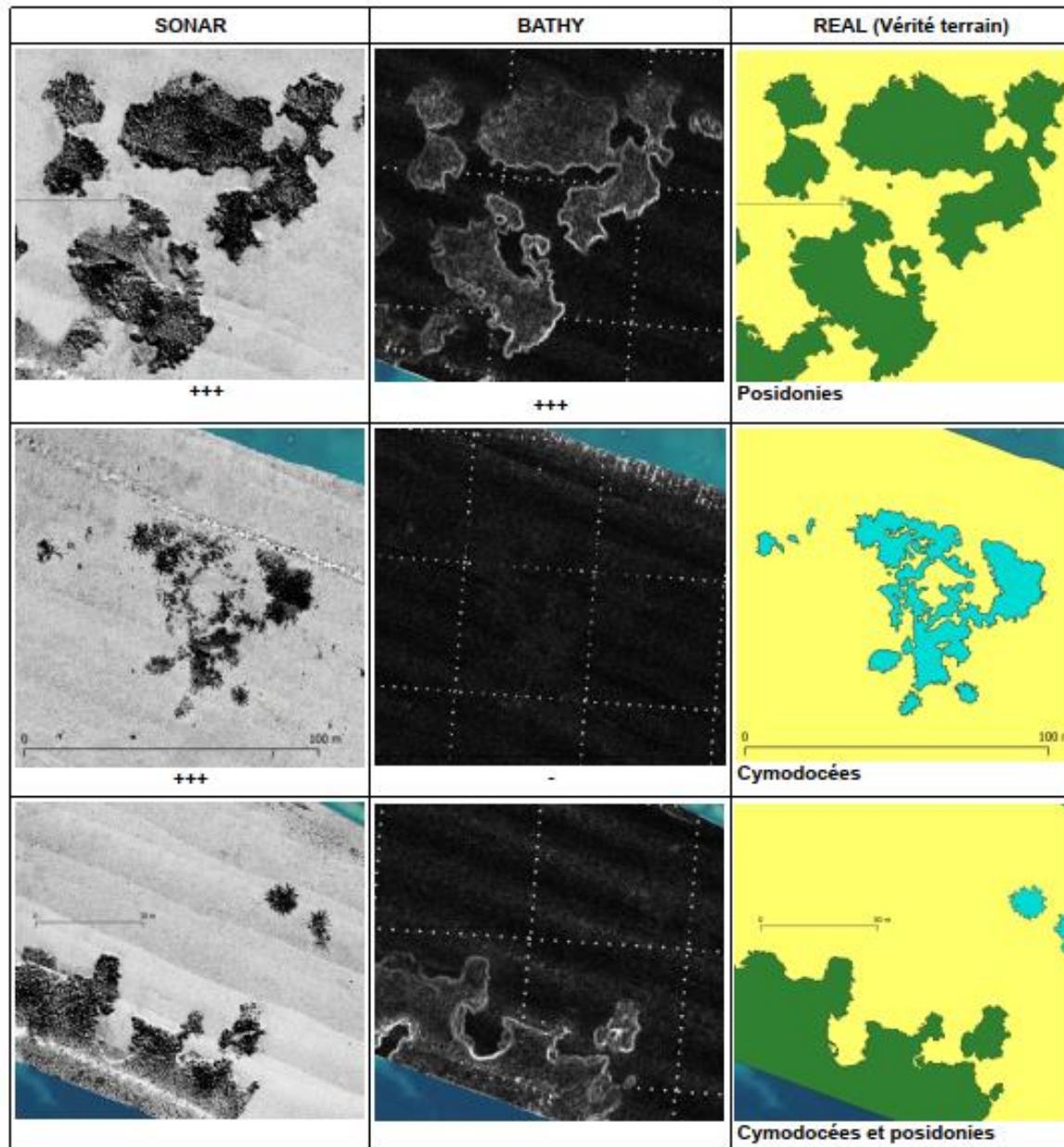
Objectif : meilleure segmentation des fonds marins

Classe / labellisation

9 classes d'habitat

Posidonie	0
Enrochement	1
Matte	2
Anthropique	3
Cymodoce Zostere	4
Sediment	5
Roche	6
BlocGaletGravier	7
SedimentRide	8





Posidonies



Cymodocées - zostères

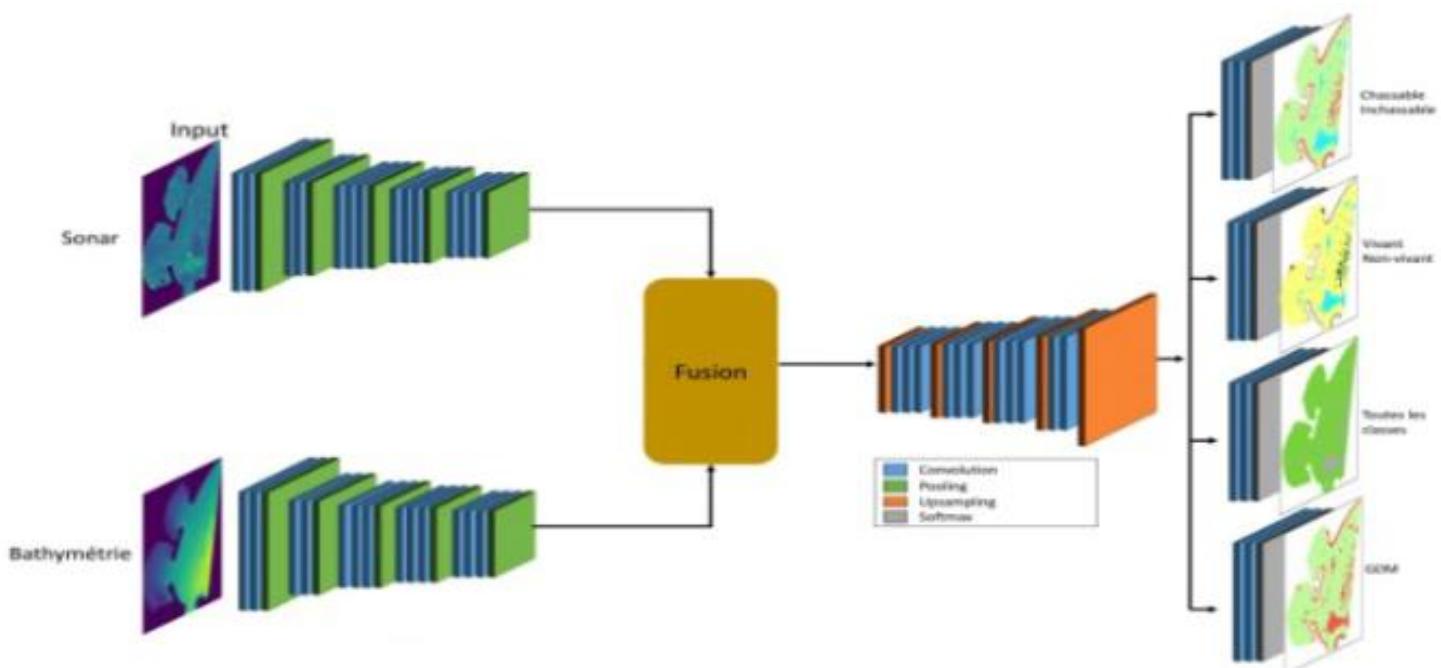


Analyse des signatures acoustiques

Données d'apprentissage

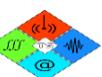
DATE	NOM	TIF BATHY	TIF SONAR
2015	SteMaxime_Croisette	566.00m x 792.50m @ 0.25m x 0.25m	561.00m x 791.75m @ 0.25m x 0.25m
2015	SteMaxime_Garonette	463.50m x 477.00m @ 0.25m x 0.25m	463.50m x 474.25m @ 0.25m x 0.25m
2015	SteMaxime_Nartelle	945.00m x 1067.00m @ 0.25m x 0.25m	945.25m x 1067.25m @ 0.25m x 0.25m
2015	SteMaxime_StHilaire	290.00m x 227.50m @ 0.25m x 0.25m	289.75m x 226.75m @ 0.25m x 0.25m
2016	SteMaxime_NartelleSud	504.50m x 448.50m @ 0.25m x 0.25m	502.50m x 448.25m @ 0.25m x 0.25m
2016	SteMaxime_PortBaie	1324.50m x 630.50m @ 0.25m x 0.25m	1324.50m x 630.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	BaiePampelonne_Herbiers	1503.00m x 2598.50m @ 0.25m x 0.25m	1488.75m x 2508.00m @ 0.25m x 0.25m
2017	Cannes_Croisette	1023.00m x 478.75m @ 0.25m x 0.25m	1022.75m x 478.50m @ 0.25m x 0.25m
2017	Cannes_DiguePort	840.75m x 466.50m @ 0.25m x 0.25m	841.00m x 467.00m @ 0.25m x 0.25m
2017	CotiChiavari_Portigliolo	509.75m x 469.75m @ 0.25m x 0.25m	508.75m x 469.00m @ 0.25m x 0.25m
2017	Hyeres_Bona	408.75m x 1004.50m @ 0.25m x 0.25m	408.50m x 1004.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	Hyeres_Capte	210.00m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m	209.75m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	Hyeres_Gare	202.50m x 229.75m @ 0.25m x 0.25m	202.25m x 229.50m @ 0.25m x 0.25m
2017	Lecci_BaieSaintCyprien	531.50m x 1046.25m @ 0.25m x 0.25m	537.00m x 1046.50m @ 0.25m x 0.25m
2017	StRaphael_PlageVeillat	382.00m x 314.25m @ 0.25m x 0.25m	385.25m x 314.25m @ 0.25m x 0.25m
2017	StRaphael_PortSantaLucia	1074.50m x 1094.25m @ 0.25m x 0.25m	1054.00m x 1059.50m @ 0.25m x 0.25m
2018	Cannes_Croisette	1021.50m x 478.75m @ 0.25m x 0.25m	1021.50m x 478.75m @ 0.25m x 0.25m
2018	Menton_PlagesS1S2	1369.50m x 1286.00m @ 0.25m x 0.25m	1340.75m x 1246.25m @ 0.25m x 0.25m
2018	Menton_PlagesS3	501.50m x 560.50m @ 0.25m x 0.25m	480.00m x 608.00m @ 0.25m x 0.25m
2018	Roquebrune_Plages	643.50m x 1144.00m @ 0.25m x 0.25m	672.00m x 1184.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyeres_Bona	448.00m x 1088.00m @ 0.25m x 0.25m	448.00m x 1088.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyeres_Canalisation	4171.50m x 2653.00m @ 0.25m x 0.25m	4170.50m x 2653.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyeres_Capte	210.00m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m	209.50m x 546.25m @ 0.25m x 0.25m
2019	Hyeres_Gare	200.00m x 226.25m @ 0.25m x 0.25m	199.50m x 226.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Marseille_ParcBalneairePrado	860.50m x 700.00m @ 0.25m x 0.25m	858.50m x 699.75m @ 0.25m x 0.25m
2019	SaintCyr_Emissaire	1165.50m x 923.00m @ 0.25m x 0.25m	1165.25m x 922.75m @ 0.25m x 0.25m
2019	SaintLaurent_Port	1735.50m x 698.00m @ 0.25m x 0.25m	1735.00m x 697.50m @ 0.25m x 0.25m
2019	StTropez_Cimetiere	189.75m x 249.25m @ 0.25m x 0.25m	167.50m x 199.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Theoules_ParcMarin	2624.00m x 4032.00m @ 0.50m x 0.50m	2624.00m x 4000.00m @ 0.25m x 0.25m
2019	Theoules_Port	303.25m x 191.75m @ 0.25m x 0.25m	301.50m x 191.75m @ 0.25m x 0.25m
2020	Hyeres_LittoralCeinturon	985.50m x 1417.50m @ 0.25m x 0.25m	643.00m x 835.25m @ 0.25m x 0.25m
2020	LaSeyne_BaieSablette	False	525.75m x 1547.50m @ 0.25m x 0.25m

Développement du RN



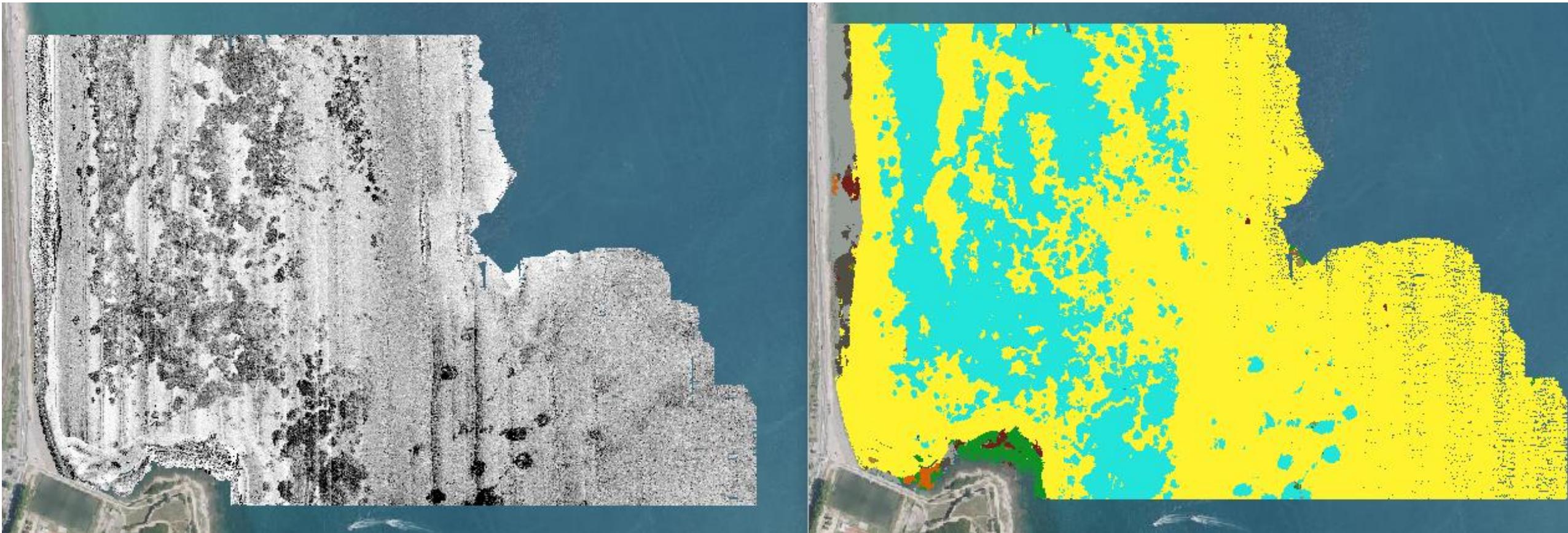
11 millions de pixels labellisés
 (de 25 cm de côté)
 d'herbiers de cymodocées/zostères

CLASSES	#PIXELS
Posidonie	128,337,503
Enrochement	2,941,621
Matte	2,118,059
Anthropique	40,645
Cymodoce	11,226,658
Sediment	145,111,715



Cartographie multi-capteurs sonars : Résultats du RN (Réseau de Neurones) développé

Workshop SERENADE – 10-13 Juin 2024 – Toulon SEATECH – ENSTA Bretagne

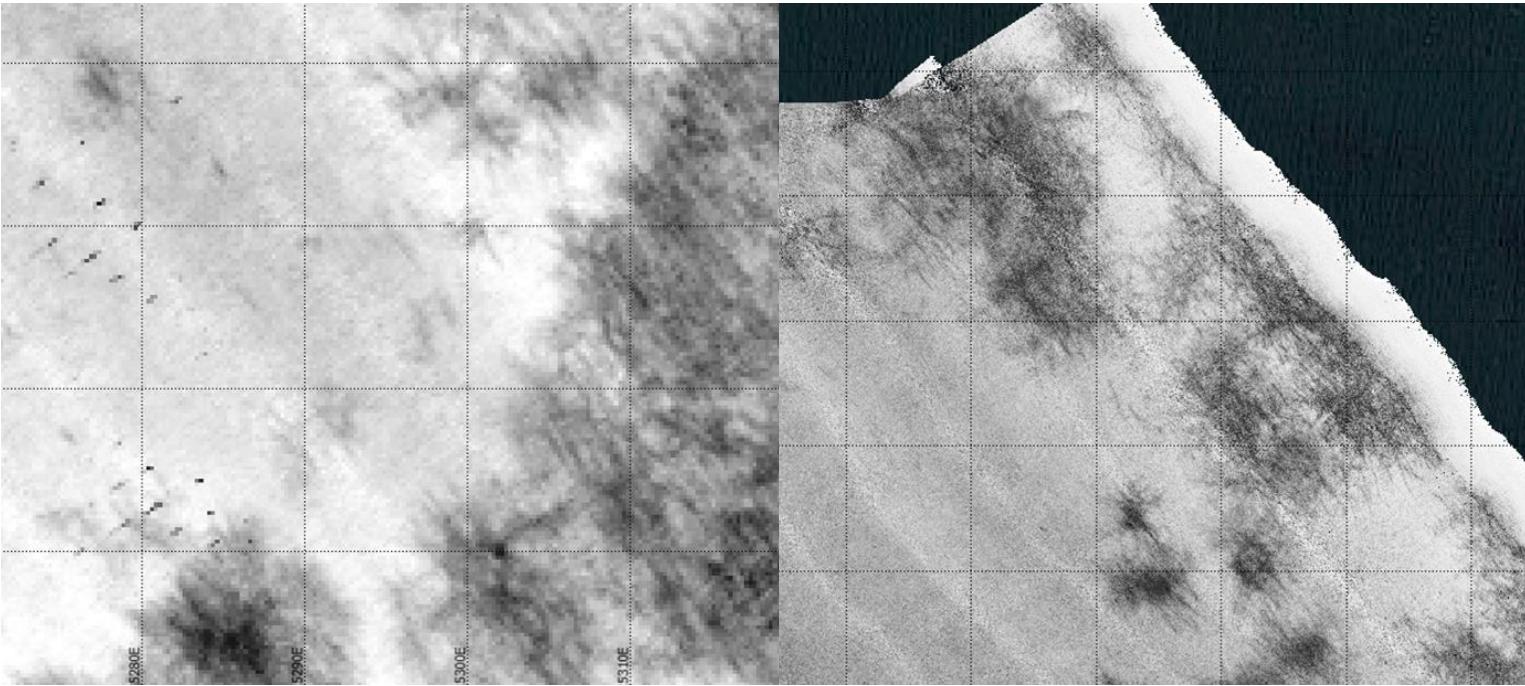


Très bons résultats sur la cymodocée :
-> Le RN segmente mieux que manuellement
-> fort potentiel du RN

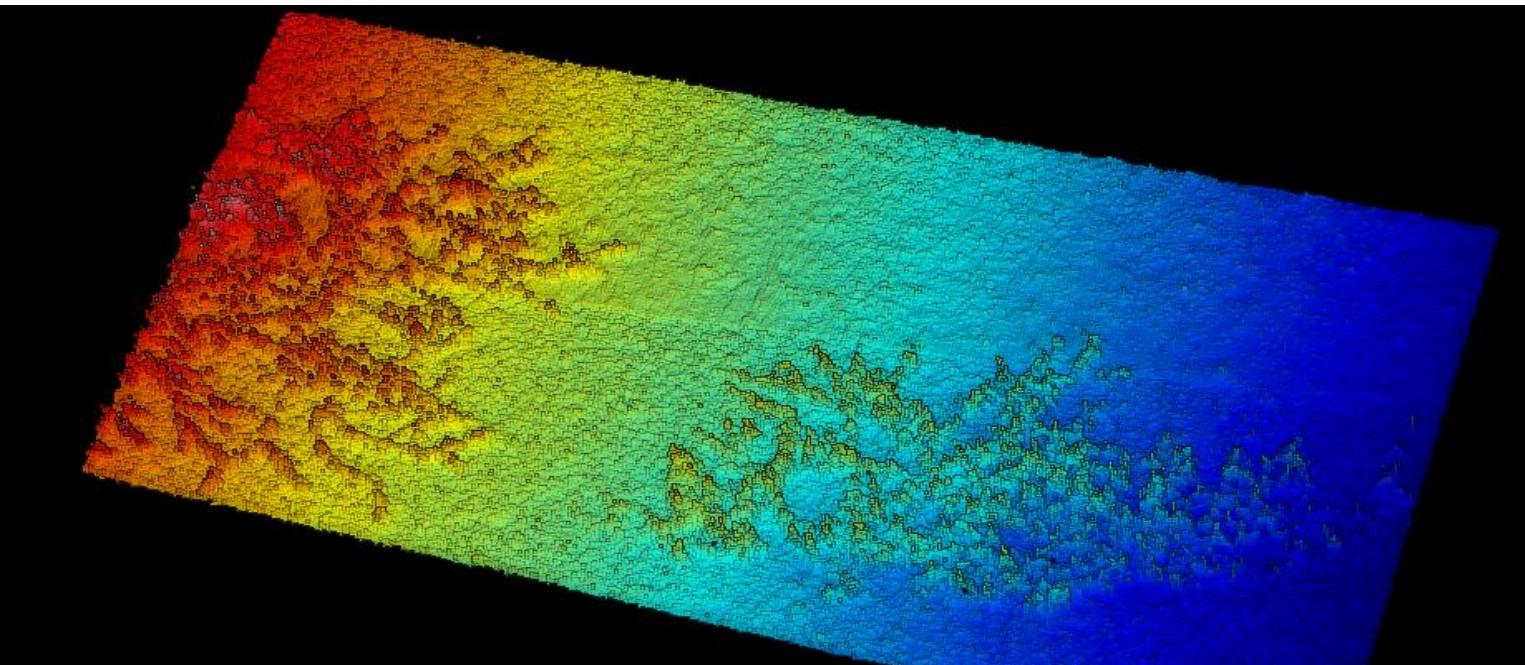


Essais nouveaux sondeurs

THR
Très Haute Résolution 2024



UHR
Ultra Haute Résolution 2025

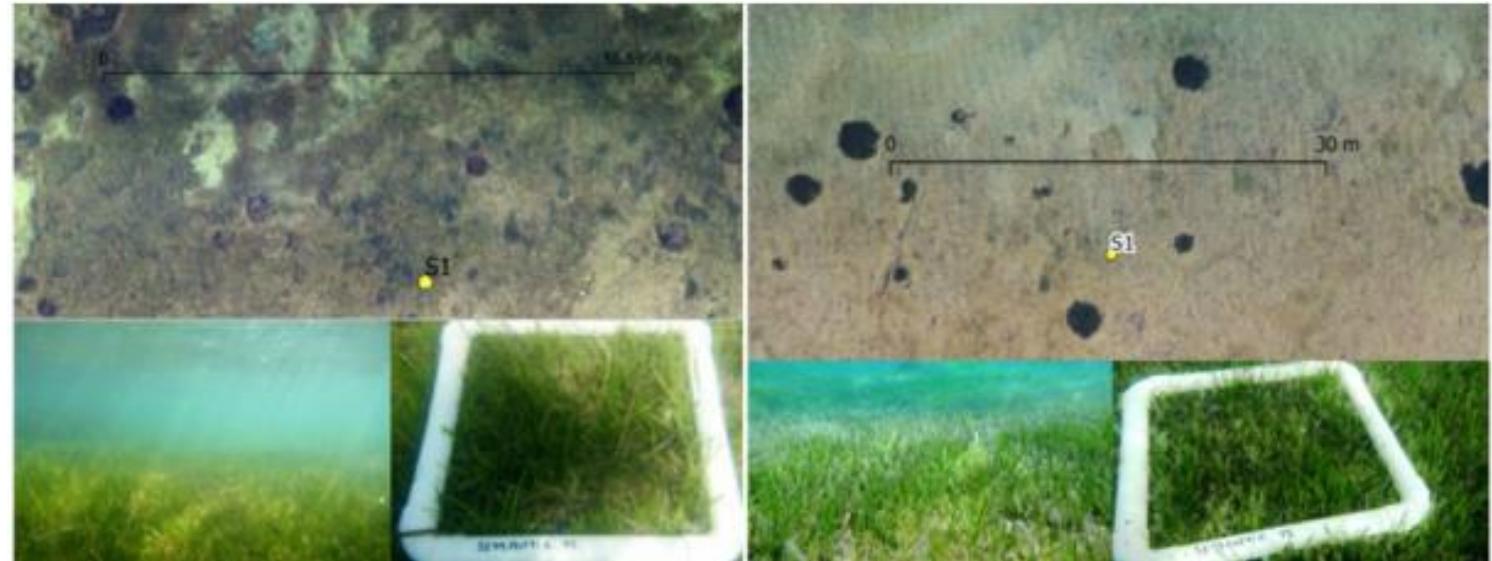


Cartographie par drone aérien en petits fonds

Acquisition d'une orthographie par drone aérien



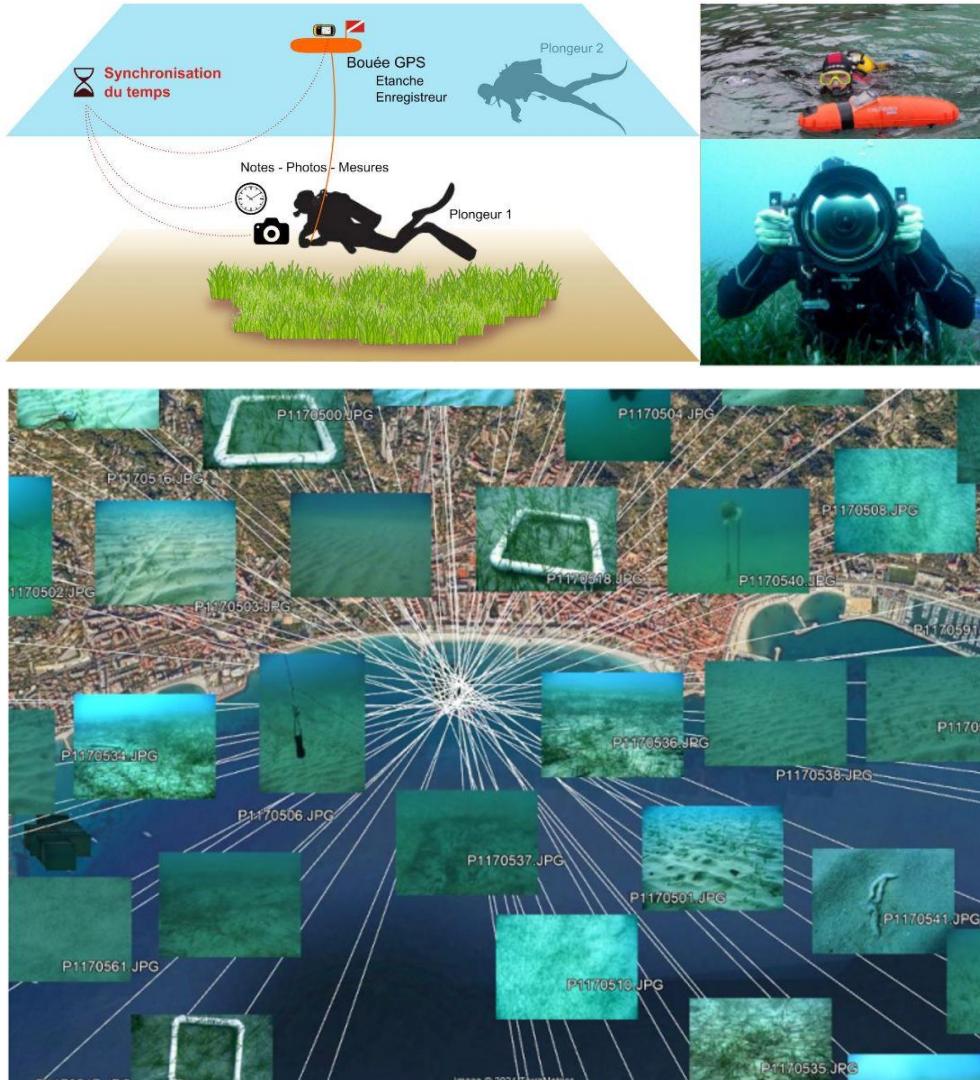
Exemples de résultats sur les herbiers mixtes de zostères-cymodocées



Septembre

Avril

Observations sous-marines 2015 - 2025 (géoréférencées)



Production d'atlas photographique

Typologies variées d'herbiers

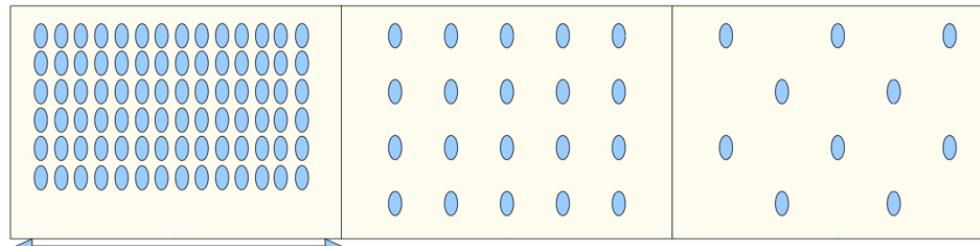
The background of the slide is a photograph of an underwater seagrass meadow. The water is clear, and the green seagrass blades extend from the bottom towards the top of the frame. The light creates a natural gradient from blue at the top to green and yellow at the bottom.

Caractérisation des herbiers de cymodocées/zostères

Etude / paramètres de caractérisation

Distribution régulière

Recouvrement



Fort

Moyen

Faible



Fort

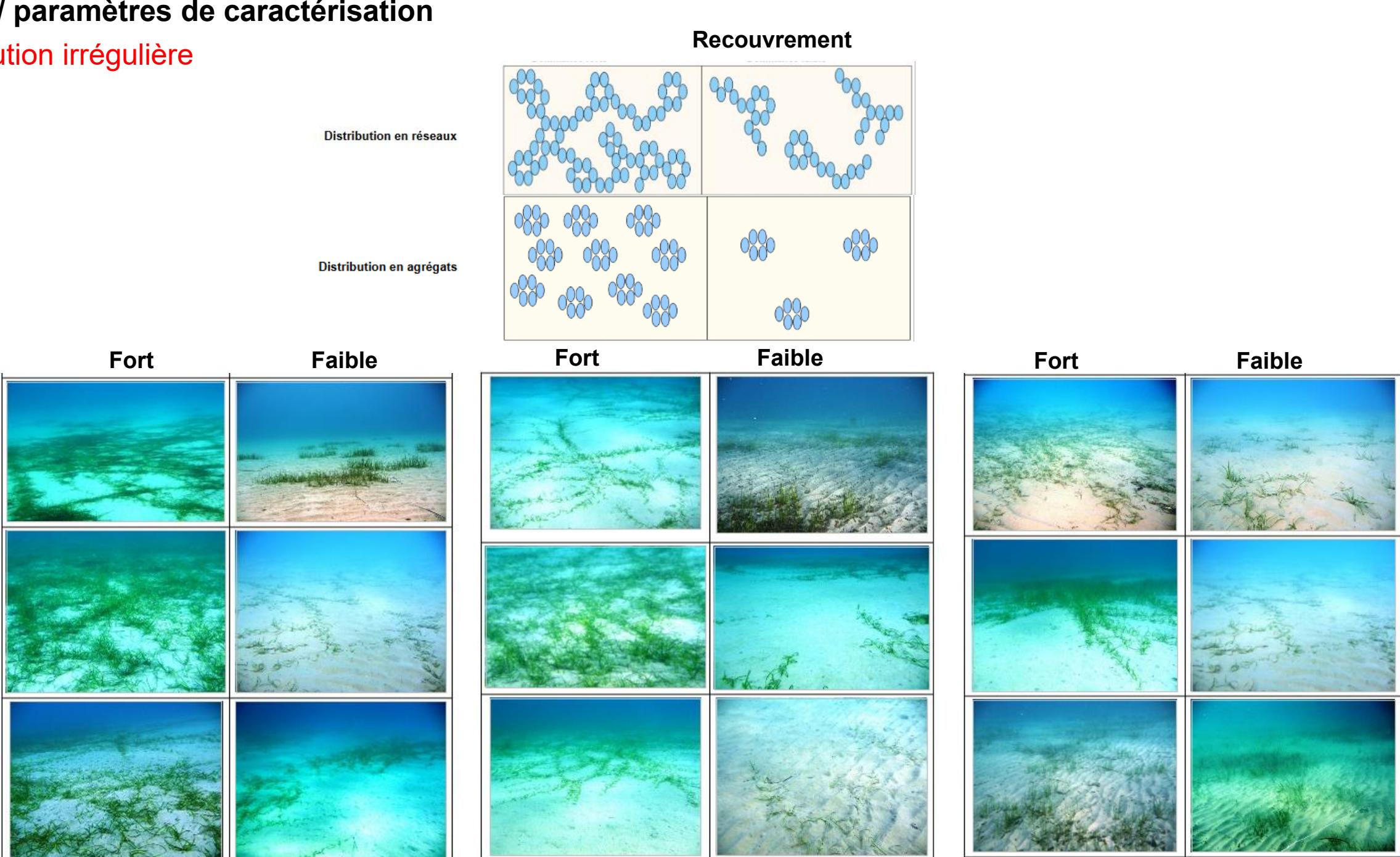
Moyen

Faible



Etude / paramètres de caractérisation

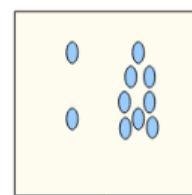
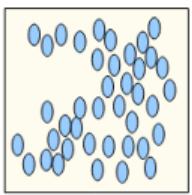
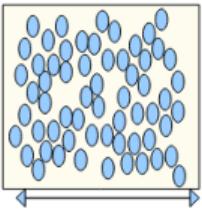
Distribution irrégulière



Etude / paramètres de caractérisation

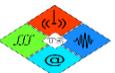
Densité ?

ssi Distribution régulière



Exemples de travaux en cours

Sites Natura 2000



Etude financée à 100% par la DREAL PACA

Site Natura 2000 FR9301995 « Cap Martin »



2 - Présentation des études et suivis en cours

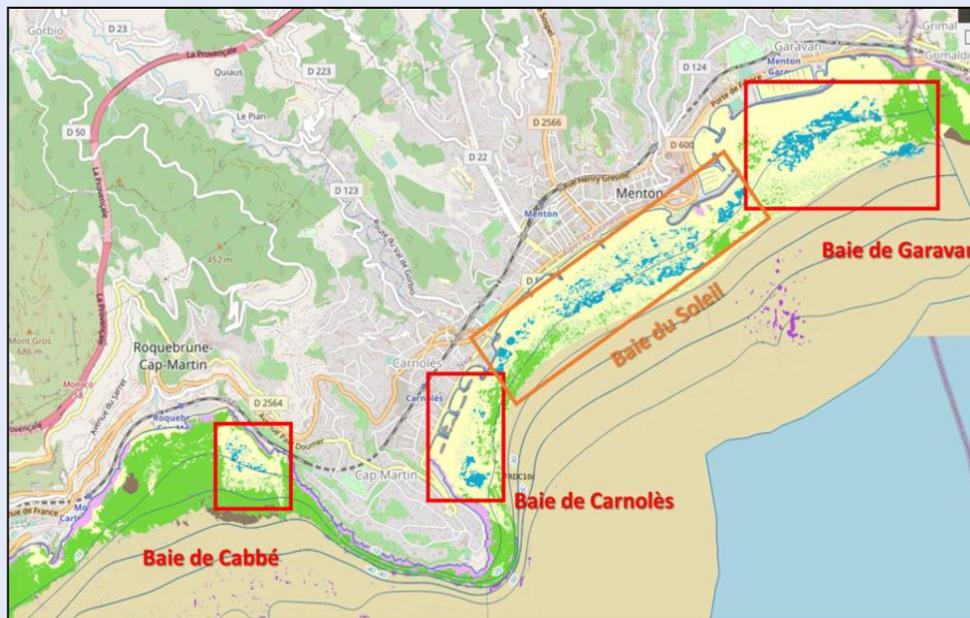
CRÉATION D'UN PROTOCOLE DE SUIVI DE L'HERBIER DE CYMODOCÉE

Objectifs :

- ✓ Compléter l'état initial de l'habitat pour le site Cap Martin
- ✓ Accroître les connaissances sur l'état de conservation de l'habitat « Cymodocée » (distribution spatiale et temporelle)
- ✓ Assurer le suivi des espèces/habitats sur le long terme

Etapes

- ✓ Analyse différentielle des cartographies existantes
- ✓ Etude des données sonar pour le recouvrement
- ✓ Proposition d'un protocole pour les suivis in situ
- ✓ Campagne N°1 (Mai 2024) : Cartographie & Plongées d'observations herbiers
- ✓ Campagne N°2 (Nov 2024)
- ✓ Campagne N°3 (Juin 2025)
- ✓ Analyse et MAJ du protocole



Isabelle MONVILLE

Etudes préliminaires :
2018 – 2020 - 2021

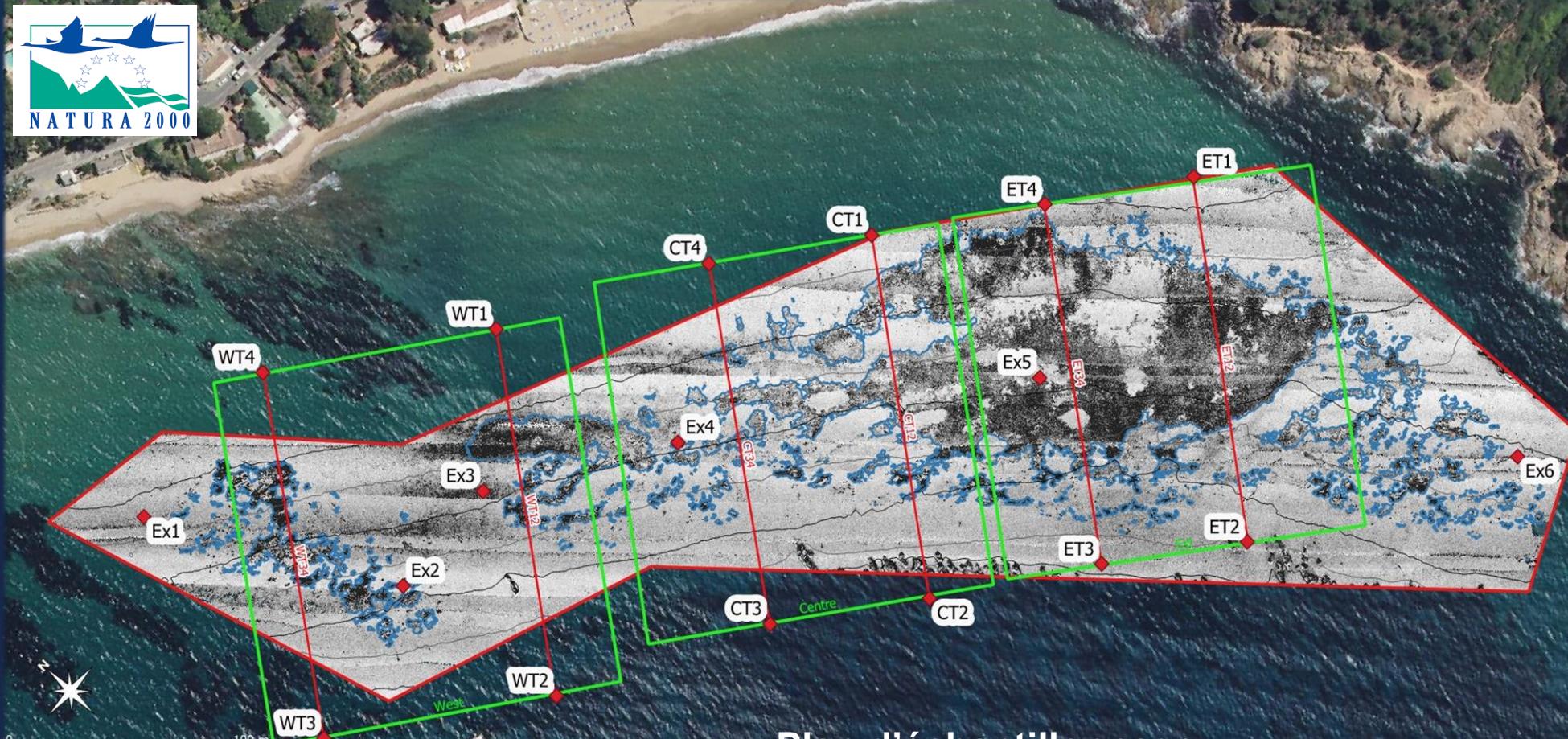
2024 - 2025
3 missions saisonnables

FR9301624 – Site Natura 2000 ‘Corniche Varoise’ Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez



Zone d'étude : Herbier de Gigaro

Grégory SYLLA



Run annuel :
3 missions saisonnées
2025 - 2026

A photograph of a dense underwater seagrass meadow. The blades of seagrass are a vibrant green, swaying slightly in the water. The background is a darker teal color, representing the water's surface.

Conclusions & Perspectives



Etudes et applications de méthodologies

Cartographies – Observations – Caractérisation

Poursuite des travaux sur différents sites, conditions, typologies

- Approche Surfacique : Cartographie
 - Présence /absence
 - Cartographie (choix optimal /coût /précision – résolution) : drone ou satellite ou sonar) + VT vidéo géoréférencée
 - Surface de caractérisation (pas uniquement l'emprise)
- Approche linéaire : complément VT
 - Observations en transect + Prise de vues géoréférencées avec repère étalon
 - Observations : régularité, recouvrement, limites inf et sup, écotones, compétition avec autres herbiers...
- Approche ponctuelle : complément VT
 - Quadrat vidéo - Observations : régularité, recouvrement
 - Ponctuel - quadrat plongée : Observations : Espèces présentes & Biomasse (densité si homogène, longueur de feuilles)

Avec compilation pérenne / géoréférencée des observations

- Inventaire ADNe ...?





Observations sous-marines 2020 - 2025

Recommandations pour la cartographie et perspectives de suivi

Objectif : mise en routine future → faisable + pertinent + peu coûteux + corrélable avec les pressions anthropiques

- Cartographie
 - Méthodes développées, opérationnelles, bonne capacité de détection
 - Mesurer et suivre la **surface de caractérisation** "présence/absence"
 - Suivi surfacique : Fréquence de retour sur site pour le suivi : compliqué !
 - Battement "naturel" de l'herbier ou impact de pressions ?
- Caractérisation ponctuelle :
 - Observations locales / VT pour la cartographie
 - Caractérisation de l'herbier... Régularité/Recouvrement - Niveau d'impact
- Indicateurs d'état
 - Actuellement les outils efficaces sont basés sur les cartographies, seules informations corrélables avec les pressions
 - Compte tenu des écosystèmes et de leurs particularités → difficile d'appliquer / développer les méthodes utilisées pour les posidonies.
Avec en particulier un lien entre les données surfaciques de "présence/absence" et l'état de l'herbier.
 - **Les éléments de recommandation nécessitent une prise de recul**
- ?
 - L'herbier de cymodocées /zostères fortement observé actuellement
 - Il n'était pas observé avant ?
 - D'autres conditions font qu'il s'étend, par exemple la gestion de la qualité des eaux des fleuves côtiers ?
 - Plus généralement la croissance de ces herbiers est-elle corrélable à la qualité des eaux ?
 - Capacité de l'herbier de cymodocées à se combler ? Vulnérabilité des cymodocées aux conditions climatiques, résilience ?
 - Ligne de répartition de l'herbier de posidonie et des cymodocées /zostères ?

L'acoustique sous marine au service de la connaissance de l'environnement,
une approche innovante du monitoring et de la cartographie des fonds marins



SEMAntIC



Merci de votre attention !

1142 Chemin de St Roch - 83110 Sanary/Mer - tél 33 4 94 88 24 58
e-mail : contact@semantic-ts.fr - web : <https://semantic-ts.fr>