



**SEMANTIC TS**

## Bureau d'Études en Océanographie Acoustique

# Méthodes de cartographie et de monitoring des petits fonds aquatiques (poissons, végétation, sédiment et bathymétrie) par fusion multi-capteurs



**Simon MARCHETTI**  
*Responsable Acquisition et*



**Eric BAUER**  
*Responsable Mission et Matériel*



**Jean-Marc TEMMOS**  
*Directeur*



**Michel COQUET**  
*Ingénieur Intégration*



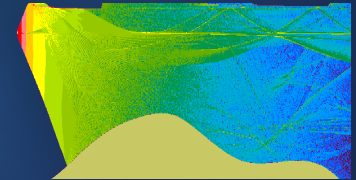
**Claire NOEL**  
*Directeur Scientifique*

**SEMANTIC TS – Sanary (Var)** Docteur-Ingénieurs Opérateurs sonars Pilotes et plongeurs PRO  
Modélisation... Traitement du signal... Instrumentation... Logiciels... Mesures in-situ ... depuis 1993

## Bureau d'études en océanographie acoustique

Spécialisé en Acoustique Sous-marine et en Traitement du Signal  
... Lutte Sous-Marine ... Guerre des Mines ... Océanographie opérationnelle ...

Utilise le son pour inférer le milieu marin.



### Défense

Lutte Sous-Marine, Guerre des mines, Océanographie  
Opérationnelle, Techniques des Systèmes Navals



### Civil & Environnement

Mer, Lac, Rivière, Lagune... Parcs marins, Collectivités  
locales, Etude d'impact, Bathymétrie, Cartographie,



### Infrastructures Privées

Portuaire, Fluvial, Offshore... Travaux maritimes,  
Constructions & suivi d'infrastructures, Mesures et

Expression d'un besoin commun de monitoring



## Monitoring acoustique de l'environnement

Si produire des cartes **précises** des fonds marins est un challenge

Assurer leur **reproductibilité** est encore plus complexe

Travail **essentiel** car l'évolution entre deux cartes  
fournit des informations pertinentes qualifier les changements

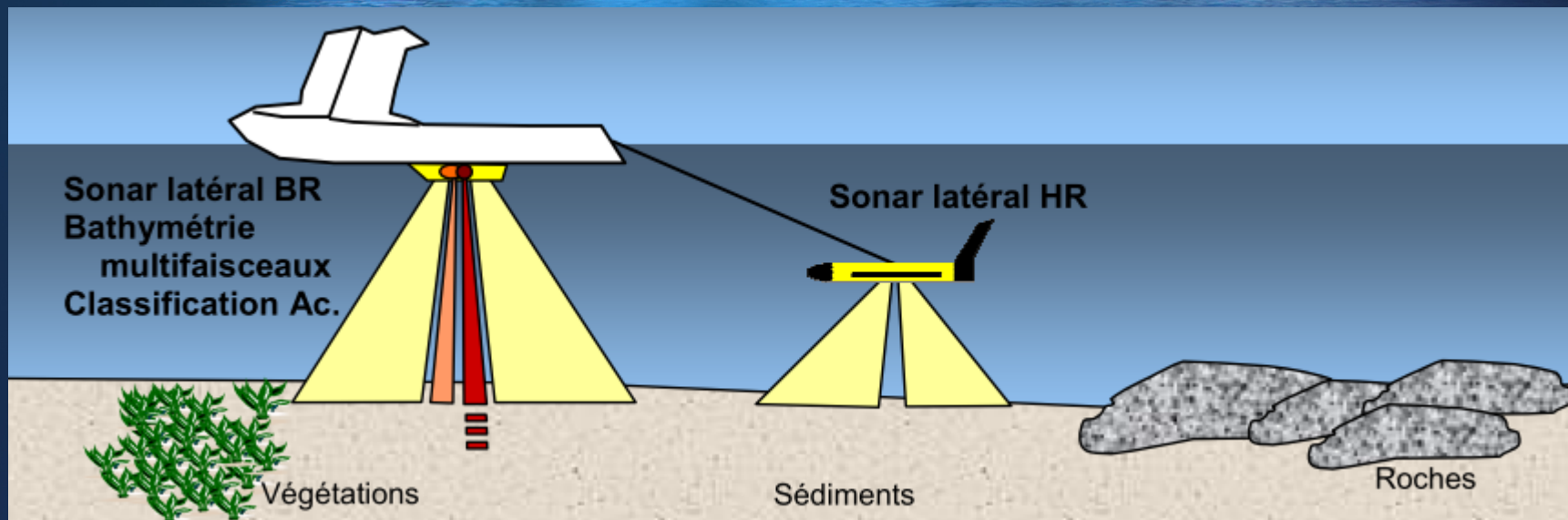
SEMANTIC TS développe et met en œuvre depuis 2001 des techniques de  
monitoring des fonds aquatiques, utilisant la fusion des données multi-capteurs

Ces méthodes sont **accessibles** à la fois aux organismes militaires et au monde civil

### 3 axes de développement :

1. **Fusion de données** à partir de différents capteurs
2. Design de **plateformes légères** de sondage
3. Méthode de **classification acoustique** de la nature des fonds

## Monitoring acoustique de l'environnement Le principe



Bathymétrie haute résolution et sonar latéral  
disposer de l'imagerie sonar et en même temps la topographie fine

Méthode de détection et de classification (Vertical Acoustic monitoring) écho sondeur

Ces systèmes, fonctionnent à **différentes fréquences**,  
et apportent des **informations complémentaires** sur le milieu marin.

... comme pour le corps humain : scanner, IRM, radio, prélèvement ...



# Monitoring acoustique de l'environnement

## Le principe



**Centrale Attitude :**  
2 GPS RTK  
couplés à une  
Centrale Inertielle

Centrale de navigation  
Centrale d'acquisition

**Déploiement  
de sonars remorqués**

**Le SEMANTIC :**  
Navire de Charge  
4<sup>e</sup> cat. Professionnelle  
Charge utile : 1000 kg  
Tirant d'eau : 30 cm  
Longueur : 6,40 m  
Moteur : 135 CV  
Puissance : 1kW (24/24)

**Senseurs acoustiques**  
Mono faisceau Simrad ES 60  
Interféromètre Geoswath+  
Capteur célérité Valeport  
Profileur de célérité Valeport P

**Gabarit Routier  
Automobile**

Développement d'un mini navire navire océanographique :

Accès aux zones de faibles profondeurs, manœuvrabilité, rapidité de déploiement et coût

## Monitoring acoustique de l'environnement Acquisition & fusion multi-capteurs



**Développement d'un logiciel « Chef d'orchestre » :**  
son rôle : cadencer les mesures (acquisitions, communications, enregistrements)

**Développement d'un SIG spécifique** intégrant  
le traitement des différentes données acoustiques  
le géo-référencement (même centrale d'attitude), avec même base-temps  
la fusion de leurs informations



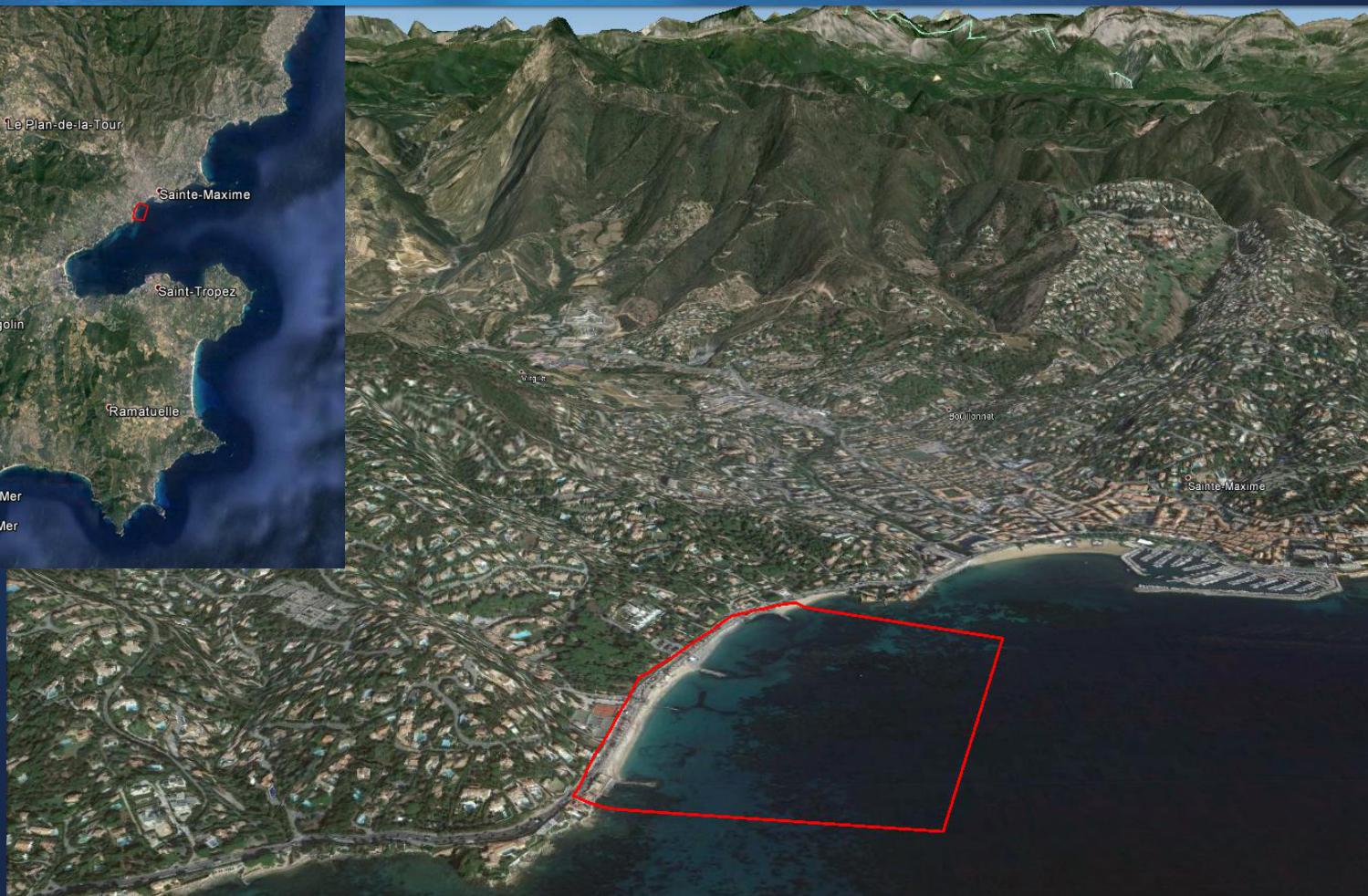
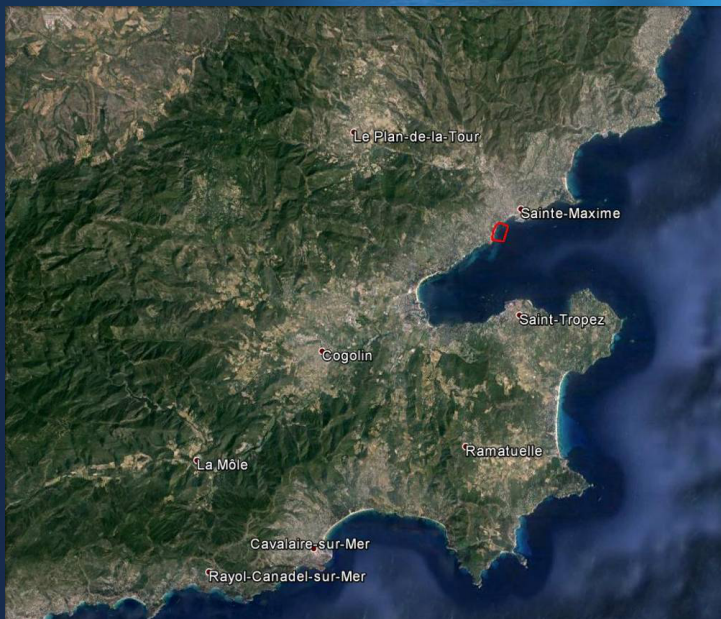






SEMANTIC TS

# Monitoring acoustique de l'environnement Illustrations



SEMANTIC TS





SEMANTIC TS

## Monitoring acoustique de l'environnement Illustrations

### Bathymétrie

Topographie 3D du fond



### Imagerie

Sonar latéral



### Classification Acoustique

DIVA



SEMANTIC TS

Données acquises



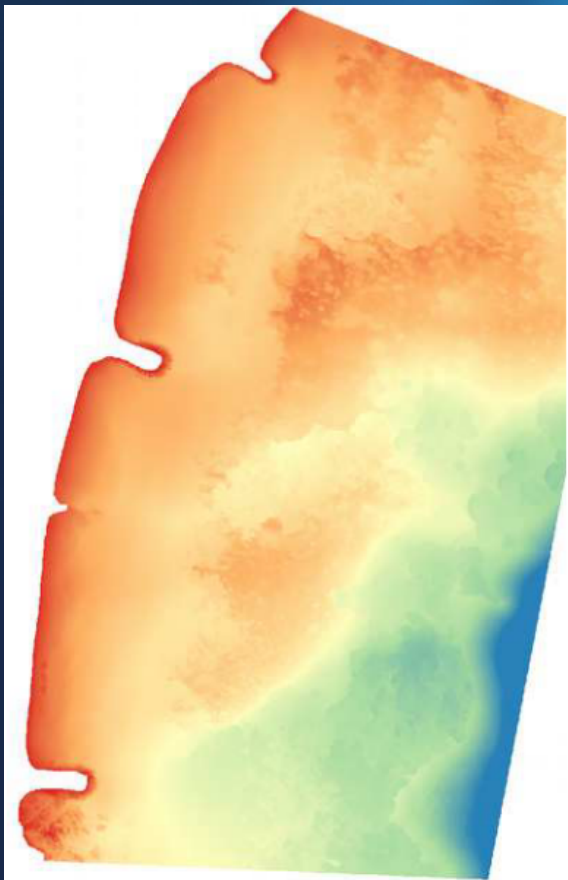


SEMANTIC TS

## Monitoring acoustique de l'environnement Illustrations

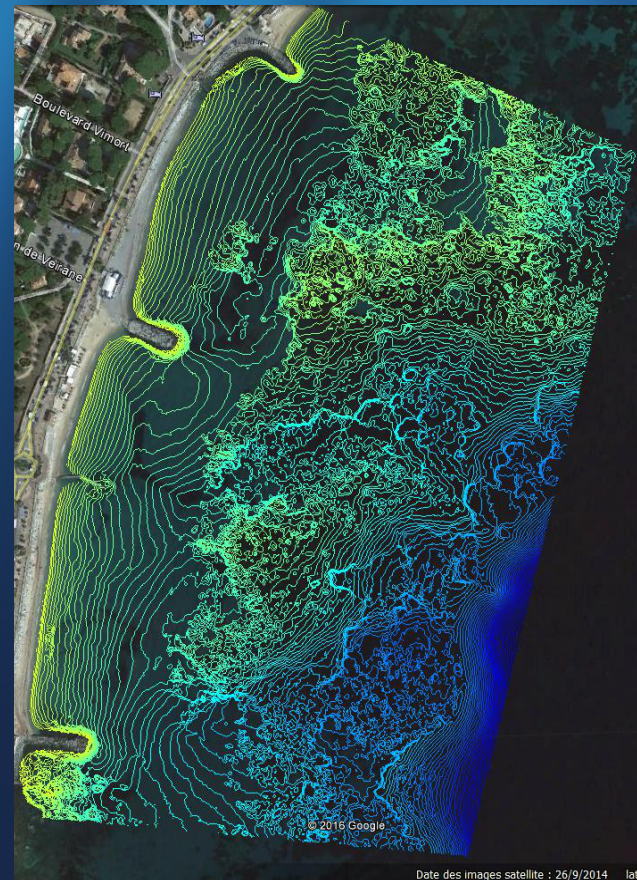
### Bathymétrie

MNT (20 cm x 20 cm)



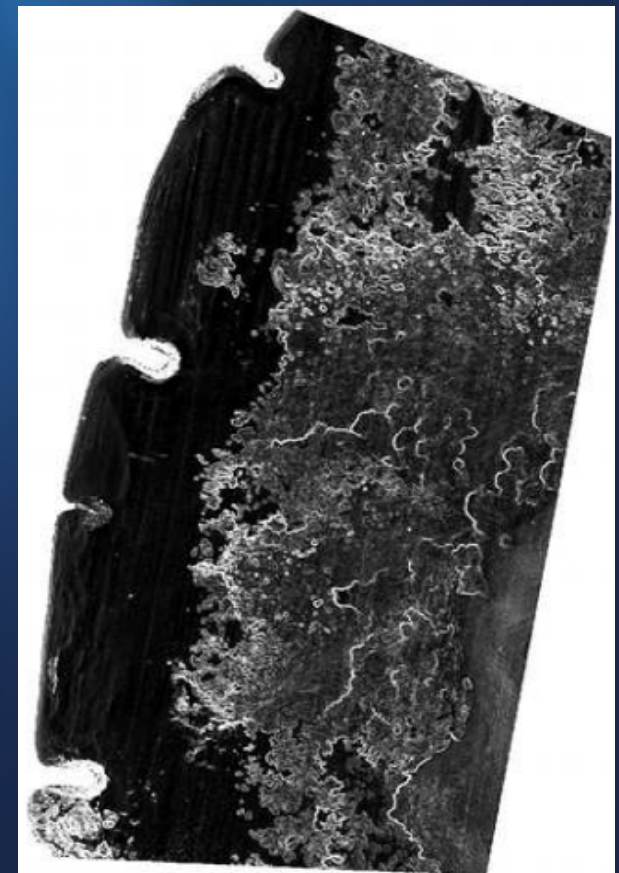
### Isobathes

Espacement 25 cm



### Indice de rugosité

Paramétrable



SEMANTIC TS

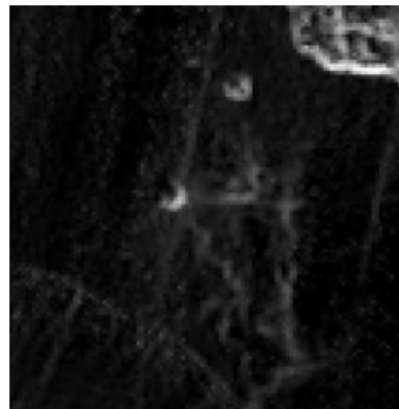
Exploitation des données



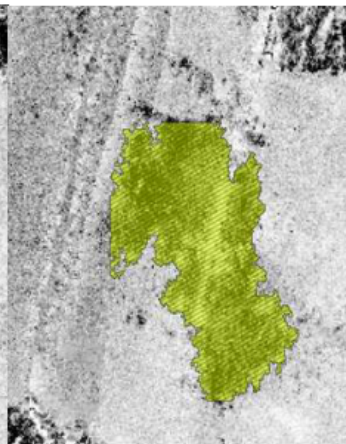
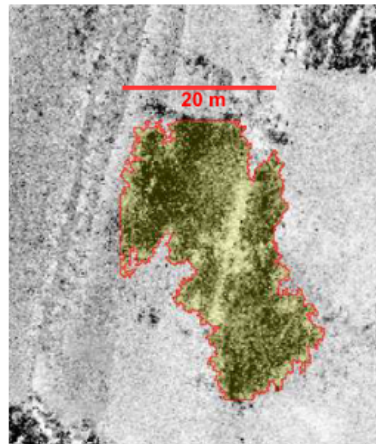
# Monitoring acoustique de l'environnement

## Illustrations cymodocées

L'information bathymétrique n'est pas exploitable :



Il faut utiliser l'imagerie sonar latéral :



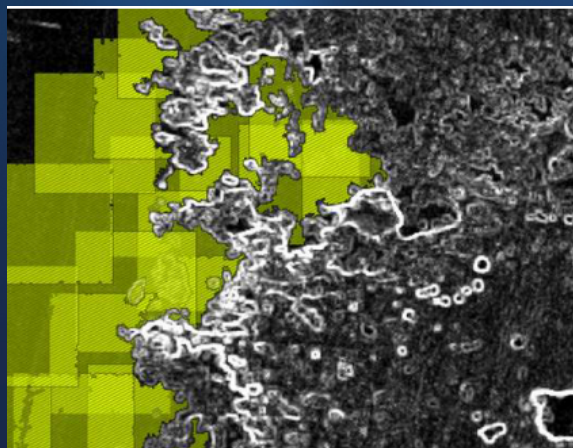
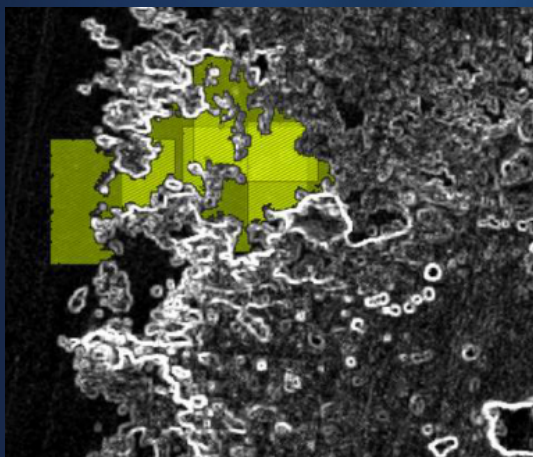
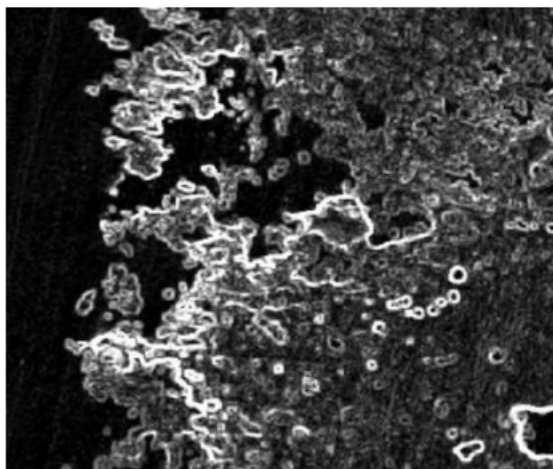
Cas d'une tache isolée, type sédiment, cymodocées ou zostères sans relief bathymétrique.  
Résultat de la segmentation semi-automatisée sur l'imagerie sonar latéral





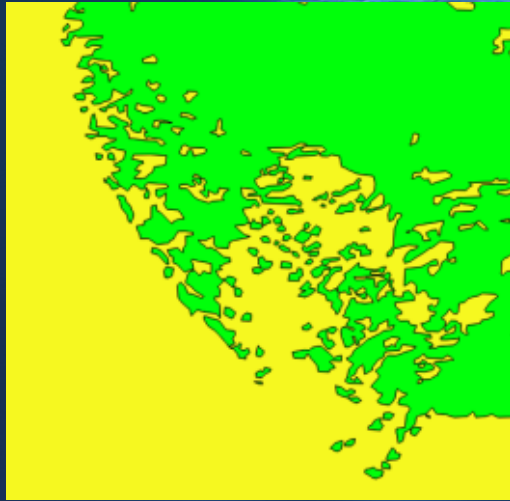
## Monitoring acoustique de l'environnement Illustrations Limite Herbiere

Problématique limite : sonar avec différents niveaux de gris, donc parfois inutilisable : dans ce cas la méthode exploite aussi la micro-rugosité bathymétrique :

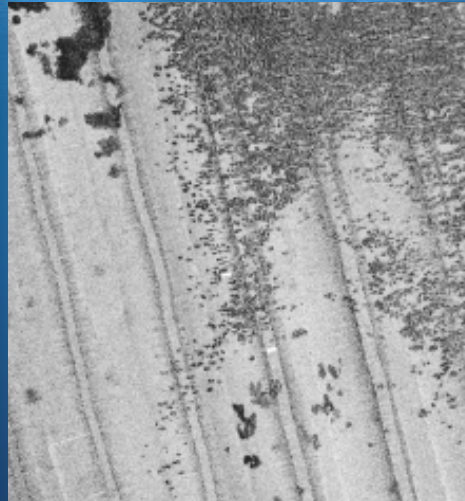




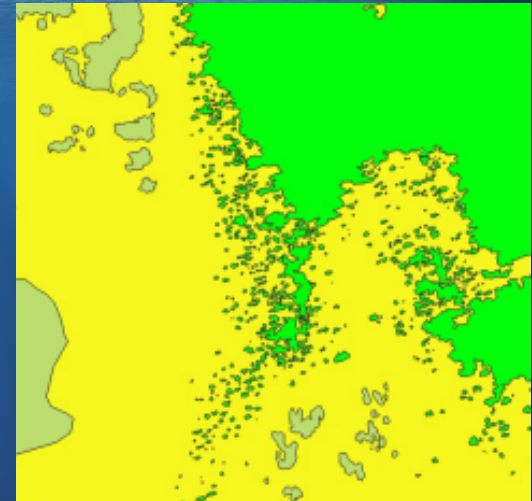
## Monitoring acoustique de l'environnement Améliorations des méthodes



Cartographie biocénétique  
Méthode habituelle par sonar latéral



Imagerie sonar latéral



Cartographie issue de la  
méthode de fusion multi-capteurs

- La fusion des données permet d'améliorer la résolution (petits pixels + définition des contours)
- mieux appréhender les modifications du milieu (recul de la limite des herbiers)
  - Observer d'autres substrats (autres végétations)
  - ajuster au mieux les mesures de gestion.

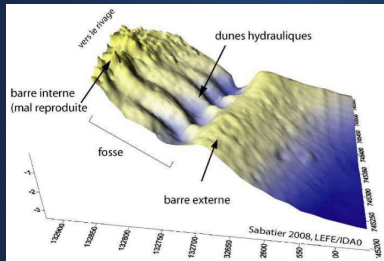
En permettant d'augmenter la résolution des cartographies biocénétiques et sédimentaires en sortie de traitement des données, donc **sans coût supplémentaire**, la méthode montre sa haute performance dans le cadre de l'amélioration de la connaissance et du suivi du milieu marin.

# Monitoring acoustique de l'environnement

## Objectifs technologiques

### Miniaturisations des capteurs

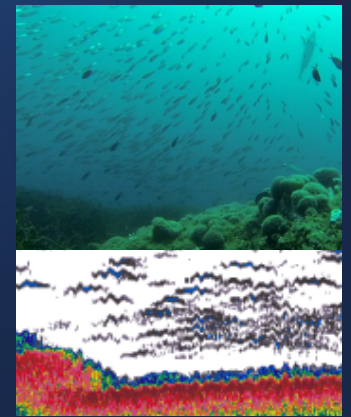
Caractériser et surveiller l'environnement des très petits fonds marins par classification acoustique



Topographie par transect : Suivi de plage



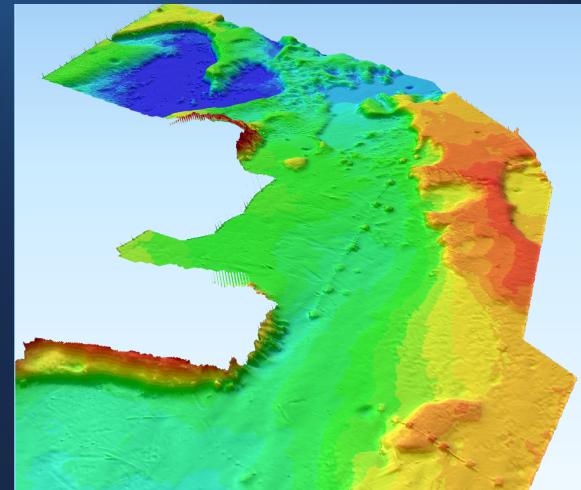
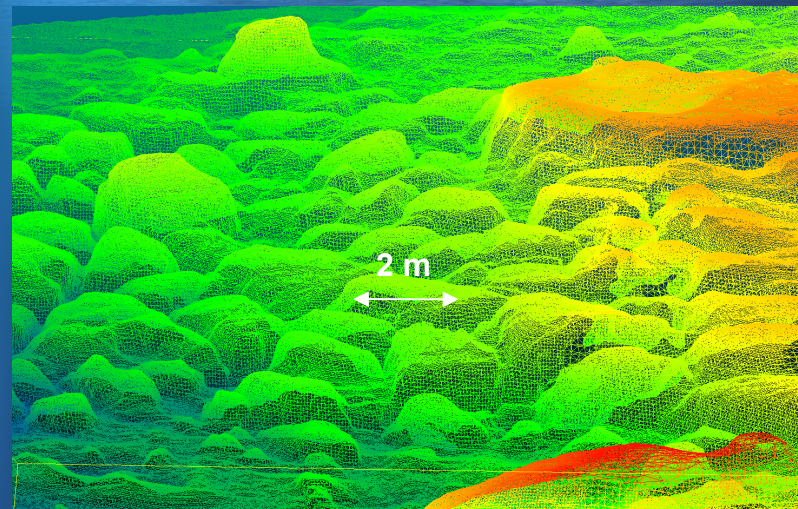
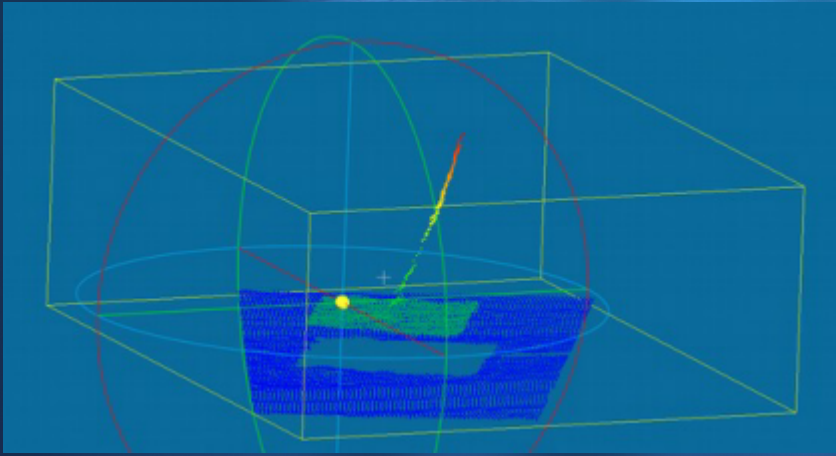
Suivi environnemental



Ressource halieutique



# Monitoring acoustique de l'environnement Topographie haute résolution 2016





# Monitoring acoustique de l'environnement Classification 2016

## eBEEM

### Sondeur de classification des petits fonds aquatiques

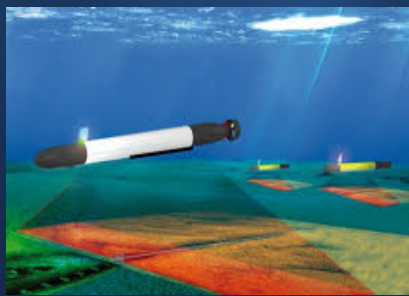






SEMANTIC TS

## eBeem : Les porteurs ciblés



Porteur léger  
autonome ou tracté

Glider AUV .... Meute





SEMANTIC TS

## EBeem : Présentation rapide - FILM

**la minute**  
**RAPID**

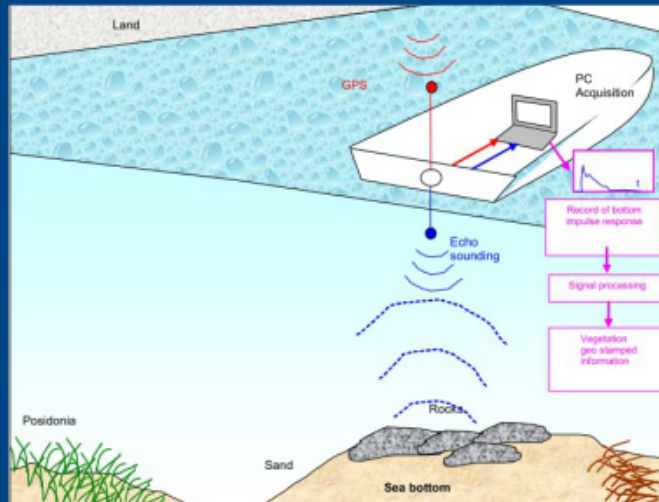
2016\_10\_19\_Classcomm - la minute RAPID ok



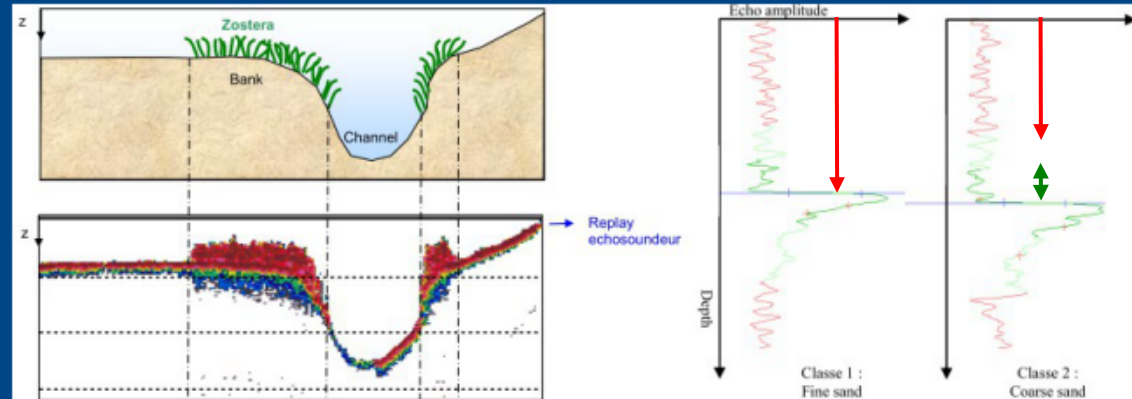
## Ebeem : SACLAF innovant

# SACLAF = Système Acoustique de CLAssification des Fonds

Principe du SACLAF : Acquisition & Analyse du signal réfléchi dans la colonne d'eau et sur le fond



Principe du SACLAF

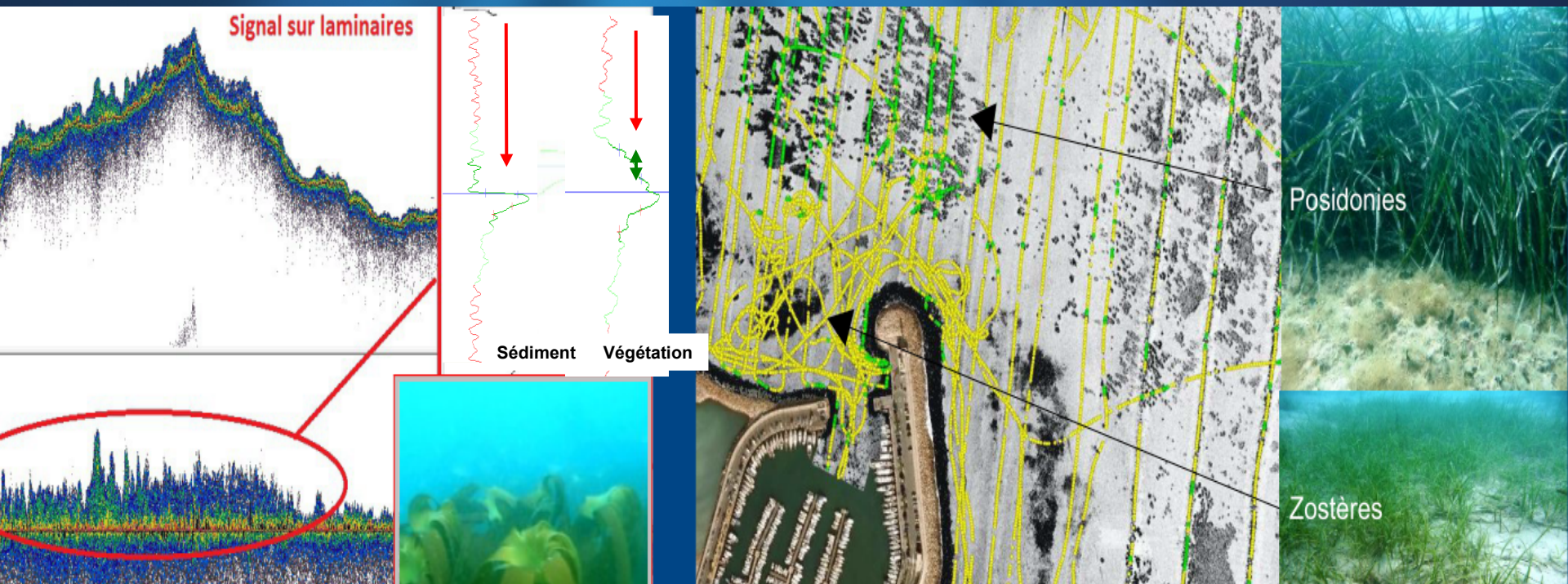


Lorsque le son se réfléchit sur de la végétation, la forme de l'écho présente de l'énergie avant le pic correspondant à l'écho fond. De plus l'écho fond est plus atténué par la vase que par le sable, ou encore la roche, très réfléchissante acoustiquement. Le SACLAF SIVA, détecte automatiquement ces caractéristiques du signal et classe le fond.



# eBeem : Module DIVA - monitoring environnement

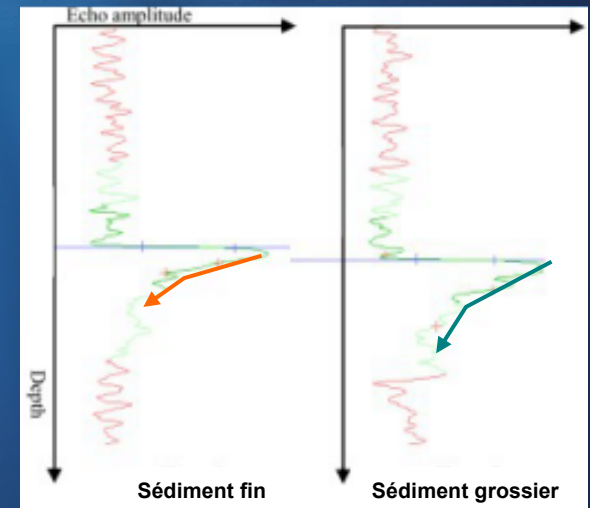
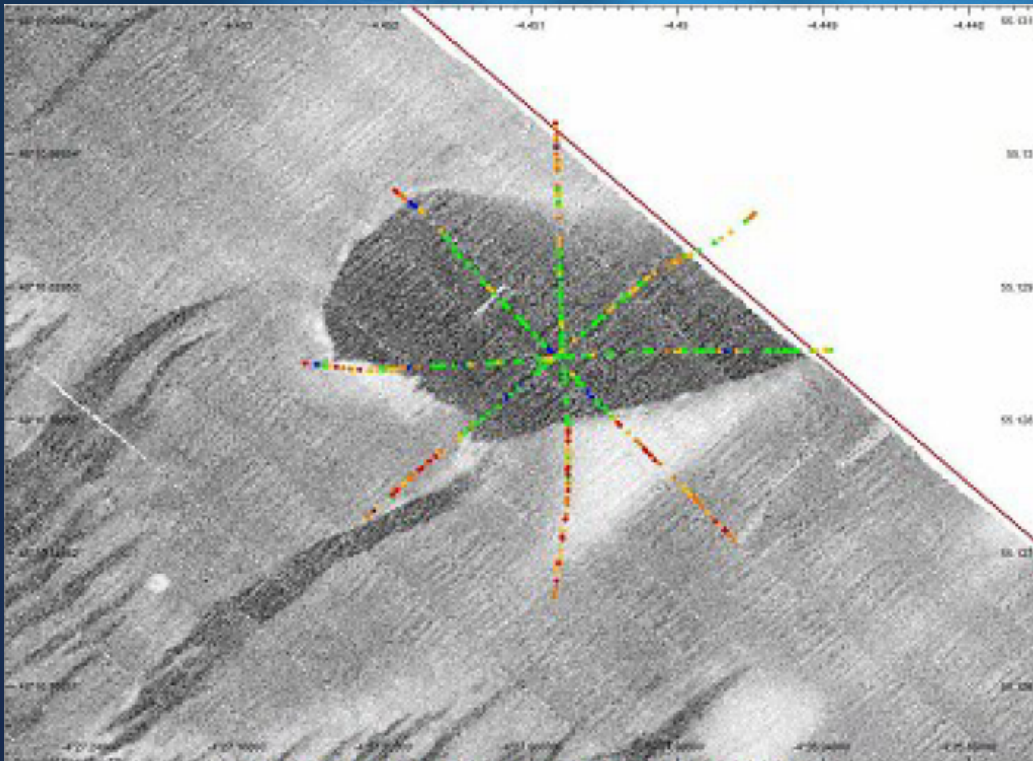
## Classification des végétations sous-marines : Posidonies, Zostères, Laminaires...





# eBeem : Module CLASS - monitoring environnement

## CLAssification des Sédiments Superficiels



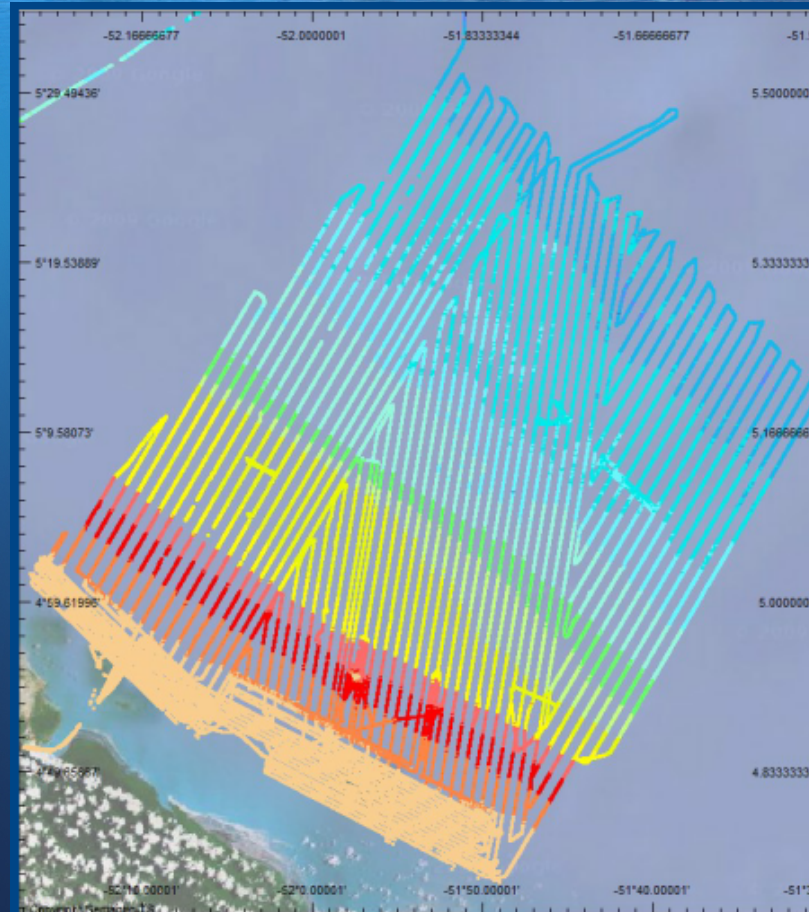
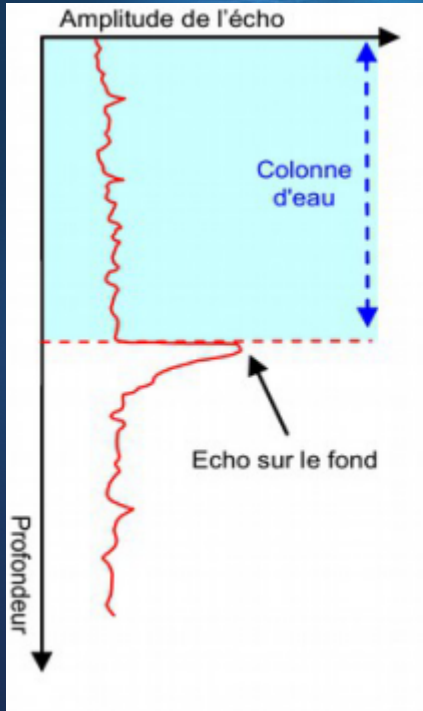
Exemple de résultats de CLASS sur les rubans sédimentaires de la baie de Douarnenez





# eBeem : Module BATHY - monitoring environnement

## Module Bathymétrie

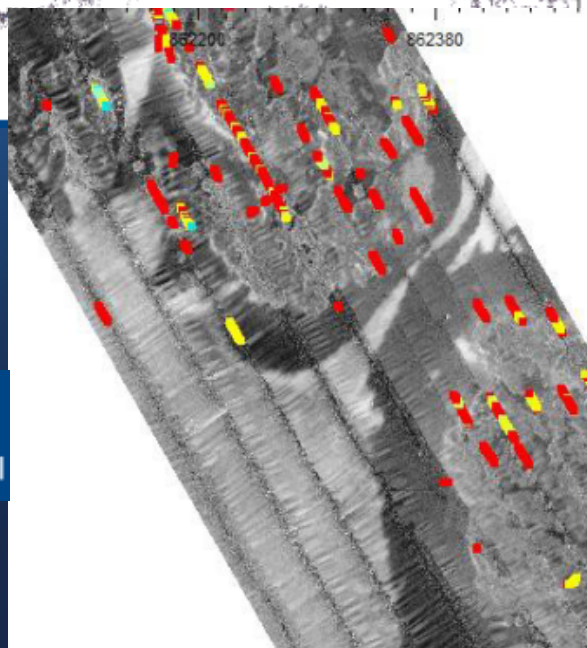
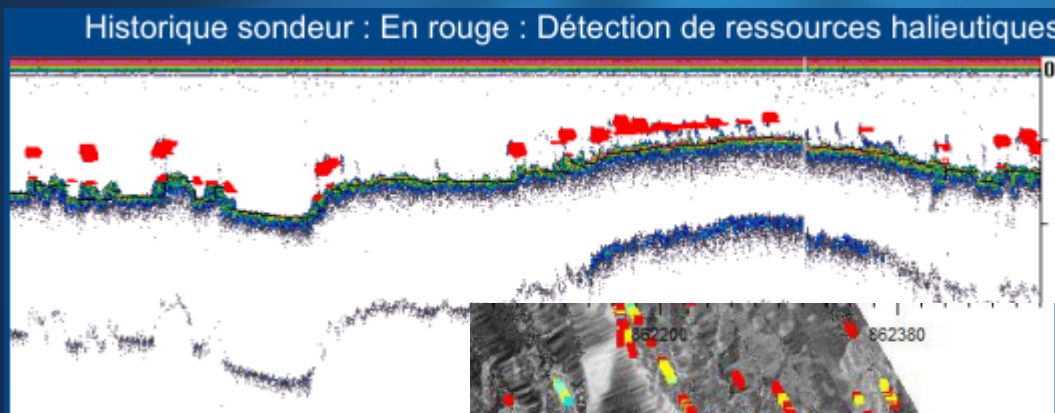


Bathymétrie mono faisceau (zone de 70km\*70km)

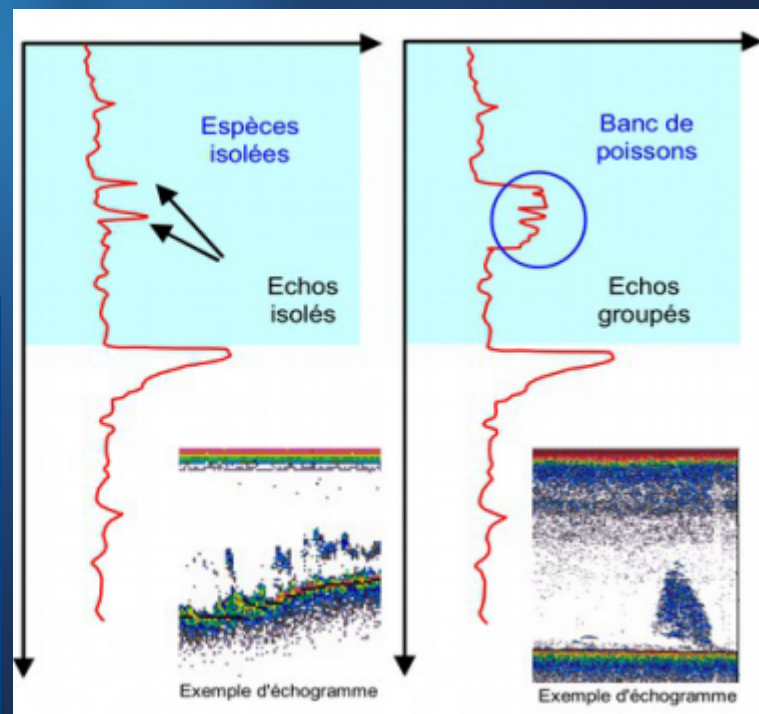


# eBeem : Module FISH - monitoring environnement

## Détections & Biomasse géoréférencées



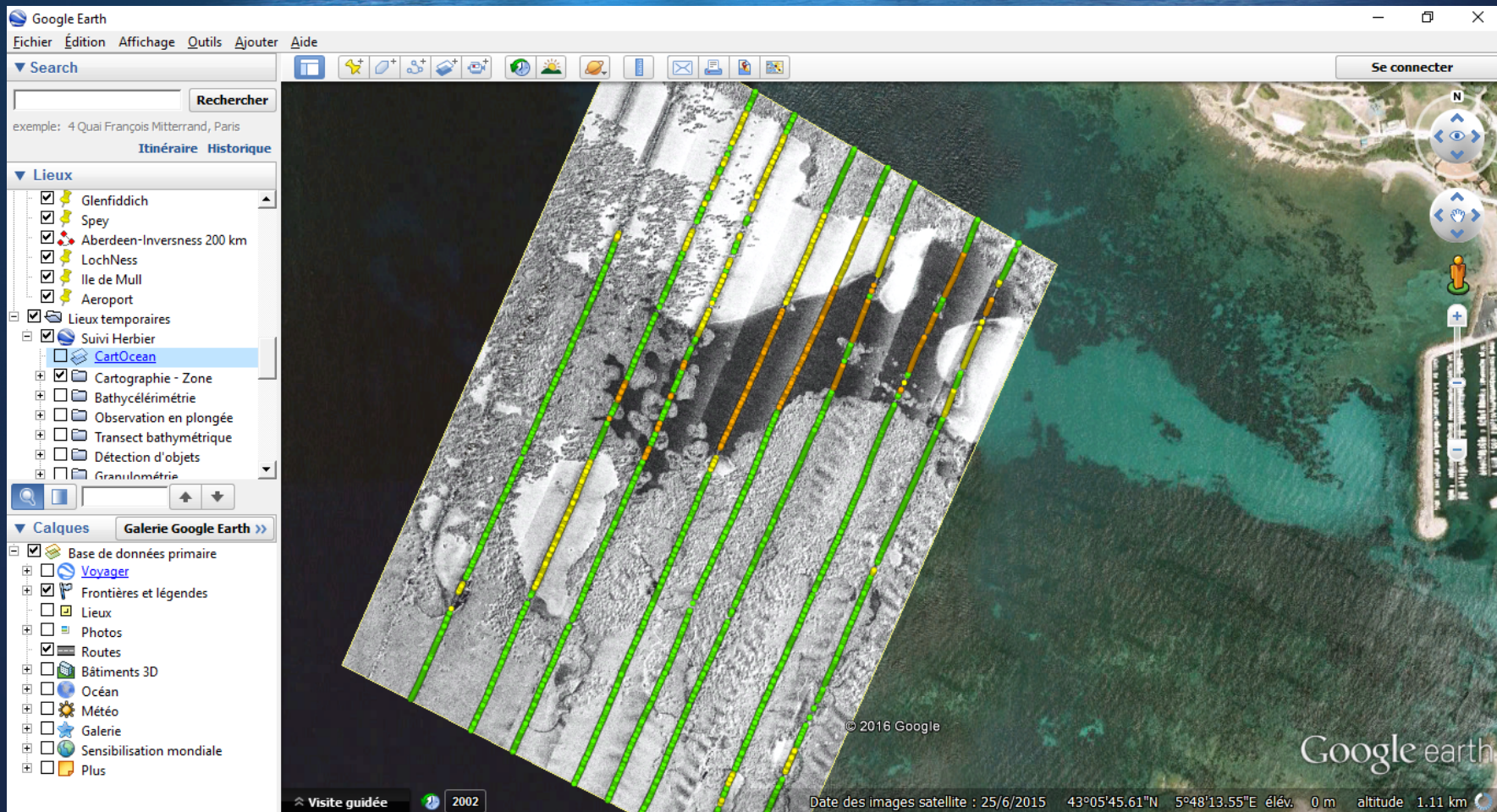
Géo-référencement  
du nombre de détections halieutiques  
superposé à la mosaïque sonar latéral







# Exemple de restitution







## Conclusions

Nouvelles méthodes de cartographies basées sur :

- **Téledétection acoustique**
- A partir de **petites plate-formes**
- Suite logicielle de **classification acoustique**
- **Fusion des données** (Bathymétrie, rugosité, sonar latéral, sédiments, végétations, poissons ...)
- Approches **surfaciqes**
- **Haute précision** (géo-référencement précis de la donnée)
- **Haute résolution** (les images admettent des pixels de faible taille)
- **Grande couverture** (les systèmes sont capables en une passe d'acquérir des données sur une large surface).
- **Coûts réduits** : désormais accessibles au monde civil pour la gestion de territoires aquatiques et marins
- **Reproductibilité** : (testée *in situ* sur des zones pilotes pour des périodes de 4 ans)





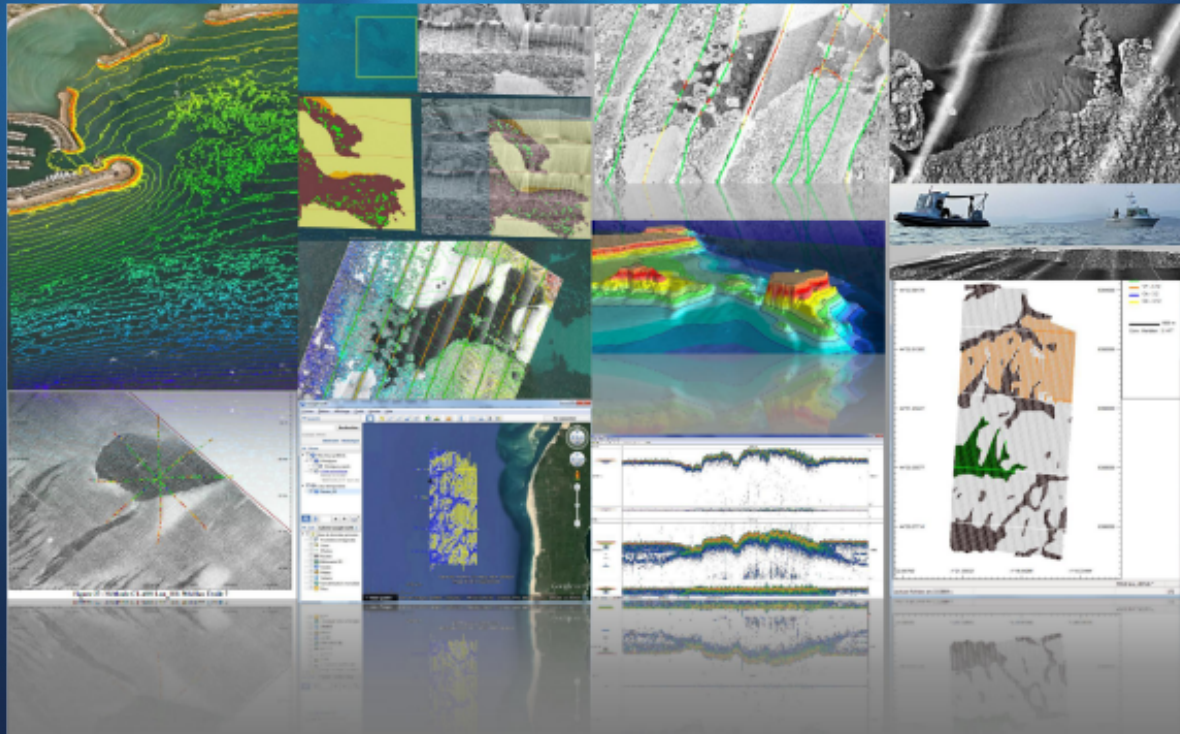
SEMANTIC TS



# SEMANTIC TS

## Bureau d'Études en Océanographie Acoustique

Merci de votre  
attention !



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

1142 Chemin St Roch - 83110 Sanary sur mer Phone: + 33 4 94 88 24 58  
e-mail: [contact@semantic-ts.fr](mailto:contact@semantic-ts.fr) twitter: [@semanticts](https://twitter.com/semanticts) web: <http://semantic-ts.fr>



# Zostères Arcachon

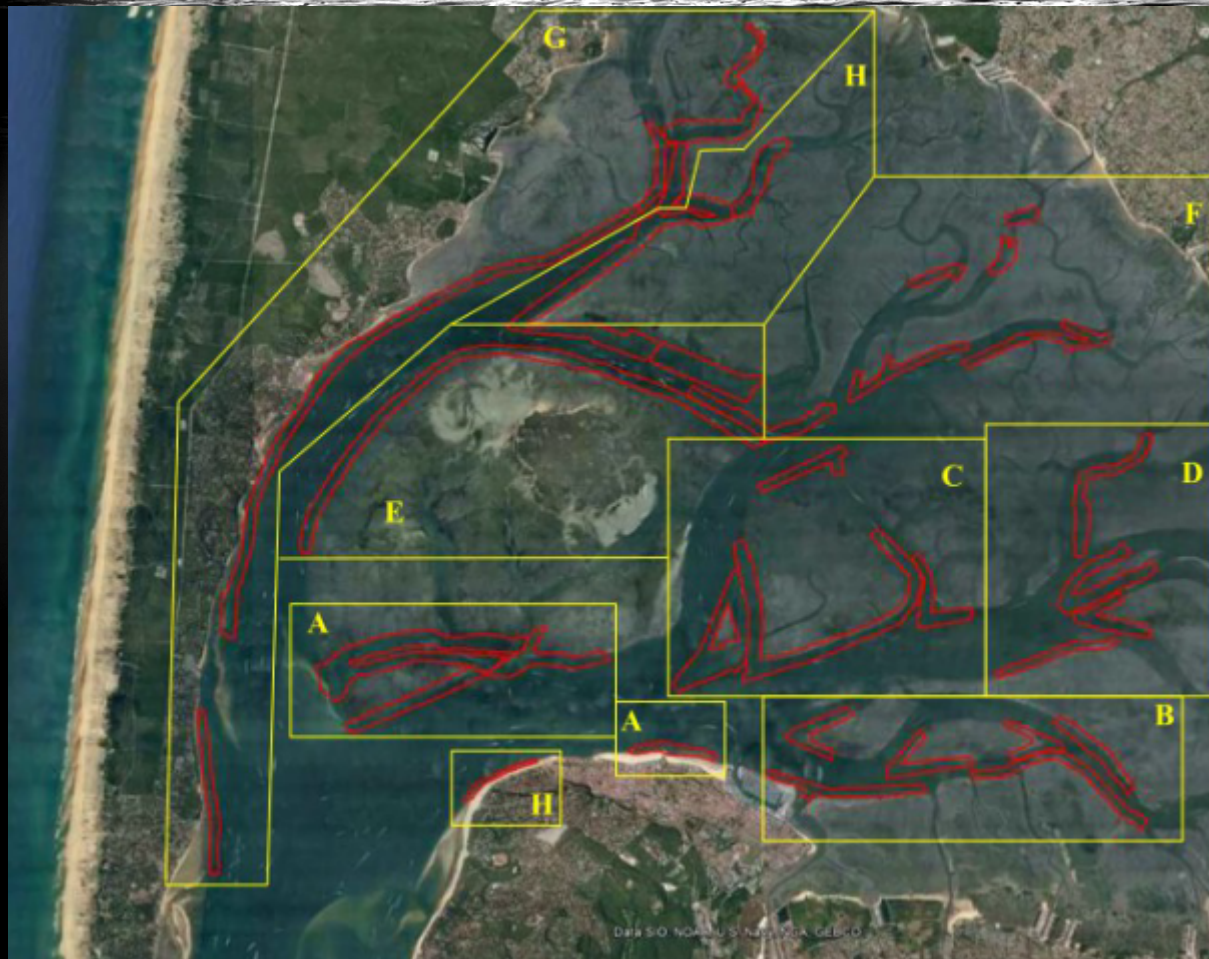


Figure 20 : Bassin d'Arcachon : découpage en 10 sous-zones géographiques







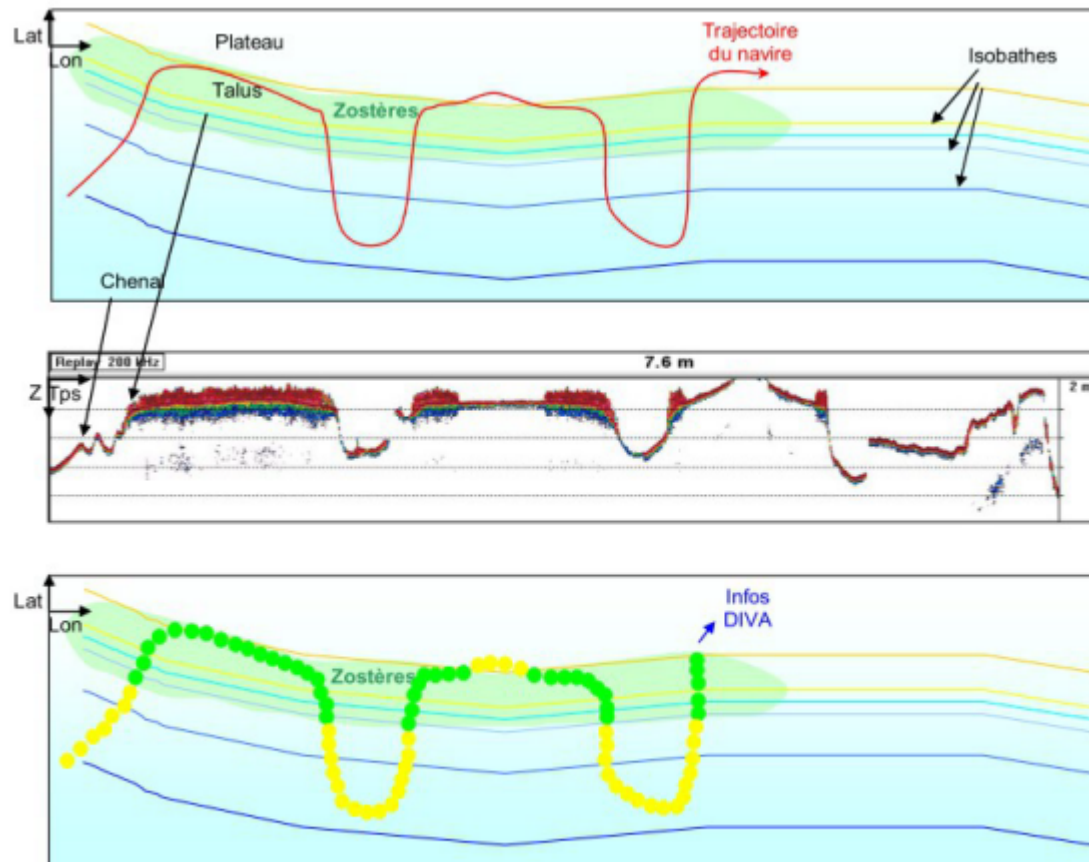


Figure 16 : Illustration de la mise en œuvre de la méthode DIVA  
 En haut : Vue de dessus du chenal avec la trajectoire du navire  
 Au milieu : Profil vertical : Données acoustiques acquises au sondeur mono-faisceau  
 En bas : Vue de dessus. Résultats de la méthode DIVA



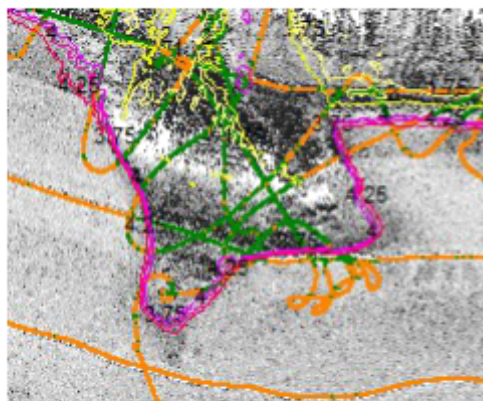


Figure 24 : Extrait d'une mosaïque sonar présentant le résultat de la fusion :

- des données sonar latéral (en niveaux de gris)
- de la méthode DIVA (point orange : sable - point vert : végétation)

En magenta l'isobathe -4m ; elle correspond à la limite entre la zone de zostère au sud (définie par DIVA) et la zone de sable ; elle se superpose avec la limite de contraste sonar

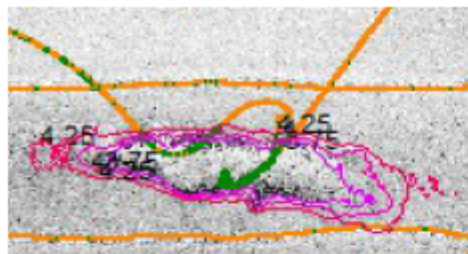


Figure 25 : Extrait d'une mosaïque sonar présentant le résultat de la fusion :

- des données sonar latéral (en niveaux de gris) qui ne présentent pas de contraste sonar marqué
- de la méthode DIVA (point orange : sable - point vert : végétation)

En magenta l'isobathe - 4 m ; elle correspond à la limite entre la zone de zostère (définie par DIVA) et la zone de sable alentours.

Les résultats sur ces deux zones sont représentés sur la figure ci-dessous :

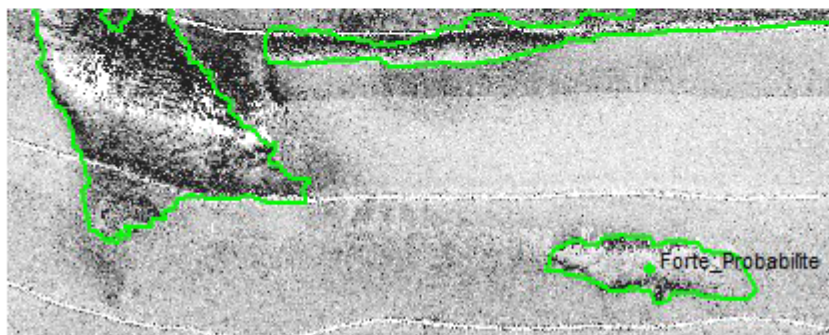
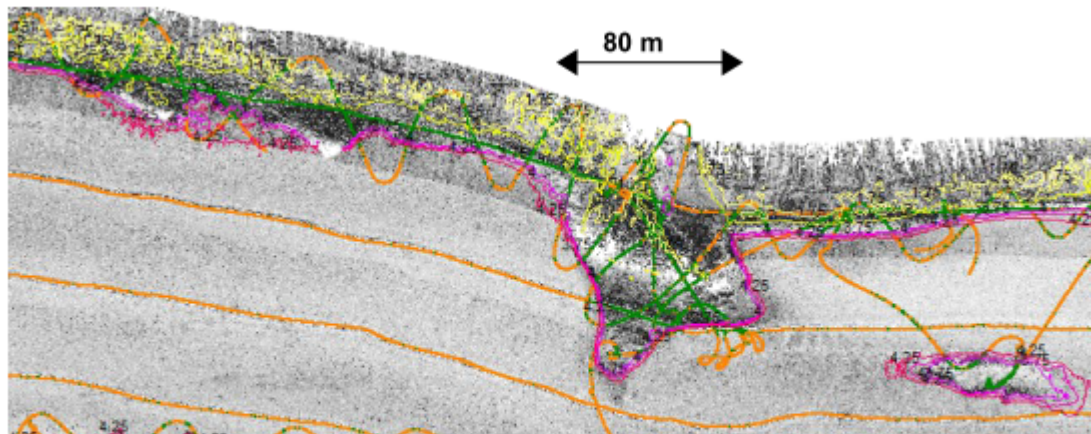


Figure 26 : Extrait d'une mosaïque sonar présentant le résultat de la cartographie

En vert : Forte probabilité de présence de zostères





**Figure 17 : Exemple de données réelles : Couche sonar en niveau de gris**  
**Résultats DIVA (en vert la zostère, en orange le sable)**  
**En magenta : Isobathes correspondant à la limite basse de zone de zostères : 4 m**  
**En jaune: Isobathes correspondant à la limite haute de zone de zostères : 1,75 m**



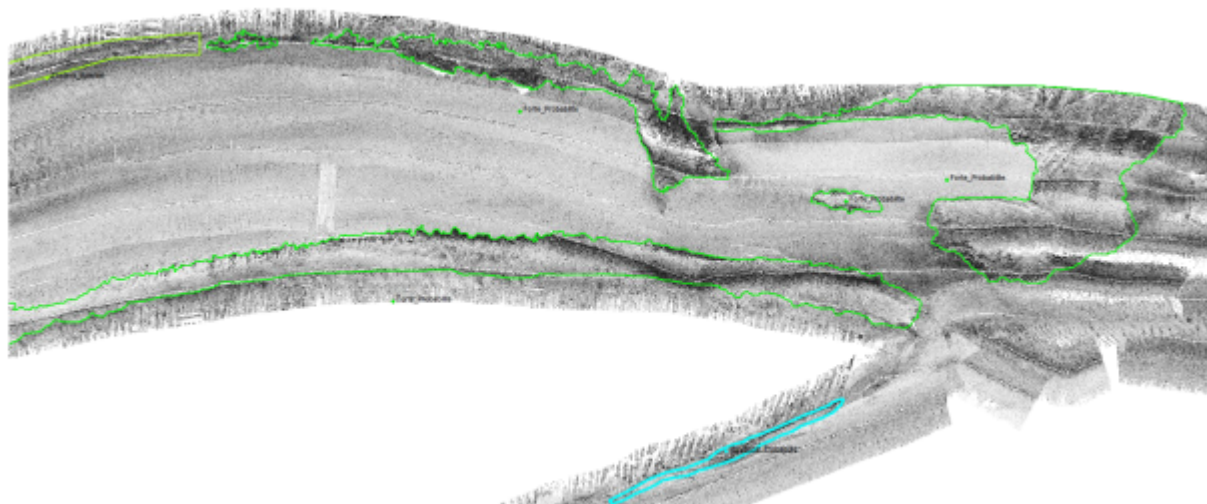


Figure 21 : Zone A : Mosaïque sonar latéral

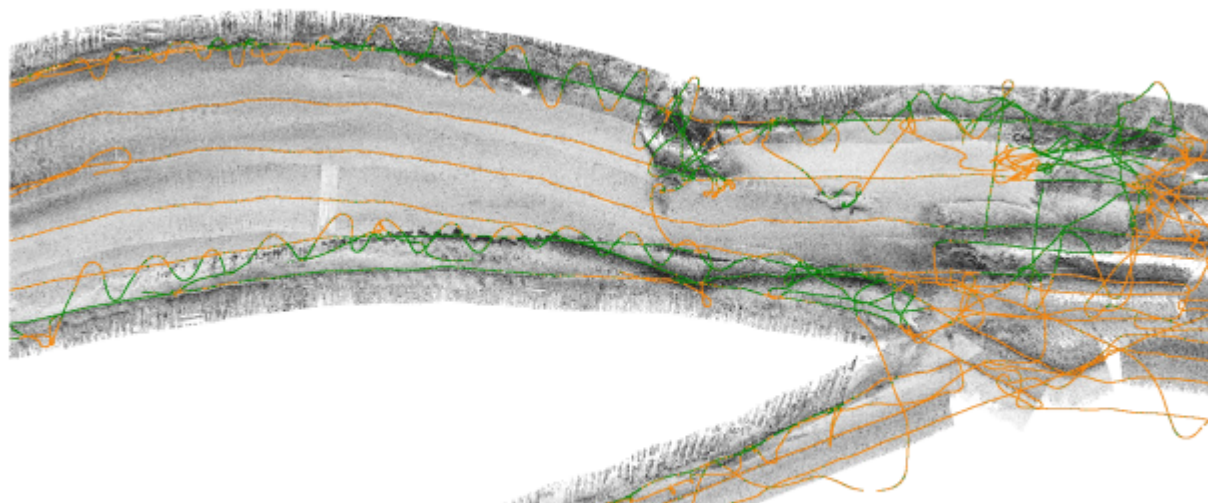


Figure 23 : Zone A - Résultat de la fusion des données sonar latéral (en niveaux de gris) et de la méthode DIVA (point orange : sable - point vert : végétation)

# Vérités terrain



Figure 18 : Caméra vidéo fixée sur le dépresseur



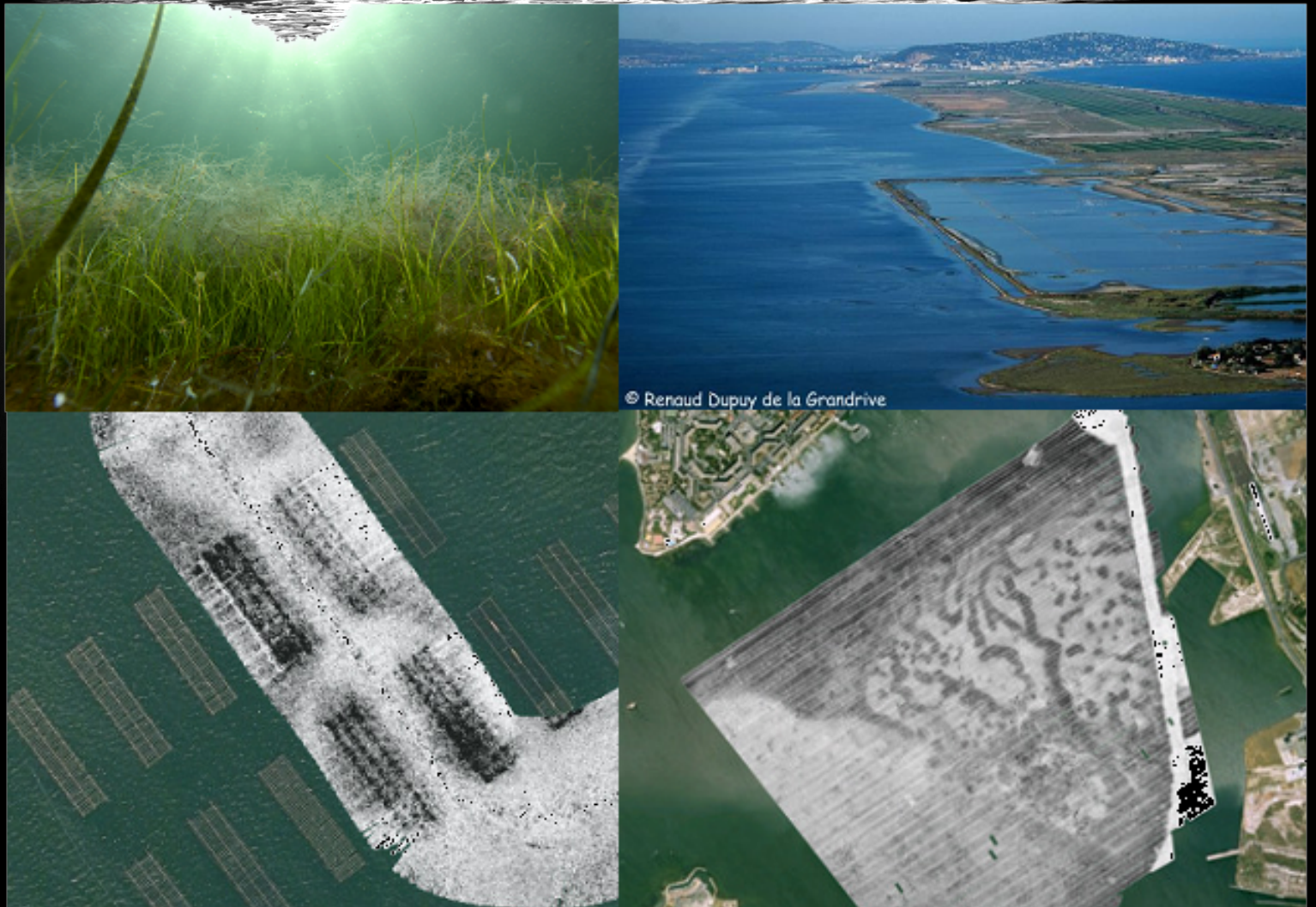
Figure 19 : Caméra fixée sur la perche, en plan de sonde





Figure 27 : Screen shot de vidéo géo-référencée  
à gauche absence de Zostera  
à droite : présence de Zostera

# Etang de Thau



Travaux réalisés en collaboration avec l'équipe Environnement de la Ville d'Agde  
Sylvain BLOUET – Renaud DUPUY de la Grandrive – Edouard CHERE



# Démonstration de performance de la méthode innovante de cartographie par fusion multi-capteurs pour la cartographie des Zostères en milieu turbide lagunaire.

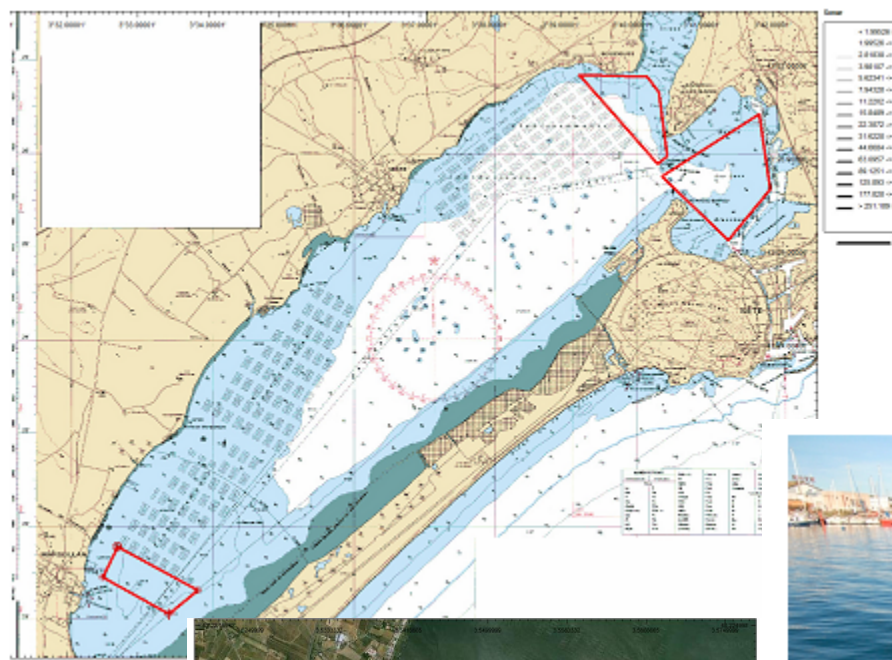
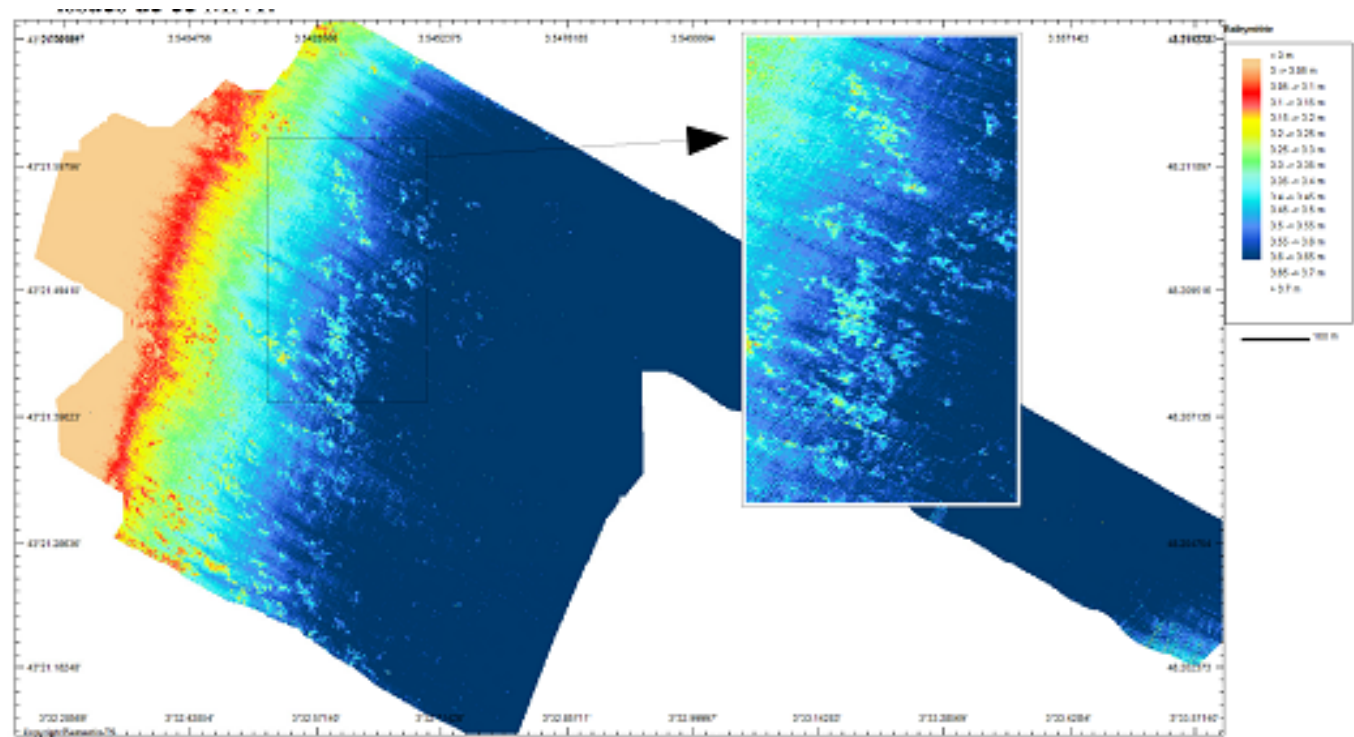


Figure 6 : Emprise de la zone de Marseillan



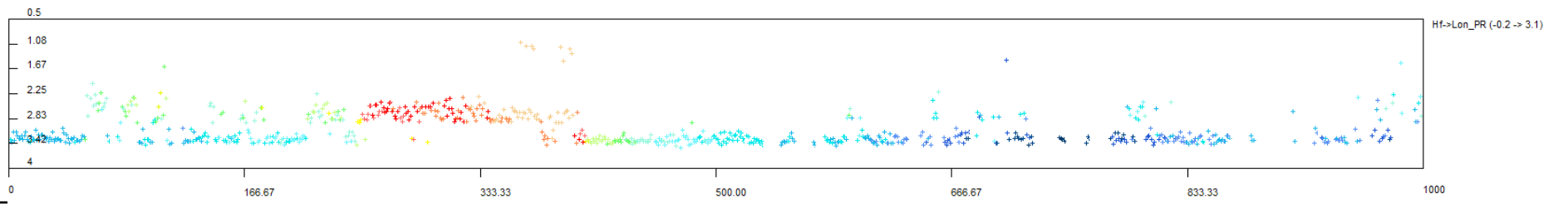
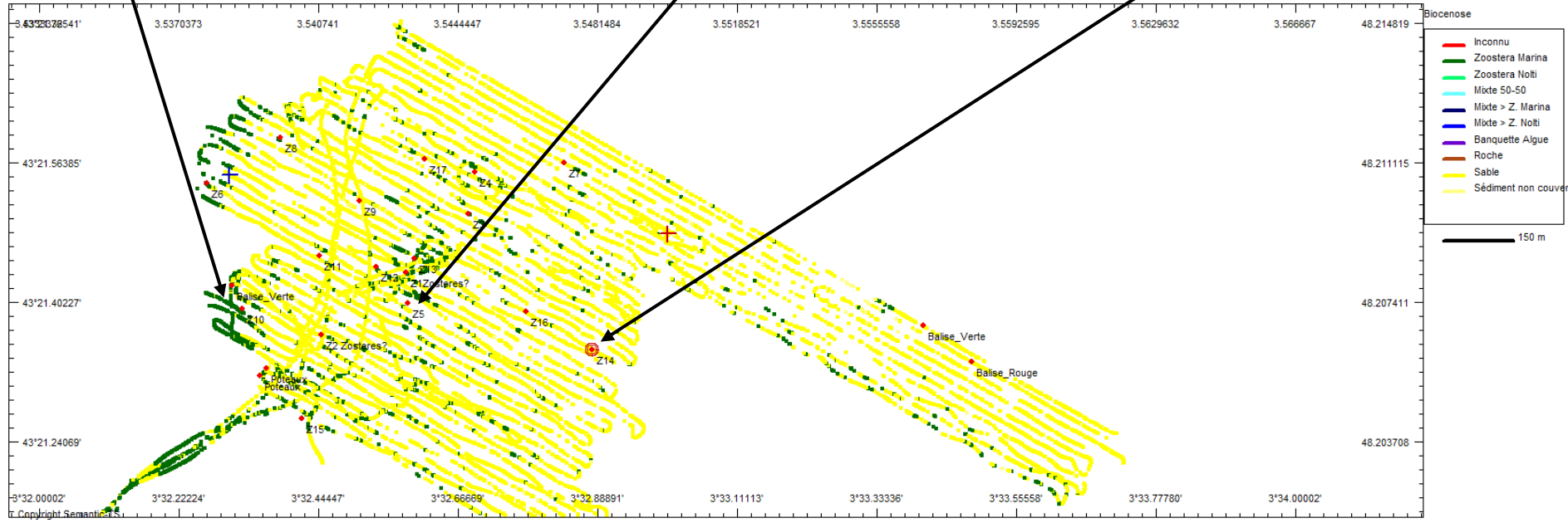
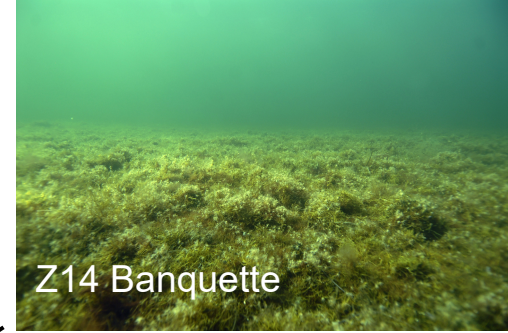
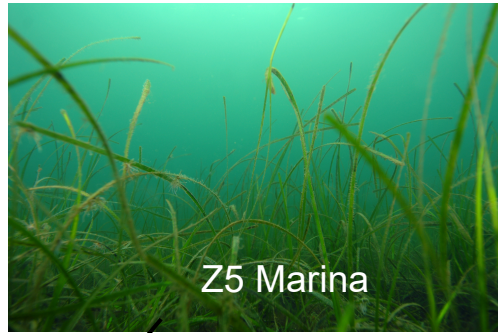
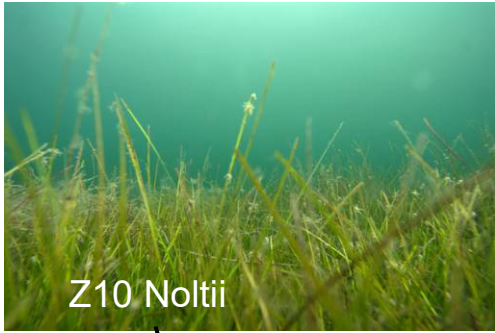
Figure 4 : Campagne d'acquisition du 16 au 21 octobre 2010.  
Navire de l'ADENA pour les vérités terrains et prélèvement  
Second plan : Mini Navire océanographique SEMANTIC

## Bathymétrie fine

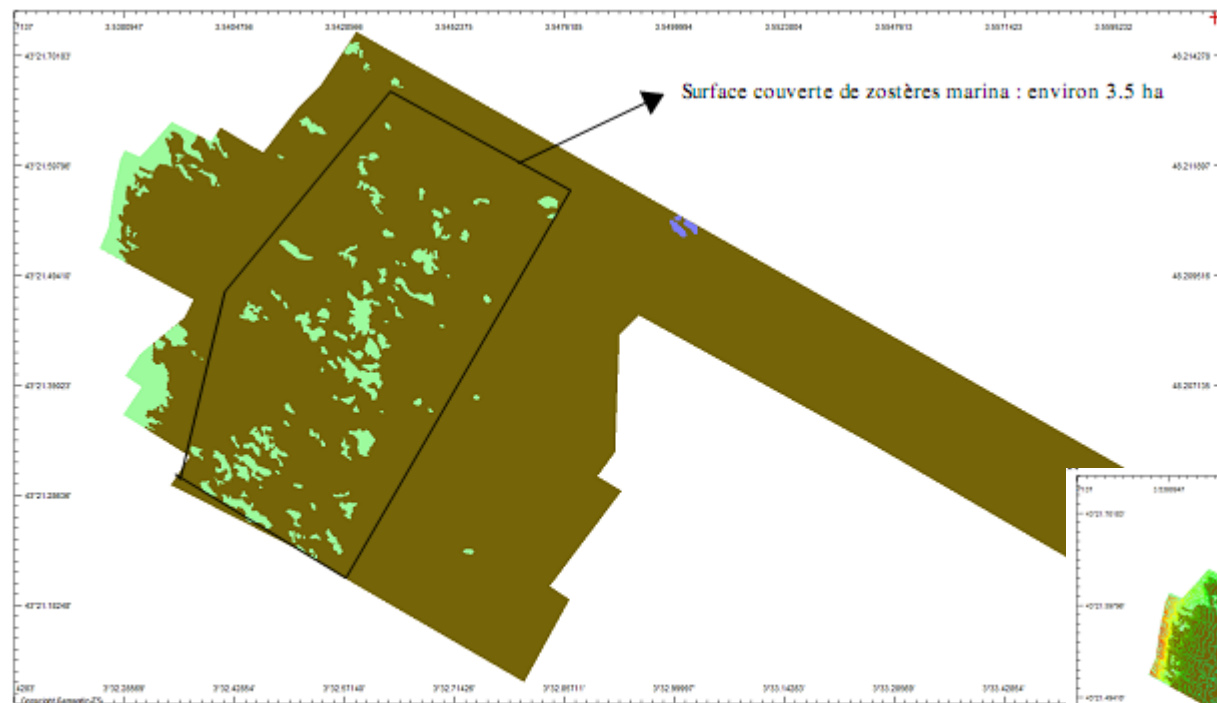




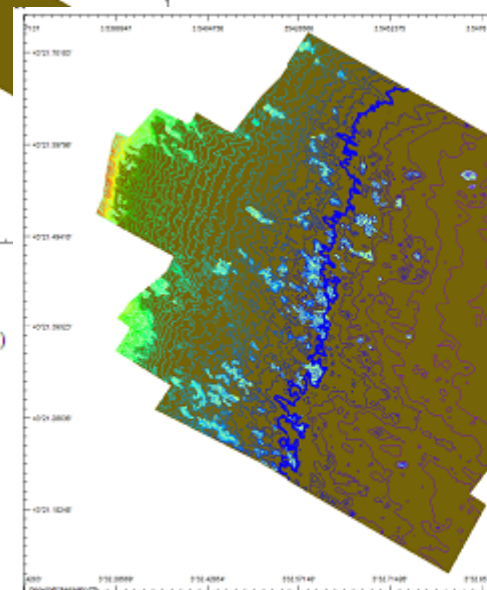
# Vérités terrain



## Résultats de la cartographie



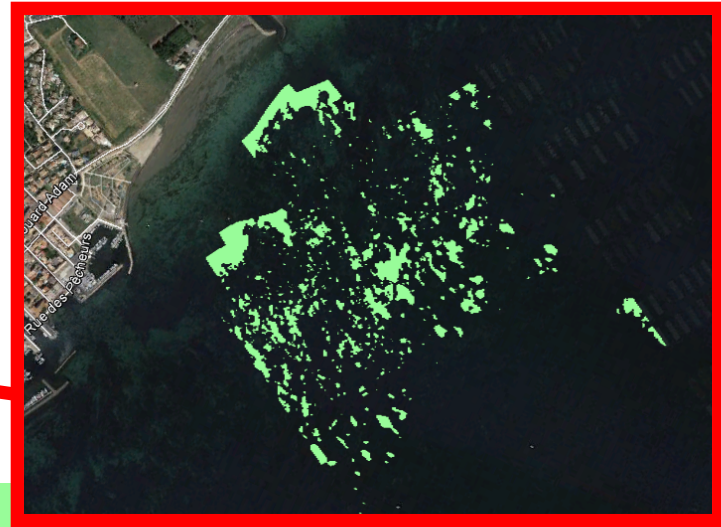
**Figure 28 : Cartographie des zostères de la zone sud**  
Mise en évidence d'une zone de zostères marina de 3.5 ha environ.  
Une zone de substrat inconnu reste à contrôler au nord Est (forte probabilité de litière épaisse)



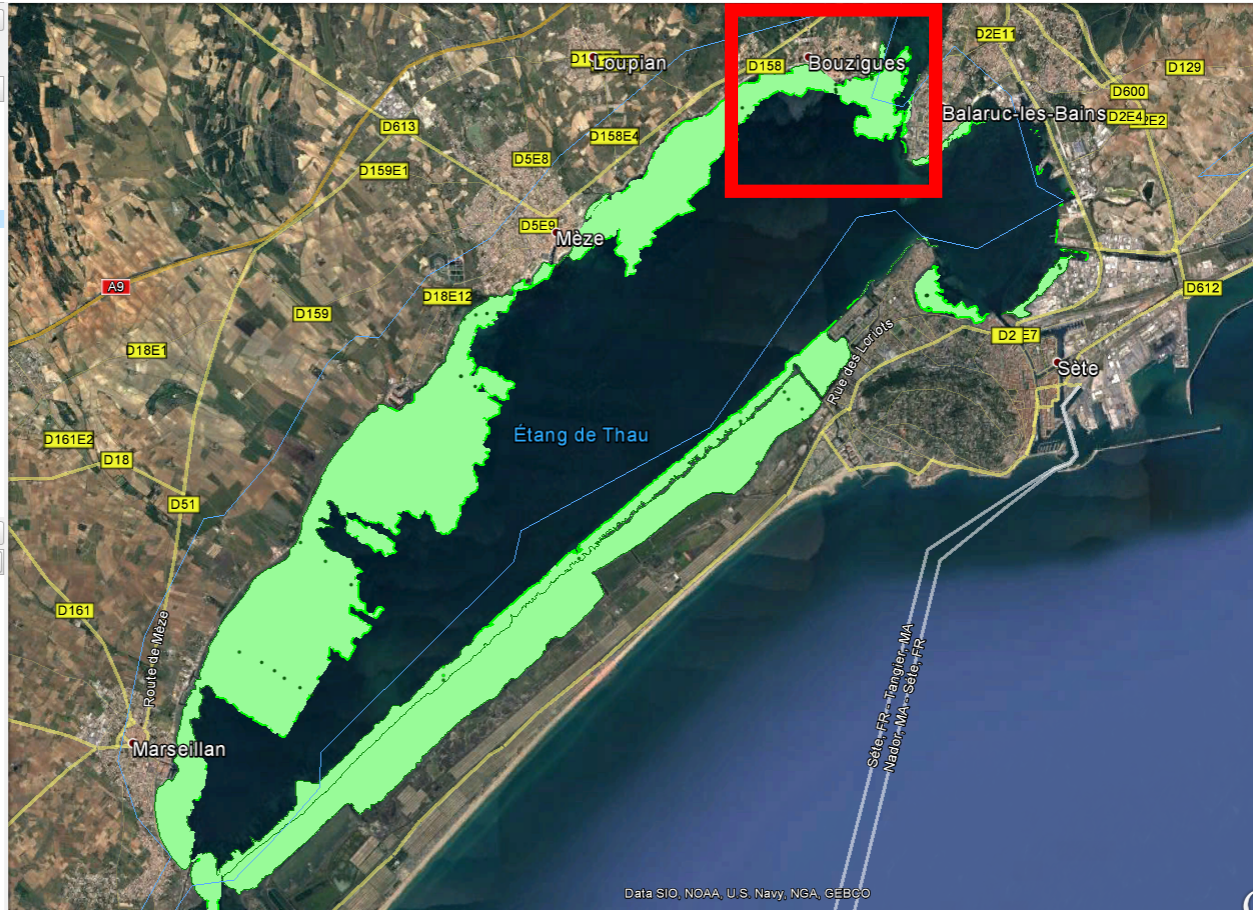
**Figure 29 : Cartographie des zostè**















Route nationale 113

D613

D158

Bouzigues

Chemin du Clap

Crique de l'Angle

Balaruc-les-Bains

D129

D2E1

Rue du Slace

Avenue

Avenue





Route nationale 113

D613

D158

Bouzigues

Chemin du Clap

Crique de l'Angle

S1 S2 H2 H3 S3

T2

P2 Prelev2

T1 ST1

ST5 ST4

Prelev4

CX1

Mont1

P1 Prelev1

Mont3

Mont2

Prelev3 P3

D2E1

Rue du Slace

Balaruc-les-Bains

D129

Avenue de l'

Avenue





**Site du réseau Natura 2000  
Soumis à l'évaluation de l'état de  
conservation de l'habitat coralligène**

*Renaud Dupuy de la Grandrive*



## Habitat coralligène

## Intérêt communautaire

Difficulté de cartographier cet habitat :

- Profondeur de prospection
- Forte turbidité
- Typicité des formations : petits édifices de formes patatoïdes

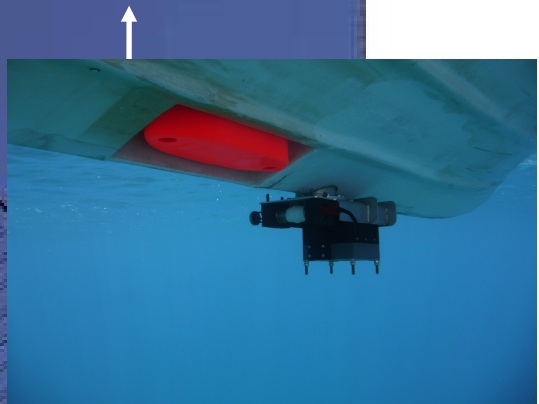
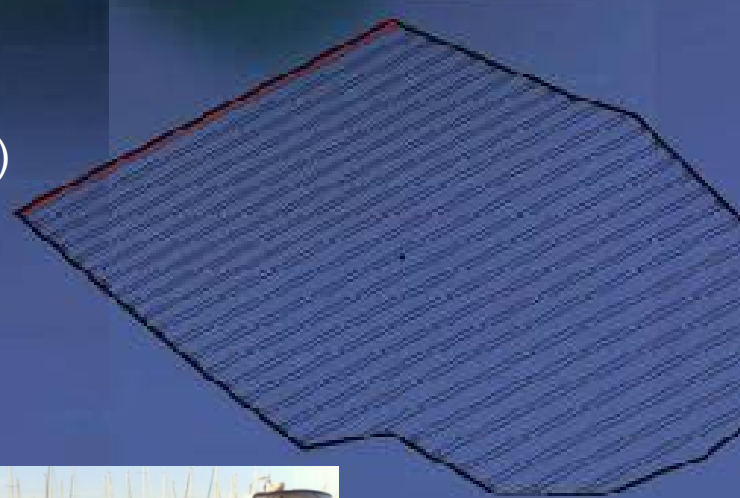






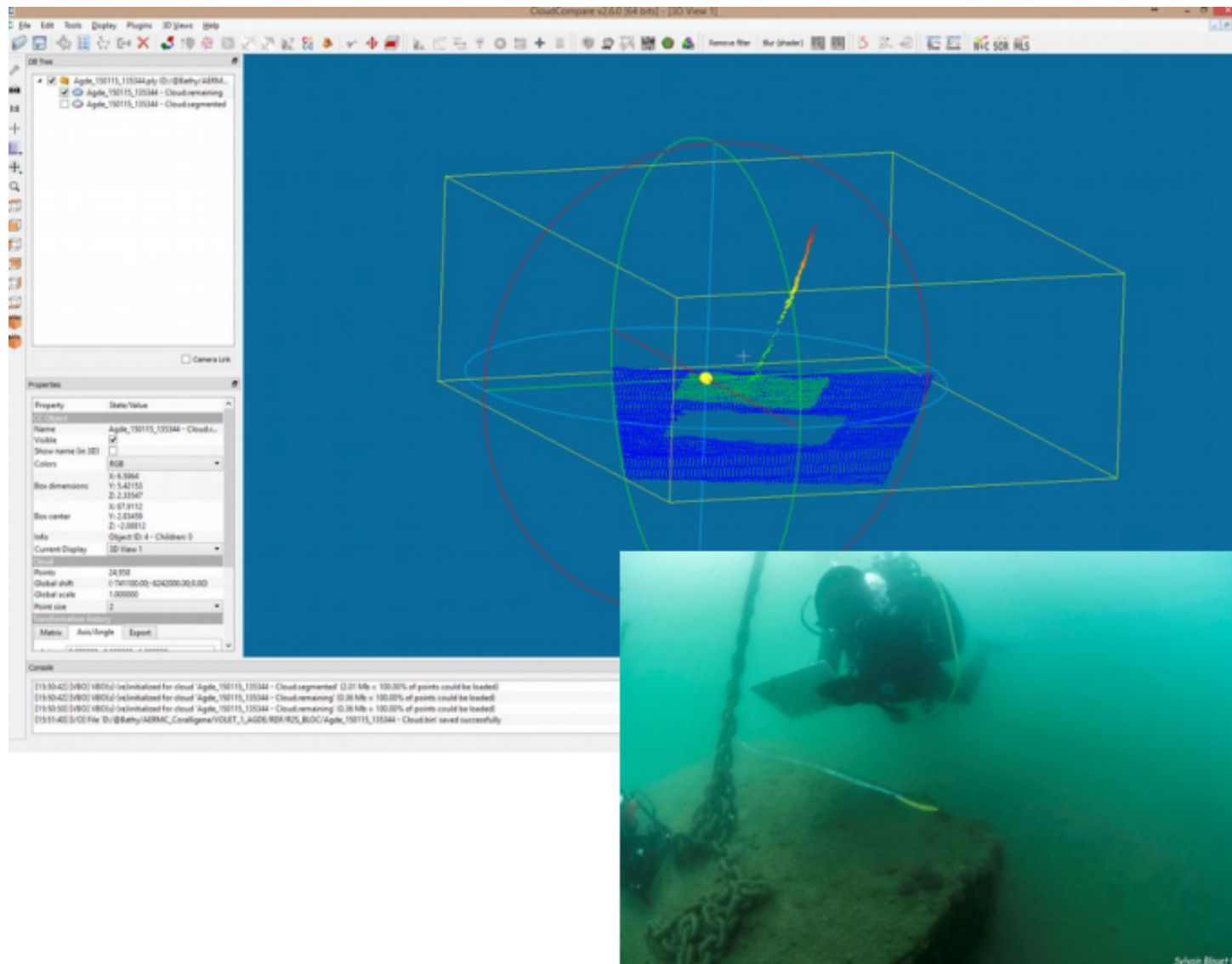
La méthode a été calibrée, puis testée sur les micro-zones de travail étudiées en 2012 avant d'en étendre, en aveugle, l'application à l'ensemble de la zone pilote

Zone pilote (env. 11 km<sup>2</sup>)



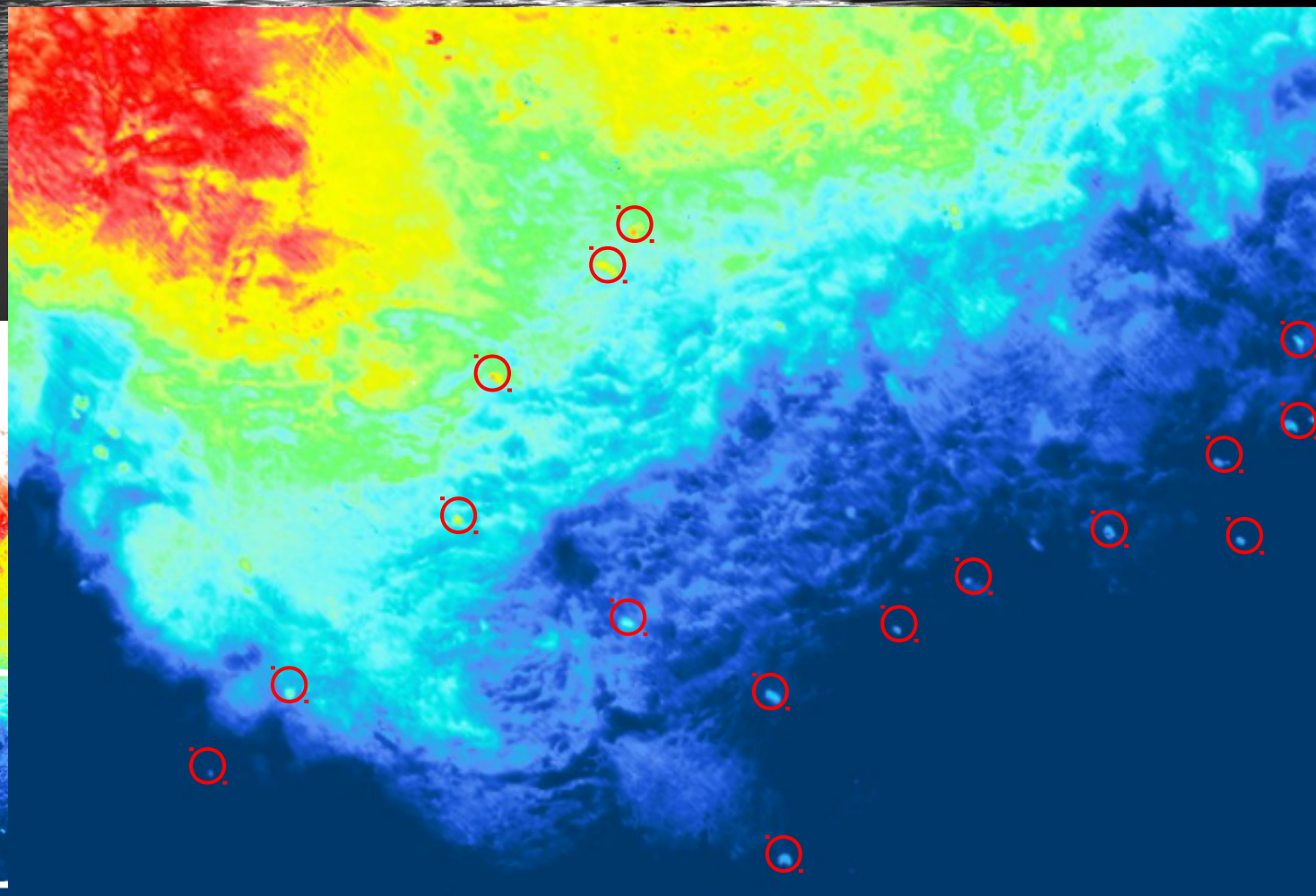


# Calibration



# Résultats

Zone pilote de l'Aire  
Marine Protégée  
de la côte agathoise

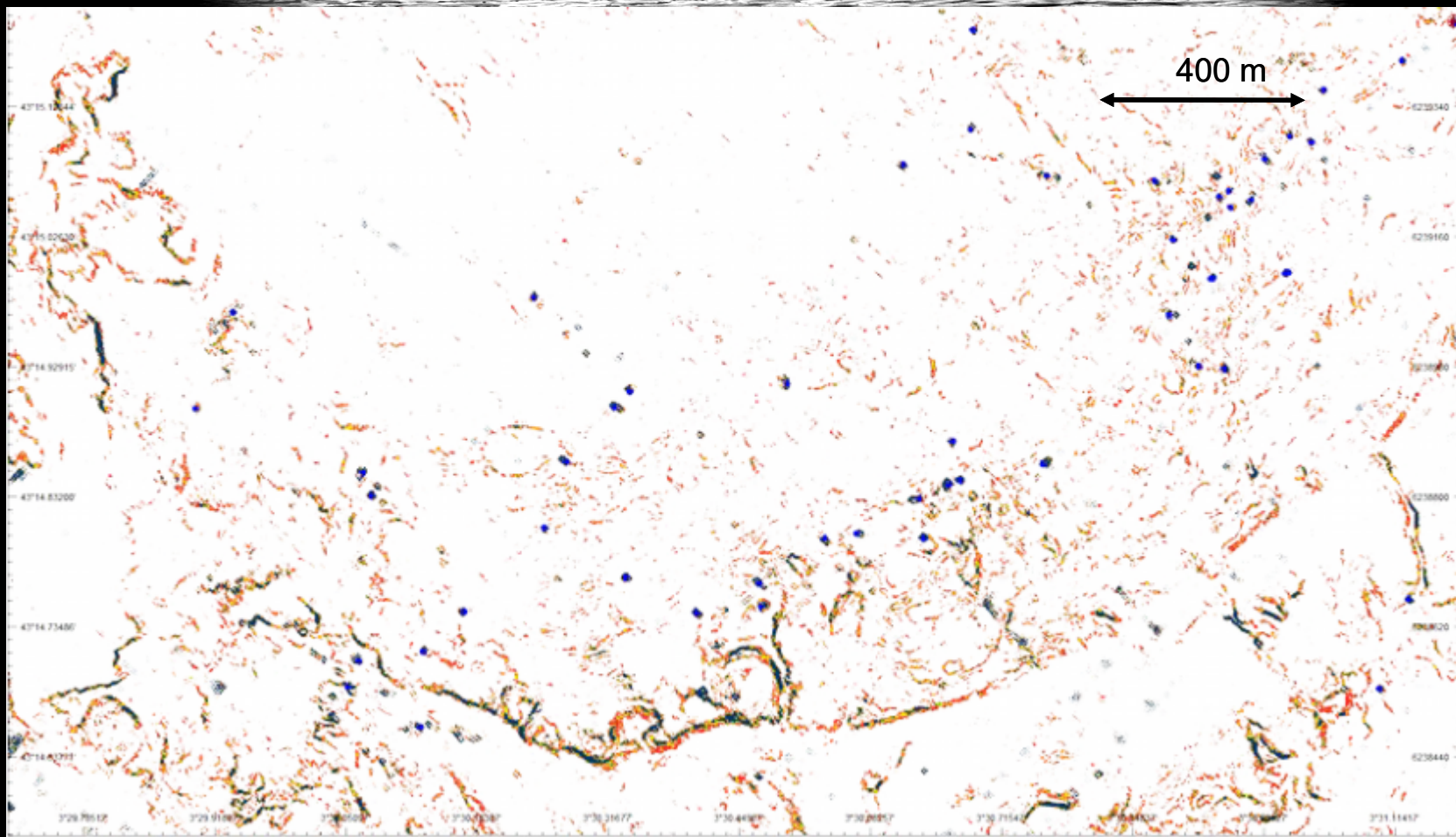


MNT bathymétrique HR (Global de la zone )  
Sondeur R2SONIC 2020  
zone entre 18 et 20 m de profondeur : pas 0,25 m.

(Zoom de la zone 2)  
**Localisation des spots de coralligène**



# Résultats



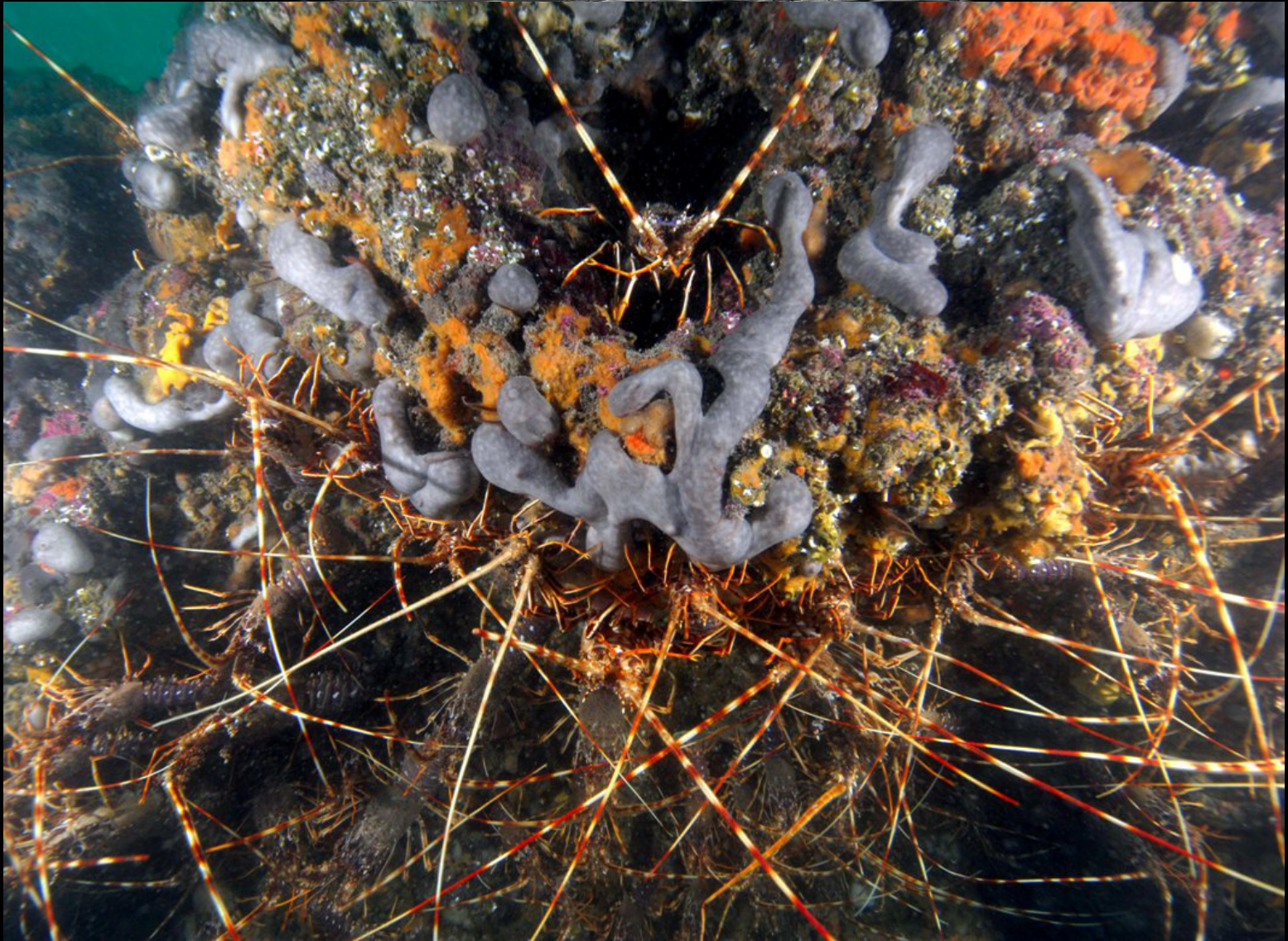
Résultats du traitement du signal sur la zone entre 15 et 20 m de profondeur & repérage des spots de forte rugosité



**Mise en évidence de 66 lieux de forte probabilité de coralligène par cette méthode** au cours de l'été 2015. Méthode appliquée en « aveugle »  
Taux actuel de validation 100% ... Les explorations se poursuivent actuellement...



# Conclusions



**Techniques opératoires** préconisées par la méthode : assez **légères**, à la fois en coût et en maniabilité, pour servir des besoins de suivis opérationnels.

Attention : les techniques opératoires requièrent une **déclinaison rigoureuse de la chaîne précision-résolution** des appareillages acoustiques opérés et des systèmes de positionnement géodésiques associés.