

## CARTOGRAPHIE DE L'HERBIER A ZOSTERA MARINA DU BASSIN D'ARCACHON PAR FUSION MULTI-CAPTEURS

Christophe VIALA<sup>1</sup>, Claire NOEL<sup>1</sup>, Michel COQUET<sup>1</sup>, Simon MARCHETTI<sup>1</sup>, Eric EMERY<sup>2</sup>, Roger KANTIN<sup>2</sup>, Gilles TRUT<sup>3</sup>, Sébastien DALLOYAU<sup>3</sup>, Martin PLUS<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> SEMANTIC TS. 39 chemin de la Buge. 83110 SANARY s/Mer. France. noel@semantic-ts.fr

<sup>2</sup> IFREMER. Laboratoire Environnement & Ressources Provence Azur Corse. Zone Portuaire de Brégaillon. BP 330. 83507 LA SEYNE s/Mer. eric.emery@ifremer.fr

<sup>3</sup> IFREMER. Laboratoire Environnement & Ressources d'Arcachon. Quai du Commandant Silhouette. 33120 Arcachon. mplus@ifremer.fr, gtrut@ifremer.fr, sdalloyau@ifremer.fr, [roger.kantin@ifremer.fr](mailto:roger.kantin@ifremer.fr)

Ce travail a été réalisé sous contrat de l'Ifremer et co-financement de l'Ifremer et de l'Agence de l'eau Adour-Garonne.

### INTRODUCTION

Cet article présente les résultats des travaux de cartographie de l'herbier de zostère marine (*Zostera marina*) du bassin d'Arcachon réalisés par fusion multi-capteurs. La société SEMANTIC TS mène depuis 2004 des travaux de recherche dans le domaine de la cartographie acoustique des herbiers de posidonie (*Posidonia oceanica*), pour lesquels elle développe une méthode de détection acoustique à la verticale du navire particulièrement innovante. Cette méthode est appelée DIVA (Détection & Inspection Verticale Acoustique). Afin de disposer d'informations complémentaires, SEMANTIC TS met en œuvre différents capteurs acoustiques : sonars latéraux, sondeurs bathymétrique multi-faisceaux, et echosondeur ; et travaille également sur la fusion des données acoustiques en provenance de ces capteurs. Les données acoustiques ont de plus été confrontées aux données vidéo recueillies par le système vidéo remorqué MOOGLI de l'IFREMER.

### MATERIELS UTILISES

SEMANTIC TS a utilisé son navire instrumenté dédié à la mesure des fonds marins.

GPS RTK Leica  
Précision centimétrique  
Liaison GSM DATA pour mode RTK

Poste de Pilotage  
Centrale d'acquisition

Navire de charge  
4<sup>cat</sup> Professionnelle  
Charge utile : 1000 kg  
Tirant d'eau : 30 cm  
Longueur : 6.4 m  
Moteur : 135 CV  
220 V à bord  
Puissance disponible :  
- continu : 700W  
- pointe : 800 W

Centrale de navigation  
Fonction de pilotage automatique  
Data logger / Data plotter

Navire SEMANTIC : Semi Rigide avec cabine amovible

Caméra sous Marine

Acquisition simultanée  
Bathymétrie SMF  
Imagerie acoustique sonar latéral

Sondeur ES60 SIMRAD  
Navigation  
Enregistrement de la RI

Sonde Acoustique SIMRAD  
Bi fréquence : 38/200 kHz  
Faisceau : 7° x 7°

Sondeur Interféromètre GEOSWATH  
Ouverture : > 220°  
Faisceau moyen : 0.5°  
Fréquence centrale : 200 kHz

Ce navire est équipé pour cette tâche des instruments suivants :

- Sondeur multifaisceaux et interféromètre sonar latéral GEOSWATH.
- Echosondeur Simrad ES60 grande précision (sondeur scientifique haut de gamme).
- GPS différentiel RTK LEICA GX1230: Une base et un récepteur.
- Station d'acquisition et de traitement des données / Centrale de navigation (pilotage automatique).

En parallèle l'IFREMER a réalisé des acquisitions avec le système vidéo remorqué MOOGLI (Module Optique pour l'Observation et le Géoréférencement en milieu Lagunaire des biocénoses Immérgées). Le système MOOGLI est constitué d'un châssis support de la caméra et de la sonde (Fig 1), équipé de lests amovibles, remorqué via un câble électroporteur par tout type de navire.



Une régie surface intègre un mini ordinateur relié via RS 232 à l'ensemble des capteurs utilisés lors des acquisitions de données. Une interface logiciel « Videonav » enregistre automatiquement les données transmises par les capteurs en correspondance avec le time code vidéo. Chaque ligne de données est classée sous forme de tableaux compatibles Excel.

Les capteurs utilisés par défaut sont : un GPS pour la position X,Y, un sondeur bord pour la profondeur sous le navire, le sondeur immergé sur châssis pour la position Z hauteur de caméra, deux autres capteurs supplémentaires peuvent être ajoutés.

Videonav est configurable en fonction des thèmes de l'étude et permet la saisie de commentaires in situ et/ou de champs de données de type recouvrement ou autres.

En fonction du protocole opératoire de l'étude, le système MOOGLI permet de réaliser des travaux de cartographie sur trajet linéaire et des « vérités terrain » en relation avec des techniques acoustiques.

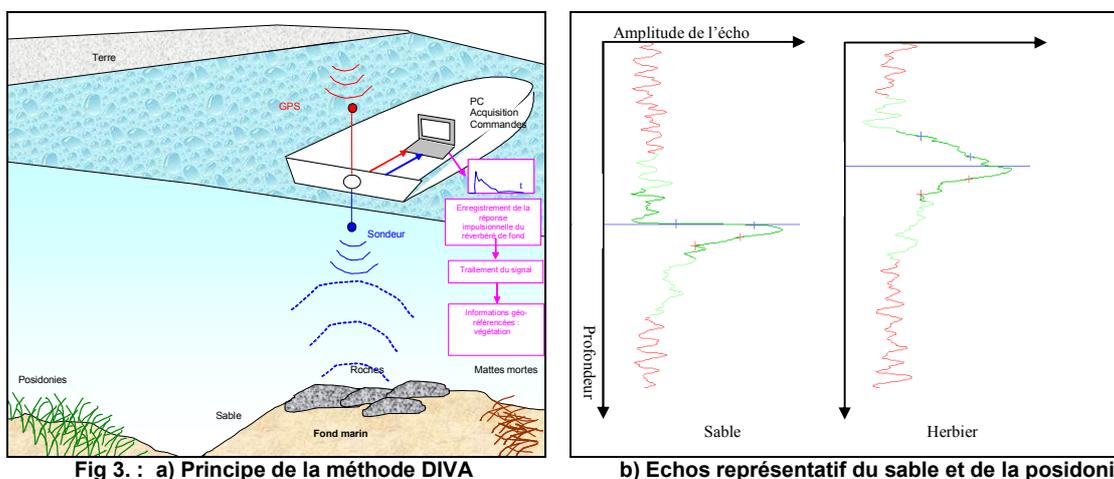
Dans le cadre de cette étude sur le bassin d'Arcachon, MOOGLI a été utilisé en de multiples points fixes, fournis par SEMANTIC TS, pour valider les traitements et résultats obtenus par la méthode DIVA.



## METHODE DIVA

La méthode de reconnaissance acoustique DIVA fonctionne comme illustrée sur la figure 3a : le navire instrumenté se déplace sur la zone à lever ; un PC installé à bord, récupère les informations en provenance des divers instruments de mesure, c'est-à-dire :

- la position (latitude, longitude et élévation de la mer) indiquée par un GPS différentiel,
- la réponse impulsionnelle du signal sonore réverbéré par le fond, fournie par l'échosondeur.



Le PC traite les informations et, à une latitude et une longitude données, associe les informations caractéristiques de la végétation. SEMANTIC TS dispose sur son navire instrumenté d'un sondeur acoustique monofaisceau qui permet ce type de fonctionnement. Par ailleurs, ce type d'échosondeur est utilisé notamment par des équipes de l'INRA pour la caractérisation d'espèces de poissons à partir du signal acoustique réverbéré par les bancs de poissons [1]. Le système analyse et traite la réponse impulsionnelle et en déduit les caractéristiques de la végétation fixée sur le fond marin. Sur le sondeur utilisé lors de notre étude, la réponse acoustique de celui-ci est différente selon le substrat rencontré (zone végétalisée ou non) comme l'illustre la Figure 3b. Ainsi, peuvent être discriminés deux "échos" (niveau sonore en fonction de la profondeur) représentatifs d'un fond sableux et d'un fond avec une couverture de phanérogames. Les signaux sonores présentent donc une quantité d'énergie, avant le pic relatif à l'interface eau/fond, d'autant plus élevée que la biomasse végétale est importante [2]. Dans le cas de faible recouvrement observé avec MOOGLI, DIVA indique une alternance présence/absence de végétation.

Les caractéristiques de la méthode DIVA sont les suivantes :

- Précision 1 m à 10 m (ie DIVA renseigne sur la présence de la végétation dans un rayon de 1 m par 10 m de fond), 3 m à 25 m
- Réurrence d'acquisition : 5 par seconde (recouvrement des taches au sol)
- Vitesse acquisition : 7 Nd
- Linéaire couvert : 100 km/jour.

**METHODOLOGIE MULTI-CAPTEURS**

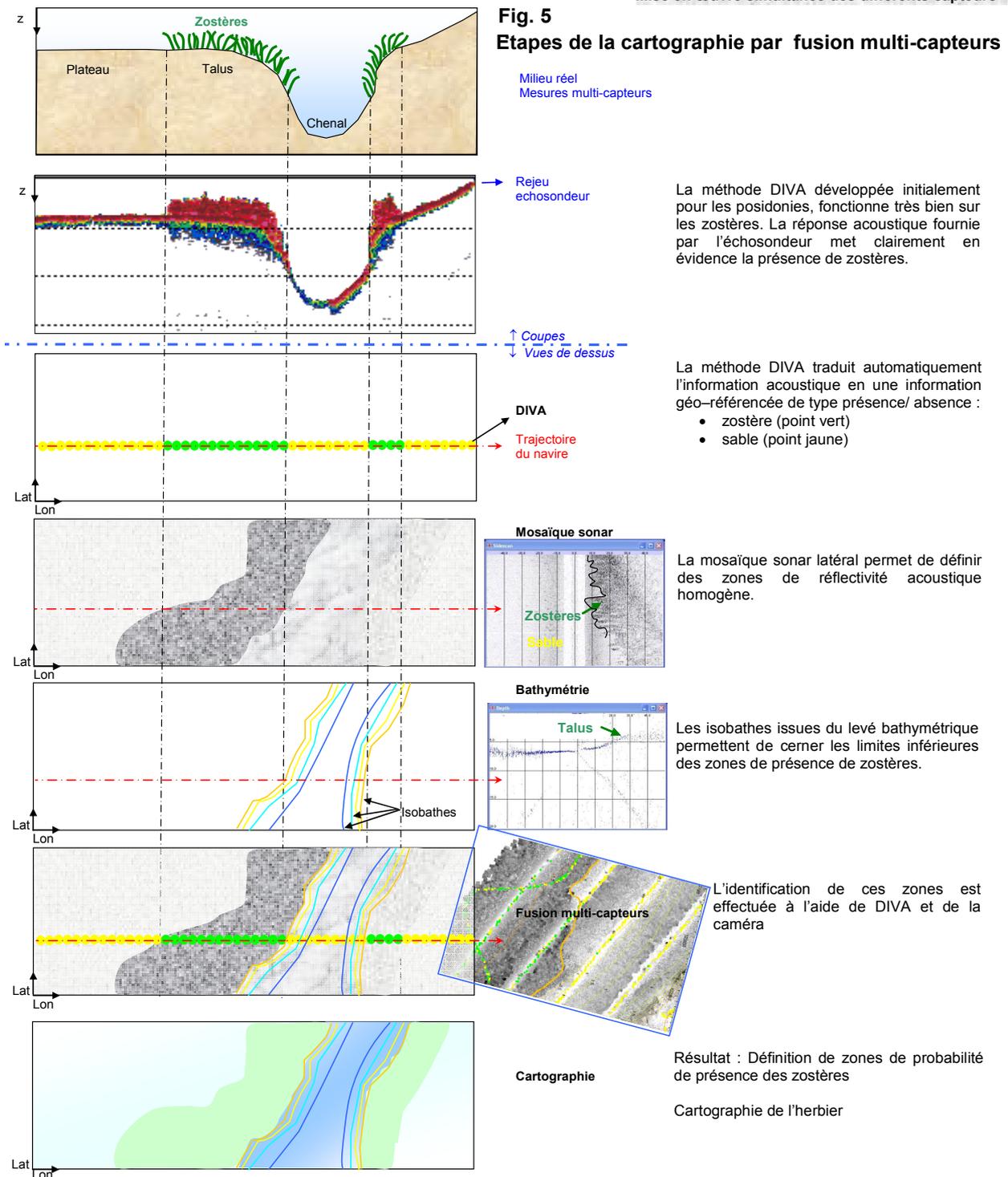
Dans une chaîne d'instrumentation, chaque capteur joue un rôle spécifique. En augmentant le nombre (et la nature) des capteurs, l'ensemble des informations collectées permet une meilleure compréhension du milieu exploré.

Lors de l'expérimentation réalisée en juillet 2008 sur le Bassin d'Arcachon, SEMANTIC TS a déployé simultanément les instruments permettant la collecte de données bathymétriques et de réponse acoustique du fond marin. Toutes ces données possèdent une précision extrêmement fiable puisqu'elles sont géo-référencées à l'aide d'un GPS RTK centimétrique. L'attitude du bateau est connue en permanence grâce à une centrale inertielle.



**Fig. 4. :**  
 Mise en œuvre simultanée des différents capteurs

Les différentes étapes de la fusion multi-capteurs ainsi réalisées, sont illustrées sur la figure 4.



Cependant si l'intégralité des informations acquises n'est pas visionnée en temps réel, l'interprétation des données - dans le but de déduire les caractéristiques physiques et/ou biologiques du milieu - ne peut se faire de manière efficace. C'est la raison pour laquelle SEMANTIC TS a développé un logiciel (Poseidon) permettant la fusion de l'ensemble des capteurs mis en œuvre lors des sorties en mer. Ce logiciel est la clé de voûte de l'architecture du système de mesure en mer, puisqu'il gère aussi bien la navigation du bateau (fonction du pilotage automatique, du positionnement en temps réel, de la lecture de cartes marines électroniques) que le traitement des données brutes des capteurs. De plus, par sa souplesse, il permet une synthèse par fusion multi-capteurs et constitue ainsi un outil puissant de cartographie type SIG [3].

### EXTRAITS DE RESULTATS

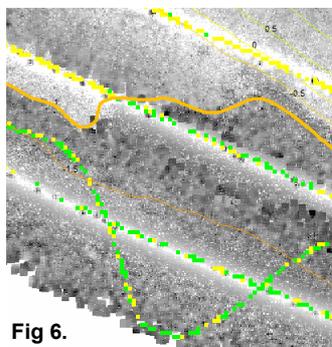


Fig 6.

La connaissance des isobathes a permis d'aider à la définition de la limite inférieure des zones de zostères comme cela est illustré par la figure ci-contre

**Fig. 6 : Extrait d'une mosaïque sonar présentant le résultat de la fusion :**  
- des données sonar latéral (en niveaux de gris)  
- de la méthode DIVA (point jaune : sable - point vert : végétation)

En orange l'isobathe -1m ; elle correspond à la limite entre la zone de zostère au sud (définie par DIVA) et la zone de sable au nord ; elle se superpose avec la limite de contraste sonar

Sur l'exemple ci-contre, la mosaïque sonar latéral ne présente pas de contraste ; au passage de l'isobathe -0.9m représentée en rouge, la méthode DIVA indique de la végétation. En l'absence de contraste sonar, l'isobathe apporte une information complémentaire pour l'interprétation

**Fig. 7 : Extrait d'une mosaïque sonar présentant le résultat de la fusion**  
- des données sonar latéral (en niveaux de gris)  
- de la méthode DIVA (point jaune : sable/ vert : végétation)

En rouge l'isobathe -0.9 m ; elle correspond à la limite entre la zone de zostère au sud (définie par DIVA) et la zone de sable au nord.

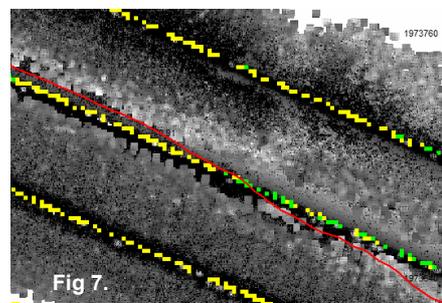


Fig 7.

### CONCLUSIONS

L'analyse des données issues du seul **sonar latéral** (GEOSWATH – 250 kHz) ne met pas en évidence de façon systématique une signature acoustique caractéristique de l'herbier. Ceci peut être interprété de trois façons :

- La zostère est animée par les courants et ne présente pas de comportement statique comme la posidonie ; ainsi, la mosaïque effectuée à marée descendante ne se raccorde pas exactement en terme de contraste à celle de marée montante.
- Elle est présente sur « l'épaule » du talus : le sonar intègre alors une variation importante du contraste due à la bathymétrie, en même temps que celle due à la végétation.
- Enfin, à cause de la marée, l'angle de rasance sous lequel le sondeur voit le talus varie en fonction de l'heure de la mesure.

Le sondeur **DIVA**, initialement développé pour la posidonie, fonctionne parfaitement sur l'herbier de zostère. Cette méthode renseigne ainsi de façon fiable sur la présence de zostères ; par contre elle reste une méthode de faible couverture.

L'apport de la **bathymétrie** en temps réel est un avantage, car il permet de contourner les zones de présence par fusion avec la méthode DIVA, et donc de relier la présence de ces phanérogames à des tranches bathymétriques.

La réalisation simultanée de plusieurs mesures de type DIVA en parallèle permettrait d'augmenter encore les performances de cette méthode de fusion multi-capteurs ; ceci pourrait être réalisé à l'aide de 3 ou 5 capteurs de type DIVA installés perpendiculairement au cheminement du bateau.

### REFERENCES

- [1] LURTON X (2002) An introduction to underwater acoustics: principles and applications. Edition Springer – ISBN 3-540-42967-0, 2002
- [2] VIALA C, NOEL C, COQUET M, ZERR B, LELONG P, BONNEFONT JL (2006) Pertinence de la méthode DIVA pour l'interprétation des mosaïques sonar latéral. 3rd Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. Marseille, 03/ 2007.
- [3] VIALA C, NOEL C, COQUET M, ZERR B, PERROT T. Acoustic data fusion devoted to underwater vegetation mapping. ECUA/SFA Paris, 28/06 - 04/07 2008.