

## Nouveaux outils de cartographie et de monitoring par fusion multi-capteurs : Application aux zostères d'Arcachon et au coralligène de l'Aire Marine Protégée de la Côte Agathoise

C. NOEL<sup>1</sup>, JM TEMMOS<sup>1</sup>, S. MARCHETTI<sup>1</sup>, E. BAUER<sup>1</sup>, M. COQUET<sup>1</sup>,  
G. TRUT<sup>2</sup>, L. RIGOUIN<sup>2</sup>, I. AUBY<sup>2</sup>, S. BLOUET<sup>3</sup>, R. DUPUY DE LA GRANDRIVE<sup>3</sup>, E. CHERE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SEMANTIC TS. 1142 chemin de St Roch, 83110 SANARY s/Mer. Email : noel@semantic-ts.fr

<sup>2</sup> Ifremer LER d'Arcachon. Quai du Commandant Silhouette, 33120 ARCACHON

<sup>3</sup> Aire marine protégée de la côte agathoise, Direction gestion du milieu marin Ville d'Agde - 34300 AGDE

### 1. Développement de nouveaux outils de cartographie et de surveillance

Nous présentons le résultat de travaux de recherche menés depuis 2004 par SEMANTIC TS (Bureau d'Etudes en Environnement, Océanographie & acoustique), dans le domaine de la cartographie et de la surveillance des fonds aquatiques : végétation, topographie et nature des sédiments superficiels, ainsi que la colonne d'eau (Ressources halieutiques). Dans le cadre de ces travaux, nous avons développé des méthodes de fusion des informations contenues dans les données acoustiques provenant de différents appareillages, opérés simultanément ou non (Fig 1). Ces systèmes fonctionnent à différentes fréquences et apportent des informations complémentaires sur le milieu marin. Les données provenant de différents instruments sont très précisément géoréférencées par le même système de positionnement DGPS RTK/Centrale d'inertie (précision centimétrique) et sont synchronisées sur la même base temps.

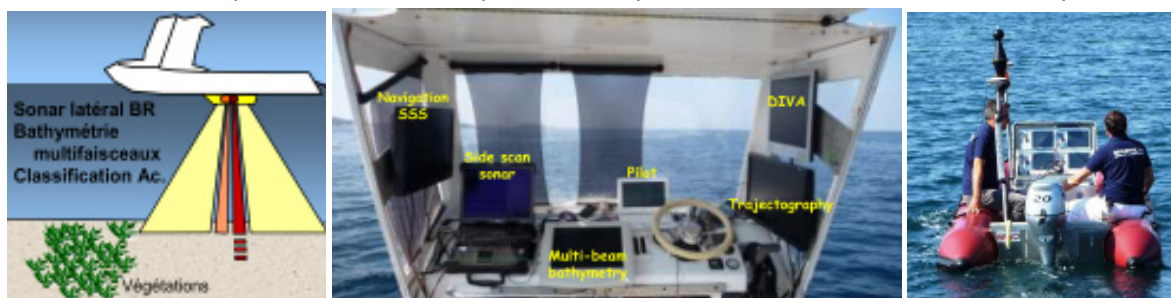


Figure 1 : Plates-formes légères de sondage multi-capteurs : Principe - Poste de pilotage - Mini Navire Océanographique

Nous avons pour ce faire mis au point un logiciel superviseur innovant, dont le rôle est de cadencer les mesures : acquisitions en provenance des différents appareillages, communications avec la station d'acquisition et gestion des synchronisations, enregistrement des données. Un SIG scientifique spécifique a été développé intégrant le traitement des différentes données acoustiques et la fusion de leurs informations. Les données étant enregistrées dans le même référentiel "position-temps", la fusion des données est extrêmement performante dans le cadre de l'amélioration de la connaissance et du suivi du milieu marin.

Pour cartographier et monitorer les fonds marins, on utilise tout d'abord une méthode de type surfacique qui permet d'obtenir une image multi-faisceaux (Fig 2 A) et/ou l'imagerie sonar latéral (Fig 2 B) et de contourner sur cette image des zones de réponses acoustiques homogènes. Ces zones sont ensuite "classifiées" à l'aide d'un écho-sondeur (Système de classification acoustique des fonds : SACLAF). Celui-ci

émet du son à la verticale du navire, puis le signal sonore réfléchi par le fond est analysé. Ceci permet d'extraire des caractéristiques du fond qui aident à la classification en diminuant les vérités terrains (Fig 2 C). Pour cela il est nécessaire de disposer d'un écho-sondeur qui enregistre et restitue le signal réfléchi.



Figure 2 : De gauche à droite : (A) Isobathes (micro-rugosité bathymétrique) - (B) Imagerie sonar latéral (C) Classification acoustique (Détection végétation en vert - Sédiment en jaune). Taille des zones : 500 m par 300 m

## 2. Application

Ces systèmes innovants sont mis en œuvre dans les différents cadres (DCE, DCSMM, DHFF) de l'évaluation initiale aux dispositifs de surveillance. Nous présentons ici des extraits de travaux réalisés en 2016 sur les zostères marines du bassin d'Arcachon (Gironde) et le coralligène de l'Aire Marine Protégée de la côte Agathoise (Hérault).

### 2.1 Application au suivi des zostères du bassin d'Arcachon

Le suivi des zostères (*Zostera marina*) (Fig 3) du bassin d'Arcachon est particulièrement délicat à conduire en raison des dimensions du bassin, de la turbidité des eaux et des contraintes liées à la marée à la fois pour la navigation sonar, mais aussi pour les contrastes acoustiques liés aux variations d'angles d'insonification qu'elle engendre. La méthode monitoring par fusion multi-capteurs a été appliquée en 2008 et en 2016 dans le cadre de la DCE.



Figure 3 : Mise en œuvre de la méthode de monitoring par fusion multi-capteurs pour le suivi des zostères  
De gauche à droite : *Zostera marina* - Zone monitorée – Vidéo tractée de vérité terrain (retour temps-réel de la vidéo)

La figure ci-après présente un exemple de données réelles superposées à l'imagerie sonar latéral représentée en niveau de gris, ainsi que l'isobathe correspondant à la limite basse de zone de zostères : -4 m, celle correspondant à la limite haute de zone de zostères : -1,75 m (Fig 4).

La méthode de fusion multi-capteurs est particulièrement adaptée à ce type de problématique. En effet le sonar latéral ne présentant pas de signature caractéristique systématique, l'apport de la bathymétrie en

temps réel est un avantage. Elle permet de contourner les zones de présence de végétation par fusion avec la méthode SACLAF et de relier la présence de ces phanérogames à des tranches bathymétriques.

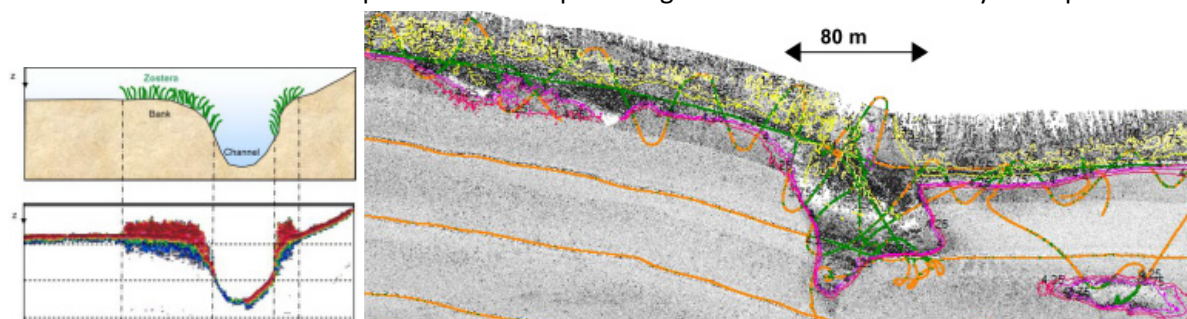


Figure 4 : A gauche : Illustration de la méthode - A droite : Résultats (en vert la zostère, en orange le sable) Isobathe (Magenta) relative à la limite basse de zone de zostères : - 4 m –et à la limite haute : - 1,75 m(en jaune)

Les données obtenues avec cette méthode de fusion multi-capteurs, de meilleure résolution que celles de 2008, ont permis l'élaboration d'une carte globale d'habitat aux contours plus précis et plus détaillés. Les zostères marines, avec une signature particulièrement forte pour la méthode DIVA, se révèlent être un bon candidat pour la mise en œuvre de ces solutions de cartographie, automatisées. L'analyse des résultats du monitoring est en cours.

## 2.2 Application à la cartographie du coralligène de plateau dans l'aire marine protégée de la côte agathoise

Le coralligène de plateau constitue un enjeu majeur pour la conservation de la biodiversité dans l'aire marine protégée de la côte agathoise. Cet habitat est difficile à cartographier en raison de la profondeur à laquelle il se développe (au-delà des - 15m), de la forte turbidité des eaux et de la typicité de cet habitat dans cette zone formant de petits édifices de formes patatoïdes imbriqués et mosaïqués dans l'habitat récifs (Fig 5 A). La méthode de lever multi-faisceaux HR (Fig 5 B) a été calibrée sur des modules immergés de type bloc de corps morts en zone portuaire (Fig 5 C et D), avant d'en étendre, en aveugle, l'application à l'ensemble d'une zone pilote de 11 km<sup>2</sup>.

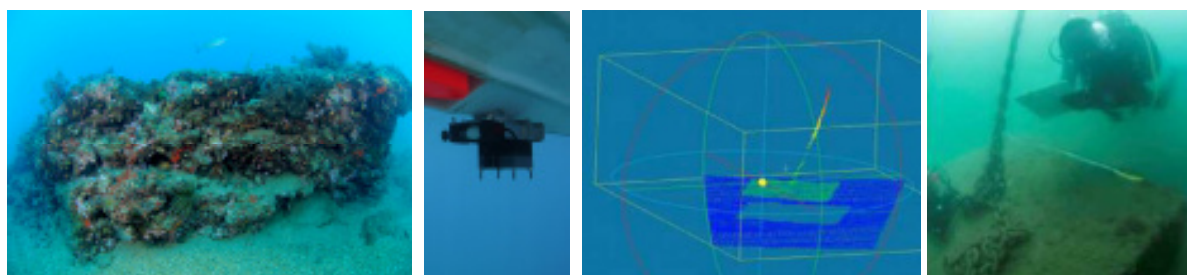


Figure 5 : A : Coralligène de plateau. B : Sondeur multi-faisceaux très haute résolution R2Sonic. C/D : Calibration sur bloc

L'intégration d'un algorithme de traitement des signaux issus de la haute précision et résolution de la micro-rugosité bathymétrique sur la zone entre -12 et -38 m de profondeur permet de discriminer les sites présentant une forte probabilité d'appartenance à la biocénose les habitats à coralligène des autres habitats.

Suite à des vérités de terrain de validation de la présence de coralligène sur les sites pré identifiés, une cartographie précise du coralligène dans l'AMP a été réalisée (Fig 6). La surface désormais connue de cet habitat est de 15301m<sup>2</sup>.



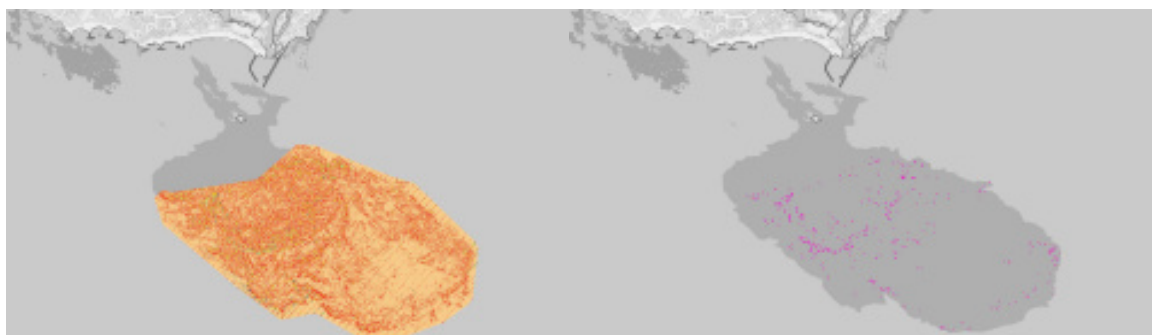


Figure 6 : A gauche : Données de micro-rugosité sur la zone rocheuse du Roc de Brescou. A droite : Interprétation et cartographie de la biocénose du coralligène (en violet) sur la zone rocheuse du Roc de Brescou

### 3. Conclusions & Perspectives

Les nouvelles méthodes de cartographies basées sur de la télédétection acoustique, opérées à partir de petites plate-formes, avec suite logicielle de classification acoustique et fusion des données (Bathymétrie, rugosité, sonar latéral, sédiments, végétations, poissons) offrent une approche surfacique reproductible, de grande couverture à haute précision (géo-référencement précis de la donnée) et de haute résolution (petits pixels). Les techniques opératoires sont légères, à la fois en coût et en maniabilité, pour servir des besoins de suivis opérationnels, et désormais accessibles au monde civil pour la gestion de territoires aquatiques et marins.

Le système Mini-SACLAF innovant eBEEM que nous venons de mettre au point est un Mini Système Acoustique de Classification Automatique des natures de Fonds ; il offre des perspectives d'usage simplifiées et notamment en termes d'exploration des très petits fonds (jusqu'à 35 cm de profondeur). Il utilise notre suite logicielle de classification, à présent opérationnelle sur les 13 navires océanographiques du SHOM et permettant le monitoring simultané des échos dans la colonne d'eau, ainsi que de la nature, de la profondeur et de la couverture végétale des fonds marins. Le système embarqué est optimisé en poids et en consommation énergétique. Il opère une sonde acoustique miniature légère et facile à mettre en œuvre. Des traitements spécifiques du signal sont ensuite effectués sur la réponse impulsionnelle afin d'en déduire de façon automatisée les caractéristiques géo-référencées de la végétation fixée ou du sédiment superficiel. La suite logicielle permet d'incorporer des vérités terrain afin de prendre en compte la calibration. Le SACLAF peut être utilisé seul ou en fusion avec des données surfaciques.

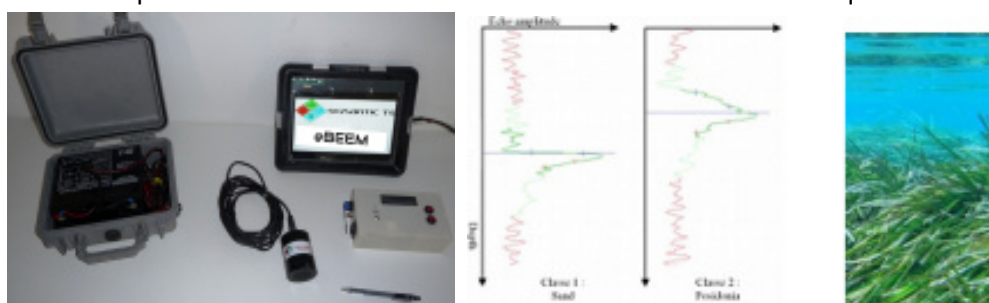


Figure 7 : Mini Système de Classification Acoustique des Fonds marins

Les auteurs remercient l'AGENCE de l'EAU et la DS4/MRIS de la DGA, ainsi que l'ADEME et le Programme des Investissements d'Avenir qui ont soutenu ces travaux.