



*Revue Paralia, Volume 2 (2009) pp 5.1-5.12*

*Mots-clés : Cartographie végétation sous-marine, Acoustique sous-marine, Classification, Sonar latéral, Echosondeur, Posidonie, Zostère.*

## **Comparaison de méthodes de cartographie des végétations sous-marines côtières**

**Claire NOEL<sup>1</sup>, Christophe VIALA<sup>1</sup>, Michel COQUET<sup>1</sup>, Simon MARCHETTI<sup>1</sup>,  
Eric BAUER<sup>1</sup>, Eric EMERY<sup>2</sup>, Didier SAUZADE<sup>2</sup>, Roger KANTIN<sup>2</sup>,  
Sylvain COUDRAY<sup>2</sup>, Gilles TRUT<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 côtier, Zone Portuaire de Brégaillon, BP 330,  
83507 La Seyne s/Mer, France.  
*Roger.Kantin@ifremer.fr*

<sup>3</sup> IFREMER, Laboratoire côtier, Quai du Cdt Silhouette, 33120 Arcachon, France.  
*Gilles.Trut@ifremer.fr*

### **Résumé :**

Cet article présente les résultats de la comparaison de la méthode DIVA (Détection & Inspection Verticale Acoustique), développée par SEMANTIC TS, avec les méthodes optiques (systèmes vidéo remorqués MOBIDIC et MOOGLI) et acoustiques (système sonar latéral) mises en œuvre par l'IFREMER dans trois sites distincts : (i) le site atelier des Embiez à l'Ouest de Toulon, (ii) le site atelier de Saint Raphaël (données obtenues dans le cadre du programme INTERREG IIIB / POSIDONIA, site web) et (iii) le bassin d'Arcachon pour la cartographie de l'herbier de zostères. La méthode DIVA est particulièrement performante lorsqu'elle intervient en complément des méthodes surfaciques habituellement mises en œuvre par l'IFREMER.

*Soumis le 30 janvier 2009, accepté le 26 mars 2009, en ligne le 18 mai 2009.*

*La seule version examinée est celle écrite en français. La ou les autres versions n'étant pas examinées par le comité de rédaction de la revue, sont donc publiées sous l'entière responsabilité du ou des auteurs.*

Pour citer cet article :

NOEL C., VIALA C., COQUET M., MARCHETTI S., BAUER E., EMERY E., SAUZADE D., KANTIN R., COUDRAY S., TRUT G. (2009). *Comparaison de méthodes de cartographie des végétations sous-marines côtières*. *Revue Paralia*, n° 2, pp 5.1–5.12.

DOI: 10.5150/revue-paralia.2009.005 (disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online)

## **1. Introduction**

Les méthodes de cartographie des herbiers font appel à des techniques aériennes, acoustiques, optiques, ainsi qu'à des plongées. En ce qui concerne les méthodes optiques, l'IFREMER a mis au point un dispositif de vidéo remorquée dédié à la cartographie des végétations sous-marines appelé « MOBIDIC » (Module d'Observation des Biocénoses par Imagerie Digitale pour le Côtier). Ce dispositif est complémentaire des méthodes acoustiques (sonar latéral) habituellement utilisées par l'IFREMER (sonar latéral EDGETECH 110 kHz).

De son côté, la société SEMANTIC TS mène depuis 2004 des travaux de recherche dans le domaine particulier de la cartographie acoustique des herbiers de posidonie, 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). La première étape de ces travaux a consisté à passer du stade de l'observation visuelle de l'impact acoustique des végétations sur les écrans des échosondeurs, tout comme le sont les échos de poissons dans la colonne d'eau (LURTON, 2002), à la mise au point d'une méthode d'automatisation de la détection des herbiers (NOEL *et al.*, 2005). Ceci s'est effectué au travers d'analyses de la réponse acoustique du fond marin et d'études de caractérisation de sa signature acoustique (VIALA *et al.*, 2006) qui ont démontré la pertinence de la méthode DIVA pour l'interprétation des mosaïques sonar et la classification optimisée de la couverture des fonds marins (VIALA *et al.*, 2006 ; VIALA *et al.*, 2007). Ils ont débouché sur les présents travaux de comparaison avec les méthodes usuellement mises en œuvre par l'IFREMER.

En matière de caractérisation acoustique des fonds, plusieurs systèmes sont disponibles sur le marché, un des plus connus étant le système RoxAnn de la société écossaise Stenmar Micro Systems Ltd. Ce système, qui équipe notamment la vedette « Haliotis » de l'IFREMER, est essentiellement ciblé sur la caractérisation des substrats. Il traite en temps réel la partie de l'écho acoustique située après l'impact sur le fond et fournit de manière formatée à l'avance deux indices (un premier indice de rugosité E1 et un second indice de dureté E2), ce qui permet de classer automatiquement la nature des fonds en fonction de leur dureté (sédiment vaseux et lisse et sédiment grossier et rugueux par exemple) (GUYOMARD, 1994 ; SHOM, 1997). La méthode DIVA quant à elle, a été spécifiquement conçue pour travailler sur la couverture végétale et notamment l'herbier de Posidonie en Méditerranée. Elle s'intéresse à la partie de l'écho acoustique relative à la zone située avant l'interface avec le fond. Un traitement modulable du signal a été mis au point exploitant des algorithmes d'écho intégration et d'analyse discriminante ; il permet de rechercher la meilleure caractérisation du signal recueilli.

Afin d'améliorer ses performances en cartographie, SEMANTIC TS met en œuvre simultanément à la méthode DIVA, différents capteurs acoustiques : sonars latéraux et

sondeurs bathymétrique multi-faisceaux (KLEIN 5000 et GEOSWATH) et échosondeur (SIMRAD ES60). Elle travaille en collaboration avec le Groupe d'Etudes Sous-Marines de l'Atlantique de la Direction Générale de l'Armement (GESMA/DGA) sur des méthodes de fusion des données acoustiques en provenance de ces capteurs dites de fusion multi-capteurs (VIALA *et al.*, 2008), particulièrement intéressantes pour la cartographie des végétations sous-marines. Ces méthodes ont été récemment mises en œuvre sur le bassin d'Arcachon dans le cadre de la cartographie des zostères pour laquelle elles ont donné des résultats prometteurs (NOEL *et al.*, 2009) et mis en évidence leur précision et leur rapidité de mise en œuvre.

Cet article présente dans une première partie les résultats de l'harmonisation de la méthode DIVA avec la méthode vidéo remorquée de l'IFREMER sur la zone de la Vaille, située à proximité de l'archipel des Embiez. Il compare ensuite les résultats de la méthode DIVA avec celles mises en œuvre dans le cadre du programme INTERREG IIIB / POSIDONIA (site web) sur deux zones d'étude à St Raphaël et sur le bassin d'Arcachon pour la cartographie de l'herbier de zostères.

## **2. Méthodes mises en œuvre**

### 2.1 Méthode DIVA (Détection & Inspection Verticale Acoustique)

La méthode de reconnaissance acoustique DIVA fonctionne de la manière suivante : le navire instrumenté se déplace sur la zone à cartographier (figure 1a) ; 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) du GPS différentiel,
- la réponse impulsionnelle du signal sonore réfléchi par le fond, fournie par l'échosondeur.

Le PC traite les informations et - pour une latitude et une longitude données -, il 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. Ce sondeur (modèle Simrad ES60) a déjà été utilisé par des équipes de l'INRA pour la caractérisation d'espèces de poissons (travaux similaires) à partir du signal acoustique réverbéré par les bancs de poissons (LURTON, 2002). Le système analyse et traite la réponse impulsionnelle et en déduit les caractéristiques de la végétation fixée sur le fond sous-marin. Sur le sondeur utilisé, la réponse acoustique du sondeur est différente selon que le son se réfléchit sur une zone couverte de végétation ou non. La figure 1b présente deux "échos" (niveau sonore en fonction de la profondeur) représentatifs d'un fond de sable et d'un fond de posidonies. Dans le deuxième cas, la forme du signal sonore révèle la présence d'une quantité d'énergie avant le pic relatif à l'interface eau/fond. Cette énergie est d'autant plus élevée que la biomasse végétale est importante. Le principe de DIVA est basé sur l'analyse de la

forme de la réponse du signal et ne nécessite pas de calibration de l'échosondeur. La précision du géoréférencement de l'information produite par la méthode DIVA décroît avec la profondeur. Typiquement une information de présence de végétation dans 10 m d'eau est précise à 1 m près ; à 25 m de profondeur elle est précise à 3 m. La récurrence d'acquisition des données est de 5 échos par seconde, ce qui permet un bon recouvrement des taches au sol. La vitesse d'acquisition est de 7 nœuds, couvrant ainsi un linéaire de 100 km/jour. La largeur du balayage dépend elle aussi de la profondeur : elle est de 1 m dans 10 m de profondeur et de 3 m à 25 m.

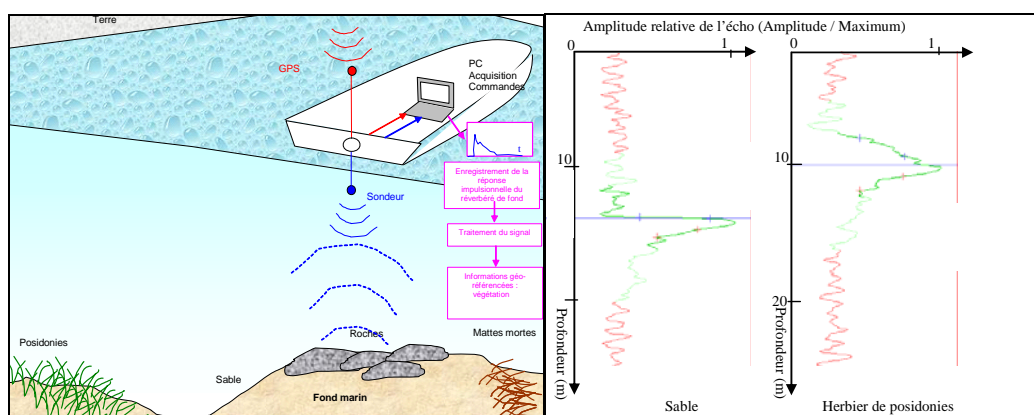


Figure 1. a) Principe de la méthode DIVA. b) Echos représentatifs.

## 2.2 Systèmes vidéo remorqués de l'IFREMER (voir figure 2)

Le dispositif vidéo MOBIDIC HD (Module d'Observation des Biocénoses par Imagerie Digitalisée pour le Côtier à Haute Définition), mis au point par l'IFREMER, a été utilisé en parallèle à la méthode DIVA.

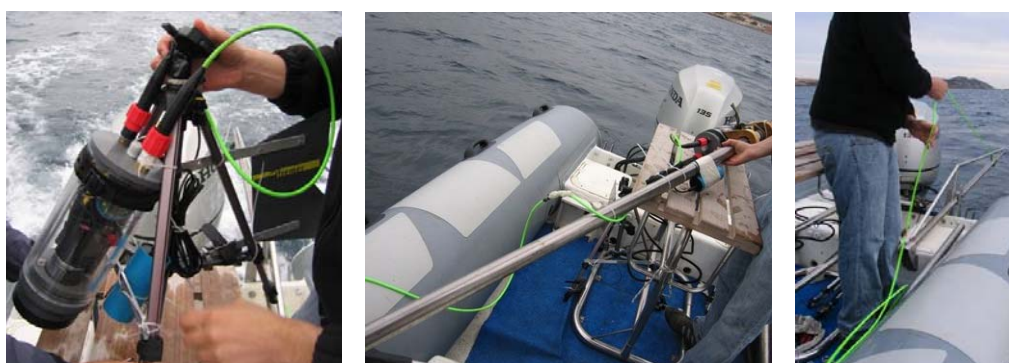
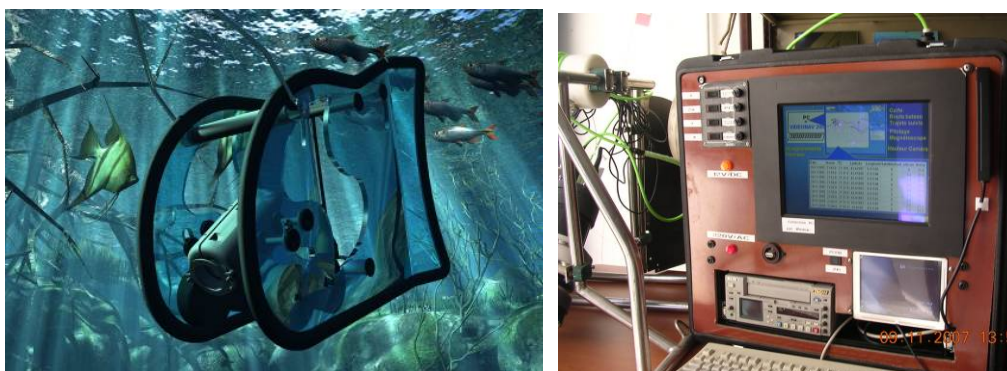


Figure 2. De gauche à droite : caisson MOBIDIC – Perche support – Tangon.

Ce dispositif se compose d'un caméscope numérique haute définition de marque Sony, modèle HDR HC1, placé à l'intérieur d'un caisson cylindrique transparent et étanche clos par un hublot sphérique permettant une vision grand angle, pouvant résister aux pressions rencontrées à 6000 m. Un altimètre, placé dans l'enceinte du boîtier, permet

de situer la position du dispositif par rapport au fond. Deux méthodes ont été testées pour entraîner le caisson d'enregistrement vidéo : un prototype de fixation rigide pour le système MOBIDIC (perche de 4 m de long fixée dans le puit de mesures du navire SEMANTIC) qui maintient le caisson orienté vers le fond à environ 1,50 m de l'embarcation, ainsi que le tractage du système MOBIDIC HD derrière le bateau par un câble électro-porteur d'une longueur d'environ 30 m (100 m en eaux plus profondes). La précision du géoréférencement de l'information fournie par le système vidéo tracté MOBIDIC est de 5 m à 1.5 noeuds (précision du GPS en point fixe). La récurrence des acquisitions est de une par seconde. La vitesse d'acquisition est de 1.5 noeuds, et compte tenu du mode opératoire, ce système permet de couvrir un linéaire de 5 à 10 km/jour. Dans le bassin d'Arcachon, l'IFREMER a réalisé des acquisitions avec un second système vidéo remorqué, le système MOOGLI (Module Optique pour l'Observation et le Géoréférencement en milieu Lagunaire des biocénoses Immergées). Ce système est constitué d'un châssis support de la caméra et de la sonde (Fig 3a), équipé de lests amovibles, remorqué via un câble électroporteur par tout type de navire.



*Figure 3. a) Châssis support de caméra. b) Régie surface.*

Une régie surface (Fig. 3b) 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 enregistrée sous forme de tableaux pouvant être traités par un tableur.

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, 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 la cartographie des zostères du 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.

### 2.3 Sonar latéral mis en œuvre par l’IFREMER

Le sonar latéral mis en œuvre par l’IFREMER est le modèle DF1000 de la société Edgetech. Il fonctionne en bi-fréquence à 100 et 380 kHz. La largeur du faisceau à -3 dB est de 50° transversalement. Dans la direction longitudinale elle dépend de la fréquence de transmission choisie : 1.2° à 100 kHz et 0.5° à 380 kHz. Pour des raisons de sécurité du fait du tractage par câble électro-porteur du poisson et de la dégradation de la qualité des données, ce type de dispositif convient de préférence à la prospection des fonds de plus de 10 m.

La précision du géoréférencement de l’information fournie par un sonar latéral tracté dépend de la profondeur, de la longueur du câble et de la rectitude de la trajectoire. Elle est typiquement de 5 à 10 m par 30 m de profondeur. La récurrence des acquisitions est de 1 à 5 par seconde. L’acquisition se fait à 5 nœuds, sur une largeur de fauchée de 100 m à 200 m selon la fréquence utilisée ; cela permet de parcourir un linéaire journalier de 70 km.

## **3. Résultat de l’harmonisation sur un herbier de posidonies**

### 3.1 Méthode DIVA / Système MOBIDIC

Les données acquises par l’échosondeur ont été dépouillées et traitées avec la méthode de détection acoustique DIVA. L’IFREMER et SEMANTIC TS ont analysé de façon conjointe les résultats de ces expérimentations afin de définir les performances de la méthode acoustique. Des images de faciès homogènes et des images au niveau des transitions entre faciès distincts, obtenues grâce à la vidéo remorquée, ont été analysées (« rejeu »). Les images de la figure 4 montrent deux instantanés, issus de la vidéo, et correspondant à des transitions entre faciès benthiques distincts, positionnés sur l’imagerie du fond. La grande précision du positionnement de l’ensemble des données permet de constater que le type de fond visualisé sur chaque photographie, l’interprétation de la mosaïque, ainsi que les calculs effectués avec la méthode DIVA sont cohérents. Les essais ont montré par ailleurs l’intérêt de la fixation de type perche pour un meilleur enregistrement vidéo dans des profondeurs inférieures à 10 m (augmentation de la précision du géoréférencement des images ainsi que la vitesse d’acquisition des données).



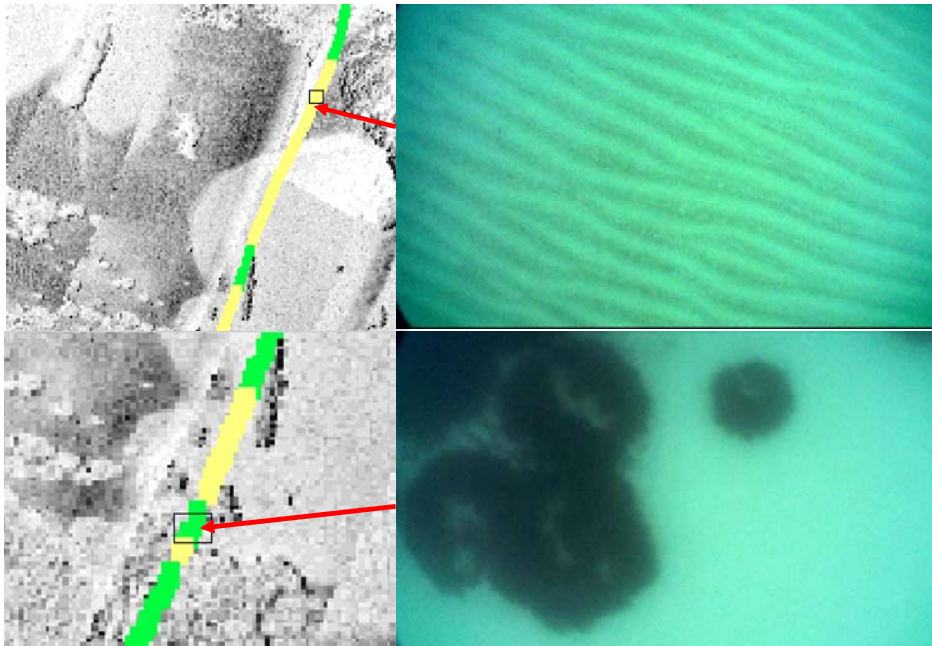


Figure 4. A gauche mosaïque sonar latéral et résultats de DIVA (Jaune/ Sable - Vert/Posidonie) A droite : Vue MOBIDIC. En haut : Ridules de sable grossier. En bas : Taches d'herbiers sur sable fin.

### 3.2 Méthode DIVA / Sonar latéral

Les résultats obtenus avec la méthode DIVA sont présentés à la figure 5, en superposition de la mosaïque obtenue avec le sonar latéral Edgetech DF 1000, à l'est du « Rocher du Lion » à St Raphaël.

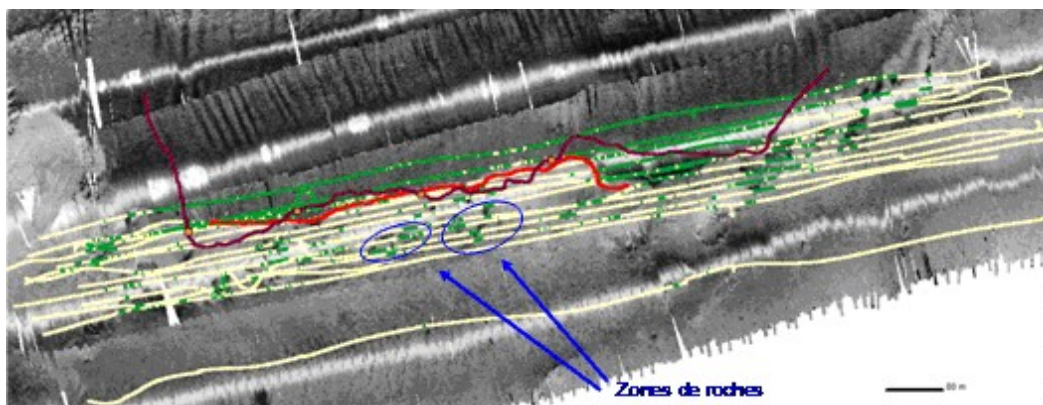


Figure 5. Résultats de la méthode DIVA (en vert : Posidonie, en beige : sable) comparés aux données obtenues par plongée avec positionnement GIB (en rouge) et par vidéo tractée (en bordeaux) avec position des limites observées en orange).

Les données obtenues par l'équipe italienne de l'ENEA (INTERREG IIIB / POSIDONIA, site web), en plongée avec le système de positionnement GIB, sont représentées sur cette même figure en rouge ; celles obtenues par l'IFREMER en vidéo tractée sont tracées en bordeaux avec une indication de la position des limites observées en orange. On constate que le tracé de la limite inférieure obtenu avec la méthode DIVA est cohérent avec celui des trois autres méthodes et qu'il permet de situer avec une bonne précision la frontière entre l'herbier dense et le sable.

La méthode DIVA permet de bien discriminer les faciès sable/posidonie, ce qui correspond à plus de 80% des cas : la problématique prioritaire de détection de l'herbier de plaine est donc bien résolue. Au-delà de cette limite, la méthode DIVA indique la présence de posidonies ; cependant l'analyse de cette partie du sonogramme faite par l'IFREMER indique de petites zones rocheuses. Les difficultés de la méthode DIVA pour discriminer la roche de la posidonie font actuellement l'objet de développements complémentaires intégrant les faciès rocheux. Il apparaît notamment qu'un critère basé sur la largeur du signal rétrodiffusé permet, comme cela est illustré sur la figure 6, de distinguer les petites zones de roches.

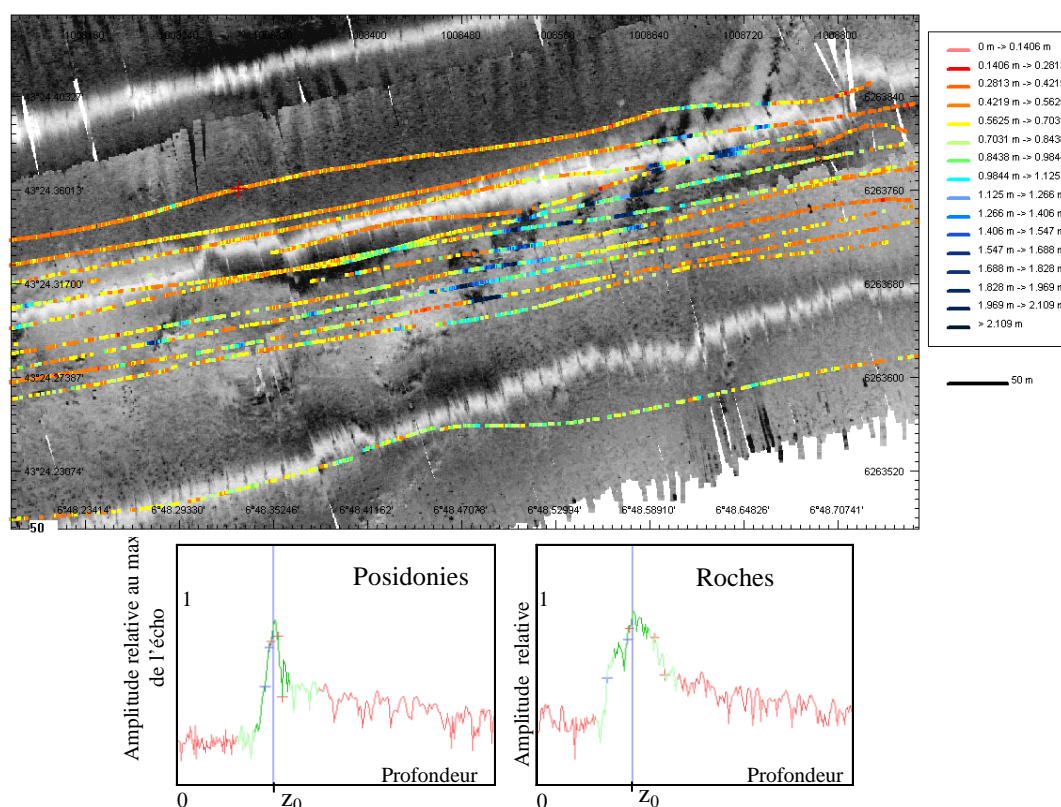


Figure 6. En haut : Largeur du support temporel signal rétrodiffusé (en m). En bas : Comparaison de la largeur du pic sur fond de roche et de posidonies.



La figure 7 montre les résultats de la méthode DIVA dans la baie d'Agay, superposés à la mosaïque sonar latéral de l'IFREMER ; elle met en évidence, sur des herbiers de plaine, l'excellente concordance entre la méthode DIVA et les autres méthodes.

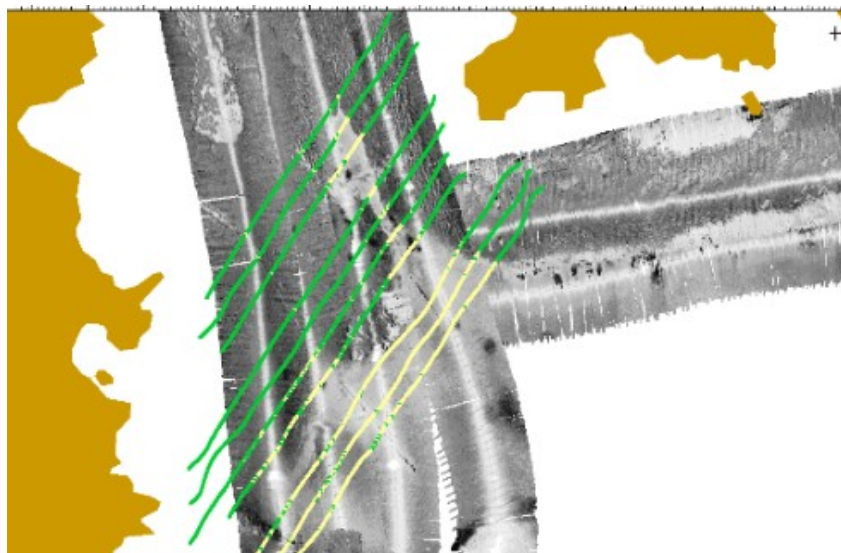


Figure 7. Comparaison des résultats de la méthode DIVA avec la mosaïque sonar latéral en baie d'Agay (Saint Raphaël). Point jaune : sable - vert : végétation.

#### 4. Résultat de la méthode DIVA sur l'herbier de zostères d'Arcachon

La figure 8 illustre l'application de la méthode DIVA à l'herbier de zostères du bassin d'Arcachon.

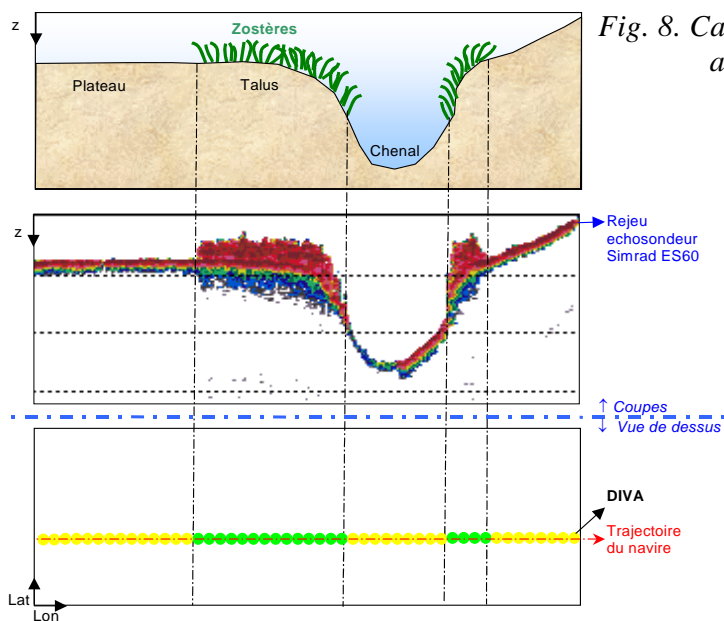


Fig. 8. Cartographie des zostères avec la méthode DIVA.

A. Milieu réel

B. Rejeu de la séquence acoustique :

La méthode DIVA développée initialement pour les posidonies, fonctionne très bien sur les zostères. La réponse acoustique fournie par l'échosondeur met clairement en évidence la présence de zostères.

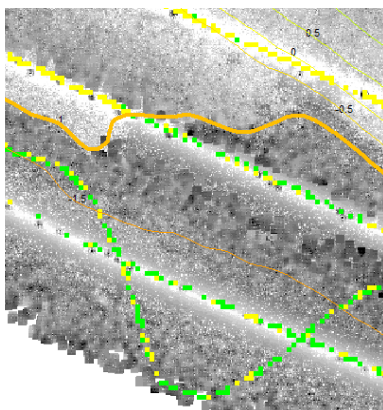
C. Résultats de la méthode DIVA :

La méthode DIVA traduit automatiquement l'information acoustique en une information géo-référencée de type présence/ absence :

- zostère (point vert)
- sable (point jaune)

Comme la montre la figure 8.b la réponse acoustique obtenue sur les zostères est très caractéristique ; elle signe bien la présence de végétation.

La zostère étant présente sur les bords des chenaux du bassin et uniquement jusqu'à une certaine profondeur, 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 9 ci-dessous.



*Figure 9. 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 -1 m ; 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.*

L'analyse des données issues du seul sonar latéral 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.
- La zostère est présente sur « l'épaule » du talus et dans ce cas le sonar intègre 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 caractériser l'herbier de 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 phanérogame à des tranches bathymétriques.

La réalisation simultanée de plusieurs mesures de type DIVA en parallèle permettrait d'augmenter 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 sur une perche perpendiculairement au cheminement du bateau.

## 5. Conclusions

La figure 10 synthétise les principales méthodes utilisées pour la cartographie des végétations sous-marines. Elle montre la complémentarité des systèmes mis en œuvre par l'IFREMER et par SEMANTIC TS (NOEL *et al.*, 2008).

La méthode DIVA, opérée par SEMANTIC TS, apporte des données nombreuses, précises et très bien géoréférencées, complémentaires à celles obtenues par la vidéo remorquée, qui constituent une « vérité terrain ». Elle permet de cartographier rapidement la présence/absence de végétation sur les plaines ; son linéaire journalier important (100 km de radiale, par toutes profondeurs et types de fond) permet d'effectuer un calage des images surfaciques très résolvant et performant. L'inconvénient principal réside dans la difficulté de reconnaissance de l'herbier sur faciès rocheux notamment. La méthode DIVA a également fourni d'excellents résultats sur des laminaires (octobre 2007) (NOEL *et al.*, 2009).

Par ailleurs, compte tenu de sa grande précision dans le géoréférencement (erreur inférieure au mètre), la méthode DIVA permet aisément d'effectuer un suivi dans le temps de l'évolution de l'herbier.

En outre, compte tenu de l'important linéaire journalier réalisable (une centaine de kilomètres si les conditions météo-océaniques le permettent), la méthode DIVA peut aussi être considérée comme un moyen de cartographie peu onéreux lorsqu'il est utilisé seul. Le pouvoir couvrant de cette méthode est certes faible, mais elle permet - en multipliant le nombre de radiales - de détecter et de délimiter rapidement la limite inférieure de l'herbier de posidonie. Elle permet également d'effectuer des interventions localisées sur des zones de doute.

En ce sens, la méthode DIVA peut se substituer, selon la nature et l'étendue du travail cartographique à effectuer, à d'autres méthodes plus précises mais plus lentes (plongées, vidéo remorquée) ou plus rapides mais moins précises (sonar).

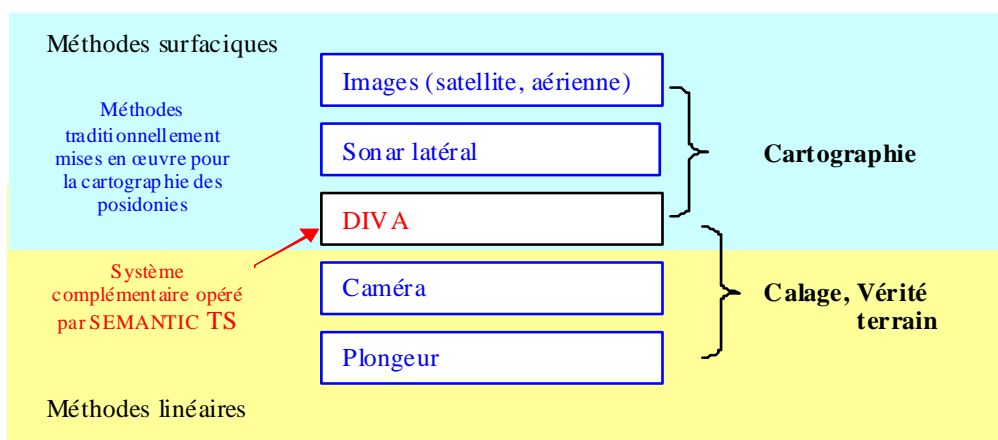


Figure 10. Positionnement de la méthode DIVA par rapport aux méthodes traditionnelles utilisées pour la cartographie des posidonies. DIVA peut être utilisée à la fois en calage local ou en cartographie linéaire (100 km/jour).

Les méthodes de cartographie mises en œuvre par l'IFREMER (images aériennes ou satellitales, sonar latéral) permettent de couvrir une surface importante et sont indispensables pour une appréciation à grande échelle de l'extension de l'herbier. Leur validation peut être effectuée par des plongées, de la vidéo remorquée, ou par la méthode DIVA suivant les besoins.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'Union Européenne, les Agences de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse et Adour Garonne, ainsi que la Région PACA, qui ont soutenu financièrement ces travaux.

### 6. Références bibliographiques

- GUYOMARD P. (1994). *Cartographie de données sédimentologiques acquises au large de Tréport*. Rapport EPSHOM.
- INTERREG IIIB / POSIDONIA (site web). <http://www.ifremer.fr/posidonia>. Rapports téléchargeables édités par KANTIN R., 2005.
- LURTON X. (2002). *An introduction to underwater acoustics: principles and applications*. Edition Springer – ISBN 3-540-42967-0, 2002.
- NOEL C., VIALA C., LEHN E., JAUFFRET C. (2005). *Développement d'une méthode acoustique de détection des herbiers de posidonies*. Colloque : Sciences et technologies marines du futur - Un enjeu pour la Méditerranée. Marseille Hotel de Région – 19-20 mai 2005.
- NOEL C., VIALA C., COQUET M., HERVE G., EMERY E., SAUZADE D., KANTIN R., COUDRAY S. (2008). *Harmonisation de méthodes de cartographie des végétations sous-marines*. X<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil. pp. 585-594. Disponible en ligne [URL [http://www.paralia.fr/jngcgc/10\\_56\\_noel.pdf](http://www.paralia.fr/jngcgc/10_56_noel.pdf)]
- NOEL C., VIALA C., COQUET M., MARCHETTI S., EMERY E., KANTIN R., TRUT G., DALLOYAU S., PLUS M. (2009). *Cartographie de l'herbier à zostera marina du bassin d'Arcachon par fusion multi-capteurs*. Colloque CARHAMB'AR. Brest 3-5 février 2009. Document disponible en ligne [URL <http://www.carhambar.org/content/download/41657/325809/file/NOEL.pdf>]
- SHOM (1997). *Fiche de synthèse opérationnelle thématique, les sédiments marins*. Documentation opérationnelle, 732BXOM, EPSHOM.
- VIALA C., NOEL C., ZERR B. (2006). *Acoustic characterization of underwater vegetations*. Colloque Caractérisation du Milieu Marin, Brest 16-19 octobre 2006.
- VIALA C., NOEL C., COQUET M., ZERR B., LELONG P., BONNEFONT J.L. (2007). *Pertinence de la méthode DIVA pour l'interprétation des mosaïques sonar latéral*. 3rd Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. Marseille, mars 2007.
- VIALA C., NOEL C., COQUET M., ZERR B., PERROT T. (2008). *Acoustic data fusion devoted to underwater vegetation mapping*. ECUA/SFA Paris, juin-juillet 2008.

## **Comparison of coastal marine vegetation mapping methods**

**Claire NOEL<sup>1</sup>, Christophe VIALA<sup>1</sup>, Michel COQUET<sup>1</sup>, Simon MARCHETTI<sup>1</sup>,  
Eric BAUER<sup>1</sup>, Eric EMERY<sup>2</sup>, Didier SAUZADE<sup>2</sup>, Roger KANTIN<sup>2</sup>,  
Sylvain COUDRAY<sup>2</sup>, Gilles TRUT<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 côtier, Zone Portuaire de Brégaillon, BP 330,  
83507 La Seyne s/Mer, France.  
*Roger.Kantin@ifremer.fr*

<sup>3</sup> IFREMER, Laboratoire côtier, Quai du Cdt Silhouette, 33120 Arcachon, France.  
*Gilles.Trut@ifremer.fr*

### **Abstract:**

This article presents the results of comparisons of DIVA method (French acronym for Vertical Acoustic Detection and Inspection) developed by SEMANTIC TS with optical (towed video systems MOBIDIC and MOOGLI) and acoustic (side scan sonar) methods deployed by IFREMER in three different areas: (i) Les Embiez (Western Toulon), (ii) Saint Raphael (data collected during the INTERREG IIIB / POSIDONIA program, web site) and (iii) Le Bassin d'Arcachon for *Zostera* meadows cartography. The DIVA method is particularly efficient when it completes the usual methods performed by IFREMER.

### **Key words:**

Sub marine vegetation cartography – Sub marine acoustic – Sea floor classification – Side scan sonar – Echo sounder – Posidonia – *Zostera*



## 1. Introduction

Submarine vegetation mapping methods consist in using acoustic and optical methods as well as diving. Concerning optical methods, IFREMER has developed a towed video system dedicated to submarine vegetation cartography called « MOBIDIC » (Module d'Observation des Biocénoses par Imagerie Digitale pour le Côtier). This system is complementary of the acoustic method (side scan sonar) usually used by IFREMER (EDGETECH 110 kHz side scan sonar).

For its part, SEMANTIC TS company has been conducting research works since 2004 in the particular field of acoustic cartography of Posidonia seabeds. SEMANTIC TS developed an acoustic detection method at the vertical of the ship which is particularly groundbreaking. This method is called DIVA (French acronym for Vertical Acoustic Detection and Inspection). The first step of this work consisted in transferring visual observation of an acoustic response of the vegetation on the echo sounder screen, as well as fish on the water column (LURTON, 2002), to an automatic method of sea grass detection (NOEL *et al.*, 2005). This was done through the analysis of the acoustic response of the sea floor and studies of its acoustic signature characterisation (VIALA *et al.*, 2006) which demonstrated the pertinence of the DIVA method for the side scan mosaic interpretation and an optimized classification of the sea floor covered with vegetation (VIALA *et al.*, 2006 ; VIALA *et al.*, 2007). The operational results make comparisons possible with methods usually conducted by the IFREMER.

In the field of acoustic characterisation of the sea floor, several systems are available; one of the most well known is the RoxAnn system developed by the Scottish company Stenmar Micro Systems Ltd. This system, which is onboard of the IFREMER' ship « Haliotis », is essentially focused on the seabed characterisation. It processes in real time the part of the acoustic signal after the bottom detection and gives two indexes (E1 for the roughness and E2 for the hardness) which allows an automatic classification of the seabed nature according to its roughness (smooth and muddy sediment vs. rough and coarse sediment) (GUYOMARD, 1994 ; SHOM, 1997). As for the DIVA method, it has been specially developed to work on vegetation coverage and particularly on the Posidonia meadow in the Mediterranean Sea. It processes part of the acoustic signal recorded before the bottom detection. A specific modular processing signal has been developed using echo-integration and discriminant analysis algorithms, allowing a better characterisation of the received signal.

In order to improve its performance in benthic cartography, SEMANTIC TS deploys simultaneously the DIVA method and several acoustic sensors: side scan sonar and multi beam echo sounder (KLEIN 5000 and GEOSWATH) and a single beam echo sounder (SIMRAD ES60). SEMANTIC TS worked in collaboration with the GESMA/DGA (Groupe d'Etudes Sous-Marines de l'Atlantique de la Direction Générale de l'Armement) on acoustic data fusion methods coming from several sensors so called a multi-sensor fusion method (VIALA *et al.*, 2008), which is particularly

attractive for sea floor vegetation mapping. These methods were recently deployed in the Arcachon Basin in order to cartography *Zostera* meadow and gave very promising results (NOEL *et al.*, 2009), showing the accuracy and the rapidity of the deployment of such methods.

This article presents in a first part the comparison of the DIVA method with the towed video method developed by the IFREMER achieved on a coastal Mediterranean site, La Vaille, located near Les Embiez, Var, France. Then, it compares the results of the DIVA method with those used during the INTERREG IIIB / POSIDONIA (web site) program on two different places and species of seagrass: at Saint Raphael (Var, France) on *Posidonia*,) and on the Arcachon Basin (Gironde, on the French Atlantic coast) on *Zostera*.

## **2. Methods**

### 2.1 DIVA Method (Détection & Inspection Verticale Acoustique)

The acoustic DIVA method for marine vegetation mapping operates as follows : the instrumented ship moves to the survey area (fig 1a); on board a PC records the various data coming from the different sensors i.e. :

- Position from the differential GPS (latitude, longitude, sea level elevation).
- Pulse response from the acoustic signal reflected by the sea ground from the echo sounder.

For a given position, the PC combines information on the vegetation characteristics. On board the ship, SEMANTIC TS is operating a mono frequency acoustic sounder. This echo sounder (Simrad ES60 model) is also commonly used for characterisation of fish species by acoustics (LURTON, 2002). The system processes and parses the pulse response to deduce the characteristics of the seafloor vegetation. , The acoustic response of the echo sounder is very different, depending on the density of the vegetation covering the sea floor. Figure 1b presents two echoes (sound level *vs* depth), one coming from a sandy floor and one from a vegetation covered floor. In the second case, the signal shape shows the presence of energy before the bottom detection. This energy is proportional to the extent of the biomass. This method, based on shape analysis of backscattered signal, does not require calibration of the echo sounder.

The accuracy of the DIVA method decreased with depth. Typically, if phanerogame seagrass are detected at 10 m deep, the geographical accuracy is approximately 1 meter but falls to approximately 3 meters at 25 m deep, due to the spatial diffusion of the signal. The ping rate of this system is 5 Hz, which allows a good data recovering. The acquisition speed is about 7 knots, allowing a linear survey of 100 km per day (max).

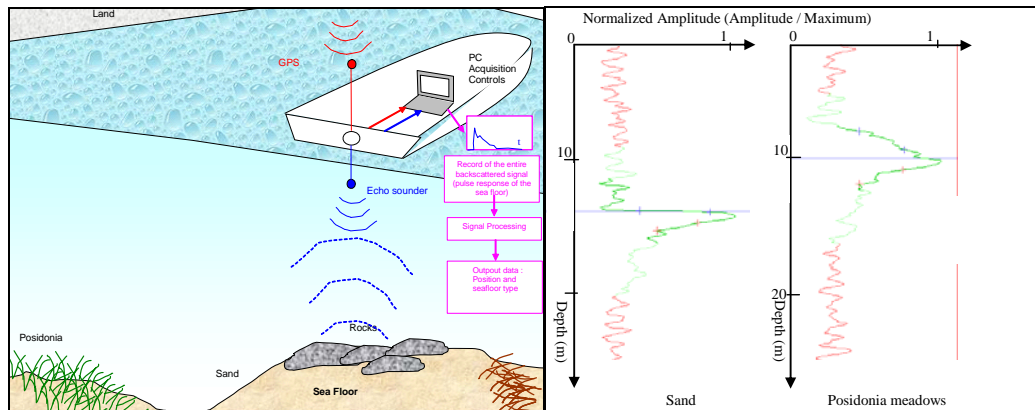


Figure 1. a) Principle of DIVA method. b) Representatives echoes.

## 2.2 Towed video systems of IFREMER (figure 2)

The video module MOBIDIC HD developed by IFREMER has been used in parallel with the DIVA system.

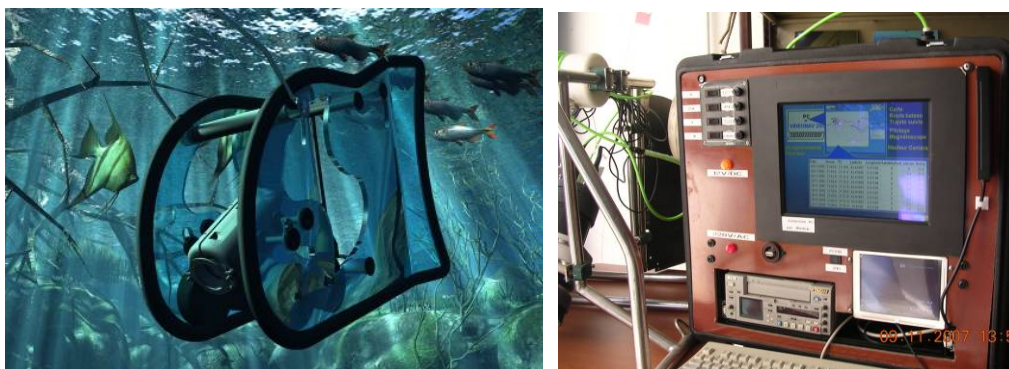


Figure 2. From left to right : MOBIDIC module – support stick – “Tangon”.

This video module is composed of a high definition numeric video camera (Sony™ model HDR HC1) installed inside a clear waterproof cylinder closed by a spherical porthole, allowing a wide angle vision. An altimeter calculates the system altitude above the seafloor. Two methods of deployment have been tested: (i) fixed at the end of a metal pole and immersed just under the ship and (ii) towed using a 30 meter or 100 meter cable, according to the survey area depth.

The geographical accuracy of data collected is about 5 meters (which is the accuracy of a fixed GPS) at the typical towing speed of 1.5 knots. One image is recorded each second. The daily linear distance surveyed is practically 10 km (max).

In the Arcachon basin, IFREMER deployed a second version of the towed video system (MOOGLI). This system is constituted of a Plexiglas frame containing the video camera, the altitude sensor (Fig 3a), removable ballast and a tow cable. This system is suitable for any ship type.



*Figure 3. a) Video camera frame. b) Acquisition station.*

A surface state control (Fig. 3b) composed of a mini PC is linked to the system through RS232 communication during the acquisition. A software (“Videonav”) automatically records data transmitted by the sensors with a video time code. Each line is recorded in a table format which allows future processing using standard tools.

The standard sensors composing this system are: a GPS for the YY position, two single beam echo sounders for the water depth under the ship and the towed system. Two other sensors can be added: “VideoNav” is configurable depending on the type of surveys and is provided for in situ comments and/or other field data measurements. Depending on the survey protocol, the MOOGLI system can realise cartography on a linear trajectory but also some visual punctual verification in order to calibrate acoustic methods. During the cartography of the Arcachon Basin, the MOOGLI device has been used in various locations in order to validate the results of DIVA method operated by SEMANTIC TS.

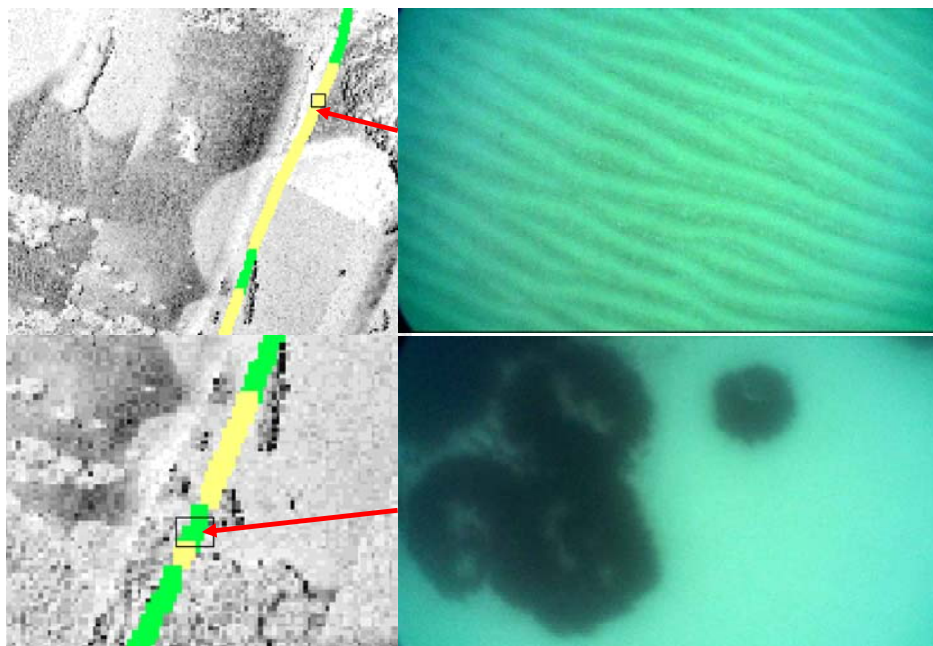
### 2.3 IFREMER’ side scan sonar

The side scan sonar deployed by IFREMER is an EdgeTech DF1000. It is a dual frequency sonar 100 and 380 kHz. The transverse main lobe aperture is 50° and the longitudinal main lobe aperture depends on the used frequency: 1.2° at 100 kHz and 0.5° at 380 kHz. For security reasons (towed system) this system is generally deployed in area with a depth greater than 10 meters. So, the accuracy of the side scan sonar information is strongly linked to the depth, the cable length and the trajectory of the side scan sonar. The uncertainty can be estimated at 10 m for a 30 meter depth. The ping rate is 1 to 5 Hz, the towed speed is 5 knots and the swath is 100 to 200 m depending on the frequency. It allows a linear survey distance of 70 km per day.

### 3. Combined results on Posidonia Meadows

#### 3.1 DIVA / MOBIDIC

The data acquired by the echo sounder have been processed with the acoustic method DIVA. SEMANTIC TS and IFREMER jointly analyzed the results of this experimentation in order to define the performances of acoustic imagery on homogeneous and discontinuous seabed. Images from Fig. 4 show two extracts of the video corresponding to typical seabed types and surveyed both by acoustic methods (DIVA and side scan sonar). The data accuracy demonstrates the coherence of the results produced with the three methods (video camera, side scan sonar and DIVA). Sea trials have shown efficiency of a fixed video system for a better record of video in shallow water (less than 10 meters) due to a better data positioning and faster acquisition.



*Figure 4.*

*Left: Side Scan Sonar Mosaic & DIVA results (Yellow/ Sand - Green/Posidonia)*

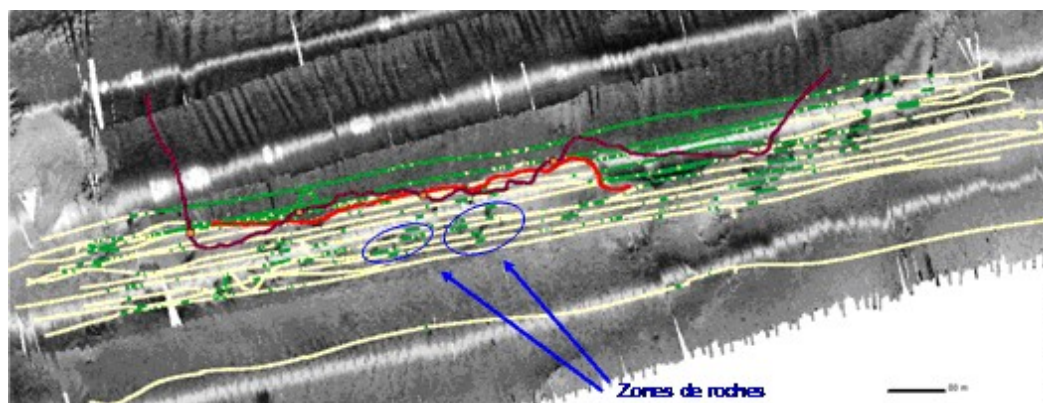
*Right: MOBIDIC data sample*

*Up: Coarse sand wave. Down: Inhomogeneous Posidonia on fine sand*

#### 3.2 DIVA / Side Scan Sonar

DIVA method results are presented on Fig. 5 (side scan sonar mosaic of the EdgeTech DF1000 in the eastern part of “Rocher du Lion” near Saint Raphael).





*Figure 5. DIVA method results (Yellow/ Sand - Green/Posidonia) compared to diving data with GIB positioning (red) and towed videosystem (burgundy) with boundaries position reported in orange.*

Data collected during several dives by the Italian team ENEA (INTERREG IIIB / POSIDONIA, web site) are positioned by the GIB system. These data are reported in red on the previous picture. Those collected by the towed video system of the IFREMER are marked in burgundy with observed boundaries between seafloor types reported in orange colour. It can be seen that the inferior boundaries derived from DIVA data is very consistent with the three others. Consequently, it demonstrates the efficiency of boundary determination using DIVA method in case of alternation of dense Posidonia meadows and sand. The DIVA method is capable of a correct discrimination between sand and Posidonia, pattern which corresponds to more than 80% of the studied cases, thus solving the problematic Posidonia detection on coastal plain. Under this limit, DIVA method finds some inhomogeneous Posidonia; however, side scan mosaic analysis has shown the presence of isolated rocks in this specific area. This difficulty of separately classifying rocks and Posidonia in DIVA method is currently under development and could be solved soon. For example, it appears that a principle based on the signal length affords to discern signals backscattered from rock from those backscattered from Posidonia as shown in figure 6.

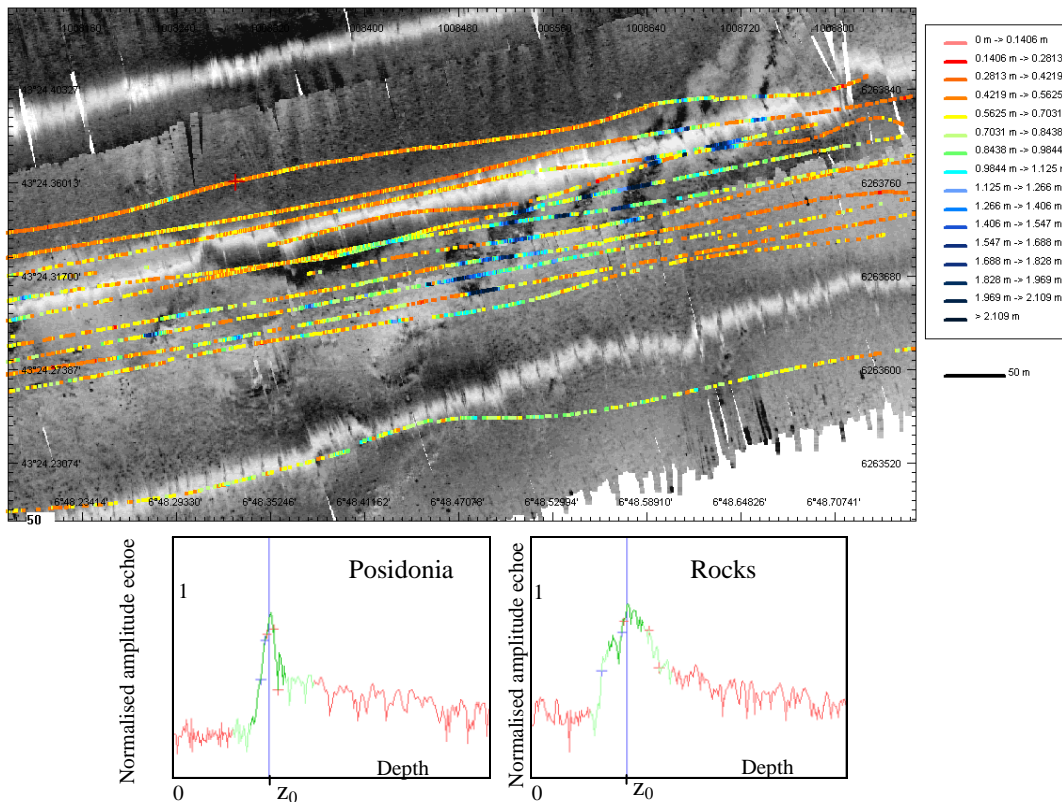


Figure 6. Up: Backscattered signal length (in m).  
Down: Comparison between signal length in two different seafloor types.

Figure 7 illustrates DIVA method results in the “baie d’Agay” above the side scan sonar mosaic of the EdgeTech DF1000; it gives rise to the excellent coherence between the different methods.

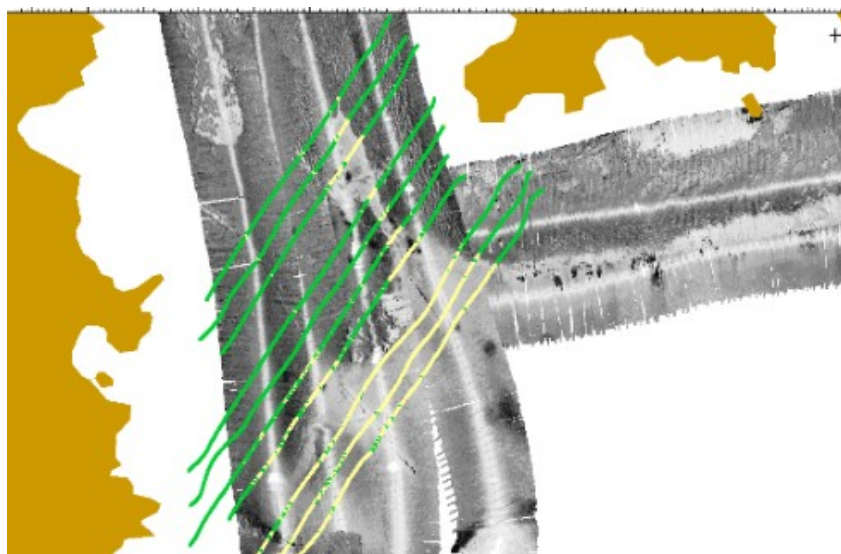
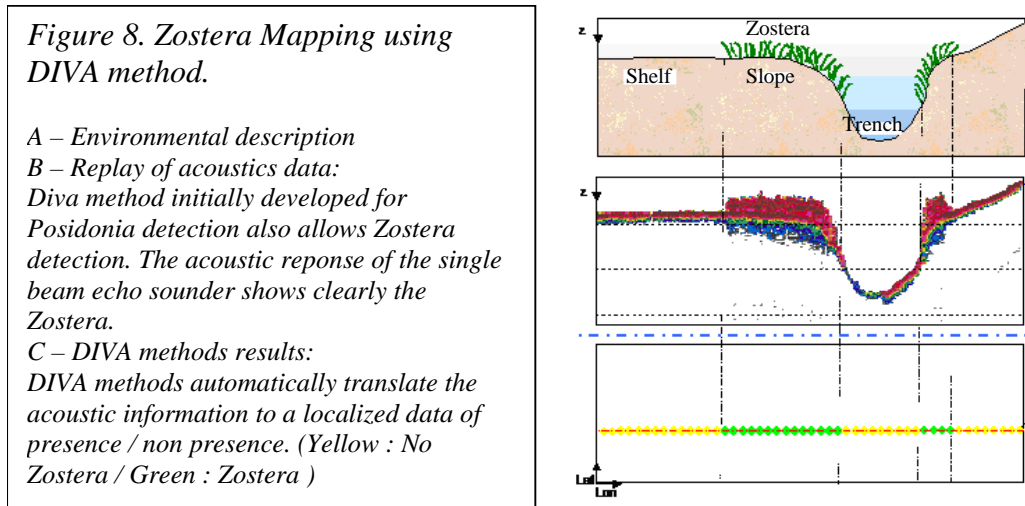


Figure 7. DIVA method results (Yellow/ Sand - Green/Posidonia) compared with side scan mosaic in the baie d’Agay (Saint Raphaël).

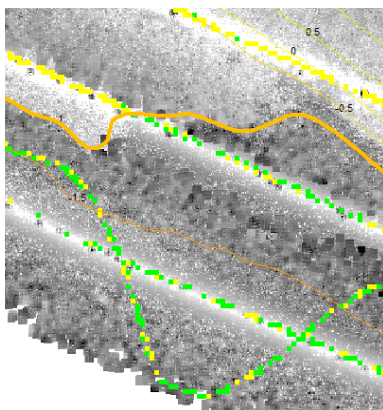
#### 4. DIVA method results in *Zostera* detection

Figure 8 shows the application of DIVA method on *Zostera* meadows in the “Bassin d’Arcachon”.



As shown in figure 8, the acoustic response of *Zostera* is very characteristic in presence of this type of vegetation.

*Zostera* is located on the trench edges and strictly up to a certain depth. As a result, the bathymetry knowledge (through isobaths calculation) gives the inferior boundary in *Zostera* area, as shown in figure 9.



*Figure 9. Side Scan mosaic extract compiled with other sensors :*

- side scan data (grey level) ;
- DIVA method (yellow: sand - green : *Zostera*).
- In orange the -1m isobath.

*Changes in the side scan grey level, DIVA method results correspond to a boundary related with bathymetry.*

Data analysis from side scan sonar does not always make out a systematic acoustic signature for the *Zostera*. This can be interpreted by three different ways:

- *Zostera* is moving by current action and does not present a static behaviour like *Posidonia* where the mosaicing pattern can be different during high tide and low tide.

- *Zostera* is located on the edge of the trench' shelf: side scan sonar contrast results either from bathymetry or vegetation.
- Finally, due to tides, the incident angle of acoustic ray varies with survey time.

The DIVA method initially developed for *Posidonia* characterisation is also efficient for *Zostera* localisation and cartography. However, due to the use of a single beam echosounder, it's a low coverage method. Bathymetry knowledge of the survey area is a real advantage because it allows an easier delimitation by fusion with DIVA data (link between *Zostera* presence and area depth). Simultaneous measurement using DIVA method should increase the performance of multi sensors fusion method. We can also recommend to implement 3 to 5 DIVA sensors on a pole, perpendicularly to the ship's course.

## 5. Conclusions

Figure 10 sums up the main methods used for coastal marine vegetation mapping. It demonstrates that the systems deployed by the IFREMER and SEMANTIC TS are complementary (NOEL *et al.*, 2008).

The DIVA method, developed by SEMANTIC TS, leads to various accurate data, in complement with those recorded from the towed video system which can be considered as "field truth". It also allows a rapid mapping of the vegetation in coastal plain; it can cover about 100 km of linear survey per day and can be use to realize a very efficient zeroing of surface images. The main inconvenience is the difficulty of finding discriminant parameters when rock and vegetation are both present in the survey area. It can be noticed that DIVA method also gives excellent results in kelp mapping (NOEL *et al.*, 2009). In addition, considering its high accuracy in data positioning (error less than 1 meter), DIVA method can easily be used to appraise the time-evolution of the various species of coastal marine vegetation.

Further more, due to its rapid capacity of deployment and data collecting, the DIVA method can be considered as a low cost mapping method when used on its own. The effective surface covered is narrow but can easily detect and define boundaries of coastal marine vegetation pattern by multiplying the survey lines. It also allows localized intervention in case of doubt. In this way, the DIVA method can be a substitute for more accurate but slower methods (such as diving or towed video system) or less accurate but faster methods (such as side scan sonar).

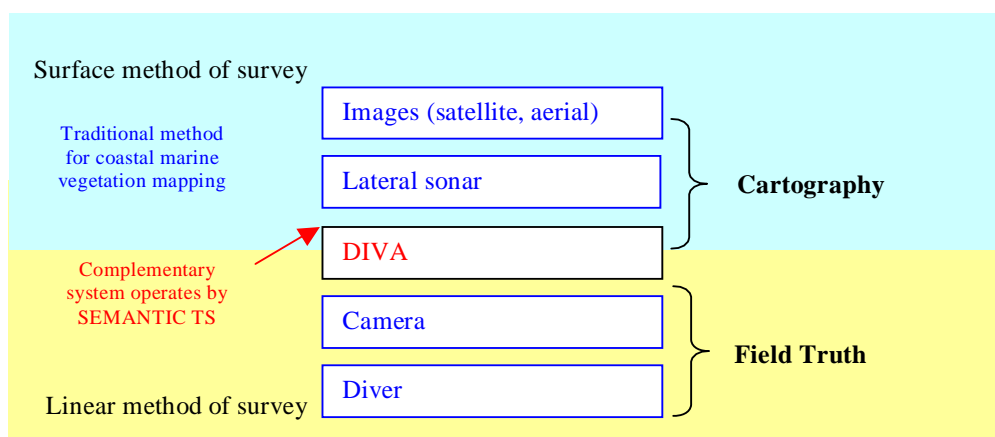


Figure 10. Positioning DIVA and traditional method for vegetation mapping.

The IFREMER methods (aerial pictures, satellite pictures and side scan sonar) allow to cover a large surface and are essential for a large-scale coastal vegetation mapping. Complementary method such as diving, towed video or DIVA should be used to validate data depending on the needs.

### Acknowledgements

Authors would like to thank the European Union, the “Agences de l’Eau Rhône Méditerranée & Corse et Adour Garonne” and also “Région PACA” which have financially supported these works.

### 6. References

- GUYOMARD P. (1994). Cartographie de données sédimentologiques acquises au large de Tréport. Rapport EPSHOM.
- INTERREG IIIB / POSIDONIA (web site). <http://www.ifremer.fr/posidonia>. Rapports téléchargeables édités par KANTIN R., 2005.
- LURTON X. (2002). An introduction to underwater acoustics: principles and applications. Edition Springer – ISBN 3-540-42967-0, 2002.
- NOEL C., VIALA C., LEHN E., JAUFFRET C. (2005). Développement d’une méthode acoustique de détection des herbiers de posidonies. Colloque : Sciences et technologies marines du futur - Un enjeu pour la Méditerranée. Marseille Hotel de Région – 19-20 mai 2005.
- NOEL C., VIALA C., COQUET M., HERVE G., EMERY E., SAUZADE D., KANTIN R., COUDRAY S. (2008). Harmonisation de méthodes de cartographie des végétations sous-marines. X<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil. pp. 585-594. Available online [URL [http://www.paralia.fr/jngcgc/10\\_56\\_noel.pdf](http://www.paralia.fr/jngcgc/10_56_noel.pdf)]



- NOEL C., VIALA C., COQUET M., MARCHETTI S., EMERY E., KANTIN R., TRUT G., DALLOYAU S., PLUS M. (2009). Cartographie de l'herbier à zostera marina du bassin d'Arcachon par fusion multi-capteurs. Colloque CARHAMB'AR. Brest 3-5 février 2009. Document available online [URL <http://www.carhambar.org/content/download/41657/325809/file/NOEL.pdf>]
- SHOM (1997). Fiche de synthèse opérationnelle thématique, les sédiments marins. Documentation opérationnelle, 732BXOM, EPSHOM.
- VIALA C., NOEL C., ZERR B. (2006). Acoustic characterization of underwater vegetations. Colloque Caractérisation du Milieu Marin, Brest 16-19 octobre 2006.
- VIALA C., NOEL C., COQUET M., ZERR B., LELONG P., BONNEFONT J.L. (2007). Pertinence de la méthode DIVA pour l'interprétation des mosaïques sonar latéral. 3rd Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. Marseille, mars 2007.
- VIALA C., NOEL C., COQUET M., ZERR B., PERROT T. (2008). Acoustic data fusion devoted to underwater vegetation mapping. ECUA/SFA Paris, juin-juillet 2008.