

## **PERTINENCE DE LA METHODE DIVA POUR L'INTERPRETATION DES MOSAIQUES SONAR LATERAL**

Christophe VIALA<sup>1</sup> - Claire NOEL<sup>1</sup> - Michel COQUET<sup>1</sup> - Benoît ZERR<sup>2</sup>  
Patrick LELONG<sup>3</sup> - Jean-Luc BONNEFONT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SEMANTIC-TS - 39 Ch Buge - 83110 SANARY – France - E-mail : contact@semantic-ts.fr

<sup>2</sup>DGA/GESMA - Groupe d'Etudes Sous Marines de l'Atlantique BP 42 - 29240 BREST Naval

<sup>3</sup>IOPR - Institut Océanographique Paul Ricard - Ile des Embiez - 83140 Six-Fours - France

### **I. Résumé**

*Cet article présente les travaux de recherche réalisés par la société SEMANTIC-TS en collaboration avec le GESMA et l'IOPR dans le cadre de la détection acoustique des herbiers de posidonies. La méthode de reconnaissance acoustique des fonds marins DIVA (Détection & Inspection Verticale Acoustique) mise au point par la société SEMANTIC TS est brièvement exposée. Cette méthode exploite la forme du signal acoustique de sondeur mono faisceau pour en déduire des informations sur la couverture du fond. On présente ensuite les résultats de l'application de cette méthode sur une zone pilote pour laquelle la vérité terrain est précisément investiguée. Dans le même temps un levé au sonar latéral de haute résolution est effectué sur la zone. L'analyse de la mosaïque sonar met en évidence des zones géographiques pour lesquelles l'interprétation est ambiguë. Les informations complémentaires apportées par la méthode DIVA sont qualifiées et on montre comment elles permettent de lever les ambiguïtés d'interprétation.*

### **II. Mots clefs**

Cartographie, Acoustique sous-marine, Classification, Sonar latéral, Echosondeur

### **III. Introduction**

Les travaux présentés ici s'inscrivent dans le cadre d'un projet d'étude plus global (NOEL C, VIALA C, ZERR B (2006)) concernant la mise au point d'une méthode opérationnelle de cartographie de la couverture des petits fonds marins, et tout particulièrement des champs de végétations sous-marines de type herbier de posidonies en Méditerranée, ou de crépidules ou laminaires en Atlantique, par fusion multi-capteurs. Ce projet est issu du constat, par SEMANTIC TS et le GESMA d'un besoin commun de cartographie de la couverture du fond marin, aussi bien dans des applications civiles que militaires car l'herbier dissimule la présence des mines. Après la mise au point d'une méthode monofaisceau ayant pour but de déterminer la nature de la couverture en incidence normale, des données de sonar latéral sont exploitées pour cerner les zones de couverture homogène. Enfin, la fusion de ces données doit permettre de générer les cartographies de façon plus précise et plus aisée c'est-à-dire en diminuant les besoins en vérité terrain (plongeur, caméra).

Cet article présente, sur une zone connue et proposée par l'Institut Océanographique Paul Ricard (IOPR), les premiers résultats de la fusion de données sonar et méthode monofaisceau DIVA.

### **IV. Moyens et méthodes**

Les méthodes et moyens suivants sont mis en œuvre à partir du navire instrumenté « Semantic » dédié à la reconnaissance des fonds marins :

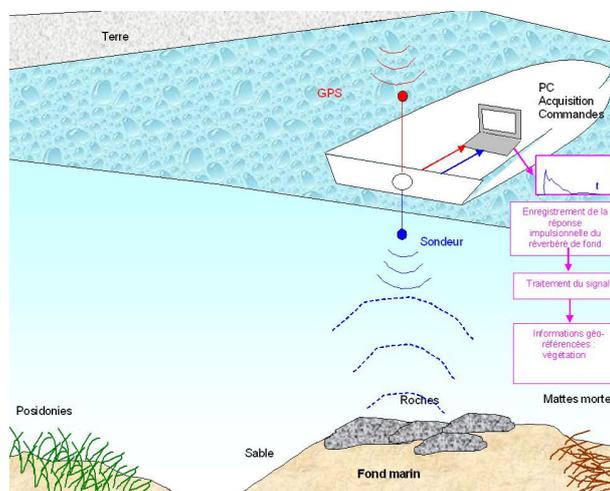
- Sonar Klein 5000 du GESMA: sonar latéral multivoies haute résolution, de fréquence 455 kHz, de résolution 20 cm à 75 mètres et de portée max 150 mètres.
- Sondeur monofaisceau Simrad ES60 grande précision (sondeur scientifique)
- D-GPS différentiel RTK LEICA GX1230 centimétrique: Une base et un récepteur
- Station d'acquisition et de traitement des données. Centrale de navigation
- Plongeurs professionnels. Caméra vidéo fixée sous la coque et/ou tractée par le navire

- Méthode DIVA de reconnaissance acoustique des fonds marins (Détection & Inspection Verticale Acoustique)

Le principe de la méthode de reconnaissance acoustique des fonds marins DIVA développée par SEMANTIC TS est le suivant (Fig. 1) : 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 le sondeur.

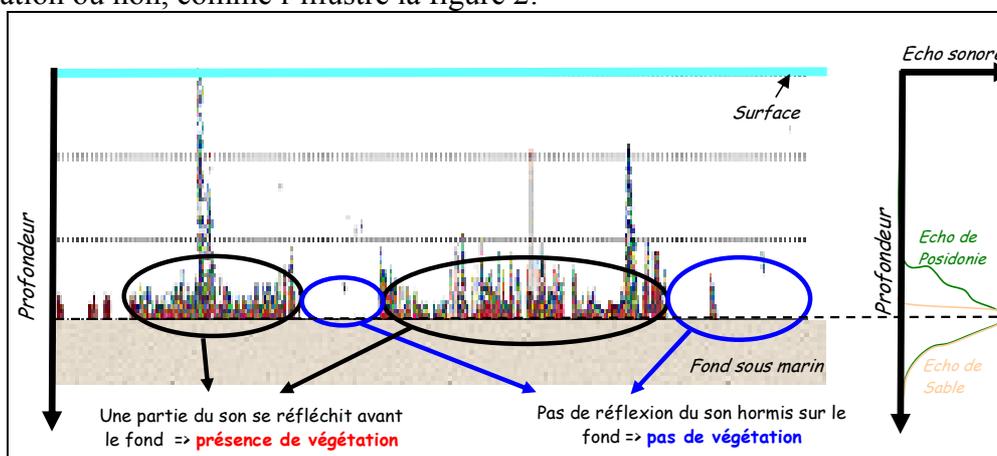
Le système analyse et traite la réponse impulsionnelle et en déduit les caractéristiques de la végétation fixée sur le fond sous-marin



**Fig. 1 : Principe de la méthode DIVA**

Le PC traite les informations et, à une latitude et une longitude, il associe les informations caractéristiques de la végétation. La première étape consiste à extraire du signal reçu par le sondeur le premier écho du fond. Une méthode d'analyse discriminante permet ensuite d'affecter à cet écho une classe de biocénose préexistante (par exemple : sable, posidonie, ...). Cette affectation se fait par l'intermédiaire de fonctions discriminantes calculées à partir de fichiers d'apprentissage pour chacune des classes définies (phase d'apprentissage). Enfin, le résultat de la classification de l'écho est associé à la latitude et la longitude fournies par le GPS, ce qui en assure le géo-référencement (NOEL -VIALA -LEHN - JAUFFRET (2005)).

Semantic TS dispose sur son navire instrumenté d'un sondeur acoustique monofaisceau qui permet ce type de fonctionnement. Ce sondeur est un sondeur scientifique haut de gamme qui 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). Seule la fréquence d'émission à 200 kHz de ce sondeur a été exploitée. Sur le sondeur utilisé, la réponse acoustique est différente selon que le son se réfléchit sur une zone couverte de végétation ou non, comme l'illustre la figure 2:



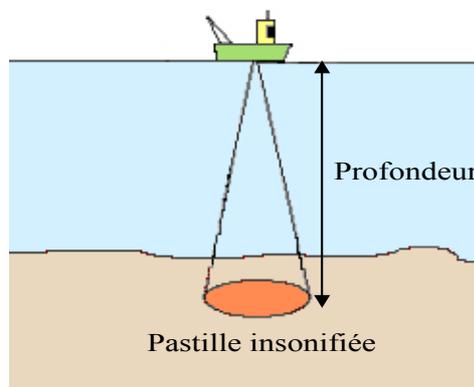
**Fig. 2: Exemple de séquence SIMRAD ES60 - Agrandissement du premier écho fond**

La méthode DIVA exploite ce phénomène pour localiser les herbiers de posidonies. La méthode permet actuellement de bien distinguer les fonds de sable et de posidonies. Elle est à l'étude sur les mattes mortes et les roches.

La précision du GPS est centimétrique en longitude et en latitude.

La précision de la caractérisation de la couverture du fond dépend directement de la profondeur et correspond à la surface insonifiée par le sondeur. Dans le cas du Simrad ES60, l'angle d'ouverture du transducteur étant de 7°, les surfaces insonifiées en fonction de la profondeur sont les suivantes :

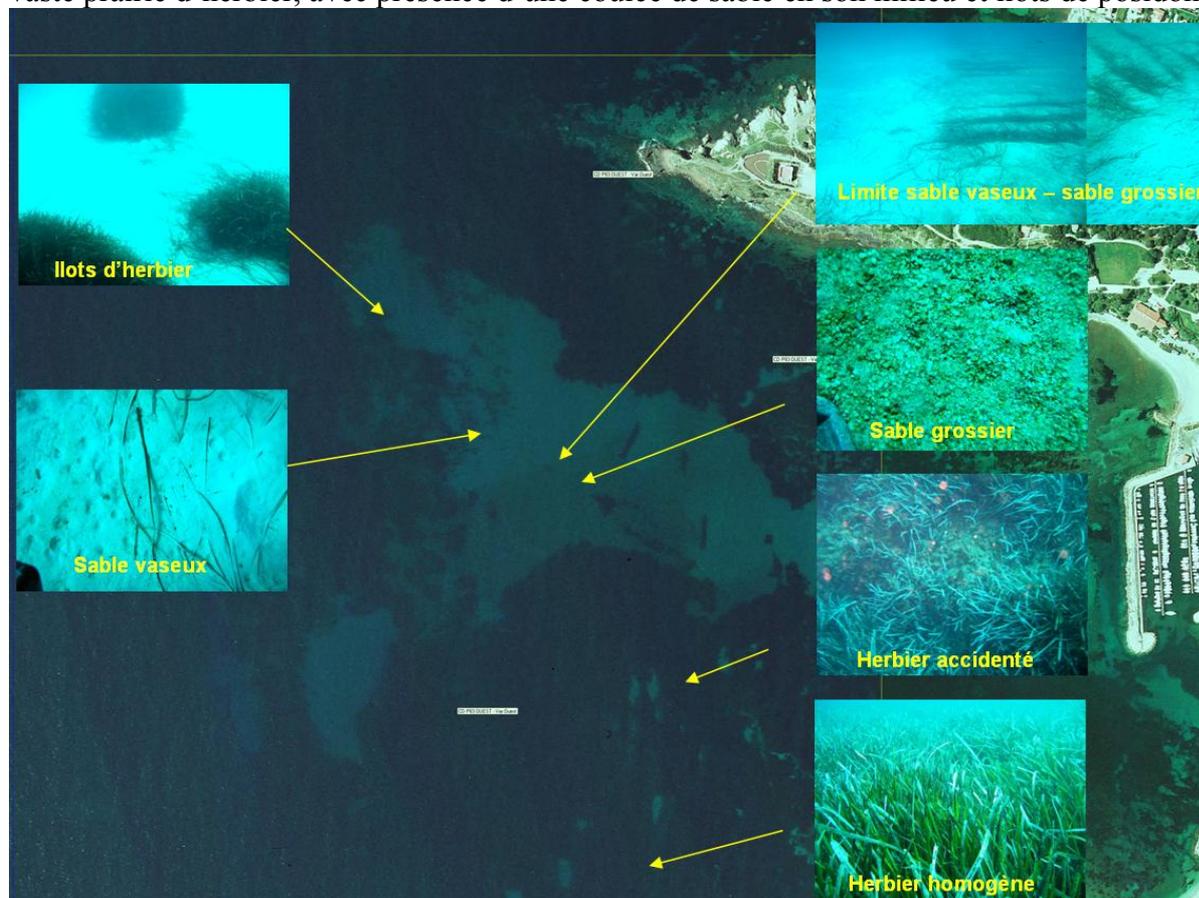
Profondeur (m)	Diamètre de la pastille (m)	Surface insonifiée (m <sup>2</sup> )
5	0,6	0,3
10	1,2	1,2
15	1,8	2,6
20	2,4	4,7
25	3,1	7,3



**Illustration de la surface du fond insonifiée (pastille) par le sondeur à une profondeur donnée.**

## V. Résultats

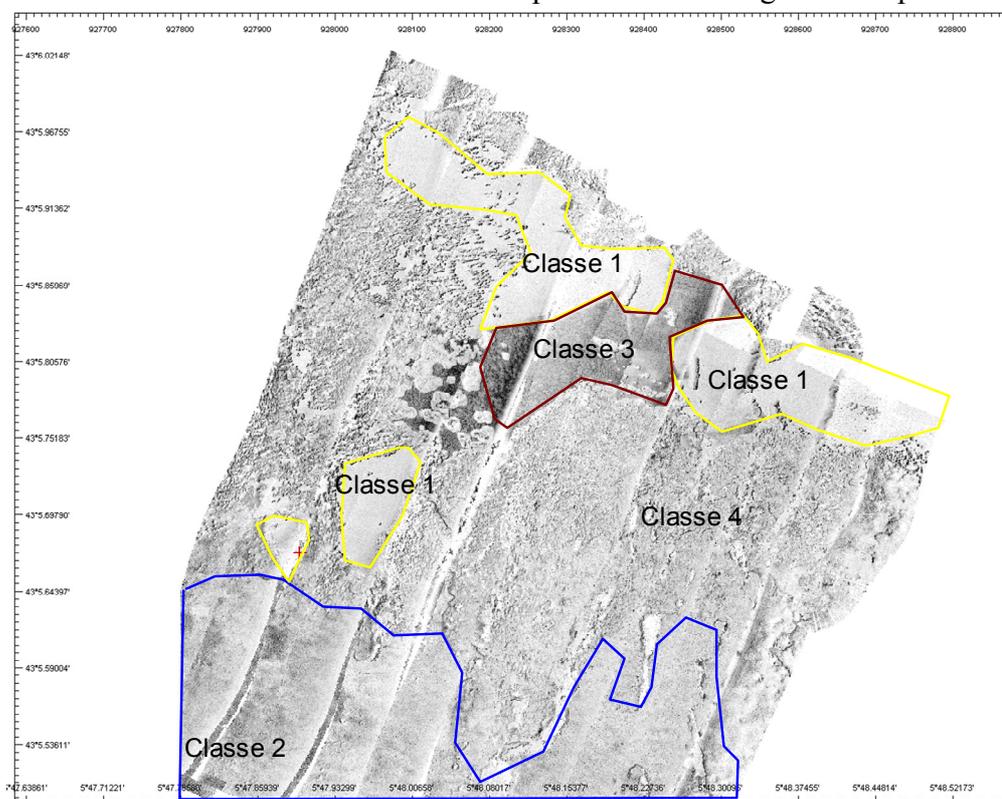
La zone d'étude sur laquelle sont réalisés les essais est une zone située à l'ouest du port de la Coudoulière à Six Fours (var, France). Cette zone, dont la vérité terrain est représentée sur la figure 3, a été désignée par l'IOPR et choisie en raison de la diversité de ses particularités : vaste prairie d'herbier, avec présence d'une coulée de sable en son milieu et îlots de posidonies.



**Fig. 3 : Vérité terrain de la zone de la Vaille : vue aérienne et photos sous-marines**

La zone représente un carré d'environ 1km de côté et sa profondeur moyenne est de 10 m. Semantic a mis en œuvre des plongeurs et une caméra sous-marine fixée sous la coque de son navire. Des photos géo-référencées ont été prises sur l'ensemble de la zone.

Le sonar latéral du GESMA est opéré sur la zone, et la mosaïque sonar obtenue après dépouillement et traitement des données est représentée sur la figure 4 ci-après :



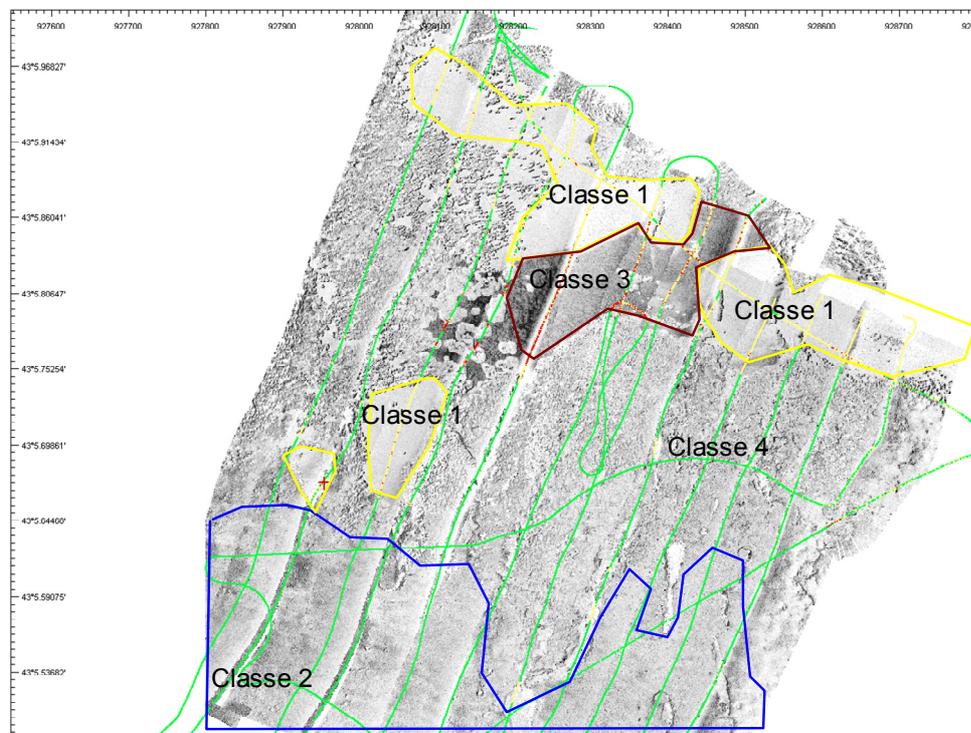
**Fig. 4 : Mosaïque Sonar latéral Klein 5000 - 455 kHz Octobre 2006**

Ce sonar est actuellement un des sonars latéraux les plus résolvents du marché. Tracté à 3 m de profondeur et par mer calme, il permet d'obtenir une mosaïque de grande précision. L'intérêt d'avoir mis en œuvre ce sonar, dans des conditions où ni lui, ni la plateforme de mesure, n'impriment de larges mouvements, est de pouvoir caractériser sur une zone pilote les performances maximales que peut atteindre ce type de système.

Cette mosaïque sonar met en évidence quatre zones géographiques différentes de réponse acoustique homogène. Sans information a priori sur la vérité terrain, l'interprétation qui peut raisonnablement être faite de cette image est la suivante :

- Classe 1        sédiment superficiel de type 1, sable probablement
- Classe 2        sédiment superficiel de type 2, sable mais de grain différent, car le pouvoir réfléchissant est un peu plus fort que pour la classe 1
- Classe 3        sédiment superficiel très réfléchissant acoustiquement, à déterminer
- Classe 4        végétation

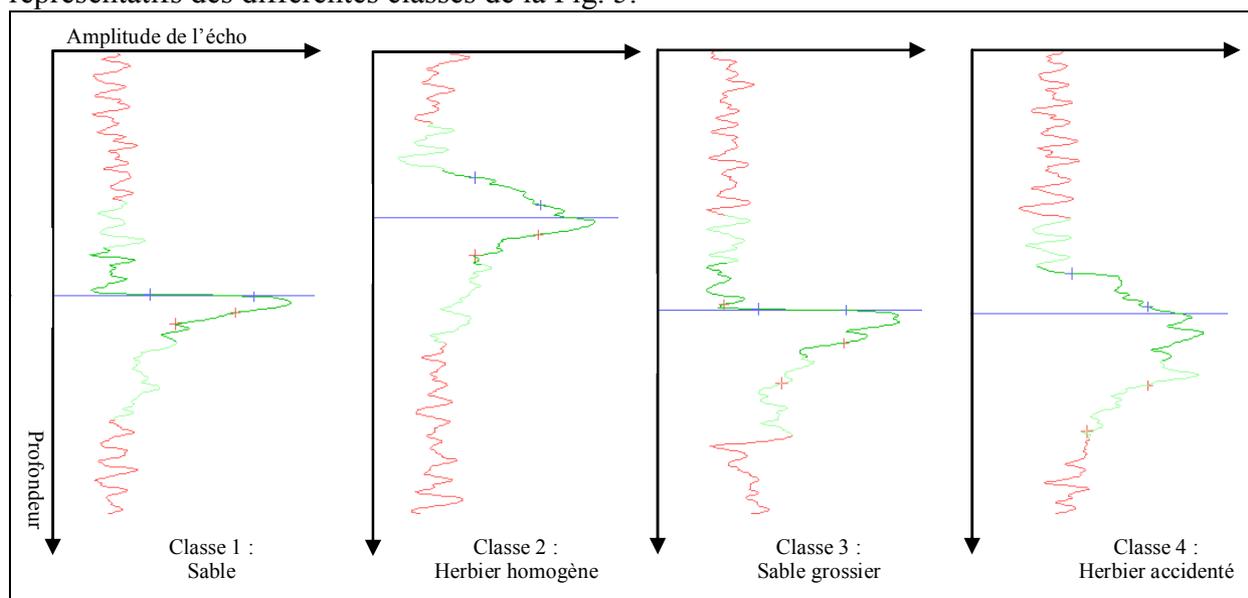
La méthode acoustique DIVA étant mise en œuvre en même temps que le levé sonal, on dispose de données acoustiques au nadir du navire, sur chaque radiale de mesure sonal. Les informations prélevées avec cette méthode acoustique sont représentées ci-après (Fig. 5) en superposition de la mosaïque sonal :



**Fig. 5 : Fusion des données multicapteurs DIVA & Sonar latéral**

**Légende DIVA : Point Vert : Posidonie – Point jaune : Sable – Point Rouge : Sable grossier**

La figure suivante présente quatre "échos" (niveau sonore en fonction de la profondeur) représentatifs des différentes classes de la Fig. 5.



**Fig. 6 : Echos (niveau sonore en fonction de la profondeur) représentatifs des différentes classes**

La méthode DIVA indique du sable pour la classe 1 (en jaune), et de la posidonie pour la classe 4, ce qui est en accord avec l'interprétation a priori de la mosaïque sonal.

Par contre, elle est en contradiction avec une interprétation classique de la mosaïque sonal en concluant que la classe 2 est de la posidonie.

La vérité terrain prouve que la méthode DIVA a raison. Les observations sur le terrain montrent que l'herbier de la zone de la Vaille n'admet pas la même dynamique au nord et au sud de la zone, et ce en raison des activités humaines, plus précisément des rejets liés à l'existence d'une ancienne briqueterie à terre. L'herbier présente dans la partie nord de la zone un relief accidenté avec une bathymétrie fluctuant de +/- 1 m autour du profil moyen du fond. Dans la partie sud de la zone l'herbier est plus homogène et la surface de la canopée est bien plane.

Les changements de la dynamique de l'herbier et de son microrelief associé, engendrent une modification de la rugosité de la canopée et permettent d'expliquer pourquoi, dans la partie nord de la zone, la réponse acoustique au sonal est plus forte que dans la partie sud, bien qu'il s'agisse d'herbier de posidonie dans les deux cas. Ce phénomène introduit une ambiguïté lors de l'interprétation des mosaïques sonals.

Le seul moyen actuel de lever l'ambiguïté étant de disposer de la vérité terrain, la méthode DIVA offre un complément innovant en apportant des informations supplémentaires, nombreuses, précises et bien géo référencées.

La zone de sable grossier a une texture très différente au sonar latéral et ne signe pas trop à l'échosondeur. Notons de plus qu'après une calibration spécifique, la méthode DIVA est capable de mettre en évidence du sable grossier pour la classe 3 (points rouges), apportant aussi un moyen de classification de la nature superficielle des sédiments. Par contre la reproductibilité de cette reconnaissance n'est pas assurée et un étalonnage est nécessaire sur ce type de fond afin de déterminer les paramètres du signal rétrodiffusé par le fond qui permette de l'identifier (LURTON X, POULIQUEN E (1994)).

La figure 7 ci-dessous présente les résultats de l'interprétation de la mosaïque sonar grâce à la méthode DIVA.

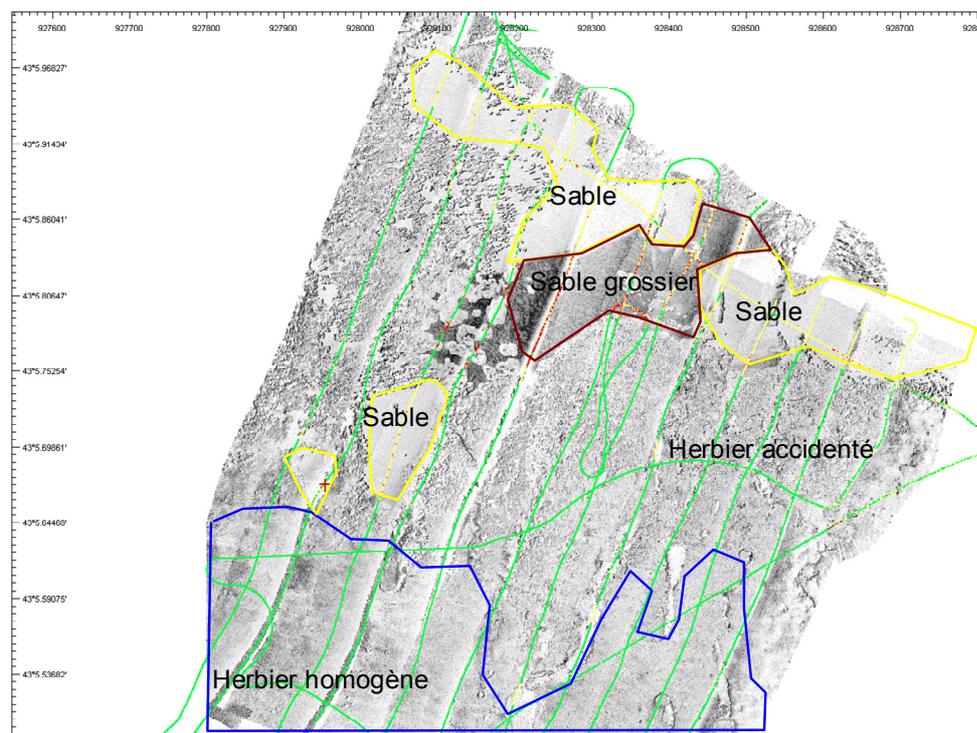


Fig. 7 : Interprétation de la mosaïque grâce à la méthode DIVA

Légende DIVA : Point Vert : Posidonie – Point jaune : Sable – Point Rouge : Sable grossier

## VI. Discussion et/ou conclusions

L'exploration de la zone pilote au sonar latéral très haute résolution montre que les zones d'herbier accidenté et homogène ont une texture très différente au sonar latéral. Sur la mosaïque l'herbier homogène aurait pu facilement être interprété comme un fond sablo-vaseux. La méthode DIVA (Détection & Interprétation Acoustique Verticale) avec échosondeur lève cette ambiguïté facilement.

Ces travaux mettent en évidence que la fusion des données multicapteurs, sonar latéral et méthode échosondeur, apporte une aide précieuse et innovante à l'interprétation, d'autant plus précieuse que la méthode DIVA est opérée simultanément au sonar et ne nécessite pas de sortie en mer supplémentaire.

## **VII. Remerciements**

Les auteurs remercient :

- la D4S/MRIS de la DGA qui soutient actuellement ces travaux au travers du contrat de recherche N° 05.34.011.00.470.75.65
- l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse ainsi que La Région PACA qui ont soutenu financièrement l'étude de faisabilité de développement de la méthode DIVA, et plus spécifiquement la Région PACA pour son aide à l'amélioration du navire de support et de levés en mer.
- ainsi que l'équipe dynamique d'acquisition des données en mer, Sylvain LE GOANVIC, Christophe GENTY, Gilles KERAMPRAN, Bruno LE BRETON du GESMA et Eric BAUER de SEMANTIC TS.

## **VIII. Bibliographie**

- LURTON X, POULIQUEN E (1994) Identification de la nature du fond de la mer à l'aide de signaux d'échosondeurs : I. Modélisation d'échos réverbérés par le fond ». *Acta Acustica vol. 2 p. 113-126, 187-194, 1994.*
- 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, ZERR B (2006) Acoustic characterization of underwater vegetations. *Colloque Caractérisation du Milieu Marin, Brest 16-19 oct 2006.*