



Littoral & Mer

Littoral & Sea

Revue technique professionnelle méditerranéenne semestrielle
Biannual mediterranean professional technical revue

N°2, Janvier 2015
N°2, January 2015

Partagez l'information, l'expérience et le savoir-faire
Share the information, the experience and the know-how



Plage de 'Zlatni Rat' sur l'île de Brač, en Croatie.

©gorjane ž. foto

«Agissons durablement pour conserver l'héritage de nos futures générations.»
«Act sustainably to conserve the legacy of our future generations.»

<http://atim.asso-web.com>



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ : "وَلَقَدْ كَرَّمْنَا بَنِي آدَمَ وَحَمَلْنَاهُمْ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَرَزَقْنَاهُمْ مِنَ الطَّيِّبَاتِ وَفَضَّلْنَاهُمْ عَلَى كَثِيرٍ مِمَّنْ خَلَقْنَا تَفْضِيلًا" - الإسراء_70.



Mot du Président

En ce début du nouvel an 2015, et après l'honorable succès du premier numéro de notre revue technique, professionnelle, méditerranéenne et semestrielle intitulée littoral et mer, c'est avec un immense plaisir que nous partageons avec nos lecteurs, ce deuxième numéro, qui présente un nouveau recueil de papiers techniques multidisciplinaires rédigés par des professionnels du domaine, en vue de dévoiler une partie des ressources propres, des modes de gestion intégrée et des imbrications relatifs à ces espaces fragiles, stratégiques, propices et privilégiés. Aussi, nous invitons ceux qui souhaitent partager des informations capitales, leurs expériences et leur savoir faire avec la communauté littorale et marine en méditerranée à contribuer par des articles dans les prochains numéros.

Un chaleureux remerciement est adressé par le comité directeur de l'A.T.I.M., aux auteurs et aux sponsors.

Nous attendrons impatiemment les observations et recommandations de nos lecteurs pour progresser continuellement.

Ing. MSc. Mehdi BEN HAJ

Meilleurs vœux pour 2015

Littoral et Mer

**Revue technique professionnelle méditerranéenne semestrielle
N°2, Janvier 2015**

Directeur de la publication: ***Mehdi BEN HAJ***

Rédacteur en chef: ***Nizar OUERTANI***

Comité de rédaction: ***Anis LAHOUEL***
 Anis SFAR
 Walid REFAI

Conseillers de rédaction: ***Mohamed Ali BEN TEMESSEK***
 Imen TURKI

Edition: ***Mohamed Makram TRABELSI***
 Naoufel BOUGUERRA
 Lilia TURKI
 Lobna LABIDI

Adminstration & Rédaction

Association Tunisienne de l'Ingénierie Côtière, Portuaire et Maritime (ATIM)

Adresse : 2bis, rue Thalès, Citée la Gazelle, 2083, Ariana, Tunisie

Tél. : +216 25 989 318 / +216 71 763 187

Fax. : +216 71 763 187

Email : tun.coast.net@gmail.com

Web: <http://atim.asso-web.com/>

Facebook : <http://www.facebook.com/atim.tun>

Sommaire

**Aspects à prendre en considération pour l'application
de l'Article 8 du protocole GIZC.....p1**
PAP/RAC.

**Characterization and treatment of dredged sediments
from the port of Oran in for reuse.....p25**
Fatiha KAZI AOUAL – BENSLAFA et al.

**Monitoring des végétations et des fonds sous-marins
par télédétection acoustique et fusion multi-capteurs.....p38**
Claire NOEL et Christophe VIALA.

**La côte orientale de la Tunisie face aux tempêtes :
L'exemple de la tempête de 10-11 mars 2012.....p60**
Fawzi BRAHIM.

MONITORING DES VEGETATIONS ET DES FONDS SOUS-MARINS PAR TELEDETECTION ACOUSTIQUE ET FUSION MULTI-CAPTEURS

Claire NOEL - Christophe VIALA

Docteurs-Ingénieurs Spécialistes en Océanographie Acoustique

SEMANTIC TS. 1142 Ch de St Roch. 8311 SANARY s/Mer. web : <http://semantic-ts.fr>

1. Introduction

SEMANTIC TS, bureau d'études en océanographie acoustique, utilise le son pour inférer et monitorer l'environnement aquatique : colonne d'eau (ressources halieutiques, observation d'espèces, comptage, cartographie ...), végétations (Posidonies, zostères, cymodocées, laminaires ...), fond (topographie, nature, espèces : moules, crépidules ...), sous-sol. Elle développe depuis 2006, au travers de contrats de R&D pour le compte de la DGA/MRIS et de l'Agence de l'eau RMC, une méthode innovante de fusion multi-capteurs, exploitant les données acquises par plusieurs systèmes fonctionnant à différentes fréquences et apportant donc des informations complémentaires sur le milieu marin. En augmentant le nombre (et la nature) des capteurs, l'ensemble des informations collectées permet une meilleure compréhension du milieu exploré. De la même façon, le médecin utilise des systèmes complémentaires d'imagerie médicale pour surveiller le corps humain : scanner, IRM, radiographie...

2. Moyens et méthodes

SEMANTIC TS est capable d'opérer, simultanément ou non, un ou plusieurs appareillages acoustiques. Les moyens suivants sont mis en œuvre :

- Le navire océanographique SEMANTIC, dédié à la reconnaissance des fonds marins et présentant un très faible tirant d'eau
- Le sonar latéral interféromètre GEOSWATH qui permet d'établir l'imagerie sonar latéral en même temps que la bathymétrie multifaisceaux, et/ou un sonar latéral complémentaire à plus haute fréquence, si la profondeur du milieu est supérieure à 20 m.
- La méthode DIVA de Détection & Inspection Verticale Acoustique des végétations sous-marines (mise au point de 2003 à 2005) et la méthode CLASS de CLAssification des Sédiments Marins. Ces méthodes sont des SACLAF (Systèmes Acoustiques de CLAssification des Fonds).

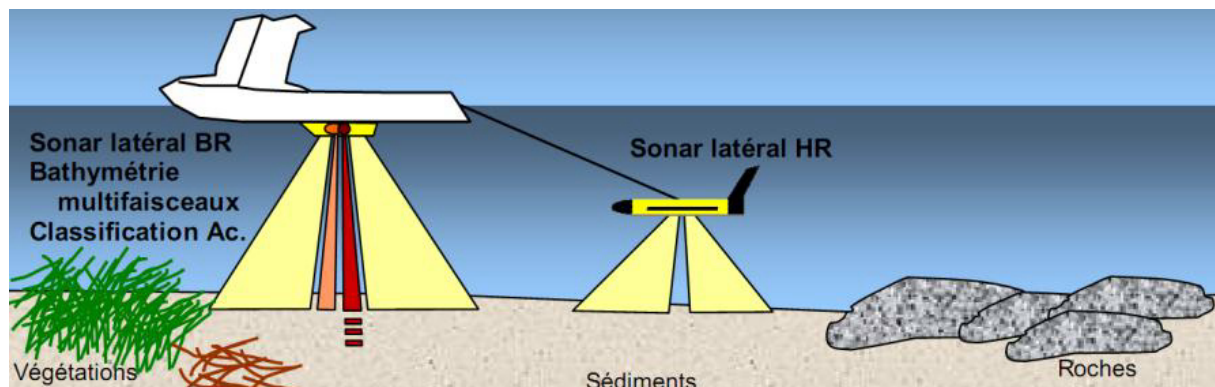


Figure 1 : Principe de la méthode de monitoring des végétations sous-marine par fusion multi-capteurs mise au point par SEMANTIC TS

Pour cartographier et monitorer les végétations marines, on utilise tout d'abord une méthode de type surfacique qui permet d'obtenir une image multi-faisceaux (imagerie sonar latéral) et de contourer sur cette image des zones de réponses acoustiques homogènes. Ces zones sont ensuite «classifiées » à l'aide d'un écho-sondeur. Celui-ci émet du son à la verticale du navire et l'analyse du signal sonore réfléchi par le fond permet d'extraire des caractéristiques du fond qui aident à la classification. Pour cela il est nécessaire de disposer d'un écho-sondeur qui enregistre et restitue le signal réfléchi ; 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 (présence, absence, hauteur de la canopée) ou du sédiment superficiel (sable fin ou grossier, vase, roche...).

SEMANTIC TS réalise ensuite la fusion des informations provenant de différents capteurs, à savoir :

- La **bathymétrie 3D** renseignant sur la **topographie** du fond obtenue en même temps que l'imagerie sonar latéral de coque
- La **micro-rugosité bathymétrique** (extraite de la bathymétrie fine, c'est-à-dire haute résolution) fournissant des informations sur la couverture végétale du fond. En dehors de la précision fournie qui permet d'obtenir la bathymétrie fine, le respect des méthodes d'acquisition (précision de la centrale-GPS + correction des profils de célérité) permet d'obtenir des cartographies de la micro-rugosité du fond. Celle-ci constitue un élément essentiel, car très informatif, de la méthode de fusion multi-capteurs. Elle n'est accessible que si la chaîne des précisions d'acquisition est respectée à l'échelle centimétrique. Elle découle d'un travail de mesure « propre », ne nécessite pas de contrainte en sus de celles du sonar latéral (qui fournit déjà la bathymétrie multi-faisceaux en sus) et n'a pas de coût supplémentaire.
- **L'imagerie sonar latéral**, le niveau de gris renseignant sur la **réflectivité** et donc sur la **nature** de la couverture (végétale ou non) du fond
- **L'information de présence ou d'absence de végétation** fournie par la méthode DIVA et la **nature des fonds sédimentaires** fournie par la méthode CLASS, [CHIVERS et al, 1990]. [NOEL et al, 2005]

Les données en provenance 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. 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

3. Résultats acquis

Les performances de la méthode de fusion multi-capteurs reposent d'une part sur les capacités de détection acoustique et de classification automatisée des végétations par l'écho-sondeur (mono-faisceau) et d'autre part sur l'intérêt de doubler cette approche linéaire par une approche surfacique, effectuée à l'aide d'une imagerie sonar latéral afin de segmenter la zone géographique étudiée. [NOEL et al, 2007] [NOEL et al, 2008]

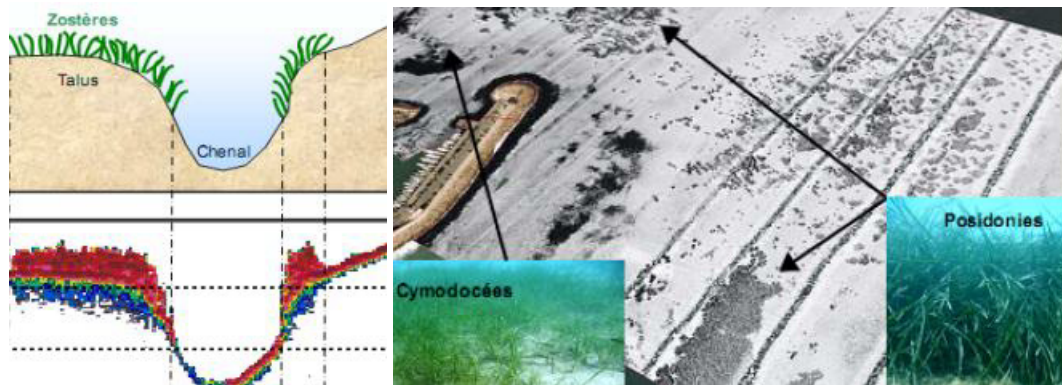


Figure 2 : A gauche : Détection des zostères par sondeur mono-faisceau. A droite : Cartographie des cymodocées et des posidonies à l'aide d'un sonar latéral

La méthode de fusion multi-capteurs permet de fusionner l'ensemble des informations, surfaciques pour le contourage des zones et linéaires pour la classification, comme l'illustre la figure ci-dessous :

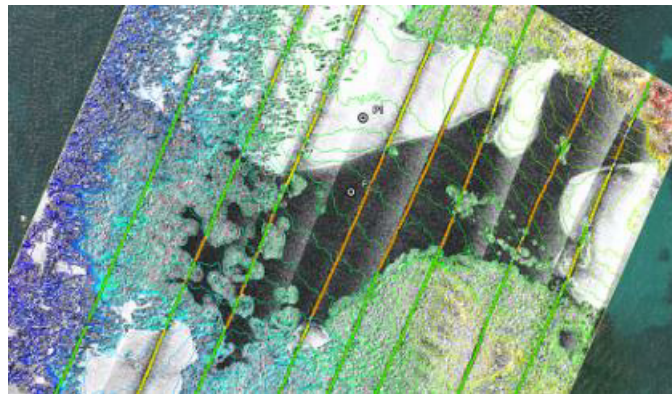







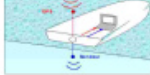
Figure 3 : Résultat de la fusion multi-capteurs : superposition de la topographie du fond (1) et de la micro-rugosité surfacique (2) définissant le contour de l'aire de présence des végétations sous-marines issue du sondeur multi-faisceaux ainsi que la classification (3) issue du traitement des données sondeur mono-faisceau (Vert : végétation – Orange : sable grossier – Jaune : sable fin)

Si la méthode de fusion multi-capteurs a développée initialement pour les posidonies, elle est à présent utilisée en standard et de façon opérationnelle sur différents types de végétations : zostères, cymodocées, laminaires... ainsi que sur différentes espèces colonisant le fond : moules, crépidules ... [VIALA et al, 2009]

La méthode linéaire DIVA de classification des végétations peut être aussi utilisée en méthode surfacique (réalisation d'un quadrillage de levé). Ses plus values sont les suivantes : elle fournit simultanément la bathymétrie, mesure environ 100 km/jour, fonctionne par toute profondeur (à très basse profondeur où les engins remorqués ne peuvent aller, par grands fonds là où il est difficile d'envoyer des plongeurs), elle est opérée simultanément avec d'autres appareillages (sonar, sondeur multi-faisceaux...), fonctionne de jour ou de nuit (indépendamment du courant, de la température ou de la turbidité de l'eau), est mise en œuvre extrêmement simplement (id navigation) (pas de mise à l'eau : ni homme, ni engin), traitement quasi temps-réel qui permet donc de se repositionner rapidement (optimisation des levés), mémorisations des informations : procédé répétitif : utile pour les suivis d'évolution et monitoring, faible coût de mise en œuvre (id navigation).

4. Discussion, limites et perspectives

Les méthodes de cartographie basées sur la télédétection, aérienne ou acoustique, permettent des approches **surfiques**, très **précises** (géo-référencement précis de la donnée), très **résolvantes** (petite taille des pixels des images) et à **grand pouvoir couvrant**. Le développement récent de méthodes instrumentales acoustiques et aériennes légères ainsi que la vulgarisation de l'accès et de la diffusion des images satellitales en permettent l'utilisation à des coûts désormais accessibles au monde civil pour la gestion de territoires aquatiques et marins. [NOEL et al, 2010]

Stratégie globale surfacique : cartographie globale		Tout le secteur		Tous les 10 ans
Méthodes	Illustration	Information globale	Export	Commentaire
Télédétection aérienne		Limite supérieure Recouvrement petit fond	Indice de conservation Évolution de la limite sup.	Peu cher si IGN existant mais petits fonds seulement
Télédétection satellitale		Limite supérieure Recouvrement petit fond	Indice de conservation Évolution de la limite sup.	Id mais problème de reproductibilité
Sonar latéral tracté		Limite supérieure Limite inférieure Recouvrement grand fond	Indice de conservation Évolution des limites	Plus cher que télédétection aérienne Mais valable pour tous fonds A compléter avec images aériennes
Sonar latéral /coque DGPS		Limite supérieure Limite inférieure Recouvrement	Indice de conservation Évolution des limites	Plus cher que télédétection aérienne Mais valable pour tous fonds
Monitoring RTK Fusion multi-capteurs Monitoring RTK HR		Limite supérieure Limite inférieure Recouvrement Bathymétrie Rugosité Sédiment	Indice de conservation Évolution des limites	Plus cher que télédétection aérienne Mais valable pour tous fonds et très précis. Méthode dédiée au suivi (conçue pour)
SACLAF DIVA croisé		Limite supérieure Limite inférieure Recouvrement Bathymétrie Sédiment	Indice de conservation à basse résolution Évolution des limites	Peu coûteux mais maillage lâche

Stratégie globale surfacique : cartographie globale		Tout le secteur		Tous les 10 ans			
Méthodes	Précision (géoref)	Résolution (pixel)	Profondeur	Besoin VT	Couverture	Reproductibilité	Coût
Télédétection aérienne	0.5 m à 1 m	0.2 m à 0.5 m	Fond < 5 à 20 m turbidité		1 km à 5 km ²	Oui si commande spécifique	Achat
			Fonds > 15 m			Non (existant)	
Télédétection satellitale	0.5 m à qq m	0.2 m à qq m	Fonds > 15 m Turbidité		Globe terrestre	Aléatoire	
Sonar latéral tracté	2 m à 15 m	0.15 m à 0.5 m	Fond > 5 m				
Sonar latéral /coque DGPS	1 à 5 m	1 à 2 m					
Monitoring RTK Fusion multi-capteurs Monitoring RTK HR	0.5 à 1 m 0.5 à 5 m	0.5 à 1 m		SACLAF DIVA			
		0.1 à 0.3 m					
SACLAF DIVA croisé	0.5 à 3 m	< 2 m Typ 10 m à 50 m		SACLAF DIVA			

Figure 4 : Méthodes existantes: de Vert : très performant à Rouge : non performant. Extrait de [NOEL et al 2013]

Ces méthodes offrent des perspectives dans le domaine du suivi ou du monitoring du milieu. Présentant des hautes précisions et résolutions et surtout une forte répétitivité, elles permettent d'analyser les évolutions fines du milieu, et de les corrélérer rapidement aux impacts anthropiques, afin d'ajuster de façon réactive et pertinente les actions de gestion aux impacts observés.

SEMANTIC TS remercie la DGA/MRIS et l'Agence de l'eau RMC qui soutiennent ces travaux de monitoring acoustique du milieu marin.

5. Références

[CHIVERS et al, 1990] CHIVERS R.C., EMERSON N. and BURNS D.R. (1990) - New acoustic processing for underway surveying. The Hydrographic Journal n°56, 8-17.

[NOEL et al, 2005] NOEL C., VIALA C., LEHN E., JAUFFRET C., (19-20 Mai 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.

[NOEL et al, 2007] VIALA C., NOEL C., COQUET M., ZERR B., LELONG P., BONNEFONT JL. (March 2007)- Pertinence de la méthode DIVA pour l'interprétation des mosaïques sonar latéral. Third Mediterranean Symposium on Marine Vegetation., Marseille.

[NOEL et al, 2008] NOEL C., VIALA C., COQUET M., ZERR B., PERROT T. (Paris, du 28/06 au 04/07/2008) -Acoustic data fusion devoted to underwater vegetation mapping. ECUA – SFA

[VIALA et al, 2009] VIALA C., NOEL C., COQUET M. ., MARCHETTI S., EMERY E., KANTIN R., TRUT G., DALLOYAU S., PLUS M. Cartographie de l'herbier à zostera marina du bassin d'Arcachon par fusion multi-capteurs. Colloque CARHAMB'AR - Brest, 3-5 février 2009. CARTographie des HABitats Marins Benthiques : de l'Acquisition à la Restitution

[NOEL et al, 2010] NOEL C., VIALA C., COQUET M., MARCHETTI S., BAUER E., EMERY E., SAUZADE D., KANTIN R., COUDRAY S., TRUT G. Comparison of coastal marine vegetation mapping method. Paralia éditions – 2010

[NOEL et al, 2013] NOEL C., BOISSERY P., RAIMONDINO V., QUELIN N., Analyse comparée des méthodes de surveillance de l'herbier de posidonies. Cahier technique du gestionnaire. Colloque IMPAC3 Marseille 21-24 Octobre 2013. Téléchargeable au format pdf sur le site de CARTOCEAN : <http://cartocean.fr/>