

ÉTUDE THÉMATIQUE DES SIMULATIONS SPOT 1980 et 1982:
LES PEUPELEMENTS VÉGÉTAUX MARINS IMMERGÉS

T. Belsher (1), A. Meinesz (2) et M. Viollier (3)

- (1) Antenne IFREMER, Station Marine de Roscoff, France
- (2) Groupe de Recherches Marines, laboratoire de Biologie et d'Écologie Marines, Université de Nice, France
- (3) CNRS, Station Marine de Roscoff et service IFREMER, Applications de la Téledétection, Centre de Brest, France.

APERÇU BIOGRAPHIQUE

T. Belsher, Docteur 3ème cycle Océanologie, Antenne IFREMER, Station Biologique, Roscoff (France).

Travaux phytosociologiques, tant en Méditerranée que sur le littoral Manche-Atlantique avec développement, en particulier, d'une méthodologie de prélèvement, qualitative et quantitative des peuplements de végétaux marins, à la faveur de problèmes de pollutions existantes ou à venir. Orientation, à partir de 1978, vers la téledétection des végétaux marins par voie aérienne, puis par voie satellitaire. Initiation, en 1982, de campagnes de spectroradiométrie de terrain SPECTER (CNES); étude thématique de simulations SPOT.

Responsable du programme national coordonné "Sargasse" incluant le suivi, par téledétection de la progression de l'algue japonaise Sargassum muticum (Yendo) Fensholt.

A. Meinesz, Docteur ès Sciences - Maître Assistant Université de Nice (France) - Président du groupe de travail "Cartographie des biocénoses marines" au Comité de Recherche et de Développement de l'IGN.

Spécialiste de la cartographie de l'herbier de Posidonia oceanica;
Spécialiste des Caulerpaies (Chlorophytes).

M. Viollier, Docteur ès Sciences - Ingénieur CNRS - Station Biologique de Roscoff et Service IFREMER "Applications de la Téledétection, Brest (France).

Spécialiste de la radiométrie, de la mesure de la turbidité atmosphérique et des algorithmes d'interprétation.

Responsable des campagnes de spectroradiométrie de terrain HRS.

RÉSUMÉ

Le traitement des images du secteur marin de Santa Giulia (Côtes orientales de Corse, France, simulation SPOT 1980) à l'aide du logiciel GIPSY et des éléments de vérité terrain, permet une première interprétation de l'occupation des fonds jusqu'à une profondeur de -15 m. Parmi les biocénoses benthiques cartographiables de Méditerranée, les principales formations végétales, constituées par des herbiers à Phanérogames et des algues photophiles sur substrat rocheux, peuvent être distinguées des faciès sableux dépourvus de végétation. La dégradation de la signature spectrale du sable en fonction de la profondeur permet de constituer la carte bathymétrique précise des petits fonds.

Pour le domaine marin de Roscoff (Finistère Nord, France), un catalogue de signatures spectrales est en cours de constitution (spectroradiomètre HRS Vermande, CNES) afin d'établir les algorithmes de traitement des images HRV de SPOT les plus adaptés à l'inventaire qualitatif et quantitatif des végétaux marins de ce secteur.

ABSTRACT

Image processing of the Santa Giulia coastal area (East coast of Corsica, France, SPOT simulation 1980) using the GIPSY software and supported by ground truth, gives a primary interpretation of the bottom characteristics down to a depth of 15 meters. Among the biocenosis benthos mapped in the Mediterranean, the principal vegetal formations constituted by communities of spermatophytes and photophil algae on substratum can be distinguished from sanded facies without vegetation. A precise bathymetric map of shallow tidal areas is generated by the degradation of the signature of sands with water depth. As th the marine domain of Roscoff (France), a spectral catalogue is in preparation. It will be used to generate algorithms for image processing (HRV- SPOT) best suited to marine vegetal inventory (quality and quantity).

Introduction

Afin d'analyser les simulations SPOT concernant le domaine marin et préparer ainsi l'exploitation de l'imagerie réelle de ce satellite, un logiciel (GIPSY, G. Belbéoch) et une méthode (SOLE, L. Loubersac) ont été développés au laboratoire de traitement d'images du Centre IFREMER de Brest.

Les principaux résultats déjà obtenus concernent notamment les secteurs littoraux, découverts par la marée, du Cotentin Ouest et du Finistère Nord, où les peuplements phytobenthiques ont été mis en évidence en fonction de leur densité et de leur spécificité (Belsher et Viollier, 1984).

Une approche est tentée sur les secteurs immergés de Roscoff (Finistère Nord, simulation 1982) et les Golfes de Porto Vecchio et de Santa Giulia (Corse orientate, simulation 1980).

Matériel et méthodes

Pour le secteur de Santa Giulia, l'exploration sous-marine a été effectuée en juillet 1984. Une dizaine de plongées et d'explorations en année ont permis de reconnaître et d'identifier les principales biocénoses cartographiques présentes, dont la liste exhaustive pour la Méditerranée a été dressée (Meinesz et al., 1983).

Une photographie aérienne de l'Institut Géographique Nationale (IGN; n° 71-4255-4256/300/23) prise dans les conditions nécessaires à une bonne pénétration à travers l'eau (critères optimaux définis par Lefevre et al., 1984) s'ajoute aux données de la simulation SPOT.

Une composition colorée est créée à partir des images brutes des canaux XS1, XS2 et XS3 (mode multispectral de résolution 20 m) de cette simulation (fig. 1). La terre est ensuite éliminée par seuillage, à

Simulations SPOT et végétaux marins

l'aide du canal XS3: l'eau absorbant le proche infra-rouge, l'histogramme de l'image XS3 présente 2 modes dont l'un correspond au domaine terrestre. Sur la nouvelle composition obtenue, un rehaussement de contraste par égalisation des histogrammes correspondants (fig. 2) puis une analyse en composantes principales, sur le domaine aquatique, sont effectués (fig. 3).

Pour le secteur immergé de Roscoff, une démarche similaire est en cours à laquelle s'ajoute la constitution d'un catalogue de signatures spectrales.

Résultats

Secteur de Santa Giulia

L'examen de la photographie aérienne permet de décrire le site.

Le Golfe de Santa Giulia a la forme d'un carré ouvert vers l'Est à la pleine mer. Il est limité:

- vers l'Ouest, par un cordon littoral de 1 km de longueur. Cette dune de sable isole de la mer une lagune peu profonde qui communique avec le Golfe par un étroit chenal situé à l'extrémité Sud du cordon.
- vers le Nord et vers le Sud, par un littoral rocheux d'environ 1 km de longueur de chaque côté. Quelques plages de sable se rencontrent sur la face septentrionale.

Le fond du Golfe présente une faible pente régulière orientée Ouest-Est. Les sondes bathymétriques figurées sur la carte du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (Carte n° 4783 au 1/35 680e) indiquent une profondeur inférieure à -12 m entre les extrémités du littoral rocheux qui délimitent le Golfe.

Les données recueillies en plongée permettent de définir les principales entités biologiques et sédimentaires.

Devant le cordon littoral et la plage de sable, sur 250 m de large s'étendent des petits fonds sableux dépourvus de végétation, jusqu'à une profondeur de -2 m.

Au-delà, apparaissent les premières touffes de la phanérogame marine Posidonia oceanica (Linné) Delile.

Entre -2 m et -5 m, l'herbier se développe surtout autour de roches éparses au centre du Golfe, mais qui couvrent les petits fonds sur une bande de 10 à 20 m le long de la face Sud et en partie de la face Nord. Certains affleurements rocheux constituent des îlots émergés. La partie immergée de la roche est couverte par la biocénose des algues photophiles constituée essentiellement par des Pheophyceae de l'ordre des Dictyotales et des Fucales (Dictyotales: Padina, Dictyota, Dilophus, Dictyopteris, Fucales: Cystoseira stricta).

Dans la partie centrale du Golfe, une multitude de touffes irrégulières de Posidonies se développent sur le sable. Deux larges bandes parallèles orientées Ouest-Est à la surface d'intermattes, où la proportion de sable est nettement supérieure à celle des touffes de Posidonie, sont nettement délimitées.

Enfin, vers la sortie du Golfe et en-dessous de la profondeur de -10 m, l'herbier devient plus dense et régulier mais présente toujours de nombreuses intermattes de sables.

Le traitement de l'imagerie issue de la simulation SPOT apporte, en plus de la cartographie précise des principales entités décrites, deux types d'indications, l'une bathymétrique, l'autre biocénotique (Fig. 3).

Les différentes réponses spectrales données par le sable immergé sous une hauteur variable d'eau permettent de délimiter des isobathes sur les petits fonds essentiellement. Ainsi les pixels bleu foncé correspondent à du sable situé entre 0 et 50 cm de profondeur et les pixels bleu clair à du sable situé entre -5 et -10 m. Cinq teintes de bleu entre le bleu foncé et le bleu clair permettent de déterminer les isobathes intermédiaires (l'utilisation d'images traitées pour l'évaluation de la bathymétrie a d'ailleurs déjà été effectuée en d'autres lieux: Pirazzoli, 1982, etc...).

De même, les herbiers de Posidonie donnent une réponse spectrale différente selon leur profondeur (teinte jaune à jaune orangé entre -2 et -5 m et rouge orangé à rouge entre -5 m et -15 m).

Comme l'herbier de Posidonie est, dans le Golfe de Santa Giulia, composé d'une mosaïque de touffes plus ou moins éparées sur du sable fin, sa limite supérieure n'apparaît pas franche car chaque pixel intègre la surface de sable et la surface d'herbier. Ainsi obtient-on le plus souvent un mélange des teintes bleues (sable) avec les rouges orangés (herbier) qui correspondent parfaitement aux proportions herbier/sable observées sur place.

Les difficultés d'interprétation tiennent surtout au fait qu'il existe deux gradients dans les deux principales teintes correspondant au sable et aux Posidonies.

Le premier est proportionnel à la profondeur, le second est relatif à la proportion sable et Posidonie dans le pixel. De ce fait, un herbier relativement dense avec peu de sable par petit fonds (-2, -3 m) donne un pixel de couleur vert foncé (mélange de bleu foncé qui domine la couleur jaune orangé). Cette même couleur (vert foncé) correspond à une large intermatte de sable avec peu d'herbier situé entre -10 et -15 m (mélange de rouge foncé qui domine le bleu clair du sable profond).

Ainsi, convient-il d'analyser l'image par bandes correspondant chacune à une tranche bathymétrique de faible amplitude. Quant à la teinte violette, elle correspond à la roche superficielle immergée couverte par la biocénose des algues photophiles.

Secteur de Roscoff

L'obtention de la vérité de terrain par plongée et campagne de photographie automatique sous-marine est programmée.

Parmi les signatures spectrales déjà obtenues grâce au spectroradiomètre de terrain HRS conçu par Vermande (CNES), l'analyse de celle caractérisant un peuplement à *Fucus serratus* et *Fucus vesiculosus*, d'abord immergé, s'avère particulièrement intéressante (fig. 4). La réflectance dans la partie visible du spectre est pratiquement nulle, ce qui n'est pas le cas pour les fonds durs avoisinants dépourvus de végétation, permettant

Simulations SPOT et végétaux marins

ainsi une meilleure différenciation. Au fur et à mesure de l'émersion de ce peuplement, l'atténuation de la signature spectrale par l'eau diminue et la réponse dans le proche infra-rouge apparaît.

Conclusion

Cette première application du traitement d'images issues de la simulation SPOT aux biocénoses superficielles de l'étage infralittoral de Méditerranée laisse espérer une cartographie plus aisée des petits fonds que par les moyens conventionnels (Meinesz *et al.*, 1981). La méthode mise au point permet, pour des eaux très claires, d'une part de délimiter les principales biocénoses, d'autre part de préciser les données bathymétriques. Celle-ci ne s'applique pour l'instant qu'à la partie supérieure de l'étage infralittoral.

Parmi les biocénoses ainsi cartographiables, il est possible d'ores et déjà d'affirmer que la limite supérieure de l'herbier de Posidonie et la densité de celui-ci pourront être déterminées lorsqu'il se situe sur un fond de sable, entre 0 et -10 m, ce qui est le cas le plus fréquent.

La répartition de telles images, rendue possible par les potentialités du satellite, permettra de déceler les fluctuations de la limite et de la densité de l'herbier. Il en sera de même pour les mouvements de sédiments situés à très faible profondeur (entre 0 et -5 m). Ces deux applications ont une très grande importance pour la surveillance du littoral Méditerranéen où les Posidonies sont à la fois la principale des biocénoses benthiques littorales et la plus menacée et où l'aménagement du littoral et des fleuves côtiers ont provoqué des déficits sédimentaires qui menacent de nombreuses plages du littoral.

En ce qui concerne le littoral Manche-Atlantique, où l'extraction de l'information végétale est rendue plus difficile par les particularités des eaux (agitation, turbidité ...), l'obtention d'un catalogue de signatures spectrales va s'avérer particulièrement précieuse pour assurer l'interprétation de l'imagerie.

De manière générale, le programme d'acquisition de signatures spectrales conduira à une interprétation de l'imagerie basée sur des modèles physiques, et par là même, permettra de généraliser les résultats obtenus.

Bibliographie

- Lefevre, J.R. *et al.*, 1984 (sous presse). Optimisation de la technique de la photographie aérienne pour la cartographie des herbiers à Posidonies. 1st Workshop on Posidonia Beds, Porquerolles (France).
- Meinesz, A. *et al.*, 1981. Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de Phanérogames marines - leur application sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie et milieu*, 31 (1): 27-34.
- Meinesz, A. *et al.*, 1983. Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des Biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. Océanogr.*, 59 (2): 155-172.
- Pirazzoli, P.A., 1982. Télédétection en milieu récifal - Utilisation d'une image landsat pour évaluer la bathymétrie dans l'atoll de Rangiroa (Polynésie française) *Océanis*, 8 (4): 297-308.



Figure 1.

Simulations SPOT et végétaux marins

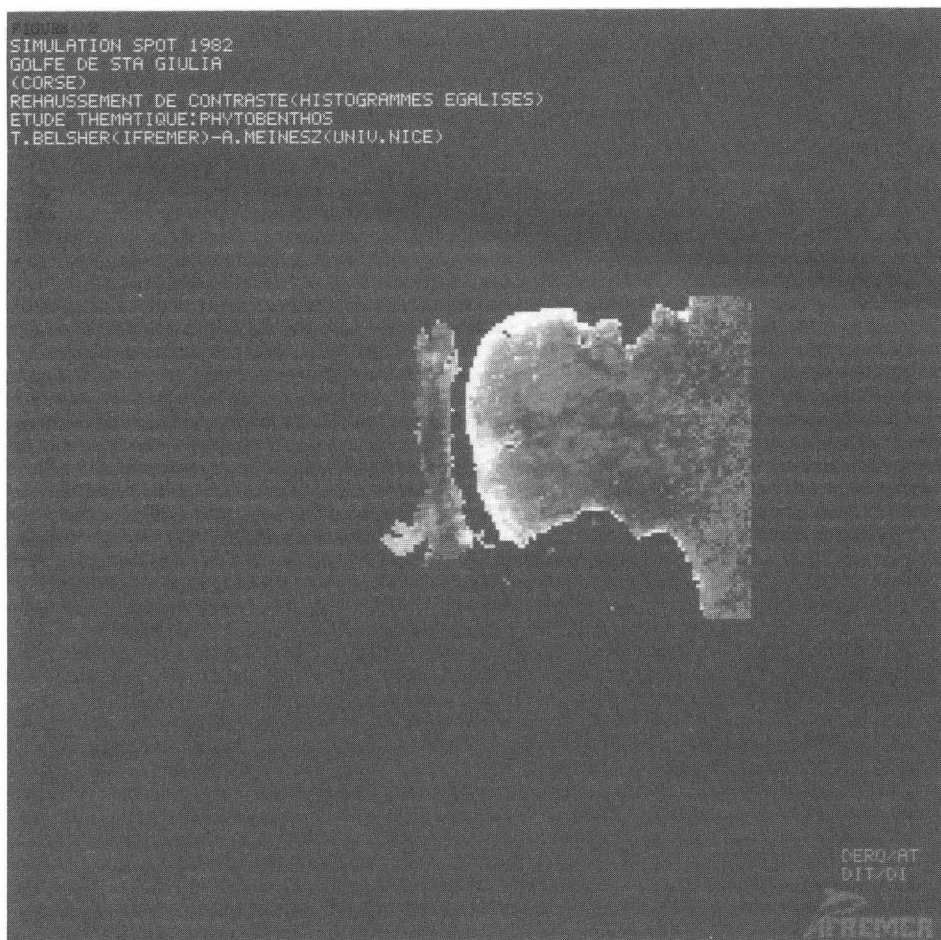


Figure 2.

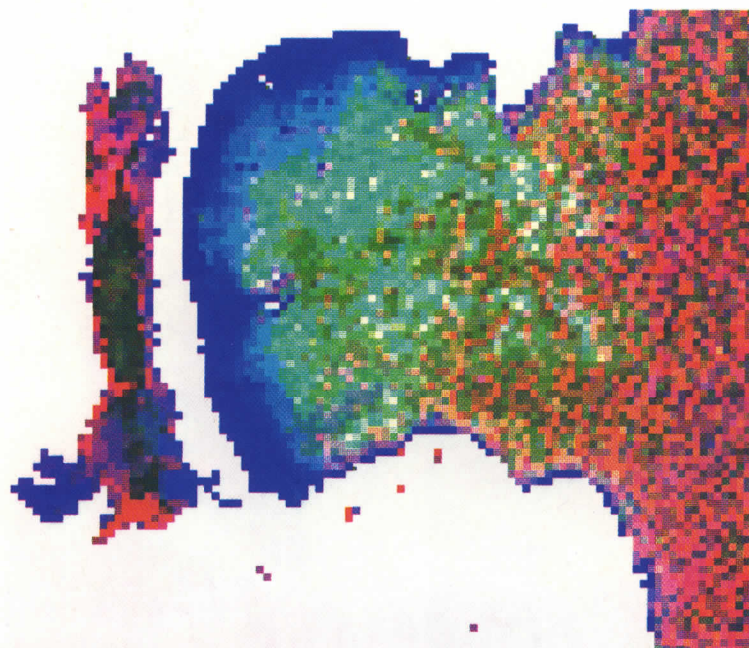
GOLFE DE SANTA GIULIA

PHYTOBENTHOS

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES-REHAUSSEMENT DE CONTRASTE

ETUDE THEMATIQUE:T.BELSHER<IFREMER>-A.MEINESZ<UNIV.NICE>

-  SABLE (0 - 0,5M)
-  SABLE (-5 - 10M)
-  ALGUES PHOTOPHILES SUPERFICIELLES
-  POSIDONIA OCEANICA (-2 -5M)
-  POSIDONIA OCEANICA (-5 -15M)



0 0.5 KM

DERO/EL
DERO/AT
DIT/DI



Figure 3.

Simulations SPOT et végétaux marins

Figure 4.

SIGVEGMAR 84

CATALOGUE DE REFLECTANCE

Cible : Mélange Fucus serratus et Fucus vesiculosus.

Date : 16 octobre 1984

Fichier : sigem

Commentaire :

de 1 à 5 : Emerision des algues pendant la descente de marée.

1: hauteur d'eau = 1,40 m.

très faible réflectance sur tout le spectre

2: hauteur d'eau approximative = 0,40 m.

le plateau du Proche IR commence à apparaître

3: début d'émerision

4,5,6: émerision et assèchement

