

Algues
Fluctuations
Télédétection
Signatures spectrales

Seaweeds
Fluctuations
Remote sensing
Spectroradiometric records

Télédétection et variations du phytobenthos intertidal

T. Belsher ^a, L. Loubersac ^b, G. Belbeoch ^b

^a Antenne CNEXO (Centre National pour l'Exploitation des Océans), Station Biologique, 29211 Roscoff, France.

^b CNEXO, Centre Océanologique de Bretagne, B.P. 337, 29273 Brest Cedex, France.

RÉSUMÉ

L'amplitude des variations naturelles des peuplements algaux appartenant au phytobenthos demeure encore mal connue. Aussi, un suivi méthodique et rationnel sur une séquence temporelle de durée raisonnable, est-il nécessaire pour en donner une véritable idée.

Par télédétection, avec utilisation d'émulsions photographiques telles le Vericolor type S et l'Ektachrome infrarouge de Kodak, la cartographie de la couverture algale intertidale a été levée pour plusieurs secteurs de grande étendue.

L'analyse densitométrique des documents aériens, alliée à des données acquises sur le terrain, a permis de quantifier l'importance de la couverture algale intertidale.

La répétition de ce type d'analyses et de mesures, aux moments les plus marquants du cycle des peuplements concernés, a offert la possibilité de cerner, d'une année sur l'autre, l'ampleur des fluctuations.

L'avenir réside dans l'acquisition d'une cartographie des populations végétales concernées, de façon automatique et répétitive, qui rendra possible le contrôle et la gestion, à grande échelle, du milieu marin intertidal.

Il passe donc par un système de télédétection par satellite suffisamment précis, tel SPOT. La stratégie d'étude correspondante, comprend de plus l'acquisition de signatures spectrales, tant par voie terrestre qu'aérienne, et leur injection dans les données actuelles de simulation.

Oceanol. Acta, 1983. Actes 17^e Symposium Européen de Biologie Marine, Brest, 27 septembre-1^{er} octobre 1982, 11-14.

ABSTRACT

Remote sensing and fluctuations of intertidal seaweeds

Densitometric analyses and airborne infrared photographs obtained from year to year, together with field observations, were employed to quantify the extent of fluctuations in the previously identified algal populations on various sites. Besides, spectroradiometric records of similar algal populations were also obtained. This study confirms the possibility to collect automatic and repetitive data with SPOT, satellite that will permit a control and management of intertidal seaweeds at a very large scale.

Oceanol. Acta, 1983. Proceedings 17th European Marine Biology Symposium, Brest, France, 27 September-1 October, 1982, 11-14.

INTRODUCTION

Aussi étonnant que cela puisse paraître, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de données précises, suffisamment étalées dans l'espace et dans le temps, pour évaluer les

ressources potentielles représentées par les algues benthiques de la zone intertidale des côtes de la Manche et de l'Atlantique.

Et pourtant, certaines espèces ont un intérêt économique (*Chondrus crispus*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus*

serratus), et sont exploitées sans connaissance autre qu'empirique de l'emplacement des populations, du stock disponible et de ses fluctuations au cours des années.

Par ailleurs, les algues benthiques intègrent à longueur d'année toute une série de caractéristiques, en particulier celles de la masse d'eau qui les baigne, et constituent donc des bio-indicateurs de pollutions existantes ou éventuelles. Encore faut-il parvenir à faire la part des variations dues à des facteurs naturels face à celles que causent les pollutions accidentelles ou chroniques. Aussi, la valeur d'un état de référence, la gestion et l'aménagement d'un site, et somme toute la connaissance et la compréhension de l'écosystème littoral passent-ils par l'acquisition de données qualitatives et quantitatives de façon répétitive, qui seront traduites au mieux par une cartographie évolutive.

Comment établir cette cartographie aux plus basses mers, sur la plus grande longueur de côte possible ?

Une étude préliminaire d'impact demandée par Électricité de France sur le milieu marin concerné par le « panache thermique » de la future centrale thermique nucléaire de Penly, nous amène concrètement à répondre à ces questions et à essayer de résoudre les problèmes posés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Acquisition des données

Une stratégie d'échantillonnage (aire minimale de prélèvement) est développée et appliquée aux plus basses mers, aux principaux peuplements de la zone intertidale concernée. Elle permet d'acquérir, dans le minimum de temps, le maximum d'informations (nombre d'espèces, espèces dominantes, recouvrement, coefficient de reproduction, biomasse, ...) et ainsi de « renseigner » la couverture photographique aérienne effectuée simultanément aux prélèvements (Belsher, 1980).

Traitement des données

Des analyses classiques de similitude et d'inertie font apparaître des regroupements de relevés dont l'homogénéité est testée. Par la suite, compte tenu de cette homogénéité, il est possible de généraliser les informations obtenues d'un secteur de références à une plus grande étendue.

Cartographie qualitative

Les végétaux chlorophylliens fonctionnels, et en particulier les algues benthiques, si elles ne sont pas immergées, signent du fait d'une importante réflexion dans le proche infra-rouge, les émulsions sensibles à cette partie du spectre (Vadas, Manzer, 1972). Ces signatures sont fonction, non seulement de la vitalité et de la densité, mais aussi, dans une certaine mesure de la spécificité (Belsher, 1982).

L'interprétation, les généralisations des enseignements issus d'une zone de référence, sélectionnée pour sa

diversité spécifique, et finalement la cartographie qualitative, sont rendues possibles avec une grande précision pour l'ensemble du secteur intertidal. Par ailleurs, les émulsions couleurs, apportent, par comparaison, des informations complémentaires.

La couverture aérienne de la zone intertidale concernée est effectuée en utilisant les émulsions Vericolor 2 type S et Ektachrome Infrared de Kodack.

Cartographie quantitative

Le passage du qualitatif au quantitatif nécessite l'acquisition d'une donnée essentielle : la mesure des superficies occupées par les divers peuplements identifiés et déjà caractérisés, dans la zone de référence, grâce aux prélèvements, par des biomasses moyennes. Un traitement analogique par densitométrie optique, de l'information fournie par le document photographique, a été effectué par J. Rudelle sur le système A.R.I.S.T.I.D.E. de l'Université de Picardie (Rudelle, 1981).

Éclairé par transparence ou par réflexion, le document photographique est analysé par une caméra vidéo. L'image est décomposée en classes progressives de gris. A chaque gris est affectée une couleur. Après transposition en dix couleurs, l'image est restituée sur écran (Rudelle, Demarcq, 1978).

Le pupitre de commande de l'analyseur couleur permet de sélectionner la couleur correspondant au peuplement désiré dont un intégrateur fournit la surface. Ici, le peuplement à ulvales couvre 9 192 m² et celui à fucales 13 965 m².

Grâce aux prélèvements, il est possible de faire correspondre à chaque couleur, une biomasse moyenne. Ainsi, alliée au dépouillement des prélèvements, l'analyse densitométrique permet-elle d'arriver à une évaluation de stock.

RÉSULTATS

Évaluation de stock et fluctuations

Un passage aérien similaire au premier a lieu un an après. La méthodologie utilisée est la même pour l'ensemble du secteur à étudier ; les stocks disponibles, en 1979, étaient pour le peuplement à ulvales de 14,2 t, et pour celui à fucales de 303,9 t. En 1980, les ulvales atteignaient 102,1 t, les fucales passaient à 70,3 t.

La répétition de ce type de mesure, aux moments les plus judicieux et les plus marquants du cycle des peuplements concernés permet donc de chiffrer, d'une période (été-hiver) ou d'une année sur l'autre, l'ampleur des fluctuations de la couverture algale intertidale et par la même du stock. Mais l'ampleur même de ces fluctuations conduit à l'acquisition de données à intervalles plus rapprochés et pendant une période temporelle de longueur raisonnable. Il faut alors envisager un système de télédétection à haut pouvoir de résolution, précis, facile à interroger, de façon à assurer un suivi méthodique conduisant finalement à une cartographie évolutive de la couverture algale intertidale.

L'avenir réside donc dans le système probatoire d'observation de la terre, ou satellite SPOT, dont le lancement est prévu pour 1984. Celui-ci possède les qualités requises pour l'établissement d'une cartographie répétitive de façon automatique et en particulier :

- observations dans plusieurs bandes spectrales du spectre visible et dans le proche infra-rouge, avec une résolution au sol de l'ordre de 20 m, dans 3 bandes et de 10 m dans la bande panchromatique ;
- possibilité de visées latérales, permettant l'observation d'une région avec une forte répétitivité, rendant possible le suivi de phénomènes localisés à évolution relativement rapide.

La filière radiométrique qui sera utilisée par ce satellite a été testée sur le terrain, avec le spectroradiomètre du Département OTC/IO du Centre National d'Études Spatiales (CNES) (M. L. Villa, P. Moreau, D. Blondelle). Les populations algales ont, suivant les espèces constitutives dominantes, des signatures spectrales caractéristiques, significativement différentes (fig. 1 et fig. 2).

Cette filière radiométrique a également été testée au cours de campagnes aériennes de simulation SPOT, menées par le CNES et le GDTA. Un logiciel d'analyse et de traitement numérique d'images (GIPSY) développé au Centre Océanologique de Bretagne, permet aisément et rapidement tout type de manipulation d'images numériques (Belbeoch, 1982).

Nous en donnons ici 2 exemples :

- Pointe St Gildas (au sud de l'estuaire de la Loire). Après élimination automatique de l'eau et de la terre, l'exploitation de l'information sur les 3 canaux du mode multispectral permet, par création d'une composite couleur (canal XS1, en bleu ; canal XS2 en vert, XS3 en rouge) la différenciation, sur la zone intertidale, des principaux faciès (fig. 3).

De plus, l'image numérisée, et c'est là l'un de ses grands avantages par rapport à un support traditionnel

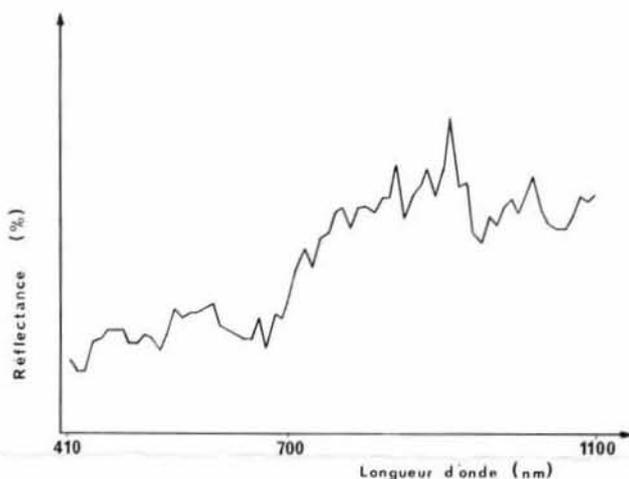


Figure 1
Signature spectrale d'un peuplement à *Fucus vesiculosus* et *Fucus serratus*.
Spectroradiometric record of *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus*.

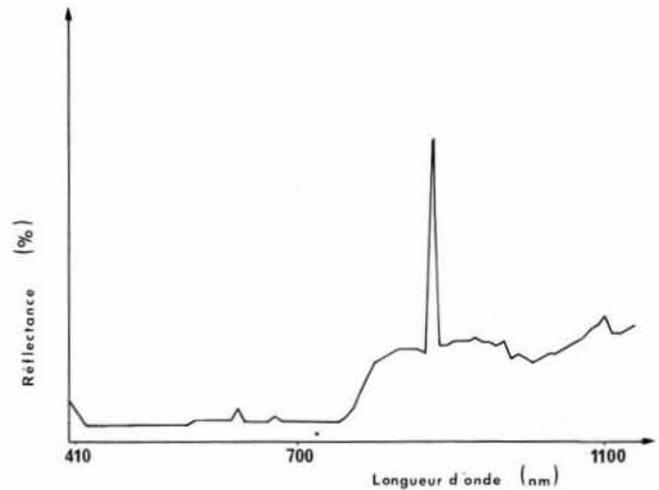


Figure 2
Signature spectrale d'une population d'*Ascophyllum nodosum*.
Spectroradiometric record of *Ascophyllum nodosum*.

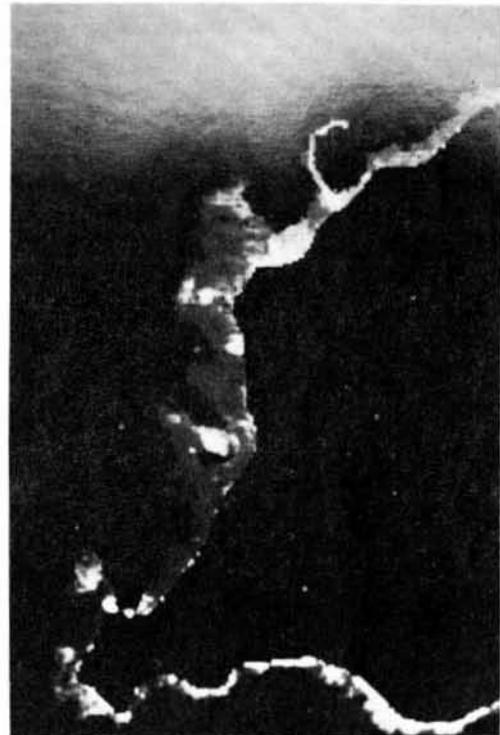


Figure 3
Pointe St Gildas. Différenciation des principaux faciès : en blanc : faciès rocheux, en bleu : faciès sableux, en rouge : algues benthiques fonctionnelles (L. Loubersac et G. Belbeoch).
White : rocks ; blue : sands ; red : functional benthics' seaweeds (L. Loubersac and G. Belbeoch).

tel l'émulsion photographique peut être aisément manipulée par l'informatique.

- Une corrélation significative peut ainsi être mise en évidence entre la densité des espèces végétales et le rapport arithmétique du canal XS3 sur le canal XS2. Une interprétation qualitative et quantitative est alors possible (fig. 4).

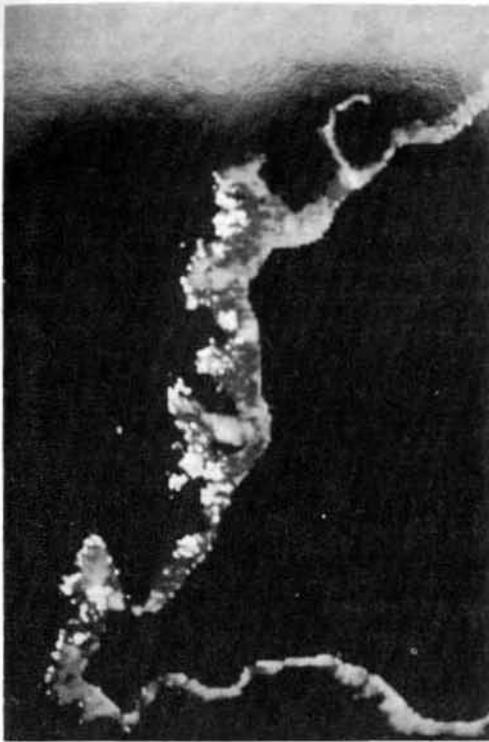


Figure 4

Pointe St Gildas. Interprétation qualitative et quantitative : en jaune : peuplement de faible densité à *Fucus vesiculosus* ; en rose : peuplement de densité moyenne à *Fucus serratus* ; en rouge : peuplement de forte densité à *Ascophyllum nodosum* (L. Loubersac et G. Belbeoch).

Qualitative and quantitative analysis : yellow : *Fucus vesiculosus* (low density) ; pink : *Fucus serratus* (medium density) ; red : *Ascophyllum nodosum* (high density) (L. Loubersac and G. Belbeoch).

CONCLUSION

Ces résultats montrent que :

- 1) Il sera possible, grâce à SPOT, d'acquérir les éléments nécessaires à une cartographie automatique et répétitive du milieu intertidal.
- 2) Cette cartographie aura un degré de finesse jamais obtenu à ce jour par des satellites civils.
- 3) Ces données sont nécessaires au contrôle et à la gestion du milieu marin littoral, en particulier pour la mise au point de stratégies de terrain.

Enfin, ils font espérer que l'intégration des données obtenues sur une séquence de longueur raisonnable, avec une haute répétitivité, permettra la conception de modèles prédictifs, dans la mesure où les lois régissant les fluctuations de la végétation intertidale seront mises en évidence.

RÉFÉRENCES

- Belbeoch G., 1982. GIPSY : logiciel général de traitement d'images numériques, Rapport CNEXO (SEO), Brest, 250 p.
- Belshe T., 1980. Le phytobenthos, in : *Rapport de projet, site de Penly*, CNEXO/ELGMM, Brest, 96-120.
- Belshe T., 1982. Télédétection et cartographie du phytobenthos intertidal, *Penn ar Bed*, 108/109, 65-73.
- Rudelle J., 1981. Système Aristide. Analyse d'images. Site de Penly, Univ. Picardie, Station d'études en baie de Somme, 19 p.
- Rudelle J., Demarcq Y. 1978. Techniques de pointe à l'université de Picardie : Aristide, nouveau-né dans l'équipement scientifique de la région, *Picardie Inf.*, 31, 27-29.
- Vadas R. L., Manzer F. E., 1972. The use of aerial color photography for studies on rocky intertidal benthic marine algae, *Proc. 3rd Biennial workshop on aerial color photography in plant sciences and related fields*, edited by A. Anson, American Society of Photogrammetry, 255-266.