

COLLOQUE FRANCO-JAPONAIS D'OCEANOGRAPHIE
Marseille 16-21 Septembre 1985

Fascicule 7 : Exploitation des ressources

Estimation des stocks conchylicoles par télédétection :
résultats et perspectives

*Assessments of reared oyster's stocks by remote sensing :
results and prospects*

Jean-Marc DESLOUS-PAOLI¹, Jacques POPULUS², Michel L'HERROUX^{† 2}, Marc BRUSSIEUX³

¹ INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER
LABORATOIRE RESSOURCES AQUACOLEES, B.P. 133, 17390 LA TREMBLADE

² INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER, CENTRE DE BREST,
SERVICE APPLICATIONS DE LA TELEDETECTION, B.P. 337, 29273 BREST CEDEX

³ 24, CHEMIN DE L'ECU, LA NORVILLE, 91290 ARPAJON

Résumé : Cette publication compare les moyens modernes de télédétection (numérique) aux moyens classiques (photo-interprétation) pour l'estimation des surfaces en culture. L'étude est limitée aux secteurs homogènes d'élevage en surelevé.

L'évaluation de la surface globale de ces secteurs peut se faire à l'aide d'un échantillonnage systématique par point sur photographie aérienne à moyenne échelle ou grâce aux données satellitaires SPOT. Ces deux méthodes ne permettant pas de quantifier les longueurs d'installation, un apport d'informations plus précises acquises par des moyens à forte résolution est par conséquent nécessaire : photographies classiques à très grande échelle, scanner (MATRA) ou caméra numérique à C.C.D.

Abstract : This papers compares modern techniques of remote sensing (numerical) to more classical ones (photo-interpretation) for the assessment of the intertidal zone land use. The study is limited to homogeneous areas of off-bottom cultivation.

The evaluation of the total area was made using both middle scale aerial photographs, with systematic sampling, and SPOT satellite data. These two methods do not allow to measure the off-bottom rearing design length. It is therefore necessary to get more precise information through high resolution data such as classical high scale photographs, numerical scanners (MATRA) or C.C.D. cameras.

INTRODUCTION

Dans le but de gérer les cultures de mollusques dans le bassin de Marennes-Oléron, pour éviter les situations de surexploitation qui peuvent conduire à une baisse de croissance et de qualité des produits, mais aussi à des situations à hauts risques d'épizootie, il faut estimer la capacité trophique de l'écosystème (Héral, 1985), les bilans énergétiques des mollusques cultivés (Héral et al, 1983 ; Deslous-Paoli et Héral, 1984) et sauvages (Deslous-Paoli et al, 1985), ainsi que les stocks.

Cependant, les stocks conchylicoles français, et les productions qui en résultent, ne sont actuellement estimés qu'à travers des données administratives (étiquettes sanitaires) et des informations issues de la profession (Héral et Deslous-Paoli, 1985). Pour l'huître creuse *Crassostrea gigas*, la production nationale atteignait, en 1983, 103 444 tonnes (Héral, 1985), avec, pour le bassin de Marennes-Oléron, une production commercialisée de 44 900 tonnes. L'imprécision (non chiffrable) de ces estimations (Dumont, 1983), le fait qu'elles ne concernent que les productions d'huîtres d'origine diverse et non les stocks en culture dans le bassin, ainsi que la difficulté d'aboutir à la mise en place d'enquêtes administratives suffisamment précises, entraînent le développement de techniques directes d'investigation des stocks.

Sur les 15 000 hectares du bassin de Marennes-Oléron (Pouliquen, 1975), 3 200 hectares d'estran sablo-vaseux sont concédés pour la culture traditionnelle des huîtres (Fig. 1). Deux techniques de culture sont employées : la première, dite culture "à plat" (Fig. 2), consiste à épandre les huîtres directement sur le sol à raison de 200 à 400 kg à l'are, la deuxième, dite culture "en surélevé" (Fig. 3), permet de cultiver, à une hauteur d'une cinquantaine de centimètres, des huîtres dans des poches en matière plastique à raison de 9 à 11 kg par poche (élevage), ou encore fixées sur leurs collecteurs (demi-élevage).

La mise en place en 1984 d'un relevé terrain sur un échantillonnage de 2 % de la surface concédée a permis d'estimer les stocks d'huîtres cultivées avec une précision variant de 40 à 25 % selon le type de culture (Bacher, 1984). L'amélioration de la précision de cette évaluation doit actuellement passer par une meilleure estimation des surfaces cultivées, donc par l'utilisation de la télédétection. Le dépouillement d'une couverture aérienne au 1/15 000 ème, non corrigée géométriquement, grâce à un sous-échantillonnage par point, permet d'augmenter la précision mais nécessite un travail long et fastidieux. Toutefois, dans le cas des cultures "en surélevé", la photo-interprétation des seuls clichés au 1/15 000 ème ne permet pas d'aboutir au stock. Dans ce cas, il est nécessaire d'obtenir une conversion de la surface occupée en longueur d'installations utilisées, soit par des mesures sur le terrain soit par l'utilisation de photographie à grande échelle (supérieure à 1/2 000 ème) (Latour, 1983).

Le présent article vise à montrer, dans le cas de cultures "en surélevé" dans un premier temps, ce que l'on peut attendre des méthodes modernes (numériques) d'acquisition de données pour l'estimation des stocks.

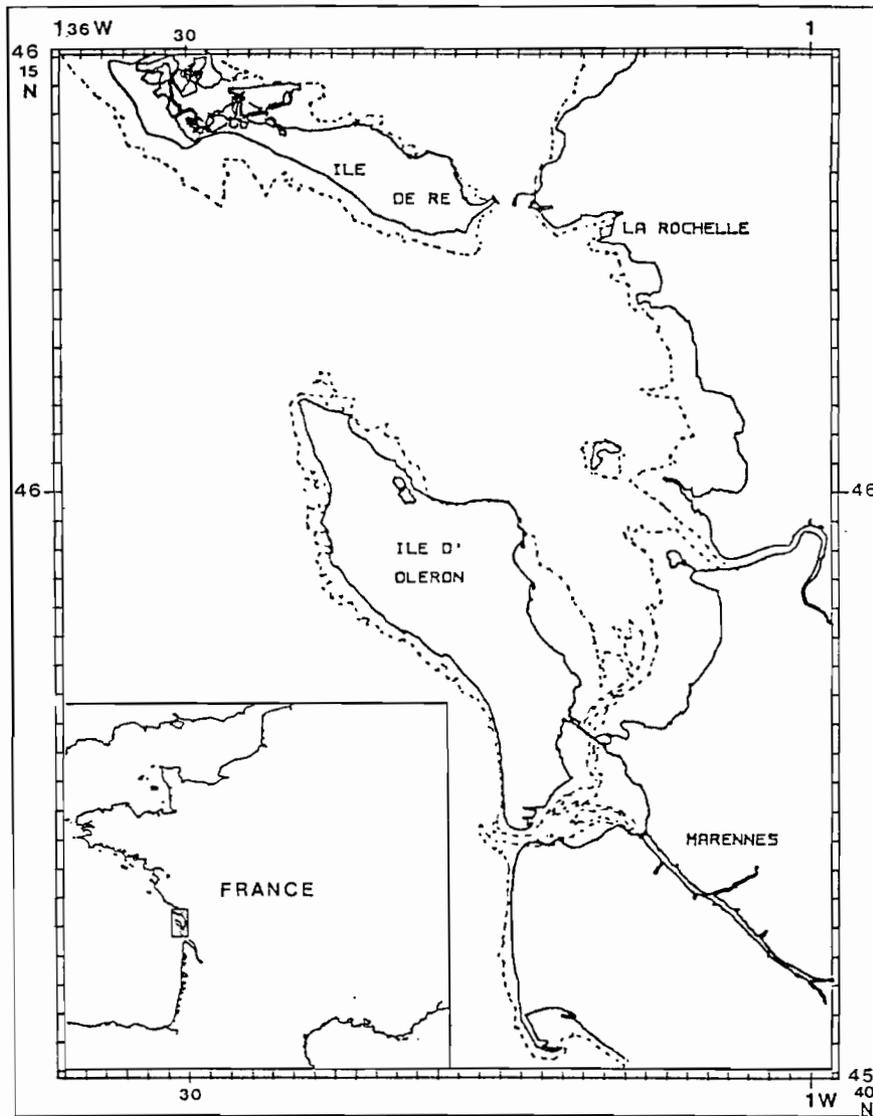


Fig. 1 : Situation géographique du bassin de Marennes-Oléron



Fig. 2 : Exemple de culture d'huîtres "à plat" sur l'estran vaseux

Fig. 3 : Exemple de culture d'huîtres "en surélevé" sur l'estran vaseux

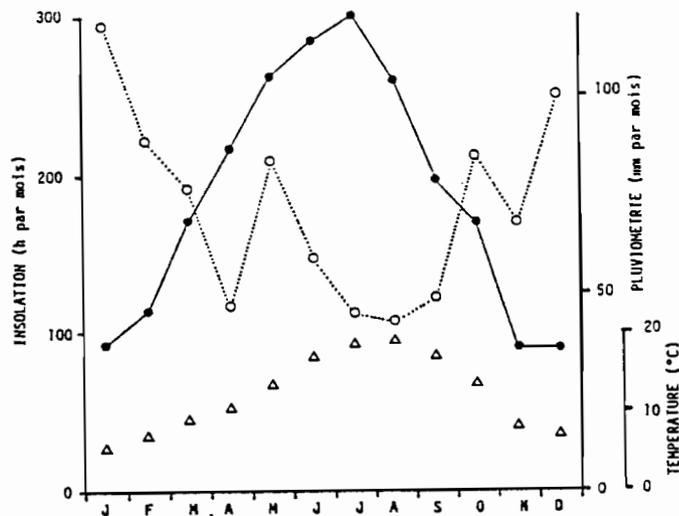


Fig. 4 : Conditions climatiques sur le secteur de Marennes-Oléron :

- (*) normale des insolation sur 10 ans (1971-1981)
- (o) normale des pluviométries sur 30 ans (1951-1981)
- (Δ) normale des températures sur 30 ans (1951-1981)

1. SIMULATION DU SATELLITE SPOT

D'une seule image SPOT couvrant tout le bassin, on peut espérer tirer les chiffres globaux d'occupation des sols, classiquement obtenus par interprétation de photos aériennes à petite échelle.

1.1. Présentation du satellite et du capteur

Le satellite SPOT sera lancé fin 1985. Ses caractéristiques sont : passage à environ 11 h solaire qui correspond parfaitement aux basses mers de vive-eau dans la région de Marennes-Oléron (entre 9 h 30 et 11 h 00 solaire), répétitivité moyenne potentielle de 2,5 jours qui donne une très bonne probabilité d'acquisition en saison estivale.

Le capteur HRV possède deux modes de fonctionnement : multispectral en résolution 20 m, les canaux étant XS1 (500 à 590 nm), XS2 (610 à 680 nm) et XS3 (790 à 890 nm), ou panchromatique XP (520 à 720 nm) en résolution 10 m.

La taille de la scène SPOT est 60 km x 60 km, divisible en quatre quarts.

1.2. Simulation SPOT 1984

Le mois de Juillet 1984 a été choisi pour trois raisons :

- il n'y a que peu de mouvements d'huîtres dans le bassin,
- la plus grande partie de la croissance a été effectuée,
- c'est la période climatique la plus favorable à la télédétection, (Fig. 4).

L'acquisition des données a été faite sur avion Pilatus du STU* par le scanneur Daedalus du GDTA**, à une altitude de 3 000 m, à l'étale de basse mer de coefficient 93. Les données ont été rééchantillonnées à 10 m pour réaliser cinq scènes couvrant la quasi-totalité du bassin. Ces données ont été traitées sur système COMTAL Vision 1/20 et HP 1000 21 MX à l'aide du logiciel GIPSY (Belbeoch, 1983).

1.3. Exploitation des images : résultats

1.3.1. Méthodologie

La méthodologie employée (Populus, Deslous-Paoli, 1985) consiste dans un premier temps à isoler l'espace intertidal par photo-interprétation du trait de côte et seuillage de l'eau sur le canal infrarouge (Loubersac, 1983). La dynamique n'est plus alors que d'une centaine de niveaux radiométriques.

* Service Technique de l'Urbanisme

** Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale

Le calcul des paramètres statistiques des 4 canaux révélant une très forte corrélation entre les canaux visibles, l'information se réduit à 2 canaux seulement (IR + visible).

Les classifications habituellement employées (non supervisées par l'analyse en composantes principales et supervisées par procédé hypercube) ne sont pas aptes à extraire des zones homogènes.

L'application de l'index de végétation, défini comme le rapport IR/R (soit XS3/XS2) sur l'ensemble de l'estran permet, par simple seuillage sur l'histogramme des valeurs numériques, de séparer différentes densités de biomasse algale. Deux constatations s'imposent :

- Les algues sont indifféremment localisées en dehors et sur les cultures,
- Certains secteurs, en particulier l'est de la scène, en sont en grande partie dépourvus.

La première étape qui s'impose est donc le tracé, par simple photo-interprétation de l'image, de l'enveloppe des zones concédées. Les secteurs non cultivés couverts d'algues sont ainsi éliminés et les algues peuvent devenir un traceur. Par la suite, deux types de secteurs sont distingués :

- Les ensembles hétérogènes, où l'analyse radiométrique est insuffisante (Ronce, Dagnas),
- Les ensembles homogènes de cultures "à plat" ou "en surélevé" (Bourgeois, Bayard, Charret).

1.3.2. Cultures "en surélevé"

Sur les secteurs homogènes de Bayard et Bourgeois, l'indice de biomasse est calculé comme le rapport $\frac{XS3}{XS2}$. Il est remarquable de constater que les histogrammes de cet indice sont identiques sur les deux secteurs. Un seuillage sur l'un des pics révèle pour Bourgeois une surface de 73 hectares. Cette surface est à rapprocher de $79,5 \pm 5,6$ hectares obtenue par échantillonnage sur photos aériennes. (Fig.5)

Cette estimation intégrant les espaces libres entre tables, il sera ensuite nécessaire d'évaluer par échantillonnage sur le terrain le pourcentage de tables par unité de surface.

2. LES MOYENS AEROPORTES A TRES HAUTE RESOLUTION

A partir de la donnée globale fournie par SPOT, il sera nécessaire, pour accéder au stock "en surélevé", d'échantillonner à l'aide de systèmes à très haute résolution. Ces systèmes numériques tendront à remplacer les moyens classiques : photo-interprétation de clichés à grande échelle ou mesures sur le terrain.



Fig. 5 : Résultat de l'exploitation des données SPOT sur le banc de Bourgeois :
culture "en surélevé"

2.1.1. Description

Le scanneur multispectral développé par MATRA a acquis des images sur le bassin de Marennes-Oléron à la même période où a été effectuée la simulation SPOT (Juillet 1984). Ce scanneur à balayage peut acquérir simultanément dans quatre fenêtres visibles (larges ou étroites, interchangeables en vol) et dans deux fenêtres infrarouge.

Les conditions météo peu favorables (plafond bas) n'ont permis d'acquérir qu'à 675 mètres d'altitude pour une résolution théorique de 2 mètres dans 4 bandes visibles et une infrarouge.

2.1.2. Traitement des images

Le problème posé est la détermination des longueurs de tables, c'est-à-dire la reconnaissance d'éléments linéaires dans un milieu naturel. L'étude étant fondée sur l'emploi de la morphologie mathématique, un seul canal est suffisant : le canal C1 (0,48 - 0,57 μm) a été retenu car il contient la plus forte dynamique.

La méthodologie (Pujol, 1985) comporte, à partir de l'image brute (Fig. 7) les étapes suivantes :

- Egalisation de l'histogramme, rehaussement de contours par filtre passe-haut, nouvelle égalisation puis seuillage et débruitage
- Après détermination des directions dominantes des structures, une squelettisation est effectuée par application d'un détecteur de bords tout ou rien de direction compatible avec ces dernières (Fig. 9).
- A partir de la squelettisation, le diagramme des directions consiste à placer tous les linéaments à l'origine d'un système de coordonnées polaires, chacun étant affecté d'un couple (ρ, θ) .

La formule suivante donne les longueurs des tables :

$$L = NR (P_1/\sin(\theta_1 - D) + P_2/\sin(\theta_2 - D) + \dots)$$

N : nombre de pixels du squelette

R : résolution d'une image

θ_1 : angle de la table avec direction du détecteur

D : angle polaire du détecteur

P_1 : pourcentage de tables ayant l'angle θ_1

2.1.3. Résultats

Deux secteurs d'entraînement (Fig. 11) sont utilisés pour comparer l'interprétation classique faite sur clichés au 1/2 000 ème à la méthodologie développée (Tableau 1).

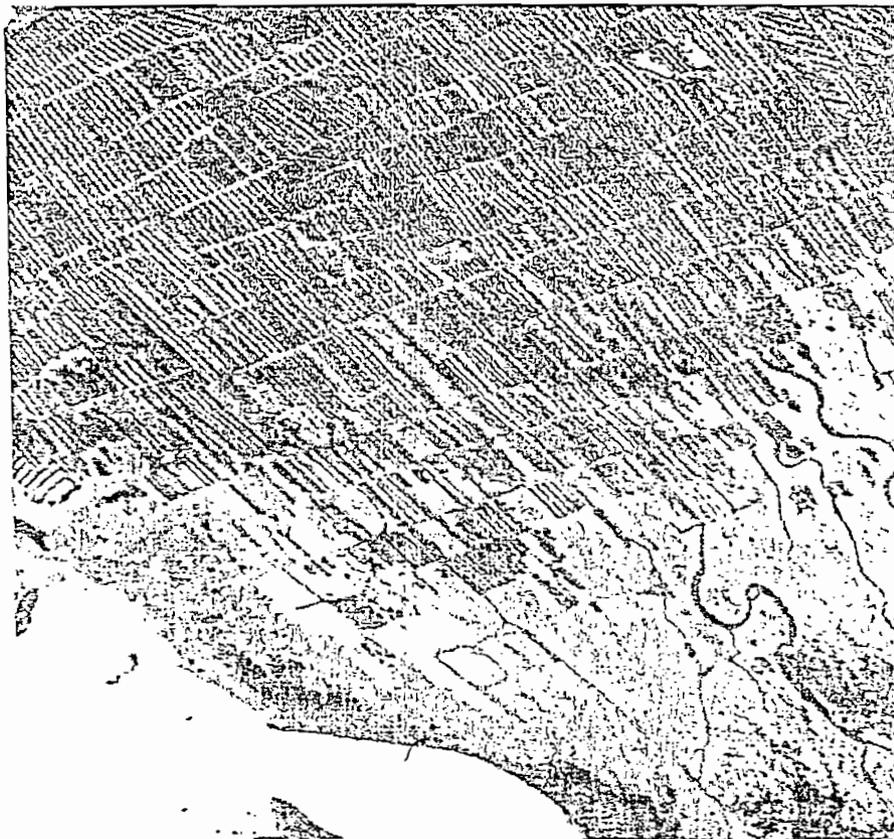


Fig. 7 : Données brutes du scanner MATRA : canal 1

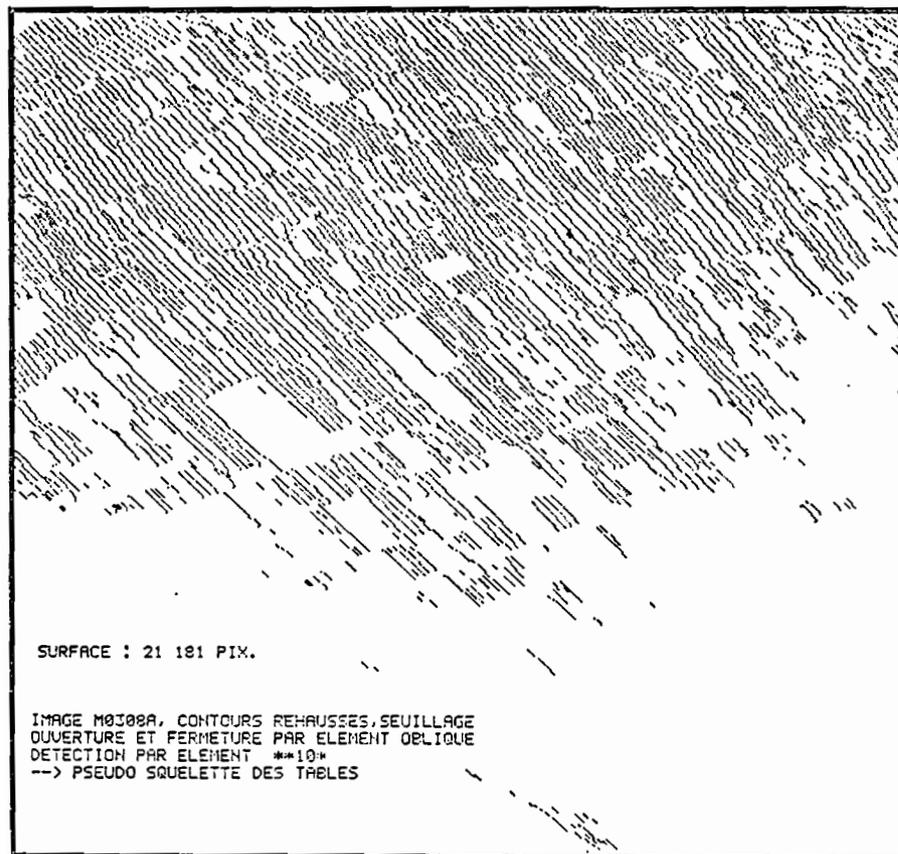


Fig. 9 : Squelettisation obtenue par détection des bords des structures

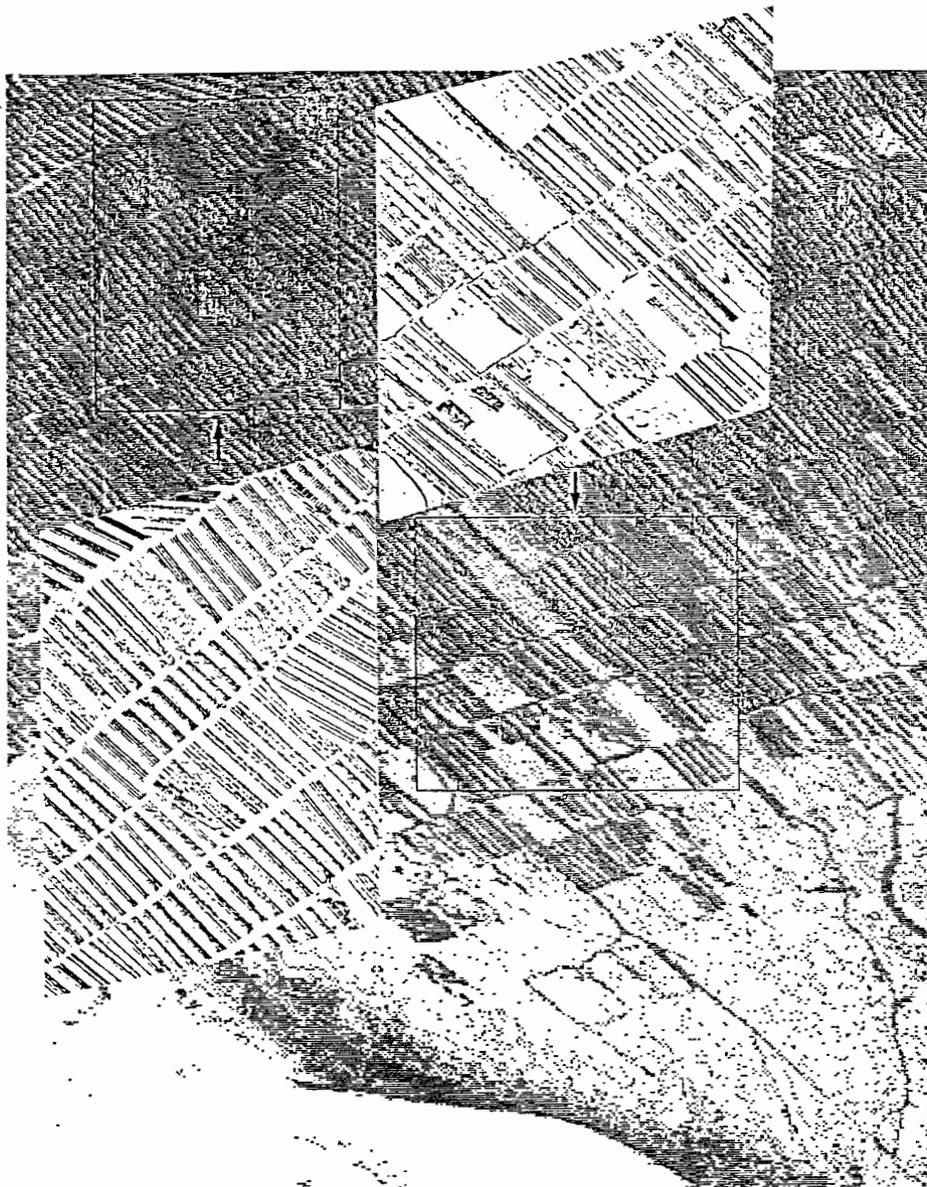


Fig. 11 : Secteurs d'entraînement et comparaison avec des données photographiques

Tableau 1 : Longueur d'installation en mètres mesurée sur photographie au 1/2 000 ème et calculée grâce aux données MATRA sur les secteurs 1 et 2.

	Secteur 1	Secteur 2
Longueur réelle installation (photo)	5 477	8 491
Nb. pixels Squelette = N	2 279	2 657
Longueur calculée à partir N	5 069	6 410

Le tableau ci-dessus montre que sur le secteur 1, la longueur calculée diverge d'environ 7,5 % de celle mesurée sur clichés. Le biais est plus important sur le secteur 2 (25 %). Il s'explique par une plus forte proportion de structures larges constituées par plusieurs rangées de tables accolées

La future amélioration de la résolution (égale à 1,7 m dans cette étude) permettra d'éliminer le problème des structures larges.

2.2 Autres moyens

2.2.1. Caméra CCD

Outre le coût élevé de mise en oeuvre d'un scanner aéroporté, les problèmes géométriques induits par le balayage nécessitent le développement de logiciels complexes de redressement : d'où l'idée d'acquérir des images entières (Brussieux, 1984). La technologie utilisée est celle des rétines à CCD (Charge Coupled Device) : l'exposition des photo-détecteurs mémorise instantanément sur le silicium une image bidimensionnelle. Après numérisation, les images sont gérées par un système de stockage et visualisation organisé autour d'un micro-ordinateur et d'interfaces à transfert rapide.

Les avantages du système sont :

- l'excellente bande passante des cellules CCD qui rend la mesure de luminance très précise (jusqu'à 10 bits),
- les fenêtres spectrales sont modifiables en cours de vol, ainsi que l'optique qui détermine le grossissement (résolution variable),
- le système est simple à mettre en oeuvre sur moyen léger (avion, hélicoptère, etc...) et donc d'une grande souplesse d'utilisation.

La fiabilité d'un tel projet reste à faire : la calibration des détecteurs et la juxtaposition de plusieurs caméras pour des acquisitions multi-spectrales devront être étudiées. Pour l'instant, l'utilisation d'une seule caméra, couplée à un plan d'échantillonnage adapté, permettrait sans doute, comme l'a montré l'étude des données du scanner MATRA, de résoudre le problème des cultures "en surélevé".

2.2.2. Numérisation de photos aériennes

Une dernière voie réside dans la numérisation de clichés aériens. Non applicable en opérationnel car trop onéreuse (double coût de la mission photo aérienne et de la numérisation) cette méthode peut cependant être utilisable sur des photos d'archives. Elle permet aussi, en phase de recherche, de déterminer la résolution la plus adaptée au problème posé.

DISCUSSION

Une méthodologie d'échantillonnage à niveaux multiples est présentée. (Fig. 12).

Pour l'instant, les recherches portent essentiellement sur 2 points :

- essayer d'automatiser la distinction, à l'intérieur de l'enveloppe des cultures, du plat et du surélevé, dans les zones hétérogènes (distinction faite actuellement par simple photo-interprétation). Les analyses de texture peuvent peut-être résoudre ce problème.

- définir la résolution optimum pour la détection de la longueur des tables. Cette résolution se situe probablement aux alentours de 0,5 m, la largeur nominale des tables étant d'un mètre. La méthode consiste à numériser avec des pas variables des clichés aériens au 1/15 000 ème.

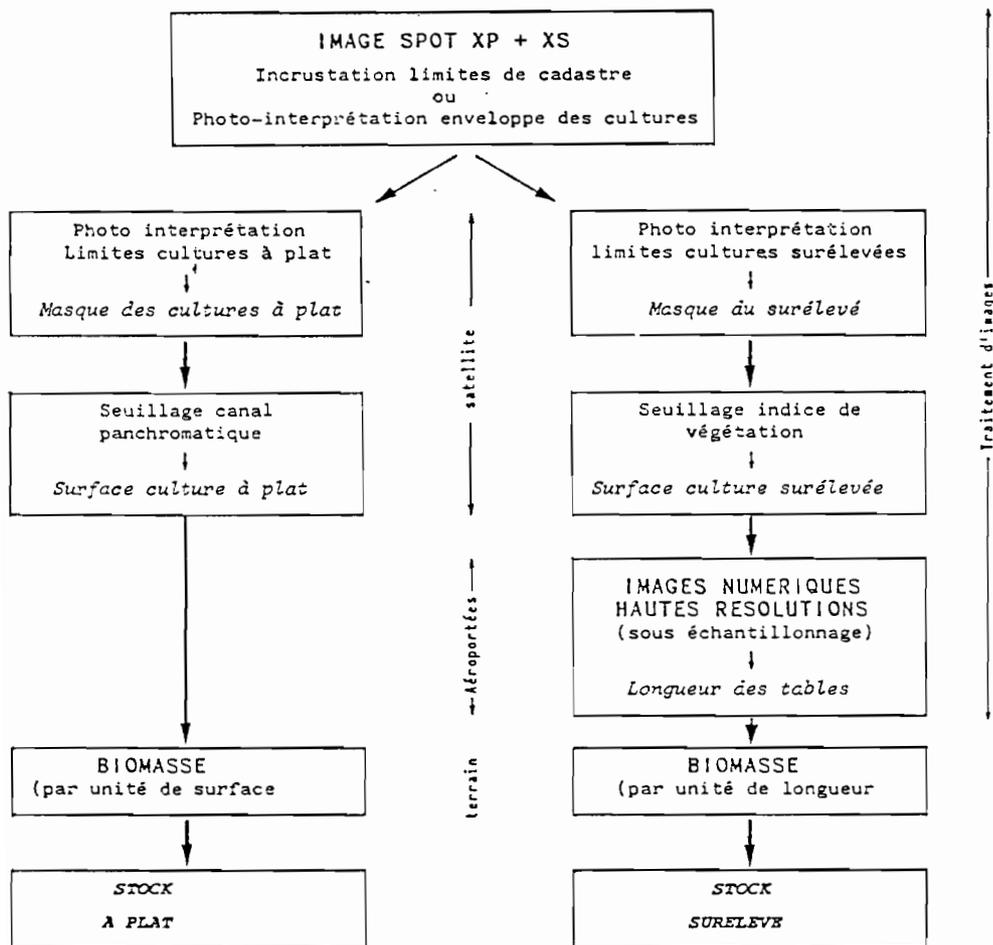


Figure 12 : Diagramme synthétique d'une méthode à niveau multiple d'estimation des stocks d'huitres cultivées en surélevé et à plat sur l'estran.

BIBLIOGRAPHIE

- Bacher C., 1984. Echantillonnage du stock d'huîtres du bassin de Marennes-Oléron. Rapport DEA, Université Paris VII.
- Belbeoch G., 1983. GIPSY : Logiciel général de traitement d'images numériques. Rapport CNEXO (SEO), Brest : 250 pp.
- Brussieux M., 1984. Un système d'acquisition d'images numériques. Rapport interne IFREMER : 13 pp.
- Deslous-Paoli J.M., Héral M., 1984. Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* de 1 an et la nourriture potentielle disponible dans l'eau d'un bassin ostréicole. 5eme Congrès de la Société Française de Malacologie, Ile des Embiez, Septembre 1983. Haliotis 13 : 79.90.
- Deslous-Paoli J.M., Héral M., Massé H., 1983. Bilan énergétique d'une population naturelle de *Crepidula formentata* dans le bassin de Marennes-Oléron. Bases biologiques de l'aquaculture, Montpellier, 1983. IFREMER. Actes de colloques n° 1 : 109-124.
- Dumont P., 1983. Le marché de l'huître creuse. Essai de modélisation économétrique. ENGREF INRA, 57 pp.
- Héral M., 1985. Evaluation de la capacité biotique des écosystèmes conchylicoles. International Seminar on Shellfish Culture, Development and Management, La Rochelle, Mars 1985, IFREMER. Actes de colloques : sous presse.
- Héral M., Deslous-Paoli J.M., 1985. Analyse historique de la production conchylicole du bassin de Marennes-Oléron et essai d'estimation empirique du potentiel conchylicole. VIeme Congrès de la Soc. Française de Malacologie, Octobre 1985. Haliotis : sous presse.
- Héral M., Deslous-Paoli J.M., Sornin J.M., 1983. Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : premières approches. Journées du GABIM, Banyuls, Novembre 1982. Océanis, 9 (3) : 169-194.
- Latour E., 1983. Mise au point d'une méthode d'estimation de la biomasse de l'huître en élevage dans un site test du bassin de Marennes-Oléron. Rapport de DEA, ENSA Rennes : 39 pp.
- Loubersac L., 1983. Application des données satellitaires haute résolution à l'observation du milieu littoral. Le cas des simulations SPOT dans le cadre de la veille écologique des côtes bretonnes. Proc. EARSel/ESA Symp. Remote Sensing Appl. for Environm. Studies, Brussels, Belgium, Avril 1983 : 79-85.

- Populus J., Deslous-Paoli J.M., 1985. Essai d'estimation des surfaces exploitées en conchyliculture par télédétection haute résolution ; simulation SPOT : problèmes rencontrés. Rapport interne IFREMER : 23 pp.
- Pouliquen M., 1975. Etude minéralogique et géochimique des sédiments du littoral vendéo-charentais et de la vasière Ouest-Gironde (France) : application à la connaissance de l'origine et de la dynamique des vases dans la baie de Marennes-Oléron. Thèse de 3eme cycle, Université Bordeaux I, n° 1239 : 163 pp.
- Pujol J.L., 1985. Essai de reconnaissance automatique des types d'occupation d'un bassin ostreicole sur images numériques haute résolution. Rapport DEA, Université Paris VII : 77 pp.