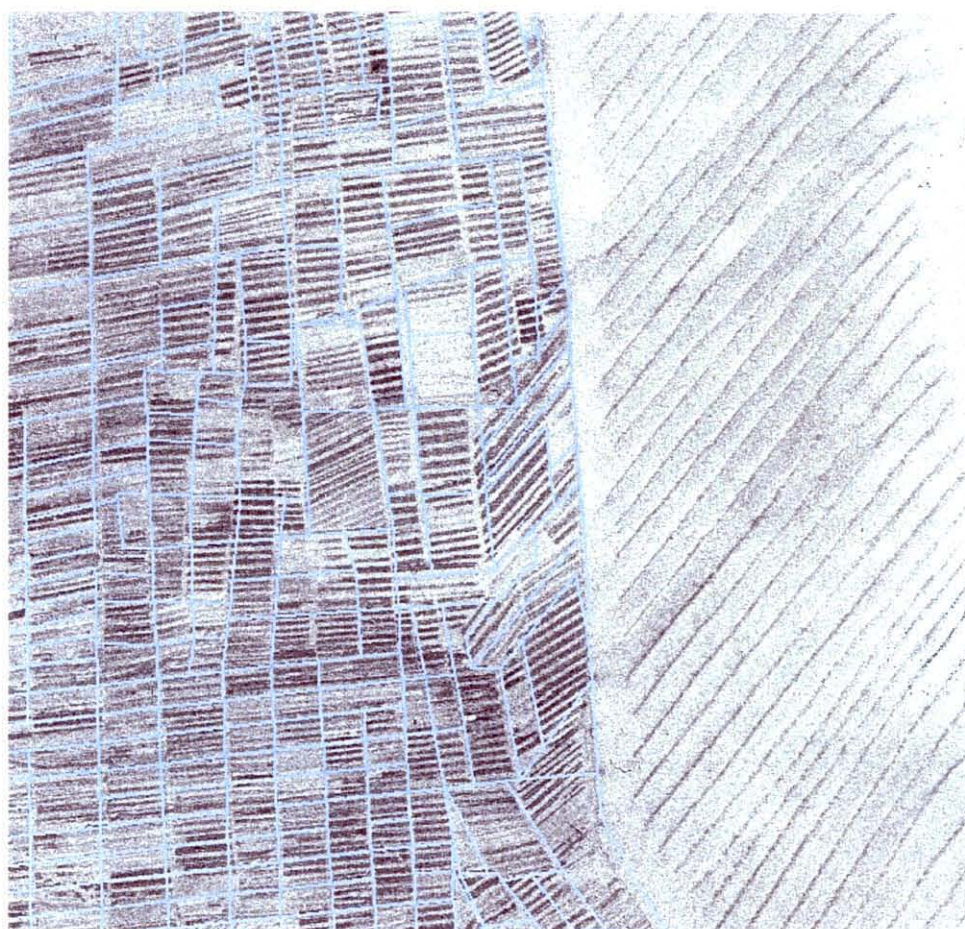


**Système d'Information Géographique (SIG) au
Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC) :
exemples d'utilisation et travaux en cours pour l'aide à
la gestion spatiale des élevages conchylicoles.**



FICHE DOCUMENTAIRE

Résumé : Dans le cadre des Systèmes d'Information Géographique (SIG), celui des pertuis Charentais a été le premier développé à l'IFREMER par le groupe SILLAGE (DEL/AO). Les laboratoires côtiers continuent à enrichir et diversifier cette base de données géoréférencées et cohérentes. Le Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC) du département Ressources Aquacole a développé des thématiques de recherche à l'aide de cet outil très puissant d'analyse spatiale. Ces travaux ont toutes les caractéristiques communes aux différents laboratoires côtiers du département RA, et peuvent être développés au sein d'autres unités. Une revue des diverses applications et utilisations au LCPC du logiciel SIG Arc View est présentée dans ce rapport. Le système d'information lui-même est présenté, ainsi que l'architecture logicielle et matérielle destinée à l'utiliser comme outil d'acquisition de données environnementales en continu. Les diverses utilisations en analyse spatiale (e.g. estimation de volumes de dragage de chenaux, calculs d'indices à la parcelle ostréicole, échantillonnage spatio temporel...) sont explicités. Les travaux en cours sont plus orientés vers la gestion des écosystèmes conchylicoles : le premier exemple présenté est celui d'un outil de gestion spatialisée des stocks en élevage, par l'automatisation de traitements d'analyse de photos aériennes et liaison du SIG avec une base de données historique des estimations de stocks ostréicoles sous Access. Le second est une mesure de l'adéquation entre la ressource trophique et les stocks élevés, en utilisant le système d'enregistrement en continu des paramètres environnementaux, et la modélisation (logiciels Stella et Matlab) de la croissance des moules et de l'impact de leur filtration sur la ressource trophique.

Abstract :

The Geographic Information System on the Charentais sounds was one of the first developed by the research group SILLAGE (DEL/AO). The coastal regional shellfish laboratories are pursuing their efforts to enrich and develop the georeferenced databases, to reach a coherent and comprehensive meta-database. The shellfish research laboratory of Poitou-Charentes (LCPC) from IFEMER's department of aquaculture resources has developed research themes based upon the GIS use, a powerful tool for spatial analysis. Those programs are commonly developed by all shellfish coastal laboratory at IFEMER's level, prompting us to suggest the applications' transfers to other research units. Various applications and developments using Arc View software were reviewed in this report. The GIS itself was described, as well as complementary equipments required to assess continuously and in-situ environmental variables. The various applications in spatial analysis (e.g., assessing sediment volumes when channel dredging, indices at the leasing ground unit, spatial and temporal sampling strategy...) were explained. The on-going works have mainly a shellfish ecosystem management approach : the first example concerns a tool for spatial management of stocking biomass, by using a computerized image analysis of aerial coverage connected to the GIS as well as an historical database of the previous stock assessments surveys using ACCESS software. The second one focus on assessing the balance between the carrying capacity and the local rearing biomass, by using the in-situ continuous environmental monitoring, and the mussel physiological model (STELLA & MATLAB softwares). This facilitated estimating food depletion by the mussel stocking biomass.

Mots-clés : Système d'information géographique (SIG), gestion des écosystèmes conchylicoles, suivis environnementaux en continu, évaluation de stocks, base de données

Keywords : Geographic information system (GIS), shellfish ecosystem management, in situ continuous environmental monitorings, stock assessment, database,

Commentaire :

Système d'Information Géographique (SIG) au Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC) : exemples d'utilisation et travaux en cours pour l'aide à la gestion spatiale des élevages conchylicoles.	3
Introduction	5
Matériels et logiciels	6
Système d'Information Géographique, généralités	6
Architecture matérielle et logicielle du SIG embarqué	6
Échantillonnage environnemental spatio-temporel	7
Exemples d'utilisation dans le cadre des programmes du laboratoire	10
Recherche de zones potentielles de culture d'huîtres en eau profonde (Sillage, 1997)	10
Classement de zones	10
Échantillonnage du sédiment	13
Estimation des volumes à extraire lors d'un dragage de coursière (Populus et al., 1997)	14
Échantillonnage spatialisé de lots d'animaux expérimentaux	15
Calcul d'indices liés à la parcelle ostréicole	16
Échantillonnage spatio-temporel environnemental	17
Recherche de la stratégie d'échantillonnage mettant en évidence l'effet "site" par rapport à la variabilité temporelle	17
Ressource trophique et validation de modèles biologiques	19
Mise en évidence de zones atypiques au point de vue environnemental	20
Éléments de compréhension de l'hydrodynamisme	22
Estimation de la ressource trophique - validation de modèles biologiques	24
Estimation des taux de filtration de la colonne d'eau par les animaux en élevage	25
Travaux en cours	28
Développement d'un outil de gestion spatialisée des stocks conchylicoles dans les Pertuis Charentais	28
Adéquation ressource trophique / stocks en élevage	30
Gestion de la Mytiliculture Charentaise Application du Système d'Information Géographique (SIG) embarqué à l'étude de la disponibilité de nourriture aux cheptels en élevage	30
Conclusion	33
Références bibliographiques	35

Introduction

Les systèmes d'information géographique (SIG) ont été testés, et mis en œuvre à l'IFREMER par l'équipe SILLAGE (DEL/AO) depuis une dizaine d'années. Le SIG des pertuis Charentais a bénéficié de cette phase préparatoire, au titre de zone pilote pour ces systèmes (Sillage 1997). Les divers Laboratoires IFREMER de Charente-Maritime profitent donc de cet acquis, et de l'existence de cette base cohérente de données géoréférencées. Le Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes a développé des thématiques de recherche et des outils basés sur ce SIG des Pertuis Charentais (Le Moine, 1998 b et 1999 a). Ce travail se veut un " état des lieux " du savoir faire et des thèmes développés à partir de cet outil au Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC). Ces applications sont caractéristiques des cas d'études que les laboratoires côtiers du département DRV/RA peuvent développer. Ces utilisations s'étendent des cas de recherche aux applications pratiques en matière d'aménagement des cultures marines en zone côtière. Ils peuvent ainsi être transférés dans d'autres régions de production. Certains laboratoires conchylicoles (Pays de Loire, Provence Côte d'azur) ont en cours de montage des SIG appliqués à leur région.

Divers problèmes (capacité trophique, mortalités...) touchant aux cheptels ostréicoles ont été mis en évidence dans le bassin de Marennes-Oléron (Héral, 1985 ; Andrieu, 1995 ; Soletchnik *et al.*, 1998). Dans le but d'expliquer ces phénomènes, et d'élaborer des propositions d'aménagement pour y remédier, le laboratoire a développé depuis 1994 un programme de recherche spécifique sur le site de Ronce Les Bains (Soletchnik *et al.*, 1998). Le programme en première approche est basé sur le développement d'une analyse environnementale et globale, dans le but d'établir des relations quantitatives et qualitatives entre l'évolution des cheptels (croissance, production, mortalité, occupation spatiale...) et les caractéristiques environnementales (Gouletquer *et al.*, 1998). La localisation spatiale et la cartographie des zones éventuellement " atypiques " du point de vue hydrologique ont été la première phase. La seconde vise à évaluer l'utilisation progressive de la ressource trophique par les huîtres sur les parcs d'élevage, et à établir et valider des modèles de productivité biologique sur ces bancs sur le plan spatio-temporel (Soletchnik *et al.*, 1999). La dernière essaye d'évaluer l'utilisation de la ressource par les cheptels en place également de manière spatio-temporelle. Dans ce but, le SIG des pertuis (Loubersac *et al.*, 1997) est utilisé en permanence, sa base de données est étendue, enrichie, et mise à jour. Couplé avec des sondes d'enregistrement en continu, le système permet une description spatiale des paramètres environnementaux. Il permet ensuite l'analyse, voire la modélisation spatiale nécessaire à une meilleure compréhension de la structure géographique des élevages, et de l'adéquation entre la capacité trophique du système et des cheptels en place (modèle de déplétion de nourriture).

Matériels et logiciels

Système d'Information Géographique, généralités

Un système d'information géographique peut être présenté comme un système cartographique, où divers calques sont superposés les uns sur les autres, dans un référentiel commun les rendant entièrement compatibles les uns avec les autres. Chaque calque, ou couche, est porteur d'informations à la fois cartographiques (graphiques et spatialisées) et de tout autre nature d'attribut, dans une table liée à l'objet graphique (table Dbase sous Arc-View). L'acquisition des données de base des laboratoires conchyliques, ainsi que leur nature, se prêtent à cet exercice. Cependant, les bases de données afférentes doivent être mises en concordance de format et de référentiel géographique. Le système de projection géographique retenu à l'IFREMER est le Lambert II étendu, qui couvre le territoire français. Ces systèmes d'Information Géographique sont donc des systèmes riches et complexes. Ils permettent le croisement d'informations de natures très différentes entre elles, et donc des calculs et analyses spatialisés à critères multiples. Ces propriétés en font un outil d'analyse et d'aide à la décision très efficace, et communiquant de par ses capacités cartographiques.

Le SIG retenu par l'IFREMER est le logiciel le plus utilisé mondialement sur PC, Arc-View, conçu par ESRI.

Architecture matérielle et logicielle du SIG embarqué

Les différents éléments matériels sont représentés Figure 1. Le chaland est équipé d'un GPS différentiel ("Global Positioning System") qui est un système de positionnement par satellite. Le système différentiel permet d'affiner à quelques mètres la position par utilisation du signal d'une balise à terre émettant régionalement.

Le chaland est également équipé d'un écho sondeur, qui donne à tout moment la hauteur d'eau présente sous le bateau.

Un programme de liaison GPS-SIG (GPSVIEW ; Durand, 1997) permet la communication entre le GPS, le sondeur et un micro-ordinateur. GpsView fonctionne sur un PC équipé de deux ports série RS232 et du système d'exploitation Windows95.

Le micro ordinateur récepteur est embarqué à bord du chaland ostréicole de l'IFREMER. Les capteurs émettent vers le PC des trames au format NMEA 183 à intervalle régulier (toutes les 4 secondes).

GpsView se compose de deux logiciels :

- * GpsServ : chargé de l'acquisition des données en provenance des capteurs (GPS et écho-sondeur) sur les ports série (COM1 et COM2),

- * un projet ArcView : qui visualise et enregistre les données dans une vue cartographique sur le fond choisi par l'opérateur. Le format géodésique de sortie du GPS est Europe 50. Un script en langage de programmation ARCVIEW (Avenue), les transforme en Lambert II, (format de projections cartographiques). Les fonds disponibles sont de plusieurs natures : images (SCAN 25 IGN, orthophotos aériennes...), vectorielles (cadastre numérisé Affaires Maritimes...) ou raster (bathymétrie DDE Charente-Maritime).

Le système autorise aussi l'intégration de points particuliers dans le SIG, ce qui permet d'enregistrer la position géographique exacte des points de prélèvement en temps réel.

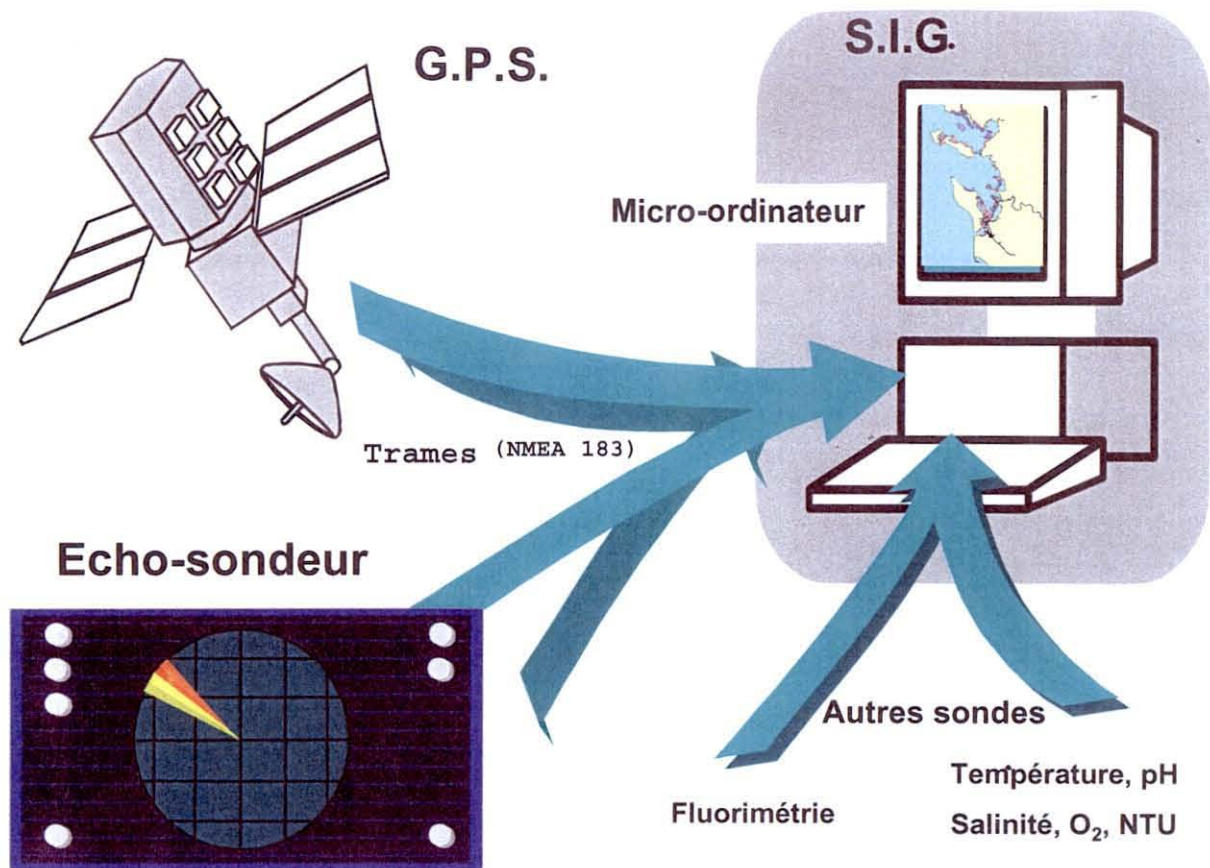


Figure 1 : Architecture matérielle du système de localisation/SIG embarqué sur le chaland du laboratoire.

Échantillonnage environnemental spatio-temporel

Le pilote du chaland visualise en temps réel la carte de la zone où il navigue. La position du bateau figure sur la carte présente à l'affichage du micro ordinateur. Si nécessaire, le dispositif permet de repasser précisément au même point, ou sur le même trajet.

En parallèle, une sonde " multiparamètres " enregistre en continu la température, le pH, la salinité, l'oxygène dissous, et la turbidité (néphélomètre). Une autre sonde enregistre la fluorimétrie, calibrée au laboratoire à partir de prélèvements discrets pour la mesure de chlorophylle *a*, afin d'évaluer la ressource trophique. Ces deux sondes sont montées sur une perche pivotante (Figure 2) permettant leur mise en repos lors des déplacements hors enregistrement ; cette perche est abaissée et immerge les appareils lors de l'enregistrement (Dufourg, 1999) (Figure 3).

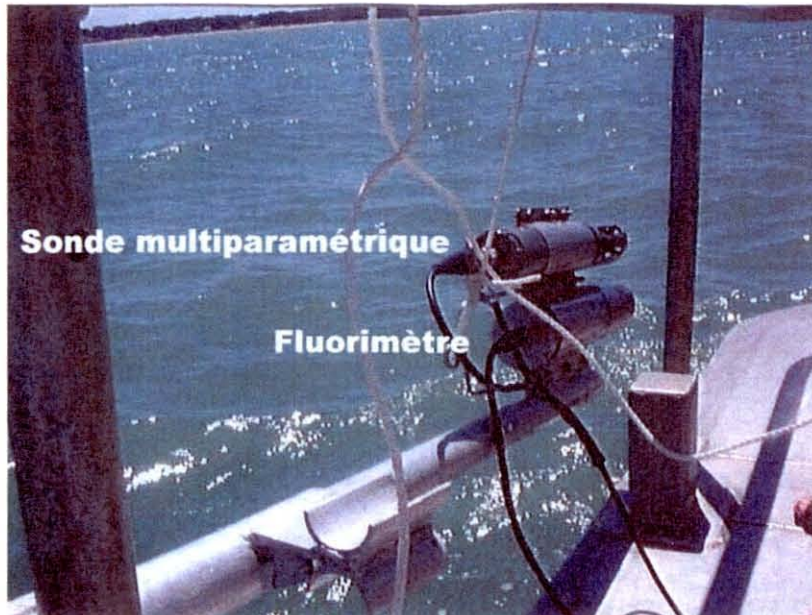


Figure 2 : Sonde multiparamétrique et fluorimètre.

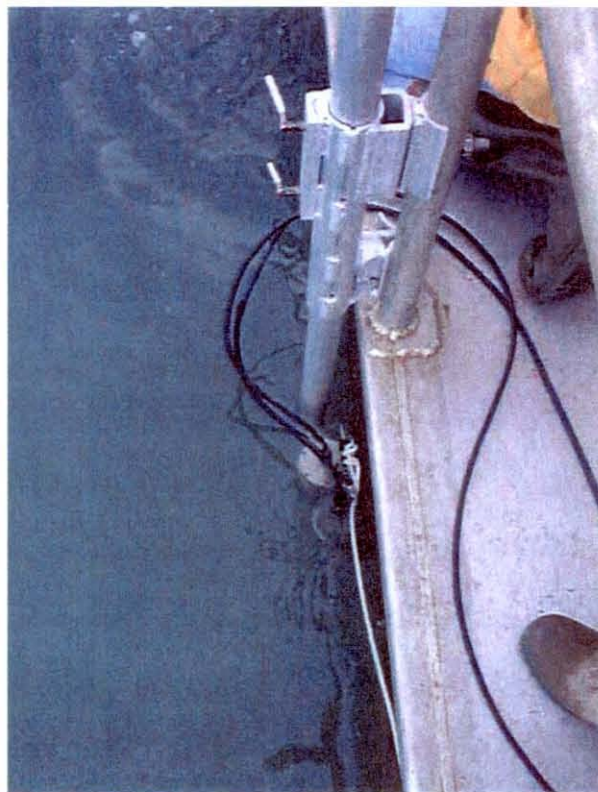


Figure 3 : Sondes en acquisition.

Trois fichiers de données acquises en continu sont obtenus. Le premier contient le positionnement et les points de sonde, le second les données hydrologiques, et le troisième la fluorimétrie. Ces fichiers sont ensuite liés par leur rubrique horaire. Du fait des contraintes liées au pas de temps des capteurs, la liaison par la rubrique horaire a nécessité la réalisation d'un programme de recalage des données entre elles sous Excel.

Les données hydrologiques et fluorimétriques peuvent alors être appliquées au tracé point par point, avec comme couche sous-jacente les parcs ostréicoles (Figure 4).

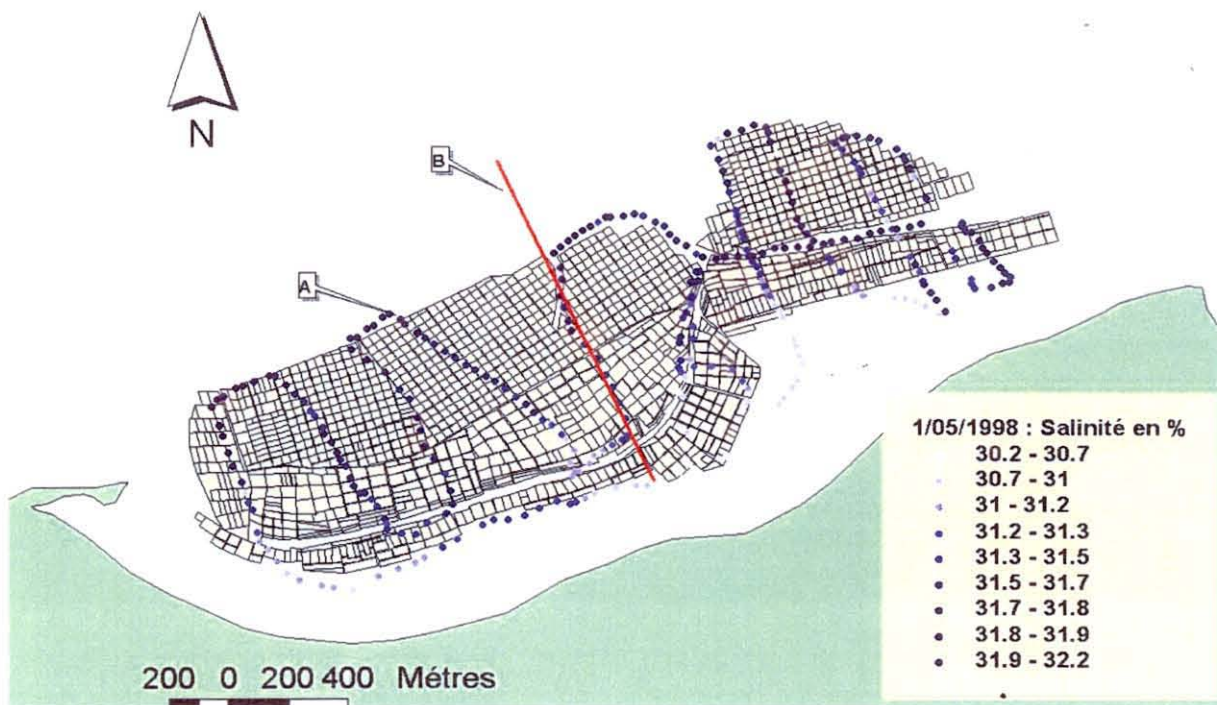


Figure 4 : Trajet d'acquisition de données hydrologiques ; application des données de salinité aux points de mesures (échantillonnage aléatoire).

Exemples d'utilisation dans le cadre des programmes du laboratoire

Recherche de zones potentielles de culture d'huîtres en eau profonde (Sillage, 1997)

Classement de zones

A la demande des Sections Régionales Conchylicoles de Marennes-Oléron et de Ré-Centre Ouest, l'IFREMER a étudié les possibilités, spatiales dans un premier temps, de culture d'huîtres en eaux profondes sur le domaine public maritime.

La première étude au moyen du SIG a été réalisée par le groupe IFREMER (1997), afin de déterminer les potentialités régionales, au niveau de l'espace, de ce type de cultures. La multiplicité des intervenants et l'éventualité de conflits d'usages a rendu nécessaire une analyse délicate, à critères multiples, de types et de natures différents. L'utilisation du SIG, outre la puissance de l'analyse spatiale, a permis de mieux visualiser, et par là même d'informer les différents acteurs du projet.

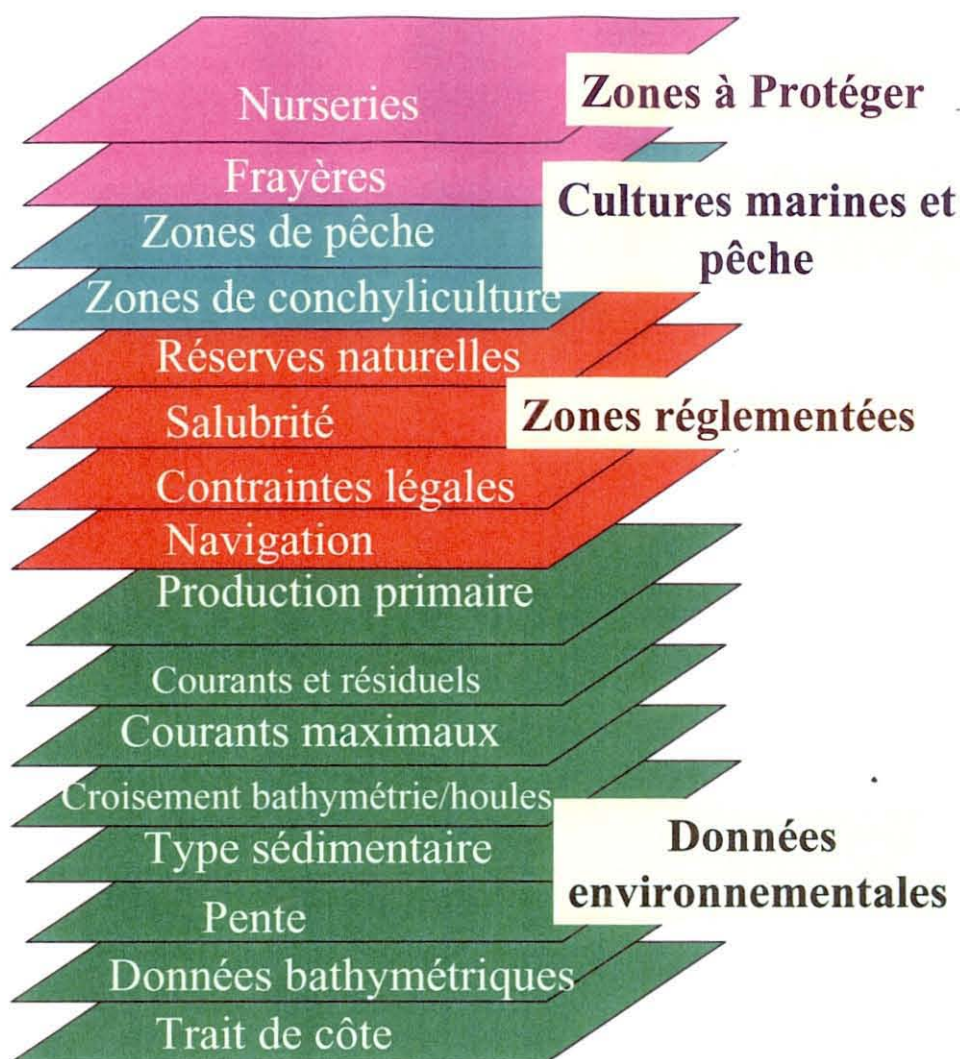
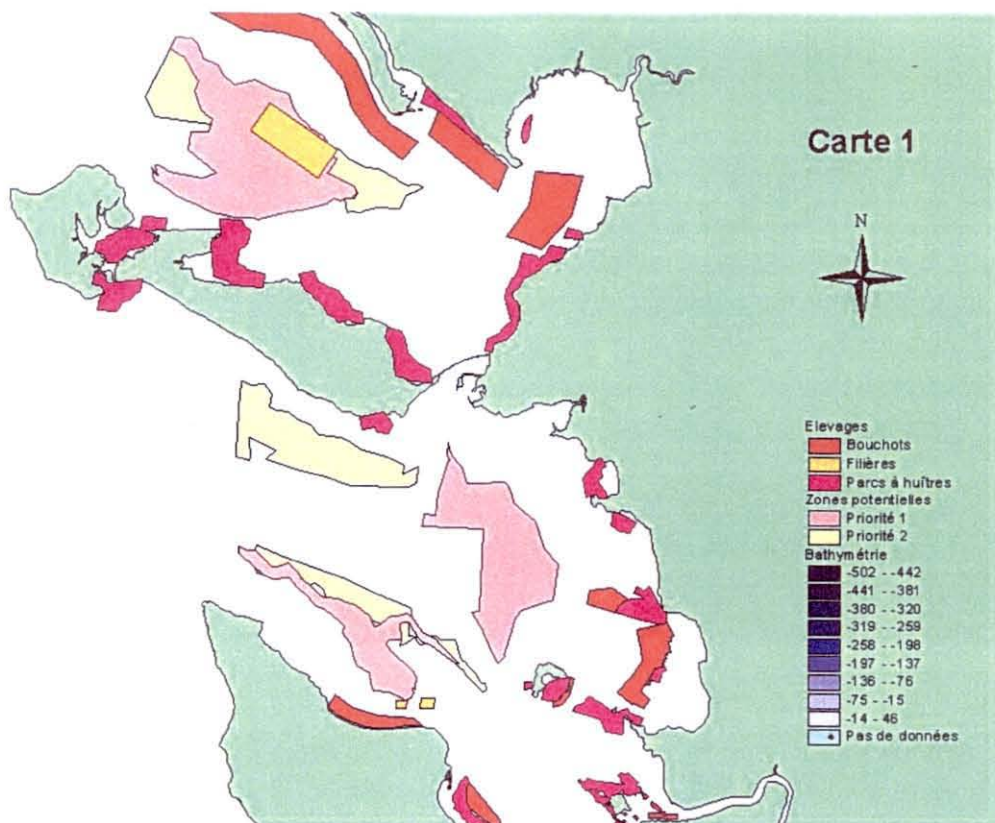


Figure 5 : Couches d'informations prises en compte pour la sélection sous SIG des zones potentielles en vue de la culture en eau profonde (Sillage, 1997).

Les différentes données nécessaires (Figure 5) ont été structurées en un SIG cohérent pour analyse spatiale des différentes contraintes et atouts. Au vu des différentes couches de données, et de requêtes en croisant l'information, un classement des zones en fonction de leurs potentialités a été possible. De même, les priorités chronologiques de développement ont pu être définies (Figure 6, carte 1).

Pour caractériser plus précisément le sédiment dans la zone présélectionnée, trois campagnes de prélèvements de sédiments ont été réalisées en 1998 et 1999 (Le Moine *et al.*, 1999. d). Le positionnement des points d'échantillonnage a été fait à l'aide du Système d'Information Géographique embarqué, et les résultats intégrés au projet SIG correspondant.



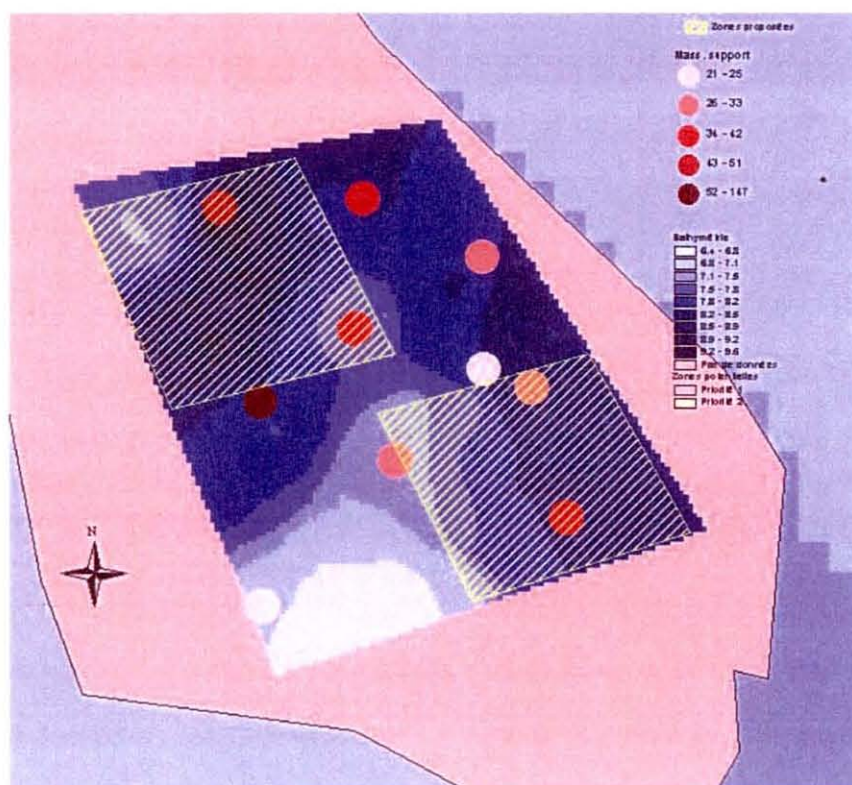
Culture d'huîtres en eau profonde : zones potentielles



Échantillonnage du sédiment

Afin d'évaluer la capacité du sol à supporter un élevage d'huîtres en eaux profondes, des campagnes d'échantillonnage sédimentaire ont été nécessaires. Les prélèvements de sédiment ont été faits à l'aide d'une benne à mise en œuvre manuelle. Une série de prélèvements a donc été réalisée dans la zone définie de priorité 1 (Figure 6, cartes 1 et 2).

Des prélèvements de macrofaune benthique ont été réalisés, afin de caractériser le peuplement et sa répartition sur le fond. Les échantillons de sédiment prélevés dans la benne ont été pesés, puis séchés à l'étuve avant l'estimation du poids sec. Il est alors possible de calculer la rigidité du sol, et donc d'estimer sa portance. La rigidité des sédiments autorise, comme le montrent ces données, des charges de 25 à 147 kg/m², et sont donc compatibles avec les semis d'huîtres envisagés, qui n'excèdent pas 1 kg au m² (Figure 7). Le SIG embarqué a été utilisé pour l'enregistrement précis de la position des points de prélèvement de sédiment, mais également pour celui de la hauteur d'eau en continu.



Celui-ci permet de vérifier finement la bathymétrie des lieux, après correction de la hauteur d'eau en fonction de l'heure de la marée. Une interpolation permet de transformer ces données d'une trame de points à une « nappe » continue (raster) (Figure 7).

Estimation des volumes à extraire lors d'un dragage de coursière (Populus et al., 1997)

Dans les zones d'élevage ostréicole, la sédimentation est relativement forte (Le Moine, 1999 b), et rend quelquefois nécessaire le dragage des coursières (chenaux d'alimentation en eau de mer). Les instances professionnelles (Section Régionale Conchylicole), aidées du Conseil Général du département, étudient donc la faisabilité de dragage de certains de ces chenaux. A partir des points de sonde fournis par la DDE, une interpolation par krigeage a fourni ces données en format maillé (Populus et al., 1999). En se basant sur ces données bathymétriques (z-initial), et sur l'emprise du chantier (50 m dans ce cas), est calculée le volume de sédiment à extraire, permettant ainsi une évaluation des coûts associés.

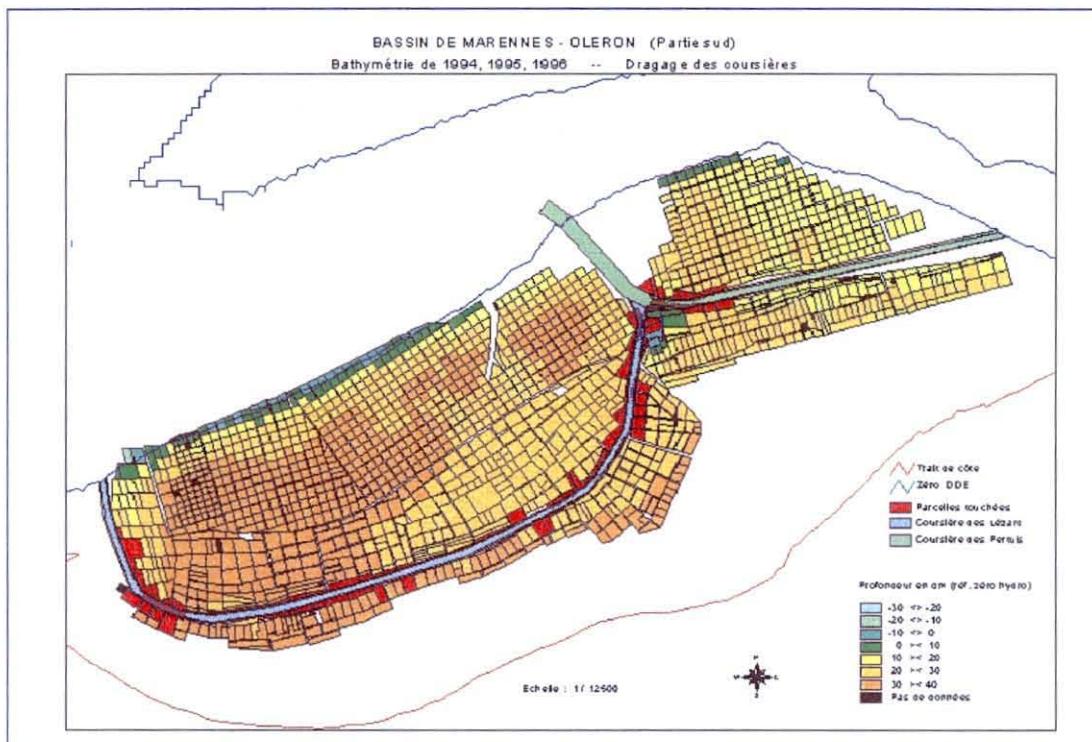


Figure 8: Plan de dragage d'une coursière sur les bancs ostréicoles de Perquis et Ronce (in Populus et al., 1999)

Le polygone de l'emprise est d'abord numérisé, puis transformé en pixels (données maillées ou raster). On extrait ensuite du raster "bathymétrie" tous les pixels supérieurs à la cote + 1 m. (z-initial), valeur maximum fixée pour cette opération, qui sont intersectés par le polygone d'emprise (Figure 8) (Populus et al., 1999). La différence entre la côte 1m et le z-initial est ensuite faite pour chaque pixel extrait. La somme des valeurs obtenues sur tous les pixels de la couverture d'intersection, multipliée par la surface, donne le volume à extraire.

D'autre part, la sélection sur le cadastre conchylicole numérique (DDAM) des parcelles intersectées par l'emprise permet à l'administration de savoir lesquelles devront être déconçédées, ainsi que d'évaluer les possibles reclassements.

Échantillonnage spatialisé de lots d'animaux expérimentaux

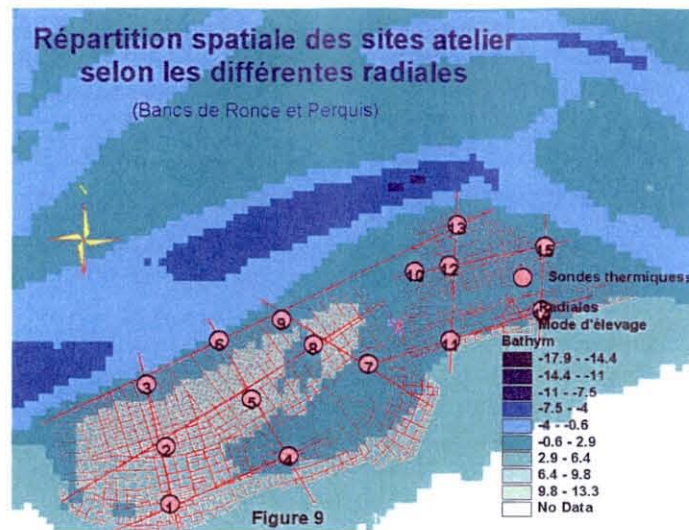


Figure 9 : Points d'échantillonnage spatialisés.

Dans le cadre de l'étude sur les mortalités chroniques d'huîtres sur le banc ostréicole de Ronce-Perquis, la première étude réalisée (Lodato, 1997) a montré un "effet" géographique positif. Afin de confirmer et d'analyser cet effet, quinze sites ateliers ont été mis en place selon 3 transversales Est-Ouest, 3 transversales Nord-Sud sur Ronce et 2 sur Perquis (partie est du banc), les points étant choisis à trois côtes altimétriques différentes sur chaque radiale. La répartition des sites ateliers sur la zone se trouve sur la Figure 9 (Forest, 1997). Cette répartition spatiale a permis un échantillonnage selon trois dimensions. Le système d'information géographique rend cela possible par couplage de la bathymétrie de la Direction Départementale de l'Équipement avec les données cadastrales de la Direction Départementale des Affaires Maritimes sur lesquelles les sites ateliers sont repérés. Les coordonnées géographiques en Lambert II étendu, référentiel retenu à l'IFREMER, peuvent alors être intégrées dans des analyses statistiques classiques (ANOVA) pour des essais de modélisation spatiale des données biologiques acquises.

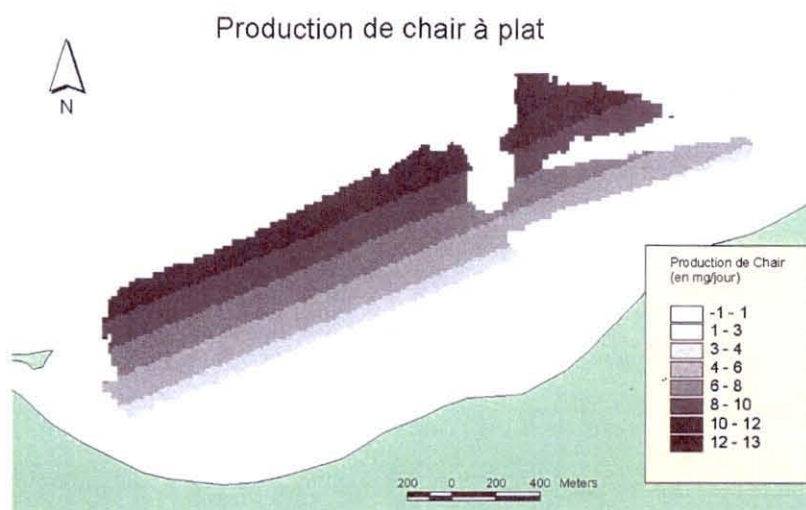


Figure 10 : Modèle de production journalière de chair dans les élevages à plat.

Différents modèles spatialisés de croissance journalière en poids de chair et de coquille ont ainsi été mis en évidence (Soletchnik *et al.* 1999)., Ils peuvent alors être calculés spatialement sous le SIG pour affichage cartographique (Figure 10). Ils servent également de base à la définition de protocoles de validation.

Après numérisation du masque spatial de la zone considérée, un simple calcul sous Spatial Analyst (extension logicielle du SIG Arc View) nous permet d'obtenir ce résultat. La récapitulation du raster (trame calculée pixel à pixel) résultat du modèle avec le cadastre conchylicole nous permettrait d'obtenir un indice de productivité biologique à la parcelle ostréicole.

Calcul d'indices liés à la parcelle ostréicole

Ce type de calcul permet d'affecter à une entité surfacique (e.g. la parcelle ostréicole) la valeur, maximale, minimale, moyenne, ou résultant d'un calcul, celles contenues dans des données maillées sous-jacentes (bathymétrie ou modèles de productivité par exemple). L'exemple suivant correspond en fait à la moyenne des valeurs des pixels du raster "bathymétrie" (DDE17) intersectant l'objet parcelle du cadastre (DDAM 17). Cette première opération a été réalisée, et permet secondairement le calcul d'un taux d'immersion à la parcelle. Une simulation d'un exhaussement du sol permet en dernier lieu de calculer la perte de temps d'immersion (donc le temps de filtration potentiel) en pourcentage qui serait induite par un envasement du même ordre (Figure 11).



Figure 11 : Calcul de la perte de temps d'immersion en % par un exhaussement du sol de 50 cm (Sillage, 1997).

Échantillonnage spatio-temporel environnemental

Recherche de la stratégie d'échantillonnage mettant en évidence l'effet "site" par rapport à la variabilité temporelle

La variabilité temporelle des estuaires à marée est très importante, en amplitude comme en fréquence (Le Moine, 1988 b). Se rajoute à l'influence annuelle des rivières (crue, étiage) celle des saisons, celui du rythme circadien, et enfin celle celui des marées, sur 12 heures. La mise en évidence des facteurs géographiques (facteurs "site"), est alors rendue difficile par la variabilité temporelle. Une stratégie particulière d'échantillonnage a donc été mise au point pour apprécier le pas de temps de mesure à partir duquel l'effet site est plus significatif que l'effet "temps", en fonction du descripteur environnemental.

Un échantillonnage spatio-temporel est exécuté. Il consiste, tout en enregistrant les différents paramètres hydrologiques, à passer plusieurs fois sur les mêmes points, repérés au GPS. Deux stratégies d'échantillonnage ont été évaluées. Elles consistent à effectuer plusieurs passages en divers sites de mesures. Dans le premier cas, 8 points disposés autour d'un carré de 500 m de côté, plus un au centre, sont échantillonnés. L'ordre de passage est modifié à chaque série de mesures. Dans le second, 4 points d'échantillonnage sont répartis selon un axe longitudinal de 2 kilomètres, dans la longueur du banc ostréicole.

Pour une même durée de mesures (~ 3 heures), les deux stratégies d'échantillonnage spatial ont montré des différences notables. Celui de la surface (carré de 0,25 ha, à maillage donc relativement fin) a montré un effet significatif du facteur "temps" et aucune différence

au niveau spatial. La stratégie "en ligne", géographiquement plus étendue, révèle en plus l'effet site recherché.

L'échantillonnage se fait autour des plaines mer de mortes-eaux. Plusieurs raisons ont guidé ce choix. La première est qu'il était nécessaire de pouvoir enregistrer les mesures environnementales afin de les rapprocher des données biométriques ou biochimiques des élevages ; il fallait donc faire ces mesures au-dessus de ceux-ci, donc à pleine mer. La seconde est due aux problèmes de variabilité temporelle des masses d'eau. Pour mettre en évidence les facteurs géographiques, il est nécessaire d'identifier les sources de variabilité, et de les étudier de la façon la plus indépendante possible. D'où le choix des mortes eaux, période où les courants et les renouvellements sont moindres. Le cumul de ces observations nous a fait choisir des coefficients de marée entre 50 et 60, les plus faibles autorisant la navigation au-dessus des parcs d'élevage de la zone d'étude, tout en ayant des caractéristiques hydrodynamiques les plus stables possible.

Mise en évidence de zones atypiques au point de vue environnemental

La stratégie d'échantillonnage utilisée dans ce cas est la couverture globale de la zone en circulant en transects parallèles les uns aux autres comme présenté sur la Figure 12. Dans ce cas, le courant lors de la période d'échantillonnage circule dans un axe Est/Ouest, pendant que l'axe d'acquisition des données est Nord/Sud, perpendiculaire au courant. Chaque transect dure environ 15 mn. Cette stratégie a montré dans ce cas précis que l'effet "site" est alors très significatif, par rapport à l'effet "temps" qui devient négligeable.

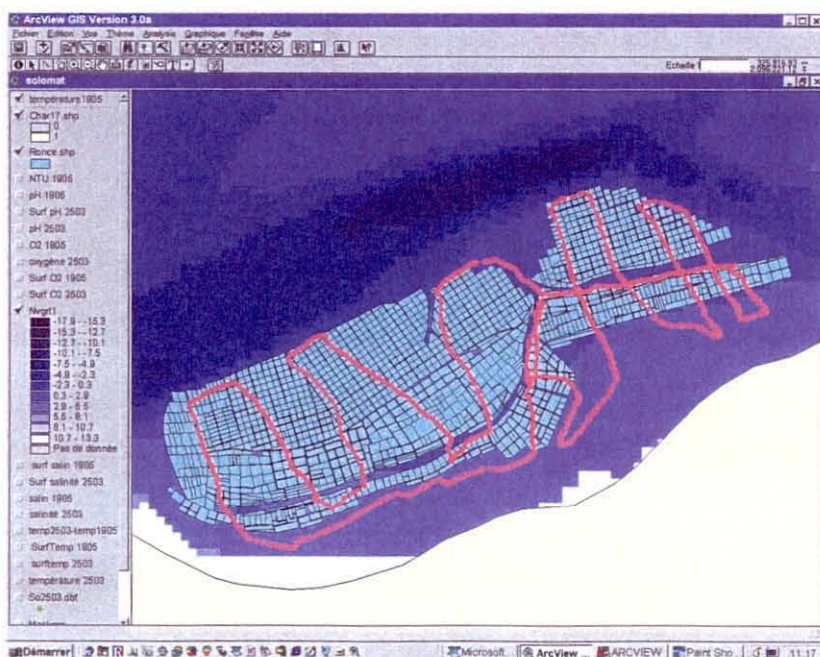


Figure 12 : Trajets d'échantillonnage spatio-temporel : transects parallèles, visualisés par le pilote du chaland sur le micro-ordinateur embarqué.

Ressource trophique et validation de modèles biologiques

Lorsque l'objectif est l'évaluation de la consommation par les huîtres, ou l'évolution hydrodynamique d'une zone, des transects sont effectués sur une radiale prédéterminée (Figure 4 B). Les campagnes durent trois heures, centrées sur la pleine mer en période de mortes-eaux.

Une interpolation linéaire est ensuite réalisée pour passer du mode « point » à une « trame » raster, où chaque pixel a sa valeur propre. Cette technique permet le calcul spatialisé. La localisation de zones évoluant d'une façon atypique au cours d'une marée, ou entre deux campagnes de mesures est alors rendue possible, par simple différence entre les rasters obtenus.

Dans le cadre de la recherche de validation des modèles biologiques, il faut qualifier la zone géographique dans laquelle sont réalisés les élevages. L'affectation à chaque point de mesure du code du point d'élevage d'huîtres suivi est fait sous SIG. Une requête « inter thème », dans un rayon de 90 mètres autour du point d'échantillonnage d'huîtres est réalisée (Figure 13). Les codes de points sont alors affectés au fichier de données environnementales, après liaison avec les coordonnées géographiques. Cette technique permet alors les analyses statistiques (ANOVA) qui détermineront s'il existe des différences significatives au niveau environnemental entre zones contenant les lots d'animaux échantillonnés.



Figure 13 : Transect de mesure, affectation zonale aux sites d'échantillonnage.

Mise en évidence de zones atypiques au point de vue environnemental

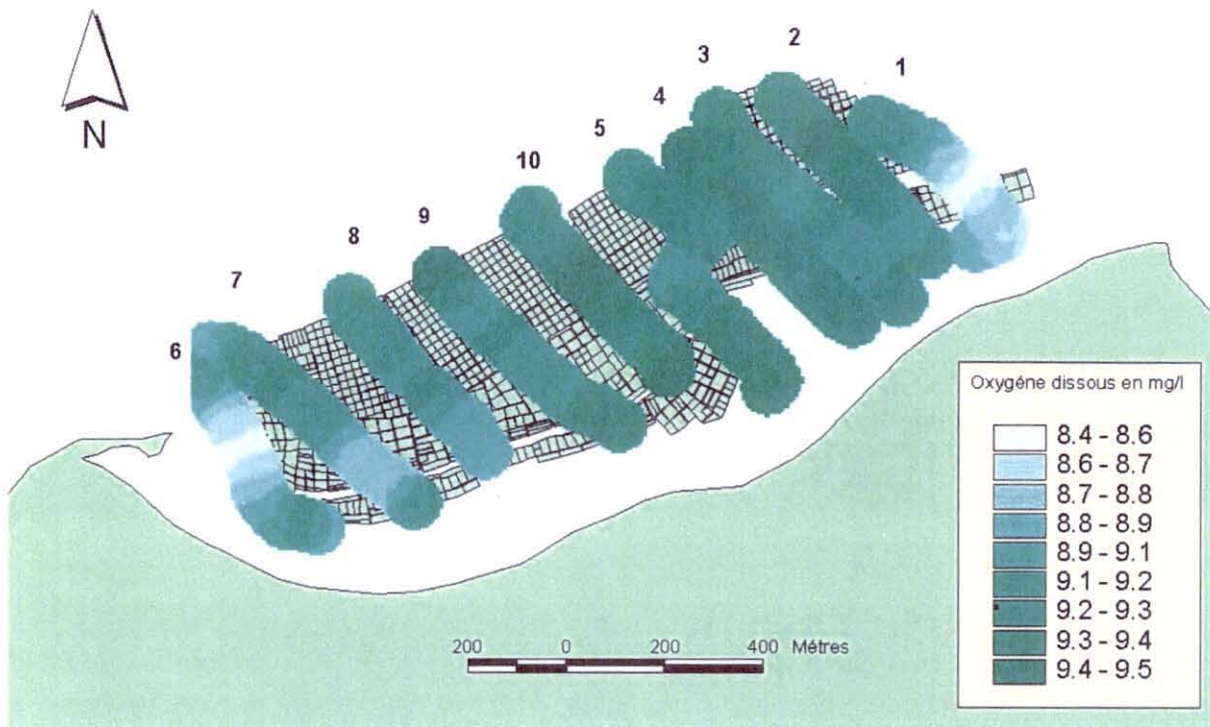


Figure 14 : Interpolation spatiale des données d'oxygène dissous sur le banc de Ronce-Perquis, les chiffres donnent l'ordre de passage du bateau.

Les interpolations sont réalisées en "bandes", chaque bande représentant 10 à 15 mn d'acquisition (Figure 14). Cette manière de procéder minimise la variabilité temporelle par rapport à l'effet géographique.

Dans ce cas, la période d'acquisition est centrée sur la pleine mer à 12 h. La hauteur d'eau varie au cours du suivi. Elle impose le "cheminement" indiqué par les chiffres de la Figure 14.

L'oxygène dissous augmente de la bande 2 à la bande 5 jusqu'à l'étale de pleine mer. Il diminue ensuite (bande 6) jusqu'aux valeurs minimales observées. La teneur en oxygène dissous est liée à la présence d'organismes phytoplanctoniques (photosynthèse = production), et à la consommation (respiration) des huîtres. A ce stade de la marée, la consommation dépasse la production, et induit une baisse de l'oxygène dissous. A d'autres niveaux d'abondance phytoplanctonique, et en période nocturne (respiration du phytoplancton se rajoutant à celle des huîtres) ces "baisses" pourraient être préjudiciables aux élevages.

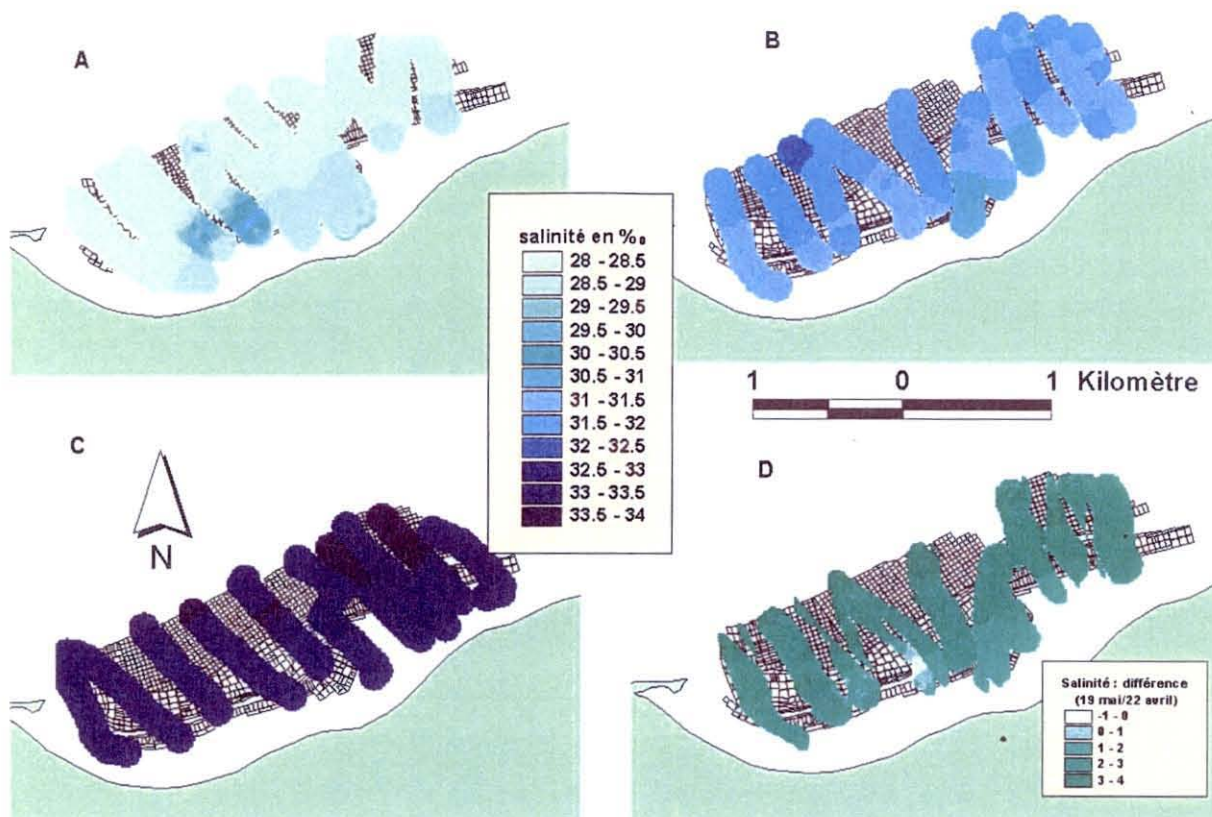


Figure 15 : Interpolation spatiale des données de salinité (méthode Inverse Distance Weighted). Evolution au cours de la saison printanière A : 22 avril 1998, B : 19 mai 1998, C : 16 juin 1998, D : différence 19 mai-22 avril (Le Moine, 1998 b)

Le protocole est resté le même dans les différentes campagnes d'acquisition réalisées. La programmation est similaire, centrée sur de la pleine mer (Figure 15). Le bateau se situe dans la même zone géographique à chaque pleine mer, lors des différentes sorties. Les différences entre les sorties proviennent surtout du coefficient de marée, 52, 51 et 67 respectivement pour les sorties A, B et C.

La salinité a évolué avec la saison. Malgré une forte pluviométrie la première quinzaine de juin, la salinité augmente de façon régulière au cours de la période printanière.

L'échelle retenue pour la salinité de la Figure 15, à composante saisonnière, lisse les variations locales sur une campagne unique, plus lisibles sur une échelle individuelle (Figure 14).

La différence entre deux campagnes de mesures, rendue possible par la transformation en raster des données, montre l'homogénéité de l'évolution du descripteur choisi sur la zone considérée. L'image D de la Figure 15 en est une illustration. Vis à vis de la salinité, la zone sud-est du banc ostréicole de Ronce-Perquis n'évolue pas comme le reste du banc, entre le 19 mai et le 22 avril. Un moindre renouvellement, et des apports d'eau douce terrigènes sont à corréliser à cette évolution différentielle.

Éléments de compréhension de l'hydrodynamisme

La Figure 16 montre l'évolution de la température le long de la radiale sélectionnée. Chaque "bande" correspond à 15 ou 20 mn d'enregistrement. Sur cette période, la variabilité temporelle est négligeable par rapport à l'effet « site », composante géographique du point mesuré.

Une interprétation hydrodynamique se dégage de ces résultats. Pendant le flot, l'arrivée d'une masse d'eau plus fraîche, océanique, résulte de la marée (Figure 16, A à E). Puis la masse d'eau s'homogénéise progressivement autour de la pleine mer par mélange (Figure 16 H). Au jusant, une masse d'eau plus froide arrive de l'est sur le banc, (Figure 16, J à M) en provenance de la Seudre

La Figure 17 montre l'évolution de la fluorimétrie le long de la même radiale. Celle-ci est choisie dans l'orientation de l'axe du modèle de productivité biologique (Figure 10 ; Soletchnik *et al*, 1999). L'huître est un organisme filtreur, consommant du phytoplancton, dont une des méthodes d'évaluation quantitative est la mesure de la chlorophylle. La corrélation entre la fluorimétrie et la chlorophylle *a* est inverse. La Figure 17 est présentée dans les unités fournies par la sonde (Chelsea) utilisée pour ces mesures. Plus la donnée en unité sonde est élevée (partie bleue de la légende), moins la teneur en chlorophylle est forte. Lors du flot, le milieu est faible en chlorophylle, par l'effet de déplétion de nourriture résultant des élevages sous-jacents (Figure 17, A à G).

D'autre part, l'eau du flot n'est pas celle qui apporte le plus de phytoplancton. La chlorophylle augmente lorsque la mer descend (Figure 17, H à M). La production primaire semble donc d'après ces mesures, s'effectuer dans le bassin, soit dans la partie nord du bassin de Marennes-Oléron, à l'aide des apports de la Charente, soit dans le sud avec ceux de la Seudre. Il est également possible qu'il s'agisse de microphytobenthos remis en suspension (Guarini, 1998). La consommation par les élevages ostréicoles a lieu dans l'axe approximatif Nord-Sud du banc. Ainsi, les masses d'eau au sud sont très appauvries par rapport à celles du nord du banc. Cette déplétion présente la même tendance que les modèles de production de chair d'huîtres développés à partir des mesures de terrain (Figure 10).

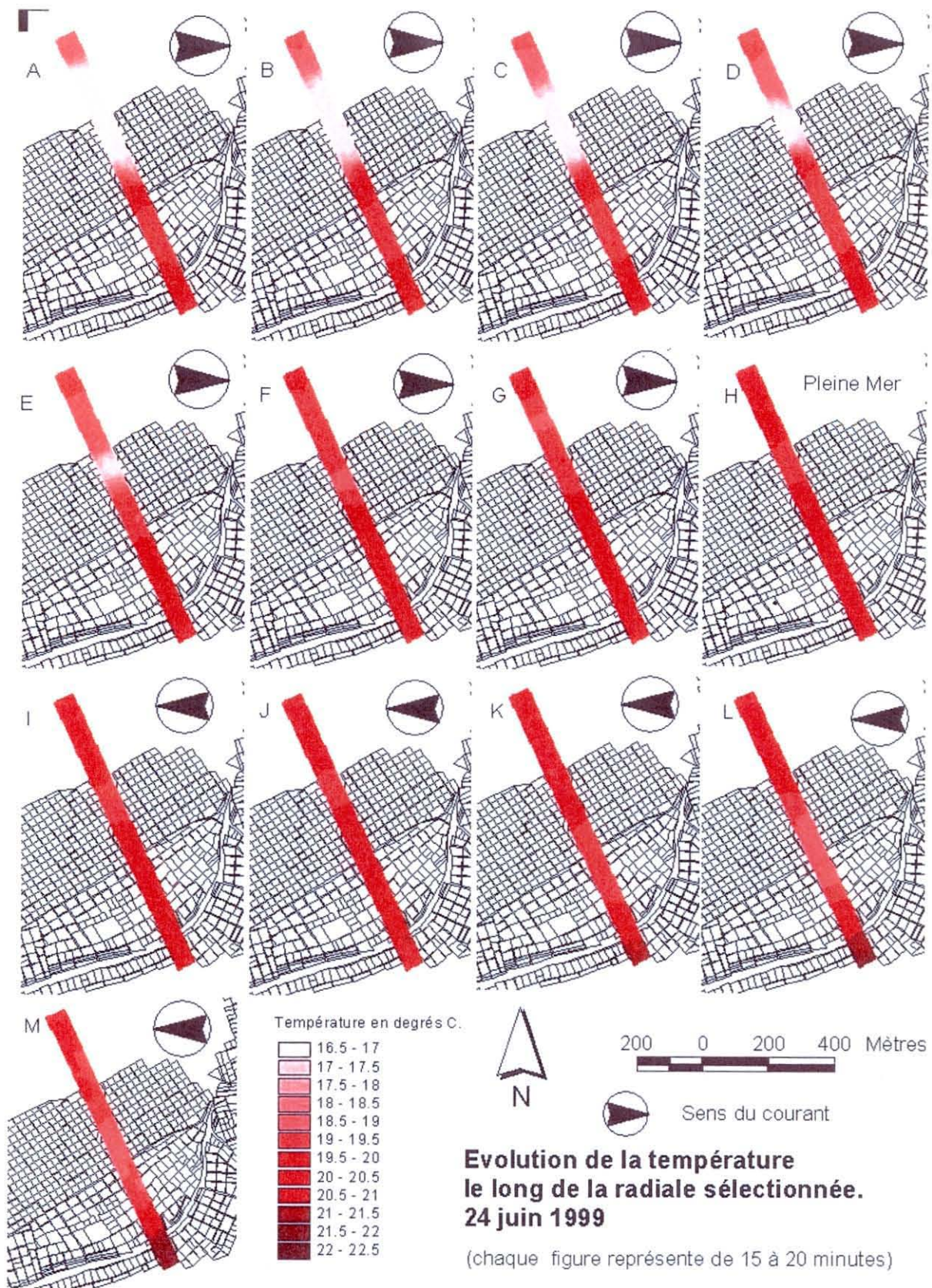


Figure 16 : Evolution de la température sur le banc de Ronce Perquis (24 juin 1999) autour de la pleine mer.

Estimation de la ressource trophique - validation de modèles biologiques

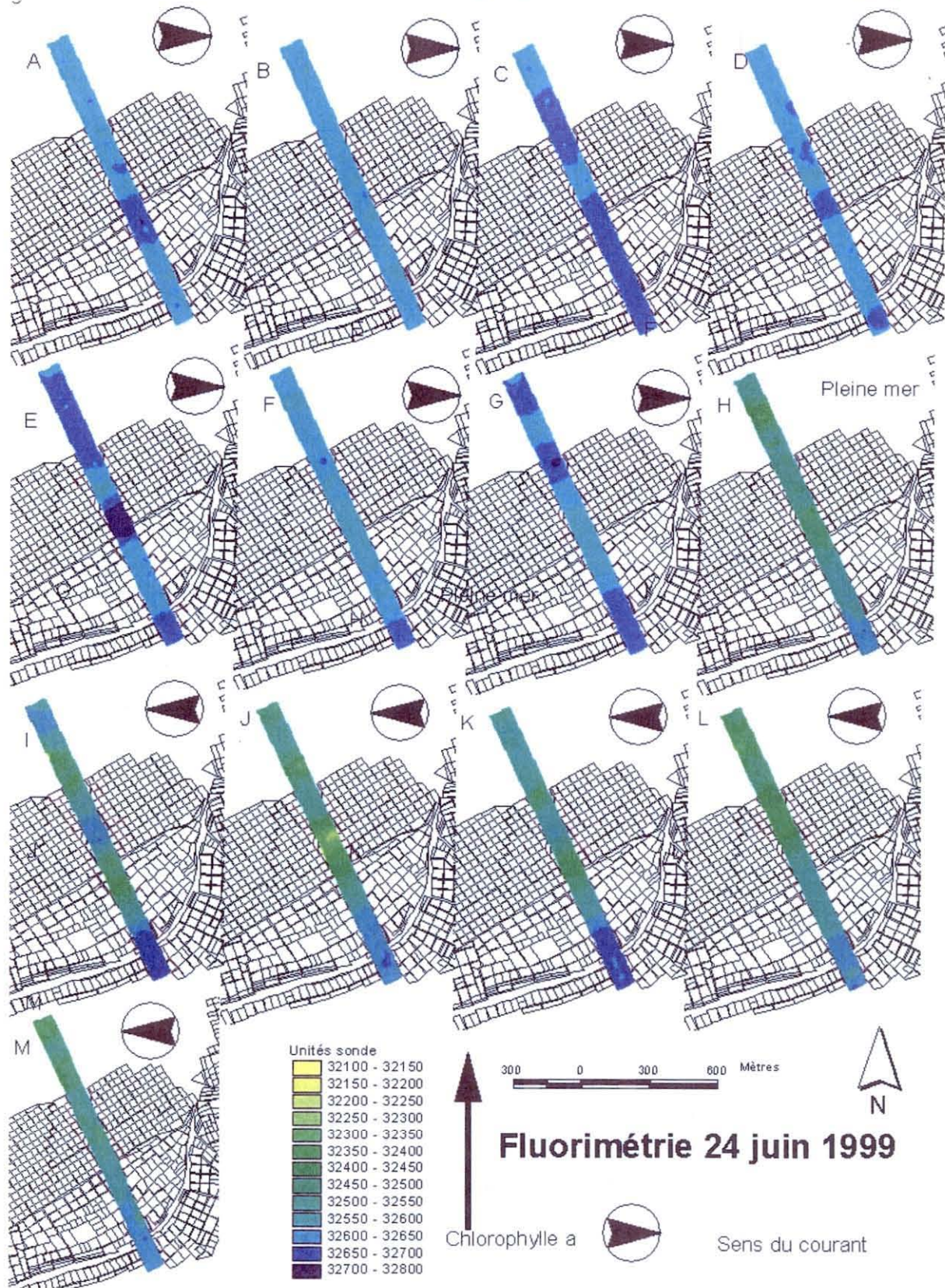


Figure 17 : Evolution de la fluorimétrie sur le banc de Ronce Perquis (24 juin 1999) autour de la pleine mer.

Estimation des taux de filtration de la colonne d'eau par les animaux en élevage

En terme d'aménagement, et d'assistance technique à la profession sur la gestion des cheptels (e.g. normes de densité d'élevage), il est important de disposer de données, ou de modes d'évaluation de l'utilisation de la ressource par les cheptels en place. C'est un des buts des campagnes régulières (tous les 5 ans) d'estimation des stocks en élevage réalisées à Marennes-Oléron.

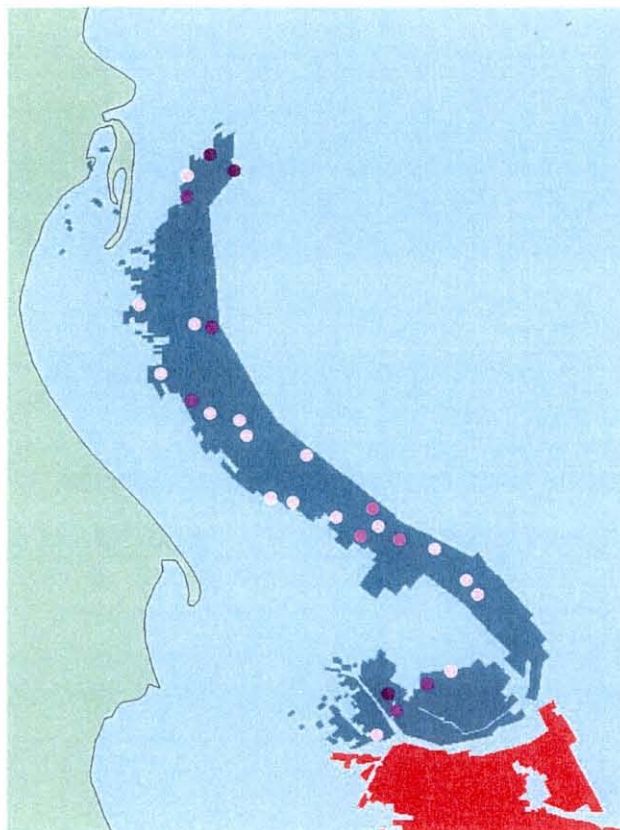


Figure 18 : Points d'échantillonnage terrain pour l'évaluation des stocks d'huîtres en élevage.

Ces campagnes comprennent un tirage aléatoire de points d'échantillonnage sur le terrain (Figure 18), sur lesquels sont mesurés la densité d'élevage en place, ainsi que l'âge et le mode de culture. Après acquisition, ces données ponctuelles peuvent être interpolées de façon à obtenir un raster d'occupation, en poids total, ou en densité par unité de surface (Figure 19).

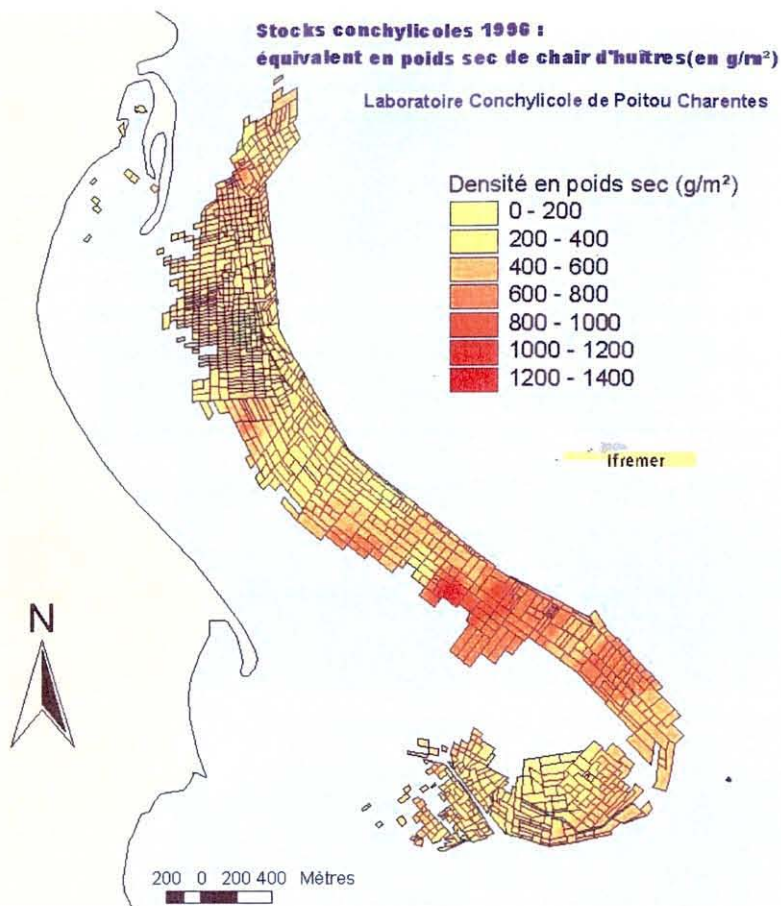


Figure 19 : Interpolation spatiale des données de densité d'huîtres en élevage échantillonnées, estimation en poids sec de chair par unité de surface.

Après transformation en équivalent poids sec de chair d'huître au mètre carré, on peut alors appliquer différents modèles d'écophysiologie de l'huître (filtration, respiration...). Le taux de filtration, ou C.R. (Clearance Rate), a été utilisé (Figure 20), (Bougrier *et al.*, 1995). La côte altimétrique des parcs est donnée par le couplage cadastre DDAM/bathymétrie DDE. Il est donc possible de calculer à tout moment la hauteur d'eau, donc le volume présent au-dessus d'un mètre carré au sol. L'estimation du pourcentage de cette colonne d'eau filtré par les huîtres a été calculée à une température de 19°C. Le calcul est réalisé toutes les dix minutes sur une marée, de façon à tenir compte de la variation de volume d'eau disponible pour les huîtres au cours du flot (ou du jusant). Le courant global a été choisi sur un axe Nord-Sud. L'apport d'eau neuve, ou le transport d'eau filtrée, a été simulé par déplacement vers le Sud (en flot), ou vers le Nord (en jusant) du raster résultat du calcul précédent. La distance de déplacement est fonction de la vitesse du courant choisie.

Les densités d'huîtres utilisées proviennent de l'échantillonnage de terrain réalisé en 1996. Le coefficient de marée choisi est un coefficient moyen de 80. Le résultat de cette simulation montre qu'avec les densités utilisées, la colonne d'eau est filtrée plus de deux fois au cours d'une marée dans les secteurs les plus chargés en biomasse (Figure 20). Ceci n'est le fait que de surcharges fortes, mais très localisées, correspondant à quelques éleveurs tout au plus. Ceci démontre bien que l'influence des cheptels ne se limite pas à une proximité immédiate, (e.g., parcelle), mais pénalise tout un secteur d'élevage environnant.

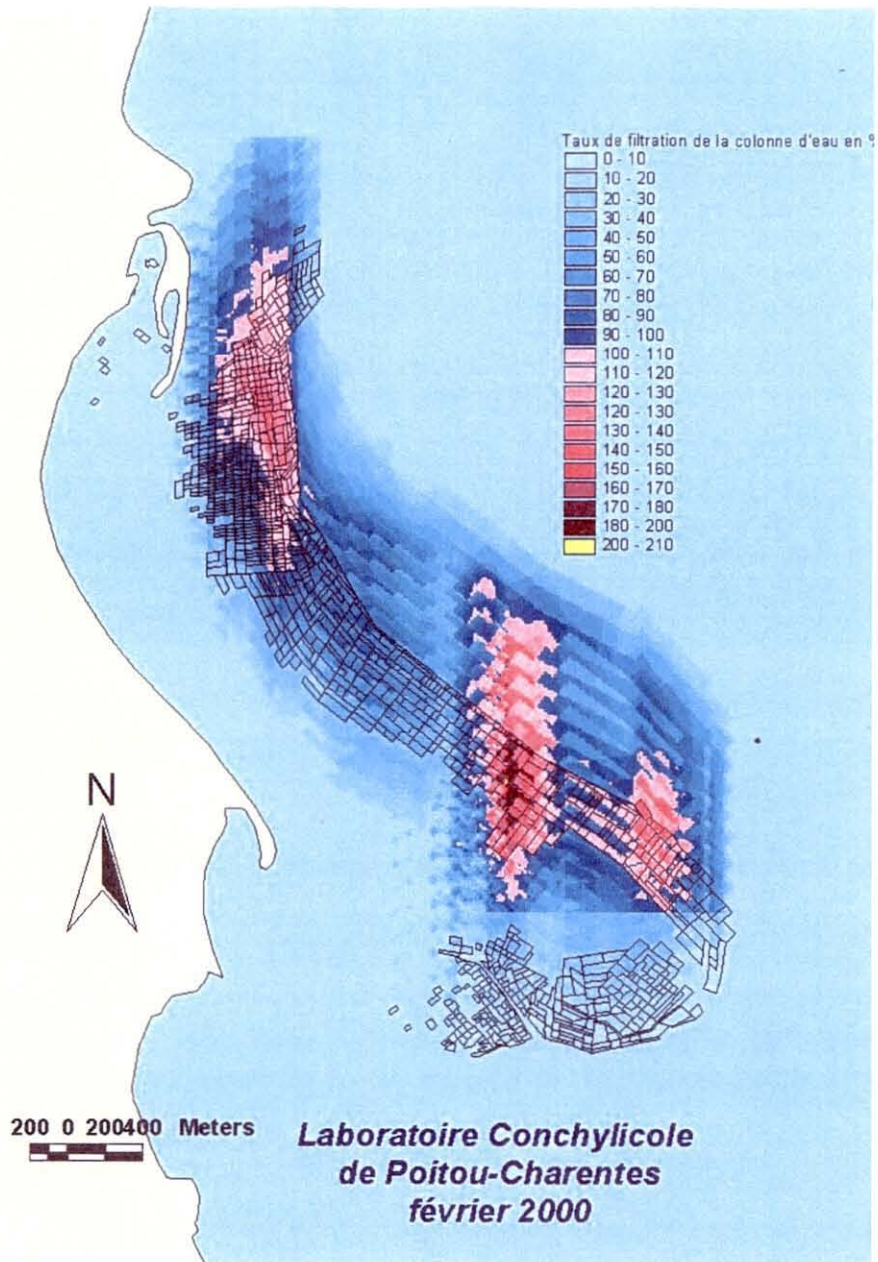


Figure 20 : Modélisation du taux de filtration de la colonne d'eau par les huîtres en élevage sur 210 minutes centrées sur la pleine mer (coef 80). Modèle de filtration à 19° (Bougrier *et al.*, 1995) appliqué sur des poids secs interpolés.

Travaux en cours

Développement d'un outil de gestion spatialisée des stocks conchylicoles dans les Pertuis Charentais

Le Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes a entre autres missions celle de développer différents réseaux de suivi de la ressource dans la zone géographique des Pertuis Charentais.

L'une des couches de données disponibles dans le SIG concerne le cadastre conchylicole de l'ensemble des concessions exploitées dans le bassin de Marennes-Oléron. Il s'agit d'une couche essentielle pour un laboratoire côtier. Le cadastre est le support référencé sur lequel sont développés les calculs d'estimations de stocks conchylicoles en élevage, à des fins d'aménagement. A Marennes-Oléron, ces estimations de stocks sont effectuées tous les 5 ans en deux opérations distinctes. En premier lieu, le taux d'exploitation est estimé à partir d'une couverture photographique aérienne (Figure 21). En un second temps, un échantillonnage sur le terrain donne les éléments de biomasse par unité de surface, ainsi que les caractéristiques des élevages (âge, nature de collecteurs...). L'ensemble des informations est traité via un logiciel spécifique de calculs statistiques développé sous la base de données et langage Kman (SGBD) (Maurer, 1989).

Le travail en cours a pour but de structurer et développer une base de données sous ACCESS pour un traitement statistique ultérieur. Celle-ci sera interrogeable depuis le SIG Arc View pour mise en forme cartographique.

Le module Spatial Analyst de ESRI sous ARCVIEW est adapté à l'analyse spatiale des taux d'occupation des élevages au sol, à partir de photos aériennes rectifiées et géoréférencées (orthophotos).



Figure 21 : Orthophoto aérienne utilisée pour analyse sous SIG des taux d'occupation au sol par les élevages.

L'automatisation au moins partielle de l'analyse des photos aériennes pour l'obtention des taux d'occupations complètera ce qui devrait être un outil d'étude de stocks, depuis le

tirage aléatoire des points d'échantillonnage jusqu'à l'analyse et la représentation cartographique. Le fait de rendre compatible la base de données sous Access avec le SIG va nous permettre d'analyser l'évolution dans le temps de l'occupation du sol par les élevages. Cet élément peut être par ailleurs un indicateur d'évolution de l'environnement.

**Programme d'estimation du taux d'occupation
des élevages conchylicoles en surélevé par analyse d'orthophotos aériennes.**

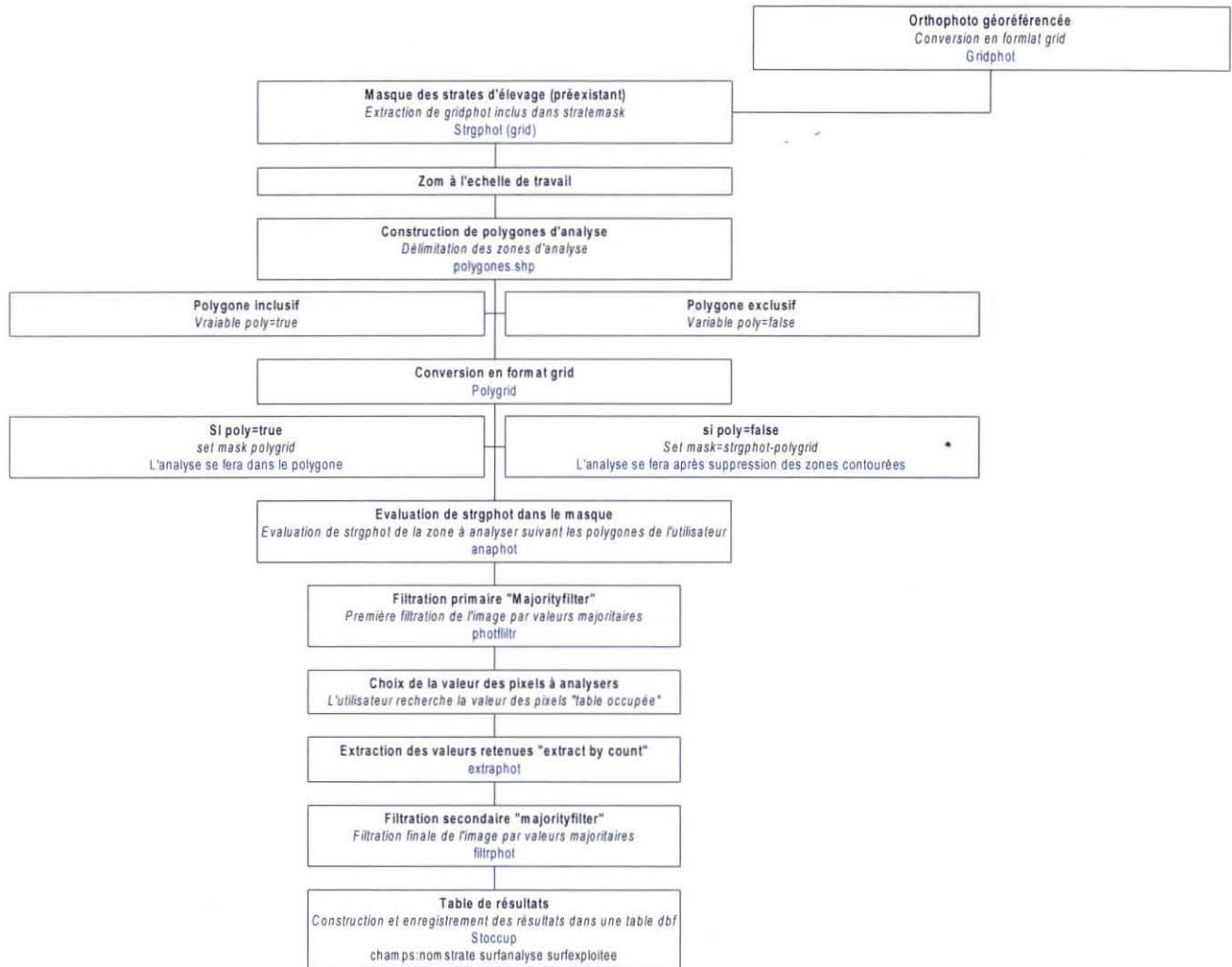


Figure 22 : Schéma conceptuel du programme d'analyse des orthophotos.

Caractères gras : action
Italiques : commentaire
Bleu : résultat

La Figure 22 représente le modèle du programme d'analyse des photos en cours de développement, en langage avenue sous arc view. Le principe est de rendre ce type de traitement aussi transparent que possible, et accessible à un utilisateur non spécialiste du logiciel.

A partir du cadastre conchylicole, des masques d'analyse sont construits, par agrégation des parcelles de la strate, et conversion du polygone obtenu en raster (*stratemask*). L'orthophoto aérienne est également convertie du format image au raster (*gridphot*). On extrait ensuite la portion de *gridphot* contenue dans *stratemask*, ceci afin de minimiser les surfaces à analyser, ainsi que le temps de calcul. Ce sont les trois étapes préalables nécessaires au programme d'analyse.

En début de programme, la main est laissée à l'utilisateur pour qu'il choisisse son échelle d'affichage (*zoom*). Le choix lui est donné ensuite de tracer le contour des polygones qu'il veut analyser (polygones *inclusifs*), ou de construire des polygones d'exclusion (*exclusifs*). Cette étape est nécessaire, pour que l'utilisateur puisse valider la surface à analyser, et éliminer les artéfacts. Il fixe ainsi la valeur de la variable *poly* qui déterminera dans une étape ultérieure l'extension de la surface analysée. Les polygones numérisés à la main sont ensuite convertis en raster (*polygrid*). Le programme évalue alors *strgphot* selon le mode de polygones choisis (*anaphot*). Il s'agit en fait de la surface à analyser, choisie par l'utilisateur comme valide.

Un premier filtre est alors appliqué (*majorityfilter*) ; il a été choisi comme le plus adapté à ce travail. Il agit en éliminant les pixels dont les voisins (4 ou 8 au choix) ont une valeur différente. Autrement dit, il élimine le bruit de fond de la photo d'origine. On obtient alors un autre raster, nommé *photfiltr*.

Chaque pixel ayant sa propre valeur en format raster, la main est laissée ensuite à l'utilisateur pour qu'il détermine la valeur des pixels représentant les tables à huîtres occupées. Quand cette valeur est fixée, le programme extrait tous les pixels qui ont cette valeur dans *photfiltr* (*extraphot*). Une nouvelle fois le filtre majoritaire est appliqué pour affiner le premier traitement (*filtrphot*). Le nombre de pixels représentant les tables à huîtres est alors compté, ainsi que la surface totale analysée, et stocké dans une table Dbase de résultats (*stoccup.dbf*).

Chacune de ces étapes est validée par l'utilisateur, qui accepte ou non le passage à la suivante.

Adéquation ressource trophique / stocks en élevage

Gestion de la Mytiliculture Charentaise

Application du Système d'Information Géographique (SIG) embarqué à l'étude de la disponibilité de nourriture aux cheptels en élevage

La mytiliculture charentaise a montré en 1999 une importante baisse de production corrélée probablement à des événements climatiques particuliers et une possible surcharge biologique des élevages.

L'objectif du travail en cours est d'évaluer d'un point de vue spatio-temporel la déplétion de nourriture au niveau d'un secteur d'élevage sur bouchots à priori surchargé malgré la mise en place récente d'un schéma des structures. Une validation sur les rendements de production mytilicole et une évaluation des biomasses locales en élevage sont effectuées en parallèle. Ce secteur fait l'objet d'un Contrat Territorial d'Exploitation afin de proposer une baisse de la densité d'élevage par les professionnels locaux, ce qui a motivé cette étude.

Les campagnes de suivi des paramètres environnementaux sont effectuées au moyen du bateau IFREMER), équipé du SIG Pertuis Charentais couplé aux sondes multiparamétriques (T°, pH, salinité, turbidité, et O₂ dissous) et fluorimétrique. Un échantillonnage spatialisé permet d'évaluer le gradient nord-sud de déplétion de nourriture à travers le champ de bouchots mytilicoles. Le champ de courant est obtenu par les modèles

déjà développés sur le bassin de Marennes-Oléron, avec une validation localisée par des mesures in-situ au moyen d'un courantmètre (Leyrit, 2000), destinée à obtenir un facteur correctif correspondant à l'influence des bouchots sur l'hydrodynamique. Une population calibrée de moules est répartie sur trois sites de production afin de couvrir spatialement le secteur d'élevage. Un bilan de production est effectué par une analyse des caractéristiques biométriques et biochimiques de ces populations de façon mensuelle sur chaque site.

Le couplage de ces données est effectué via la modélisation de la déplétion spatiale de la nourriture sur le secteur d'élevage. Les données d'écophysiologie des cheptels sont basées sur des expérimentations antérieures sur cette espèce (Barillé, 1996 ; Guraini, 1998 ; Grant et Bacher, 1997). Des simulations sont effectuées sur les logiciels Stella et Matlab afin d'évaluer des densités d'élevage optimales sur un tel secteur.

En résumé, cette étude comprend plusieurs aspects : acquisition de données sur le terrain, analyse de données dans un système d'informations géographiques existant, et modélisation.

Un suivi mensuel est nécessaire, au vu de la très forte évolution des paramètres environnementaux, comme de l'état physiologique (et donc de la capacité de filtration) des moules.

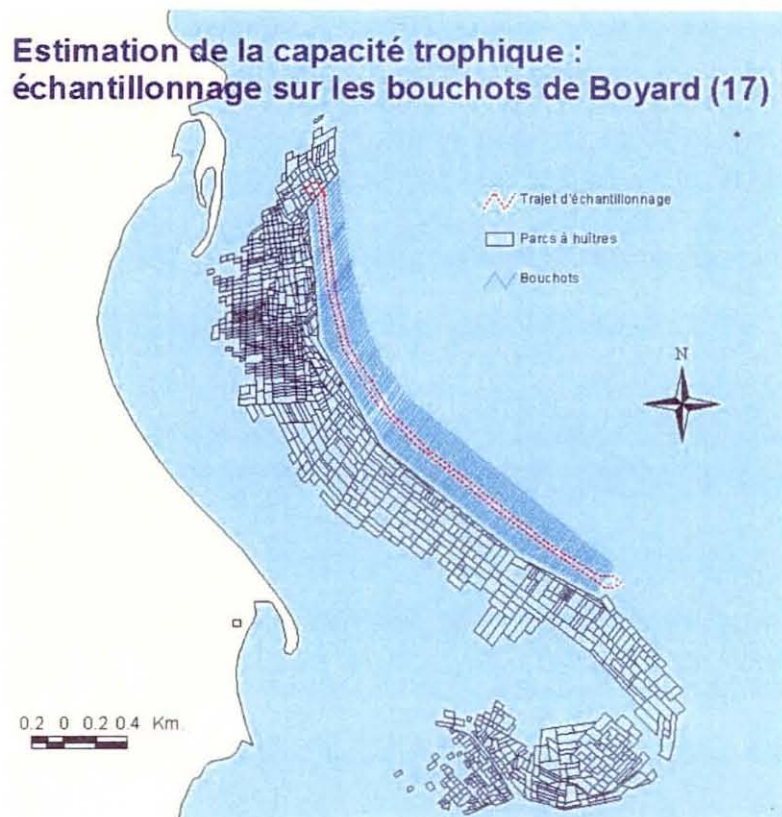


Figure 23 : Trajets d'acquisition sur la zone de bouchots.

Les différentes campagnes d'acquisition ont montré que cette technique était bien capable de mettre en évidence un phénomène de déplétion sur la zone étudiée. Sur la durée de l'étude, il n'a cependant pas été possible de corrélérer cela à des performances de croissance significativement différentes sur les lots de moules suivis comme cela avait pu se faire sur les huîtres (Soletchnik *et al.*, 1999 ; Le Moine *et al.*, 2000).

En conclusion de ce travail de modélisation, Sébastien Leyrit (2000) précise :

"Les résultats des modèles sont encourageants : la croissance des moules est correctement prédite, et la déplétion de nourriture est nettement mise en évidence, bien que certaines hypothèses limitent encore le champ d'application de ce modèle. De plus, on peut constater que cette diminution alimentaire a un impact notable sur les croissances des moules.

On peut donc vraisemblablement penser que le Contrat Territorial d'Exploitation qui viserait à dédensifier la zone de Boyardville en supprimant un pieu sur trois trouve ici sa justification, la déplétion de nourriture serait alors nettement amoindrie. Cela aurait vraisemblablement un effet positif sur le courant, donc un meilleur renouvellement des eaux, et sur la croissance. Par ailleurs, la simulation d'une augmentation de vitesse de courant démontre un effet significatif et positif sur la croissance des moules. Par conséquent, une modification de la répartition spatiale des pieux pourrait être envisagée afin d'améliorer cette vitesse de courant.

Néanmoins, les résultats de ces modèles restent encore limités, car certains paramètres demandent des études complémentaires pour être validés, et la remise en suspension du phytobenthos devra être prise en compte en vue d'une amélioration du modèle de déplétion.

De plus, il faudra étudier le comportement de ces modèles sur le long terme, la période d'étude pouvant s'avérer être un facteur limitant.

Cependant, les modèles réalisés sont aujourd'hui des outils opérationnels, premières approches utiles pour les études à venir de la zone de bouchots de Boyardville."

Conclusion

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des systèmes très puissants, non seulement comme outil de présentation d'informations spatialisées, mais également comme un système évolué d'analyse spatiale. L'antériorité de ce type de systèmes d'informations en Charente-Maritime (groupe Sillage de l'IFREMER) a évidemment facilité le développement d'outils complémentaires ou connexes au Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes.

Dans le cadre d'un laboratoire côtier de l'IFREMER, ils peuvent être utilisés comme outil d'acquisition de données, d'analyse, et de présentation des résultats. Il facilite le transfert d'informations vers le public, les instances professionnelles de la conchyliculture, et les divers organismes producteurs de données (Universités, collectivités territoriales, services de l'Etat) (Le Moine *et al.*, 1998 a ; IFREMER, 1999).

La constitution de bases de données cohérentes est en cours au niveau national coordonnée par le service DEL/AO (Foucher, 1999). Elle devrait permettre à tous les laboratoires côtiers d'utiliser ces systèmes avec encore plus d'efficacité dans un avenir proche. Les différents développements et programmes développés au LCPC vont dans le même sens.

Index des illustrations

Figure 1 : Architecture matérielle du système de localisation/SIG embarqué sur le chaland du laboratoire. _____	7
Figure 2 : Sonde multiparamétrique et fluorimètre. _____	8
Figure 3 : Sondes en acquisition. _____	8
Figure 4 : Trajet d'acquisition de données hydrologiques ; application des données de salinité aux points de mesures (échantillonnage aléatoire). _____	9
Figure 5 : Couches d'informations prises en compte pour la sélection sous SIG des zones potentielles en vue de la culture en eau profonde (Sillage, 1997). _____	11
Figure 6 : Carte 1, zones potentielles pour la culture d'huîtres en eau profonde, carte 2, points d'échantillonnage du sédiment. _____	12
Figure 7 : Etude de la portance du sol en vue de la culture d'huître en eau profonde. _____	13
Figure 8 : Plan de dragage d'une coursière sur les bancs ostréicoles de Perquis et Ronce (in Populus et al., 1999) _____	14
Figure 9 : Points d'échantillonnage spatialisés. _____	15
Figure 10 : Modèle de production journalière de chair dans les élevages à plat. _____	16
Figure 11 : Calcul de la perte de temps d'immersion en % par un exhaussement du sol de 50 cm (Sillage, 1997). _____	17
Figure 12 : Trajets d'échantillonnage spatio-temporel : transects parallèles, visualisés par le pilote du chaland sur le micro-ordinateur embarqué. _____	18
Figure 13 : Transect de mesure, affectation zonale aux sites d'échantillonnage. _____	19
Figure 14 : Interpolation spatiale des données d'oxygène dissous sur le banc de Ronce-Perquis, les chiffres donnent l'ordre de passage du bateau. _____	20
Figure 15 : Interpolation spatiale des données de salinité (méthode Inverse Distance Weighted). Evolution au cours de la saison printanière A : 22 avril 1998, B : 19 mai 1998, C : 16 juin 1998, D : différence 19 mai-22 avril (Le Moine, 1998 b) _____	21
Figure 16 : Evolution de la température sur le banc de Ronce Perquis (24 juin 1999) autour de la pleine mer. _____	23
Figure 17 : Evolution de la fluorimétrie sur le banc de Ronce Perquis (24 juin 1999) autour de la pleine mer. _____	24
Figure 18 : Points d'échantillonnage terrain pour l'évaluation des stocks d'huîtres en élevage. _____	25
Figure 19 : Interpolation spatiale des données de densité d'huîtres en élevage échantillonnées, estimation en poids sec de chair par unité de surface. _____	26
Figure 20 : Modélisation du taux de filtration de la colonne d'eau par les huîtres en élevage sur 210 minutes centrées sur la pleine mer (coef 80). Modèle de filtration à 19° (Bougrier et al., 1995) appliqué sur des poids secs interpolés. _____	27
Figure 21 : Orthophoto aérienne utilisée pour analyse sous SIG des taux d'occupation au sol par les élevages. _____	28
Figure 22 : Schéma conceptuel du programme d'analyse des orthophotos. _____	29
Figure 23 : Trajets d'acquisition sur la zone de bouchots. _____	31

Références bibliographiques

Andrieu, P.Y. 1995. Les systèmes d'information géographique et l'aménagement du littoral : domaines d'application, méthodologie d'implantation. Mem. ens. Milit. Sup. 2^{ème} degré. Session 1995, Marennnes. 26p. et annexes.

Barillé, A. L., 1996. Contribution à l'étude des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton. Thèse, Université d'Aix-Marseille II, 311 p.

Bougrier, S., Geairon, P., Deslous-Paoli, J.M., Bacher, C. and Jonquière, G., 1995. Allometric relationships and effect of temperature on clearance and consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture, 134 : 143-154.

Dufourg C. 1999. Etude de la croissance de l'huître creuse *C. gigas* dans le bassin de Marenne-Oléron, en relation avec la variabilité spatiale des conditions hydrologiques et alimentaires de la zone d'élevage, à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG). Mémoire de DESS de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, UFR Sciences de l'Ecologie, Dynamique des Systèmes Aquatiques, 43p.

Durand, C. 1997. GPSVIEW : Conception et réalisation d'un logiciel de tracking sous arc view. Manuel

Forest, G., 1997. Etude de la mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas* sur le banc ostreicole de Ronce-Perquis (bassin de Marennnes-Oléron). DESS. Université de Caen, 69 p

Foucher E., Berthou. P, Le Moine O., Hitier B. et Populus J., 1999 J. Descripteurs spatiaux des usages en milieux côtiers : Cultures marines, Groupe de travail IFREMER, 8 p.

Gouletquer, P. , Soletchnik P., Le Moine O., Razet D., Geairon P., Faury N. and Taillade S., 1998. Summer Mortality of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the Bay of Marennnes-Oléron (France). Ices Statutory Meeting. Mariculture Committee CM 1998/CC : 14.Theme session (CC) : Population Biology

Grant J. and Bacher C., 1997. Comparative models of mussel bioenergetics and their validation at field culture sites. J Exp. Ma. Biol. Ecol., 219 : 21-44

Guarini J. M., 1998. Modélisation de la dynamique du microphytobenthos des vasières intertidales du bassin de Marennnes-Oléron. Thèse de doctorat, spécialité Océanologie Biologique Université Pierre et Marie Curie (Paris 6) : 176p.

Héral, M., 1985 Evolution et état du cheptel ostréicole dans le bassin de Marennes-Oléron : intérêt d'une régulation. RI-DRV 86.06-RA La Tremblade, 35p

IFREMER : Inventaire des zones d'aptitude aquacole du littoral Français 1999.

Le Moine O., 1998 (b). Eléments d'utilisation d'un SIG appliqué à la gestion de la ressource conchylicole. Séminaire IFREMER, S.I.R.S., Nantes.

Le Moine O. 1999 (a). Utilisation des systèmes d'information géographique dans le cadre des laboratoires côtiers. Etat des lieux dans le département RA. Communication aux journées conchylicoles, Nantes.

Le Moine O., 1999 (b). Conchyliculture et évolution de la Bathymétrie dans le bassin de Marennes-Oléron de 1970 à 1994, 7p.

Le Moine O. et Gouletquer P., 1998 (a). Atlas des marais de la Région Poitou-Charentes. Bilan des biomasses conchylicoles des Pertuis Charentais, IAAT-DRAF, 3p

Le Moine O., Razet D., Dufourg C., Soletchnik P., Faury N., Gouletquer P., Geairon P., et Robert S., 1999 (c). Développement d'une méthodologie de cartographie spatiale des paramètres hydrologiques des élevages côtiers d'huîtres, à l'aide d'un Système d'Information Géographique (sig). Coastgis1999 Brest, 7p.

Le Moine O., Robert S., 1999 (d). Projet eau profonde, rapport de mission.3p.

Le Moine O., Razet D., Dufourg C., Robert S., Geairon P., Faury N., Soletchnik, P. and Gouletquer P., 2000. Carrying capacity assesment of a shellfish area by using a GIS and in-situ continuous monitoring multiparameter probes. WAS 2000.

Leyrit S., 2000. Gestion de la Mytiliculture Charentaise : Application du Système d'Information Géographique (SIG) embarqué à l'étude de la disponibilité de nourriture aux cheptels en élevage. Rapport de fin d'études Ecole Centrale de Lyon, 78p.

Lodato, M. I., 1997. Mortalité estivale de l'huître creuse, *Crassostrea gigas*, sur les bancs ostréicoles de Perquis et Ronce (Bassin de Marennes-Oléron) : Etude des pratiques culturelles et des caractéristiques biologiques et spatiales des élevages. Thèse, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, 127 p.

Loubersac L., Populus J., Durand C., Prou J., Kerdreux M., Le Moine O., 1997. Système d'information à référence spatiale et gestion d'un espace de production ostréicole : le cas du

Bassin de Marennes-Oléron (France). Bordomer : Aménagement et protection de l'environnement littoral, 12p.

Maurer D., 1989. Stoc : conception et réalisation d'un logiciel d'évaluation des stocks conchyliques sous K.MAN. Manuel.

Populus, J., Loubersac L; Prou J., Kerdreux M., and Le Moine O., 1997 Geomatics for the management of oyster culture leases and production. Coastgis 1997.

Populus, J., Loubersac L., Prou J., Kerdreux M., et Le Moine O., 1999 : Les outils géomatiques pour des applications de gestion du secteur ostréicole. Cahiers de la géomatique

Sillage 1997. Systèmes d'informations localisées pour l'aménagement et la gestion des espaces côtiers marins. Eléments d'un bilan et perspectives. Rapport interne.

Soletchnik P., Le Moine O., Razet D., Faury N., Geairon P. and Gouletquer P., 1998. Summer mortality of the Pacific cupped oyster in the Bay of Marennes-Oléron (France) spatial variability of environmental parameters, growth and production rates using a geographical information system (GIS). Aquaculture and water : fish culture, shellfish culture and water usage. EAS Aquaculture Europe, october 7-10, 1998.EAS Special publication N°26 : 255-256 (Poster).

Soletchnik P., Le Moine O., Faury N., Razet D., Geairon P., Gouletquer,P., 1999. Mortalité de l'huître *Crassostrea gigas* dans le Bassin de Marennes-Oléron. Etude de la variabilité spatiale de son environnement et de sa biologie par un système d'information géographique (SIG). Aquat. Living Resour., 12 (2) 131-143.

RIDRVOOO

N° RI DRV	DEPARTEMENT	LABORATOIRE	AUTEURS	TITRE	DATE SORTIE	DIFFUSION	NB PAGES	TIRAGE
00/01	RH	Port-en-Bessin	E. Foucher, A. Tetard, O. Abellard	Essai d'un chalut sélectif pour la pêche à la crevette grise en estuaire de Seine. Résultats et perspectives.	fév	libre	23	50
00/02	RA	La Tremblade	O. Le Moine, P. Geairon, P. Soletchnik, N. Faury, P. Gouletquer, S. Robert, D. Razet, S. Heurtebise, S. Taillade	Réseau de surveillance de la croissance et de la production de l'huître creuse <i>C. gigas</i> dans le bassin de Marennes Oléron: bilan de 12 années de suivi (1986-98)	mars	libre	57	
00/03	RH	Boulogne-sur-mer	A. Carpentier, F. Coppin	Campagnes expérimentales de chalutage en Manche orientale. Les campagnes CGFS 1997 et 1998.	mars	libre	174	40
00/04	RA	La Tremblade	P. Soletchnik, O. Le Moine, N. Faury, D. Razet, P. Geairon, S. Robert, P. Gouletquer, S. Taillade	Mortalité et croissance de l'huître creuse <i>C. gigas</i> dans le Bassin de Marennes Oléron. Résultats obtenus sur le site atelier de Ronce-Perquis en 1997-1999	mars	libre	83	
00/05	RH	LASAA - Brest	A. Edeyer	Caractérisation du comportement chimique du complexe otosaccolithe en réaction à des perturbations induites.	mars	libre	212	50
00/06	RH	Nantes (MAERHA) Boulogne-sur-mer	V. Trenkel, C. Mellon	Comparaison de deux méthodes conduisant aux structures démographiques en âge des débarquements de merlans (<i>Merlangius merlangus</i>) de Manche Est et du sud de la Mer du Nord	mars	libre		
00/07	RA	Tahiti	G. Le Moullac, L. Chim, P. Lemaire, G. Cuzon, R. Bouveret, P. Le Roux, B. Bertin, O. Parry, D. Saulnier, D. Ansquer	Etude de la relation santé-nutrition chez la crevette <i>Penaeus stylirostris</i> . Recherche de l'effet des protéines alimentaires sur les défenses et la résistance à l'infection: aspect quantitatif	avril	libre	50	
00/08	RH	La Rochelle	JP. Leaute	Typologies des flottilles du sud du Golfe de Gascogne en 1986, 1989, 1992 et 1995 de Noirmoutier à Bayonne. Description et évolution des composantes de pêche.				
00/09	RH	Nantes - (ECOHAL)	D. Halgand, G. Arzul, M-L Cochard, E. Erard-Le-Denn, J. Huet, J. Le Claire, F. Quiniou, A. Tétard	Surveillance écologique et halieutique de l'environnement marin du site de la centrale de Penly (Manche est): année 1999	mai	restreinte	139	40
00/10	RA	Port-en-Bessin	M. Ropert, J. Kopp	Etudes des mortalités ostréicoles de l'hiver 1998-1999 en Baie des Veys. Caractérisation et analyse temporelle des dessalures observées sur les parcs conchylicoles de la Baie des Veys depuis 1996.	juin	libre	53	
00/11	RA	Brest	M. Suquet	Le lieu jaune <i>Pollachius pollachius</i> : biologie, pêche, marché et potentiel aquacole.	juin	libre	20	
00/12	RA	Brest	M. Suquet, J. Person-Le-Ruyet	Les rougets-barbets: biologie, pêche, marché et potentiel aquacole	juillet	libre	46	

