

## Les outils géomatiques pour des applications de gestion du secteur ostréicole

POPULUS Jacques\*, LOUBERSAC Lionel\*, PROU Jean\*\*,  
KERDREUX Michel\*, LE MOINE Olivier\*\*\*

\* Ifremer DEL/AO - BP 70 - 29280 PLOUZANE, \*\* Crema - BP5 - 17137 L'HOUMEAU,

\*\*\* Ifremer URAPC - BP 133 - 17390 LA TREMBLADE

Web site : <http://www.ifremer.fr/sillage>

### Introduction

A Marennes-Oléron, Héral (1986) a décrit la relation entre la production annuelle et la biomasse d'huîtres sur une période d'un siècle. Il a conclu que le déclin de la croissance des huîtres était dû à un sur-stockage par rapport à la capacité trophique du bassin. En outre, les grands espaces intertidaux offrent certes de belles opportunités pour la culture de mollusques mais sont l'objet d'une forte bio-déposition (Sornin 1983), qui renforce la tendance à la sédimentation dans le bassin.

La gestion spatiale de la l'activité d'élevage des huîtres semble être un facteur clé pour son développement durable. En relation avec les Affaires maritimes, chargées de la gestion cadastrale, l'IFREMER a développé un système d'information géographique qui permet de mettre sous un même référentiel géographique divers types de données tels que la bathymétrie, la position des concessions, les mesures biologiques, le type de sédiment, mais aussi la réglementation, les résultats des modèles hydrodynamiques et trophiques, etc... Une analyse croisée de ces différentes couches permet d'argumenter les avis pour une meilleure utilisation de l'environnement et de l'espace.

### Matériel et méthodes

Arc View a été sélectionné comme logiciel SIG de ce projet tandis qu'Autocad a été retenu pour la numérisation des cartes cadastrales. Pour la saisie des données, les formats de transfert « dwg et dxf » ont été successivement utilisés avant transformation des éléments vecteurs en couvertures Arc Info puis en « shapefile » Arcview. Les données maillées ont été manipulés à l'aide d'une extension adaptée aux images dénommée « Spatial Analyst ».

L'écriture de programmes a été limitée au minimum. Il a néanmoins été nécessaire d'écrire une routine en langage AML d'Arcinfo afin de a) créer une topologie à partir des fichiers numérisés sous forme de « spaghettis », b) récupérer depuis les attributs sous Autocad les numéros de feuille et de concession permettant de créer le son numéro univoque de chaque parcelle. Pour les autres opérations ou requêtes, les fonctions résidentes d'Arcview ont été suffisantes, ce qui est un argument important vis à vis du futur transfert vers de utilisateurs locaux.

Concernant le référentiel cartographique, en zone côtière la projection Mercator est la plus couramment utilisée, ceci pour des raisons liées à la navigation. Du côté terrestre, l'Institut Géographique National utilise la projection conforme conique Lambert. Considérant l'objectif du projet, ses liens avec d'autres sources de données et ses utilisateurs potentiels, il est apparu plus approprié d'utiliser un référentiel terrestre plutôt que maritime. Le système Lambert est aussi adopté par les services maritimes des Directions Départementales de l'Équipement, en charge des travaux portuaires et de protection du littoral.

Des interpolations sont nécessaires pour restituer les valeurs d'une variable en des endroits où manque la mesure, que ce soit pour fournir en sortie des fichiers maillés (modèle numérique de terrain) ou des lignes de niveau. Ceci est très courant en bathymétrie mais peut aussi concerner des données biologiques telles que des échantillons de biomasse d'huîtres ou des données de croissance. La géostatistique a pour objectif d'analyser la structure spatiale d'un phénomène (une variable) en construisant son variogramme expérimental. L'interprétation du variogramme permet d'ajuster un modèle structurel et de choisir un voisinage d'interpolation. Le calcul d'une valeur inconnue est effectué par une somme pondérée des échantillons contenus dans son voisinage, le modèle fournissant les coefficients. Le krigeage a été effectué ici avec le logiciel Isatis distribué par Géovariances.

## Les plans cadastraux

### *Description*

Le bassin de Marennes Oléron est couvert par 170 plans cadastraux contenant 22000 parcelles pour une surface totale de 2900 ha.

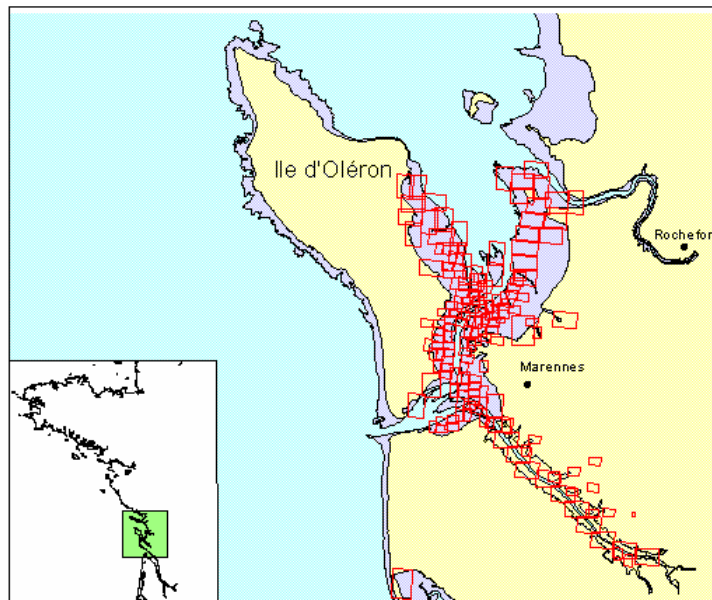


Figure 1 : Plan de situation du bassin de Marennes Oléron, Charente Maritime, France.

Leur attribution et leur gestion est du ressort des Affaires Maritimes. Jusqu'à présent ce travail de mise à jour graphique des

concessions était effectué manuellement sur les plans en papier. L'ensemble du système des concessions était repéré dans un système de coordonnées locales ayant pour origine le clocher de la ville de Marennes. La bonne cohérence inter-feuilles étant assurée, il n'avait jamais été nécessaire dans cette configuration de contrôler la cohérence globale du système. Avec l'arrivée du numérique, la question d'un positionnement de qualité ne peut plus être éludée.

La numérisation des 22000 parcelles a été sous-traitée à un cabinet de géomètres, qui a fourni le travail sous la forme de fichiers au format Autocad contenant les couches suivantes : parcelles, chenaux, îlots, traits de côte et divers. Les numéros de feuille et de parcelle étaient attachés à chaque parcelle par un point label. Il a été nécessaire d'écrire une routine sous Arc Info afin de transformer polygones et polygones en une structure topologique et d'attacher à chaque parcelle son numéro univoque. Un travail complet de nettoyage, fermeture et détection d'erreurs a dû être entrepris afin de délivrer des fichiers intégrables proprement sous Arc View.

### ***Géo-référencement***

Afin de construire un polynôme de transformation, des points remarquables doivent être exprimés dans les deux systèmes de coordonnées. Un certain nombre de ces points existant déjà sur les plans traditionnels, la première opération a consisté à en vérifier la précision. Des différences allant jusqu'à 150 mètres ont été mises à jour entre des distances calculées dans les deux systèmes. De nouveaux points se révélant nécessaires, une opération de levés à l'aide d'un GPS différentiel a été organisée. Pour ces points, une précision EQM de 2 mètres a été obtenue grâce à une station de base éloignée de moins 20 km (pointe de la Coubre). La table 1 montre les écarts de distance entre le clocher de Marennes et 5 marques levées dans la partie nord-est du bassin. Un écart moyen positif de 18.5 mètres est enregistré. Le polynome d'Helmert ne pourra de toutes façons pas compenser les distorsion indiquées par la dispersion de 5.4 mètres, mais réalisera un ajustement au mieux.

Table 1. Ecart de distance entre référentiels Lambert et local pour 5 marques dans la zone NE du bassin de Marennes-Oléron.

<b>Nom de la marque</b>	<b>Ecart de distance (metres)</b>
Barques	10.9
Encluz	17.3
Les Anses	19.0
Piedmont	15.8
Refuge	29.5
Average/Std. dev.	18.5 / 5.4

Cette méthode reste la meilleure possible en n'utilisant qu'un nombre limité de points régulièrement répartis dans l'espace. La solution idéale consisterait à lever 3 à 5 points par feuille, à effectuer la transformation feuille par feuille puis à gérer les raccords, ce qui représenterait un travail considérable. Pour conclure, la cohérence du système a été privilégiée plutôt que sa précision de positionnement, étant entendu qu'un positionnement absolu à 5 mètres est reconnu acceptable pour les application visées.

### ***Cartographie des bancs***

Sur le terrain, les parcelles sont regroupées en bancs, entité physique correspondant à un ensemble de parcelles, mais aussi entité de gestion possédant son « comité de banc ». Afin de constituer ces bancs, la première opération a consisté à effectuer une requête sur le champ « nom de banc » dans la base de données administratives après qu'un joint logique a été créé avec le fichier des parcelles. Toutes les parcelles du banc en question sont alors sélectionnées et un « fondu spatial » peut être effectué, qui agrège les parcelles en un polygone unique. Par la jointure logique, le banc peut hériter des propriétés communes des parcelles qui le constituent. D'autres attributs propres peuvent lui être attachés, comme par exemple la biomasse d'huîtres sauvages (estimée par banc).

### ***La base de données administrative***

La base de données administratives contient 32 articles par concession, à savoir son numéro univoque, le numéro d'exploitant, le banc d'appartenance, le type d'activité, diverses dates (premier mouvement, dernier mouvement), etc... Un autre fichier existe, celui des concessionnaires, contenant diverses données d'état civil, qui peut être lié au premier grâce au

numéro d'exploitant. Ces données sont essentiellement administratives, bien que certaines soient d'un usage de gestion.

L'ensemble de cette base de données sémantiques est maintenu au niveau central des Affaires Maritimes pour l'ensemble du territoire. Elle subit de fréquentes mises à jour. A notre niveau, afin d'en conserver l'intégrité, elle n'est utilisée qu'à travers des jointures logiques.

Une expérience similaire de construction et de gestion d'une base de données en milieu côtier a été acquise par les auteurs lors du développement d'un SIG pour la perliculture en Polynésie Française (Chenon, 1990).

## La carte bathymétrique

### *Méthode d'interpolation*

La totalité du bassin de Marennes Oléron est régulièrement levée par le Service Maritime de la DDE. Le principal souci des conchyliculteurs mais aussi de l'ensemble des utilisateurs provient d'une tendance générale à la sédimentation favorisée par les cultures d'huîtres sur tables. Des campagnes bathymétriques ont été conduites en 1970, 1985 et plus récemment sur la période 1994-1996. Les sondes, espacées de 10 mètres suivant des profils espacés de 100

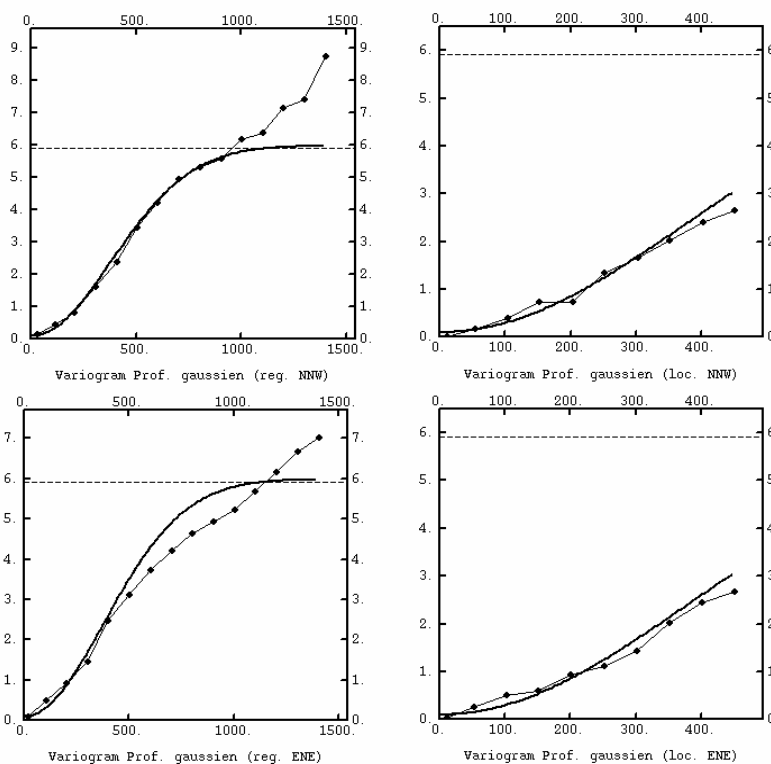


Figure 2 : Variogrammes locaux et régionaux dans les directions NNW et ENE ajustés par un modèle gaussien avec léger effet de pépite

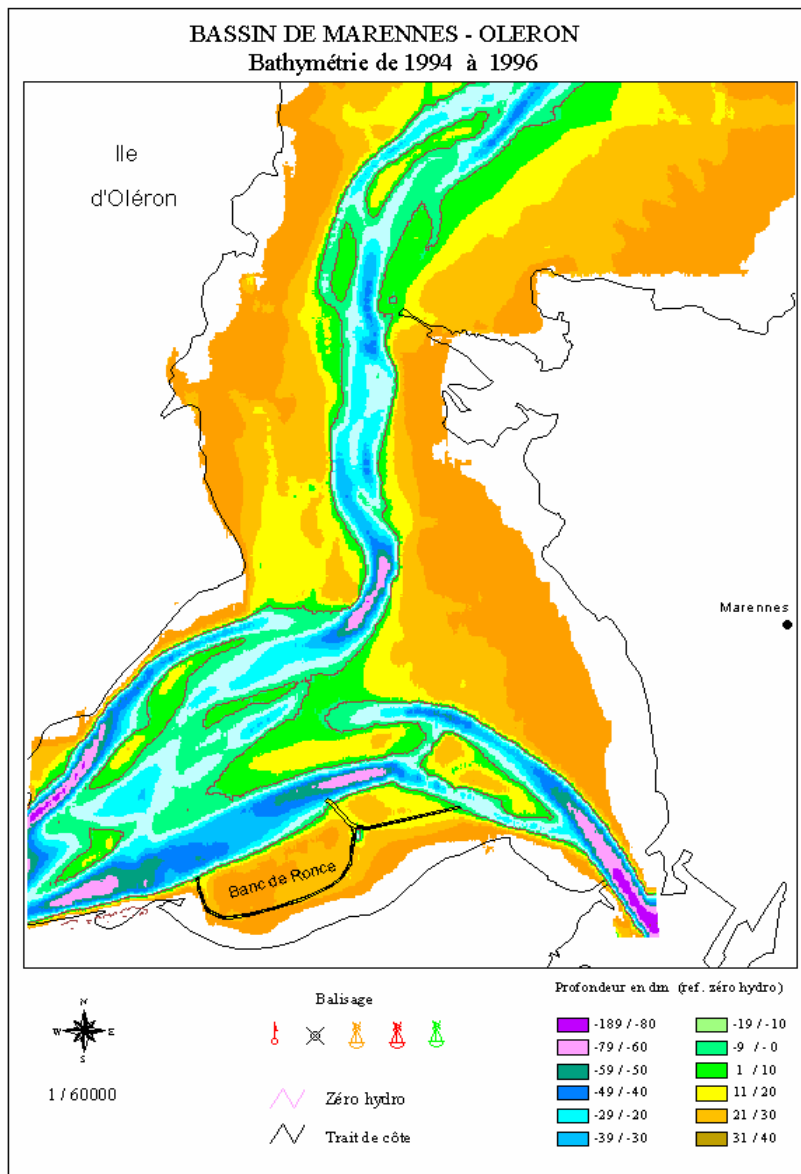


Figure 3 : modèle numérique de terrain de la partie marine (sud du bassin).

mètres, sont corrigées des effets de la marée afin de fournir une carte à l'échelle 1/10 000. Les levés sont limités à l'altitude approximative de 4 mètres au dessus du zéro hydrographique, pour un marnage de 6 mètres au maximum.

A l'issue des campagnes, les données sont délivrées sous forme de fichiers ascii contenant les coordonnées x, y en Lambert et la cote z en centimètres. Les variogrammes locaux (portée de 500 m) et régionaux (portée de 1500 m) sont générés par Isatis dans deux directions orthogonales (NNW et ENE), afin de tenir compte du caractère non-istrope du semis de points

(Constantin 1996, de Chambure 1991). L'ajustement est réalisé jusqu'à une distance d'environ 400 mètres du point considéré. Un léger effet de pépite de quelques centimètres est ajouté, afin d'éviter des problèmes d'inversion de matrice. Le voisinage est choisi de forme ovale avec respectivement 100 et 250 mètres de demi-axes horizontal et vertical.

La profondeur est restituée sur une grille au pas de 20 mètres. Le modèle numérique de terrain est visible sur la figure 3, illustrant sur une partie du bassin des profondeurs variant de -12 à +4 mètres.

### **Calcul de la profondeur par parcelle**

Le but de cette opération est de restituer la profondeur moyenne de chaque concession. C'est un problème classique de conversion entre système maillé et système vecteur, formats respectifs du modèle de terrain bathymétrique et du fichier des concessions (Durand, 1994). Le choix de la méthode dépend des tailles relatives des objets concernés. Si les pixels sont de taille équivalente à celle des parcelles, il est recommandé de convertir ceux-ci en polygones, d'en effectuer l'intersection et de calculer la somme pondérée par leur surface des fractions de polygones contenues dans chaque parcelle. Dans le cas présent, avec une taille de parcelle de 40 m environ et une taille de pixel de 20 m, l'intersection des deux couvertures de polygones représenterait plus de 200 000 polygones. Il est plus raisonnable de rechercher, pour une parcelle donnée, les centres de gravité des pixels qu'elle contient et d'en faire la moyenne. Cette opération a l'avantage d'être disponible directement dans Arc View Spatial Analyst sous le nom de « récapitulation ». L'altitude ainsi calculée apparaît dans la table 2 comme un nouvel attribut sous le nom « élévation ». La figure 6 illustre le cas du Banc de Ronce où les parcelles ont été colorées en fonction de leur altitude.

Table 2 : table du fichier des concessions. « Site » est le nom du banc, Cm1nat un code de type d'élevage.

Shape	Area	Cm1nat	Site	N° parcelle	Elevation (m)
Polygon	940	40	PERQUIS	24305517	2.8
Polygon	915	40	RONCE	25208051	0.7
Polygon	1888	31	PERQUIS	24302315	2.5
Polygon	1127	31	PERQUIS	24303816	2.6
Polygon	914	40	SABLE DE RONCE	24201531	2.6
Polygon	985	31	PERQUIS	24301814	1.8
Polygon	577	40	RONCE	25207560	-0.2
Polygon	904	31	SABLE DE RONCE	24205392	3.2
Polygon	906	40	SABLE DE RONCE	24204192	3.3
Polygon	921	31	SABLE DE RONCE	24206192	2.8

### **Le modèle de marée**

Les concessions ostréicoles sont situées sur de grands espaces intertidaux et subissent donc un temps d'immersion qui est fonction de leur altitude. Du fait de leur activité de filtration, la croissance des huîtres dépend directement de ce paramètre. Un modèle de marée utilisant les formules du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) a été écrit en langage de programmation Avenue. Le logiciel lancé sous Arc View restitue la hauteur d'eau à tout instant. Les résultats ont été comparés aux tables du SHOM et montrent très peu de

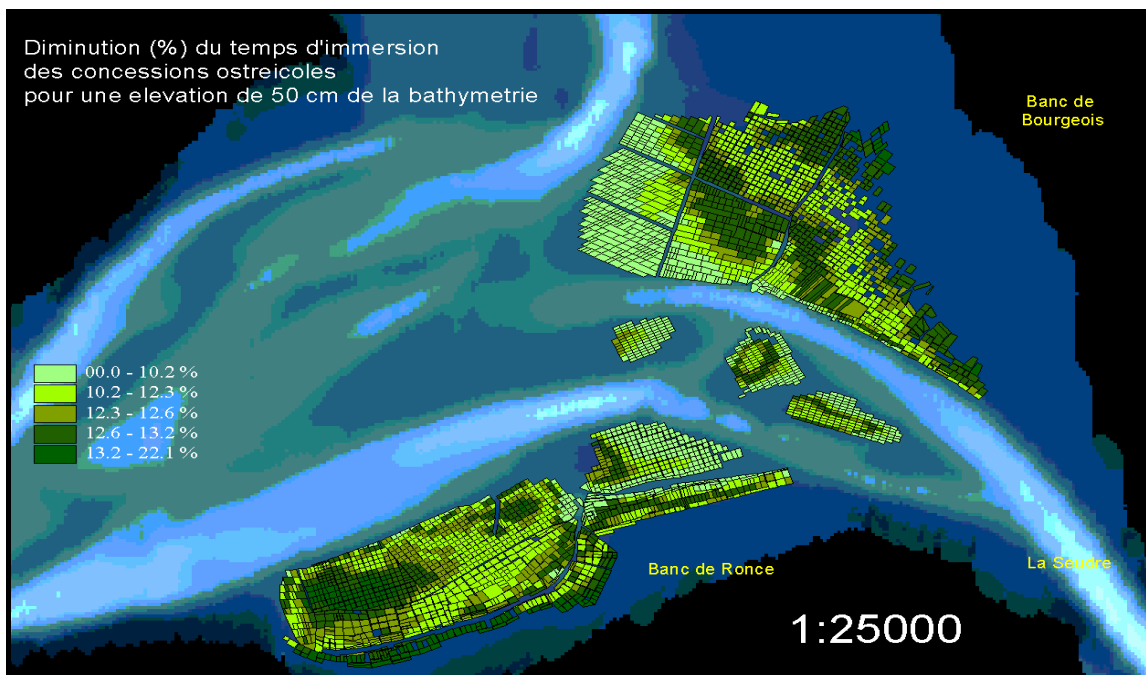


Figure 4 : perte en temps d'immersion provoqué par un exhaussement par sédimentation de 50 cm

différence. Cependant ce calcul n'est pas possible quand la distance au port de référence est trop grande. Le modèle est utilisé pour calculer la durée d'immersion à chaque profondeur. Le calcul de la hauteur d'eau est enregistré dans un fichier ASCII avec un pas de temps de 6 minutes. En lisant ce fichier entre deux instants  $t_1$  et  $t_2$ , un autre script permet de générer un fichier au format dbf où sont enregistrées, pour chaque cote bathymétrique, les fréquences ( $F_z$ ) des niveaux d'eau avec une précision de 0,1 mètre.

Les temps d'immersion ( $DT_z$ ) pour chaque cote bathymétrique  $Z$  sont obtenus par jointure de la table au format DBF avec le fichiers des cotes.

$$DT_z = 6 * \sum_{Z_{\max}}^z F_z$$

L'"espoir de croissance" ( $SFG_z$ ) des huîtres est une fonction isométrique du temps d'immersion  $DT_z$  ( $SFG_z = DT_z * X$ ) où  $X$  est une fonction complexe illustrant la croissance par unité de temps (Barillé et al, 1997).  $SFG_z$  ainsi calculé est exprimé en Joules par heure et par gramme de poids sec de chair d'huître. La figure 4 illustre l'effet d'un envasement théorique de 50 centimètres sur la distribution spatiale des temps d'immersion. Un coefficient ( $DT_{z1}/DT_{z2}$ ) fournit de même une estimation du différentiel d'"espoir de croissance" entre deux cotes bathymétriques données.

$$SFG_{z2} = (DT_{z1}/DT_{z2}) * SFG_{z2}$$

### Application aux plans de dragage

#### *L'évolution sédimentologique du bassin*

La sédimentation est particulièrement forte dans les zones d'élevage sur tables, résultant de l'action combinée de bio-déposition des huîtres et de la sédimentation accrue générée par la présence des tables. Cependant la quantification de ce phénomène reste très approximative et une connaissance plus fine en est nécessaire afin de mieux gérer les opérations de dragage et de nettoyage du bassin.

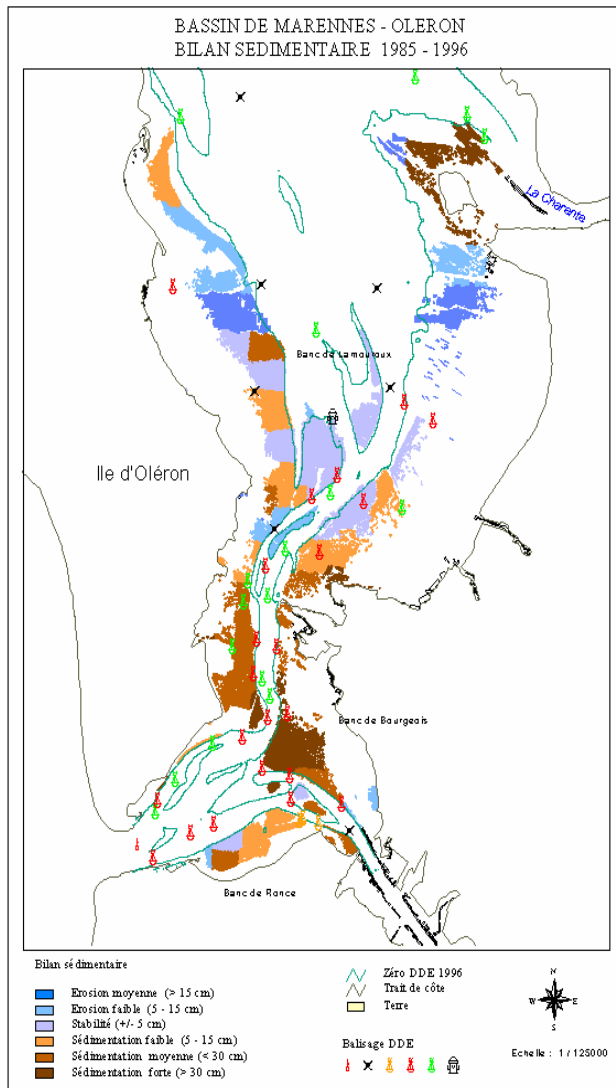


Figure 5 : bilan sédimentaire par banc ostréicole dans le bassin de Marennes-Oléron

Une campagne de levés bathymétriques effectuée par la DDE en 1985 a été traitée par géostatistique de manière similaire à la campagne récente. On a restitué la profondeur sur la même grille et effectué la différence entre les situation de 1996 et 1985. En utilisant l’outil « récapitulation » d’Arcview, il est possible d’obtenir cette différence pour chaque parcelle. Pour mieux illustrer le phénomène, la récapitulation a été effectuée par banc. La figure 5 montre que le bilan sédimentaire est à peu près nul dans la partie nord du bassin (à l’exception du débouché de la Charente), en revanche des taux de sédimentation très importants sont notés dans la partie sud. Par exemple, plus de 30 à 50 centimètres se sont accumulés sur le banc de Bourgeois.



### ***L'opération de dragage des banc de Perquis et Ronce***

Dans cette zone soumise à forte sédimentation, les chenaux d'accès aux concessions sont devenus impraticables. Leur dragage est une nécessité à double titre : rendre l'accès aux parcelles d'une part, rétablir l'effet de chasse d'autre part. Le Conseil Général de Charente Maritime subventionne des opérations de dragage mises en oeuvre techniquement par le Service Maritime de la DDE. Deux opérations sont programmées dans un avenir proche, l'étier de Perquis à l'est en deux phases, et la coursière des Lézards autour du banc de Ronce prévu en trois phases. L'emprise totale de ces chantiers est de 50 mètres, ce qui signifie que toutes les parcelles interceptant ce couloir doivent être déconçonnées. La largeur du dragage proprement dit est de seulement 20 mètres. L'objectif est ici de calculer le volume de sédiment compris entre le niveau actuel (Z initial) et un niveau projeté (Z final).

La figure 6 montre en rouge les concessions concernées par l'opération. Dans l'étier de Perquis, seulement huit parcelles totalisant 14,8 hectares sont touchées, tandis que dans la coursière de Ronce, il s'agit de 67 parcelles pour une surface totale de 79 hectares.

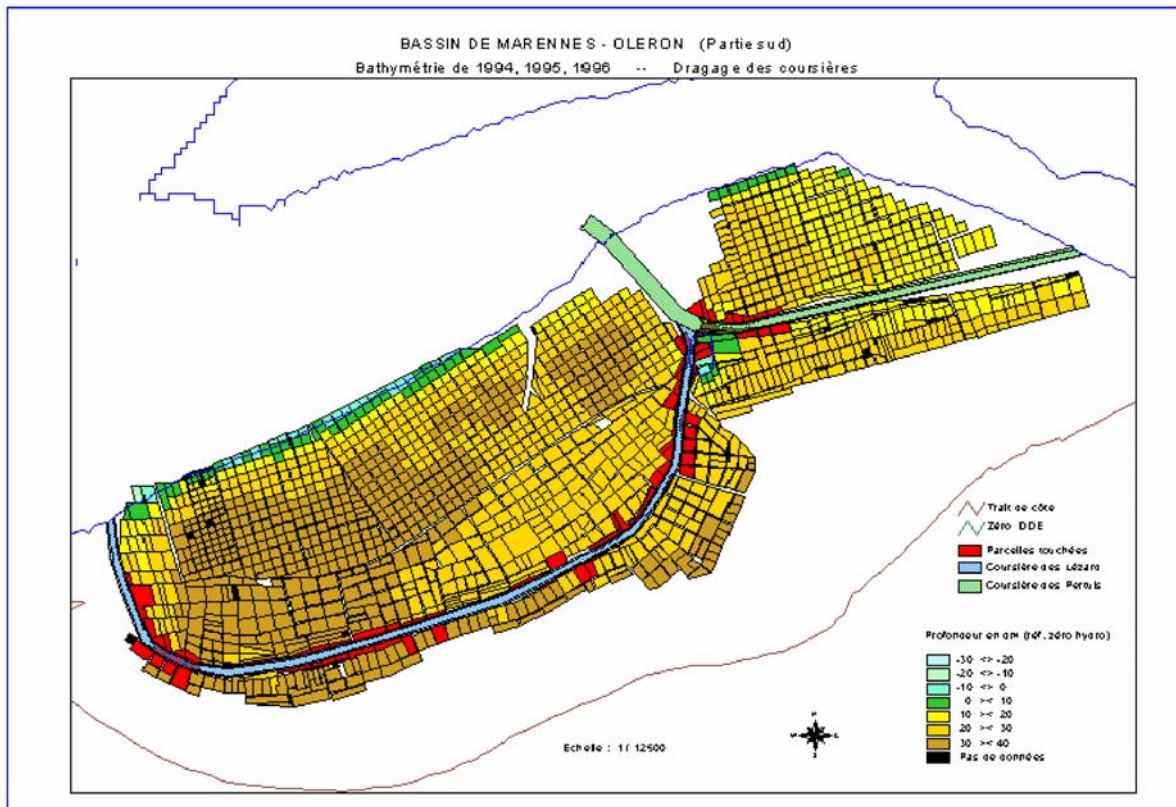


Figure 6 : plan de dragage de l'étier de Perquis (en vert) et de la Coursière des Lézards (en bleu)

Le calcul du déblai utilise le fichier maillé de la profondeur. La cote à atteindre étant + 1 mètre au dessus du zéro hydrographique, on recherche tous les pixels de cote supérieure à 1 mètre (par un seuillage sur la table du fichier maillé) interceptés par le polygone d'emprise de dragage. Après avoir transformé ces pixels en polygones, on effectue l'intersection de ces polygones avec le polygone d'emprise. Il suffit alors de faire une somme, pour chaque polygone de la couverture d'intersection, de la différence des cotes par la surface du polygone :

$$\Sigma (Z_{\text{initial}} - Z_{\text{final}}) * \text{area}$$

Dans l'Etier de Perquis la première phase de travaux concerne une surface de 22 000 m<sup>2</sup> pour une hauteur moyenne de sédiment de 0,7 mètre, d'où un volume de 15 500 m<sup>3</sup>. La totalité de la Coursière de Ronce couvre 50 000 m<sup>2</sup> pour une hauteur de 1,6 mètres, soit un volume de 81 000 m<sup>3</sup>.

### Développements futurs et conclusion

La base de données cadastrales peut être utilisée dans d'autres domaines :

- En biologie, l'évaluation des stocks ainsi que les suivis de croissance et de mortalité sont des problèmes cruciaux. Pour évaluer la biomasse totale présente dans le bassin, un contourage des zones homogènes en terme de type d'élevage est nécessaire. Cette donnée, présente dans la base administrative, n'est pas très fiable. C'est pourquoi des missions de photographies aériennes sont régulièrement organisées, simultanément à des échantillonnages de biomasse sur le terrain. Ces nouvelles données sont en voie d'être intégrées au système. Par ailleurs, les variations locales de croissance sont fortement liées à la qualité de l'eau. La mise en oeuvre de modèles rendant compte des concentrations de certaines substances est nécessaire.

- En socio-économie, on s'intéresse à la notion de « valeur » d'une concession, qui en régit les échanges. Cette valeur est liée à un ensemble de paramètres biophysiques comme le temps d'émersion, la position dans le bassin, la tendance à la sédimentation, et il serait possible d'en créer un modèle simple d'estimation. Par ailleurs, les statistiques de valeur d'échange sont disponibles aux Affaires Maritimes et des corrélations pourraient être étudiées.

Les cultures marines sont un élément essentiel de l'occupation du sol littoral français, pour la valeur commerciale qu'elles représentent mais aussi pour leur impact sur l'environnement et leur relation aux autres usages. La numérisation du cadastre conchylicole est en cours au niveau national au sein des Affaires Maritimes, avec l'assistance de l'IFREMER. La transition des plans papier à des fichiers graphiques associés à la base de données administratives, non seulement allègera la tâche traditionnelle de l'Administration, mais ouvrira aussi de nouvelles possibilités avec notamment l'illustration spatiale de requêtes sur cette base. Plus largement, le cadastre numérique intéresse différents acteurs et ses applications potentielles sont nombreuses.

### Références bibliographiques

\* Barillé L., Prou J., Héral M., Razet D., Effects of high natural seston concentrations on the feeding, selection, and absorption of the oyster *Crassostrea Gigas* (Thunberg). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 212 (1997), 149-172.

\* Chenon F., Varet H., Loubersac L., Grand S., Hauti A. « SIGMA POE RAVA », a Geographic Information System of the Fisheries and Aquaculture Territorial Department. A tool for a better monitoring of public marine ownerships and pearl oyster culture. **Actes du colloque international « Pix'îles 90 , Télédétection et milieux insulaires du Pacifique, approche intégrées »**. IFREMER, Nouméa-Tahiti, novembre 1990, pages 561-572.

\* Constantin, V., 1996, Cartographie du Golfe du Lion. Modèle numérique de terrain bathymétrique par les logiciels Isatis et Trismus, **rapport IFREMER DRO/GM/96.34**, 26 p.

\* de Chambure, L., 1991, Traitement par numérisation d'une carte bathymétrique et calcul d'un MNT, **Rapport Géovariations**, 38 av. Franklin Roosevelt, BP91, 77212 AVON, France. FRA/033/149/91, 20p.

\* Durand H., Guillaumont B., Loarer R., Loubersac L., Prou J., Héral M., 1994 " An example of GIS potentiality for coastal zone management : pre-selection of submerged oyster culture areas near Marennes Oléron (France)". **EARSEL Workshop on Remote Sensing and GIS for Coastal Zone Management**. Delft, The Netherlands, 24 - 26 oct. 1994, 10 p.

\* Héral M., Deslous-Paoli J.M., Prou J., 1986. Dynamiques des productions et des biomasses des huîtres creuses cultivées (*crassostrea angulata* et *crassostrea gigas*) dans le bassin de Marennes-Oleron depuis un siècle. **CIEM C.M.** 1986/F:41

\* Sornin J.M., Feuillet M., Héral M., Deslous-Paoli J.M., 1983. Effets des biodépôts de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg) sur l'accumulation de matières organiques dans les parcs du bassin de Marennes-Oléron. **J.moll.Stud.**, Suppt. 12A, 185-197.