

**Institut Français
de Recherche pour
l'Exploitation de la Mer**

PROPOSITION D'ETUDE

Etude des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton

IFREMER L'Houmeau, IFREMER-URAPC La Tremblade, CREMA L'Houmeau

**Suite aux réunions de la commission de contrôle des filières du
6 juin 1995 et du 10 avril 1996.**

**P. GOULLETQUER
M. HERAL**



RESUME

Le développement de la mytiliculture dans un bassin conchylicole peut aboutir à la surexploitation du site avec des conséquences néfastes pour les populations en cours d'exploitation. Pour cette raison, il est particulièrement important de développer un plan d'aménagement de bassins tels que le Pertuis Breton considérant l'ensemble des utilisateurs de cet espace. A moyen terme, le développement d'un modèle mathématique est l'outil le plus approprié pour tester et valider les différents schémas d'aménagement, permettant ainsi de limiter l'impact sur l'existant. Pour un tel modèle, une parfaite connaissance des caractéristiques biologiques et physico-chimiques du milieu est nécessaire. Au delà de la biomasse en élevage, sa répartition spatiale, ses besoins alimentaires, l'origine et la dynamique de la nourriture sont des paramètres essentiels à estimer.

Pour atteindre cet objectif, de nombreux travaux, menés conjointement par les laboratoires IFREMER de l'Houmeau et de La Tremblade, sont effectués depuis 1991. Les stocks annuels de mollusques cultivés dans le Pertuis Breton ont été estimés à 16 500 t pour les huîtres sur la côte nord de l'île de Ré, 1 100 t pour les moules sur filières et entre 10 000 et 15 000 t pour les moules de bouchot. Les besoins alimentaires des moules et des huîtres sont estimés à l'aide de modèles mathématiques qui traduisent le comportement physiologique des mollusques dans leur milieu. L'étude des facteurs contrôlant la production de nourriture pour les mollusques montre que cette production serait limitée par le manque de phosphore. Essentiellement fourni pour les amendements des terrains agricoles puis transporté par les rivières, le phosphore serait piégé dans les sols du marais poitevin. Jusqu'à présent, le phytoplancton était considéré comme la seule source de nourriture des mollusques, un modèle de production primaire du phytoplancton a donc été développé sur le Pertuis Breton.

Cependant, à partir de la mise au point de la nouvelle technique d'investigation des isotopes stables (Riera et al., 1996) ont mis en évidence que les huîtres du bassin de Marennes-Oléron se nourrissent de microphytobenthos constitué de microalgues qui se développent à la surface du sédiment. Ce microphytobenthos peut être remis en suspension par les courants de marée et le clapot, et devenir ainsi accessible aux mollusques. Afin d'accroître la fiabilité de l'outil de gestion que sera le modèle général, un projet d'étude est proposé en deux phases successives réparties sur 1996-1997 et 1997-1998.

Dans un premier temps (1996-1997), la nature de la nourriture consommée par les mollusques dans les différents sites conchylicoles du Pertuis Breton sera estimée à partir de la

technique des isotopes stables. Cette étude nécessite trois campagnes d'échantillonnage réparties sur 6 mois, sur chacune des treize stations retenues.

Dans un deuxième temps (1997-1998), le projet portera sur la modélisation de l'écosystème mytilicole à partir de cette disponibilité des différentes sources de nourriture, évaluée en phase 1.

Cette étude doit permettre la détermination précise des différentes sources de nourriture (mesures isotopiques) qui est essentielle pour l'évaluation de la capacité trophique d'un site conchylicole, étape nécessaire à tout schéma de développement. L'étude portera sur 13 sites afin de tenir compte de l'hétérogénéité spatiale observée au niveau du Pertuis Breton. Les campagnes d'évaluation des stocks de moules en élevage cultivées sur bouchots ou sur filières déterminent les besoins trophiques de ces populations. La quantification de cette nourriture sera réalisée à l'aide de modèles de production microphytobenthique et phytoplanctonique. Conditionnée par des facteurs physiques (e.g., courant, vent, houle) la disponibilité de cette nourriture pour les bivalves sera évaluée à partir d'un modèle de remise en suspension. Les potentialités conchylicoles du Pertuis Breton seront quantifiées à partir de l'intégration de l'ensemble de ces informations dans un modèle analytique qui à terme pourra constituer un outil d'aide à la mise en place d'un schéma de développement de la conchyliculture dans l'ensemble du Pertuis Breton.

Cette proposition d'étude fait suite aux recommandations formulées par les réunions de la commission de contrôle des filières du 6 juin 1995 et du 10 avril 1996.

I. PRESENTATION DES RESULTATS DEJA ACQUIS

1. Introduction

L'étude des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton et plus particulièrement l'étude de l'impact des filières à moules sur les cultures pré-existantes a fait l'objet de travaux menés conjointement par les laboratoires IFREMER de l'Houmeau et La Tremblade, depuis 1991.

Un développement important de la culture de mollusques (moules, huîtres) s'accompagne d'un accroissement des stocks en élevage. Lorsque les bivalves sont cultivés à de trop fortes densités, leur croissance est rapidement limitée par disponibilité de la nourriture disponible dans le milieu. Dans bien des cas l'écosystème arrive à saturation : la production primaire n'est plus suffisante pour satisfaire les besoins nutritionnels une telle biomasse de filtreurs. Ce processus se traduit par la baisse du taux de croissance, associée à une baisse du taux de survie. Ces fortes densités et l'état de stress physiologique permanent, dû à une sous-alimentation, peuvent conduire à des mortalités importantes lorsque un agent pathogène apparaît.

La détermination des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton est donc une nécessité tant sur le plan économique (croissance optimale, qualité du produit fini) que sur le plan écologique. Par ses propriétés prédictives, la modélisation mathématique semble l'outil le mieux adapté à une telle problématique. Elle permet la synthèse des résultats biologiques, physiques ou chimiques, et la mise en évidence des mécanismes qui régissent l'écosystème. L'élaboration d'un tel modèle demande une connaissance approfondie des caractéristiques du milieu.

Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'estimer la biomasse de mollusques vivant dans le Pertuis et leurs besoins nutritionnels, ainsi que la richesse du Pertuis en éléments nutritifs, les facteurs dont dépend cette richesse et leur évolution dans le temps et dans l'espace.

2. Estimation du nombre de bivalves présents dans le bassin

Des estimations du stock de moules sur bouchots ont été effectuées depuis 1987 (Dardignac-Corbeil, 1994, 1996). Ce stock varie de 10 000 à 15 000 tonnes selon les années. La dernière estimation de ces biomasses en élevage a été réalisée en 1996 sur l'ensemble du Pertuis Breton. L'estimation de la biomasse de moules cultivées sur filières a fait l'objet de deux campagnes (Dardignac-Corbeil M.J. & A.L. Barillé, non publié). Le maximum atteint, au

cours de la période 1993-1994, a été de 1 100 tonnes. En ce qui concerne les huîtres sur la côte Nord de l'île de Ré, les stocks ont été estimés à 16 500 tonnes en 1994 (Kopp J. & Gauthier S., 1995).

3. Estimation des besoins alimentaires respectifs des moules et des huîtres

Deux modèles mathématiques reproduisant le comportement physiologique de l'huître et de la moule ont été réalisés (Barillé L., Héral M. & Barillé A.L., 1995, publication soumise à la revue *Aquatic Living Resources* ; Barillé A.L., 1993. Rapport SEMDAC-IFREMER 93/5 526035). Ces modèles calculent la quantité de nourriture consommée par un individu en fonction de son poids, son état de maturation, la nourriture disponible (quantité et qualité) et la température. Les deux graphiques présentés sur la page suivante (figure 1 : moule *Mytilus edulis* ; figure 2 : huître *Crassostrea gigas*) ont été inclus dans ce dossier afin d'illustrer les résultats que l'on peut obtenir à l'aide de ces modèles physiologiques. La croissance est estimée à l'aide du poids de chair sèche. Les données de croissance observées sur le terrain, comparées aux résultats de croissance simulée par les modèles, montrent une bonne concordance.

4. Détermination de la quantité et de la qualité de la nourriture disponible

Pendant longtemps, on a pensé que seules les microalgues se développant dans la colonne d'eau, appelées "phytoplancton", étaient consommées par les moules et les huîtres. Très récemment, Riera et al. (1996) ont mis en évidence, grâce à des mesures d'isotopes stables (cf. 1ère partie du projet), que certaines huîtres du bassin de Marennes-Oléron étaient capables de consommer les microalgues qui se développent sur le fond. Ces microalgues, qui constituent le "microphytobenthos", peuvent en effet être mises en suspension dans la colonne d'eau sous l'action de la houle et des courants de marée et devenir ainsi disponibles pour les filtreurs. Il est donc nécessaire de prendre en compte ces deux sources de nourriture : phytoplancton et microphytobenthos.

Si les modèles mathématiques qui permettent de reproduire la croissance du phytoplancton sont relativement bien connus, en revanche il existe peu d'informations sur le développement du microphytobenthos. Un modèle est en cours d'évaluation, mais nécessite cependant de nombreuses améliorations qui pourront être effectuées grâce aux résultats du projet proposé.

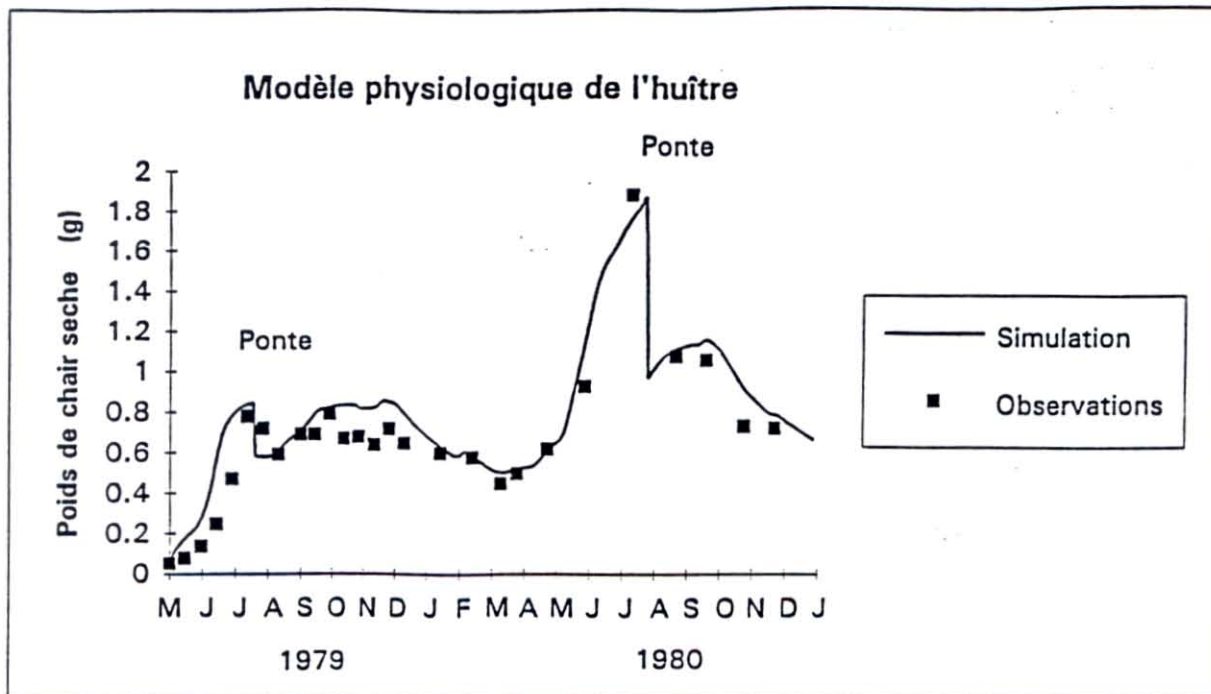


Figure 1 : Confrontation des résultats du modèle physiologique de l'huître *Crassostrea gigas* avec les observations de croissance mesurées à partir d'individus cultivés dans le bassin de Marennes-Oléron.

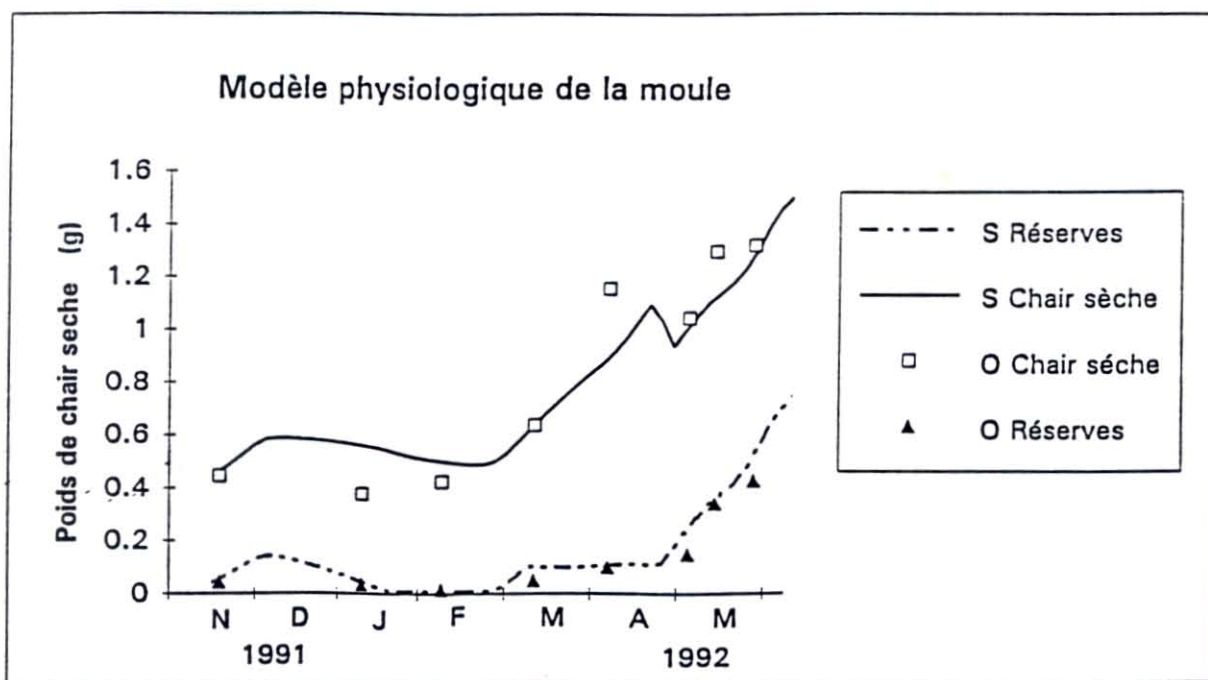


Figure 2 : Confrontation des résultats du modèle physiologique de la moule *Mytilus edulis* avec les observations de croissance à partir d'individus cultivés sur les filières du Pertuis Breton. (S : simulation ; O : observations).

5. Etude des facteurs contrôlant la production de cette nourriture

La production du phytoplancton s'effectue grâce à la photosynthèse dont l'efficacité dépend de la quantité de lumière et de sels nutritifs dont les principaux sont l'azote, le phosphore et la silice. L'essentiel des sels nutritifs provient d'apports par les rivières.

Une campagne de 14 mois, effectuée dans le Pertuis Breton entre juin 1991 et août 1992, montre que la production de ces microalgues serait limitée par la concentration de phosphore (Barillé A.L., 1993. Rapport SMEM-IFREMER 93/5 526001).

L'analyse de l'évolution des pratiques agricoles sur le bassin versant indique que malgré la diminution des surfaces cultivées depuis 1977, les amendements ne cessent d'augmenter en raison de l'accroissement des cultures intensives. Néanmoins, il semblerait que le phosphore soit retenu par les sédiments du marais Poitevin, ce qui limite les apports dans le Pertuis Breton (Barillé A.L., 1993. Rapport SEMDAC-IFREMER 93/5 526015).

6. Evolutions temporelle et spatiale des variables environnementales

Pour appréhender l'évolution générale des variables biologiques et physiques qui caractérisent un bassin conchylicole il faut tenir compte :

a) des variations dans le temps : variations saisonnières et/ou journalières des variables de l'environnement (température, ensoleillement, pluviosité, sels nutritifs...), ainsi que des variables liées à la culture des bivalves (croissance, mortalité, stock en élevage...). Ces variations temporelles ont été étudiées à l'aide d'une campagne de mesures réalisées de 1991 à 1992 (Barillé A.L., 1992, rapport SEMDAC-IFREMER) et complétées par des observations recueillies auprès d'organismes nationaux (DDE, DDA, SRAE et Météo France).

b) des variations dans l'espace : déplacement des masses d'eau par des courants de marées ou les vents. Ces variations spatiales sont appréhendées par le couplage des modèles biologiques (moule, huître, phytoplancton, phytobenthos) avec un modèle physique de courantologie (figure 3). L'analyse de la courantologie, mais aussi de la bathymétrie et des zones de cultures aquacoles, nous a amené à découper le Pertuis Breton en 9 zones géographiques de grandes dimensions (figure 4). Ce découpage en zones géographiques permet de prendre en compte la répartition spatiale des variables environnementales et des différents types de cultures. Le couplage est réalisé à l'aide d'un logiciel de modélisation développé par IFREMER (Menesguen A., IFREMER DEL- Brest).

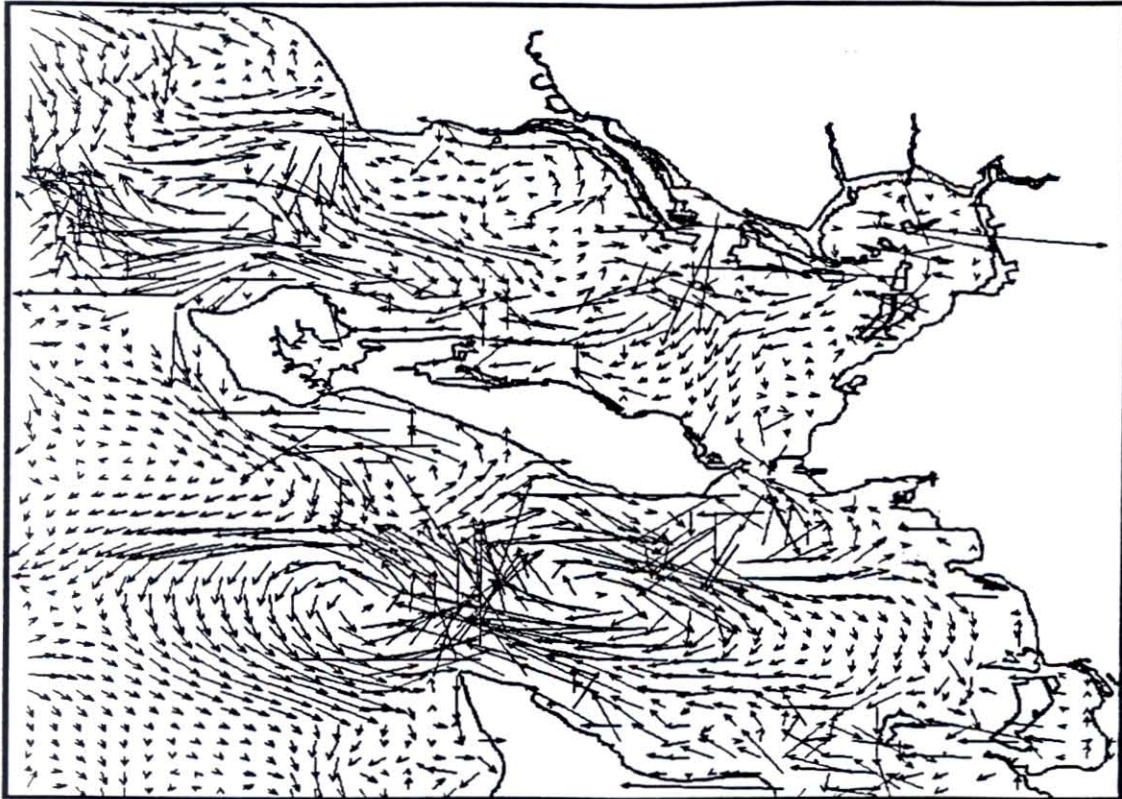


Figure 3 : Modèle physique de la courantologie du Pertuis Breton. Exemple de champs de courant résiduels sur 6 heures en vives-eaux (coef. = 95).

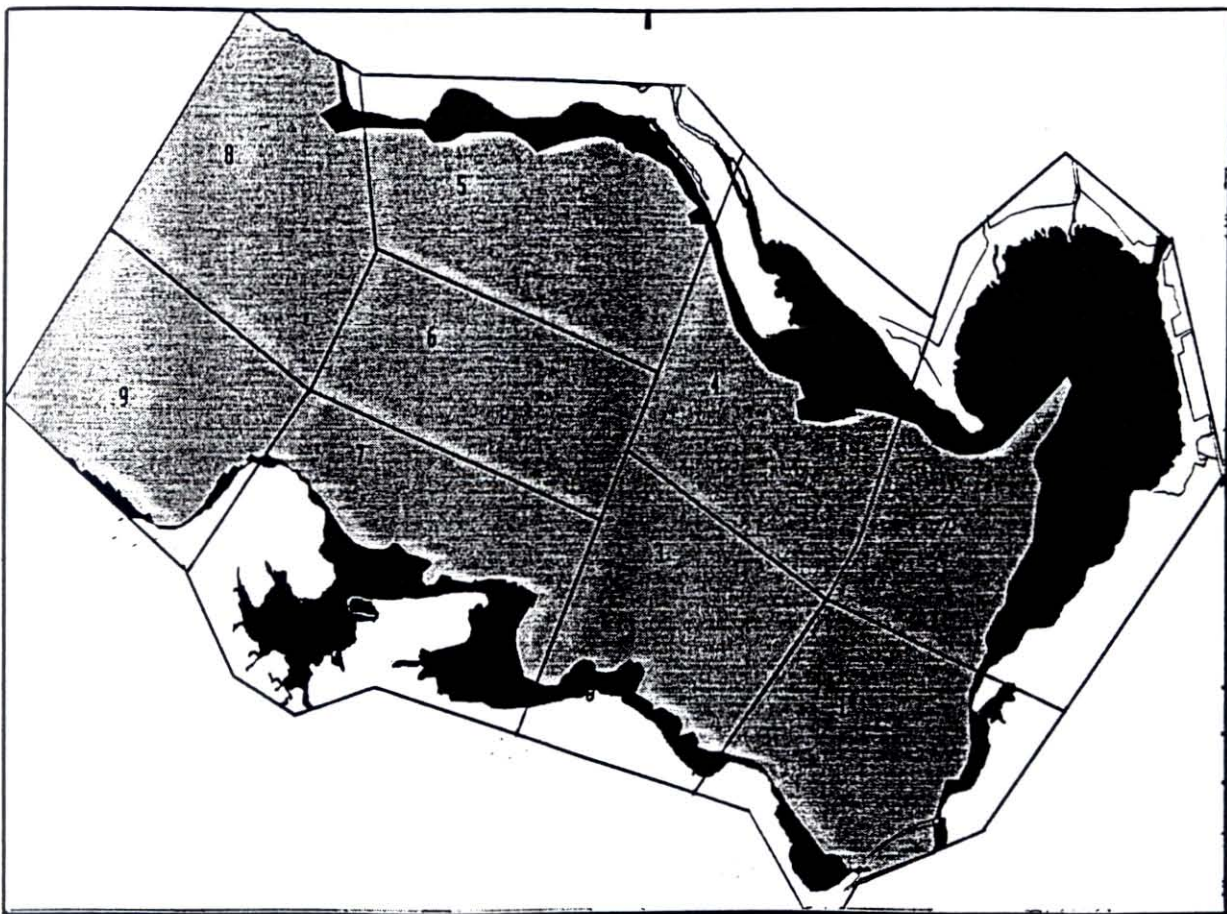


Figure 4 : Emprise spatiale du modèle d'écosystème du Pertuis Breton. Découpage en neuf zones géographiques caractérisées en fonction de la bathymétrie, la courantologie, le type de sédiment et le type de culture pratiquée.

II. PROJET D'ETUDE

Afin de déterminer le fonctionnement de l'écosystème du Pertuis Breton, en particulier l'intégration des cultures marines dans celui-ci, le projet proposé est divisé en deux phases successives :

- 1996-1997 : Etude des différentes sources de nourriture utilisée par les moules et les huîtres à partir d'analyses isotopiques.
- 1997-1998 : Elaboration d'un modèle analytique de gestion conchylicole du Pertuis Breton.

Phase I. Détermination des différentes sources de nourriture utilisée par les moules et les huîtres : analyses isotopiques

Différentes sources de nourriture complémentaire du phytoplancton, en particulier les apports organiques terrigènes et la production de microphytobenthos doivent être considérés. Les apports terrestres sont quantitativement importants mais peu assimilables et de faible valeur énergétique brute. Cependant, de nombreux travaux ont récemment montré qu'ils étaient le support d'une forte productivité bactérienne qui les enrichit et peut parfois contribuer significativement aux besoins alimentaires des bivalves. D'autre part, le microphytobenthos se développe en grande quantité à la surface des vasières et de façon encore plus intense sur les réjections d'huîtres et de moules. Ce microphytobenthos est susceptible d'être remis en suspension par le clapot et les courants de marée et donc de devenir disponible pour les bivalves. S'il avait déjà été montré que sa biomasse était parfois supérieure à celle du phytoplancton, sa contribution aux réseaux trophiques conchylicoles n'aurait pu être prise en compte faute de moyens techniques permettant de distinguer le microphytobenthos du phytoplancton.

La caractérisation des sources de matière organique et l'estimation de leur importance respective dans les écosystèmes littoraux peuvent actuellement bénéficier du développement de nouvelles approches, en particulier le traçage isotopique naturel. Cette méthode est basée sur les mesures, dans les sources trophiques et les organismes, des rapports entre les isotopes stables (donc non radioactifs) de certains éléments, essentiellement azote et carbone, et permet de connaître l'origine de la nourriture des bivalves. Les mesures d'isotopes stables effectuées dans le bassin de Marennes-Oléron par P. Riera et P. Richard, montrent que le microphytobenthos peut être consommé par les huîtres dans certaines conditions environnementales. Une campagne reposant sur la mesure des rapports isotopiques qui

prendra en compte les moules et les huîtres de différents sites, ainsi que les différentes sources de nourriture potentielle (débris de macroalgues, débris de végétaux terrestres, phytoplancton, phytobenthos). Elle permettra ainsi de déterminer et comparer les régimes alimentaires des huîtres et des moules.

1. Principe de la méthode

L'analyse isotopique se fait par mesure des rapports et de l'abondance des différents isotopes stables (carbone, azote, soufre, oxygène...) se trouvant naturellement dans les matériaux inorganiques aussi bien qu'organique. Tous ces éléments ont en effet plusieurs isotopes dont un est majoritaire : par exemple la forme ^{12}C représente en moyenne 98,9 % du carbone alors que l'isotope ^{13}C n'est présent qu'à 1,1 %. Pour un type donné de matière organique, la proportion entre les différents isotopes d'un élément particulier reste stable. La mesure des variations isotopiques par un spectromètre de masse constitue ainsi une méthode fiable de différenciation des sources de nourriture.

Le principe du traçage isotopique repose sur deux points :

a) il existe de grandes différences de composition isotopiques entre les divers producteurs primaires, comme les végétaux terrestres, le phytoplancton marin, les macroalgues, etc... (exemple dans le tableau ci-dessous).

Tableau 1 : Composition isotopique (‰) des productions en carbone d'origine terrestre et océanique (d'après Richard et al., 1996).

Terrestrial plants			Off-shore oceanic POM		
Sample	Date	$\delta^{13}\text{C}$	Sample	Date	$\delta^{13}\text{C}$
Oak dead leaves fresh leaves	02/91	-27.0 ‰	Phytoplankton	02/90	-20.7 ‰
	02/91	-26.5 ‰	POM	02/90	-19.9 ‰
	05/91	-25.8 ‰	Phytoplankton	05/90	-19.1 ‰
	11/91	-25.5 ‰	POM	05/90	-18.3 ‰
	02/93	-27.0 ‰	Phytoplankton	09/90	-20.4 ‰
Elm fresh leaves	05/93	-27.7 ‰	Phytoplankton	09/90	-20.8 ‰
	10/93	-28.0 ‰	POM	08/90	-18.7 ‰
	02/93	-29.8 ‰	Phytoplankton	05/93	-21.5 ‰
Hornbeam leaves	05/93	-27.3 ‰	Phytoplankton	05/93	-21.3 ‰
	02/93	-28.2 ‰			
Pasture grass	02/93	-32.0 ‰			
	05/93	-30.0 ‰			

Ces différences sont essentiellement dues à la composition isotopique des éléments inorganiques assimilés par les végétaux au cours de la synthèse de la matière organique et aux cycles biochimiques utilisés (par exemple : cycle C3 ou C4 pour la photosynthèse). Dans

tous les cas, il y a un fort changement de composition isotopique entre les matériaux inorganiques et la matière organique synthétisée.

b) Il y a transfert de la matière organique dans la chaîne alimentaire sans altération majeure de la composition isotopique, car il a été démontré qu'une relation très étroite existe entre les compositions isotopiques d'un animal et de sa nourriture (figure 5).

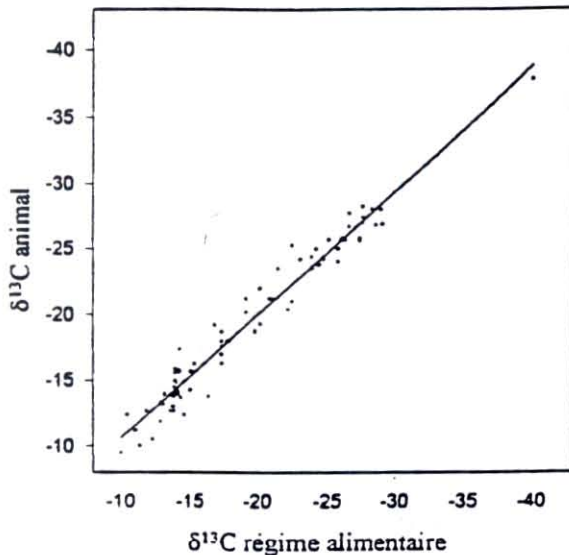


Figure 5: Relation entre les compositions isotopiques en carbone des consommateurs et de leur nourriture (d'après Fry & Sherr, 1984).

L'un des intérêts de cette méthode est de fournir une mesure stable au cours du temps. Elle ne nécessite donc pas un effort d'échantillonnage temporel très resserré (des mesures bimestrielles sont suffisantes pour des organismes comme les huîtres ou les moules). L'application de cette méthode aboutit ainsi à une connaissance plus précise des liens trophiques réellement existants, qui serviront ensuite de base à la modélisation mathématique.

Phase 2 : Application de l'étude à des écosystèmes conchylicoles

Cette méthode a déjà été appliquée récemment dans la baie de Marennes-Oléron pour déterminer les principales ressources nutritives de l'huître *Crassostrea gigas*. Les différentes sources de nourriture des bivalves ont pu être parfaitement caractérisées par leur composition isotopique, en particulier le microphytobenthos, qui apparaît très enrichi en ¹³C. L'analyse isotopique a notamment mis en évidence que les huîtres utilisent des sources de nourriture différentes selon les sites étudiés. En particulier, il a pu être montré que les huîtres situées à proximité des vasières utilisent préférentiellement le microphytobenthos (Riera P. & Richard P., 1995, sous presse dans la revue *Estuarine Coastal Shellfish Science*). Cette approche s'est

donc révélée être très bien adaptée à la détermination des sources de nourriture des bivalves dans ce type de bassin conchylicole.

CONCLUSION

Des travaux ont été entrepris par l'IFREMER pour étudier les potentialités conchylicoles du Pertuis Breton. Au stade actuel, le modèle mathématique de la capacité trophique du Pertuis Breton n'est pas suffisamment fiable. Pour l'améliorer et accroître ses propriétés prédictives, deux actions successives de recherches sont envisagées. La détermination précise des différentes sources de nourritures (mesures isotopiques) est primordiale pour estimer la capacité trophique d'un site conchylicole. Dans un deuxième temps, la quantification de cette nourriture est réalisée à l'aide de modèles de production microphytobenthique et phytoplanctonique. La disponibilité de cette nourriture pour les bivalves est conditionnée par des facteurs physiques (courant, vent, houle...) dont l'action est synthétisée dans un modèle de remise en suspension. La caractérisation des treize sites étudiés permet d'appréhender l'hétérogénéité spatiale du bassin. A partir de celle-ci, l'influence de la nature de la nourriture consommée sur le développement des bivalves sera étudiée à l'aide d'un suivi de croissance et de qualité des bivalves. L'intégration de toutes ces informations au sein du modèle général, donnera une meilleure estimation des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton.

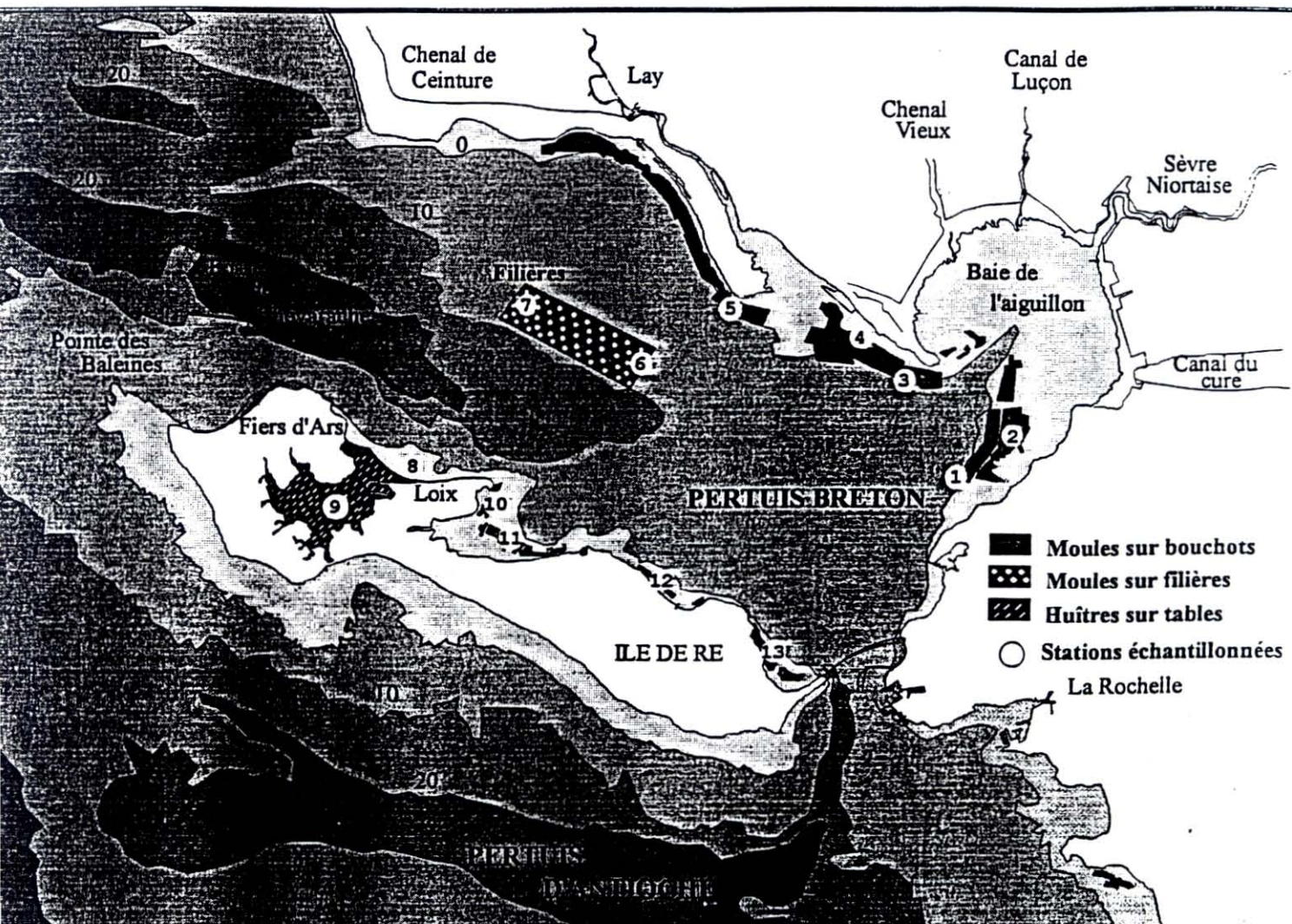
Ce modèle général devra constituer, à terme, un outil d'aide à la détermination d'une politique de gestion conchylicole à l'échelle de tout le bassin.

Enfin, dans l'hypothèse où les résultats de cette étude montreraient des phénomènes trophiques particuliers à certains sites de culture, nous envisagerons la mise au point d'un modèle général à emprise spatiale plus fine (150 m * 150 m).

III. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

1. Choix des stations d'échantillonnage

Treize stations ont été sélectionnées sur l'ensemble du Pertuis Breton. Chacune de ces stations caractérise un site de culture particulier (cf. carte jointe). Les stations définies sur les bouchots ont fait l'objet d'un suivi de croissance annuel de 1987 à 1993 (Dardignac-Corbeil, 1996). Ces stations permettent d'appréhender les différences de croissance entre les hauts et les bas d'estran et entre la partie charentaise est des bouchots directement sous l'influence de la baie de l'Aiguillon, et la partie vendéenne moins sensible aux apports par les rivières.



Localisation des stations échantillonnées sur l'ensemble du Pertuis Breton.

Les stations des filières ont été choisies de manière à mettre en évidence une différence de qualité nutritionnelle entre la partie exposée à l'océan et celle située à l'intérieur du bassin.

Les stations de la côte nord de l'île de Ré, représentent chacune un site de culture particulier, le Fier d'Ars, la Fosse de Loix, la Flotte de Rivedoux. Un point est situé à la sortie du Fiers afin d'étudier l'entrée et la sortie d'eau, ainsi que les performances de croissance des moules sauvages qui s'y trouvent. Deux stations sont définies dans le site de Loix de manière à étudier les paramètres responsables d'une différence de croissance observée sur les huîtres de part et d'autre du chenal.

Les stations des filières et celles des bouchots de la zone de Marsilly seront échantillonnées en bateau. Les autres sont accessibles par voie de terre.

2. Echantillonnage pour l'analyse isotopique

Deux campagnes sont prévues sur l'ensemble des treize stations de manière à tester l'effet saisonnier. Pour les stations 1 à 7, une campagne supplémentaire doit être faite pour tester l'influence des apports d'eau douce. Les différentes sources de matière organique seront analysées (microphytobenthos, macroalgues, spartines, apports d'eau douce, matière organique particulaire totale, phytoplancton océanique) et sur chaque station des échantillons de bivalves (moules et huîtres) seront prélevés pour analyse isotopique du carbone et de l'azote.

IV. ESTIMATION DU COÛT DE L'ETUDE (PHASE 1)

1. Coûts salariaux

L'importance de l'étude nécessite le recrutement d'un ingénieur-chercheur CNRS pour une durée de 6 mois soit un coût de :

$$20\ 000\ \text{F} \times 6 =$$

$$120\ 000\ \text{F}$$

2. Coûts des analyses

Les analyses sont effectuées sur des appareils appartenant au CREMA L'Houmeau ou à la station IFREMER de La Tremblade. Seul les produits chimiques nécessaires à ces analyses sont facturés.

Mesures des traceurs isotopiques :

250 x 220 F =

50 000 F

Produits et consommables divers =

30 000 F

Salaires :	120 000 F
Mesures isotopes :	50 000 F
Produits et consommables :	30 000 F

En restant à votre disposition pour tout complément d'information.

IFREMER – URAPC La Tremblade

Responsable de l'Unité

P. GOULLETQUER



CREMA L'Houmeau

Directeur

M. HERAL

