

Convention de Recherches
Conseil Régional Poitou-Charentes

INTERET DES MOLLUSQUES NON-CULTIVES COMPETITEURS TROPHIQUES
DES HUITRES *CRASSOSTREA GIGAS* THUNBERG
DU BASSIN DE MARENNES-OLERON.

par

Pierre-Guy SAURIAU et Jacques JOUSSET

Responsable Scientifique : Maurice HERAL

Laboratoire National Ecosystèmes Conchylicoles
La Tremblade.



IFREMER
Mus de Loup
B.P. 133
17390 LA TREMBLADE
tél. : 46.36.18.41

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES
DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLEES

AUTEUR(S) : SAURIAU Pierre-Guy, JOUSSET Jacques	CODE : N°DRV 87006/RA/TREM
TITRE : X INTERET DES MOLLUSQUES NON-CULTIVES COMPETITEURS TROPHIQUES DES HUITRES <u>CRASSOSTREA GIGAS</u> THUNBERG DU BASSIN DE MARENNES-OLERON	Date : 13.04.87 tirage nb :
	Nb pages : 95 Nb figures : 28 Nb photos :
CONTRAT : CONVENTION DE RECHERCHES CONSEIL REGIONAL POITOU-CHARENTES COMPTE RENDU ANNUEL N°3	DIFFUSION libre x restreinte confidentielle

RESUME :

Les abondances et biomasses des principaux mollusques benthiques de substrats meubles du bassin de Marennes-Oléron ont été estimées par une stratégie d'échantillonnage adaptée. Il apparait que la biomasse fraîche est estimée à 14 400 + 3 000 tonnes. Ainsi les mollusques non-cultivés représenteraient 20 % du tonnage des huîtres japonaises en élevage dans le bassin. En biomasse, la coque (Cerastoderma edule) représente 4 500 + 2 200 tonnes suivie des gisements de moule Mytilus edulis et de la crépidule Crepidula fornicata. Ceci justifie la détermination des besoins énergétiques de ces dernières espèces. Pour la coque, l'étude dynamique de plusieurs populations, montre que cette espèce possède les capacités de recoloniser massivement les estrans dès lors que ceux-ci ne sont plus le lieu de fouilles effectuées par les pêcheurs à pied. C'est une espèce à croissance rapide verno-estivale. La gamétogenèse débute en automne-hiver pour aboutir à une ponte printanière. Le recrutement est massif en début d'été et peut se poursuivre jusqu'à l'automne.

Mots clés : Biomasse benthique, mollusque, Cerastoderma edule.

INTRODUCTION

A la suite des travaux menés sur le bassin de Marennes-Oléron par l'I.F.R.E.M.E.R. La Tremblade, il s'est avéré nécessaire, de conceptualiser un modèle de gestion de la ressource conchylicole, et de préciser l'importance du compartiment "Mollusques non cultivés compétiteurs trophiques des Huîtres Crassostrea gigas Thunberg". Trois axes fondamentaux ont alors dirigés cette étude. Il s'agissait en premier lieu d'établir une cartographie biosédimentaire quantitative des peuplements afin d'estimer les abondances et biomasses des principaux Mollusques benthiques de substrats meubles du bassin. En second lieu, cette cartographie déterminant la principale espèce compétitrice trophique des Huîtres C. gigas, un suivi dynamique d'une population de cette espèce a été alors entrepris, avec pour objectifs de déterminer les grands traits de sa biologie : reproduction, période de recrutement, taux de croissance mensuel et annuel, distribution spatiale et temporelle des groupes d'âge, structure démographique et taux de mortalité. Enfin, dans un dernier et troisième temps, cette population a fait l'objet d'un suivi plus fin de la qualité biochimique de certains groupes d'âge afin de déterminer quelques aspects de l'écophysiologie de cette espèce.

Ces trois points seront alors abordés successivement sous la forme d'un résumé des principaux résultats acquis à ce jour ; pour plus de détail il sera alors nécessaire de se référer aux documents joints en annexe (Annexes 1, 2 et 3).

1 - Cartographie biosédimentaire quantitative

La gestion rationnelle des stocks d'Huîtres japonaises et de Moules en élevage nécessite de connaître et de quantifier l'influence et l'impact sur l'écosystème conchylicole, des populations non cultivées de Mollusques compétiteurs trophiques de ces Huîtres et Moules. Ainsi, l'élaboration d'une cartographie qui soit quantitative, doit se concevoir en ayant présent à l'esprit les buts suivants : localiser à l'échelle du bassin de Marennes-Oléron, les stocks non cultivés et quantifier à cette même échelle les niveaux d'abondance et de biomasse de ces Mollusques. Pour répondre de manière précise à ces objectifs, il s'avère indispensable de choisir et planifier une stratégie d'échantillonnage adaptée.

Le choix de la stratégie d'échantillonnage s'est alors portée sur un échantillonnage aléatoire stratifié après allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein des strates. Cette méthodologie s'est décomposée séquentiellement en trois phases : réalisation d'un pré-échantillonnage terrain, optimisation de l'effort d'échantillonnage puis échantillonnage terrain final.

1.1 - Pré-échantillonnage et optimisation (Annexe 1)

11.1 - Méthodologie

Le choix d'une stratégie d'échantillonnage s'est porté sur un échantillonnage aléatoire stratifié. Le domaine benthique du bassin très diversifié et très hétérogène dans son ensemble, est ainsi découpé en strates (éléments homogènes) selon des stratificateurs corrélés positivement aux niveaux de biomasse. Les divers stratificateurs utilisés ont été par ordre d'importance : le type biosédimentaire, la position bathymétrique (subtidale ou intertidale), la présence-absence de culture d'Huîtres ou de Moules sur estran et l'influence de la dessalure (eaux de Seudre et de Charente). Ce découpage aboutit à la réalisation de 68 strates.

Le choix de l'aléatoire vis-à-vis du systématique permet des calculs de variance plus simples et sans biais.

Le choix de l'unité d'échantillonnage dépend de l'engin de prélèvement utilisé : dans notre cas, une benne Smith Mc-Intyre dont l'empreinte fait 0,1 m² de surface a été employée.

Parmi l'ensemble de la faune composant les différents peuplements benthiques, seuls les Mollusques benthiques épigés ou endogés de substrats meubles sont considérés. L'utilisation de tamis d'un millimètre de vide de maille restreint alors la portée des résultats présentés. Le pré-échantillonnage s'est effectué du 2 décembre 1983 au 22 janvier 1984.

11.2 - Résultats

En préliminaire, ce pré-échantillonnage ou étude pilote permet de dresser une première vue d'ensemble de la bionomie benthique de ce bassin :

- la grande majorité des estrans du bassin abrite la communauté à Macoma balthica où le faciès à Cerastoderma edule prédomine ;
- le milieu subtidal du bassin abrite pour l'essentiel la communauté à Nucula turgida, Abra nitida, Sternaspis scutata ;
- localement, les communautés des sables fins à vases sableuses apparaissent soit dans le sud du bassin près des chenaux du sud-ouest soit dans le nord du bassin entre l'île d'Aix et la côte d'Oléron.

Cependant, les estimations quantitatives des abondances et biomasses par station ou par strate, s'avèrent peu précises (forts niveaux de variance), dû en fait à la nature agrégative de la dispersion spatiale des espèces telles que Crepidula fornicata, Mytilus edulis ou Cerastoderma edule. De même, les estimations à l'aide de la benne Smith Mc-Intyre sont biaisées pour des espèces comme Solen marginatus ou Scrobicularia plana. La quantification de ce biais pour ces deux espèces n'a pas été faite.

A partir des résultats du pré-échantillonnage (localisation et construction des strates, surface des strates, variance associée à la biomasse pour chaque strate, taille de l'unité d'échantillonnage), il est possible de construire un plan d'optimisation permettant d'allouer au mieux l'effort d'échantillonnage au sein de chaque strate, ceci pour un niveau de précision donné. Ce calcul prédit alors dans le cadre de l'échantillonnage final, un coefficient de variation de l'estimation totale exprimée en biomasse de tissu sec décalcifié, de l'ordre de 5 à 10 % pour une taille de l'échantillon total de 300 stations. Une valeur de 10 % du coefficient de variation (rapport de l'écart-type à la moyenne) correspond aussi une valeur de 20 % de la précision (rapport de l'intervalle de confiance à la moyenne).

1.2 - Echantillonnage final (Annexe 2)

12.1 - Méthodologie

L'échantillonnage final du bassin de Marennes-Oléron s'est déroulé du 10 mai au 22 juin 1984, en période printanière. Il comporte 370 stations de prélèvement de deux fois chacune 0,1 m², réparties aléatoirement par optimisation sur les 68 strates. La superficie totale de la zone est de 180,44 km².

L'engin de prélèvement utilisé est la benne Smith McIntyre pour l'ensemble de la zone hors culture d'Huître. Pour la zone ostréicole proprement dite, un quadrat de surface identique (0,1 m²) a été employé.

12.2 - Résultats

Pour l'ensemble du bassin Marennes-Oléron, la biomasse totale fraîche alcoolisée est estimée à 14.400 + 3.000 tonnes, avec une précision d'environ 21 %. Cette estimation doit être comparée à celle des Huîtres en culture de juillet 1984 : 69.000 + 12.000 tonnes fraîches, la précision est de 18 %.

Ainsi, les Mollusques non cultivés représenteraient en 1984, moins de 25 % du tonnage des Huîtres japonaises en élevage dans le bassin de Marennes-Oléron.

Il faut alors noter que la valeur du coefficient de variation des différentes estimations totales avoisine les 10 à 13 % ce qui est plus fort que la valeur prédite par l'optimisation pour un échantillon de 370 stations (CV % = 5 %) mais ces valeurs restent néanmoins du même ordre de grandeur.

La zone hors culture ostréicole ou mytilicole représente 90 % de l'estimation de l'abondance totale des Mollusques et près de 70 % de l'estimation de la biomasse totale. Cependant, géographiquement la zone intertidale dans son ensemble apparaît beaucoup plus riche et diversifiée que la zone subtidale, puisqu'elle représente à elle seule plus de 75 % des estimations en abondance ou biomasse.

La distinction des régimes alimentaires des Mollusques benthiques non cultivés permet de quantifier plus finement le maillon "compétiteur trophique des Huîtres". Alors que les déposivores de surface forment 80 % de l'abondance totale, les suspensivores traduisent 70 % de la biomasse globale.

Cependant, la répartition en nombre d'espèces des divers groupes trophiques que ce soit pour les parcs ostréicoles, les bouchots à Moules ou la zone libre de culture, reste constante.

La répartition spatiale des groupes trophiques (suspensivores, dépositivores de surface, mixte ou suspensivores-dépositivores, carnivores, herbivores) montre une certaine prépondérance des suspensivores dans la partie nord du bassin, la partie infralittorale centrale et les estrans du sud. A l'opposé, les dépositivores de surface semblent se localiser préférentiellement sur la vasière de l'est sous l'influence directe des dépôts détritiques de la Charente.

Enfin, la quantification spécifique à l'échelle du bassin indique que Hydrobia ulvae est l'espèce la plus abondante, suivie par Abra tenuis, alors qu'en biomasse, Cerastoderma edule semble l'espèce la mieux représentée : 4.500 + 2.200 tonnes fraîches suivie de Mytilus edulis, Crepidula fornicata et Hydrobia ulvae.

La cartographie biosédimentaire quantitative met donc en évidence le rôle joué au sein des Mollusques non cultivés, par les populations de Cerastoderma edule. Celles-ci représentent en biomasse le premier compétiteur trophique des Huîtres en élevage.

2 - Suivi des populations de Cerastoderma edule

2.1 - Méthodologie

Une des principales caractéristiques de ces populations consiste en leur répartition sur les estrans en bancs très denses. L'échantillonnage sur ces bancs est de type aléatoire stratifié. Il a débuté en avril 1984 pour se terminer en juin 1986. Lors de la première année de prélèvement, seuls deux bancs ont été suivis, alors que pendant la deuxième année, l'échantillonnage a été étendu à six autres bancs.

L'étude envisagée ici a porté sur une population intertidale naturelle de Cerastoderma edule vivant dans une zone d'herbiers marins (Zostera nana). Elle a pour buts d'apporter des compléments au suivi de cette même population et d'éclaircir certains aspects de l'écophysiologie de cette espèce au plan des phénomènes de reproduction, de croissance tissulaire, stockage et utilisation des réserves énergétiques.

3.1 - Méthodologie

Cinquante individus sont prélevés pseudo-aléatoirement dans chacun des groupes d'âge (1, 2, 3 et 4) alors que dix individus sont prélevés par classe d'un millimètre pour le groupe d'âge 0 (recrutement de l'année en cours). Le rythme des prélèvements est mensuel.

L'ensemble des analyses biométriques est effectué sur tous les individus et parmi ceux-ci un choix s'opère en vue des analyses biochimiques, selon des critères de reproduction (mâles, femelles, immatures) ou de parasitisme (gonades parasitées ou intactes).

3.2 - Résultats

L'évolution sur un cycle annuel des paramètres biométriques de cette population permet de dégager les points suivants :

- la croissance coquillière est essentiellement printanière (avril à juin) pour les individus du groupe 1, mais plutôt estivale pour les individus du groupe 2. Le gain de croissance en coquille atteint 10 mm pour le groupe 1 en quatre mois et seulement 3 mm pour le groupe 2 sur la même période. En parallèle la courbe d'évolution de la masse de chair sèche reflète une augmentation continue jusqu'en fin de l'été, suivie d'une forte diminution étalée jusqu'au printemps suivant. Cependant, l'index de condition, défini par le rapport pondéral de la chair sèche à la coquille, ne permet pas de montrer clairement un amaigrissement dû à la reproduction, ceci aussi bien pour le groupe 1 que pour le groupe 2.
- Néanmoins, le suivi in vivo des gonades à l'échelle individuelle, selon les divers groupes d'âge, permet de préciser les phénomènes de reproduction. La gamétogénèse s'ébauche en fin d'automne-début d'hiver, devient maximale au printemps et aboutit à une ponte plus ou moins étalée mais massive en fin de printemps. Cette ponte peut néanmoins s'étendre résiduellement sur l'été. Cette observation sur les gonades se trouve confirmée par l'apparition du recrutement (individus supérieurs à un millimètre) sur les bancs, d'abord massivement durant les mois de juin à juillet puis secondairement, de 50 à 100 fois moindre, en automne. La réussite et la survie de

ce deuxième recrutement automnal est aléatoire, comme le suggère l'observation des structures démographiques post-hivernales.

En complément, l'analyse des paramètres biochimiques, teneur et pourcentage de la chair sèche en protéines, lipides, glycogène et sucres totaux affinent les conclusions précédentes.

- En effet, la période hivernale est marquée par un amaigrissement progressif des individus (chutes des réserves de glycogène) et une reprise de l'activité gamétogénétique (augmentation des taux de lipides). Les courbes de pourcentage de lipides et glycogène sont alors corrélées négativement, ce qui veut dire que le glycogène est utilisé non seulement pour faire face aux besoins énergétiques de base de l'individu en hiver, mais aussi pour l'élaboration des produits génitaux.
- La fin de l'hiver et le début du printemps apparaissent être un cap difficile à franchir : la gamétogénèse est maximale et l'utilisation des réserves glycogéniques est totale pour tous les groupes d'âge. Ceci est à relier aux forts taux de mortalité des individus sur les bancs durant les mois de mars, avril et mai.
- Le printemps est une période de reprise de croissance pour les individus les plus jeunes (groupe 1), mais pour les individus du groupe 2 se déroule en simultané une première ponte massive. L'été se caractérise par la continuation de la croissance tissulaire, une reconstitution des réserves de glycogène et semble-t-il quelques pontes résiduelles. Les phénomènes apparaissent cependant quelque peu différents selon les groupes d'âge. Les individus du groupe 1 accumulant des réserves de glycogène jusqu'en automne alors que ceux du groupe 2 utilisent ces mêmes stocks de glycogène plus précocement pour la gamétogénèse dès le début de la saison automnale.

3.3 - Etat d'avancement des analyses

Les résultats obtenus lors de cette première année 1984-1985 doivent être confirmés lors de la deuxième année de suivi mai 1985 à juin 1986. En particulier la distinction au sein des groupes d'âge des individus mâles, femelles ou immatures rendrait possible l'éclaircissement de certains points obscurs.

Ainsi, les analyses biochimiques des quelques 550 individus de la deuxième année, portant sur les cinq paramètres suivants : protéines, lipides, sucres totaux, glycogène et taux de cendre, soit 2.750 analyses devraient être achevées au plus tard fin janvier 1987. Cependant, aucune analyse microcalorimétrique sur la chair n'a encore été entreprise.

CONCLUSION

La stratégie d'étude des Mollusques non cultivés du bassin de Marennes-Oleron a consisté en l'emploi d'un échantillonnage aléatoire stratifié après allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein des strates : 370 stations sont réparties sur l'ensemble des 180 km² de la zone prospectée grâce à une benne Smith Mc-Intyre.

L'ensemble des Mollusques non cultivés épigés et endogés de substrats meubles, représenterait en 1984 moins de 25 % du tonnage d'Huîtres japonaises Crassostrea gigas en élevage, soit 14.000 + 3.000 tonnes avec une précision de 21 %. Ce niveau de précision est à peu près du même ordre de grandeur que celui prédit lors de l'étude pilote (pré-échantillonnage).

Les compétiteurs trophiques directs des Huîtres que sont les suspensivores, forment près de 70 % du tonnage total. Leur répartition géographique est essentiellement médio à infralittorale. Cerastoderma edule, Mytilus edulis, Crepidula fornicata, Solen marginatus apparaissent alors être les principaux compétiteurs trophiques des Huîtres.

L'étude dynamique de plusieurs populations de Cerastoderma edule à l'échelle du bassin montre que cette espèce possède les capacités de recoloniser massivement les estrans dès lors que ceux-ci ne sont plus le lieu de fouilles effectuées par les pêcheurs à pied artisanaux ou occasionnels.

C'est une espèce à croissance rapide verno-estivale. Les phénomènes de reproduction débutant en automne-hiver, ils sont suivis par une ponte printanière. Le recrutement est massif en début d'été et peut se poursuivre résiduellement sur l'automne. Cependant le taux de survie de ce deuxième recrutement automnal est beaucoup plus faible.

L'observation du cycle annuel des principaux composants biochimiques totaux permet de préciser la plupart de ces phénomènes, en particulier l'augmentation des taux de lipides de la chair et leur chute, liées respectivement au début de la gamétogénèse et à la ponte printanière. De même l'accumulation des réserves glycogéniques et leur utilisation sont corrélées d'une part à la période de croissance tissulaire puis d'autre part à la gamétogénèse. L'utilisation totale du stock de glycogène, réserve énergétique principale, se traduit sur les bancs par une augmentation de la mortalité naturelle pendant les mois d'hiver et de début de printemps.

Enfin, la démonstration de ces phénomènes demande confirmation par l'étude de la deuxième année de suivi, achevée en juin 1986. Ceci devrait permettre d'affiner l'ensemble des conclusions présentement exposé.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier DOUET Véronique, RINCE Jean-Philippe et SAAID Amina pour leur patience et bonne humeur lors du tri des échantillons au laboratoire; JOUSSET Jacques lors des analyses biochimiques; CADIOU Yvon, I.F.R.E.M.E.R. Nantes, qui a bien voulu donner de son temps à la création de programmes informatiques nécessaires aux traitements des données de la cartographie quantitative, ainsi que MARCHAND Jocelyne pour son aide et ses précieux conseils prodigués tout au long de ce travail.

ANNEXE 1

ECHANTILLONNAGE DES POPULATIONS NATURELLES DE
MOLLUSQUES COMPETITEURS TROPHIQUES DES HUITRES
CULTIVEES *CRASSOSTREA GIGAS* DU BASSIN DE
MARENNES-OLERON : ASPECTS METHODOLOGIQUES.

C.I.E.M./C.M. 1986/K : 30

Echantillonnage des populations naturelles de Mollusques
compétiteurs trophiques des huîtres cultivées *Crassostrea gigas*
du bassin de Marennes-Oléron : aspects méthodologiques.

Pierre-Guy SAURIAU

IFREMER, Laboratoire Ecosystèmes Conchylicoles (LEC)
B.P. 133, 17390 La Tremblade (France).

RESUME : L'estimation des stocks de Mollusques non cultivés soulève de nombreuses questions méthodologiques : le choix d'une stratégie d'échantillonnage, le niveau des erreurs d'échantillonnage et des erreurs systématiques. Le plan retenu s'articule autour de deux étapes : en premier, un pré-échantillonnage aléatoire afin de recueillir toutes les informations nécessaires ; puis en second, un échantillonnage aléatoire stratifié après allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein des strates. Les fortes variances liées aux estimateurs (densité, biomasse) proviennent du mode agrégatif de la dispersion spatiale des espèces. L'engin de prélèvement (benne Smith Mac-Intyre) dont l'efficacité n'est pas égale à 1, biaise les estimateurs. L'essentiel des estrans du bassin de Marennes-Oléron abrite la communauté à *Macoma balthica* dans laquelle le faciès à *Cerastoderma edule* prédomine.

Stock assessment of the non-cultivated Mollusc, trophic competitors
for oysters, in the Marennes-Oleron bay (Atlantic French coast) :
methodological considerations.

ABSTRACT : The main problems involved in making biomass and density estimates of benthic molluscs are the choice of a sampling plan, the level of systematic errors and random errors. A stratified random sampling after optimum allocation was used in the case. The benthic molluscs estimates (biomass or density) are highly variable, due to their aggregated distribution. The sampling gear used is a Smith Mc-Intyre grab which introduce a bias in the estimates. Nevertheless, the *Macoma balthica* community was predominant in the bay but *Cerastoderma edule* appeared to be the dominant specie.

1. Introduction :

Le bassin de Marennes-Oléron (carte 1), limité au nord par l'estuaire de la Charente, au sud par le Pertuis de Maumusson et à l'est par l'estuaire de la Seudre possède une vocation conchylicole depuis la fin du 19^{ème} siècle. D'une superficie de 180 km², ce bassin produit actuellement près de la moitié de la production d'huîtres commercialisées en France (Héral, 1985). En raison de cette qualité, de nombreux travaux se développent afin de déterminer les éléments nécessaires à une meilleure gestion de cette ressource littorale. Ainsi depuis une dizaine d'années, les performances de croissance des huîtres semblent accuser un net ralentissement corrélativement à une diminution de leur qualité. Avant de formuler des hypothèses déterministes sur ces phénomènes, il est important avant tout d'éclaircir le mode de fonctionnement dynamique de cet écosystème. A cet effet, le bassin fait l'objet d'une étude globale (Héral, 1977) abordée par étapes successives. Le but ultime consiste en l'élaboration de modèles de gestion de la ressource conchylicole, visant à optimiser la production ostréicole par une estimation des stocks d'huîtres compatibles avec les possibilités trophiques du milieu. Cette étude globale s'est déployée selon deux axes majeurs, le premier selon une optique hydrologique-écophysologique, le second selon une optique, dynamique des stocks.

Ainsi, d'une part, la détermination des potentialités nutritives des eaux du bassin (Héral, 1977) et de ses différentes formes de nourritures disponibles : substances dissoutes (Feuillet et al., 1979), bactéries (Héral et Prou, 1980), matières organiques particulaires (Héral et al., 1980, 1981) montrent que ce bassin se caractérise par une charge élevée des eaux en seston, ce qui entraîne une déficience de la pénétration de la lumière, avec pour conséquence, une faible productivité primaire (Héral et al., 1983) : ceci soulève le caractère limité de la nourriture disponible pour les populations de filtreurs de ce bassin. En parallèle des études hydrobiologiques, la biologie des populations de *Crassostrea gigas* (Deslous-Paoli, 1980, 1982, 1983) et la mise en évidence des transferts énergétiques entre la nourriture disponible dans l'eau et les huîtres d'un an (Deslous-Paoli et Héral, 1984) ou adultes (Héral, Deslous-Paoli, Sornin, 1983) sont déterminées. De même, la quantification du compartiment "compétiteurs trophiques" nécessite l'étude des populations de *Mytilus edulis* (Boromthanasarat, 1986), des populations de *Crepidula fornicata* (Deslous-Paoli et al., 1983, 1984) mais aussi des Mollusques non cultivés compétiteurs trophiques des huîtres *C. gigas*.

D'autre part et simultanément, se sont effectuées l'estimation du captage de naissain (Berthomé et al., 1981, 1982), l'estimation de la biomasse d'huîtres en élevage dans un site test (Latour, 1983), puis, à l'échelle du bassin, soit directement par échantillonnage terrain (Bacher, 1984) et photographies aériennes (Bacher et al., 1986), soit menée par télédétection (Deslous-Paoli et al., 1985). En parallèle à l'estimation actuelle des stocks (huîtres, moules, crépidules) et des productions commercialisées, l'évolution historique des productions commerciales ostréicoles du bassin et l'étude dynamique des stocks d'huîtres cultivées, doivent permettre de mieux comprendre les mécanismes régissant l'écologie de cet écosystème orienté vers la conchyliculture (Héral et al., 1986).

2. Méthodologie :

La gestion rationnelle des stocks de Mollusques cultivés (huîtres et moules) nécessite en particulier, la connaissance des stocks de Mollusques non cultivés. Il s'agit ainsi, d'établir une cartographie biosédimentaire quantitative afin, d'une part, de localiser ces stocks non cultivés et, d'autre part, de quantifier leur niveau de biomasse vis à vis de la biomasse d'huîtres et de moules en culture dans le bassin.

2.1. Choix de la stratégie d'échantillonnage :

Ce choix est sous l'influence directe de l'ensemble des connaissances antérieures de l'écosystèmes. Ainsi les grands traits de la physiographie du bassin transparaissent des travaux de Chassé et Glémarec (1976) ainsi que de Hily (1976). Plus en détail, la bionomie benthique intertidale de certains estrans a été décrite pour l'île d'Oléron et Ronce-les-Bains par Baudoin (1949), Callame (1961) et Faure (1969). Enfin, Massé et Lagardère (1981) mettent en évidence l'action des parcs ostréicoles sur les peuplements benthiques.

Il ressort de ces travaux que le domaine benthique du bassin est constitué d'une mosaïque de peuplements. Les niveaux de densité et de biomasse de ces peuplements sont corrélés avec les types biosédimentaires et les niveaux bathymétriques. En particulier les maxima de biomasse sont atteints en position infralittorale subtidale pour des sédiments vaso-sableux (Hily, 1976). Cette mosaïque se reflète aussi bien en position subtidale que intertidale où la présence-absence de parcs ostréicoles ajoute une dichotomie supplémentaire.

Ainsi, à priori, s'impose l'idée du découpage du domaine benthique, milieu très hétérogène, en un ensemble d'éléments plus homogènes appelés strates, selon des stratificateurs en corrélation avec les niveaux de biomasses.

2.2. Echantillonnage stratifié :

Les critères théoriques présidant aux choix d'un échantillonnage stratifié par rapport à un échantillonnage systématique ou aléatoire simple (E.A.S.) découle des réflexions suivantes :

- Grosselein et Laurec (1982) notent : "Vis à vis de l'échantillonnage aléatoire simple, l'échantillonnage systématique présente un inconvénient majeur : il est difficile d'obtenir une estimation fiable de la variance de l'estimateur final, sans utiliser des méthodes relativement sophistiquées (Matheron, 1965) ou faire des hypothèses simplificatrices (Cochran, 1977). Autre inconvénient majeur, il peut conduire à des estimations biaisées s'il existe des périodicités inconnues dans la distribution des espèces ou des gradients de densités marquées" ce qui est très nettement le cas dans le bassin de Marennes-Oléron pour les *Crepidula fornicata* (crépidule) situées en bancs très denses dans l'infralittoral exondable et pour les *Cerastoderma edule* (coque) distribuées de façon contagieuse sur les estrans vaso-sableux.

- L'échantillonnage aléatoire simple sur une vaste zone qui tend à présenter des stations proches les unes des autres alors que de vastes zones sont délaissées, ne rendra pas compte de la possible distribution contagieuse des Mollusques,

- Au contraire, l'échantillonnage stratifié se révélera plus précis pour étudier une structure de grande dimension dans la mesure où les strates définies rendront compte des gradients de densités et de biomasses reconnus à priori.

- Enfin, l'existence de cartes biosédimentaires (Hily, 1976) de l'ensemble du bassin et la relative facilité de contrôler toute modification de ces cartes, permettent l'établissement de strates définies grâce à des stratificateurs de type biosédimentaire et bathymétrique.

Ainsi, l'application d'un échantillonnage stratifié nécessite de concevoir les points suivants :

1. Définition des concepts statistiques
2. construction de strates
3. détermination de l'effort d'échantillonnage pour chaque strate
4. adoption d'un plan d'échantillonnage au sein de chaque strate

1. Définition des concepts statistiques (Frontier, 1983)

- La population statistique est la surface d'une strate
- L'unité d'échantillonnage est l'unité de prélèvement : surface de 1/10ème de m²,
- La population cible est constituée de l'ensemble des espèces de Mollusques,
- Les paramètres sont des caractéristiques quantitatives : biomasse, densité, nombre d'espèces par unité d'échantillonnage.

2. Construction des strates

- Le découpage naturel du bassin de Marennes-Oléron en une mosaïque d'entités conduit à une stratification selon différents critères qui sont, par ordre d'importance :

- * types biosédimentaires définis par Chassé et Glémarec (1976)
- * position bathymétrique des strates : soit subtidale soit intertidale
- * sur estran, séparation des aspects suivants :
 - estran avec cultures de moules (bouchots)
 - estran libre de parcs
 - estran avec parcs (huîtres)
- * sur parcs, séparation des types de cultures
 - culture à plat : huîtres répandues sur le sol
 - culture en surélevé : huîtres sur tables
- * influence de la salinité (eaux de Seudre ou de Charente)

- Le nombre de strates dépend, à l'évidence, de la combinaison des différents stratificateurs et de la complexité reconnue à priori du milieu naturel. Ainsi, le nombre de strates individualisées en tant que telles, est de 68 (carte 2).

3. Effectif des échantillons dans chaque strate

En théorie, essentiellement deux stratégies d'allocation des effectifs au sein des strates se présentent (Cochran, 1977) :

- la première s'appelle allocation proportionnelle :
l'effectif n_i de l'échantillon est directement proportionnel à l'effectif N_i de la strate i (N_i en unité de surface)
- la deuxième s'appelle allocation optimale :
l'effectif n_i de l'échantillon est d'autant plus élevé que la variance s_i^2 de la strate est grande et que son effectif est grand N_i

Si les éléments sont prélevés de façon aléatoire au sein de la strate i , l'effectif optimal de l'échantillon n_i est :

$$n_i = n \frac{N_i s_i}{\sum_{i=1}^k N_i s_i}$$

$$\text{avec } n = \sum_{i=1}^k n_i$$

- n_i : effectif optimal de l'échantillon
- n : somme des effectifs
- N_i : effectif total de la strate i
- s_i^2 : variance de la strate i
- k : nombre de strate
- i : indice de la strate

Il est alors possible de maximiser la précision des estimations pour un effectif n total fixé ou à l'inverse, de minimiser l'effectif n total pour une précision donnée.

Le choix d'une stratégie d'allocation se fait en considérant les notions suivantes :

- en général, dans le domaine benthique, les forts taux de biomasses s'associent à de forts taux de variabilité (moyenne et variance liées positivement) du fait de phénomènes d'agrégation des populations,
- les contraintes temporelles et matérielles des opérations de prélèvement (nombre de journées d'utilisation d'un navire, utilisation d'un échantillonneur) et de dépouillement des prélèvements amènent à restreindre le nombre total n d'échantillon à l'échelle du bassin.

Ainsi comme la problématique de cette étude se définit en terme de quantification des stocks (biomasse) et de maximisation de la précision, il a été choisi d'adopter l'allocation optimale et de maximiser la précision des estimations en fixant l'effectif total n des échantillons.

4. Plan d'échantillonnage dans chaque strate :

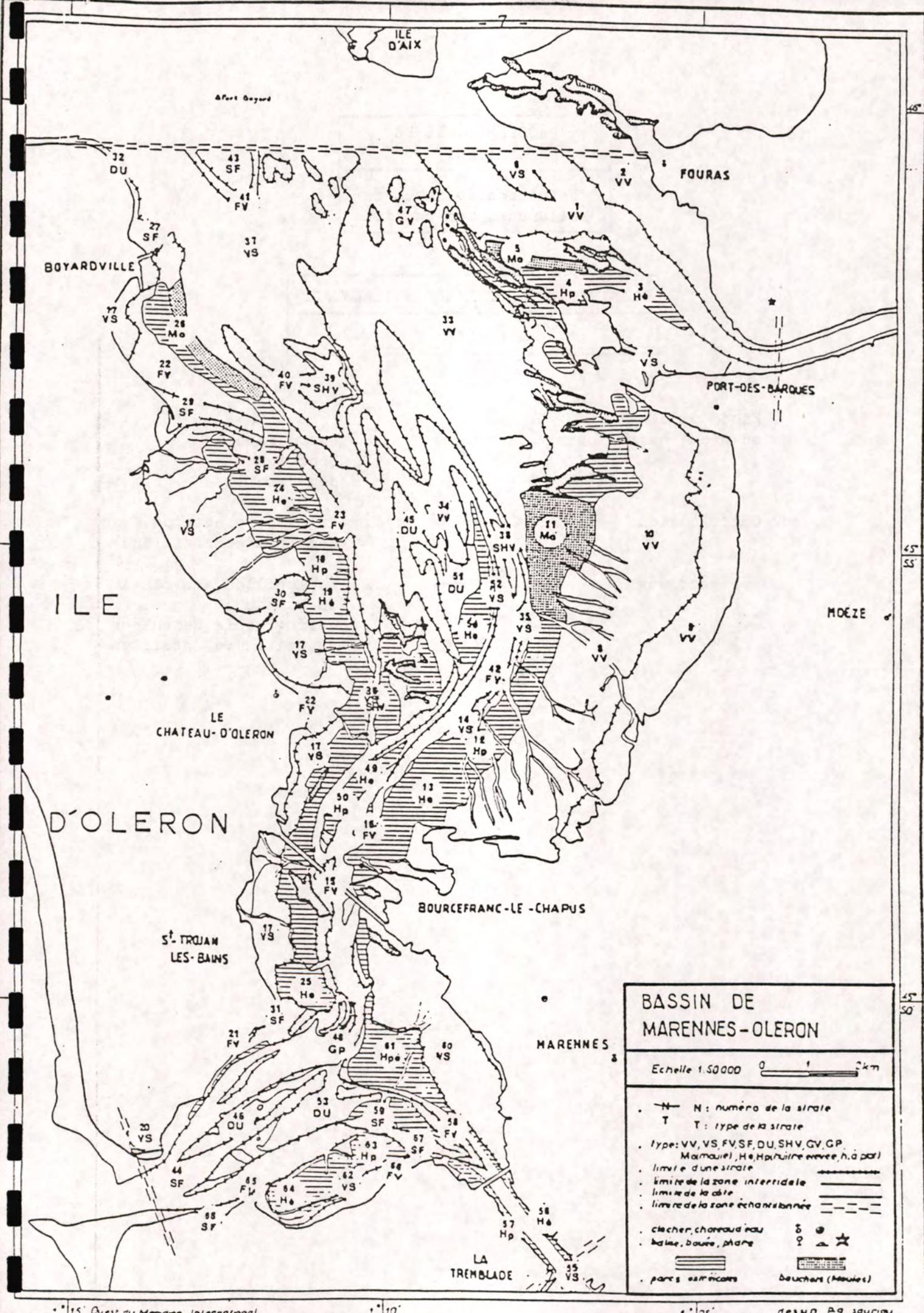
Grosslein et Laurec (op. cit.) notent dans ce cas : "A l'intérieur d'une strate pourvue qu'elle ne soit pas trop étendue, l'échantillonnage aléatoire simple (E.A.S.) est presque aussi précis que l'échantillonnage systématique, tout en permettant des calculs plus simples de variance." L'emploi d'un E.A.S. au sein de chaque strate a donc été retenu ici.

2.3. Condition d'application du plan d'échantillonnage :

La figure 1 résume la démarche logique adoptée. La problématique de l'étude étant définie, la planification de l'échantillonnage s'effectue en trois étapes :

En premier lieu, une étude pilote (pré-échantillonnage) permet d'acquérir les données relatives à l'effectif N_i de chaque strate (surface) et de déterminer la variance associée s_i^2 de l'estimateur choisi.

En second lieu, l'optimisation consiste en la détermination des effectifs n_i des échantillons dans chaque strate, en la fixation du nombre total n d'échantillon pour maximiser la précision des estimateurs. Le paramètre choisi pour cela est la biomasse totale de Mollusques présente dans l'unité d'échantillonnage. Cette biomasse est exprimée en gramme (10^{-3} kg) de tissu sec décalcifié.



BASSIN DE MARENNES-OLERON

Echelle 1:50000 0 1 2 km

- N : numéro de la strate
- T : type de la strate
- type: VV, VS, FV, SF, DU, SHV, GV, GP, Mo, He, Hp, Hc, Hs, Ht, Hx, Hy, Hz, H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9, H10, H11, H12, H13, H14, H15, H16, H17, H18, H19, H20, H21, H22, H23, H24, H25, H26, H27, H28, H29, H30, H31, H32, H33, H34, H35, H36, H37, H38, H39, H40, H41, H42, H43, H44, H45, H46, H47, H48, H49, H50, H51, H52, H53, H54, H55, H56, H57, H58, H59, H60, H61, H62, H63, H64, H65, H66, H67, H68, H69, H70, H71, H72, H73, H74, H75, H76, H77, H78, H79, H80, H81, H82, H83, H84, H85, H86, H87, H88, H89, H90, H91, H92, H93, H94, H95, H96, H97, H98, H99, H100
- limite d'une strate
- limite de la zone intertidale
- limite de la côte
- limite de la zone échantillonnée
- clocher, charaud ou
- baie, bouée, phare
- bancs ostréicoles
- Dousters (Moules)

carte 2 : Localisation des strates. Pré-échantillonnage

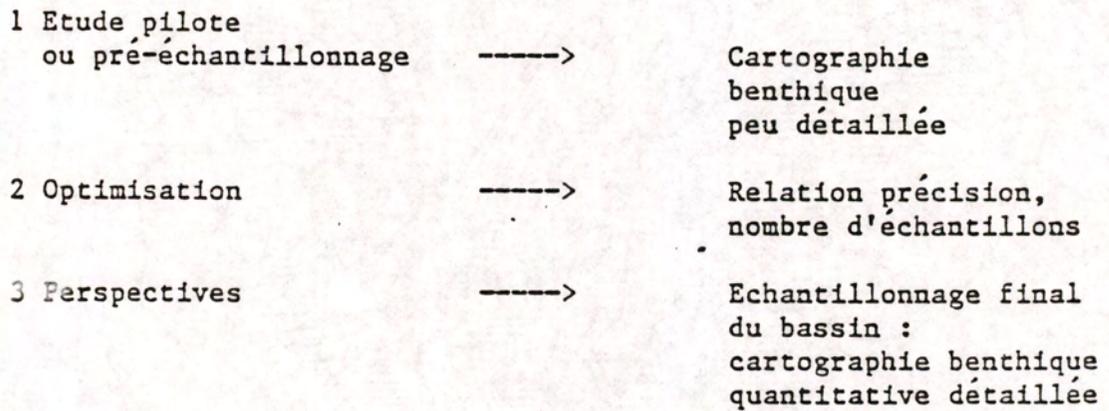
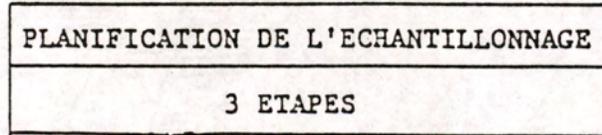
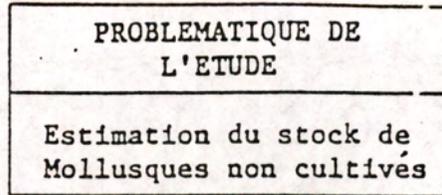


figure 1 : Démarche logique adoptée

Enfin, la troisième étape débouche sur la réalisation, de l'échantillonnage final du bassin de Marennes-Oléron.

L'ensemble des définitions relatives aux estimateurs de l'étude pilote et de l'optimisation est issu de Cochran (1977) en langue anglaise ou de Frontier (1983) en langue française.

2.4. Réalisation concrète de l'étude pilote :

- l'échantillonnage a nécessité l'emploi d'un bateau professionnel de faible tirant d'eau (0,50 à 0,70 m),

- l'engin de prélèvement, une benne Smith-Mc Intyre prélève une surface de $0,10 \text{ m}^2$ sur 0,10 à 0,15 m de profondeur,

- le tamisage de chaque prélèvement s'effectue sur un tamis de maille carrée de 1 mm de côté. La fixation du matériel biologique s'effectue avec une solution de formol à 4 %,

- sur parcs ostréicoles et sur estran non accessible en bateau, le relèvement s'effectue à l'aide d'un quadrat de $0,10 \text{ m}^2$ de surface sur 0,10 à 0,15 m de profondeur,

- la durée maximale de chaque campagne en bateau est fixée à 10 jours,

- la période pendant laquelle se déroule le pré-échantillonnage correspond à la période hivernale. Les peuplements benthiques sont alors à leur niveau de base (Hily, comm. pers.),

- la période pendant laquelle se déroule l'échantillonnage final, se trouve décalée de 2 à 3 mois, temps nécessaire au traitement des prélèvements et des granulométries, et à la mise en oeuvre du plan d'optimisation,

- au laboratoire, les prélèvements sont triés et les Mollusques déterminés spécifiquement. Le matériel est conservé à l'alcool à 90°.

- la construction de carte au 1/50 000 représentant le bassin et la situation des strates, à partir de documents déjà existants (cartes biosédimentaires, photographie aérienne, cartes cadastrales des Affaires Maritimes) permet de dénombrer les strates et de calculer leur surface,

- le calcul de ces surfaces s'effectue à l'aide d'un intégrateur de surface manuel. Trois mesures sont effectuées au minimum après étalonnage de l'appareil sur une figure de surface connue,

- le choix des stations de prélèvements consiste à quadriller les strates de la carte, à numéroter ce quadrillage et à effectuer un tirage aléatoire * d'échantillonnage et un prélèvement granulométrique,

après remise de points station. Chaque station comprend 4 unités

- la constitution de mailles plus serrées de prélèvements granulométriques (radiales) est nécessaire pour vérifier les cartes biosédimentaires existantes (1976) que ce soit en zone subtidale ou en zone intertidale (côtes d'Oléron, de Marennes; de Ronce et de Charente),

- la campagne de prélèvements pour le pré-échantillonnage s'est déroulée du 2 décembre 1983 au 22 janvier 1984 soit 10 jours de bateau et 10 jours d'échantillonnage pédestre,

- la position de chaque station est repérée au cercle hydrographique à l'aide d'amers facilement reconnaissables (château d'eau, balise, clocher, pylone électrique...)

- les calculs d'optimisation sont enfin effectués après avoir dépouillé les prélèvements et vérifié les limites des strates biosédimentaires grâce aux résultats des analyses granulométriques.

3. Sources d'erreur et critiques de la méthodologie :

3.1. Sources d'erreur : biais et précision :

Deux sources d'erreur affectent toute estimation d'abondance ou de biomasse : une erreur systématique ou biais liée à l'efficacité de l'engin de prélèvement ou à la vulnérabilité des espèces et une erreur d'échantillonnage liée à la variabilité spatiale de la distribution des espèces benthiques.

- Erreur systématique : biais de l'engin de prélèvement.

Lors de sa pénétration dans le sédiment (0,10 m à 0,15 m), la benne Smith Mc Intyre ne capture pas toutes les espèces présentes à la surface ou en dessous de l'aire prospectée. L'efficacité de la benne n'est pas égale à 1. Ainsi, l'estimation d'un paramètre (biomasse, densité, diversité) est biaisée puisqu'elle ne représente qu'une fraction de la valeur réelle de ce paramètre.

De plus, ce biais varie selon les espèces puisqu'en fonction de leur activité physiologique et de leur mode de vie, elles peuvent se situer à différents niveaux de profondeur dans le sédiment.

Les espèces parmi les Mollusques qui présentent ce caractère appartiennent aux genres suivants : *Solen*, *Ensis*, *Lutraria*, *Mya*, *Scrobicularia* et *Ruditapes*.

De même, la vulnérabilité d'une espèce varie selon son âge (les jeunes sont plus en surface que les plus âgés) ou la saison. D'autre part, la pénétration de la benne varie selon les types sédimentaires. Elle s'avère beaucoup plus efficace dans les sédiments vaseux à sablo-vaseux que dans les fonds plus compacts (sable fin ou dunaire) ou plus hétérogènes (sable hétérogène, gravier). Ainsi, pour diminuer le biais venant de ce deuxième critère, est-il indispensable de contrôler la régularité de la pénétration de la benne (Massé et al., 1977). Pour ce faire, tout prélèvement ne présentant pas ce caractère d'homogénéité est systématiquement recommencé en déplaçant le bateau.

Enfin, pour d'évidentes raisons, cet engin n'a pas été employé sur les parcs ostréicoles. Le prélèvement s'effectue à l'aide d'un quadrat de 0,10 m² sur une profondeur de 0,15 m. Ce moyen de prélèvement introduit bien entendu son propre biais dans les estimations, biais différent de celui de la benne.

La présentation, la comparaison et l'analyse des résultats devront donc tenir compte de ces différents biais.

- erreur d'échantillonnage aléatoire : variance

Cette erreur provient du fait que les espèces benthiques sont généralement non pas distribuées uniformément, mais la plupart du temps, en agrégats dont la taille peut être variable (Chessel, 1978).

De plus l'utilisation de la benne Smith-Mc Intyre provoque du fait de son mode de fonctionnement une légère augmentation de cette variabilité apparente (Downing, 1979) : cela concerne plus particulièrement les espèces vivant à l'interface eau-sédiment.

L'étude de la relation moyenne, variance d'une variable (densité, biomasse) permet alors de déterminer le type de dispersion : dispersion régulière, au hasard ou contagieuse, des organismes dans le sédiment.

Dans le cas présent, une forte variabilité transparait entre tous les prélèvements, les organismes seraient distribués de manière contagieuse et seule l'augmentation du nombre des échantillons permet d'obtenir une meilleure précision des estimations.

3.2. Respect de la nature des estimateurs :

- la population cible, c'est à dire l'ensemble des Mollusques étudiés n'est pas statique dans le temps et possède ses propres fluctuations. Comme le pré-échantillonnage et l'échantillonnage ne s'effectuent pas sur le même état de la population cible, cela introduit un biais,

- l'estimation des variances s_h^2 nécessite obligatoirement que la taille minimale n_h de l'échantillon soit égale à 2,

- du fait de l'étendue du domaine prospecté et du décalage dans le temps entre les deux campagnes d'échantillonnage, l'évaluation de la surface réelle N_i d'une strate i apparait illusoire. Cette erreur d'évaluation entraîne un second biais non détectable,

- chaque strate est définie comme une entité homogène. Cependant, certaines d'entre elles, par exemple sur estran, présentent une certaine hétérogénéité du fait de la non prise en compte de facteurs écologiques en tant que stratificateur, ainsi, ne sont pas prises en compte, la présence de zostères, la distinction entre supra, médio et infralittoral sur les estrans meubles très plats et la présence de ruisseaux ou flaques créant une certaine hétérogénéité locale,

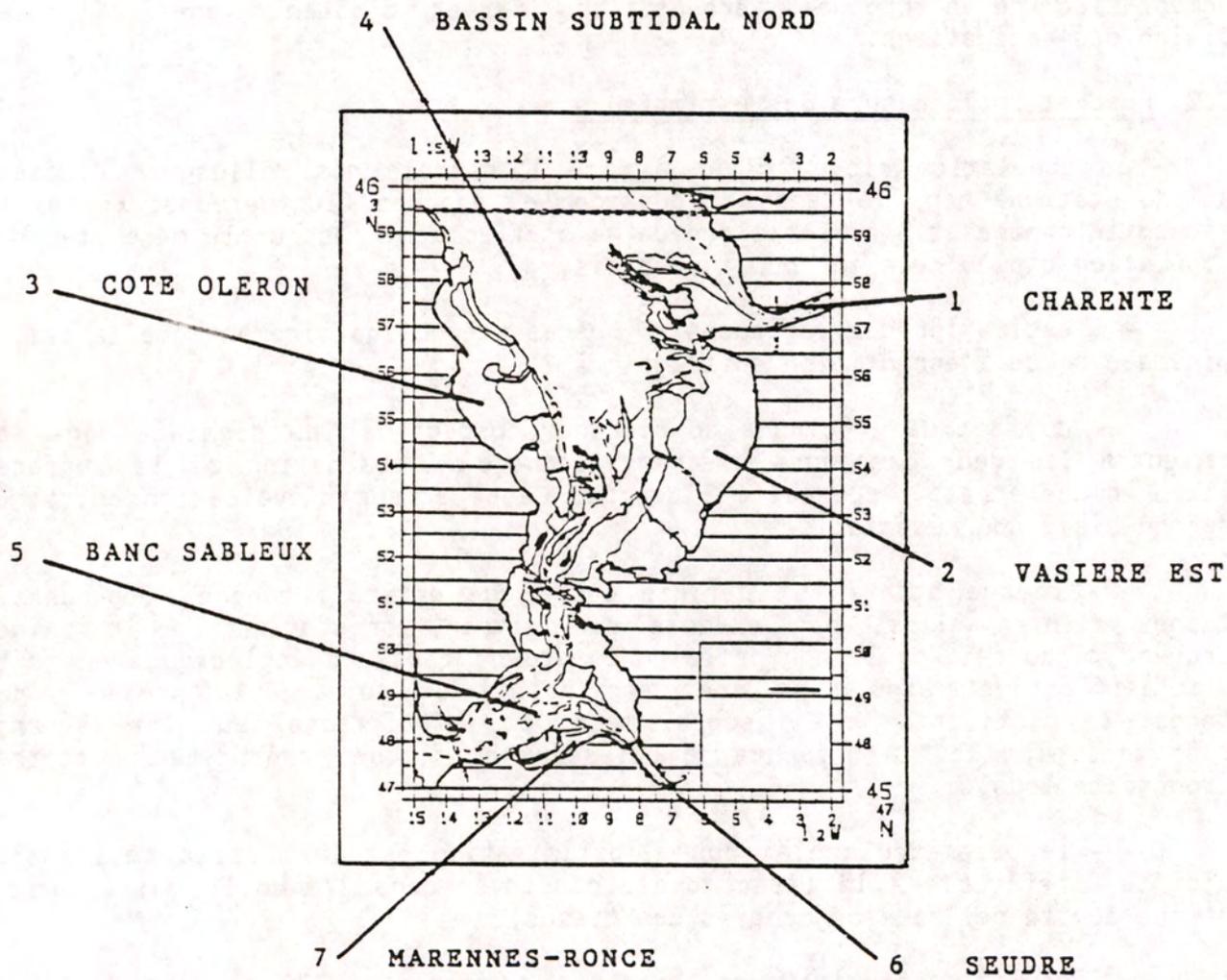
- le paramètre choisi pour l'optimisation est la masse de tissu sec décalcifié, préférable à la masse totale conservée dans l'alcool, mais qui ne tient pas compte des taux de cendres des tissus,

- l'emploi des estimateurs théoriques (Cochran, 1977) ne doit en toute rigueur se faire que dans un cadre gaussien, c'est à dire lorsque la loi de distribution des variables suit une loi normale. Or en général la loi de distribution d'abondance d'organismes benthiques appartient à la famille des lois binomiales (Elliot, 1971), ceci en liaison avec le mode de dispersion des organismes. Ainsi l'étude de la relation moyenne-variance permet le choix d'une transformation de données, permettant de se rapprocher du cadre gaussien et d'utiliser des estimateurs théoriques appropriés.

4. Résultats :

4.1. Etude pilote ou pré-échantillonnage :

Pour l'essentiel, la physionomie benthique du bassin apparaît fondée sur une dichotomie sédimentaire : les estrans vaseux orientaux de la côte de Fouras jusqu'à la Seudre, s'opposent aux estrans plus sableux de l'île d'Oléron. Cependant, les analyses granulométriques réalisées montrent que l'envasement des



carte 3 : Position des superstrates dans le bassin

estrans d'Oléron s'est accru depuis une dizaine d'années (travaux d'Hily, 1976) sauf à l'extrême nord sous influence océanique (Saumonard Boyardville) et à l'extrême sud sous influence des pertuis de Maumusson (Manson-Pointe de Gatseau). Cet envasement progressif des côtes est lié à l'activité conchylicole. Les structures ostréicoles ou mytilicoles freinent l'action d'érosion des courants. De même, les huîtres et moules, en tant que filtreurs, participent à l'exhaussement des fonds par leur biodépôts.

Les grands traits de la cartographie biosédimentaire du bassin de Marennes-Oléron peuvent être dégagés de l'étude pilote. Pour plus de clarté, sept grands ensembles (superstrates) ont été individualisés (carte 3). Les densités moyennes sont exprimées en nombre d'individus/m² = d, les biomasses moyennes en gramme de tissu sec décalcifié/m² = m. Les intervalles de confiance sont calculés sur les données brutes, sans transformation en faisant l'hypothèse simplicatrice que les données sont distribuées normalement. L'intervalle de confiance est construit au risque $\alpha = 5\%$.

a) Charente

Les chenaux vaseux de la Charente n'abritent qu'une espèce *Macoma balthica* en faible densité ($d = 15 \pm 10$) et en faible biomasse ($m = 0,2 \pm 0,2$). Les estrans dessalés sont plus homogènes et abritent *Macoma balthica* ($d = 600 \pm 200$, $m = 10 \pm 2$) et *Scrobicularia plana* ($d = 80 \pm 40$; $m = 5 \pm 6$). Les moulières de Charente abritent un peuplement de vases pures molles avec *Nucula turgida* et *Abra nitida* ($d = 10$).

b) Estrans vaseux de l'est : ile Madame-Chapus :

Les estrans vaseux de la côte est-charentaise représentent l'une des strates les plus étendues. Le peuplement à *Macoma balthica* domine avec localement le faciès à *Cerastoderma edule* qui apparaît en taches très denses ($d = 500 \pm 3\ 000$, $m = 5 \pm 20$). Les espèces *Scrobicularia plana* et *Abra tenuis* apparaissent aussi. Les parcs ostréicoles abritent le même peuplement.

Localement, le long de l'infralittoral exondable, *Crepidula fornicata* s'implante en fortes concentrations, en particulier au nord (Estrée) et au sud (Charret-Perron). Sur Charret, *Crepidula fornicata* représente 90 % des densités et 95 % des biomasses, soit respectivement $d = 1\ 000 \pm 600$ et $m = 100 \pm 60$. Cette espèce cohabite avec *Anomia sp.*, *Corbula gibba*, *Mysella bidentata* et *Mytilus edulis*.

Enfin, sur les bancs de Martin et Meule, les sables fins envasés dominant, recouvrant d'anciens bancs de sables dunaires (*Spisula ovalis*, *Mytilus edulis*, *Venus striatula*, *Corbula gibba*, *Abra alba*), soit au total $d = 650 \pm 2\ 000$, $m = 76 \pm 60$ dont 90 % de moules.

c) Côte d'Oléron :

Les estrans de la côte d'Oléron sont dominés par des sédiments de vases sableuses à sables fins envasés (2/3 de la surface). Le peuplement à *Macoma balthica* y domine et là aussi, en particulier, le faciès à *Cerastoderma edule* (60 % des densités totales $d = 150 \pm 180$ et 90 % des biomasses totales $m = 7 \pm 12$). Les espèces représentées sont *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*, *Scrobicularia plana*, *Ruditapes decussatus*, *Mytilus edulis*, *Abra tenuis* et localement dans les petits chenaux de vases molles *Abra nitida* et *Nucula turgida*.

La pointe de Boyardville, sous influence océanique, abrite une superposition de deux peuplements avec des espèces de sables fins : *Venus striatula*, *Macra corallina*, *Pharus legumen*, *Cultellus pellucidus*, *Pandora albida*, *Tellina fabula* des espèces de vases sableuses : *Lutraria oblonga*, *Solen marginatus* et certaines espèces des vases : *Nucula turgida* ou plus ubiquistes (*Spisula subtruncata*). Ce milieu semble le plus riche en espèces et le plus hétérogène ($d = 3\ 000 \pm 2\ 000$, $m = 12 \pm 10$).

Les parcs de la côte d'Oléron, que leur sédiment soit salbeux ou vaseux abritent essentiellement *Cerastoderma edule*.

d) Bassin subtidal nord :

Le bassin nord subtidal est dominé par des sédiments vaseux à vaso-sableux (la moitié en superficie du secteur 4). *Nucula turgida*, *Spisula subtruncata*, *Mysella bidentata*, *Corbula gibba* et *Lutraria oblonga* y vivent. *Nucula turgida* domine et représente de 50 à 90 % des densités ($d = 500 \pm 250$) et 10 à 90 % des biomasses ($m = 18 \pm 60$). L'espèce *Lutraria oblonga* contribue aux fortes variations de biomasse (elle est sans doute mal échantillonnée).

Le chenal nord principal appelé Coureau d'Oléron est azoïque. Il est le siège de violents courants de marée. Les chenaux autour du banc de Lamouroux ainsi que la Courante d'Oléron sont des milieux hétérogènes (sable hétérogène envasé). Ils abritent les espèces *Crepidula fornicata*, *Venus verrucosa*, *Corbula gibba*, *Dentalium novemcostatum*, *Abra alba*. *Crepidula fornicata* représente 90 % des densités et biomasses ($d = 400 \pm 900$, $m = 50 \pm 120$). Localement, une faune de sables dunaires (banc de Lamouroux) transparait avec *Spisula ovalis*.

Au contraire des chenaux nord, les chenaux sud autour des bancs de sables fins à dunaires (Golette, Bri, Barat) sont pauvres en espèces. Ces chenaux présentent soit des espèces ubiquistes *Abra alba*, *Spisula subtruncata* ou des espèces de vases *Nucula turgida*, *Corbula gibba* ($d = 50 \pm 40$, $m = 0,1 \pm 0,2$), soit des espèces de sables dunaires telles que *Spisula ovalis* ($d = 5 \pm 10$, $m = 0,6 \pm 2$).

e) Bancs sableux des chenaux :

Les bancs sableux du bassin sont au nord Lamouroux et Dagnas, au sud Barat, Bri, Golette. les bancs du sud ne se découvrent entièrement qu'aux marées d'équinoxe. En dehors des parcs ostréicoles, la faune des Mollusques est des plus réduites, *Spisula ovalis* et quelques *Mytilus edulis* ($d = 2 \pm 1$, $m = 0,1 \pm 0,2$). Le banc de Lamouroux, sable fin à sable dunaire, représente un cas particulier dans sa partie est, car *Crepidula fornicata* s'y développe en abondance ($d = 700 \pm 200$, $m = 50 \pm 20$). Enfin, la présence de parcs ostréicoles (Barat, Dagnas) modifie superficiellement les sédiments : les espèces de sables dunaires *Spisula ovalis* ou de sables fins *Tellina tenuis*, *Tellina fabula* sont supplantées par des espèces plus vasicoles : *Nucula turgida*, *Corbula gibba* ou ubiquistes *Abra alba*, *Dentalium novemcostatum*, *Ruditapes rhomboides*, *Ruditapes pullastra*, *Mytilus edulis* ($d = 130 \pm 180$, $m = 2 \pm 2$).

f) Seudre :

La rivière Seudre présente un chenal vaseux encombré de débris coquilliers : apparemment, il semble "azoïque". Les chenaux sous l'influence dessalée de la Seudre, chenal de la Soumaille, chenal de la Vache, sont respectivement vaseux (*Abra nitida*, *Corbula gibba*, *Macoma balthica* en faible densité) et plus sableux (*Tellina tenuis*, $d = 10 \pm 10$, $m = 0,2 \pm 0,3$).

g) Estrans sud : Marennes-Ronce les Bains :

Le peuplement à *Macoma balthica* occupe aussi les estrans vaseux à vaso-sableux de Marennes. Les espèces présentes sont : *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*, localement en conditions saumâtres *Scrobicularia plana* et *Abra tenuis*, ou dans un sédiment moins homogène *Ruditapes decussatus*. Les abondances et biomasses totales sont $d = 260 \pm 400$, $m = 10 \pm 30$ dont 75 % pour *Cerastoderma edule*, 10 % pour *Scrobicularia plana* et 10 % pour *Mytilus edulis*. Les parcs ostréicoles sont plus pauvres en densité ($d = 20 \pm 10$, $m = 0,5 \pm 0,2$) avec essentiellement *Scrobicularia plana* et *Abra tenuis*. Les estrans de la côte de Ronce présentent la même caractéristique, *Cerastoderma edule* étant plus abondante, soit 95 % de $d = 760 \pm 1\ 000$, $m = 40 \pm 60$. Les parcs adjacents abritent les mêmes espèces mais en moins grande quantité ($d = 10 \pm 1$, $m = 0,1 \pm 0,1$) avec cependant plus de *Mytilus edulis*. Enfin, les sédiments sont plus sableux à proximité du Pertuis de Maumusson (Embellie, Galon d'Or), *Tellina tenuis* et *Cerastoderma edule* y dominent ($d = 100 \pm 80$, $m = 70 \pm 40$).

4.2. Optimisation :

Le calcul de l'optimisation s'obtient en choisissant de maximiser la précision des estimations pour un coût total fixé. Ce coût se définit par l'effectif total n de l'échantillon. A priori, les valeurs suivantes de n vont être testées: 200, 300 et 400.

Mais sous l'effet de la contrainte n_i (effectif de l'échantillon de la strate i) supérieur ou égal à 2, la valeur théorique de n aboutit à une valeur calculée plus forte de 50 %.

C'est à l'évidence cette valeur calculée qu'il faut prendre en compte vis à vis des contraintes matérielles de l'étude, le nombre de journées d'utilisation du navire (10), la mise au point de l'engin de prélèvement (benne Smith Mc Intyre) et le temps de travail obligatoire au moment de la pleine mer sur les estrans (50 % de la surface totale du bassin de Marennes-Oléron).

Ainsi en prenant la valeur théorique $n = 200$, la valeur calculée est de 296. La répartition de cet effectif ou allocation de l'effort d'échantillonnage au sein des strates apparaît dans la figure 2.

La majorité des strates (51 sur 68) ne possède que deux stations. Quatre strates se distinguent, soit par leur surface, soit par leur relative hétérogénéité. Ce sont :

- La strate 10, estran vaseux de l'est, libre de parcs : 61 stations ; la strate 17, estran vaso-sableux de la côte d'Oléron : 13 stations ; la strate 37, vasière sableuse infralittorale du nord : 36 stations et la strate 42, chenal sablo-vaseux autour du banc de Lamouroux : 14 stations.

- L'optimisation permet de prédire un taux de précision des estimations, ce taux de précision dépendant du coefficient de variation exprimé en pourcentage : $CV\% = 100 * s/\bar{y}$, c'est à dire le rapport de l'écart-type à la moyenne de l'estimateur.

D'une part, au niveau d'une strate, le coefficient de variation est compris entre 10 et 150 (valeurs obtenues en densité ou biomasse grâce aux 4 bennes de chaque station), ce qui montre le caractère très variable de la distribution apparente des mollusques benthiques.

D'autre part, au niveau de résultat final, il est possible de prédire, connaissant N_i , n_i et s_i^2 de chaque strate, le coefficient de variation CV% exprimé ici comme le rapport de l'écart-type stratifié à la moyenne stratifiée :

$$CV\% = 100 \cdot \frac{\sqrt{V_{yst}}}{\bar{y}_{st}}$$

. Soit la valeur de n_i est remplacée par sa valeur théorique optimisée (Cochran, 1977)

$$CV\% = 100 \cdot \frac{\sqrt{(\sum N_i s_i^2)^2 - n \sum N_i s_i^2}}{\sqrt{n (\sum y_i N_i)^2}}$$

la courbe A, figure 3 représente cette fonction $CV\% = f(n)$, $n \in [1, \infty[$

. Soit il est tenu compte de la contrainte $n_i \geq 2$ donc $n \geq 2 \cdot k$, k, nombre de strates

$$CV\% = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum s_i^2 N_i \left(\frac{N_i}{n_i} - 1\right)}}{\sum N_i \bar{y}_i}$$

la courbe B, figure 3 représente cette fonction $CV\% = f(n)$, $n \in [136, \infty[$

Il apparaît alors que les deux courbes sont pratiquement indentiques, et que pour un nombre d'échantillon total n supérieur à 100, le coefficient de variation est inférieur à 10 %. Dans le cas présent, $n = 296$, $CV\% = 6,5 \%$.

Il est donc raisonnable de conclure que si cette méthodologie est suivie, le coefficient de variation de l'estimation finale sur l'ensemble du bassin de Marennes-Oléron ne dépasse pas dans le cas des biomasses de tissu sec décalcifié, une valeur de 10 %.

5. Conclusion :

Dans le cadre d'une étude globale du bassin de Marennes-Oléron, la gestion rationnelle de l'activité conchylicole passe par l'estimation des stocks des mollusques cultivés (huîtres, moules, palourdes) mais aussi des mollusques non cultivés compétiteurs trophiques des huîtres *Crassostrea gigas*. La quantification des peuplements benthiques du bassin soulève de nombreuses questions méthodologiques concernant la planification de l'échantillonnage et le choix d'une stratégie d'échantillonnage.

La planification de l'étude s'articule en trois étapes. Une étude pilote ou pré-échantillonnage permet d'acquérir les informations nécessaires à la procédure d'optimisation. Celle-ci permet alors d'allouer l'effort d'échantillonnage selon divers critères afin d'obtenir un taux de précision maximal pour un ensemble de contraintes donné.

La stratégie choisie consiste en un échantillonnage aléatoire stratifié après allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein de chaque strate. Cette méthodologie soulève de nombreuses questions :

- la définition de l'unité d'échantillonnage dépend essentiellement de contrainte matérielle et temporelle. L'engin retenu, la benne Smith-MacIntyre

SUPERSTRATE	NOMBRE DE STATIONS / STRATE											
	2	3	4	5	6	7	8	13	14	36	61	
1 CHARENTE	6			1								7
2 VASIERE EST	6	1			1						1	9
3 COTE OLERON	10	2			1	1	1	1				16
4 BASSIN NORD	11		2	1					1	1		16
5 BANC SABLEUX	6											6
6 SEUDRE	5											5
7 MARENNES-RONCE	7						2					9
TOTAL STRATES	51	3	2	2	2	1	3	1	1	1	1	68

EXEMPLE : 1 CHARENTE a 6 strates avec chacune 2 stations et 1 strate avec 5 stations.

figure 2 : Nombre de strates par superstrate représentées par Ni stations

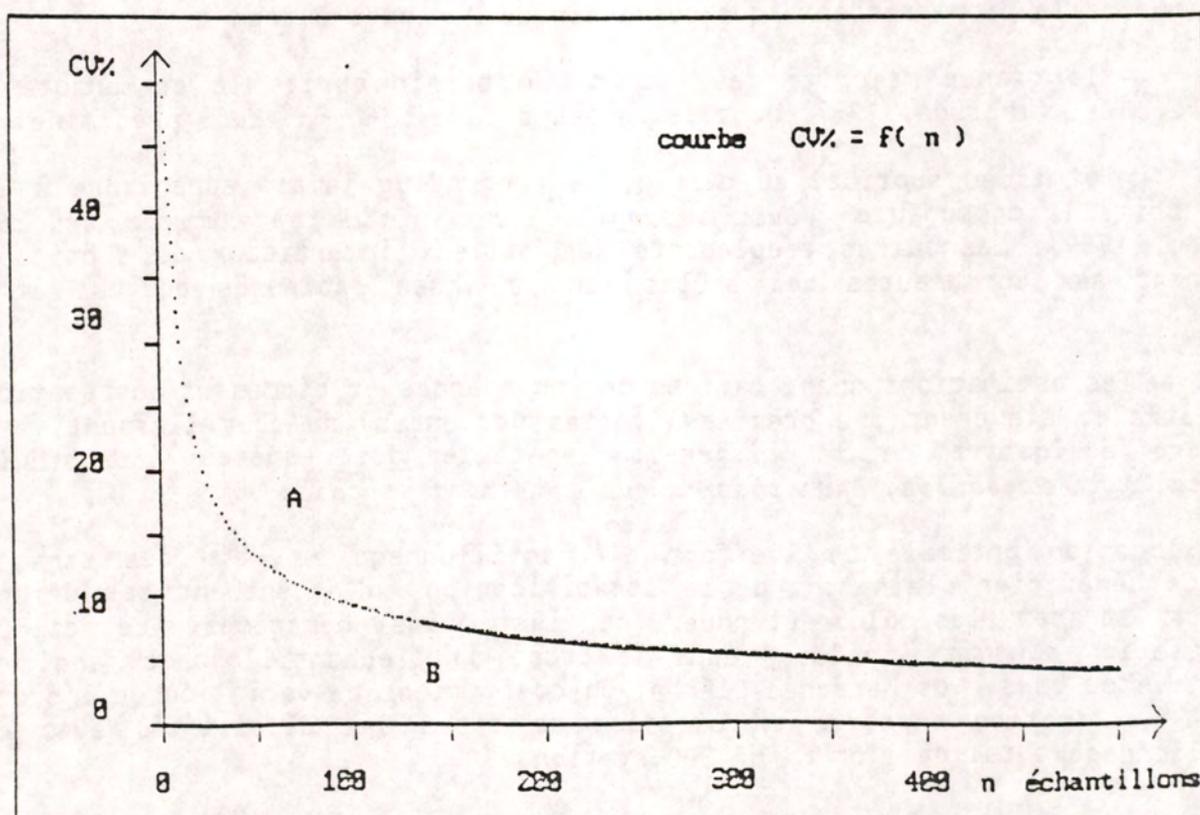


figure 3 : Relation coefficient de variation, nombre d'échantillons
CV % = f(n)

présente des avantages (Massé, Plante, Reys, 1977) et des inconvénients (Downing, 1979, Menesquen, 1980) concernant la surestimation de la variabilité apparente des espèces vivant à l'interface eau-sédiment, la trop petite taille de l'échantillonneur vis à vis de la dispersion spatiale des mollusques benthiques (l'empreinte de 0,1 m² de la benne semble insuffisante pour de nombreuses espèces dont la densité au 0,1 m² est trop faible pour être échantillonnée correctement) le biais introduit par la benne (efficacité inférieure à 1) pour les espèces vivant enfouies profondément dans le sédiment.

- Le choix d'un échantillonnage aléatoire stratifié selon des critères biosédimentaires, bathymétriques (Hily, 1976 ; Glémarec, 1979) ou conchylicoles après optimisation s'avère long à réaliser du fait de l'étude pilote et de son dépouillement. Cela nécessite aussi le respect de certaines hypothèses :

- * stabilité temporelle de la population statistique (surface des strates),
- * stabilité de la population-cible (ensemble des peuplements qui en fait possède leur propre dynamique saisonnière...)
- * homogénéité intrinsèque des strates (il faut que le critère de stratification soit corrélé au mieux avec la variable étudiée, biomasse ou densité),
- * l'estimation des variances oblige la réalisation de deux échantillons minimum dans chaque strate,
- * l'emploi des estimateurs théoriques (Cochran, 1977) ne doit en toute rigueur se faire que dans un cadre gaussien : soit des hypothèses simplificatrices sont adoptées, les données sont supposées se conformer à une loi normale, soit une transformation de données est utilisée pour se rapprocher du cadre gaussien

En préliminaire, l'étude pilote permet de dresser une première vue synthétique de la ~~biosédimentaire~~ benthique du bassin de Marennes-Oléron :

- la grande majorité des estrans du bassin abrite la communauté à *Macoma balthica* (Thorson, 1957) dont le faciès à *Cerastoderma edule* prédomine.

- le milieu subtidal du bassin, de profondeur jamais supérieure à 10 mètres abrite la communauté à *Nucula turgida*, *Abra nitida*, *Sternaspis scutata* (Glémarec, 1969). Les autres peuplements des milieux intertidaux ou subtidaux appartenant aux communautés des sables fins à vases sableuses peuvent être négligés.

- les estimations quantitatives des abondances et biomasses par station ou par strate, s'avèrent peu précises (fortes variances), dû pour l'essentiel à la nature agrégative de la dispersion spatiale des espèces (*Crepidula fornicata*, *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*).

L'allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein des strates permet de bénéficier pleinement de la stratification en accentuant cet effort dans les strates les plus étendues et les moins homogènes. Le calcul d'optimisation conduit à prédire dans le cadre de l'échantillonnage final en perspective du bassin de Marennes-Oléron, un coefficient de variation de l'ordre de 10 % (estimation exprimée en biomasse de tissu sec décalcifié) avec un échantillonnage total de l'ordre de 300 stations.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHER C., 1984.- Echantillonnage du stock d'huîtres du bassin de Marennes-Oléron. Rapport D.E.A., Université Paris VII : 38p.
- BACHER C., BAUD J.P., BODOY A., DESLOUS-PAOLI J.M., DRENO J.P., HERAL M., MAURER D., PROU J., 1986.- A methodology for the stocks assessments of cultivated oysters along the French Atlantic coasts. C.I.E.M./C.M. 1986/K : 36 p.
- BAUDOIN R., 1949.- Observation sur les dépôts alvéolaires de sables marins dans la région de Ronce-les-Bains (Charente-Maritime). Bull. Soc. Géol. Fr. 5(19) : 189-194.
- BERTHOME J.P., DESLOUS-PAOLI J.M., HERAL M., RAZET D., 1982.- Absence de captage de Crassostrea gigas dans le bassin de Marennes-Oléron en 1981 : causes et conséquences. C.I.E.M./C.M. 1982/F 26 : 14 p.
- BERTHOME J.P., RAZET D., GARNIER J., 1981.- Description, évolution et importance des différentes techniques de captage en rivière Seudre (bassin de Marennes-Oléron) : incidence sur la production d'huîtres creuses Crassostrea gigas. C.I.E.M/C.M. 1981/K : 30p.
- BROMTHANARAT S., 1986.- Les bouchots à Mytilus edulis Linnaeus dans l'écosystème estuarien du bassin de Marennes-Oléron (France) : Aspects biologique et énergétique. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Aix-Marseille :142 p.
- CALLAME B., 1961.- Contribution à l'étude du milieu meuble intertidal des côtes Charentaises. Travaux du C.R.E.O., 6 (1), (2), (3) : 1-113.
- CHASSE C., GLEMAREC M., 1976.- Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. Cartes sédimentaires. I.C.A. Brest : 10 p.
- CHESSEL D., 1978.- Description non paramétrique de la dispersion spatiale des individus d'une espèce. Biométrie et Ecologie : 45-135.
- COCHRAN W.G., 1977.- Sampling techniques. New-York, Ed. Wiley & Sons 3rd edition : 422 p.
- DESLOUS-PAOLI J.M., 1980.- Contribution à l'étude de la biologie de l'huître Crassostrea gigas Thunberg dans le bassin et les claires de Marennes-Oléron. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Aix Marseille : 121 p.
- DESLOUS-PAOLI J.M., 1982.- Croissance et qualité de l'huître Crassostrea gigas en élevage dans le bassin de Marennes-Oléron. Tethys, 10 (4) : 365-371.
- DESLOUS-PAOLI J.M., 1984.- Transferts énergétiques entre l'huître Crassostrea gigas de un an et la nourriture potentielle disponible dans l'eau d'un bassin ostréicole. Haliotis, 14 : 74-90.

- DESLOUS-PAOLI J.M., HERAL M., 1984.- Crepidula fornicata dans le bassin de Marennes-Oléron. Rapport I.S.T.P.M.-E.P.R Poitou-Charente : 80 p.
- DESLOUS-PAOLI J.M., HERAL M., MASSE H., 1983.- Bilan énergétique d'une population naturelle de Crepidula fornicata (L.) dans le bassin de Marennes-Oléron. Colloque Bases Biologiques de l'Aquaculture, Montpellier, 12-16 déc.1983. IFREMER (Actes coll.), 1 : 109-124.
- DESLOUS-PAOLI J.M., POPULUS J., L'HERROUX M., BRUSSIEUX M., 1985.- Estimation des stocks conchylicoles par télédétection : résultats et perspectives. 4ème Colloque Scientifique Interdisciplinaire Franco-Japonais d'Océanographie Marseille 16-21 septembre 1985 : 8 p.
- DOWNING J.A., 1979.- Aggregation, transformation, and the design of benthos sampling programs. J.Fish.Res.Board Can., 36 : 1454- 1463
- ELLIOT J.M., 1971.- Some methods for the statistical analysis of sample of benthic invertebrates. Freshwater Biological Association Scient. Publ., 25 : 160 p.
- FAURE G., 1969.- Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles de la côte Charentaise. Téthys, 1 (3) : 751-778.
- FEUILLET M., HERAL M., RAZET D., GUERGIN F., ABRIOUX M.F., 1979.- Les substances dissoutes dans les eaux du bassin de Marennes-Oléron et dans les eaux interstitielles de ses Hparcs conchylicoles : résultats préliminaires. C.I.E.M/C.M. 1979/ K 17 : 11 p.
- FRONTIER S., 1983.- Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed. Masson & Pul. Paris-Québec : 494 p.
- GLEMAREC M. 1969.- Les peuplements benthiques du plateau continental nord-Gascogne. Thèse Doctorat d'Etat en Science Naturelle Paris : 167 p.
- GROSSLEIN M.D., LAUREC A., 1982.- Etude par chalutage démersal. Planification, conduite des opérations et analyse des résultats. C.E.C.A.F. Rome n° 81/82 : 25 p.
- HERAL M., 1977.- Etude préliminaire des potentialités nutritives dans le bassin de Marennes-Oléron. Aquaculture et Conchyliculture Océano expo, Bordeaux.
- HERAL M., 1985.- L'ostréiculture française traditionnelle. In Aquaculture . Ed. Lavoisier (Paris) : 345-390 p.
- HERAL M., DESLOUS-PAOLI J.M., 1983.- Valeur énergétique de la chair de l'huître Crassostrea gigas estimée par mesures microcalorimétriques et par dosages biochimiques. Oceanologica acta 6 (2) : 193-199.
- HERAL M., DESLOUS-PAOLI J.M., PROU J. 1986. - Influence du climat sur le recrutement et sur la production d'huîtres cultivées (Crassostrea angulata et Crassostrea gigas) dans le bassin de Marennes-Oléron (France). C.I.E.M./C.M. 1986/F : 40 p.

- HERAL M., DESLOUS-PAOLI J.M., SORNIN J.M., 1983.- Transferts énergétiques entre l'huître Crassostrea gigas et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : premières approches. Océanis, 9 (3) : 169-194.
- HERAL M., PROU J., 1980.- Etude de la biomasse bactérienne dans le bassin de Marennes-Oléron. C.I.E.M./C.M. 1980/L 46 : 10 p.
- HERAL M., RAZET D., DESLOUS-PAOLI J.M., BERTHOME J.P., GARNIER J., 1983.- Caractéristiques saisonnières de l'hydrologie du complexe estuarien de Marennes-Oléron (France). Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 3 : 25-66.
- HERAL M., RAZET D., MAESTRINI S.Y., GARNIER J., 1980.- Composition de la matière organique particulaire dans les eaux du bassin de Marennes-Oléron : apport énergétique pour la nutrition de l'huître. C.I.E.M./C.M. 1980/L 44 : 14 p.
- HERAL M., ROBERT J.M., TRUQUET I., BARBAROUX O., GARNIER J., RAZET D. 1981.- Composition en éléments azotés minéraux et organiques dissous de l'eau du bassin conchylicole de Marennes-Oléron. C.I.E.M./C.M. 1981/E 58 : 9p.
- HILY C., 1976.- Ecologie benthique des pertuis charentais. Thèse Doctorat 3ème cycle, U.B.O., Brest : 236 p.
- LATOUR E., 1983.- Mise au point d'une méthode d'estimation de la biomasse d'huître en élevage dans un site du bassin de Marennes-Oléron. Mémoire DAA, octobre 1983, E.N.S.A., Rennes : 39 p. + annexes.
- MASSE H., LAGARDERE J.P., 1981.- Recherches écologiques sur un écosystème estuarien à vocation aquicole, le bassin de Marennes-Oléron. Rapport CNEOX n° 81/2503 : 42-142.
- MASSE H., PLANTE R., REYS J.P., 1977.- Etude comparative de l'efficacité de deux bennes et d'une suceuse en fonction de la nature du fond. In : Biology of benthic organisms. 11th E.S.M.B. Galway, october 1976 : 433-441.
- MATHERON G., 1965.- Les variables régionalisées et leur estimation. Ed. Masson & Cie, Paris : 305 p.
- MENESGUEN A., 1980.- La macrofaune benthique de la baie de Concarneau : Peuplements, Dynamique de population, Prédation exercée par les Poissons. Thèse Doctorat 3ème cycle U.B.O. Brest : 127 p.
- THORSON G., 1957.- Bottom communities(sub-littoral or shallow shelf). In Treatise on marine ecology and paleoecology. Geology Society of America, Memoir 67, 1 : 461-534.

ANNEXE 2 :

LES MOLLUSQUES NON-CULTIVES DU BASSIN DE MARENNES-OLERON
QUANTIFICATION DES STOCKS, RESULTATS PRELIMINAIRES.

Présenté au congrès de la S.F.M.
de septembre 1986 à Rochefort

Proposé pour publication dans
HALIOTIS

LES MOLLUSQUES NON CULTIVES DU BASSIN DE MARENNES-OLÉRON :
QUANTIFICATION DES STOCKS, RESULTATS PRELIMINAIRES.

par
Pierre-guy SAURIAU *

IFREMER, B.P. 133, 17390 LA TREMBLADE (FRANCE)

ABSTRACT: STOCK ASSESMENT OF THE NON-CULTIVATED MOLLUSCS IN
THE OYSTER CULTURE AREA OF MARENNES-OLÉRON : PRELIMINARY RESULTS.

A quantitative sampling was made on the molluscs of the soft bottom macrofauna in the bay of Marennes-Oléron. A stratified random sampling, including an optimal allocation strategy, provided adequate data to estimate abundance and biomass (total weight, dry weight and ash-free-dry weight) of each molluscan species. The main stratification factors were respectively the bathymetric levels, the different types of sediment and the differences between natural, oyster-free mud flats and cultivated areas. A Smith Mc-Intyre grab was used to sample the subtidal, shallow areas and the tidal flats as well. The total number of sampling stations was 370. The Macoma balthica community was predominant in the mud flats of the bay but Cerastoderma edule appeared to be the dominant species where an increasing amount of sand was found. The final estimation of the total weight of benthic molluscs was $14,400 \pm 3,000$ tons (at 95% confidence limits). The main trophic competitors for oysters were : Cerastoderma edule $4,500 \pm 2,200$ tons, Mytilus edulis $2,600 \pm 2,000$ tons, Crepidula fornicata $1,800 \pm 900$ tons, Solen marginatus 800 ± 600 tons and Macoma balthica 800 ± 400 tons.

RESUME :

La stratégie d'échantillonnage retenue pour l'estimation des stocks de Mollusques benthiques du bassin de Marennes-Oléron est de type échantillonnage aléatoire stratifié, après allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein des strates. L'engin de prélèvement, une benne Smith Mc-Intyre, a été utilisée sur l'ensemble de la zone soit 180 km². Les principaux stratificateurs sont la bathymétrie, les types biosédimentaires et la présence ou l'absence de culture d'huîtres. Un ensemble de 370 stations a été effectué. L'essentiel des estrans abrite la communauté à Macoma balthica dans laquelle le faciès à Cerastoderma edule prédomine. Le stock global de Mollusques non cultivés est évalué en biomasse fraîche à 14.400 ± 3.000 tonnes (au seuil d'erreur de 5%). Les principales espèces compétitrices trophiques des huîtres sont : Cerastoderma edule 4.500 ± 2.200 t., Mytilus edulis 2.600 ± 2.000 t., Crepidula fornicata 1.800 ± 900 t., Solen marginatus 800 ± 600 tonnes et Macoma balthica 800 ± 400 tonnes.

Mots clés : Echantillonnage, stock, biomasse, Mollusques benthiques, Marennes-Oléron.

Key words : Sampling, stock assesment, biomas, benthic molluscs, Marennes-Oléron.

* Présente adresse : Laboratoire de biologie marine.
Université de NANTES, 2 rue de la houssinière 44072 NANTES

Introduction

Le bassin de Marennes-Oléron, premier bassin ostréicole français de par sa production commerciale annuelle HERAL (1986) fait l'objet depuis une dizaine d'années d'une étude globale abordée de manière séquentielle. Le but ultime de cette étude consiste en l'élaboration d'un modèle de gestion de la ressource conchylicole, visant à optimiser la production ostréicole par une estimation des stocks d'huîtres compatibles avec les possibilités trophiques du milieu. Cette recherche s'est déployée selon différents axes : hydrologiques, écophysiologiques, nutritionnels et dynamique des stocks (estimation des stocks et de la production).

Ainsi l'étude des stocks d'huîtres japonaises cultivées Crassostrea gigas Thunberg, menée par photographies aériennes et échantillonnages terrestres BACHER (1984), BACHER et al. (1986) ou expérimentalement par télédétection DESLOUS-PAOLI et al. (1985) a permis d'avancer le chiffre de 69.000 ± 12.000 tonnes d'huîtres cultivées en 1984 avec une précision de 18%. En parallèle, il s'avère alors nécessaire d'estimer les abondances et biomasses des espèces non cultivées appartenant à la même niche trophique que les huîtres japonaises.

L'évaluation quantitative de ce maillon "compétiteurs trophiques des huîtres C. gigas" permettra alors de résoudre la question posée à savoir : Faut-il prendre en compte ou négliger dans un futur modèle de gestion de la ressource conchylicole du bassin de Marennes-Oléron, l'impact des populations non cultivées compétitrices trophiques des huîtres ?

Au sein de ce maillon "compétiteurs trophiques", nous apportons des éléments de réponse concernant les Mollusques macrobenthiques de substrats meubles et esquissons les grands traits caractérisant leur distribution dans ce bassin conchylicole.

Méthode

L'estimation des stocks des compétiteurs trophiques des huîtres définissant la problématique de cette étude, il s'avère nécessaire de concevoir la planification de l'échantillonnage du bassin afin de répondre de manière précise aux objectifs fixés.

Ainsi, deux objectifs principaux découlent de la levée d'une cartographie biosédimentaire quantitative du bassin : d'une part, la quantification des stocks de compétiteurs trophiques par espèces vis-à-vis des stocks d'huîtres en élevage et d'autre part, la localisation précise de ces populations non cultivées. Ceci revient à choisir une stratégie d'échantillonnage adaptée à ces deux objectifs. Le plan retenu consiste alors en un échantillonnage aléatoire stratifié après allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein des strates COCHRAN (1977), SHERRER (1983). La démarche logique adoptée, décrite en détail par SAURIAU (1986) comporte trois étapes successives :

- En premier, l'élaboration d'une étude pilote basée sur

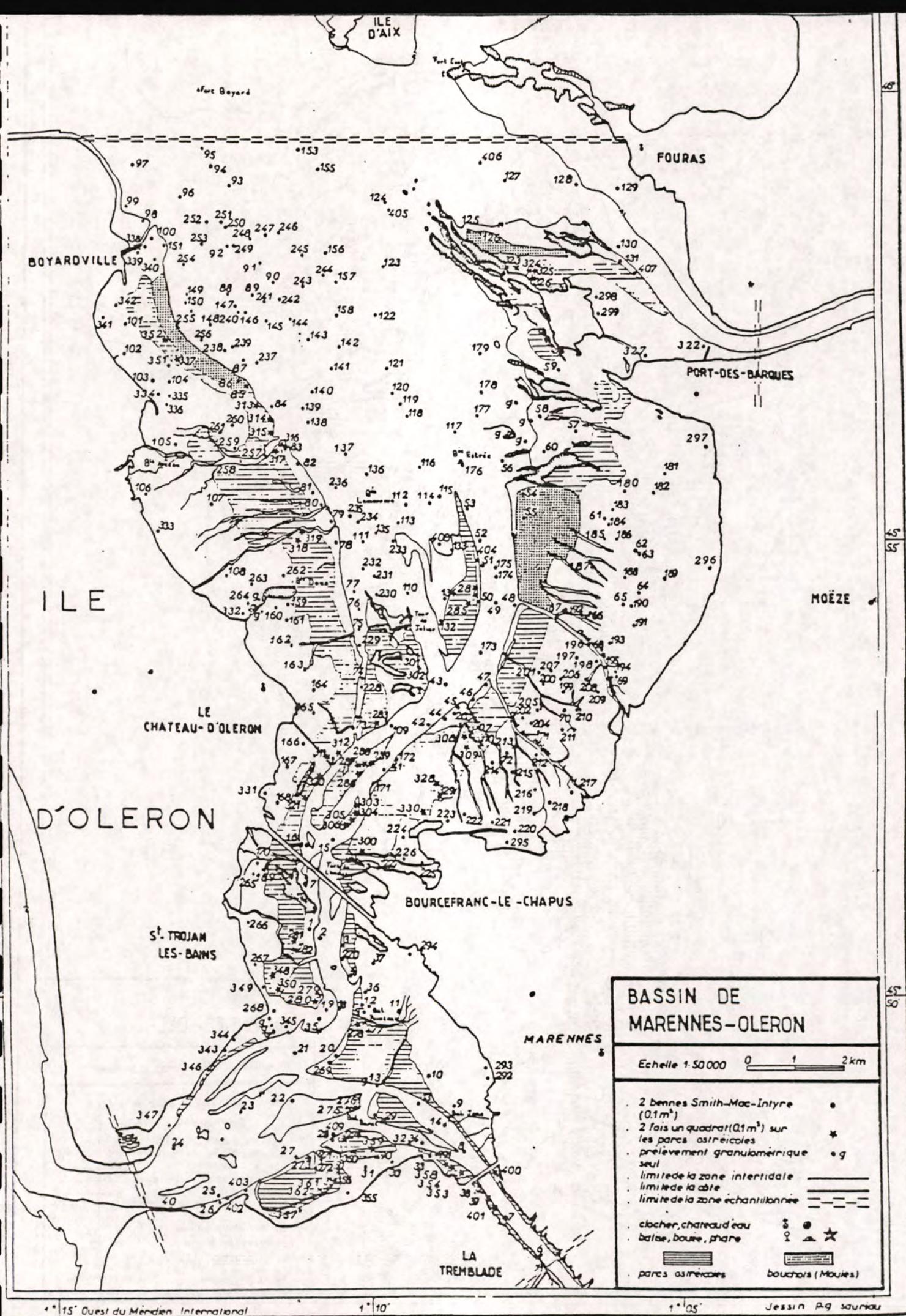
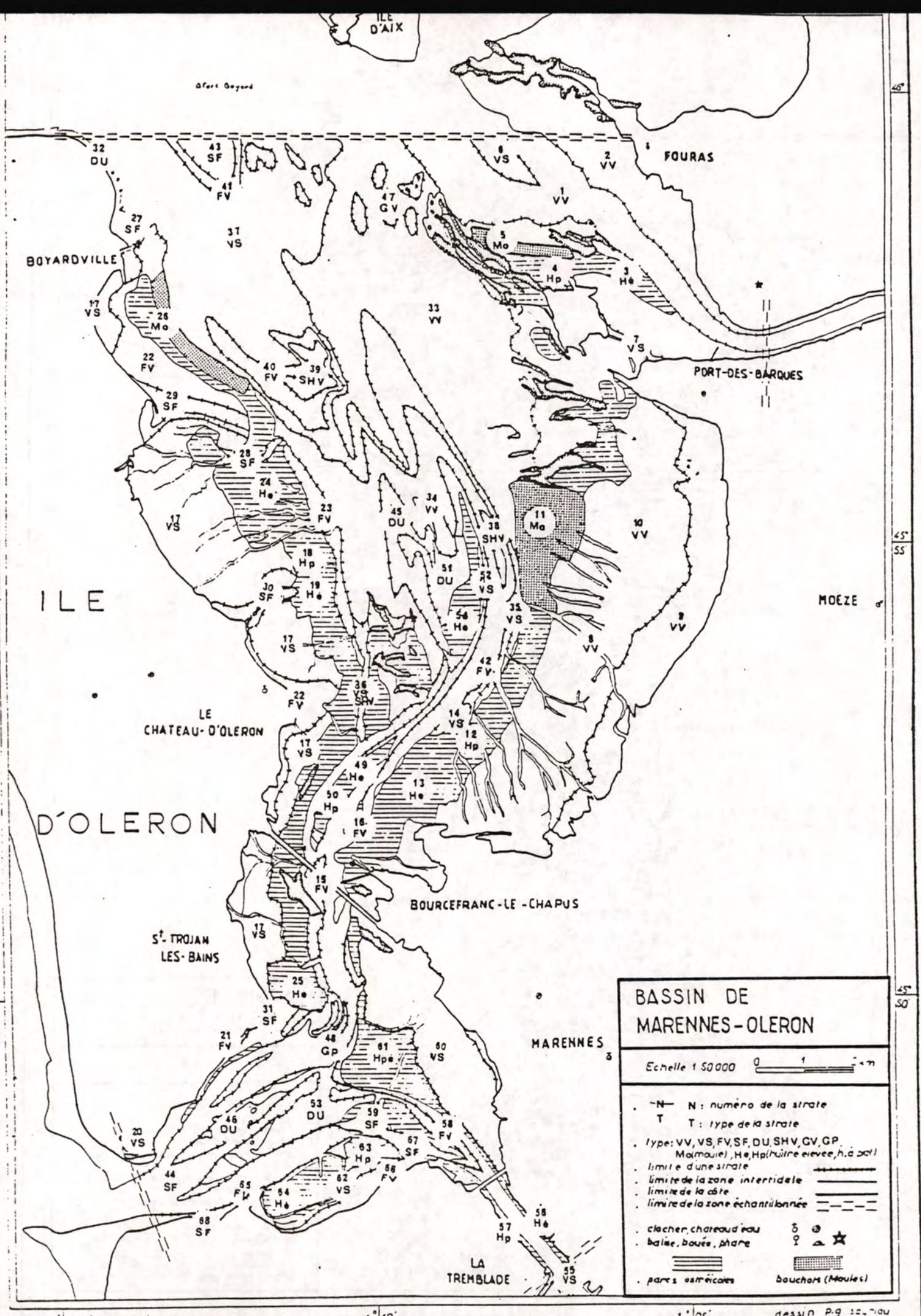


Figure 2 : Localisation des stations.
Echantillonnage final 10.05.1984 au 22.06.1984



BASSIN DE MARENNES-OLERON

Echelle 1:50000

-N- N : numéro de la strate
 T T : type de la strate
 . type: VV, VS, FV, SF, DU, SHV, GV, GP, (Molmaire), He, Hp (haire élevée, h. à part)
 . limite d'une strate
 . limite de la zone intertidale
 . limite de la côte
 . limite de la zone échantillonnée
 . clocher, charcad'eau
 . balise, bouée, phare
 . parcs ostréicoles
 . bouchors (Moules)

Figure 1 : Localisation des strates. Résultats du pre-échantillonnage 2.12.1983 au 22.01.1984

Tableau 1 : Valeur moyenne, intervalle de confiance à 95 % coefficient de variation en % et précision en % pour chaque estimateur selon le type de culture.

ESTIMATEUR	TYPE CULTURE	INTERVALLE DE CONFIANCE	CV %	PRECI.%
ABONDANCE millions	parc MOULES	397 < 680 < 963	9,7	41,7
	parc HUITRES	6262 < 9131 < 11998	14,1	31,4
	sans parc	119893 < 156358 < 192824	11,5	23,3
	TOTAL	129610 < 166169 < 202728	10,8	22,0
MASSE FRAICHE tonnes	parc MOULES	87 < 1024 < 1961	7,2	91,5
	parc HUITRES	585 < 2581 < 4578	34,2	77,3
	sans parc	8413 < 10814 < 13215	10,6	22,1
	TOTAL	11450 < 14419 < 17388	10,1	20,6
M. TISSU SEC LIBRE DE CENDRE tonnes	parc MOULES	0 < 68 < 259	22,0	279,5
	parc HUITRES	0 < 171 < 371	48,1	117,6
	sans parc	508 < 634 < 761	9,8	20,0
	TOTAL	652 < 873 < 1094	11,9	25,3
M. TISSU SEC tonnes	parc MOULES	0 < 98 < 406	24,9	316,0
	parc HUITRES	0 < 247 < 543	48,8	119,5
	sans parc	655 < 822 < 990	9,9	20,3
	TOTAL	850 < 1167 < 1484	12,7	27,2

les connaissances antérieures de cet écosystème estuarien aboutit à la réalisation d'un pré-échantillonnage du 2 décembre 1983 au 22 janvier 1984. En effet, l'ensemble des travaux de BAUDOIN (1949), CALLAME (1961), FAURE (1969), CHASSE et GLEMAREC (1976 a, b), HILY (1976) et MASSE et LAGARDERE (1981) démontrent le caractère très hétérogène du domaine benthique du bassin, constitué d'une mosaïque de peuplements. Par cela s'est imposée la notion de découpage ou stratification du bassin en zones ou strates homogènes selon des stratificateurs corrélés aux niveaux de densités et biomasses tels que les types édaphiques CHASSE et al. (1978), bathymétriques ou la présence absence de parcs ostréicoles. Un ensemble de 68 strates est ainsi construit (figure 1), découlant des analyses granulométriques réalisées lors de cette étude pilote et en comparaison des cartes déjà existantes.

- En second, les informations collectées lors de l'étude pilote (niveaux de densité, de biomasse et leur variance associée) forgent le plan d'optimisation qui détermine le nombre d'échantillons dans chacune des strates afin d'atteindre un niveau de précision préalablement fixé. Ici, pour un estimateur de biomasse exprimé en masse de tissu sec décalcifié, si l'échantillon total comporte 300 stations, le coefficient de variation prédit est de l'ordre de 10 % (rapport de l'écart-type à la moyenne), ce qui correspond à un niveau de précision d'environ 20% SAURIAU (1986).

- En dernier et troisième temps, l'échantillonnage final du 10 mai au 22 juin 1984 est de type aléatoire stratifié après allocation optimale de l'effort d'échantillonnage au sein des strates. Il comporte en réalité 370 stations (figure 2) réparties sur l'ensemble des 68 strates. La superficie totale de la zone prospectée représente 180,44 Km², ses limites étant portées sur les figures 1, 2 et 3.

L'échantillonnage sur le terrain s'est effectué en bateau à l'aide d'une benne Smith Mc-Intyre ou à pied sur les parcs ostréicoles à l'aide d'un quadrat de 0,1 m² sur une profondeur de 0,10 à 0,15 mètre. Le tamisage est réalisé sur une maille de 1 millimètre de côté, la macrofaune étant fixée au formol à 4 % puis conservée à l'alcool après tri spécifique au laboratoire. Chaque station comporte deux prélèvements unitaires de 0,1 m² et un prélèvement granulométrique. La position de chaque station est repérée au cercle hydrographique. Les biomasses sont exprimées en masse fraîche totale alcoolisée, en masse de tissu sec décalcifié ou en masse de tissu sec libre de cendre (les organismes sont décalcifiés dans l'acide chlorhydrique dilué, rincés, séchés à l'étuve à 60° pendant 48 heures, puis calcinés à 450° pendant 24 heures). La détermination des Mollusques s'est appuyée sur les travaux de GLEMAREC (1964) pour le genre Abra, TEABLE (1966), GLEMAREC (1968) pour le genre Spisula, FRÉTTER et GRAHAM (1976 à 1981) pour les prosobranches, et leur synonymie sur les travaux de GRANIER et PENEZ (1984). L'emploi des estimateurs statistiques théoriques selon COCHRAN (1977) ou SHERRER (1983) s'est fait sous l'hypothèse simplificatrice suivante : la loi de distribution des variables (densité, biomasse) suit une loi normale. Dans ce cas, le meilleur estimateur de la moyenne est la moyenne arithmétique et il devient possible de calculer des intervalles de confiance au

risque d'erreur de 5 % en suivant la formulation de SATTHERWAITE (1946) in COCHRAN (1977).

Résultats

1 - Physionomie sédimentaire

La physionomie générale du bassin semble fondée sur une dichotomie sédimentaire : les estrans vaseux (VV) de la côte est Charentaise s'opposent aux estrans plus sableux (SF à VS) de la côte d'Oléron, les différents types sédimentaires étant ceux définis par CHASSE et GLEMAREC (1976 a, b). L'envasement des estrans s'est accru depuis les travaux de CALLAME (1961) et de HILY (1976) à l'exception des extrêmes nord et sud de la côte d'Oléron sous l'influence des courants de marée. Cet envasement progressif est principalement lié aux apports détritiques fluviaux de la Charente et Seudre et amplifié par l'activité de biodéposition des Mollusques en élevages SORNIN et al. (1983).

2 - Abondances et biomasses globales des Mollusques du bassin de Marennes-Oléron (tableaux 1)

En toute rigueur, les résultats globaux doivent distinguer les zones de culture et les zones hors culture car elles ont été échantillonnées avec deux engins différents, respectivement un quadrat et une benne. Ces engins possèdent leur propre efficacité qui n'est pas égale à 1, ce qui biaise les résultats. Ce fait justifie cette scission.

L'abondance globale des Mollusques benthiques épigés et edogés de substrats meubles oscille entre 129 et 203 milliards d'individus : la zone hors culture ostréicole ou mytilicole représente plus de 90 % de cette valeur. La biomasse exprimée en masse fraîche alcoolisée est comprise entre 11.400 et 17.400 tonnes pour une valeur moyenne de 14.400 tonne. Cette estimation doit être comparée à celle des huîtres en élevage obtenue en juillet 1984 de 69.000 + 12.000 tonnes fraîches totales BACHER (1984). Ainsi l'ensemble des Mollusques non cultivés du bassin de Marennes-Oléron représenterait donc en 1984 moins de 25 % du tonnage d'huîtres C. gigas en culture. Enfin la biomasse de tissu sec libre de cendre oscille entre 650 et 1100 tonnes pour une valeur moyenne de 870 tonnes.

L'ensemble de la zone hors culture (estran, chenaux et bassin nord subtidal) représente près de 70 % de la biomasse globale alors que la zone des parcs ostéicoles n'en représente que 20 %.

Il faut alors noter que le coefficient de variation des différentes estimations totales avoisine les 10-13 % pour un échantillon de 300 stations. Cette valeur est légèrement plus élevée que celle prédite par l'optimisation pour une même taille d'échantillon : CV % de la biomasse de tissu sec voisin de 5 % pour 370 stations (SAURIAU 1986). Cependant l'ordre de grandeur dans les deux cas du coefficient de variation pour les estimations totales est voisin, alors que ce coefficient dépasse les 20 à 48 % pour les parcs à Huîtres ou bouchots à Moules.

De même, le niveau de précision (rapport à la moyenne de la moitié de l'intervalle de confiance) varie entre 21 et 27% pour l'estimation globale mais atteint de très forte valeurs, plus de

300 %, dans le cas des parcs à Moules.

Cependant, les 370 stations chacune de 0,2 m² de surface totale, forment un échantillon représentatif issu de la population statistique de 180,44 Km² ; il s'ensuit que le rapport entre la surface de la zone étudiée et la surface cumulée de cet échantillon (370 * 0,2 m²), autrement dit le facteur d'extrapolation atteint 2,4 millions ; le coefficient de variation de 10-13 % et la précision de 21-27 % qui en découle peuvent alors sembler satisfaisants pour un tel niveau du facteur d'extrapolation.

3 - Répartition géographique (figures 3, 4 et 5)

Au cours de l'élaboration du plan d'échantillonnage, le bassin a été subdivisé en 7 secteurs appelés superstrates : Charente n° 1, Vasière de l'est n° 2, Côte d'Oléron n° 3, Bassin subtidal nord n° 4, Bancs sableux du centre et sud n° 5, Seudre n° 6 et enfin Marennes-Ronce n° 7. Chacune des superstrates regroupant un ensemble de strates (figures 1 et 2). Cette partition est adaptée des résultats hydrologiques de HERAL et al. (1978) qui distinguaient 5 grands secteurs hydrologiques homogènes.

Ainsi 3 superstrates se distinguent par leur superficie (figure 4, surface en km²), le bassin subtidal nord (4), la vasière est (2) et la côte d'Oléron (3) à l'ouest.

La vasière est (2) représente à elle seule plus de 55 % de l'abondance totale, les secteurs (2) et (3) réunis groupant 75 % de l'abondance totale des Mollusques non cultivés du bassin.

En biomasse, la zone intertidale, superstrates (2), (3) et (7) représente près de 70 % de la biomasse totale que ce soit en masse fraîche totale alcoolisée ou en masse de tissu sec libre de cendre. La superstrate (4) subtidale sous influence océanique directe représente 25 % des biomasses.

Les coefficients de variation pour les différentes estimations varient de 10 % à 68 % et seul le bénéfice de la stratification permet d'obtenir sur l'estimation finale une valeur avoisinant 10 à 13 %.

Les valeurs moyennes par unité de surface en km² (figure 5) permettent de préciser un indice de fertilité. Alors qu'en densité, la zone intertidale (2), (3), (7) et de Charente (1) s'opposent à la partie centrale du bassin : bancs sableux (5) et bassin subtidal nord (4) ; en revanche en biomasse la partie intertidale sud de Marennes-Ronce (7) semble la plus fertile.

Finalement se distinguent deux grands groupes, d'une part la zone intertidale dans son ensemble (2, 3, 5 et 7), la plus riche et d'autre part la zone subtidale nord (4) et les zones sous influences fluviales directes beaucoup plus pauvres (Charente) voir azoïques (Seudre).

4 - Organisation trophique (tableaux 2 et 3)

La distinction des régimes alimentaires des Mollusques non cultivés permet de quantifier plus finement le maillon "compétiteurs trophiques des huîtres en culture". A partir de diverses nomenclatures établies BLEGVAD (1914), HUNT (1925), WOLF (1973), NEWELL (1979), PEARSON (1979), BACHELET (1981),

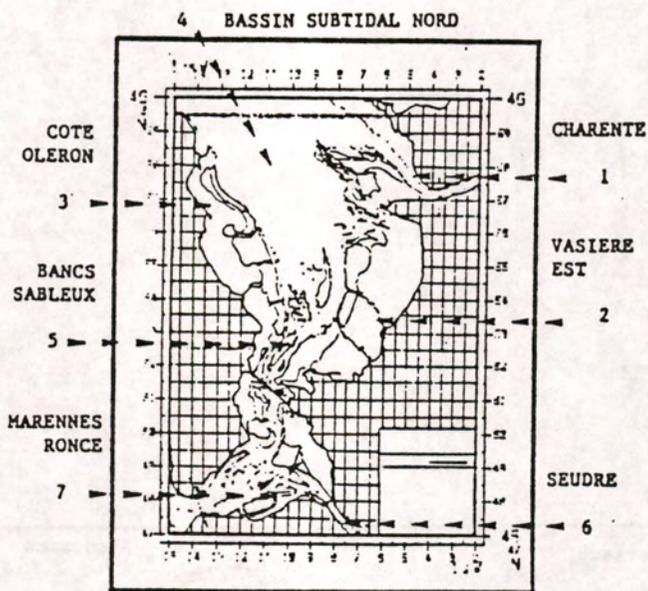


Figure 3 : Position des superstrates dans le bassin de Marennes-Oléron.

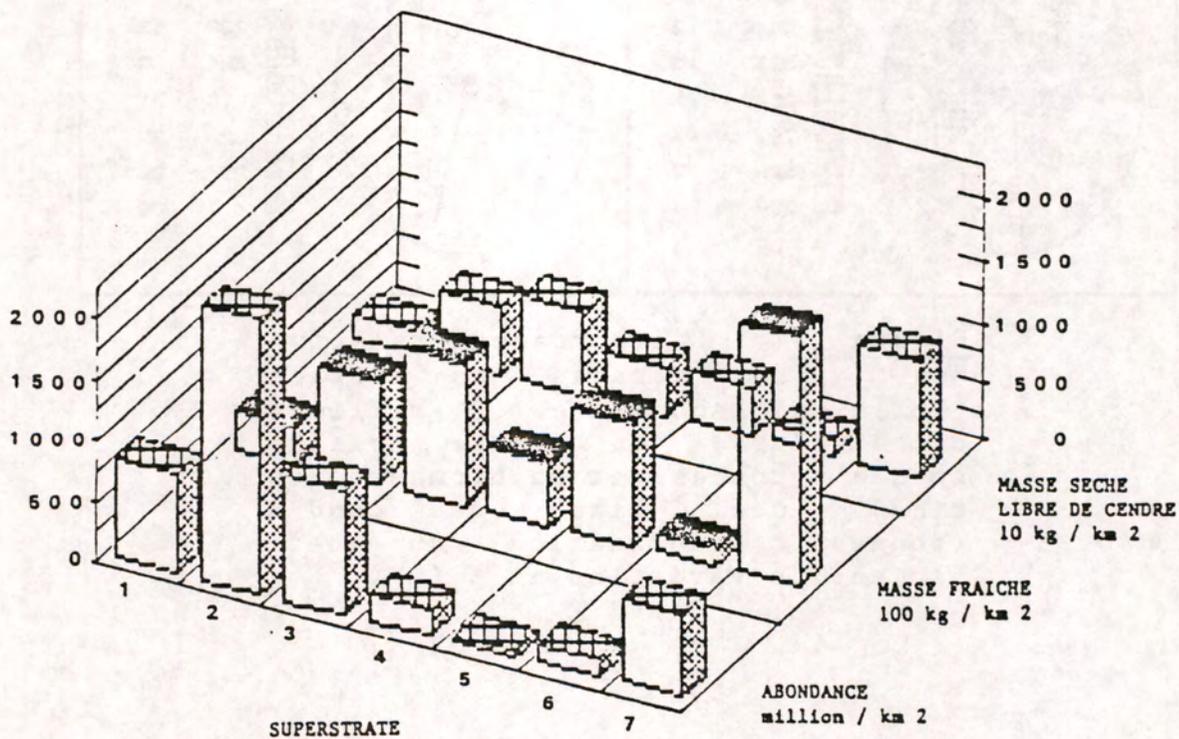


Figure 5 : Répartition géographique des valeurs moyennes des abondances et biomasses par unité de surface en Km² selon les 7 superstrates.

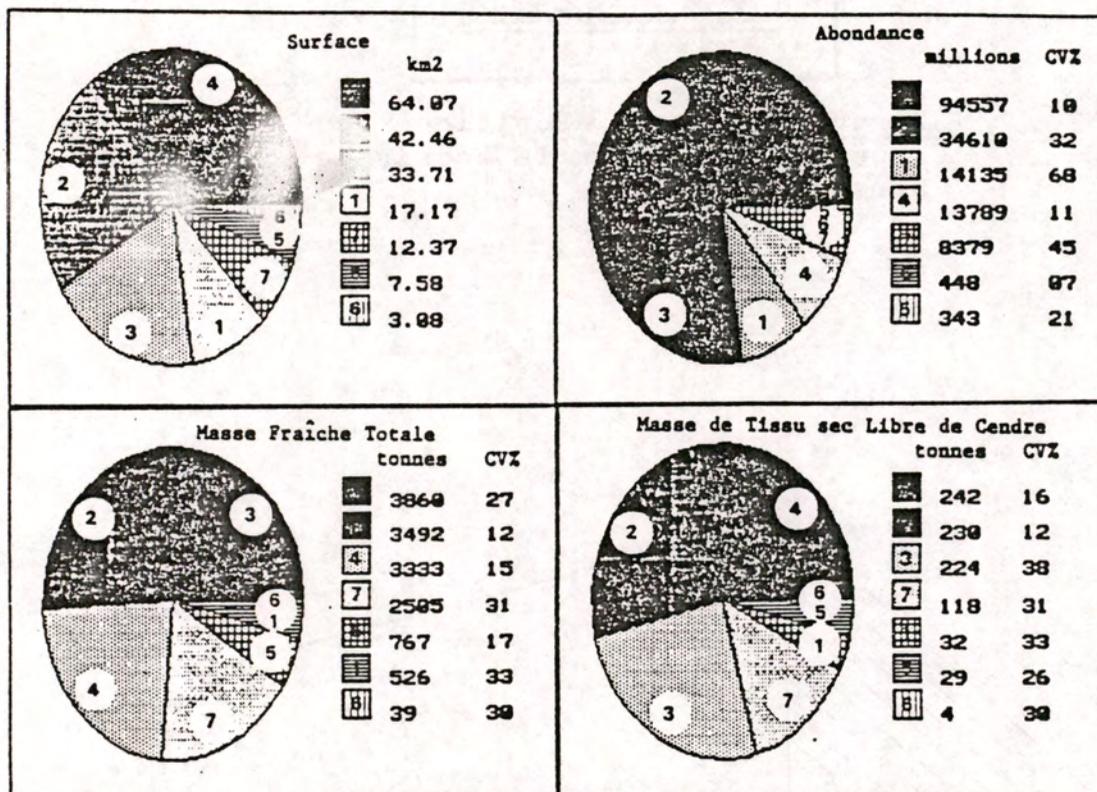


Figure 4 : Importance relative des 7 superstrates en surface (Km²) en abondance (millions d'individus), en masse fraîche totale (tonnes) et en biomasse de tissu sec libre de cendre (tonnes). Indication du coefficient de variation en % (CV).

Tableau 3 : Liste des Mollusques, synonymie, code, groupe trophique et rang décroissant selon les estimations des abondances et biomasses.

Sources bibliographiques : 1, BACHELET (1981) ; 2, FRETTER & GRAHAM (1962) ; 3, FRETTER & GRAHAM (1976-1982) ; 4, GLEMAREC (1969) ; 5, GRAHAM (1971) ; 6, HUNT (1925) ; 7, NEWELL (1970) ; 8, PEARSON (1971) ; 9, POHLO (1969) ; 10, PURCHON (1968) ; 11, THOMPSON-BROWN (1976) ; 12, WOLF (1973).

ESPECE et synonymie	CODE	GROUPE TROPHIQUE	SOURCE	RANG DEN.	RANG N.FRA.	RANG N.SE-CE
Abra alba (Wood)	ABRAALB	DSF	n° 4 6 7 9	16	40	37
Abra nitida (Müller)	ABRANIT	DSF	n° 9 7 10	6	31	23
Abra ovata (Philippi)	ABRAOVA	DSF	n° 9 7 10	50	56	57
Abra tenuis (Montagu)	ABRATEN	DSF	n° 7 9 10 12	2	27	25
Angulus tenuis (Da Costa) Tellina tenuis	ANGUTEN	SDS	n° 6 12	17	23	24
Anomia ephippium L.	ANOMEPE	SUS	n° 10	47	45	45
Cerastoderma edule (L.) Cardium edule	CERAEDD	SUS	n° 7 12	8	1	2
Chamaelea striatula (L.) Venus gallina L.	CHAMSTR	SUS	n° 4 6 12	30	24	30
Chlamys varia (L.)	CHLAVAR	SUS	n° 7	29	14	12
Corbula gibba (Olivier)	CORGBIB	SUS	n° 6	9	13	14
Crassostrea gigas Thunberg	CRASGIG	SUS	n° 7	42	11	13
Cultellus pellucidus (Pennant)	CULTEPEL	SUS	n° 6	59	52	52
Donax vittatus (Da Costa)	DONAVIT	SUS	n° 9 12	44	47	51
Donax vittatus (Da Costa)	DOSVIT	SUS	n° 6	43	42	42
Dominia lupinus (Poli)	DOSILUP	SUS	n° 6	49	20	18
Ensis siliqua L.	ENSISIL	SUS	n° 10	26	38	39
Fabulina fabuloides (Monterasoco) Tellina fabula Gmelin	FABUFAB	SDS	n° 6 9 12	41	36	40
Lucinoma borealis (L.)	LUCISOR	DSF	n° 4	4	6	5
Macoma balthica (L.)	MACOBAL	SDS	n° 7 9 12	58	29	27
Mya arenaria L.	MTA.ARE	SUS	n° 7 10 12	53	53	55
Myrtea spinifera (Montagu)	MYTSPIN	SDS	n° 8	3	32	28
Myseella bidentata (Montagu)	MYSEBID	SUS	n° 12	10	2	1
Mytilus edulis L.	MYTIEDU	SUS	n° 7 12	5	12	10
Nucula turrida Leckenby & Marshall	NUCUTUR	DSF	n° 6 7 10	38	37	36
Nucula nucleus (L.)	NUCUNUC	DSF	n° 6 7 10	32	34	34
Pandora inaequalis (L.)	PANDINA	SUS	/	57	58	59
Pavicardium exiguum (Gmelin)	PAVIEEX	SUS	n° 7	37	17	11
Pharus legumen (L.)	PHARLEG	SUS	n° 1 7	52	43	44
Psammocolla depressa (Pennant) Gari depressa Pennant	PSANDEP	DSF	n° 6 7	60	59	60
Psammophila magna (Da Costa) Lutraria magna Da Costa	PSANMAG	SUS	n° 7 10	7	8	8
Scrobicularia plana (Da Costa)	SCROPLA	DSF	n° 7 9 10 12	23	5	3
Soles marginatus (Pennant)	SOLRMAR	SUS	n° 7 10	22	30	32
Spisula ovalis (Sowerby)	SPIISOVA	SUS	n° 7	13	16	15
Spisula subtruncata (Da Costa)	SPISSUB	SUS	n° 7 12	31	19	17
Sphaerocardium paucicostatum (Sowerby) Cardium paucicos.	SPHAPAU	SUS	n° 7	27	9	9
Venerupis decussata (L.) Tapes decussatus	VENEDEC	SUS	n° 12	33	22	26
Venerupis pullastra (Montagu) Tapes pullastra	VENEPUL	SUS	n° 12	34	18	20
Venus verrucosa L.	VENOVER	SUS	/	39	57	56
Actaeon tornatilis (L.)	ACTATOR	CAR	n° 10 11	18	35	33
Cylichna cylindracea (Pennant)	CYLCCYL	CAR	n° 11	35	39	35
Haminea navicula (Da Costa)	HAMINAV	HER	n° 10 11	56	60	58
Odostomia sp.	ODOSSPI	CAR	n° 2 10	15	41	41
Retusa truncatella (Brug.)	RETUTRU	CAR	n° 2 11 12	43	51	47
Scaphander ligarius (L.)	SCAPLIC	CAR	n° 6 10 11	20	49	50
Turboniella elegantissima (Montagu)	TURBELE	CAR	n° 2 10	46	26	21
Buccinum undatum L.	BUCCUND	CAR	n° 2 7 10 12	48	55	54
Calyptrea chinensis (L.)	CALYCHI	SUS	n° 2 3 7	14	3	6
Crepidula fornicata (L.)	CREFFOR	SUS	n° 2 3 10	40	48	48
Epitonium clathrus (L.) Clathrus cla. (L.)	EPITCLA	CAR	n° 2 5 7	54	44	43
Gibbula umbilicalis (L.)	GIBBUMB	HER	n° 2 3 7 10	24	28	29
Hinia incrassata (Ström) Nassa incrassata	HINIINC	CAR	n° 2 7 10	11	7	7
Hinia reticulata (L.) Nassa reticulata	HINIRET	CAR	n° 2 7 10	1	4	4
Hydrobia ulvosa (Pennant)	HYDOBUL	DSF	n° 2 3 7 12	28	25	31
Littorina littorea (L.)	LITLIT	HER	n° 2 3 7 12	36	21	22
Lunatia catena (Da Costa) Natica catena	LONACAT	CAR	n° 2 3 7 10	51	46	49
Ocenebra ertzae (L.)	OCENERI	CAR	n° 2 7 10	21	50	46
Onoba vitrea (Montagu)	ONOVIT	DSF	n° 3	55	54	53
Patella vulgata L.	PATEVUL	HER	n° 2 3 7 10	19	10	16
Turritella communis Risso	TURTCOM	SUS	n° 2 3 10	12	15	19
Dentalium inaequicostatum Dauts	DENTINA	DSF	n° 7 10	25	33	38
Dentalium vulgare Da Costa	DENTVOL	DSF	n° 7 10			

Tableau 2 : Répartition des groupes trophiques en nombre d'espèce, en abondance et en biomasse.

ESTIMATEUR	TYPE	CULTURE	ESG	EDG	DEF	GAR	HER
Nombre	parc	MOULES	43.4	9.1	27.3	18.2	3.0
	parc	HUITRES	41.3	6.8	29.4	14.7	5.9
	sans	parc	45.6	7.0	21.1	21.1	5.2
	TOTAL		45.0	7.7	21.6	20.0	6.7
ABONDANCE	parc	MOULES					
millions	parc	HUITRES					
	sans	parc					
	TOTAL						
%	parc	MOULES					
VARIANCE	parc	HUITRES					
	parc	ABONDANCE					
	parc	parc					
	TOTAL						
M. TISSU	parc	MOULES					
SEC LIEGE	parc	HUITRES					
	parc	DE CENDRE					
TOTALES	parc	parc					
	TOTAL						
%	parc	MOULES					
VARIANCE	parc	HUITRES					
	parc	BIOMASSE					
	parc	parc					
	TOTAL						

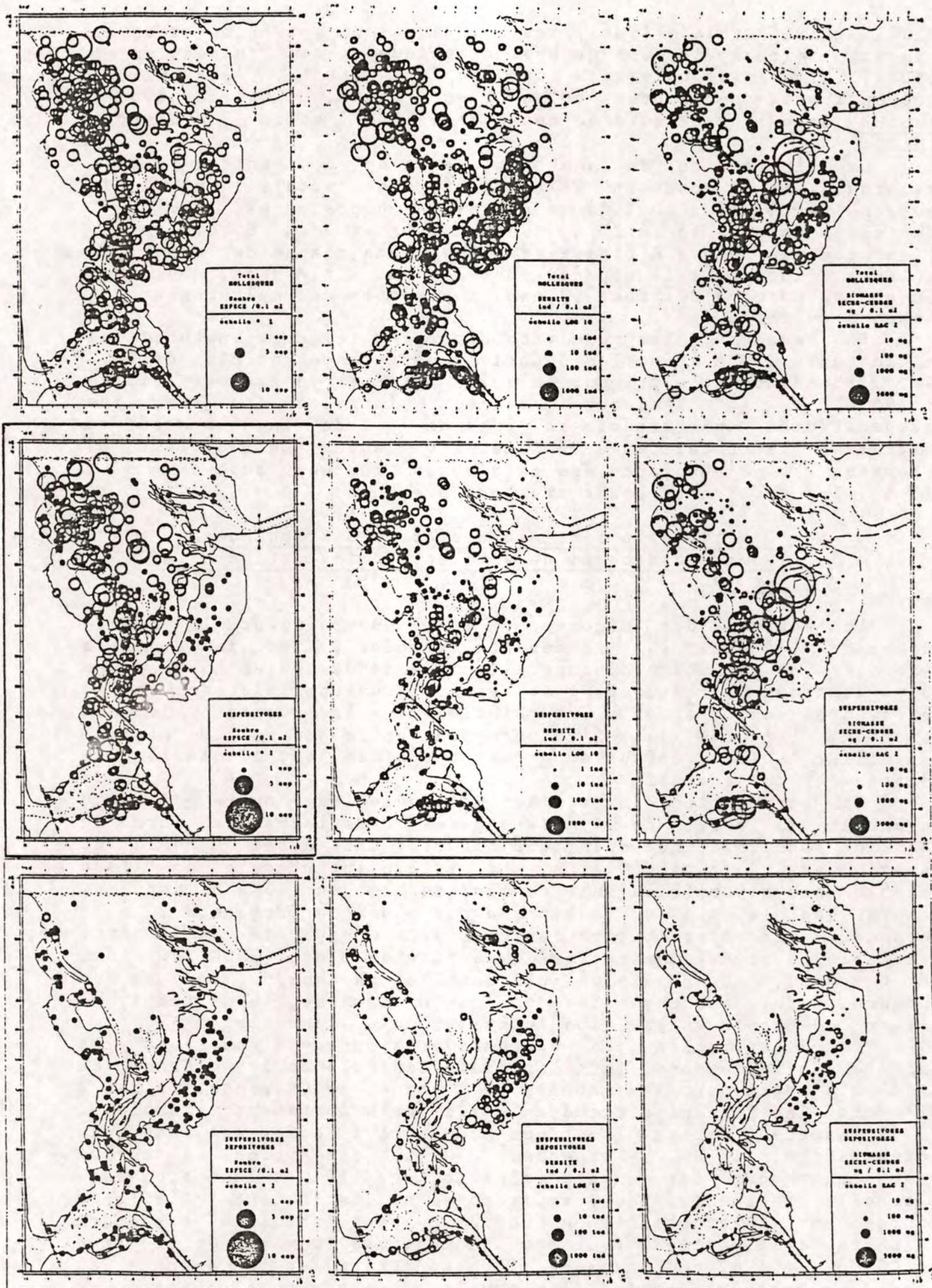


Figure 6 : Distribution spatiale des groupes trophiques : nombre d'espèce / 0,1 m² (1 ère colonne) densité en individus / 0,1 m² (2 ème colonne), biomasse sèche libre de cendre / 0,1 m² (3 ème colonne).

DAUVIN (1984), HILY (1984), les Mollusques de substrats meubles peuvent se répartir en 5 groupes trophiques : les suspensivores (SUS), les dépositives de surface (DSF), les mixtes suspensivores-dépositives de surface (SDS), les carnivores sensus lato : prédateurs ou nécrophages (CAR) et les herbivores (HER).

La répartition du nombre d'espèce en pourcentage semble remarquablement constant selon le type de culture : 45 % de suspensivores, 5 à 10 % de suspensivores-dépositives, 20 à 30 % de dépositives, 15 à 20 % de carnivores et 5 % d'herbivores, bien que le nombre d'espèce récoltées dans chacun des types de culture fluctue : 11 espèces pour les parcs à Moules, 34 esp. pour les parcs à Huîtres, 57 esp. en dehors des cultures et 60 espèces au total.

En revanche, les résultats divergent selon la nature des estimateurs. En effet les dépositives représentent plus de 80 % de l'abondance et expriment la quasi totalité de la variabilité : 95 % de la variance totale, alors que se sont les suspensivores qui traduisent près de 70 % de la biomasse et extraient la totalité à 95 % de la variance. Les niveaux de biomasse et d'abondance des carnivores fluctuent autour de 5 à 10 % , les herbivores étant très peu présents.

5 - Distribution spatiale des groupes trophiques :
Nombre d'espèce, densité et biomasse (figures 6
et 7).

Les cartes des figures 6 et 7 symbolisent le nombre d'espèce (colonne 1), la densité (colonne 2) et la biomasse (colonne 3) par unité d'échantillonnage de 0,1 m² en chacune des 370 stations effectuées. La répartition spatiale de ces 3 paramètres doit être alors relativisée à la position de ces stations (figure 2) ; l'absence ponctuelle de valeur pouvant signifier soit le défaut du groupe trophique soit l'omission de station en cet endroit.

La répartition de tous les Mollusques en nombre d'espèce apparaît maximale, de 10 à 14 espèces, dans la partie nord du bassin sous influence océanique directe, mais aussi au centre du bassin sur la côte d'Oléron. La vasière intertidale de l'est semble peu diversifiée mais de manière homogène, 3 à 5 espèces, alors que le sud du bassin s'avère plus hétérogène, 1 à 8 espèces. La distribution en densité apparaît aussi très variable avec des maxima sur la vasière de l'est (3000 individus / 0,1 m²), et des minima nuls dans les chenaux du sud et de Seudre. En revanche, les maxima de biomasse se situent au centre du bassin en position infralittorale exondable.

La distribution des suspensivores oppose d'une part les zones subtidale nord, infralittorale centrale et les estrans du sud à d'autre part les estrans de l'est et de Charente. Ainsi à l'ouest une zone plus riche en espèce mais fortement variable, 1 à 7 espèces, et à l'est une zone plus homogène mais peu diversifiée, 1 à 2 espèces. Cette opposition se marque davantage pour les densités (échelle log. 10) et les biomasses (échelle racine carrée), trois zones se distinguant : la zone nord-ouest intercotidale ou subtidale, sous influence océanique directe ; la partie infralittorale centrale (maximum de biomasse : 34 g / 0,1 m² de tissu sec libre de cendre) et les estrans du sud de Marennes-Ronce. Il y aurait alors une quasi absence de suspensivores en Charente et sous son aire d'influence

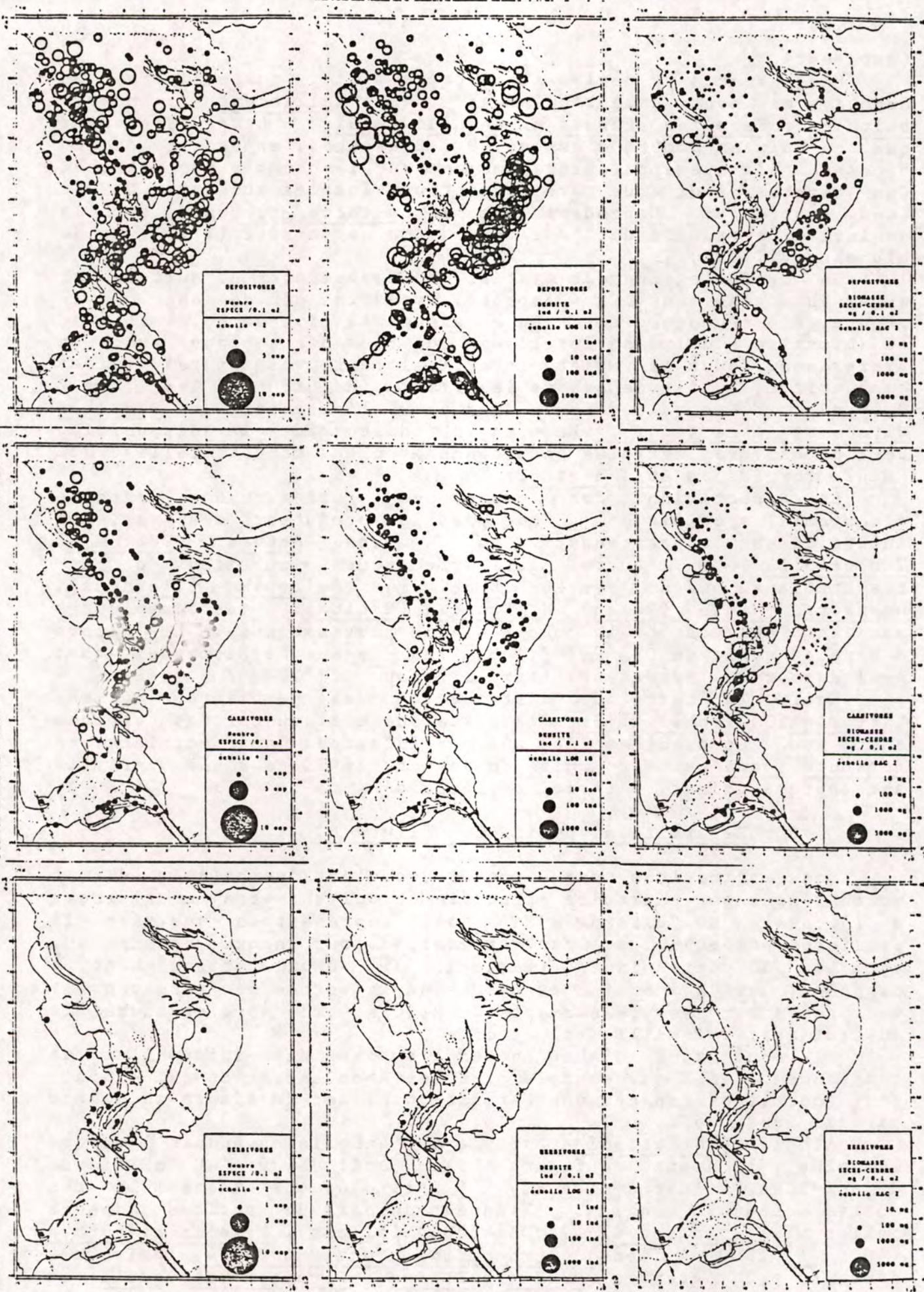


Figure 7 : Distribution spatiale des groupes trophiques : nombre d'espèce / 0,1 m² (1 ère colonne) densité en individus / 0,1 m² (2 ème colonne), biomasse sèche libre de cendre / 0,1 m² (3 ème colonne).

(nord-est).

Les espèces à régime alimentaire mixte, suspensivores ou dépositivores sont essentiellement des Tellinidae : Macoma balthica, Fabulina fabula et Angulus tenuis. Leur agencement que ce soit en nombre d'espèce, 0 à 2 espèces, en densité ou en biomasse s'avère être assez homogène sur l'ensemble des estrans. Ces espèces sont à de rares exceptions locales absentes de la zone subtidale. Cependant Macoma balthica présente sur la vasière intertidale de l'est des maxima de densité (?????) et de biomasse (?????).

De même l'agencement spatial des dépositivores de surface est assez homogène, de 1 à 4 espèces, avec très peu de zone où ce groupe n'est pas présent. En revanche les niveaux de densité et de biomasse maxima se localisent sur tous des estrans avec un préférendum pour la vasière intertidale est, vases pures fluides en surface, où ils dépassent les ????? individus et les 1,2 g / 0,1 m². Ces valeurs sont dues pour l'essentiel à Hydrobia ulvae et Abra tenuis. En zone subtidale nord, la disposition des dépositivores est plus hétérogène avec des espèces telles que Nucula turgida et Abra nitida.

La répartition des carnivores reflète une certaine dichotomie spécifique : d'une part les prédateurs des vasières intertidales appartenant aux genres Retusa, Odotomia, Turboniella, de l'autre les prédateurs subtidaux ou infralittoraux des genres Buccinum, Epitonium (Clathrus), Ocenebra, Hinia (Nassa) et Lunatia (Natica). Ces carnivores seraient absents de la côte d'Oléron plus sableuse. Le nombre d'espèce varie de 0 à 2 / 0,1 m², les niveaux de biomasse étant maxima pour les prédateurs infralittoraux ?????? / 0,1 m².

Enfin la carte de distribution des herbivores (genres Littorina, Gibbula et Patella reste anecdotique car ces espèces sont peu représentées et surtout inféodées aux herbiers de Zoostera nana ou a proximité de structures liées à une activité anthropique (digue, matériel ostréicole).

6 - Répartition spécifique (figure 8)

Les estimations par espèces découlent des calculs de l'échantillonnage aléatoire stratifié et doivent être considérées à l'échelle du bassin. Ne sont représentées que les 15 premières espèces, par leur abréviation pour chaque estimateur, sur les 60 déterminées (tableau 3). Deux notions sont à rappeler, ce qui biaise et restreint la portée des résultats : la profondeur des prélèvements de 0,10 à 0,15 mètre et la maille du tamisage de 1 millimètre de côté.

Il faut tout d'abord noter l'ampleur des intervalles de confiance à 95 % par exemple pour les abondances, ce qui induit pour certaines espèces une estimation allant du simple au double parfois quadruple.

Ainsi, Hydrobia ulvae semble à l'échelle du bassin l'espèce la plus abondante (figure 8A) soit 130 + 40 milliards d'individus, c'est-à-dire 3 à 4 fois plus que l'ensemble des autres espèces réunies. Viennent ensuite de petites espèces telles les Abra tenuis (7000 + 3000 millions), Mysella bidentata (4800 + 1000 millions), Abra nitida, Nucula turgida, puis des espèces plus grandes Macoma balthica, Cerastoderma edule et Scrobicularia plana.

En revanche l'ordination des espèces se modifie en biomasse vis à vis des abondances, les rangs spécifiques étant

pratiquement indépendants du mode d'expression de la biomasse : masse fraîche totale (figure 8B) ou masse de tissu sec libre de cendre (figure 8C). Les principales espèces sont pour les suspensivores Cerastoderma edule (4500 + 2200 tonnes fraîches), (200 + 100 tonnes sèches), puis Mytilus edulis (2600 + 2000 t. frais.), (200 + 200 t. sec.), Crepidula fornicata (1800 + 900 t. frais.), (50 + 25 t. sec.) et Solen marginatus (800 + 600 t. frais.), (90 + 70 t. sec.), pour les mixtes suspensivores déposivores Macoma balthica (800 + 400 t. frais.), (55 + 40 t. sec.), pour les déposivores Hydrobia ulvaea (940 + 220 t. frais.), (70 + 15 t. sec.) et pour les carnivores Hinia reticulata (560 + 210 t. frais.), (45 + 20 t. sec.).

Il faut noter le très fort intervalle de confiance de l'espèce Pharus legumen, suspensivore sans aucun doute mal échantillonné.

CONCLUSION

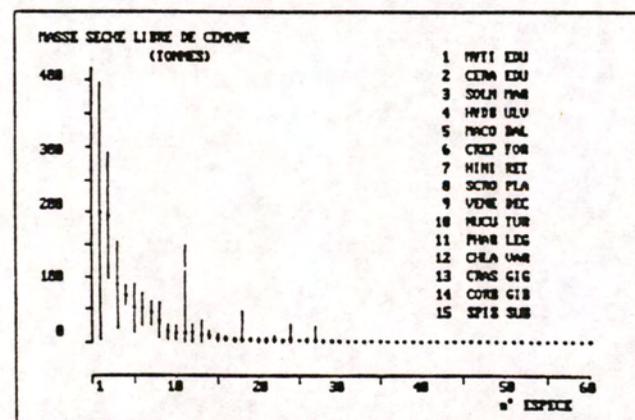
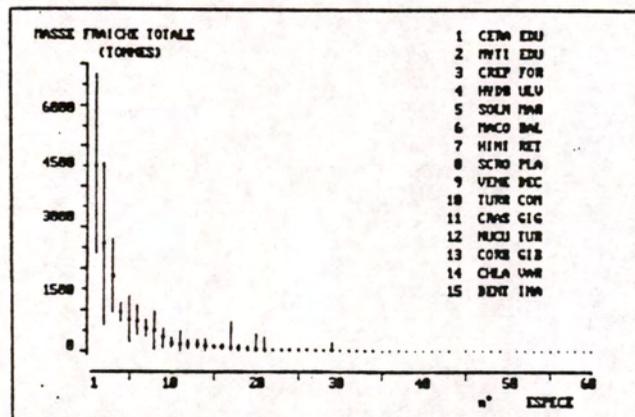
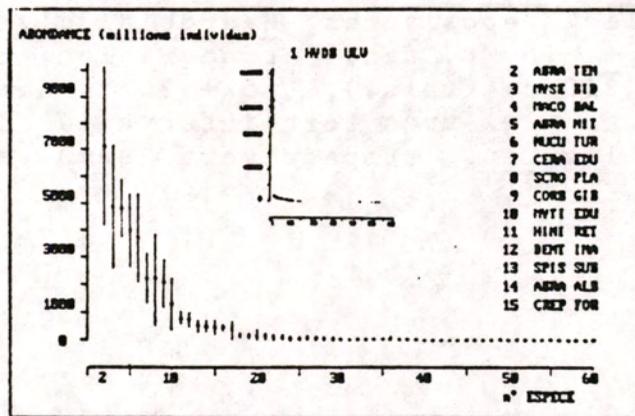


Figure 8 : Importance relative des 60 espèces de Mollusques dans l'estimation des abondances et biomasses. L'intervalle de confiance à 95 % est figuré.

cendre.

Ainsi selon ces deux critères de biomasse ou de densité, se révèle une première opposition selon un gradient décroissant entre d'une part, la zone intertidale riche en abondance avec en particulier la zone infralittorale exondable riche en biomasse, et d'autre part, une zone subtidale beaucoup plus pauvre en distinguant la partie nord du bassin sous influence marine et les deux zones sous influence fluviale directe : à l'est par la Charente et au sud-est par la Seudre. Ces résultats globaux nécessiteraient d'être affinés par exemple en situant les noyaux de biomasse selon des critères sédimentaires ou bathymétriques (HILY, 1976 ou CHASSE et al., 1978).

Parmi les cinq groupes trophiques individualisés, les dépositives forment 90 % de l'abondance totale en Mollusques alors que les suspensives traduisent 75 % de la biomasse totale des Mollusques non cultivés du bassin.

Cependant l'agencement spatial des divers groupes trophiques montre que la richesse spécifique en dépositives de surface est homogène sur l'ensemble du bassin (1 à 4 espèces), ceci sans doute corrélé aux fortes charges sestoniques des eaux du bassin (HERAL et al., 1978), alors que pour les suspensives existerait un gradient spécifique nord-ouest à sud-est, opposant les zones sous influence marine du nord et du centre aux zones intertidales sous influence des dépôts détritiques des eaux très turbides de la Charente.

De même les dépositives de surface semblent préférentiellement occuper l'ensemble des estrans avec des maxima de biomasse sur la vase intertidale de l'est (taux de pélites $\geq 90\%$) alors que les suspensives se concentrent soit dans les zones plus marines, soit dans des zones avec un fort renouvellement de la colonne d'eau (centre du bassin en position infralittorale).

Cette observation bien que globale et peu détaillée concorde néanmoins avec ce qui est généralement admis sur la répartition spatiale de ces deux groupes trophiques, en particulier la prépondérance des dépositives de surface des peuplements sous influence d'apports détritiques continentaux (PEARSON, 1971 ; WOLF, 1973 ; BACHELET, 1981), la corrélation positive entre les abondances et/ou biomasses des dépositives et les teneurs pélitiques des sédiments (SANDERS, 1958), ainsi que l'influence de la diversité des ressources alimentaires sur la diversité spécifique de la faune intertidale (WHITLATCH, 1981). Corrélativement les suspensives sont mieux représentées dans les sédiments plus sableux (SANDERS, 1958) ou étant le siège d'un hydrodynamisme plus fort (PEARSON, 1971 ; CORNET, 1986).

Cependant cette cartographie quantitative ne tient pas compte du facteur temporel. Il est alors vraisemblable que les rapports de dominance entre groupes trophiques évoluent, en particulier dans les secteurs du bassin où les houles d'ouest agissent : zone subtidale nord, côte d'Oléron et partie sud du bassin près du pertuis de Maumusson ; ou à l'inverse reste plus stables sur les estrans. Ces types d'évolution temporelle ont été démontrés par de nombreux travaux : GLEMAREC, (1979) pour des peuplements de sables fins envasés, MAURER et al., (1979) pour des peuplements sablo-vaseux, BACHELET, (1981) ou DAUVIN, (1984) pour des peuplements de sables fins et HILY, (1984) pour des peuplements de milieux hypertrophiques.

Les estimations quantitatives spécifiques révèlent toujours la prépondérance numérique des dépositives de surface tels Abra tenuis, Abra nitida ou Nucula turquida et des suspensives-dépositives comme Mysella bidentata et Macoma balthica alors que les suspensives dominent en biomasse avec Cerastoderma edule, Mytilus edulis, Crepidula fornicata ou Solen marginatus.

La stratégie d'étude employée lors de la cartographie quantitative des Mollusques benthiques non cultivés du bassin de Marennes-Oléron, a consisté en l'emploi d'un échantillonnage aléatoire stratifié précédé d'un pré-échantillonnage appelée étude pilote (GROSSLEIN et LAUREC, 1982 ; SCHERRER, 1983). Cette étude pilote a permis d'allouer de façon optimale l'effort d'échantillonnage au sein des strates.

Bien que l'échantillonnage stratifié soit largement utilisé en dynamique des populations exploitées (GROSSLEIN et LAUREC, 1982, en donnant quelques exemples), son emploi en écologie marine benthique reste apparemment moins courant. PLANTE et LE LOEUFF, (1983) citent pourtant de nombreux travaux qui tout en empruntant une démarche de stratification n'exploitent pas au sens statistique, les capacités réelles de ce type d'échantillonnage en l'estimation des stocks avec recherche d'un certain niveau de précision.

En revanche JANSSEN et KAUTSKY, (1977) ou CUFF et COLEMAN, (1979) l'ont utilisés dans ce sens et soulèvent comme LAUREC et al., (1983), les problèmes de précision des estimations. Les fortes variances sont liées à des phénomènes de micro-répartition ou d'aggrégation : REYS (1971), ROSENBERG (1974) ou DOWNING (1977) ont montré que la plupart des espèces macrobenthiques présentent ces phénomènes d'aggrégation. L'augmentation du nombre de prélèvement est alors une source de gain en précision. Les phénomènes de biais interviennent aussi dans la mesure où les engins de prélèvement ne sont pas totalement efficaces : maille de tamisage et benne Smith McIntyre dont la profondeur de pénétration avoisine les 10 cm. (MASSE, 1970 ; ROSENBERG, 1974) et varie selon les types sédimentaires (DAUVIN, 1984). La sélectivité de cette benne n'est en fait pas connue dans l'absolu même si MASSE, (1970) et MASSE et al., (1977) l'ont comparée à une suceuse hydraulique. En particulier il est parfois nécessaire de descendre à 60 cm de profondeur pour capturer certains genres tels Lutraria ou Solen (in MASSE, 1970), alors que ROSENBERG, (1974) ou CLAVIER, (1984) indiquent que la quasi totalité des biomasses en Mollusques macrobenthiques de substrats meubles envasés est recensée dans les 8 ou 10 premiers cm du sédiment.

Donc, bien que la majorité des substrats meubles du bassin de Marennes-Oléron relève des types vase pure, vase sableuse ou sable fin envasé, il ne faut pas perdre de vue que les résultats quantitatifs ici présentés sont uniquement relatif aux engins de prélèvement utilisés. En d'autres termes LAUREC et al., (1983) notent : " l'inférence entre l'échantillon obtenu et la population cible est pratiquement impossible".

Ainsi l'ensemble des Mollusques benthiques non cultivés de substrats meubles, représenterait au printemps 1984, 14.000 ± 3.000 tonnes de biomasse totale alcoolisée ; soit 20 % du tonnage d'Huîtres Crassostrea gigas en élevage : 69.000 ± 12.000 tonnes fraîches selon BACHER, (1984) et BACHER et al., (1986). La répartition des Mollusques selon un critère de présence-absence de parc ostréicole ou mytilicole montre que 75 % de cette biomasse se situe en dehors de tout élevage d'Huître ou de Moule.

Géographiquement et selon un critère bathymétrique, la zone intertidale en dehors de toute culture (vasière de l'est, côte d'Oléron et estrans du sud : Marennes-Ronce) regroupe près de 85 % de l'abondance totale, la vasière intertidale de l'est en représentant déjà plus de 55 %. De même en biomasse, cette zone intertidale contient de l'ordre de 70 % de la biomasse globale du bassin, que cette biomasse soit exprimée en masse fraîche totale alcoolisée ou en masse de tissu sec libre de

Cette prépondérance des Mollusques suspensivores non cultivés, sans compter les stocks d'huîtres et de moules en élevage, peut sembler paradoxale dans un bassin semi-fermé qui se caractérise par une charge élevée des eaux en sestons (HERAL et RAZET, 1977 ; HERAL *et al.*, 1978, 1980), avec pour corrolaire une faible productivité primaire (HERAL *et al.*, 1983). Ceci soulève donc la question du caractère limité de la quantité de nourriture particulière disponibles pour ces filtreurs. Outre l'existence selon MASSE, (1963) de similitudes de composition des contenus stomacaux chez les bivalves suspensivores et déposivores, les bivalves seraient capable de varier leur éthologie alimentaire en adaptation aux changements de la nourriture disponible (PEARSON et ROSENBREG, 1978).

Cependant deux approches complémentaires ont été utilisées pour les Huîtres en élevage afin d'explicitier ce paradoxe. D'une part la définition des capacités trophiques des eaux du bassin dont HERAL, (1985) fait la synthèse, avec en parallèle l'étude des bilans énergétiques et des relations nutritionnelles huître-milieu (DESLOUS-PAOLI, 1985) et d'autre part la quantification des activités anthropiques ostréicoles par la mise au point de modèle de production conchylicole. De ce second point de vue HERAL *et al.*, (1986 a, 1986 b), montrent la nécessité de mesures d'aménagement des cheptels en élevage de manière à optimiser la production ostréicole tout en restant compatible avec les capacités trophiques des écosystèmes (HERAL, PROU et DESLOUS-PAOLI, 1986) ; face à une augmentation graduelle dans le temps des stocks cultivés, les phénomènes qui les affectent relèveraient sans doute de mécanismes d'homéostasie permettant la stabilité de cet écosystème.

De même l'élaboration de modèles mathématiques tant physiques (circulation des masses d'eaux) que biologiques (échanges nutritionnels huîtres-milieu) est en cours (BACHER, 1985) afin de pouvoir passer d'une conception statique des échanges trophiques à une conception spatio-temporelle de ces échanges (HERAL, 1985) et ainsi de mieux maîtriser la compréhension du mode de fonctionnement dynamique de cet écosystème Charentais.

Cependant les difficultés rencontrées lors de la réalisation des modèles biologiques ne permettent pas à l'heure actuelle leur application directe à d'autres matériaux que les huîtres, essentiellement par manque de données expérimentales et de données *in situ*, annuelles parfaitement fiables et complètes pour les principaux compétiteurs trophiques des Huîtres (BACHER, com. pers.), même si le niveau des stocks des Mollusques compétiteurs, sans aborder l'influence des autres taxons compétiteurs trophiques (Annélides ou Crustacés), ne semble maintenant pas négligeable vis à vis des stocks ostréicoles et mytilicoles en élevage dans le bassin de Marennes-Oléron.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHELET, G., 1981. Données préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. *Vie et Milieu*. 31 (3-4) : 205-213.
- BACHER, C., 1984. Echantillonnage du stock d'huîtres du bassin de Marennes-Oléron. Rapport D.E.A., Université Paris VII : 38p.
- BACHER, C., BAUD, J.P., BODOY, A., DESLOUS-PAOLI, J.M., DRENO, J.P., HERAL, M., MAURER, D. et PROU, J., 1986. A methodology for the stocks assessments of cultivated oysters along the French Atlantic coasts. C.I.E.M./C.M. 1986/K : 36 p.ADD
- BAUDOIN, R., 1949. Observation sur les dépôts alvéolaires de sables marins dans la région de Ronce-les-Bains (Charente-Maritime). *Bull.Soc.Géol.Fr.* 5(19) : 189-194.
- BLEGVAD, H., 1914. Food and conditions of nourishment among the communities of invertebrate animals found on or in the sea bottom in Danish waters. *Rep. Dan. Biol. stn.* 22 : 41-78.
- CALLAME, B., 1961. Contribution à l'étude du milieu meuble intertidal des côtes Charentaises. *Travaux du C.R.E.O.*, 6 (1), (2), (3) : 1-113.
- CHASSE, C. et GLEMAREC, M., 1976 a. Principes généraux de la classification des fonds pour la cartographie biosédimentaire. *J. Rech. Océanogr.* (1), 3 : 1-18.
- CHASSE, C. et GLEMAREC, M., 1976 b. Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. *Cartes sédimentaires. I.C.A. Brest* : 10 p.
- CHASSE, C., GLEMAREC, M., GUILLOU, J. et HILY, C., 1978. Répartition des biomasses de la macrofaune endogée des sédiments meubles du golfe de Gascogne (nord et centre). *J. Rech. Océanogr.* (4), 3 : 3-9.
- COCHRAN, W.G., 1977. *Sampling techniques*. New-York, WILEY & Sons ed., 3rd edition : 422 p.
- DESLOUS-PAOLI, J.M., POPULUS, J., L'HERROUX, M. et BRUSSIEUX, M., 1985. Estimation des stocks conchylicoles par télédétection : résultats et perspectives. 4^{ème} Colloque Scientifique Interdisciplinaire Franco-Japonais d'Océanographie. Marseille 16-21 septembre 1985 : 8 p.
- DESLOUS-PAOLI, J.M., 1984. Crepidula fornicata dans le bassin de Marennes-Oléron. Rapport convention ISTPM EPR Poitou-Charentes, 80p.

- DAUVIN, J.C., 1984. Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse Doctorat d'Etat, Science Nat., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, vol 1 et 2. 846p.
- FRETTER, V. et GRAHAM, A., 1962. British Prosobranch Mollusc. Their functional anatomy and ecology. ADLARD & Son Ltd, ed., Ray Society, London. (144) : 755 p.
- FRETTER, V. et GRAHAM, A., 1976-1982. The Prosobranch Molluscs of Britain and Denmark. Part 1 to Part 7. Supplement 6-11. J. Mol. Stud., 1-434.
- FAURE, G., 1969. Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles de la côte Charentaise. Téthys, 1 (3) : 751-778.
- GLEMAREC, M., 1964. Le genre Abra sur les côtes Atlantiques de Bretagne : systématique et écologie. Journ. Conchyliologie (104) : 15p.
- GLEMAREC, M., 1968. Distinction de deux Mactridae des côtes atlantiques européennes : Spisula solida (Linné) et Spisula ovalis (Sowerby). Cah. Biol. Marine, 4 : 167-174.
- GLEMAREC, M. 1979. Problèmes d'écologie dynamique et de succession en baie de Concarneau. Vie et Milieu, 28-29 (1 AB) : 1-20.
- GRAHAM, A. 1971. British Prosobranchs. KERMACK ed., Academic Press. Synopses of the British Fauna (New Ser.), No. 2 : 112 p.
- GRANIER, J. et PENEZ, A., 1984. Catalogue des Mollusques marins et saumâtres observés, récoltés ou signalés sur le littoral de la Camargue et de la partie orientale du golfe d'Aigues-Mortes. Bull. Soc. Et. Sci. Nat. Vaucluse : 51-164.
- HERAL, M., 1986. L'ostréiculture française traditionnelle. In Aquaculture. LAVOISIER ed., Paris : 345-390 p.
- HERAL, M., BERTHOME, J.P., RAZET, D. et GARNIER, J., 1978. Etude hydrologique du bassin de Marennes-Oléron. Un exemple : la sécheresse de l'été 1976. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 42(4) : 269-290.
- HERAL, M., RAZET, D., DESLOUS-PAOLI, J.M., BERTHOME, J.P. et GARNIER, J., 1983. Caractéristiques saisonnières de l'hydrologie du complexe estuarien de Marennes-Oléron (France). Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 46 (2) : 97-119.

- HUNT, O.D., 1925. The food of the bottom fauna of the Plymouth fishing grounds. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 13(3) : 560-599.
- HILY, C., 1976. Ecologie benthique des pertuis charentais. Thèse Doctorat 3ème cycle, U.B.O., Brest : 236 p.
- HILY, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hyper-trophiques de la rade de Brest. Thèse Doctorat d'Etat, Sci. Nat., Univ. Brest, Vol. 1 et 2, 359p., 337p.
- MASSE, H. et LAGARDERE, J.P., 1981. Recherches écologiques sur un écosystème estuarien à vocation aquicole, le bassin de Marennes-Oléron. Rapport CNEEXO n° 81/2503 : 42-142.
- NEWELL, R.C. 1979. Biology of Intertidal Animals. 3rd edit. Marine Ecological Survey Ltd, Faversham. 781 p.
- PEARSON, T.H., 1971. Studies on the ecology of the macrobenthic fauna of lochs Linnhe and Eil, west coast of Scotland. II.- Analysis of the macrobenthic fauna by comparison of feeding groups. Vie et Milieu, suppl. 22, 53-91.
- POHLO, R., 1969. Confusion concerning deposit feeding in the Tellinacea. Proc. Malac. Soc. Lond., 38 : 361-364.
- PURCHON, R.D. 1968. The biology of the Mollusca. KERKUT ed., Pergamon Press. (40) : 560 p.
- SAURIAU, P.G., 1986. Echantillonnage des populations naturelles de Mollusques compétiteurs trophiques des huîtres cultivées Crassostrea gigas du bassin de Marennes-Oléron : aspects méthodologiques. C.I.E.M./C.M. 1986/K : 30p.
- SHERRER, B., 1983. Techniques de sondage en écologie. In Stratégies d'échantillonnage en écologie. FRONTIER, S., 1983. MASSON & PULL ed., Paris-Québec : 63-162.
- TEABLE, N., 1966. British bivalve seashells. A handbook for identification. The British Museum (Natural history). London : 212p.
- THOMPSON, T.E. et BROWN, G.H. 1976. British Opisthobranch Molluscs. KERMACK ed., Academic Press. Synopses of the British Fauna (New Ser.), No. 8 : 203 p.
- THORSON, G., 1957. Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). In Treatise on marine ecology and paleoecology. Geology Society of America, Memoir 67, 1 : 461-534.

WOLF, W.J., 1973. The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the Rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. Zool. Verh. (Leiden), 126 : 1-242.

ANNEXE 3

COMPOSITION BIOCHIMIQUE D'UNE POPULATION DE
CERASTODERMA EDULE L.
DU BASSIN DE MARENNES-OLERON.

par

Jacques JOUSSET

Stage de fin d'étude de l'I.U.T. de Brest,
département biologie appliquée,
option génie de l'environnement
effectué au
Laboratoire National Ecosystèmes Conchylicoles
IFREMER La Tremblade
juin 1986.

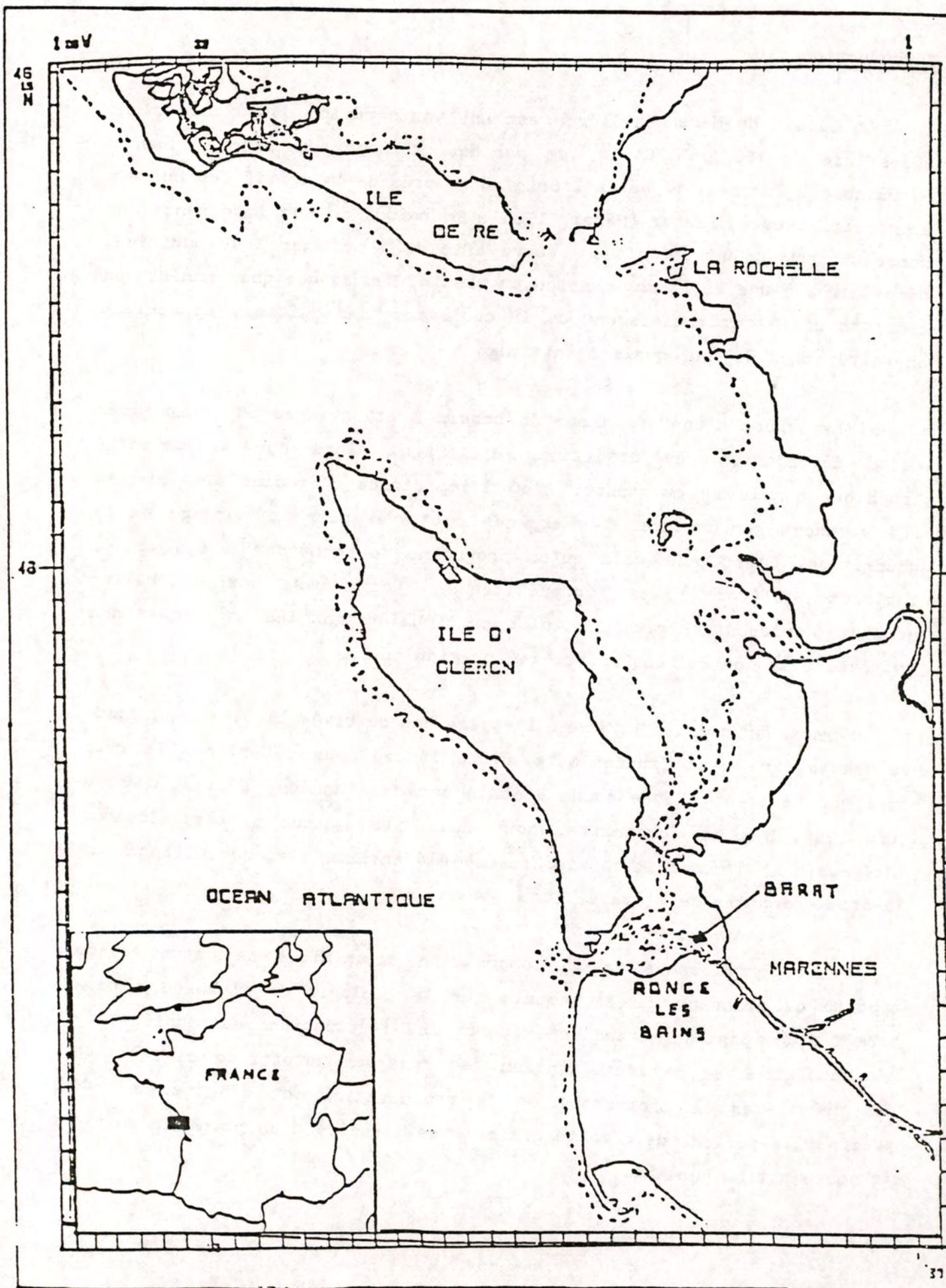
Introduction :

Le bassin de Marennes-Oléron est une vaste région ostréicole d'une superficie de 150 km². C'est, de par son tonnage, le premier bassin ostréicole d'Europe ; il est à l'origine de près de la moitié des huîtres commercialisées en France (Héral, 1986). En raison de son importance, de nombreux travaux ont été mis en oeuvre afin de déterminer les conditions nécessaires à une meilleure gestion du bassin. Depuis quelques années, on constate un net ralentissement de la croissance des huîtres, et souvent une altération de leur qualité initiale.

L'hypothèse d'une surcharge du bassin a été avancée pour expliquer cette dégradation des conditions d'élevage, alors que la capacité trophique semble se maintenir. D'où l'importance d'étudier les espèces qui viennent concurrencer les espèces cultivées pour le partage de la nourriture. C'est pour cela qu'un programme de recherche a été lancé, incluant l'étude des compétiteurs trophiques de l'huître japonaise *Crassostrea gigas*, et plus particulièrement les mollusques non cultivés tels que les coques, et les crépidules...

Cerastoderma edule L. étant l'espèce non cultivée la plus importante du bassin, une étude approfondie a été lancée pour déterminer le rôle joué par celle-ci. Cette étude s'étale sur deux années, d'avril 1984 à juin 1986. Dans ce programme, nous nous sommes tout particulièrement intéressés à la composition biochimique élémentaire des coques, ceci sur la première année de l'étude : ~~avril~~ 84-mai 85.

La connaissance de la composition biochimique de cette espèce apporte de nombreux renseignements sur la biologie de l'espèce : cela permet d'une part de mettre en évidence les fluctuations saisonnières de l'accumulation et de l'utilisation des réserves nutritives en fonction des phénomènes de croissance et de reproduction, et d'autre part de préciser la période de récolte optimale de l'espèce d'un point de vue de la consommation humaine.



Carte 1 : Bassin de Marennes-Oléron

I. PRESENTATION DU BASSIN DE MARENNES-OLÉRON

1. Situation géographique

Le bassin de Marennes-Oléron est le plus vaste secteur ostréicole existant en France : 3 200 hectares de parcs concédés sur une superficie de 40 000 hectares, découvrant à marée basse.

Ce bassin n'est que très peu ouvert à la mer. Il est, en effet, limité à l'ouest par l'Ile d'Oléron qui le protège des vents dominants, tout en atténuant l'influence de l'océan. La côte continentale à l'est et au sud du bassin lui apporte de grandes quantités d'eau douce et de sels nutritifs (carte 1).

2. Hydrobiologie

2.1. Courantologie

Les conditions hydrodynamiques ont été définies par Tesson et Klingebiel (1971-1973). Ces chercheurs ont mis en évidence une dominance des courants marins du nord au sud du bassin, depuis la large ouverture au nord qu'est le pertuis d'Antioche jusqu'à la passe étroite formée par le pertuis de Maumusson.

Le bassin reçoit les eaux douces de trois origines différentes :

- au nord du bassin, la Charente apporte 80 % des eaux douces ; son débit varie de $400 \text{ m}^3/\text{s}$, en période de crue, à $8 \text{ m}^3/\text{s}$ en période d'étiage.

- au sud, la Seudre a un débit variant pour les mêmes périodes, de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ à $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Bien que son apport d'eau soit faible, elle joue un rôle important dans le bassin, de par l'énorme quantité de sels minéraux qu'elle transporte.

- de nombreux ruisseaux quadrillant les marais côtiers débouchent également sur le bassin.

Suivant l'amplitude des marées, les eaux transitent pendant 6 à 11 jours dans le bassin avant d'être évacuées par le pertuis de Maumusson. Cette circulation des eaux a été confirmée par différentes équipes de scientifiques : De Chambenoy et al. (1977) par thermographie à l'infra-rouge ; Nichol (1973) et l'équipe de Fralit (1981) par télédétection par satellite.

2.2. Salinité et température (Fig 1 A - B)

Salinité :

Les apports d'eau douce ont une grande importance près de la côte, à l'embouchure des fleuves ; ils affectent également la salinité du bassin. Ceci est notable à l'embouchure du bassin notamment. La salinité ne descend que rarement en dessous de 15 ‰, au milieu du bassin, 25 ‰ en moyenne en période de crue. En été, elle augmente d'une façon générale jusqu'à 33-34 ‰. Dans les claires les maxima peuvent atteindre 40 ‰.

La stratification verticale de la salinité, bien que nettement marquée à l'embouchure des cours d'eaux, diminue progressivement pour disparaître complètement au niveau des pertuis.

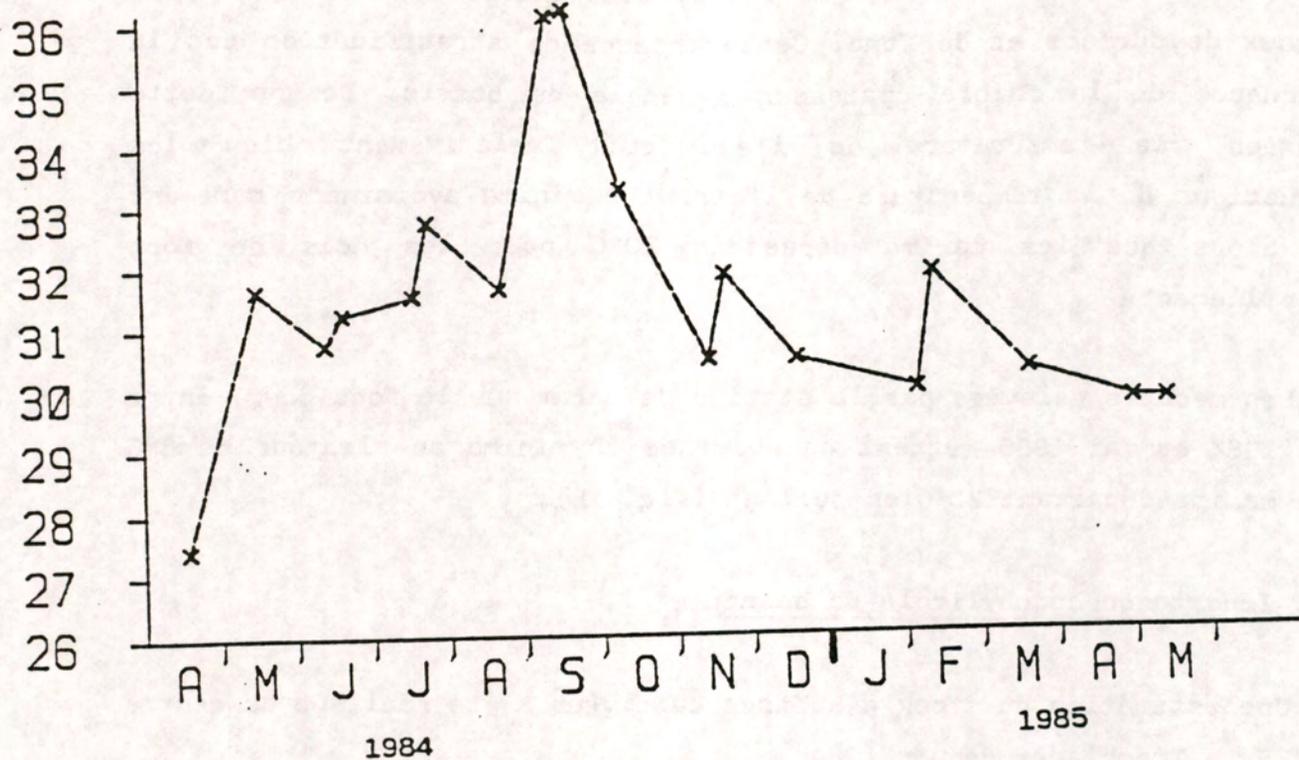
La Seudre :

C'est un cours d'eau à faible débit, cependant elle transporte une richesse considérable en plancton et en sels nutritifs. En effet, les claires sont des lieux où l'eau est stagnante et peu profonde. Il y a alors accumulation de sels nutritifs et production importante de plancton. Lors des vidanges totales ou partielles des claires (soit pour renouvellement soit pour assèchement), l'eau est évacuée par la Seudre, ainsi que tout le potentiel nutritif et les sels minéraux.

C'est pour cette raison que les salinités relevées à l'embouchure de la Seudre, pour la station de Barat (fig. 1A), ne descendant pas en dessous de 25 ‰, et peuvent parfois dépasser 35 ‰. Cette étendue de salinité convient parfaitement au développement de la coque *Cerastoderma edule* L. (Labourg, non publié). Les salinités ont été relevées sur le fond.

Salinité (‰)

A



Température (°C)

B

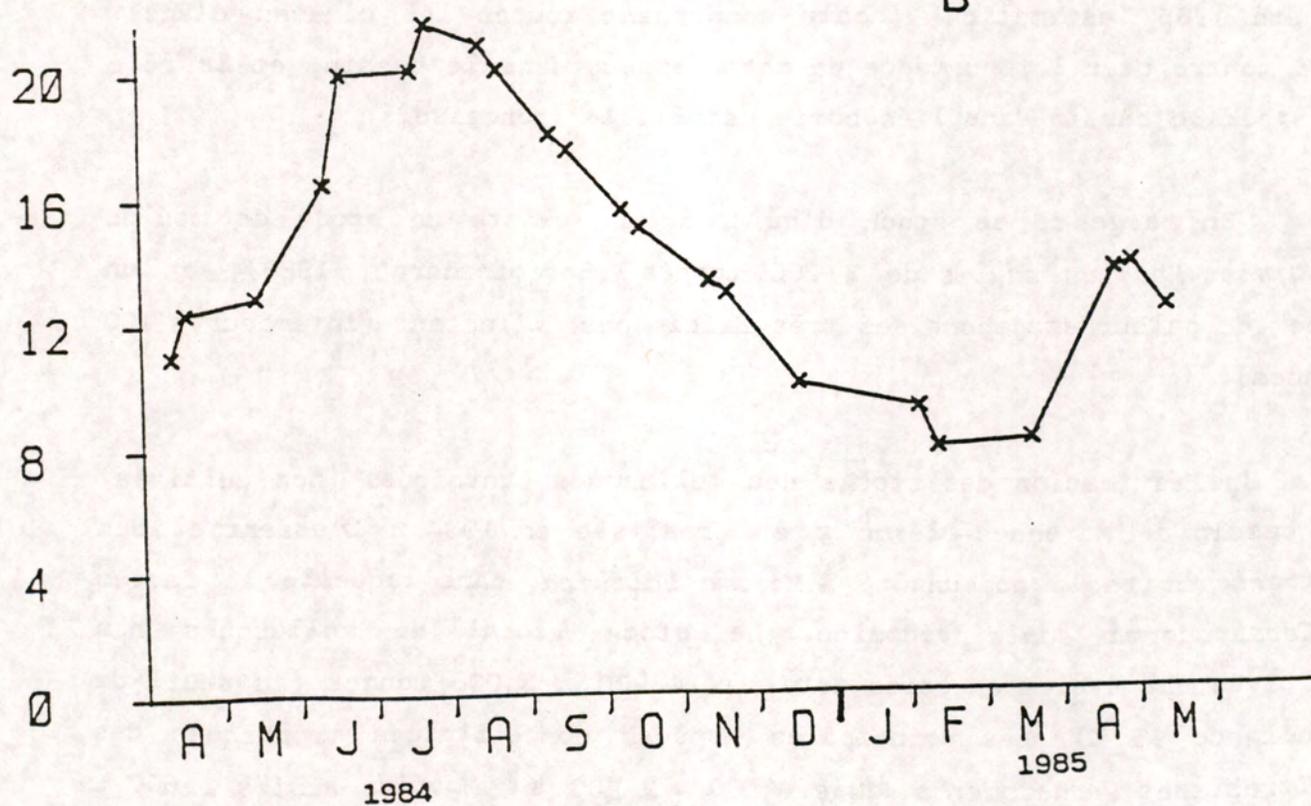


Figure 1: Variations saisonnières des salinités (A) et des températures (B) des eaux de fond (5-10 m) de la station Barat.

Température :

Dans le bassin, il n'existe pas de stratification thermique entre les eaux de surface et de fond. Cette absence de stratification est la conséquence de la faible épaisseur générale du bassin. De par cette situation, la température de l'eau suit relativement bien les fluctuations de la température de l'air. Les minima avoisinant rarement 6°C, alors que les maxima dépassent 20°C pour les mois de fort ensoleillement.

Les mesures relevées par la station de Barat sur le fond pour, entre avril 1984 et mai 1985 mettent en évidence un minima au alentour de 8°C et un maxima dépassant 21°C en juillet (fig. 1B).

3. Importance conchylicole du bassin

Une estimation du stock d'huîtres cultivées a été réalisée au centre IEMER La Tremblade, depuis 1984.

Cette estimation met en évidence un stock de 86 000 tonnes d'huîtres en été 1985 (estimation globale comprenant toutes les classes d'âge). Ceci montre bien l'importance de cette espèce dans le bassin, et le rôle joué par ce bassin dans l'économie ostréicole française.

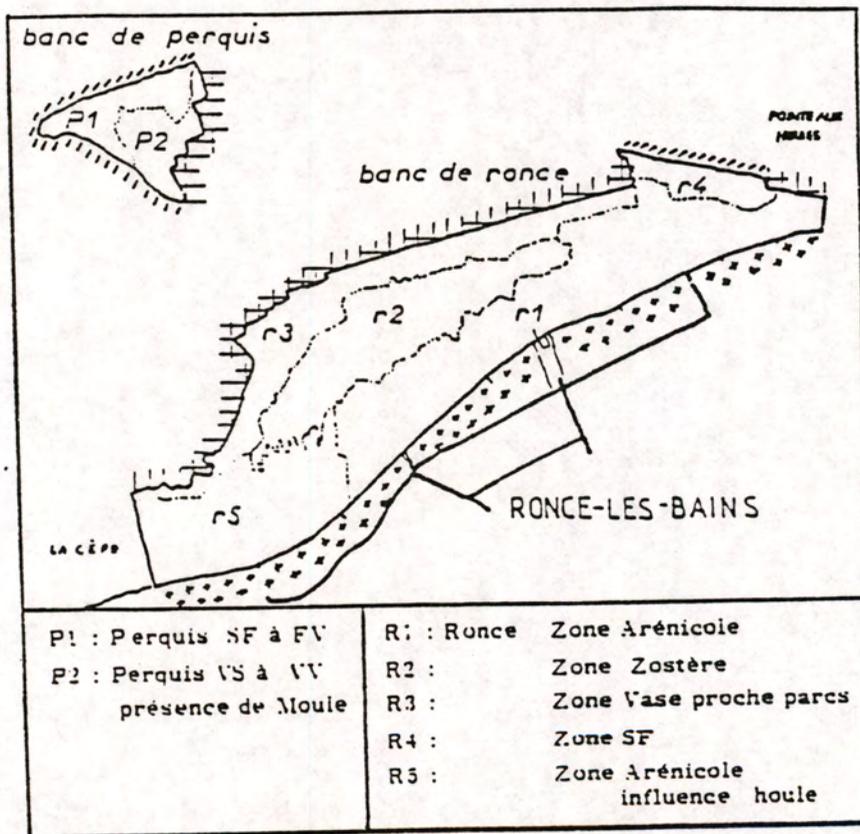
En marge de ce stock d'huîtres, il existe un stock de moules cultivées *Mytilus edulis* de 3 200 tonnes (Boromthanarat, 1986), et un stock de palourdes japonaises très faible pour l'instant (inférieur à 100 tonnes).

Une estimation des stocks des mollusques benthiques (non cultivés) du bassin de Marennes-Oléron a été réalisée en 1984 : L'essentiel des estrans abrite la communauté à *Macoma balthica*, dans laquelle le faciès à *Cerastoderma edule* prédomine. Le stock global de mollusques non cultivés est évalué en poids total à 14.400 \pm 3.000 tonnes (au seuil de confiance 95 %). Les principales espèces compétitrices trophiques des huîtres sont *Cerastoderma edule* 4 500 \pm 2 200 t ; *Mytilus edulis* 2 600 \pm 2 000 t, *Crepidula fornicata* 1 800 \pm 900 t et *Macoma balthica* 800 \pm 400 tonnes (Sauriau, 1986). Un ensemble de 370 stations de prélèvement a été réalisé sur cette estimation.

On peut donc voir dans cette surcharge biologique une des raisons du ralentissement de la croissance de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron.

II. MATERIEL ET METHODE

L'étude, qui a pour but de montrer le rôle joué par la coque *Cerastoderma edule* L. dans le bassin de Marennes-Oléron, comprend plusieurs stations d'échantillonnage (carte 2). En ce qui concerne l'étude biométrique et biochimique de l'espèce, un seul point de prélèvement a été retenu. Il s'agit de la strate r2 : zone à *Zostera nana* qui correspond à une des zones d'occupation préférentielle de cette espèce sur les estrans de Ronce les Bains ; elle se situe au niveau de mi-marée (Sauriau, 1986).



Carte 2 : Situation de la zone de prélèvement :
Banc de Ronce les Bains.

Les différents paramètres étudiés sont :

- pour la biométrie :

Longueur, largeur et épaisseur de la coquille, masse totale, masse de la coquille, masse de la chair humide et sèche, longueur des anneaux de ralentissement hivernal de croissance.

- pour la biochimie :

lipides totaux, sucres totaux, glycogène, protéines mobilisables (Lowry), cendres.

1. Matériel :

Les prélèvements sont mensuels et s'étalent d'avril 84 à mai 85. Ils portent sur plusieurs groupes d'âge : G0, G1, G2.

Par référence, le groupe d'âge auquel appartient un individu est défini par le nombre de "premier janvier" que connaît l'animal (Laurec et Le Guen, 1981).

L'emploi de cette référence est nécessaire car la date de naissance des animaux n'est pas connue précisément (l'amplitude de variation est de l'ordre de quelques mois).

Ainsi, par la suite nous utiliserons sur l'ensemble des graphiques exposés, les notations G1, G2 et G3 pour l'année 1985 qui correspondent d'après la convention, respectivement G0, G1 et G2 pour 1984. L'âge des individus est déterminé par lecture du nombre d'anneaux hivernaux inscrits sur la coquille : ces anneaux sont de véritables marqueurs du ralentissement de la croissance qui a lieu de décembre à mars.

1.1. Echantillonnage

Dans la zone à *Zostera nana* de la plage de Ronce les Bains, les individus sont prélevés pseudo aléatoirement, de manière à recueillir 50 individus de chacun des groupes d'âge (G1 et G2). Pour le groupe d'âge "0", 10 individus sont prélevés pour chaque classe de taille de 1 millimètre.

1.2. Méthodes d'analyse biométrique

Les individus, brossés puis numérotés, sont placés en stabulation 36 heures minimum, dans un bac rempli d'eau de mer filtrée et oxygénée, la taille du filtre employé est de 0,45 um (Whatman). Cette opération a pour but une élimination presque totale des fèces du tube digestif, et des pseudofèces, ainsi que l'élimination des particules sédimentaires inorganiques.

On réalise ensuite les mesures biométriques précédemment citées.

On observe également sur ces animaux, l'état de la gonade et le pourcentage d'animaux sexués (excepté pour le groupe d'âge "0" qui est immature). Il est ainsi possible de distinguer les individus :

- mâles
- femelles
- immatures
- ainsi que les pourcentages d'animaux parasités, il existe en effet un trématode *Bucephalidae*, parasite de l'intestin et de la gonade.

Sur chaque fraction, et pour chaque groupe d'âge, les analyses biochimiques ont été effectuées sur 10 individus pris au hasard.

Le poids total individuel est mesuré avant dissection des chairs. Celles-ci sont séchées sur papier Joseph, puis enveloppées d'une feuille de papier aluminium tarée, pesées et enfin mises au congélateur au minimum 24 heures afin de détruire la structure cellulaire. Les individus vont ensuite perdre la presque totalité de leur eau par lyophilisation (24 heures minimum). Une nouvelle pesée donne le poids sec. La chair est finement broyée à l'aide d'un ultra-turax. Puis les analyses biochimiques sont faites individuellement (sur quelques milligrammes de chair broyée). Pour la cohorte "0", les analyses sont faites sur un pool de 5 à 10 individus de chaque classe de taille.

Toutes les pesées sont effectuées sur une balance électronique Sartorius 1712 PM8 (précision 0,01 mg).

Les mesures biométriques sont réalisées à l'aide d'un pied à coulisse électronique (digital II) (au 0,01 mm près).

Les densités optiques sont lues sur un spectrophotomètre double faisceau Perkin Elmer 550.

Le traitement des données et les calculs ont été effectués sur micro-ordinateur MBC Alcyane 16.

2. Méthodes d'analyses biochimiques

2.1. Dosage des lipides sur la chair de mollusque par la méthode de Marsh et Weinstein (1966)

Les prises d'essai sont de 5 à 10 mg de chair sèche broyée.

La méthode d'extraction utilisée est celle de Bligh et Dyer (1959).

Extraction :

- ajouter 1 ml de chloroforme et 2 ml de méthanol
- homogénéiser et centrifuger 10 minutes à 3 000 tours
- pipéter le surnageant dans un grand tube en verre
- faire une seconde extraction

Purification :

- ajouter 4 ml d'eau distillée
- homogénéiser et centrifuger 10 minutes à 3 000 tours
- retirer la phase supérieure
- laisser la phase chloroformique dans le tube et mettre à évaporer dans une étuve à 47°C.

Dosage des lipides par la méthode de Marsh et Weinstein

- ajouter 10 ml de H_2SO_4 concentré
- placer 20 minutes dans un bloc chauffant à 200°C.
- après refroidissement, prélever 2 ml de la solution et la mettre dans un tube à hémolyse en verre
- ajouter 3 ml d'eau distillée
- homogénéiser et laisser refroidir
- mesurer la densité optique à 360 nm.

On réalise simultanément une gamme étalon allant de 0 à 1 500 ug d'acide tripalmitique par ml que l'on traite par la méthode de Marsh et Weinstein.

2.2. Dosage des sucres totaux et du glycogène sur la chair de mollusques par la méthode de Dubois et al. (1956).

Le dosage se fait sur 5 à 10 mg de chair sèche réduite en poudre.

On utilise le culot obtenu après les 2 extractions de lipides.

- effectuer une extraction du culot de chair délipidé et séché avec 3 ml d'acide trichloracétique à 15 % pendant 1 heure à 4°C.
- homogénéiser puis centrifuger à 3 000 tours pendant 10 minutes (le centrifugeat étant constitué de protéines et de cendres)
- prendre 0,5 ml de surnageant dans un tube de polypropylène pour le dosage des sucres totaux par la méthode de Dubois et al. (1956).
- prendre 0,5 ml de surnageant dans un tube de polypropylène, y ajouter 4 ml d'éthanol absolu, ce qui fait précipiter le glycogène, centrifuger 10 minutes à 3 000 tours/mn, jeter le surnageant et reprendre le précipité avec 0,5 ml d'eau distillée bouillante.

on réalise parallèlement une gamme étalon allant de 0 à 1 000 ug/ml de (D-) glucose.

Méthode de Dubois et al. (1956)

- sur les 0,5 ml de solution à doser (échantillon et gamme étalon)

introduire 1 ml de phénol à 5 %.

- Laisser agir 40 minutes à température ambiante
- Ajouter énergiquement à l'aide d'une pipette automatique 5 ml d'acide sulfurique concentrée (H₂SO₄ à 96 %)
- homogénéiser aussitôt
- laisser refroidir à température ambiante 10 minutes
- mesurer la densité optique à 490 nm

Ne pas oublier de multiplier les résultats par 3 et les exprimer en ug équivalent glucose.

La teneur en sucres réducteurs libres est la différence entre les sucres totaux et le glycogène.

2.3. Dosage des protéines sur la chair de mollusque par la méthode de Lowry et al. (1951)

Le dosage se fait sur des prises d'essai approchant 10 mg de chair de coque, pesés avec précision.

Méthode de Lowry :

2.3.1. Solutions de dosage

- Solution A : mettre 2 % de Na₂CO₃ (carbonate de sodium anhydre) dans une solution de NaOH, décimolaire (soit 4 g/l)
- Solution B : CuSO₄ (sulfate de cuivre) à 0,5 % dans de l'eau distillée.
- Solution C : Solution de tartrate de sodium et potassium à 1 % dans de l'eau distillée
- Solution D : mélanger 100 ml de solution A avec 2 ml de solution B et 2 ml de solution C.

La solution D doit être préparée au moment de l'emploi car elle ne se conserve que quelques heures.

- Solution E : réactif de Folin et Ciocalteu (produit Sigma au laboratoire du Bois de Boulogne). Vérifier le titre de la solution de

commerce et la ramener à N par dilution avec de l'eau distillée (titrer avec NaOH et phénol phtaleine). Il est courant de diluer 2 fois la solution de commerce.

2.3.2. Mode opératoire

- 10 mg de chair sèche dans 10 ml de NaOH normale (pour avoir une homogénéisation parfaite des chairs)
- mettre 30 minutes à 60°C (bien bouché) ou une nuit à température ambiante.
- mettre dans un tube de 10 ml :
 - . 0,5 ml de dilution d'échantillon
 - . 0,5 ml de H₂SO₄ 1N pour ramener à un pH neutre
 - . 5 ml de solution D
- après 10 minutes à la température ambiante ajouter 0,5 ml de la solution E et homogénéiser aussitôt
- laisser 1 heure 30 à la température du laboratoire afin que la coloration atteigne son maximum (elle reste stable quelques heures).
- s'il se produit un précipité blanc, le faire disparaître, soit par addition de 1 ml de tricitrate de sodium concentré (280 g/l), soit par addition de 1 ml d'ETA à 0,05 N (dans les 2 cas, pour le résultat final, il faut tenir compte de la dilution apportée par le tricitrate), soit par centrifugation 15 minutes à 3 000 t/mn.
- mesurer la D.0 à 750 nm

2.3.3. Courbe d'étalonnage

On la réalise avec de l'albumine de boeuf (Sigma) à partir d'une solution mère à 5 g.l-1

L'amplitude de la gamme étalon va de 0 à 500 ug/cc dans la soude normale. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalence d'albumine.

2.4. Dosage des cendres

30 à 80 mg de chair sèche finement broyée, sont pesés dans des coupelles en aluminium tarées. Les échantillons sont brûlés dans un four à mouffles électrique à 450° pendant 24 heures (Walne et Mann, 1975).

Au-dessus de 480°C, les coupelles en aluminium se désagrègent partiellement.

Les échantillons calcinés sont ensuite placés au dessiccateur pendant 1 heure au minimum après refroidissement. Les pesées, après passage au dessiccateur sont effectuées sur la balance électronique Sartorius 1712 PM8.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Etude biométrique

Cette étude a pour but de mettre en évidence deux phénomènes importants dans le vie des individus :

- la croissance de la coquille
- les variations pondérales du contenu organique des animaux.

Il faut noter que le groupe G0-G1 n'est pas toujours représenté sur les courbes explicitant les résultats. En effet, les individus de ce groupe, de par leurs dimensions et leur contenu organique, ont posé de nombreux problèmes méthodologiques (pour les mois de 1984). En raison d'un manque de précision sur certaines des mesures, il nous a semblé bon de ne pas tenir compte de ces valeurs ; et donc, la représentation graphique de ce groupe pour des mois de 1985, ne peut être qu'indicative, pour confirmer un résultat.

1.1. Croissance de la coquille

La longueur de la coquille étant à l'origine de la législation permettant la capture des animaux, sa croissance est donc un paramètre biométrique important.

Pour mettre en évidence la croissance de la coquille, deux résultats ont été retenus :

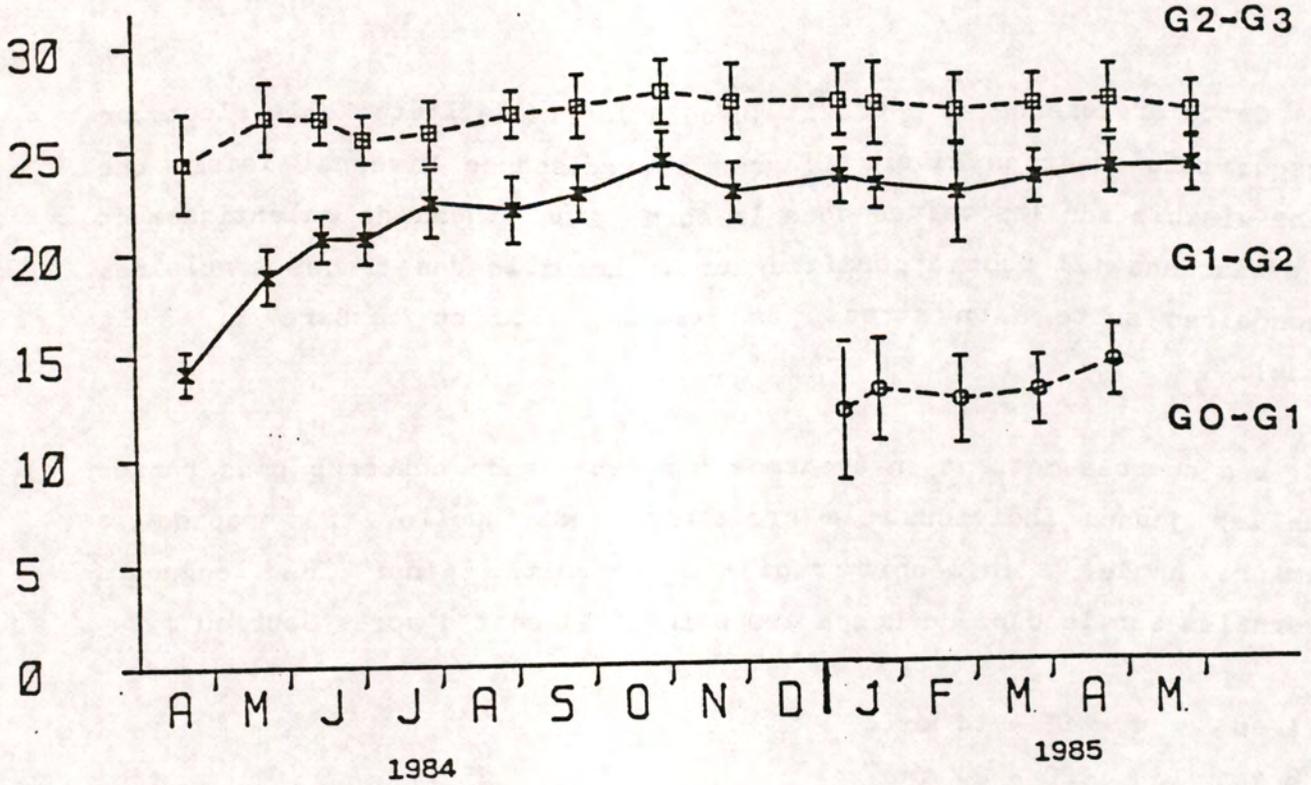
- la longueur de la coquille (en mm)
- l'accroissement marginal de la coquille (en mm), ce qui correspond à la différence entre la longueur totale de la coquille et la longueur du dernier anneau hivernal.

1.1.1. Evolution mensuelle de la longueur de la coquille (fig. 2A)

Il apparaît clairement que la croissance de la coquille est maximale lors du printemps et au début de l'été (cette croissance peut atteindre 10 millimètres sur quatre mois).

Longueur coquille (mm)

A



Accroissement marginal coquille (mm)

B

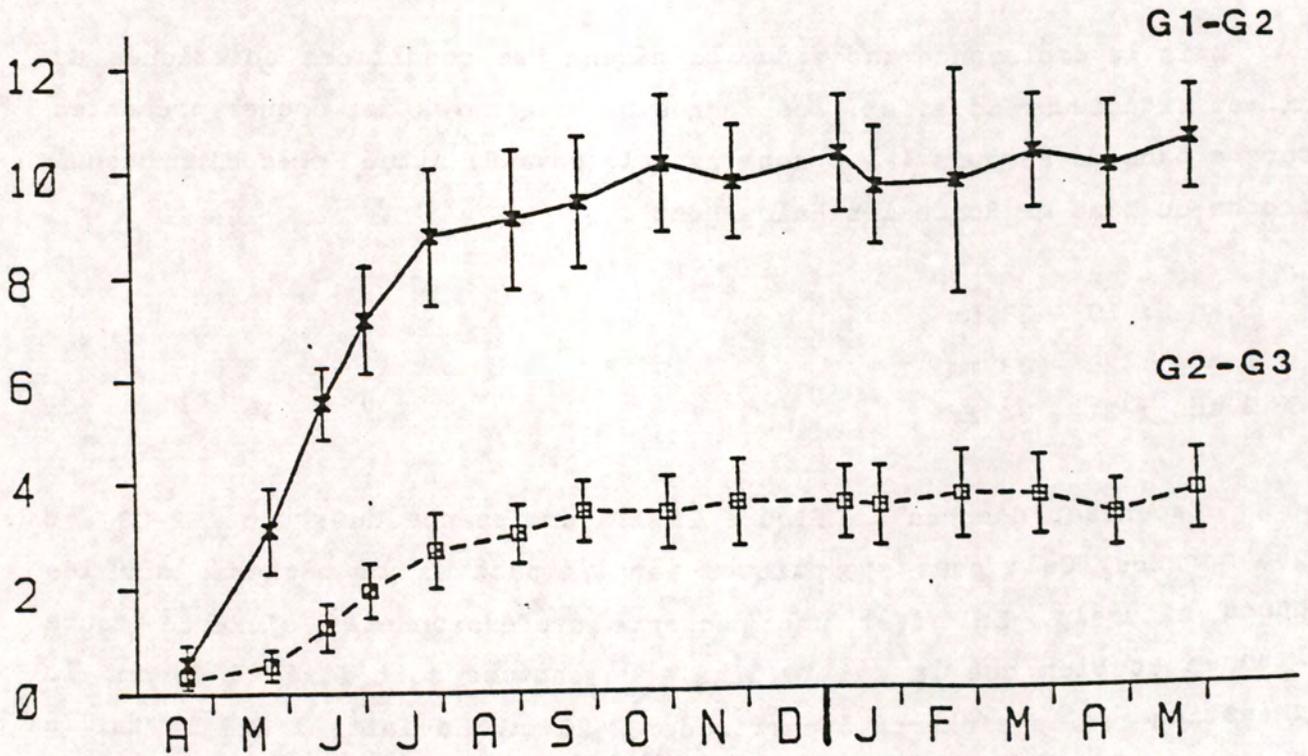


Figure 2 : Evolution mensuelle de la longueur de la coquille (A) et de l'accroissement marginal de la coquille (B).

Cette croissance se poursuit jusqu'à la fin de l'été, elle s'estompe presque totalement en hiver. L'arrêt de croissance hivernal laisse une trace visible sur les valves sous la forme d'un anneau de ralentissement de croissance (il peut apparaître sur la coquille des traces annulaires secondaires suite à un stress par exemple, choc ou cassure dû à la pêche).

Les courbes mettent en évidence une croissance beaucoup plus rapide chez les jeunes individus. la croissance individuelle, très rapide la première année, s'infléchit rapidement ensuite. Ainsi les longueurs hivernales sur le banc de Ronce les Bains (R2) sont d'après Sauriau :

1 an	:	11 - 14 mm
2 ans	:	22 - 24 mm
3 ans	:	24 - 27 mm
au delà	:	27 - 32 mm

Ces valeurs concordent avec celles trouvées dans la présente étude.

Mais la croissance individuelle dépend des conditions abiotiques du milieu extérieur. En effet, les longueurs hivernales des coques présentes sur le banc de Perquis (P1 : zone à sable envasé) situé près d'un chenal proche du banc de Ronce les Bains sont :

1 an	:	19 - 23 mm
2 ans	:	29 - 33 mm
3 ans	:	31 - 34 mm

Cependant d'après la figure 2A, la croissance du groupe G2-G3 est peu marquée. Cela peut s'expliquer par l'impact de la pêche sur les bancs naturels. En effet une pêche professionnelle s'exerce toute l'année et bien que la taille légale de capture soit fixée à 30 mm, la prédation réelle s'exerce à partir de 22-25 mm. En fait, l'été la taille de première capture est encore plus faible de par la pêche touristique.

1.1.2. Accroissement marginal de la coquille (fig. 2B)

Ces courbes montrent l'accroissement réel de la coquille d'une année à l'autre.

Ainsi les individus de la classe d'âge G1 ont pris 10 mm de longueur en passant à la classe G2, alors que ceux de la classe d'âge 2 n'ont pris que 3,5 mm en passant au groupe supérieur.

Ces courbes montrent de plus, que la croissance des G1-G2 commence réellement au début du printemps (avril 84 et avril 85), alors que celle du groupe d'âge G2-G3 est plus tardive et plus lente à se concrétiser.

1.2. Variations pondérales de la coque *Cerastoderma edule* L. au cours de cette étude

Il nous a semblé bon de suivre l'évolution du poids total et du poids sec des individus sur les 14 mois.

1.2.1. Evolution du poids total (fig. 3A)

Le poids total comprend :

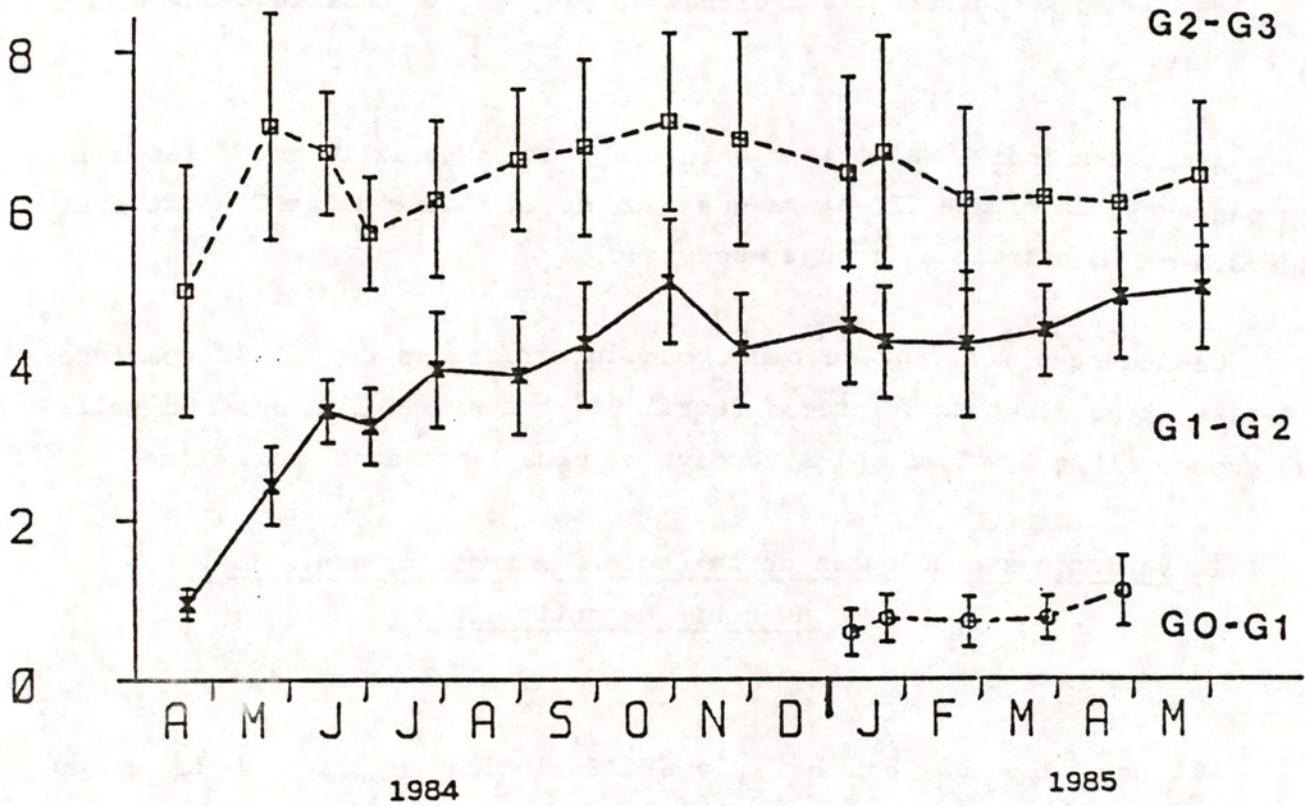
- le poids de la coquille
- la matière organique (cendres comprises)
- l'eau totale = eau intervalvaire + eau tissulaire.

L'évolution du poids total est différente entre les 2 groupes d'âge.

Pour le groupe G1-G2, le gain en poids est très prononcé dès le mois d'avril 84 ; il profite alors des blooms phytoplanctoniques printanniers du bassin et des apports de sels minéraux et d'éléments nutritifs, par les cours d'eau. Comme pour la croissance de la coquille, la croissance se poursuit très tard dans l'année. En effet, les blooms phytoplanctoniques de l'automne permettent d'avoir un poids maximal en octobre. Ce dernier stagne par la suite, en hiver.

Poids total (gramme)

A

Poids sec $\times 10^{-1}$ (gramme)

B

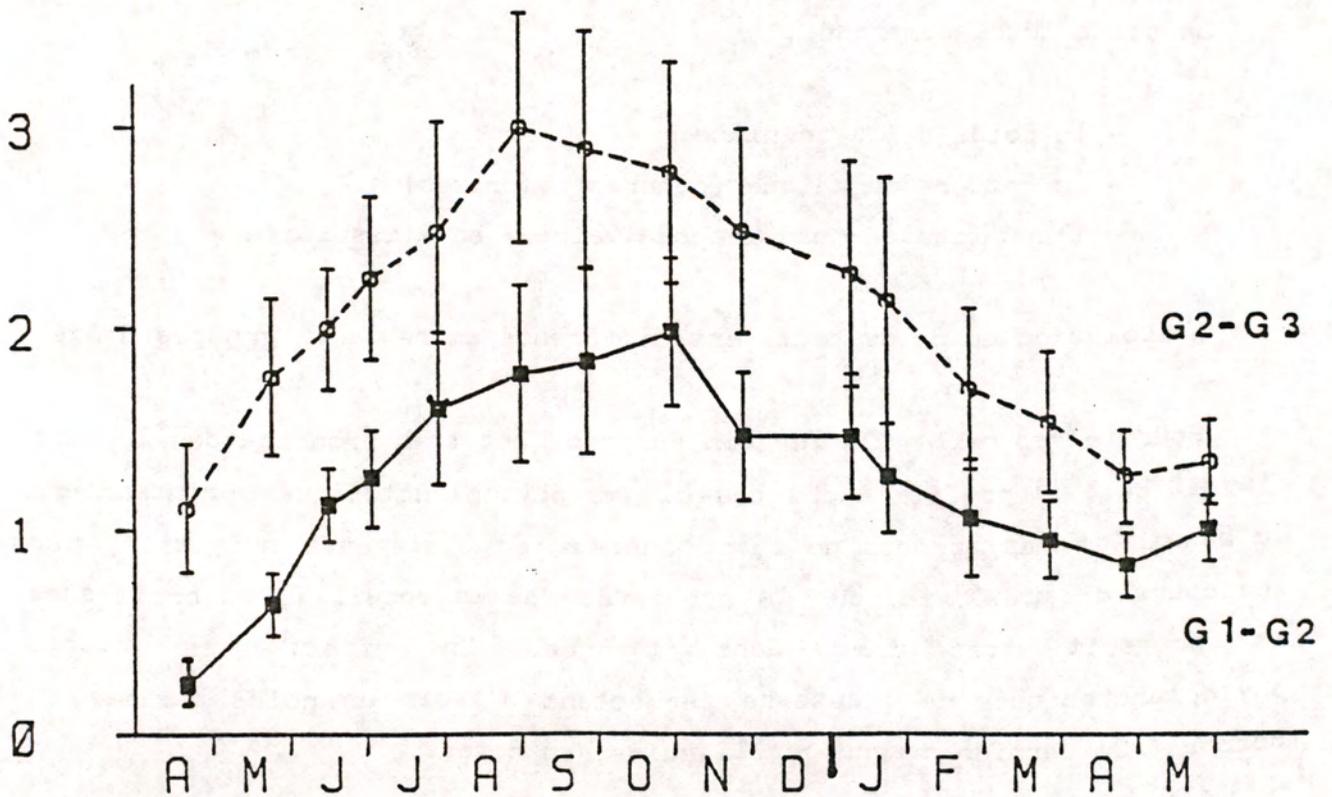


Figure 3 : Evolution mensuelle du poids total individuel (A) et du poids sec de chair d'un individu (B).

D'avril 84 à octobre 85, le gain de poids est de 4 g (passant de 1 g à 5 g). Ce qui prouve l'importance de la croissance chez les jeunes individus.

Pour le groupe d'âge G2-G3 le gain de poids est de 2 g entre avril 84-85. Cependant le profil de la courbe est différent. En effet il y a une très forte augmentation de la valeur pondérale entre avril et mai 84, puis une chute marquée jusqu'à juillet 84 avant que les valeurs ne remontent modérément jusqu'en automne.

La forte croissance du poids total serait due à la croissance individuelle, et peut être également due à l'accumulation de produits génitaux dans la gonade. La chute du poids total concorderait, alors, avec la période de ponte (de mai à juin). La reprise serait ensuite due à la croissance individuelle des animaux. Il faut vérifier cette hypothèse par l'analyse d'autre facteur.

On pourrait alors émettre l'hypothèse que la période d'émission des gamètes se situe au printemps et au début de l'été, en ce qui concerne la coque *Cerastoderma edule* L..

1.2.2. Evolution du poids sec (fig. 3B)

Le poids sec correspond au contenu organique et au contenu en cendre de l'individu.

Chez les 2 groupes d'âge G1-G2 et G2-G3, on peut remarquer la même évolution du poids sec :

- une augmentation rapide du poids sec qui correspondrait à une accumulation de matières organiques sous forme de lipides, de sucres et de protéines.
- une diminution plus lente et progressive, jusqu'à un minima en fin d'hiver (avril 85), qui correspondrait à une utilisation progressive des réserves provoquée par les mauvaises conditions du milieu
- une amorce de la reprise de croissance.

On peut cependant différencier les 2 groupes d'âge par une accumulation plus longue de produits organiques, des plus jeunes, ceci afin de répondre à leurs besoins énergétiques hivernaux et à la croissance individuelle.

Cependant on ne remarque pas sur l'évolution du poids sec, l'impact de la ponte. La croissance serait corrélée à la ponte, et l'importance de celle-ci masquerait l'effet de la ponte.

1.2.3. Poids de coquille (fig. 4B)

Le poids de la coquille représente près de 50 % du poids total de la coque.

Son évolution suit celle de la croissance de la coquille. Sans doute cela explique t-il la chute observée de mai à juillet sur le poids de la coquille. En effet, l'absence de grandes tailles est due à la prédation humaine. Il existe donc un biais sur l'échantillonnage des individus de la cohorte 2 à partir des mois de juin et juillet. Les valeurs du poids total, à partir de ces deux mois, ont donc été biaisées et l'hypothèse émise sur la ponte printanière n'est pas totalement vérifiée. Il sera donc intéressant d'observer réellement le phénomène de la ponte à l'aide de la composition biochimique. Ce biais n'existe pas pour le groupe G1 qui ne subi pratiquement pas d'effort de pêche en raison de sa faible taille (< 25 - 30 mm).

1.2.4. Index de condition (fig. 4B)

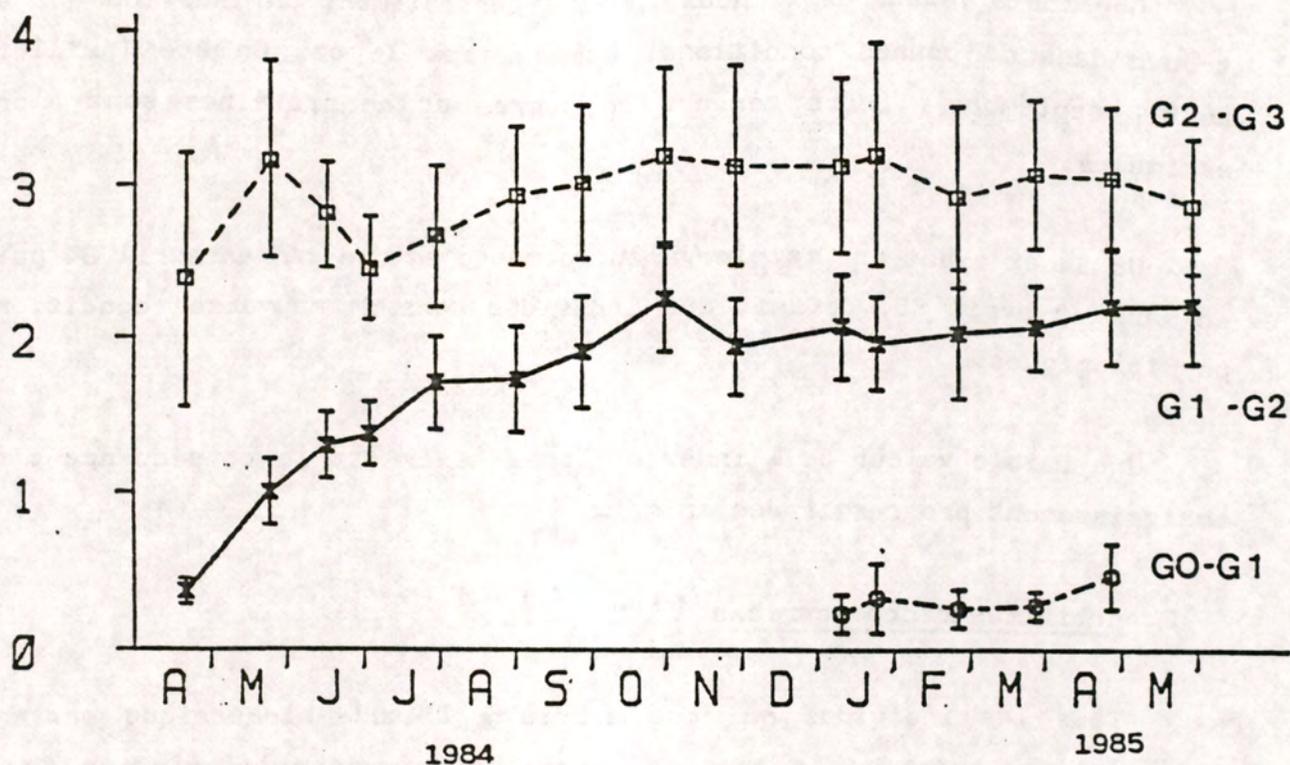
On définit cet index par la formule :

$$IC = \frac{\text{Poids sec } P_s}{\text{Poids de la coquille } P_{coq}} \times 100$$

Il permet de définir l'état physiologique dans lequel se trouve les individus.

Poids coquille (mg)

A



100 x poids sec/poids coquille (100)

B

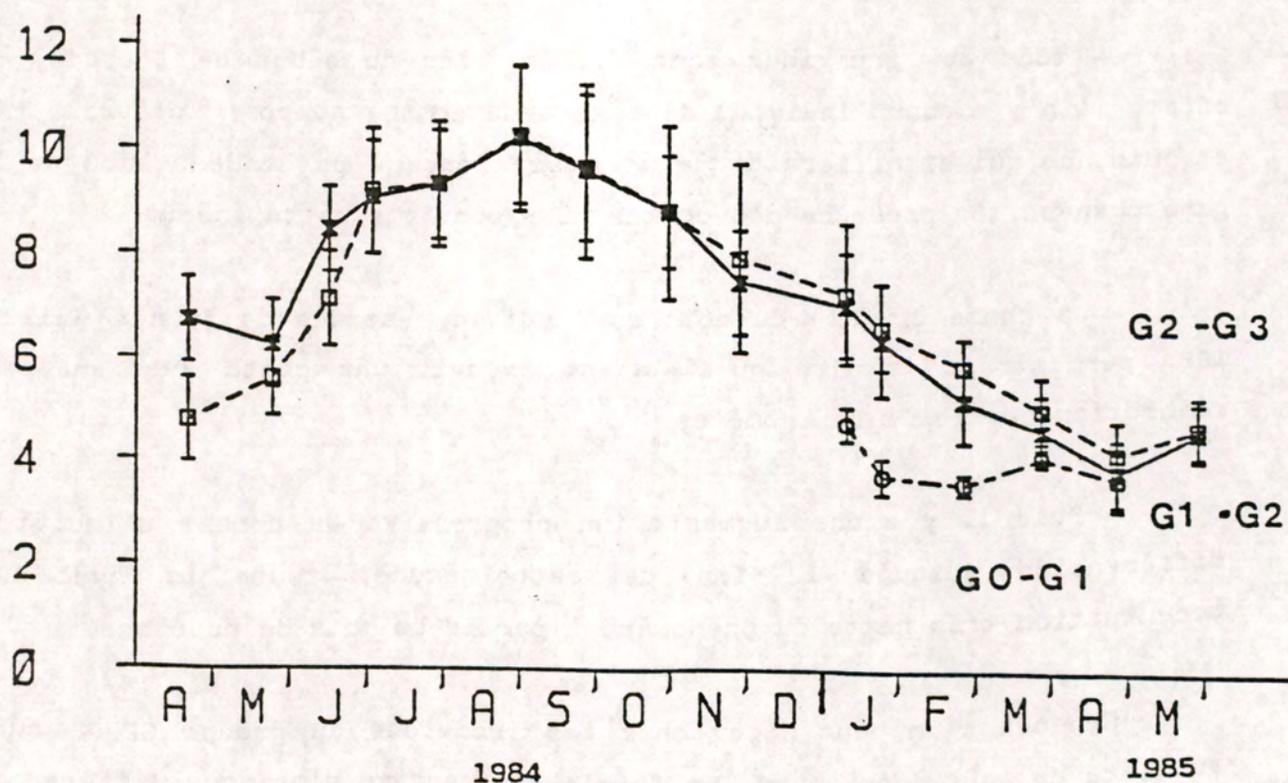


Figure 4 : Evolution mensuelle du poids de coquille moyen (A) et d'un index de condition : % poids sec de chair/poids sec de coquille (B).

Une forte valeur de l'index indique généralement un individu qui se trouve dans de bonnes conditions, comme c'est le cas en été (juillet-août - septembre). Leurs teneurs en sucres et en protéines sont alors maximales.

Un index ayant une faible valeur comme c'est le cas en avril 84 puis en mars et avril 85, définit des individus dans de mauvaises conditions physiologiques.

Une faible valeur de l'index en fin d'hiver est la conséquence d'un amaigrissement progressif des animaux.

2. Activités reproductrices (fig. 5)

Tous les individus qui ont servis à l'étude biométrique ont été examinés à ce sujet. Il a donc été possible de suivre l'évolution de la gonade au cours des 14 mois de cette étude. Nous avons ainsi déterminé le pourcentage de mâles, de femelles, et d'individus indéterminés sexuellement (fig. 5).

Les 2 groupes d'âge ont plusieurs points communs :

- tous les individus sont différenciés au début de l'étude, en effet, il n'y a aucun individu de sexe indéterminé aux mois d'avril, mai et juin, ce qui signifierait que l'on se trouve à un stade avancé de la gamétogénèse. La présence d'ovocytes mûrs confirme cette idée.

- La chute brutale du nombre d'individus sexués de juin à juillet 1984 permettrait de dire qu'il s'est produit une ponte avec ou sans résorption partielle des gamètes.

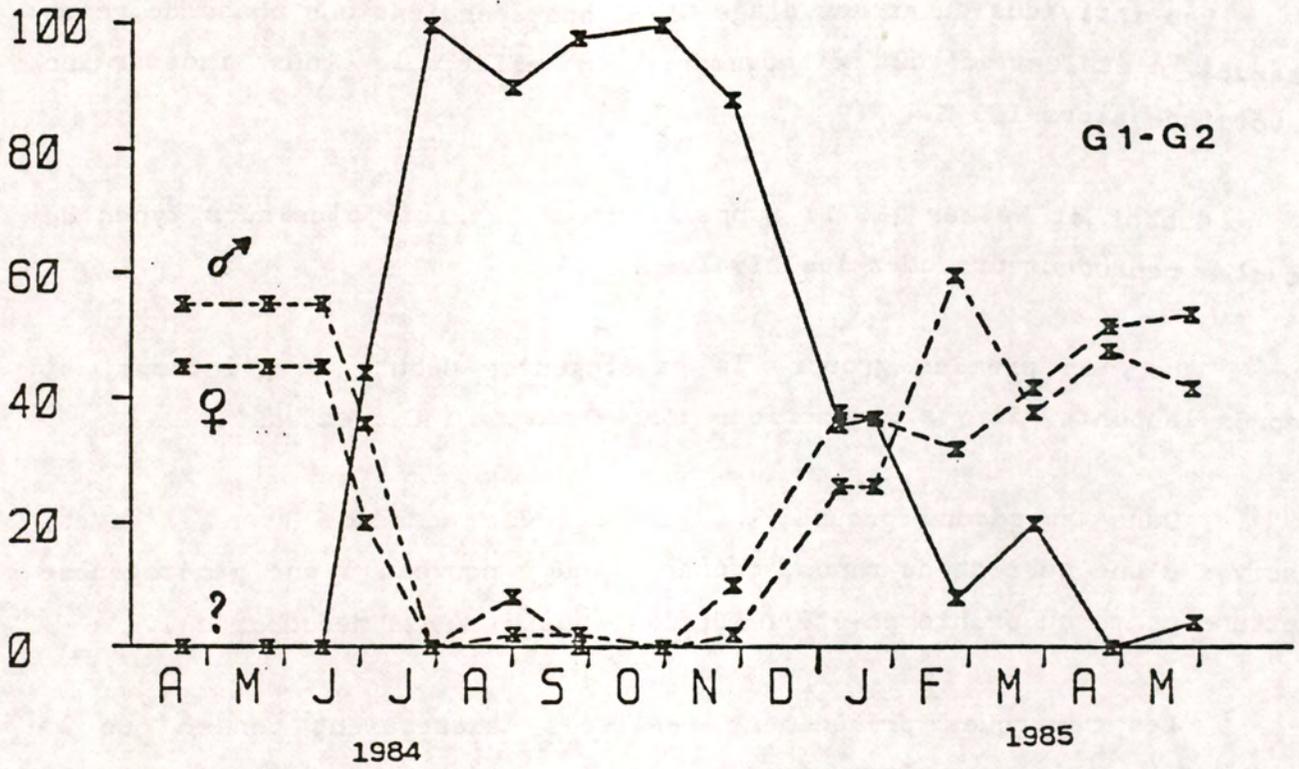
- Puis il y a une augmentation progressive du nombre d'individus différenciés jusqu'à la fin de cette étude, toutefois avec une accentuation très nette du phénomène à partir du mois de novembre.

Cependant on peut noter chez les individus du groupe G2-G3 qu'il subsiste de août à novembre, un faible pourcentage d'animaux différenciés que l'on peut attribuer, soit à la présence résiduelle de gamètes en

Pourcentage mâle ♂

femelle ♀

sexe indéterminé ?



Pourcentage mâle ♂

femelle ♀

sexe indéterminé ?

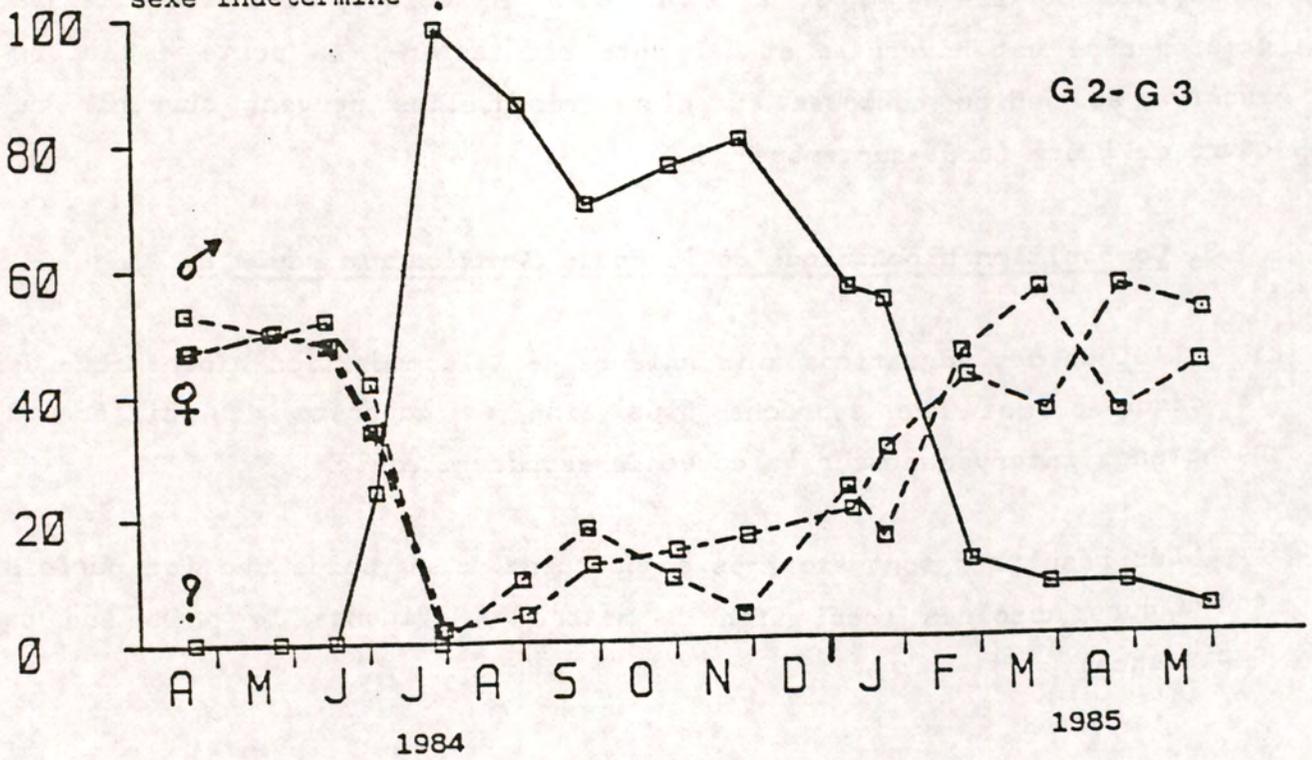


Figure 5 : Evolution mensuelle du pourcentage de mâles, femelles et indéterminés du groupe d'âge 1-2 et du groupe 2-3

cette période, soit à une reprise précoce de la gamétogénèse.

Les individus du groupe d'âge G1-G2 possèderaient une phase de repos sexuel s'étalant d'août à novembre, en effet, le taux indéterminé avoisine alors 100 %.

Gabbot et Walker (1971) rappellent qu'il existe plusieurs types de cycles reproducteurs chez les bivalves.

Dans un premier groupe, la gamétogénèse débute au printemps, et après la ponte, il y a une période d'hibernation (*Ostrea edulis*).

Dans un second groupe, la gamétogénèse commence avant l'hiver, suivie d'une période de repos, donnant lieu à nouveau à une gamétogénèse et une ponte au printemps-été (*Mytilus edulis*, *Venus mercanaria*).

Les remarques précédemment réalisées laisseraient penser que la coque *Cerastoderma edule* L. appartient au second groupe.

La première maturation sexuelle chez cette espèce gonochorique (Gimazane et Lubet, 1972) est acquise précocement, après le premier hiver (individus de 12-18 mm et âgés de 8 à 10 mois). Chez l'adulte la gamétogénèse est hivernale et la ponte printanière. La ponte est alors massive et seules quelques émissions résiduelles peuvent survenir au cours de l'été (août-septembre).

3. Composition biochimique de la coque *Cerastoderma edule* L.

L'étude des variations saisonnières de la composition biochimique de la coque permet une approche plus fine et concrète des différents phénomènes intervenant sur la coque *Cerastoderma edule*.

Les résultats sont exprimés en pourcentage du poids sec (et parfois en valeurs absolues, ceci afin de mettre en évidence le phénomène de croissance).

Les dosages effectués expliquent 60 à 75 % du poids de chair sèche. Ceci est dû aux dosages des seules protéines mobilisables par les méthodes utilisées (Héral, Deslous-Paoli, 1983).

3.1. Pourcentage d'eau (fig. 6A)

Les variations de ce taux suivent celles du taux des cendres. Il y a en effet une baisse de juin à juillet. Il varie peu en été et automne puis remonte en hiver.

3.2. Les cendres (fig. 6B)

Nous avons suivi l'évolution annuelle du pourcentage de cendres par rapport au poids sec (fig. 6B) : le dosage des cendres représente le contenu minéral des chairs de l'animal (sels minéraux).

Les taux de cendres varient de 15 % en avril-mai 84 à 9 % en été-automne. Ces taux élevés de cendres en hiver sont corrélés positivement à la forte charge des eaux hivernales en matières inorganiques, la coque étant un bivalve filtreur endogé.

La chute du taux de cendres de mai à juillet s'effectue pendant la période présumée de la ponte.

Ivell (1980) a obtenu le même résultat sur *Cerastoderma edule* vivant au Danemark en milieu subtidal. Ansell et Trevaillon (1967) signalent également une diminution des cendres pendant la ponte sur la telline *Tellina cauvais*, Beninger (1980) a obtenu le même résultat sur la palourde (*Ruditapes philippinarum*)

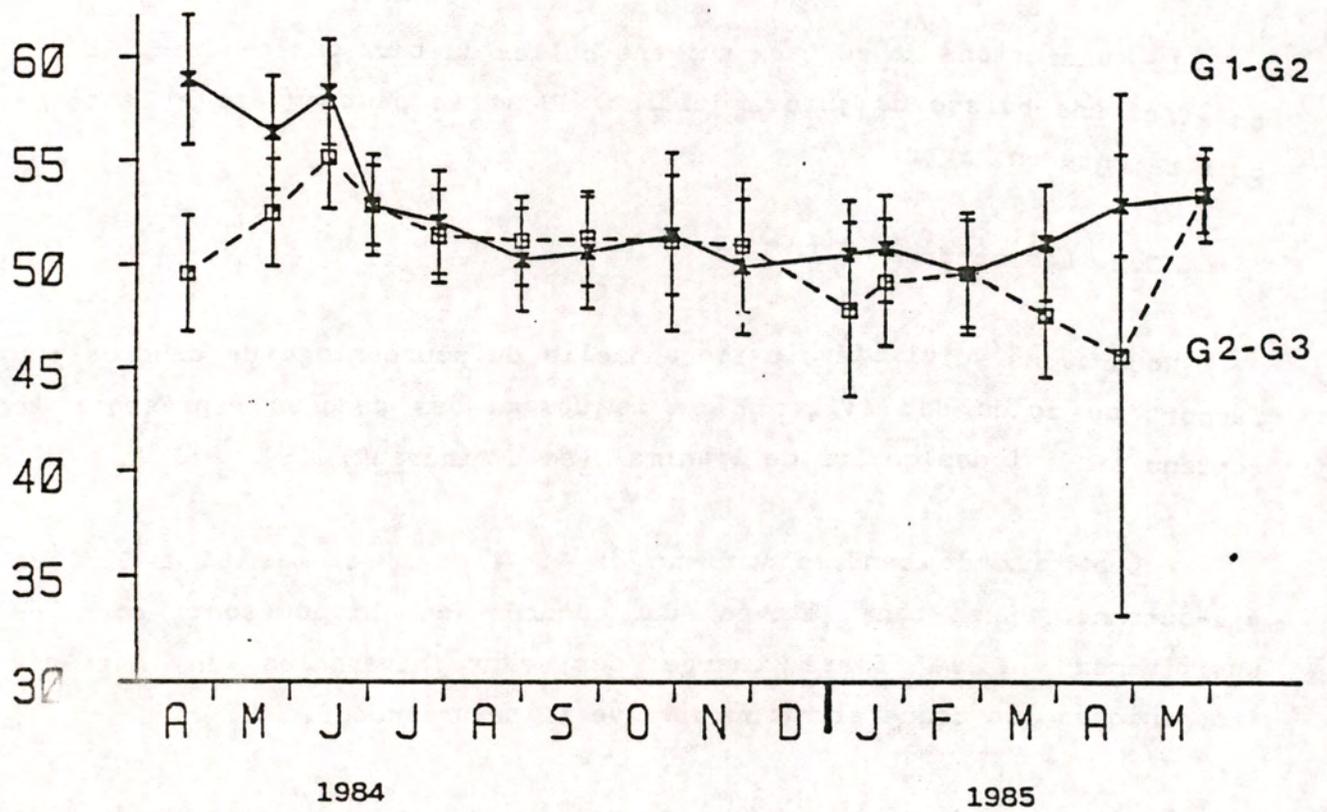
3.3. Evolution de la teneur en sucres totaux, glycogène et sucres libres (fig. 7A-B)

L'évolution du contenu en sucres de la chair sèche est très intéressante à étudier, elle est en effet un indice de l'état physiologique dans lequel se trouve les animaux.

Les sucres libres sont obtenus en soustrayant les taux de glycogène aux taux de sucres totaux.

% eau total/poids total (100)

A



% cendre/poids sec chair (100)

B

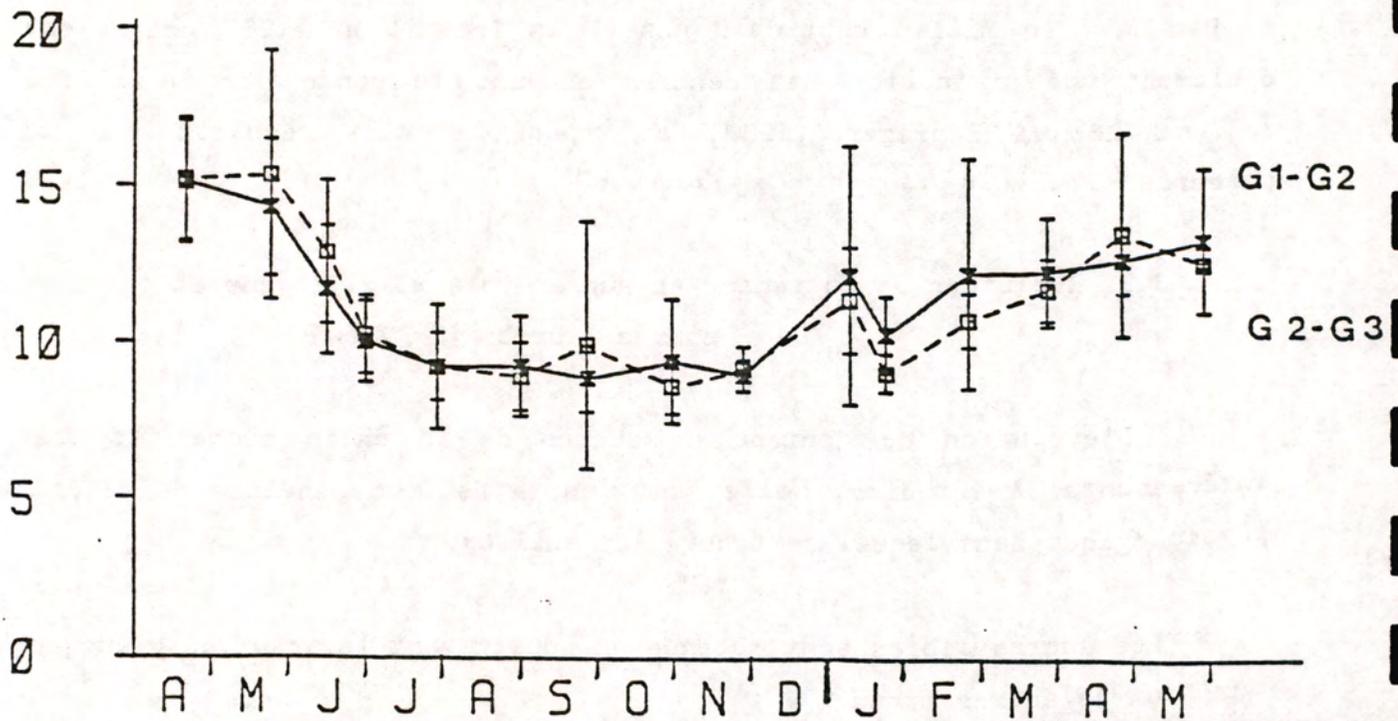
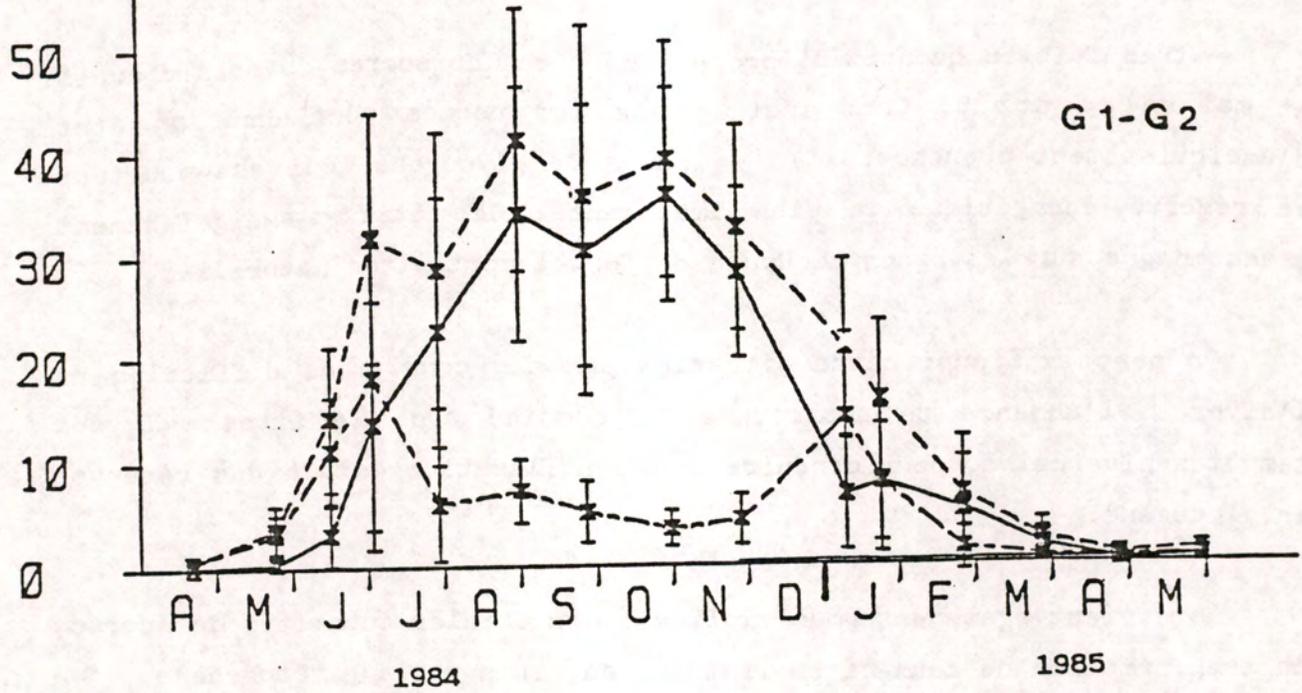


Figure 6 : Evolution mensuelle du % d'eau totale/poids total (A) et du % cendre du poids sec de chair (B).

Teneurs en sucres totaux

glycogène
sucres libres (mg)

Teneurs en sucres totaux

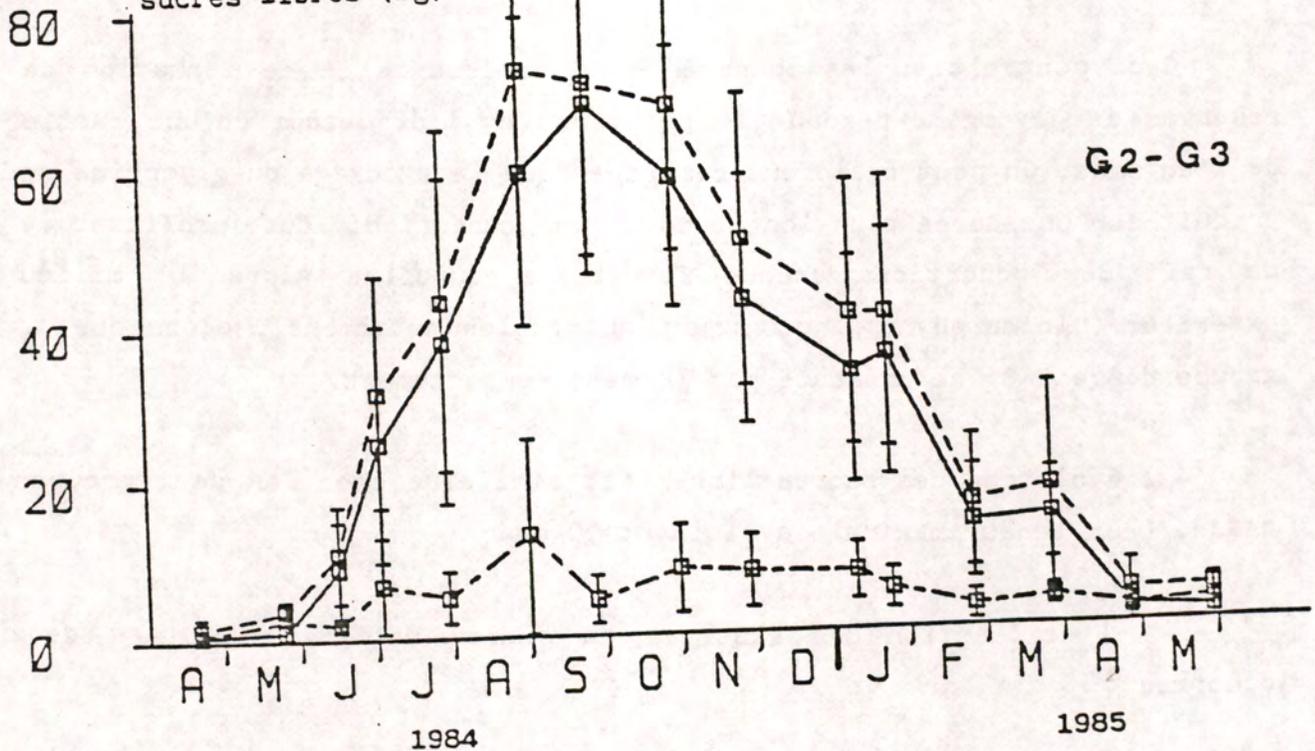
glycogène
sucres libres (mg)

Figure 7 : Evolution mensuelle des teneurs en sucres totaux, glycogène et sucres libres de la chair sèche d'un individu moyen du groupe 1-2 et du groupe 2-3.

L'aspect des courbes de teneurs en sucres est similaire dans leur ensemble pour les 2 groupes d'âge :

- très faibles quantités (proches de zéro) de sucres du mois d'avril et mai en 84 et 85. Ceci indique que les coques sont dans un état d'amaigrissement prononcé. Il n'y a plus de glycogène, qui est pourtant la réserve énergétique la plus importante. Cet état d'amaigrissement s'accompagne sur les bancs de Ronce de fortes mortalités naturelles.

On peut expliquer cette situation par des conditions difficiles de l'hiver : l'absence de nourriture se combine avec le stress dû aux tempêtes hivernales, pour conduire à une utilisation totale des réserves en glycogène.

Intervient également pour expliquer ces faibles quantités de sucres, la transformation de ceux-ci en lipides, au cours de la gamétogénèse.

- il y a ensuite une augmentation considérable des valeurs absolues de ces composés au printemps-été. Ainsi la teneur en glycogène passe de 0 à 36 mg en octobre pour le groupe G1-G2 et de 2 à 68 mg de mai à septembre pour le groupe G2-G3.

Ceci montre bien les phénomènes de croissance et de formation de réserves de glycogène pendant le printemps et l'été ainsi qu'une partie de l'automne. On peut également remarquer que le stockage du glycogène se produit sur une durée plus longue chez les jeunes individus, profitant de ce fait des conditions encore favorables qu'offre alors le milieu extérieur (blooms phytoplanctoniques automnales notamment), alors que le groupe d'âge 2-3 ne présente pas le même comportement.

- l'évolution des sucres libres est similaire chez les deux groupes d'âge. Leur teneur maximale avoisinant 10 mg.

- l'utilisation des réserves en sucres diffère entre les deux cohortes :

La cohorte 2 utilise plus précocement ses sucres. En effet dès le mois de septembre le contenu en glycogène commence à baisser, cela ne

provenant pas des conditions d'environnement défavorables, on peut supposer que ces individus commencent leur gamétogénèse. La baisse est progressive et continue jusqu'en mai 85.

Le cohorte 1 ne sollicite ses réserves qu'à partir de novembre mais avec cependant une utilisation plus rapide.

4. Evolution des pourcentages et des valeurs absolues des composés organiques, chez la coque *C. edule* L.

4.1. Le glycogène (fig. 8B-9B)

Le glycogène est reconnu depuis longtemps comme étant la réserve énergétique principale des bivalves (Giese, 1966, 1969), non seulement chez les adultes pendant des périodes d'insuffisance nutritionnelle (notamment en hiver), mais également pour la formation des gamètes. Walne (1970) précise que le glycogène est transformé en lipides dans les gonades.

Si les réserves de glycogène sont complètement épuisées aux mois d'avril-mai 84, elles se reconstituent rapidement au printemps qui est l'une des périodes d'abondance maximale du phytoplancton, et sont optimales en septembre pour le groupe d'âge G2-G3, et en octobre pour le groupe d'âge G1-G2, à des taux convenables pour l'espèce. Ivell (1980) a trouvé des taux très élevés de glycogène, avoisinant 28 % chez la même espèce.

On peut remarquer un stockage plus étendu dans le temps chez les jeunes individus, ce qui laisserait à penser que la croissance individuelle prend le pas sur la gamétogénèse.

Une baisse continue du taux de glycogène des individus de la cohorte 2, à partir du mois d'octobre, alors que ceux-ci se trouvent dans de bonnes conditions de milieu, met en évidence une gamétogénèse plus intense chez ces individus.

Les plus jeunes coques brûlent plus rapidement leurs réserves, et dès janvier celles-ci ne sont plus qu'un cinquième de leur valeur.

maximale, cela peut provenir du fait que ceci conduit à une rapide consommation des réserves d'une part, et à une transformation également rapide de celles-ci en lipides au cours de la gamétogénèse d'autre part.

4.2. Les lipides (fig. 8C et 9C)

L'observation des courbes des teneurs en lipides et de leurs valeurs absolues est riche d'enseignements.

En effet on peut remarquer :

- une forte augmentation du taux de lipides, pour le groupe d'âge G2-G3, suivie par une chute. Le premier phénomène peut être attribué à la fin de la gamétogénèse, et le second à la ponte printanière. En effet les ovocytes comportent de grandes quantités de lipides, et la ponte est donc marquée par une baisse importante des teneurs en lipides chez les individus.

Cet effort de reproduction ne se retrouve pas pour l'autre groupe d'âge (G1-G2). Une baisse continue du taux de lipides au printemps et en été pourrait être en relation avec la croissance individuelle, c'est à dire une restructuration des stocks de protéines et de glycogène, ce phénomène masque alors la ponte.

L'augmentation du pourcentage de lipides en hiver est corrélée avec la chute des réserves énergétiques et la reprise de la gamétogénèse. On retrouve la ponte des individus du groupe G2-G3 sur l'évolution des valeurs absolues. Pour le groupe G1-G2, on peut voir l'accumulation des lipides en avril-mai 84, mais l'impact de la ponte n'est pas visible, ceci laisse à supposer que ^{si} celle-ci a bien un lieu pour ces individus, elle fut de faible ampleur.

Enfin, la reprise tardive de l'augmentation de la teneur en lipides en avril-mai 85 laisse à penser qu'il y a eu un retard dans le cycle reproductif des animaux pour l'année en cours.

Il s'agit uniquement des protéines mobilisables, il n'est donc pas tenu compte de l'évolution des protéines de structure qui auraient pu être évaluées par d'autres méthodes.

En pourcentage, les deux courbes sont similaires :

- il y a d'abord une chute importante depuis le mois d'avril 84 et se poursuivant jus'qu'en août 84.

Puis se produit une augmentation des pourcentages des protéines jusqu'à la fin de l'étude.

En réalité les pourcentages de protéines mobilisables sont corrélés à cause des autres constituants qui fluctuent au cours du cycle biologique.

Aucun phénomène physiologique affectant la population (ponte, croissance, amaigrissement) ne peut être réellement observé sur cette évolution différentielle des protéines (fig. 9A).

Quelques remarques peuvent être faites sur l'évolution des teneurs en protéines (fig. 8A) :

- l'augmentation du mois d'avril au mois de mai 84 est liée à la croissance individuelle des animaux

- cette augmentation se poursuit sur le reste de l'année, les maxima étant en janvier 85 pour la cohorte 1 (58 mg), et en février 85 pour la cohorte 2 (96 mg).

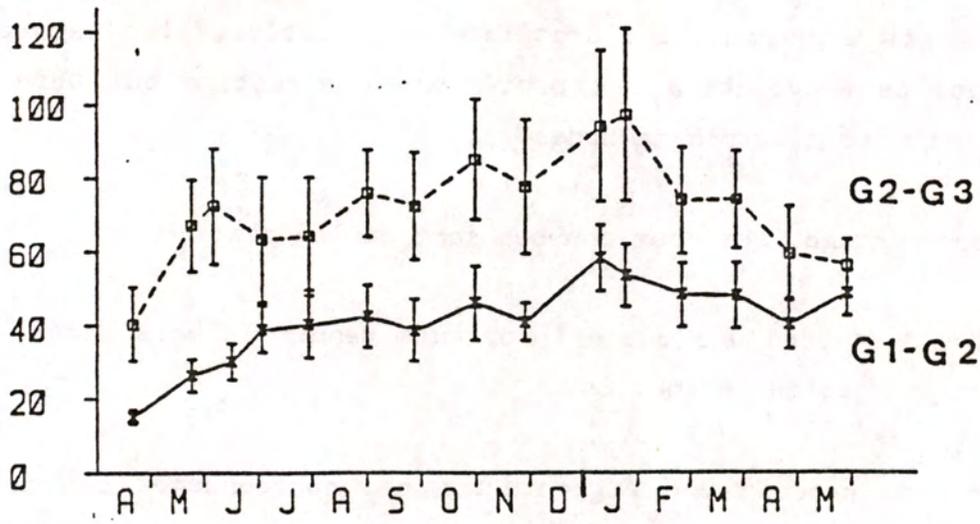
- une diminution progressive jusqu'en avril 85, ceci pourrait être dû au fait que les protéines mobilisables peuvent être transformées lors de la formation des ovocytes en protéines de structure.

- une reprise de croissance est notable en mai 85.

Un pic juste avant l'émission des gamètes a déjà été signalé chez divers bivalves, *Abra alba* (Ansell, 1974), *Macoma balthica* (Beukema et De Bruin, 1977), *Mytilus edulis* (Williams, 1969). Etant donné que la protéine est la deuxième composante des ovocytes des bivalves, après les lipides (Holland, 1978), une augmentation de celles-ci avant, et une diminution après l'émission des gamètes est un phénomène lié à l'active reproductrice.

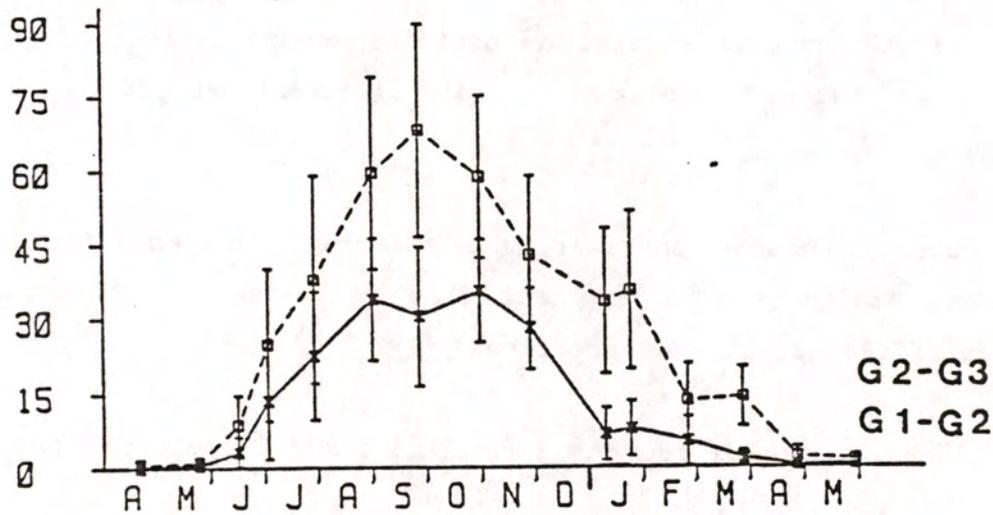
Teneur en protéine mg

A



Teneur en glycogène mg

B



Teneur en lipide mg

C

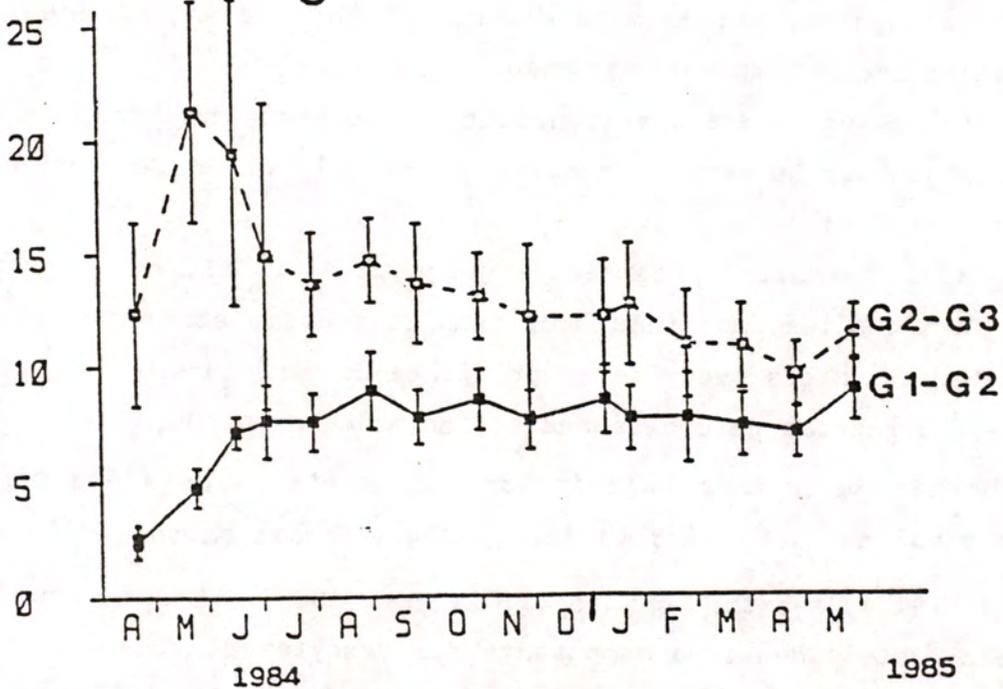
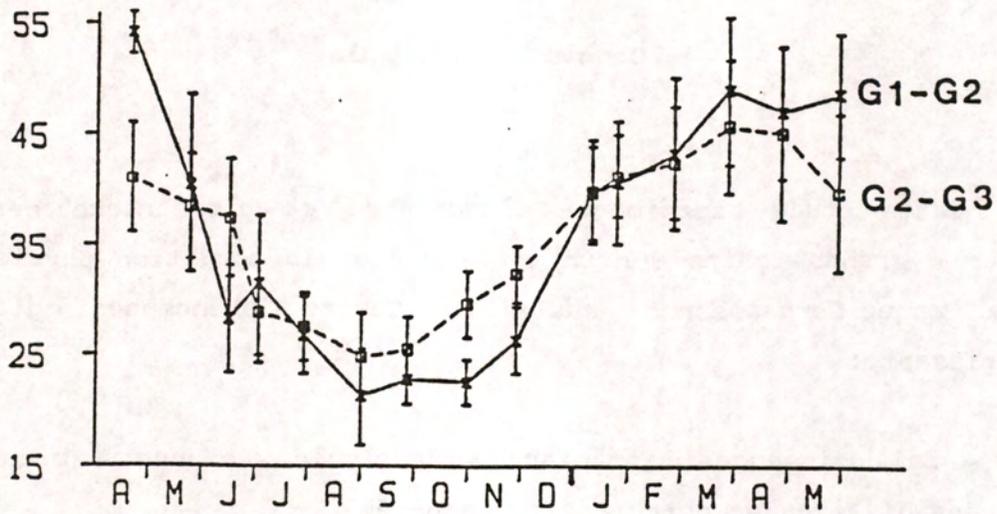


Figure 8 : Evolution mensuelle des teneurs en protéine (A), glycogène (B) et lipide (C), de la chair sèche d'un individu moyen du groupe d'âge 1-2 et 2-3.

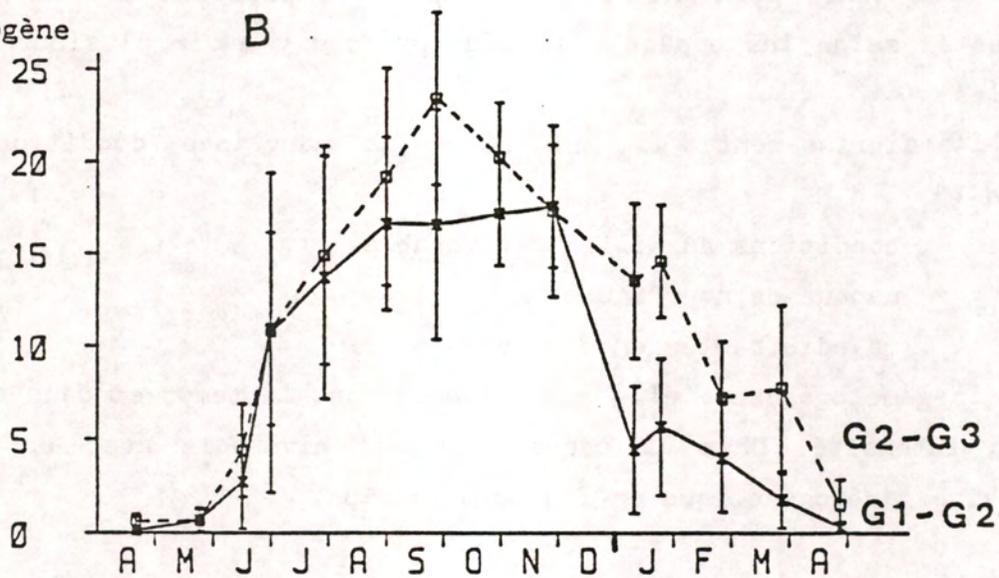
% de protéine

A



% de glycogène

B



% de lipide

C

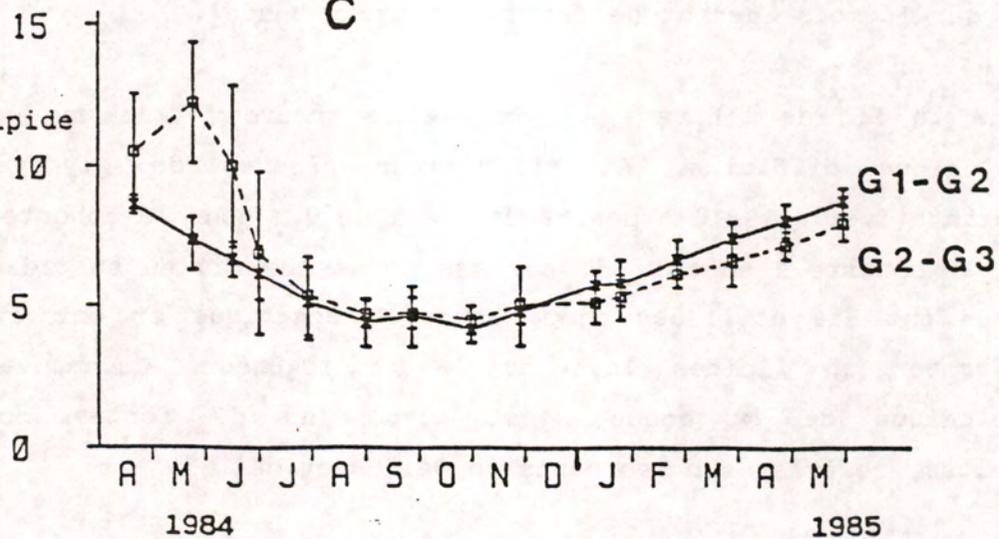


Figure 9 : Evolution mensuelle des pourcentages en protéine (A), glycogène (B) et lipide (C) vis-à-vis de la chair sèche d'un individu moyen du groupe d'âge 1-2 et 2-3.

Conclusion générale

Cette étude biochimique élémentaire et biométrique permet de retracer à grands traits sur un cycle annuel la condition physiologique de la coque *Cerastoderma edule* L.. Quatre phénomènes différents interagissent :

- la croissance printanière et estivale, commune à beaucoup de mollusques bivalves de notre région tempérée

- la ponte printanière ; elle peut se produire à des périodes différentes selon les espèces, il peut parfois y avoir plusieurs pontes annuelles

- l'amaigrissement, il est dû à de mauvaises conditions extérieures :

- . conditions du milieu défavorables
- manque de nourriture
- . maladie bactérienne ou virale.

- la gamétogénèse ; elle est variable dans le temps et dans sa durée et son intensité. Chez la coque elle est hivernale avec un maximum d'activité gamétogénétique en fin de printemps.

L'analyse des fluctuations de la composition biochimique de la coque, sur 14 mois, permet de définir un cycle annuel.

A la fin de l'hiver, les coques se trouvent dans une situation physiologique difficile. En effet leur réserve de glycogène est inexistante (Ivell (1981) a mesuré des taux de 9 % pour la cohorte 1 et 19 % pour la cohorte 2 en mai 76, sur des coques de milieu subtidal). Ces réserves ont été utilisées comme source énergétique et ont été aussi transformées en lipides lors de la gamétogénèse. Ce mauvais état physiologique de la coque s'est accompagné de fortes mortalités naturelles, relevées sur les bancs en mai 84 et mai 85.

Le printemps est une période de reprise de la croissance. Les conditions extérieures s'améliorent (réchauffement des eaux), la nourriture se fait de plus en plus abondante (blooms phytoplanctoniques). On retrouve ce phénomène de croissance sur les courbes de l'évolution de la longueur de la coquille, du poids sec, du taux de glycogène.

En simultané, la fin de la gamétogenèse se déroule, suivie de la ponte printanière. Cela est confirmé par la chute des taux notamment de lipides, de cendres et de protéines, le pourcentage d'individus déterminés sexuellement. En conséquence, les fortes densités de juvéniles (1-2 mm de longueur) s'observent sur les bancs en juillet.

L'été est caractérisé par une reconstitution des stocks de glycogène et de protéines, et marque la fin de la croissance du groupe G2. Des pontes résiduelles, non mises en évidence sur les courbes ont eu lieu, il a été possible d'observer un nouveau recrutement automnal chez cette espèce en 1984. Les densités de ce recrutement automnal sont cependant 10 à 100 fois plus faibles que le recrutement estival.

Les individus de la cohorte G1 ont continué leur croissance pendant l'automne, profitant de la nourriture encore disponible (poids sec, glycogène, longueur de la coquille). Il semble donc qu'ils possèdent un comportement alimentaire un peu diff rent des individus plus âgés. La gamétogenèse a repris chez les individus de la cohorte G2 (courbe glycogène : pourcentage d'individus sexués).

On peut cependant observer des comportements différents des 2 groupes d'âge. Les plus jeunes (cohorte 1) dépensent beaucoup plus de leur énergie à la croissance, alors que la cohorte 2 possède un effort de reproduction plus élevé.

L'hiver est marqué par un amaigrissement progressif des individus et une reprise de la gamétogenèse. L'augmentation du taux de lipides depuis novembre est corrélé négativement à une chute importante du glycogène. Cette reprise de l'activité gam togen tique est aussi révélée par les variations du pourcentage d'individus sexués qui atteignent presque un maximum. La fin de cette période hivernale se caractérise par un mauvais état physiologique des animaux.

Ce cycle annuel demande cependant à être confirmé, ce qui sera possible de faire puisque l'étude se poursuit jusqu'en juin 1986.

Pour compléter cette étude, il serait intéressant de préciser certains paramètres de l'écophysiologie alimentaire de la coque, en particulier, les variations du taux de filtration, des pourcentages de rétention des particules en fonction du diamètre de celles-ci.

Enfin, connaissant les particularités de la croissance, de la reproduction et de l'écophysiologie alimentaire de cette espèce et venant en complément de nombreuses autres études concernant des autres bivalves du bassin de Marennes-Oléron, il serait alors possible d'apporter certaines réponses aux problèmes posés par la compétition trophique entre les bivalves cultivés (huîtres, moules, palourdes) et les bivalves non cultivés (crépidules, coques).

BIBLIOGRAPHIE

- ANSELL A.D., 1974 - Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Abra alba* from the Clyde Sea area. *Marine Biology*, 25 : 13-20.
- ANSELL A.D., et TREVAILLON A., 1967 - Studies on *Tellina tenuis* DA COSTA. I. Seasonal growth and biochemical cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1 : 220-235
- BENNINGER P.G., 1982. Etude biochimique comparée de deux populations de bivalves : *Ruditapes decussatus* (L.) et *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve). Thèse 3ème cycle, Université Brest, 193 p.
- BEUKEMA J.J. et DE BRUIN W., 1977 - Seasonal changes in dry weight and chemical composition of the soft parts of the tellinid bivalve *Macoma baltica* in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands J. Sea Res.*, 11 (1) : 42-55
- BLIGH E.G. and DYER W.F., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911 - 917.
- BOROMTHANARAT S., 1986. Les bouchots à *Mytilus edulis* Linnaeus dans l'écosystème estuarien du bassin de Marennes-Oléron : Aspects biologique et énergétique. Thèse 3ème cycle, Université d'Aix Marseille II.
- DECHAMBENOY C., PONTIER L., SIROU F. et VOUVE J., 1977. Apport de la thermographie infrarouge aéroportée à la connaissance de la dynamique superficielle des estuaires (système Charente, Seudre, Anse de l'Aiguillon). *C.R. Acad. Sci.*, Paris 184, p. 1269-1272.
- DUBOIS M., GILLES R.A., HAMILTON J.K., REBECS P.A., SMITH F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28 (3) : 350 - 356.
- FRALIT, 1981. Télédétection du marais poitevin et de ses marges. 311 pp. ed. E.N.S., Paris.
- GABRIOTTI P.A., et WALKER A.J.M., 1971 - Changes in the condition index and biochemical content of adult oysters (*Ostrea edulis* L.) maintained under hatchery conditions. *J. Const. Int. Explor. Mer.*, 34 (1) : 99-106

- GIESE A.C., 1966 - Lipids in the economy of marine invertebrates. *Physiol. Rev.*, 46 : 244-292
- GIESE A.C., 1967 - Some methods for study of the biochemical constitution of marine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 5 : 159-186
- GIESE A.C., 1969 - A new approach to the biochemical composition of the mollusc body. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 7 : 175-229
- GIMAZANE J.P., LUBET P., 1972. Etude du cycle sexuel de la Coque (*Cerastoderma edule* L. = *Cardium edule* L.) Mollusque bivalve. Comp. Rend. des Seances de la Soc. Biol., 166 (4-5) : 590.
- HERAL M., 1986 (sous presse). L'ostréiculture française traditionnelle. Aquaculture. Ed. Lavoisier (Paris) : 50 p.
- HERAL M., DESLOUS-PAOLI J.M., 1983. Valeur énergétique de la chair de l'huître *Crassostrea gigas* estimée par mesures microcalorimétriques et par dosages biochimiques. Océanologica acta, 6 (2) : 193-199.
- HOLLAND D.L., 1978 - Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine invertebrates. *Ad. Mar. Biol.*, 14 : 55-123
- IVELL R., 1981. A quantitative study of a *Cerastoderma nephthys* community in the Limfjord, Denmark, with special reference to production of *Cerastoderma edule*. *J. moll. Stud.* 47, 147-170.
- LAUREC A. et LEGUEN J.G., 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Rapport scientifique et technique du CNEOX 117 p.
- LOWRY O.H., ROSEBOROUGH N.I., FARRAND A.L. et RONDALL R.J., 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193 : 263 - 275.
- MARSH J.B. and WEINSTEIN D.B., 1966. Simple charring method for determination of lipids. *J. lipid. Res.*, 7 : 574 - 576.
- NICHOLS M., 1974. Interprétation de turbidités localisées d'après photosatellites. *Bull. Inst. Geol., Bassin d'Aquitaine*, Symposium international de Bordeaux, 425 p.
- SAURIAU P.G., 1986. Les mollusques non cultivés compétiteurs trophiques du bassin de Marennes-Oléron. Thèse de l'Université de Brest (à paraître).

TESSON M. et KLINGEBIEL A., 1973. Aspect sédimentologique des problèmes d'envasement et de pollution dans la baie de Marennes-Oléron. Bull. Inst. geol. Bass. Aqu., 14 : 238 - 239.

WALNE P.R., 1970 - The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters *Ostrea edulis* L. and a review of the literature. *Fish. Invest.*, 26 (3) : 1-35

WALNE P.R. and MANN R., 1975. Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. Proceeding of the 9th european marine Biology Symposium, Oban/Barnes (H) ed. Aberdeen Univ. Press : 587-607.

WILLIAMS C.S., 1969 - The effect of *Mytilicola intestinalis* on the biochemical composition of mussels. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 49 : 161-173



Siège social 66, avenue d'Iéna 75116 Paris
Tél. 47 23 55 28 Télex 610775