

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE**

**ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES**

**SECTION DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE**

**M É M O I R E**

**présenté par**

**J o ë l H A U R E**

**pour l'obtention du Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes**

**APPROCHE DE LA CAPACITÉ TROPHIQUE  
DANS UN BASSIN OSTRÉICOLE  
(BAIE DE BOURGNEUF)**

**soutenue le 16 Décembre 1994 devant la commission d'examen**

**CECCALDI H.J.**

**Président**

**BENAYAMIN Y.**

**Rapporteur**

**BODOY A.**

**Examineur**

**BAUD J.P.**

**Examineur**

**ROBERT J.M.**

**Examineur**

**Laboratoire Evolution et Organisation Moléculaire de la Motilité Cellulaire**

**Directeur Y. BENYAMIN**

**ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES**

**Laboratoire Régional de Conchyliculture Loire-Gironde Directeur - A. BODOY  
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER**

*Au terme de cette étude, je tiens à manifester ma reconnaissance aux membres du jury :*

*Mr H.J. CECCALDI, Directeur de l' Ecole Pratique des Hautes Etudes qui me fait l'honneur de présider ce jury.*

*Mr Y. BENYAMIN, Directeur du Laboratoire Evolution et Organisation Moléculaire de la Motilité Cellulaire de l'EPHE de Montpellier, qui a accepté ma candidature à la préparation du mémoire EPHE, je le remercie également des corrections qu'il a apporté à ce travail.*

*Mr A. BODOY, Directeur des Ressources Aquacoles de l'IFREMER à Nantes, qui a été le responsable de notre laboratoire pendant cinq ans et qui m'a permis de réaliser ce travail, je lui en suis très reconnaissant.*

*Mr J.P. BAUD, Responsable de l'Unité de Recherche Aquacole en Pays de Loire de l'IFREMER avec qui je travaille depuis huit ans et qui m'a aidé et soutenu dans l'élaboration de cette étude sans ménager sa peine ni son temps, je l'en remercie très sincèrement.*

*Mr J.M. ROBERT, Professeur d'Université à Nantes, Directeur d'ISOMER et Responsable du Laboratoire de Biologie Marine de Nantes (ERS 77 CNRS), qui a bien voulu associer ses compétences et connaissances scientifiques de la baie de Bourgneuf à l'examen de ce travail et d'appartenir au jury, je tiens à lui exprimer ici, toute ma gratitude.*

*Je tiens également à remercier :*

*Mr A. GERARD, Responsable du LABEIM de l'IFREMER, pour l'avis scientifique qu'il m'a donné après la lecture de ce mémoire.*

*Mr C. BACHER, Chercheur IFREMER (R.A.), pour l'aide qu'il m'a apporté dans le traitement mathématique des données météorologiques.*

*Mr P.G. SAURIAU, Chercheur au CREMA (CNRS) de l'Houmeau pour la disponibilité, la compétence et la pertinence scientifique qu'il a apportées, non sans humour, à la correction de ce mémoire, sans lui, le vent ne serait pas ce qu'il est, je l'en remercie amicalement et très sincèrement.*

*Mlle S. TAILLADE, Secrétaire IFREMER de La Tremblade, pour ses conseils avisés en matière de dactylographie.*

*Mme F. LAUNAY, Secrétaire IFREMER de Bouin, qui a assuré avec beaucoup de soins la frappe de ce manuscrit, je la remercie vivement de sa gentillesse et de sa disponibilité.*

*Ma reconnaissance va également à toute l'équipe de la Station IFREMER de Bouin et notamment à Mrs M. NOURRY et N. LEBAYON qui n'ont jamais hésité à prendre la mer, même lorsque l'état de celle-ci nous suggérerait de rebrousser chemin.*



# SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE .....</b>	<b>8</b>
2.1. Présentation géographique .....	8
2.2. Hydrodynamisme .....	8
<b>3. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....</b>	<b>11</b>
3.1. Choix des sites étudiés. ....	11
3.2. Hydrobiologie .....	12
3.2.1. Echelle de variabilité et échantillonnage .....	12
3.2.2. Prélèvement des échantillons .....	12
3.2.3. Paramètres abiotiques .....	13
3.2.4. Paramètres biotiques .....	14
3.3. Croissance de l'huître creuse <i>Crassostrea gigas</i> .....	15
3.3.1. Choix de la population .....	15
3.3.2. Mesure de la mortalité et de la production biologique par poche ostréicole. ....	16
3.3.3. Croissance individuelle de type expérimental .....	16
3.3.4. Etude de la croissance et de l'amaigrissement selon les techniques professionnelles..	16
3.3.4.1. Mesures biométriques.....	18
3.3.4.2. Indices.....	18
3.3.4.3. Mesures biochimiques.....	19
3.4. Traitements statistiques.....	20
3.4.1. Indice de confiance .....	20
3.4.2 Traitements statistiques informatiques .....	21
<b>4. HYDROBIOLOGIE.....</b>	<b>23</b>
4.1. Résultats .....	23
4.1.1. Hauteur d'eau et coefficients de marée .....	23
4.1.2. Température .....	25
4.1.3. Salinité .....	27
4.1.4. Chlorophylle a et phéophytine a. ....	30
4.1.5. Sestons .....	32
4.1.5.1. Poids de seston total .....	32
4.1.5.2. Poids de seston organique .....	32
4.1.6. Composés biochimiques .....	34
4.1.7. Eléments nutritifs .....	37
4.2. Discussion et Analyse des Résultats Hydrobiologiques.....	40
4.2.1. Caractérisation du milieu et des différences entre secteurs .....	40
4.2.2. Effets du vent sur la remise en suspension des matières particulières.....	42
4.2.3. Compréhension des efflorescences phytoplanctoniques.....	47
4.2.4. Composés biochimiques .....	49

<b>5. ÉTUDE DE LA CROISSANCE DE L'HUÎTRE CREUSE (<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>). .....</b>	<b>56</b>
5.1. Résultats.....	56
5.1.1. Mortalité et croissance en poche ostréicole.....	56
5.1.2. Croissance pondérale .....	58
5.1.3. Composés biochimiques .....	73
5.1.4. Indices .....	77
5.2. Discussion et analyse des résultats.....	79
<b>6. RELATIONS HUÎTRES-MILIEU .....</b>	<b>86</b>
6.1. Résultats.....	87
6.2. Discussion .....	91
<b>7. CONCLUSION .....</b>	<b>93</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>95</b>
<b>ANNEXE</b>	
<b>TRAVAUX</b>	
<b>GLOSSAIRE</b>	



# 1. INTRODUCTION

Située sur le littoral atlantique, la baie de Bourgneuf représente un site important pour l'économie régionale et nationale dans l'exploitation des ressources marines. De nombreuses activités liées à la mer s'y sont développées telles que l'ostréiculture, la pêche côtière artisanale et la pêche à pied (Jegou et Creze, 1977 ; Potier et Thomas, 1979 ; Corlay et Robert, 1986). Cependant, l'ostréiculture reste l'activité économique principale de ce bassin. Elle s'y est installée au début des années 1950 profitant des vastes étendues d'estran qui découvrent à marée basse (10 000 ha). Aujourd'hui, plus de 1000 ha sont exploités pour l'élevage de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*), sur le Domaine Public Maritime (D.P.M.).

Les vastes étendues de marais qui bordent le littoral de la baie représentent une richesse importante supplémentaire sur le plan aquacole. De nombreux travaux ont été réalisés pour décrire l'écologie de ces marais ou claires (Robert, 1974, 1975, 1977, 1983) ainsi que les différents peuplements algaux qui s'y développent (Rince, 1978) en fonction des éléments nutritionnels qui régulent la production primaire (Maestrini et Robert, 1981).

Pour ce qui est de la baie proprement dite, des études ont été effectuées sur l'hydrobiologie, la sédimentologie (Gouleau, 1968, 1971, 1975) et sur l'hydrodynamisme du bassin (LCHF, 1986 ; Lazure, 1989 ; Lazure, 1992). D'autres auteurs se sont intéressés à l'étude du zooplancton et plus particulièrement à celle du plancton larvaire (Corbeil, 1968 ; Le Gallo, 1972 ; Cherfaoui, 1973). Il faut attendre 1982 pour que la première étude réalisée sur les stocks d'huîtres en élevage en baie de Bourgneuf, apparaisse (Saint Félix *et al.*, 1983). Cette estimation préliminaire a permis de décrire les différentes méthodes culturelles encore utilisées de nos jours.

L'élevage en surélevé sur table ostréicole occupe 99 % des surfaces concédées, le reste étant de l'élevage à plat. D'autre part, du fait de l'irrégularité ou de l'absence de captage de naissains d'huîtres en baie de Bourgneuf, les ostréiculteurs vendéens sont pour la plupart détenteurs de parcs dit de "captage", en Charente-Maritime. Les concessions sont garnies en période estivale de collecteurs de différents types (Berthomé *et al.*, 1981) de façon à se procurer le naissain d'huîtres creuses. Ces collecteurs sont ensuite installés en baie de Bourgneuf (fin d'hiver début de printemps) où les huîtres sont détachées de leur support au bout de 18 mois pour terminer leur croissance en poche, ou selon les secteurs restent sur le support d'origine jusqu'à la taille marchande.



D'autres études de biomasse d'huîtres ont été réalisées (Baud et Hommebon, 1987 ; Baud et Haure, 1987, 1988, 1989) en tenant compte des techniques d'élevage de l'huître creuse et de la stratégie d'échantillonnage nécessaire à l'estimation statistique des stocks (Latour, 1983 ; Bacher, 1984 ; Bacher *et al.*, 1986).

Ainsi, l'ensemble des zones ostréicoles de la baie a été divisé en quatre strates afin de respecter l'identité et l'homogénéité géographique des secteurs de production (fig.1). Un échantillonnage aléatoire effectué sur le terrain a permis l'estimation de la densité d'élevage et l'appréciation du taux d'exploitation a été déterminé par l'analyse systématique de photos aériennes couvrant la totalité de la baie.

Les résultats obtenus lors de ces études, montrent que la biomasse d'huîtres élevées en baie de Bourgneuf évolue peu en fonction des années et est estimée à 40 000 tonnes  $\pm$  2 000 tonnes.

La production biologique est déterminée, faute de données statistiques suffisantes, d'après la production commercialisable basée sur la vente des étiquettes sanitaires. Elle est d'environ 12 000 à 15 000 tonnes en baie de Bourgneuf (Baud et Haure, 1987).

Ainsi, il est possible de calculer le rapport  $P/\bar{B}$  ( $P$  = production ;  $\bar{B}$  = biomasse moyenne) qui représente le rendement de production d'un bassin conchylicole. A Marennes-Oléron, Héral *et al.*, (1986) établissent un modèle empirique reliant la production et le stock de plusieurs années d'étude en utilisant les paramètres de croissance et de mortalité. Ainsi, ces auteurs définissent un stock limite d'huîtres en élevage au-dessus duquel la production n'évolue plus et peut entraîner une augmentation des risques épidémiologiques pour le cheptel (Anonyme, 1986).

En baie de Bourgneuf, le rapport  $P/B$  est faible (0,3) et traduit des rendements annuels de production médiocres responsables des lentes rotations du cheptel. Le faible potentiel de croissance conduit à poser le problème de la capacité de production de ce bassin. En d'autres termes, quelle est la quantité optimale de coquillages pouvant être élevé dans cet écosystème en regard de sa capacité trophique c'est-à-dire sa potentialité de nourriture utilisable par les bivalves.

Des modèles de différents niveaux de complexité ont été développés à Marennes-Oléron pour mettre en évidence l'interaction entre le stock et la croissance en fonction de la nourriture particulière (Héral *et al.*, 1986, 1988 ; Héral, 1991 ; Bacher, 1989 ; Bacher *et al.*, 1989).

Cependant, pour tendre vers des prédictions biologiques fiables, il est indispensable d'avoir une connaissance descriptive de l'écosystème étudié. C'est pourquoi, en baie de Bourgneuf différentes études ont été réalisées pour expliquer les performances de croissance et d'engraissement médiocres des huîtres en élevage.

D'après les résultats édités par le Réseau National d'Observation (R.N.O.), la bonne qualité des eaux de la baie de Bourgneuf vis à vis des pollutions de nature chimique (Claisse, 1989) ne peut être à l'origine de cet état de fait. Aussi, la première hypothèse avancée pour expliquer les faibles rendements de production peut être définie par la compétition alimentaire potentielle exercée par les gisements naturels de moules vis à vis des élevages d'huîtres.

Après avoir localisé les gisements mouliers (fig. 1), les études de stock ont été effectuées durant trois années consécutives de 1986 à 1988 (Baud et Haure, 1988, 1989a, 1990), conjointement à la détermination du stock d'huîtres en élevage (Baud et Haure, 1987, 1989a ; Baud *et al.*, 1990).

Les résultats obtenus (tableau 1) ont révélé l'importance du stock de moules par rapport à celui des huîtres. En 1986, les deux espèces présentent des quantités équivalentes, proche de 40 000 tonnes chacune.

**Tableau 1** : Stocks d'huîtres et de moules sauvages et évolution des surfaces exploitées d'huîtres de 1986 à 1988.

	STOCK (tonnes)		SURFACES EXPLOITEES (Ha) huîtres		
ANNEES	HUÎTRES	MOULES	TOTAL	NORD	SUD
1986	38.000	40.000	622	260	362
1987	48.000	23.870	658	289	369
1988	46.000	6.000	670	318	352

Suite à un effort de pêche important, couplé à une prédation naturelle élevée par les étoiles de mer (*Asteria rubens*) et un recrutement faible en juvéniles, le stock de moules diminue nettement en 1987 (24 000 tonnes). On observe alors, une augmentation très significative de la biomasse d'huîtres de 10 000 tonnes localisée essentiellement dans les zones sud de la baie sans expansion des surfaces exploitées. En 1988, l'importante diminution des moules sauvages n'est pas accompagnée d'une amélioration des rendements de production des huîtres cultivées. Il semblerait alors, que le seuil des 20 000 tonnes de moules ne doit pas être dépassé pour ne pas être préjudiciable à la croissance des huîtres (Haure *et al.*, 1991)

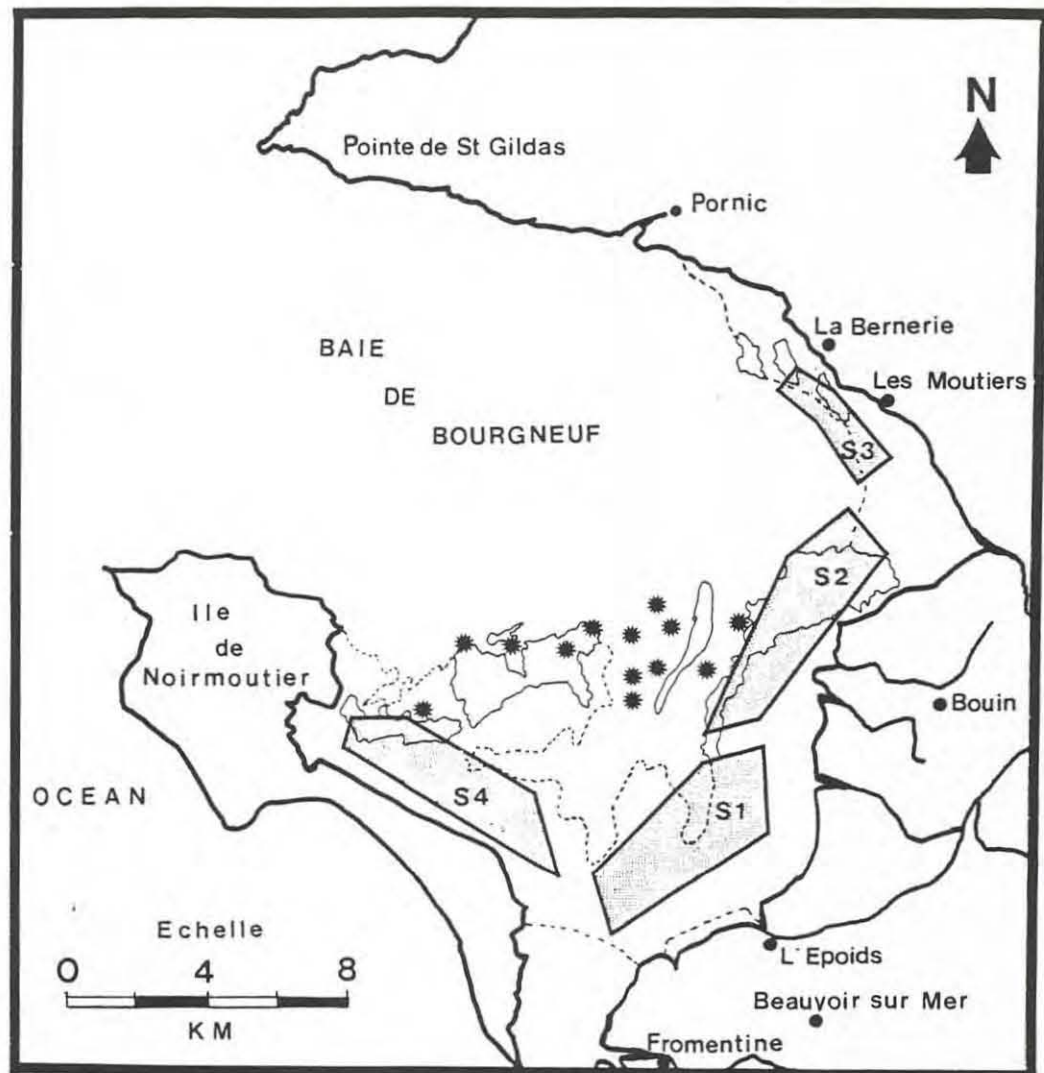
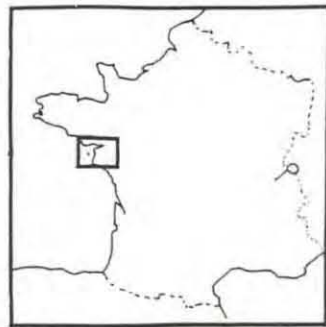
Pour expliquer la faible croissance des coquillages de la baie de Bourgneuf, la deuxième hypothèse d'étude peut être énoncée comme le déséquilibre entre les quantités d'huîtres en élevage et la quantité de nourriture produite par ce bassin. Jusqu'alors, la seule étude hydrobiologique de la baie de Bourgneuf avait été réalisée par Marion en 1985, sur une période d'une année. L'objectif principal était de connaître les quantités de matière particulaire et dissoute, ainsi que les différentes espèces phytoplanctoniques véhiculées par l'eau de mer sous influence océanique dans le voisinage de la zone ostréicole S2 (fig. 1). En 1987, deux études conjointes ont été réalisées de mars à novembre sur les zones ostréicoles divisées en quatre grandes strates selon leur identité géographique (fig. 1). L'une devait définir les caractéristiques hydrobiologiques des quatre secteurs (Baud et al., 1990) et l'autre de faire état de la croissance des huîtres cultivées dans chacune de ces zones (Haure et Baud, 1990).

Ces travaux décrivent un gradient décroissant nord-sud, de la quantité de nourriture potentielle pour les mollusques filtreurs et de la charge particulaire, alors que paradoxalement, suivant ce même axe, les performances de croissance des huîtres augmentent. L'étude hydrobiologique démontrait d'autre part, que la variabilité des caractéristiques physico-chimiques et biologiques observées sur un demi cycle de marée et sur la période étudiée était plus importante au nord qu'au sud de la baie .

Une analyse de variance à deux facteurs étudiés (site et année) effectuée sur la croissance des huîtres des deux secteurs les plus géographiquement distants (fig. 1) (S3 et S4) montre que de 1987 à 1990, les rendements de production sont significativement supérieurs au sud qu'au nord (tableau 2). Ainsi l'effet site est prépondérant par rapport au facteur année.

**Tableau 2** : Analyse de variance du différentiel de croissance des huîtres entre les secteurs nord et sud de la baie de Bourgneuf de 1987 à 1990.

Nombre d'observations	Sites	Moyennes $\Delta$ Pds(g)	TEST F	PROBABILITES au seuil de 5%	TEST de Newman-Keuls (5%)
200	SUD NORD	34,11 23,57	67,50	0,0000	SUD : A NORD : B



\* Gisements de moules

**Figure 1** : Localisation des zones ostréicoles et des gisements de moules de la baie de Bourgneuf (Baud et Haure, 1987).



Ainsi, les différentes études réalisées sur les stocks de bivalves (huîtres et moules), sur la croissance des huîtres en élevage et les caractéristiques hydrobiologiques de la baie, amènent les constations suivantes :

- Malgré une amélioration de la croissance des huîtres due à une chute des quantités de moules depuis 1987, les rendements de production restent faibles,
- La variabilité hydrobiologique, en baie de Bourgneuf est très importante selon la position géographique des stations,
- La croissance des huîtres est hétérogène en fonction des secteurs d'élevage.

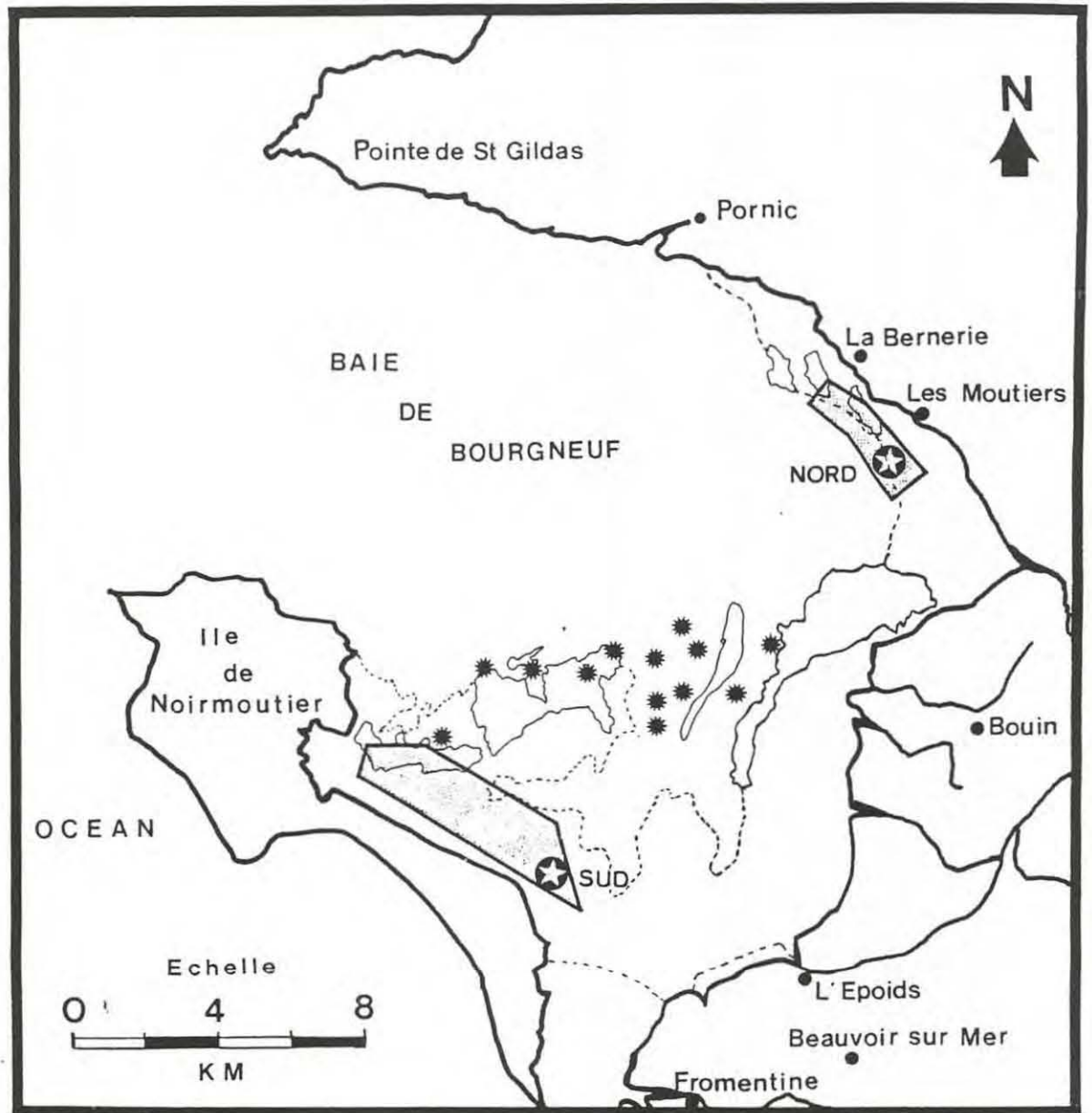
Par rapport à ce constat global, l'objectif principal de cette étude peut se résumer en une interrogation fondamentale :

**Quels sont les principaux facteurs responsables de la variabilité spatio-temporelle de la croissance des huîtres en baie de Bourgneuf ?**

Pour y répondre une étude a été réalisée sur une période d'une année avec pour objectif de révéler la variabilité de croissance et des caractéristiques environnementales de deux secteurs géographiquement opposés (fig. 2), choisis parmi les quatre stations étudiées en 1987 (Baud *et al.*, 1990).

Ce travail est hiérarchisé de la façon suivante :

- Une description hydrobiologique de deux secteurs, nord et sud, avec analyse comparative,
- Une comparaison sectorielle de la croissance des huîtres, intégrateurs biologiques des conditions environnementales.



- \* Gisements de moules
- ⊛ Stations ostréicoles étudiées

Figure 2 : Localisation des stations étudiées.



## 2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

### 2.1. Présentation géographique

D'une superficie de 34 000 ha, la baie de Bourgneuf se situe sur le littoral atlantique, au sud de l'estuaire de la Loire. Elle est délimitée à l'ouest par l'île de Noirmoutier et présente deux ouvertures sur l'océan, d'inégales dimensions.

L'une, au nord-ouest, s'étend sur 12 kms entre la pointe de Saint-Gildas et celle de l'Herbaudière. Elle permet des échanges importants avec le proche Atlantique.

L'autre, située au sud représente une longueur de 800 mètres, et est appelée le goulet de Fromentine. Les eaux océaniques pénètrent difficilement par cet étroit couloir.

La baie se divise en deux zones délimitées par une barrière rocheuse orientée d'est en ouest.

Au nord, les profondeurs sont de 15 à 20 mètres. La surface exondable est peu étendue. En 1968, Gouleau remarque que les zones ostréicoles de ce secteur nord, occupent de larges vasières dont la fraction fine du sédiment ( $< 44\mu\text{m}$ ) représente plus de 50 %.

A l'inverse, la partie sud se caractérise par de faibles profondeurs et de grandes étendues planes à granulométrie plus grossière qu'au nord puisque la fraction fine n'est que de 10 %. A 10 kms au nord du goulet de Fromentine, le continent et l'île de Noirmoutier sont reliés par une route submersible : le Gois. La communication hydraulique entre ces deux grands secteurs se fait au flot et au jusant par un chenal étroit et profond, le Fain.

### 2.2. Hydrodynamisme

L'effet du régime hydraulique de la Loire est mal connu en baie de Bourgneuf. Cependant des résultats récents ont montré des corrélations entre les débits de ce fleuve et les salinités relevées en 1987 (Baud *et al.*, 1900). Ainsi, dans des conditions météorologiques particulières et lors de forts coefficients de marée, les eaux fluviales pénétreraient dans le bassin lors d'épisodes de crue.

Les apports directs d'eau douce sont faibles en baie de Bourgneuf. Les étiers situés sur le pourtour de la baie sont peu nombreux. Les plus importants sont ceux du Falleron et de Sallertaine qui apportent journallement un volume moyen d'eau estimé à 85 000 m<sup>3</sup>.



D'autres, de moindre importance, tels que le Dain, le canal de Haute perche et ceux de l'île qui se jettent dans l'avant port de Noirmoutier représentent un débit journalier moyen de 36 000 m<sup>3</sup>.

Une étude récente de l'hydrodynamisme de la baie de Bourgneuf a été réalisée en 1992 par Lazure. Cet auteur résume les principales tendances de la circulation résiduelle de marée (fig. 3) par un zonage en sept parties de la baie:

- La zone 1 présente des courants résiduels de faibles intensités. Les conditions météorologiques conditionnent étroitement la provenance et la destination de ces masses d'eau.

- La zone 2 représente une circulation rapide de l'eau (3 à 5 jours) qui alimente la baie, sauf par vents contraires.

- Le temps de résidence des masses d'eau de la zone 3 est estimé à deux semaines. Ce secteur apparaît indépendant de la zone côtière si les conditions météorologiques sont calmes. Les masses d'eau y sont bien mélangées malgré les importantes profondeurs.

- Dans le prolongement du Fain, le secteur 4 présente le renouvellement le plus rapide de la baie puisqu'une masse d'eau le traversera en 2 à 4 jours selon le coefficient de marée.

- Le cinquième secteur appelé la baie de Noirmoutier est une zone a renouvellement faible, sensible aux pollutions des rejets dans l'avant port de Noirmoutier.

- Le tourbillon de la Préoire constitue le sixième secteur. C'est une zone très homogène dont le renouvellement est important. Dans cette zone, les eaux proviennent du large et diffusent vers le sud plus ou moins rapidement selon la force et la direction du vent.

- La septième zone comprend les surfaces exondables de la côte est de la baie. Les temps de résidence sont très importants et rendent ce secteur très sensible aux apports d'eau douce du canal de Haute Perche et au Falleron en période de calme.

En résumé, le courant résiduel observe un transit de direction nord-sud et alimente au passage une vaste boucle située au milieu de la baie, le tourbillon de la Préoire.

Les débits journaliers résiduels ont pu être calculés pour un coefficient moyen de 70 (2 cycles de marée). Ainsi, il apparaît que près de 40 millions de m<sup>3</sup> d'eau sont renouvelés chaque jour (440 m<sup>3</sup>/s). Ceci représente en moyenne et de façon globale un renouvellement complet des masses d'eau de la baie en 2 mois.





### 3. MATERIELS ET METHODES

Cette étude de la croissance a pris en compte les évolutions de la mortalité, de la croissance pondérale, des indices biométriques et l'engraissement de *Crassostrea gigas* élevée dans les deux stations retenues

#### 3.1. Choix des sites étudiés.

Comme précédemment indiqué l'ensemble des secteurs ostréicoles a été divisé en quatre grandes zones d'élevage (fig. 1) dont l'homogénéité géographique a été mise en évidence par les études antérieures de l'évolution des stocks d'huîtres réalisées depuis 1986 (Baud et Haure, 1987).

L'étude hydrobiologique et le suivi de la croissance d'huître effectués en 1987 (Baud *et al.*, 1990; Haure et Baud, 1990) ont révélé que les quantités de chlorophylles *a* et de sestons se répartissent selon un gradient décroissant du nord vers le sud, alors que paradoxalement les performances de croissance des huîtres présentaient un phénomène inverse.

Pour vérifier ces observations, deux des quatre secteurs ont été retenus pour cette étude en fonction de leur éloignement géographique, et de l'opposition de leurs caractéristiques hydrobiologiques constatés en 1987 (fig. 2).

Ces deux sites, ne sont pas soumis au même régime courantologique et météorologique.

- L'un, situé au nord-est, est sous l'influence apparente d'un apport direct des eaux océaniques. Il présente un mode battu lorsque les vents proviennent du secteur ouest (secteur dominant). La granulométrie du sédiment est fine.

- L'autre, au sud de la Baie, est abrité des vents d'ouest par l'île de Noirmoutier. Le renouvellement en eau océanique de ce secteur ne s'effectue pleinement que 3 heures après la basse mer lorsque la barrière rocheuse est submergée (Lazure, 1992). Le sédiment présente une granulométrie grossière.

Les deux stations découvrent à basse mer pour des coefficients de marée supérieurs ou égaux à 70.

La présente étude a été menée de mars 1990 à mars 1991.



## 3 2. Hydrobiologie

### 3.2.1. Echelle de variabilité et échantillonnage

La variabilité temporelle des paramètres hydrobiologiques est connue pour être considérable. Héral *et al.*, (1987) considèrent que dans le bassin de Marennes-Oléron la variabilité d'un cycle de marée approche celle d'un cycle saisonnier.

Afin de prendre en compte la variabilité physico-chimique en fonction des cycles de vives eaux et de mortes eaux, ainsi que des saisons, l'échantillonnage des masses d'eau a été effectué une fois par semaine, le même jour à 30 minutes d'intervalle, sur les points représentatifs de chaque site et lorsque les conditions météorologiques le permettaient. La variabilité en fonction du cycle journalier n'est donc pas abordée dans cette étude.

### 3.2.2. Prélèvement des échantillons

Les prélèvements d'eau ont été réalisés à basse mer + 3 heures et à 50 cm du fond, hauteur à laquelle se trouvent les tables ostréicoles. Dans une zone découvrante à marée basse Héral *et al.*, (1987) et Ravail *et al.*, (1987) ont montré dans le bassin de Marennes-Oléron que la différence entre la surface et le fond n'était pas significative et que la masse d'eau pouvait être considérée comme suffisamment homogène.

D'autre part, la technique d'échantillonnage spatial Lagrangien, comme le précise Héral *et al.*, (1987), permet d'étudier les relations trophiques qui existent entre les mollusques et le milieu lorsqu'il s'agit de comparer des stations différentes comme c'est le cas dans cette étude. De plus, elle est moins coûteuse que l'approche eulerienne dans la périodicité d'échantillonnage, puisque cette dernière nécessite de prélever les différentes masses d'eau qui vont défilier en un point, lors d'un cycle de marée.

De façon à considérer la variabilité entre prélèvement pour chaque station, trois prises d'eau successives et distinctes ont été faites, au moyen d'une bouteille verticale à prélèvement d'une capacité de 2,5 litres.

Une préfiltration sur une maille de 200  $\mu\text{m}$  a permis d'éliminer une partie du zooplancton et des grosses particules en suspension.

### 3.2.3. Paramètres abiotiques

- Hauteur d'eau : Elle est relevée au moment de chaque prélèvement au moyen d'une échelle graduée tous les 25 cm.

- Température : Elle est lue sur un thermomètre à mercure gradué au 1/10<sup>ème</sup> de °C, installé dans la bouteille de prélèvement.

- Salinité : Elle est obtenue au moyen d'un conductimètre salinomètre KENT GIL 5005 étalonné avec de l'eau de mer normale après correction de la température.

- Turbidité : Elle est mesurée avec un turbidimètre HACH 2100A.

- Poids de sestons : Le séton peut être défini par l'ensemble du matériel particulaire de taille comprise entre 0,45 µm et inférieur à 200 µm.

Il regroupe une partie organique composé de phytoplancton, zooplancton, détritits organique, bactéries, et une partie minérale composée essentiellement de sédiments.

La quantité de séton total a été appréciée à partir de la filtration d'un certain volume d'eau, qui est fonction de la charge particulaire, sur un filtre Whatman GF/C de porosité de 0,45 µm préalablement pesé.

Le résidu salin a été éliminé après rinçage du filtre avec une solution de formate d'ammonium isotonique à l'eau de mer qui est sublimé lors du passage à l'étuve à 50°C, durant 24 heures. La pesée du filtre ainsi déshydraté donne alors la masse de séton total. Le filtre est ensuite placé dans un four à 450°C pendant 1 heure pour détruire la fraction organique. On obtient après pesée, la masse de séton minéral. Le séton organique est calculé par différence entre le séton total et la fraction minérale. Les résultats sont calculés par rapport au volume d'eau filtrée et sont exprimés en mg/l.

Sels nutritifs : Le filtrat recueilli est immédiatement congelé à -20°C pour conservation et analyse ultérieure.

Les teneurs en NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, et SiO<sub>3</sub> ont été mesurées sur une chaîne d'analyse à flux continu de type SKALAR selon les méthodes colorimétriques détaillées par Treguer et Le Corre (1975).

### 3.2.4. Paramètres biotiques

#### Pigments Chlorophylliens

Ceux-ci sont très couramment utilisés comme indice de la biomasse phytoplanctonique en océanographie.

La chlorophylle *a* et la phéophytine *a* ont été mesurées par fluorimétrie (Yentsch et Menzel, 1963 ; Neveux, 1976) au moyen d'un fluorimètre TURNER 112, selon le protocole suivant :

La matière particulaire d'un aliquote d'eau (50 cc) a été retenue sur filtre Whatman GF/C puis imbibée d'une solution de  $Mg\ CO_3$ , à 1 % pour améliorer la conservation à -20°C.

Au moment de l'analyse, les filtres ont été broyés dans un volume connu d'acétone à 90 % et l'extraction des pigments s'est effectuée à 4°C à l'abri de la lumière pendant au moins 2 heures.

Après centrifugation, la lecture de la fluorescence du surnageant acétonique a été faite avant et après acidification avec une solution d'HCl 1N. Les teneurs en chlorophylle *a* et phéophytine *a*, exprimées en  $\mu g/l$  ont été calculées au moyen des équations de Lorenzen (1967).

#### Composés Biochimiques

Selon Widdows *et al.*, (1979) et Héral *et al.*, (1980), une estimation de la teneur en lipides, protéines et glucides de la matière en suspension représenterait la nourriture particulaire disponible pour les mollusques dans un écosystème conchylicole.

Pour obtenir ces informations, la fraction particulaire de l'eau a été recueillie sur filtre Whatman GF/C de 0,45  $\mu m$  préalablement calciné pour éliminer toutes les traces de matière organique présentes sur le filtre. Les dosages colorimétriques ont été effectués avec un spectrophotomètre à double faisceau HITACHI U-2000.

#### Protéines

La méthode est inspirée de celle de Lowry *et al.*, (1951) appliquée au sérum humain. La densité optique a été mesurée à 750 nm. Les résultats ont été exprimés en  $mg.l^{-1}$  d'équivalent albumine de bœuf.

#### Lipides

Le principe consiste en une extraction des lipides de la fraction particulaire dans un mélange de chloroforme et de méthanol (Bligh et Dyer, 1959) puis en une hydrolyse acide des acides gras en présence d'acide sulfurique concentré (Marsh et Weinstein, 1966). La densité optique a été lue à 360 nm. Les résultats ont été exprimés en  $mg.l^{-1}$  d'équivalent acide tripalmitique.

### Glucides

Le dosage a été effectué selon la technique de Malara et Charra (1972) basée sur la méthode dite "phénol sulfurique", d'après le protocole de Dubois *et al.*, (1956). La densité optique a été mesurée à 490 nm. Les résultats ont été exprimés en mg l<sup>-1</sup> d'équivalent glucose.

### Valeur énergétique calculée

L'énergie potentielle de la fraction particulaire peut être considérée comme la quantité de nourriture potentielle pour les mollusques filtreurs d'un écosystème conchylicole.

Les coefficients de conversion énergétique de Brody (1945) de 23,65 joules mg.l<sup>-1</sup> pour les protéines (P) de 39,56 joules mg.l<sup>-1</sup> pour les lipides (L) et de 17,16 joules mg.l<sup>-1</sup> pour les glucides (G) ont été utilisés.

L'équation de la nourriture potentielle (E) exprimée en joule l<sup>-1</sup> s'écrit :

$$E = (23,65 \times P + 39,56 \times L + 17,16 \times G)$$

## **3.3. Croissance de l'huître creuse *Crassostrea gigas***

Cette étude de la croissance a pris en compte les évolutions saisonnières de la mortalité, de la croissance pondérale, des indices biométriques et l'engraissement de *Crassostrea gigas* élevée dans les deux stations retenues.

### **3.3.1. Choix de la population**

Des études précédentes ont permis d'identifier dans différents bassins conchylicoles un problème constant de variabilité de la croissance. Celle-ci se manifeste au niveau d'un site mais aussi au niveau géographique.

Afin de maîtriser cette variabilité, il a été décidé d'agir sur la dispersion de la population initiale.

Pour améliorer l'homogénéité de la taille initiale des huîtres, et afin de restreindre la variabilité pondérale de la population de départ, deux critères ont été utilisés :

- L'emploi d'individus de même âge (18 mois), même origine (Marennes-Oléron) et provenant d'un même support de captage (tubes collecteurs),
- La calibration de ces individus entre 30 et 35g.

### ***3.3.2 Mesure de la mortalité et de la production biologique par poche ostréicole.***

Ces deux paramètres sont d'une importance essentielle pour l'ostréiculteur, puisqu'ils déterminent le gain pondéral, sur une période donnée, de leur unité de production qui est représentée par la poche ostréicole.

Dans certains cas, cette production peut être nulle, voire négative si le gain de poids des huîtres survivantes ne compense pas les pertes dues aux mortalités ou/et l'amaigrissement individuel (Haure et Baud, 1990).

Des huîtres de la population précédemment décrite ont été dénombrées, en trois poches par site, à raison de 200 huîtres par poche. Tous les deux mois, pour éviter des arrêts de croissance dus à de trop fréquentes manipulations, le poids total d'huîtres vivantes par poche a été mesuré et la mortalité décomptée. Cette dernière a été exprimée en pourcentage ponctuel à chaque prélèvement, vis à vis de la population restante, et en cumulé en fin d'étude.

### ***3.3.3. Croissance individuelle de type expérimental***

La croissance individuelle des huîtres a été appréciée grâce à un module expérimental réalisé en 1987 (Haure et Baud, 1990) (Photo 1).

Ce module est composé d'un cadre largement ajouré en aluminium, supportant 50 petites plaques galvanisées et amovibles. Sur chaque petit support est individualisée une huître préalablement tarée et collée avec de la résine. Les pesées individuelles ont été réalisées mensuellement *in situ* à l'aide d'une balance au 2/10<sup>ème</sup> de gramme de marque SARTORIUS.

Cette technique a été adoptée de façon à estimer la croissance optimale des huîtres dans chaque secteur. En effet, ainsi fixées, la coquille ne peut être érodée au fur et à mesure de sa formation en évitant le choc physique des huîtres entre elles, dû à la houle, dont la force est différente selon les sites.

### ***3.3.4. Etude de la croissance et de l'amaigrissement selon les techniques professionnelles***

En baie de Bourgneuf, l'élevage des huîtres en poche et sur collecteur représente à part égale la totalité des longueurs de tables ostréicoles exploitées (Baud et Haure, 1989).

La comparaison des croissances d'huîtres de ces deux modes culturels a été prise en compte dans cette étude :

- Poche : les huîtres ont été dénombrées en trois poches ostréicoles à raison de 250 huîtres par poche pour permettre des prélèvements ultérieurs,
- Collecteur : des huîtres ont été fixées sur six collecteurs avec du ciment prompt sur des coquilles Saint Jacques (*Pecten maximus*) à raison de 100 huîtres par collecteur qui ont été installées sur un mètre de table ostréicole.



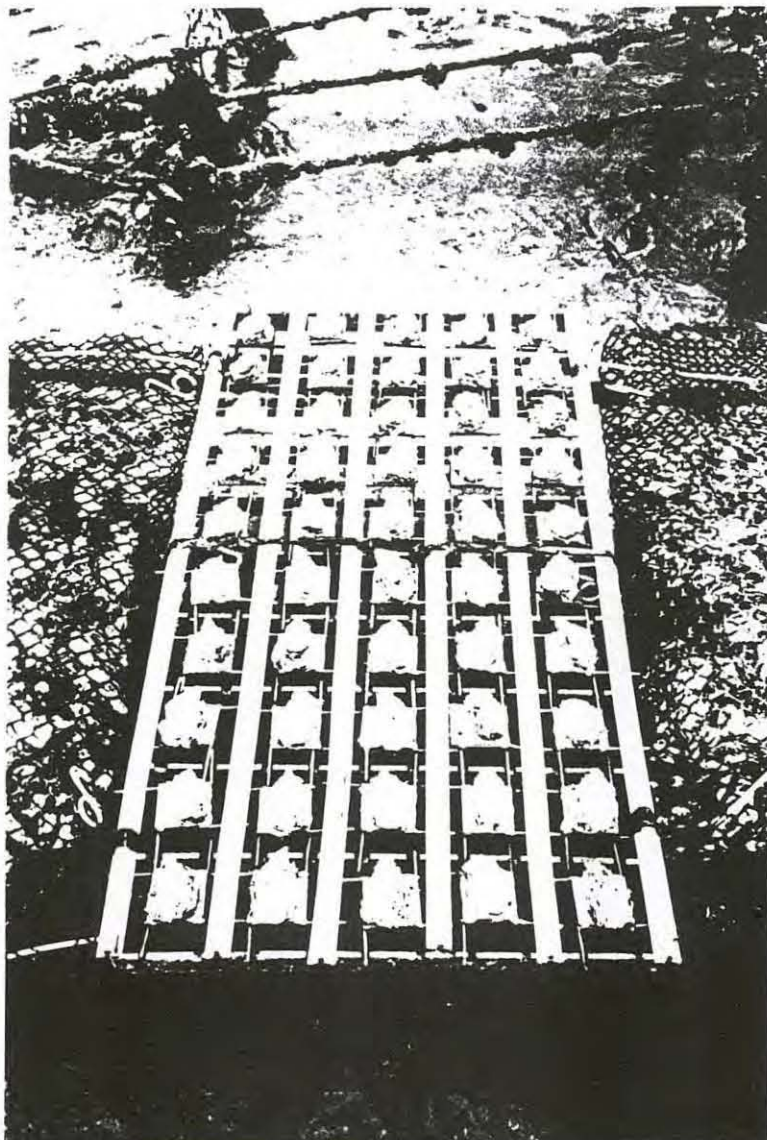


Photo n°1 : Module expérimental du suivi de la croissance individuelle  
de *Crassostrea gigas*

Un prélèvement de 10 individus a été effectué par type cultural et par site selon un cycle mensuel ou tous les 15 jours pendant la période de gametogénèse. Des mesures biométriques individuelles ainsi que l'analyse biochimique de la chair ont été réalisées au laboratoire sur ces échantillons.

#### 3.3.4.1. Mesures biométriques

- Poids total : les huîtres ont été nettoyées une à une de façon à éliminer tous les épibiontes (balanes, ascidies etc...). Les pesées ont été effectuées au 1/10<sup>ème</sup> de gramme.

- Poids de la coquille : Les coquilles sont séchées à température ambiante (20°C) pendant 24 heures puis pesées au 1/10<sup>ème</sup> de gramme.

- Poids de la chair sèche : La chair a été prélevée puis égouttée sur du papier absorbant pendant 5 minutes. Elle a été ensuite congelée durant 24 heures dans de petits récipients en aluminium préalablement tarés. La chair d'huître a été séchée au lyophilisateur pendant 48 heures puis pesée au 1/100<sup>ème</sup> de gramme.

D'après Giese (1969), la congélation améliore la dessiccation, augmente la friabilité de la chair et favorise ainsi l'action des réactifs lors des dosages biochimiques.

#### 3.3.4.2. Indices

Les indices, calculés à partir de combinaisons mathématiques de différents paramètres biométriques, donnent des valeurs numériques sans unité et permettent d'apprécier certains phénomènes qui ne sont pas directement mesurables, tels que l'état physiologique des individus étudiés ou de leur taux de croissance.

##### - Indice de condition

L'indice physiologique utilisé dans cette étude a été celui de Lawrence et Scott (1982) dont la formule est la suivante :

$$I.C = \frac{\text{Poids de la chair sèche (g)}}{\text{Poids total (g) - Poids de la coquille (g)}} \times 10^3$$

Bodoy *et al.*, (1986) ont montré lors d'une étude de comparaison d'indices que celui-ci présentait la plus forte sensibilité et la plus petite variabilité sans être dépendant de l'âge de l'animal.

Par ailleurs, cet indice simple à calculer donne une appréciation du taux de remplissage du volume intervalvaire par la chair de l'huître.

- Indice pondéral gaméto-somatique ( I.P.G.S ) :

Cet indice a été défini par Lucas *et al.*, (1978). Il permet d'évaluer par différence de poids sec l'importance de chacune des pontes successives (si elles existent), pendant la période de reproduction. La formule s'écrit :

$$\text{I.P.G.S.} = ( P_i - P' i ) / P' \times 100$$

$P_i$  = Poids sec maximum avant la ponte

$P' i$  = Poids sec minimum après la ponte

$P'$  = Poids sec minimum après la dernière ponte.

- Taux instantané de croissance (G30)

Les taux de croissance appliqués au poids total moyen ont été calculés avec les données de croissance des huîtres élevées selon la technique expérimentale.

La formule du taux instantané de croissance (Spencer et Gough, 1978) s'écrit :

$$G_{30} = \frac{30}{t - t_0} \times \ln \frac{W_t}{W_0}$$

$W_0$  : poids initial

$W_t$  : poids final

$t - t_0$  : durée entre deux mesures exprimée en jours

### 3.3.4.3. Mesures biochimiques.

Après lyophilisation, la chair a été finement broyée et homogénéisée jusqu'à obtention d'une poudre fine, au moyen d'un pulvérisateur à bille.

De petites quantités de chair ont été alors pesées précisément au 1/10<sup>ème</sup> de mg pour les analyses biochimiques individuelles des huîtres prélevées.

- Protéines

Les protéines ont été extraites dans de la soude normale pendant au moins 12 heures ; le dosage a été effectué selon la méthode de Lowry *et al.*, (1951). Cette méthode dose les protéines solubles mais ne prend en compte qu'une partie des protéines de structure. Les résultats sont exprimés en mg.l<sup>-1</sup> équivalent albumine de bœuf.

### - Lipides

L'extraction des lipides a été réalisée selon la méthode de Bligh et Dyer (1959) avec un mélange de chloroforme + méthanol. Le dosage a été effectué d'après le protocole défini par Marsh et Weinstein (1966).

Les résultats sont exprimés en  $\text{mg.l}^{-1}$  d'équivalent d'acide tripalmitique.

### - Sucres totaux et glycogène

Après délipidation de la chair selon la technique de Bligh et Dyer (1959), les sucres ont été extraits dans l'acide trichloroacétique (T.C.A) à 15 %. Le dosage a été réalisé directement sur 1ml de la solution pour l'évaluation des sucres totaux, mais seulement après précipitation du glycogène avec de l'éthanol absolu pour les sucres de réserve. Les dosages ont été effectués selon la méthode de Dubois *et al.*, (1956) et les résultats sont exprimés en  $\text{mg.l}^{-1}$  d'équivalent glucose.

## 3.4. TRAITEMENTS STATISTIQUES

### 3.4.1. *Indice de confiance*

Les courbes de variation des paramètres étudiés ont été représentées par la moyenne des observations, affectées d'une barre verticale de précision. Cet intervalle de confiance est calculé selon la loi de Student-Fisher (Schwartz, 1986) selon la formule suivante :

$$\frac{t s}{\sqrt{n}}$$

s : écart type estimé sur l'échantillon (n-1)

t : valeur donnée par la table t pour le nombre de liberté (n-1) et le risque  $\alpha$  (5% dans cette étude).

n : nombre d'observations.

Cette formule n'est valable que si le caractère étudié est distribué selon la loi normale et la moyenne (m) peut alors s'écrire :

$$m \pm \frac{t s}{\sqrt{n}} \text{ au risque } \alpha (5\%)$$

### 3.4.2. Traitements statistiques informatiques

Les traitements statistiques ont été réalisés au moyen du programme informatique STATICF (1987) de l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages.

Différentes analyses ont été utilisées telles que :

- L'analyse de variance.
- L'analyse en composante principale (ACP).

#### Analyse de variance

Elle est utilisée dans cette étude pour permettre de rechercher si l'effet du ou des facteurs étudiés est significatif ou non, avec un risque  $\alpha$ , choisi dans cette étude, égal à 5%.

Le principe est de vérifier s'il est possible d'admettre, d'après les variances estimées  $Sa^2$  et  $Sb^2$ , l'hypothèse que les variances  $\sigma a^2$  et  $\sigma b^2$  des populations A et B sont égales. La comparaison de deux variances est basée sur le rapport  $F = \frac{Sa^2}{Sb^2}$ .

Le rapport est comparée à la valeur  $F_s$  donnée par la table F (point 5%) (Schwartz, 1986).

- Si  $F < F_s$  les deux variances ne diffèrent pas significativement (à 5%) ainsi que leurs moyennes.
- Si  $F \geq F_s$  les deux variances diffèrent significativement (à 5%) ainsi que leurs moyennes

Dans ce dernier cas, les facteurs étudiés peuvent être hiérarchisés en groupe homogène selon le test de Newman-Keuls.

#### - Analyse en composante principale (ACP).

L'ACP est une analyse descriptive qui permet de décrire la dépendance ou la correspondance des paramètres entre eux. Elle est destinée à expliquer en partie les données sans toutefois répondre à toutes les questions.

Le déroulement simplifié de l'ACP a été décrit par Dervin (1990), comme suit :

- L'ACP recherche la première composante principale (ou premier axe principal. Ce premier axe est la combinaison linéaire des variables pour laquelle la variance des individus est maximale. C'est sur cet axe que se projettera le nuage des individus et qui le déformera le moins. Cet axe représente une certaine proportion (mais maximale) de la variation totale des individus.





- Une seconde composante principale va être recherchée et va représenter, elle-même, une part de la variation non expliquée par le premier axe. Cette seconde composante est non corrélée avec la première mais est aussi une combinaison linéaire des variables initiales. Si on le désire, et surtout si la somme des pourcentages explicatifs est trop faible (<50%) le processus peut se dérouler jusqu'à représenter la totalité de la variation du nuage jusqu'à la  $n$ -ième composante si  $n$  est le nombre de paramètres. Les représentations graphiques sont issues des projections du nuage des individus sur les axes principaux, en se souvenant que ce sont les premiers axes qui représentent le mieux les nuages.

## 4. HYDROBIOLOGIE

### 4.1. Résultats

#### 4.1.1. Hauteur d'eau et coefficients de marée (fig. 4)

On constate sur cette figure, que les hauteurs d'eau ne sont pas toujours identiques sur les deux secteurs étudiés au moment des prélèvements. Cette différence s'accroît lorsque les coefficients sont importants.

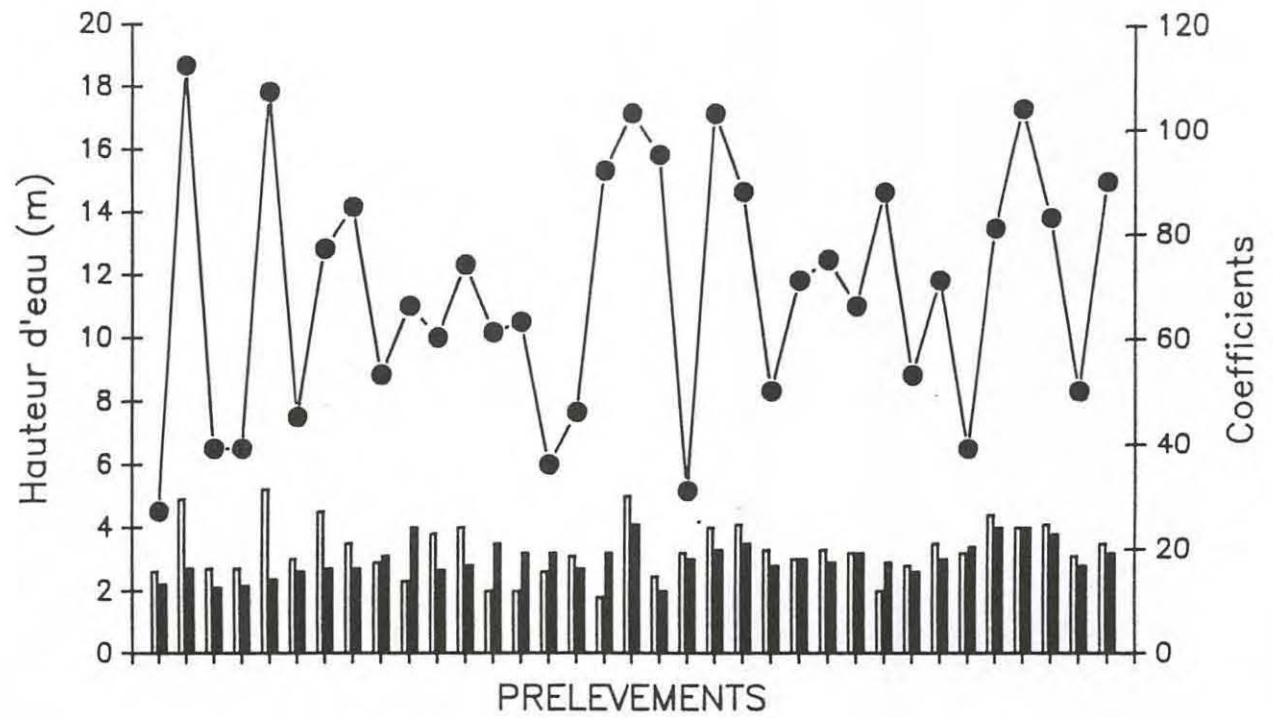
Trente minutes séparent les prélèvements entre les sites ce qui correspond au temps de déplacement entre chacun d'eux, le site nord étant fait le premier. La vitesse du flot est plus importante à coefficient fort à partir de la troisième heure de la marée montante ce qui explique les différences d'écarts entre station. Les moyennes des hauteurs d'eau sur chacun des sites et sur la période étudiée ont été de 3,3 m au secteur sud et 3,0 m au nord. Une analyse de variance à un facteur (site) réalisée sur ces données n'a pas montré de différences significatives entre secteurs ( $P = 0,091$  ;  $F = 2,87$  ;  $n = 70$ ) (tableau 3).

En 1987, il a été constaté que la moyenne des hauteurs d'eau relevées après 3 heures de flot étaient de 3,47 m pour le sud et 3,23 m pour la station nord, (Baud *et al.*, 1990)).

Ces résultats sont très proches de ceux qui ont été obtenus dans cette étude. Les différences de niveau entre station sont suffisamment faibles pour admettre que les coefficients d'exondation des secteurs étudiés sont relativement identiques.

Tableau 3 : Analyse de variance des paramètres physico-chimiques des stations nord et sud.

FACTEUR ETUDIE : SITE								
PARAMETRES	UNITES	MOYENNES NORD	MOYENNES SUD	MOYENNES BAIE	n	TEST F	PROBABILITES au seuil de 5%	TESTS DE NEWMAN-KEULS
Hauteur d'eau	m	3.01	3.31	3.16	70	2.87	0.091	
Température	° C	13.83	13.78	13.81	70	0.00	0.9676	
Salinité	g/kg	33.93	33.95	33.94	70	0.00	0.9506	
Chlorophylles	µg/l	12.06	4.44	8.25	70	27.27	0.0000	Nord: A Sud: B
Pheopigments	µg/l	14.91	7.26	11.09	70	30.03	0.0000	Nord: A Sud: B
Seston total	mg/l	153.95	33.8	93.87	70	39.56	0.0000	Nord: A Sud: B
Seston minéral	mg/l	135.06	25.33	80.2	70	40.07	0.0000	Nord: A Sud: B
Seston orga	mg/l	18.9	8.46	13.68	70	25.84	0.0000	Nord: A Sud: B
Proteines	mg/l	2.21	1	1.6	70	35.22	0.0000	Nord: A Sud: B
Lipides	mg/l	0.73	0.4	0.57	70	27.81	0.0000	Nord: A Sud: B
Glucides	mg/l	1.27	0.56	0.91	70	20.87	0.0000	Nord: A Sud: B
Energie	J/l	102.97	48.89	75.93	70	34.76	0.0000	Nord: A Sud: B
N-NO3	µmol/l	17.22	14.11	15.66	66	0.65	0.4300	
N-NO2	µmol/l	0.37	0.31	0.34	66	0.68	0.4165	
N-NH4	µmol/l	7.47	5.53	6.5	54	2.24	0.1364	
Somme azotée	µmol/l	21.73	17.39	19.56	54		0.3177	
P-PO4	µmol/l	0.56	0.39	0.48	66	4.48	0.0362	Nord: A Sud: B
Si-SiO3	µmol/l	14.02	10.95	12.49	66	4.35	0.0388	Nord: A Sud: B



**Figure 4** : Hauteur d'eau (barre) et coefficient de marée correspondant aux prélèvements des stations nord (□) et sud (■).

#### 4.1.2. Température (fig. 5)

La variation générale des températures de l'eau est semblable entre les deux secteurs étudiés. Après une légère chute de mars à avril, on observe une forte montée printanière de la température de 10,5 à 19°C jusqu'à fin mai. Une phase stationnaire est alors enregistrée jusqu'à mi-juillet. Après une remontée de courte durée les températures atteignent leurs valeurs maximales début août (Nord : 21,8°C ; Sud : 22,8°C). Elles chutent ensuite progressivement jusqu'en décembre avec des valeurs de 5,6°C pour le sud et 4,4°C pour le nord. On constate en janvier une élévation de la température (10°C) suivi d'une diminution jusqu'en février où les minimales sont atteintes (3°C), suivie d'une élévation qui se poursuit jusqu'à la fin de l'étude.

Les évolutions annuelles de la température ne peuvent être dissociées entre le secteur nord et le secteur sud. Il semble exister cependant un léger décalage thermique nord/sud pendant la phase printanière (mai-juin), avec des moyennes supérieures au nord (15,8°C) par rapport au sud (15,2°C). Toutefois l'analyse de variance réalisée sur les températures printanières n'a pas montré de différence significative entre les deux stations.

Il apparaît sur la figure 5 que la température de l'eau et celle de l'air sont étroitement liées. Ceci témoigne d'une grande sensibilité des masses d'eau de la zone de balancement des marées vis à vis des variations de températures ambiantes, phénomène corrélé au marnage qui amplifie les échanges thermiques entre l'eau et l'air, par le biais du refroidissement ou du réchauffement des zones exondables à marée basse. Ainsi, la régression multiple suivante a pu être déterminée :

$$\text{Temp Eau} = 0,8703 \times \text{Temp Air} + 0,036 \text{ Cœf} - 0,0969$$

$$(n = 70 . R^2 = 0,88 ; F = 425 ; P < 0,001).$$



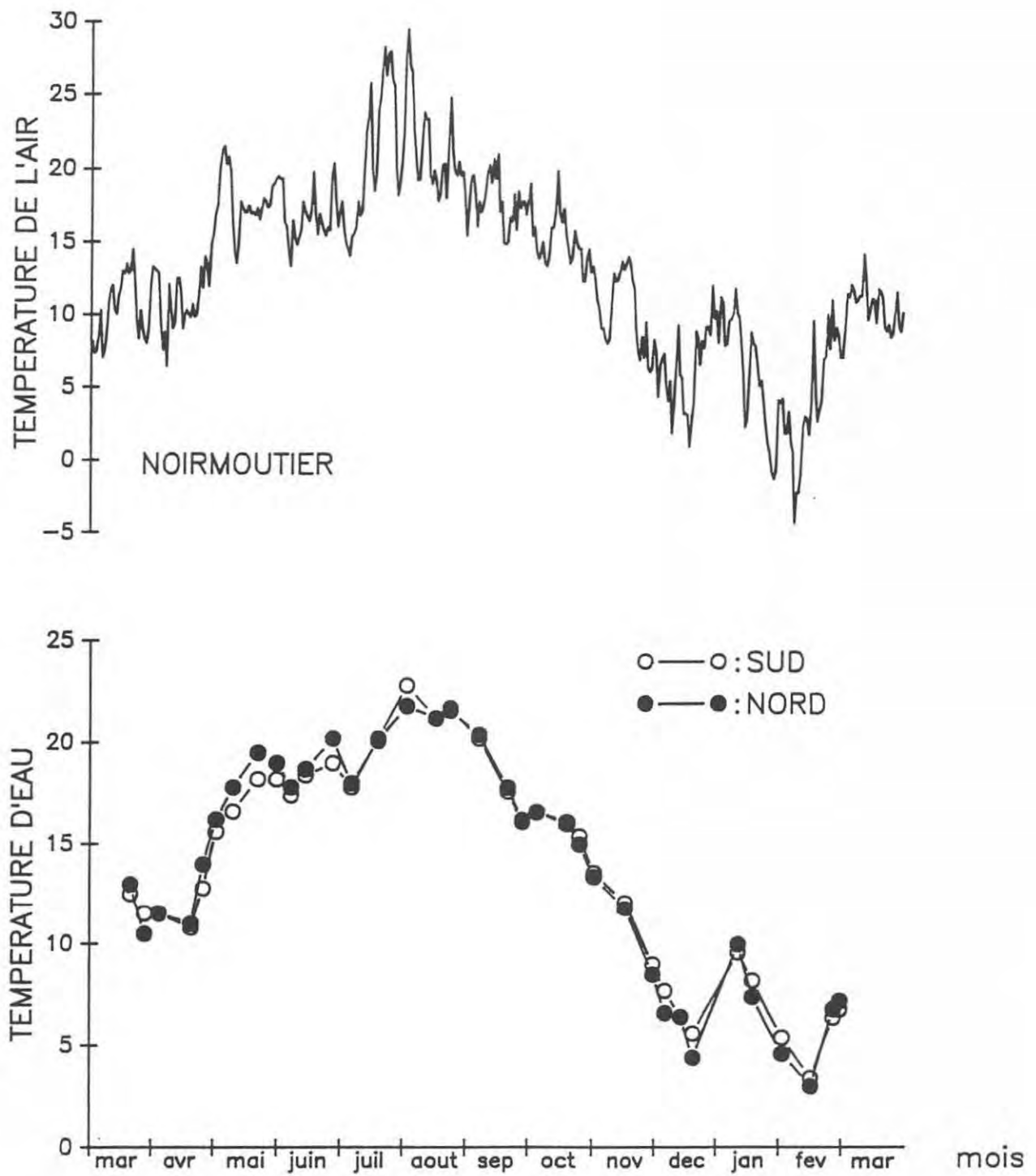


Figure 5 : Température de l'air et température de l'eau des stations nord et sud.

#### 4.1.3. Salinité (fig. 6)

L'évolution des courbes de salinité des deux secteurs est semblable. Elle varie durant la période étudiée de 31,0 à 36,0 ‰ pour le site nord et de 32,0 à 35,5 ‰ à la station sud. Les valeurs maximales sont atteintes au mois de septembre et les minimales en janvier où l'on observe une dessalure importante aux deux stations, notamment au nord de la baie. Les variations de salinité semblent peu liées à celles des précipitations (fig. 6). La pluviométrie peut influencer la salinité par l'intermédiaire du bassin versant qui récolte les eaux douces et sont acheminées vers la baie de Bourgneuf par les étiers qui s'y jettent. Cependant, la gestion de cette eau est assurée par des écluses dont l'ouverture dépend de l'importance des précipitations et des besoins d'irrigation des zones agricoles situées en amont, ce qui rend difficile l'estimation d'apport d'eau douce en quantité et en fréquence. Ainsi, le bassin versant ne peut expliquer à lui seul les chutes importantes de la salinité observées en janvier, notamment dans le secteur sud qui ne se trouve pas à proximité de nombreux étiers. En revanche, la variation des débits de la Loire semble mieux expliquer à cette baisse de salinité. D'après Goulean (1968), la Loire, en crue et par faibles coefficients de marée pénétrerait en baie et diminuerait par la même occasion la durée du jusan.

D'autre part, la rentrée des eaux estuariennes pourrait être favorisée par les vents de secteur W-NW. Malheureusement, ceci n'a pu être vérifié car les données météorologiques de vent sont absentes pour le mois de janvier 1991.

Les variations mensuelles des débits moyens journaliers de la Loire durant la période étudiée ont été comparées aux moyennes normales calculées sur une période de 126 années (1866-1992) (fig. 7).

Il apparaît très nettement que les débits moyens sont déficitaires de mars 1990 à mars 1991 traduisant les faibles précipitations au cours de cette période. En janvier, les débits de la Loire correspondent à la normale et aussi aux fortes dessalures constatées.

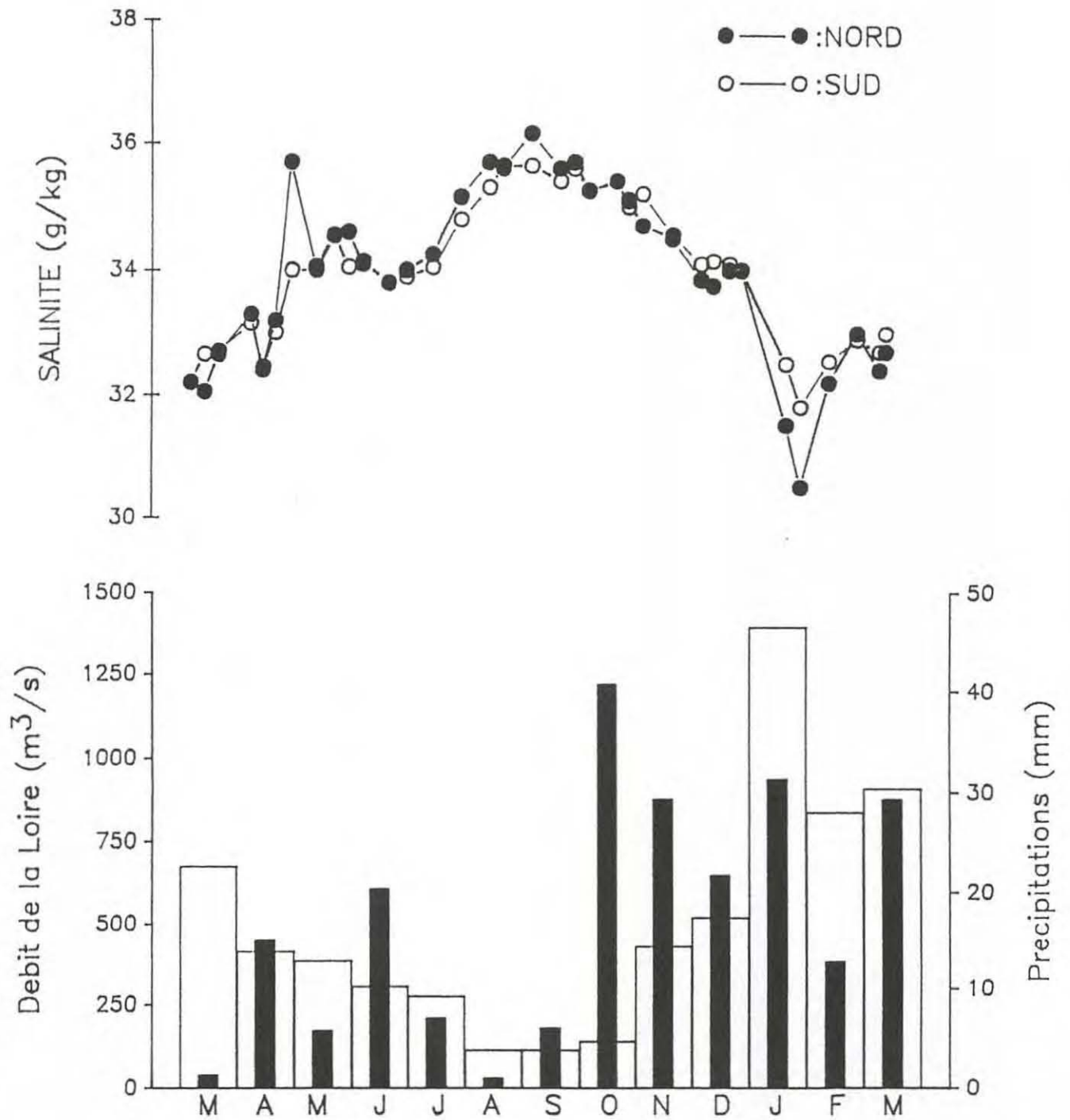


Figure 6 : Evolution de la salinité des deux stations étudiées. Moyenne mensuelle des précipitations (■) et des débits de la Loire (□) de mars 1990 à mars 1991

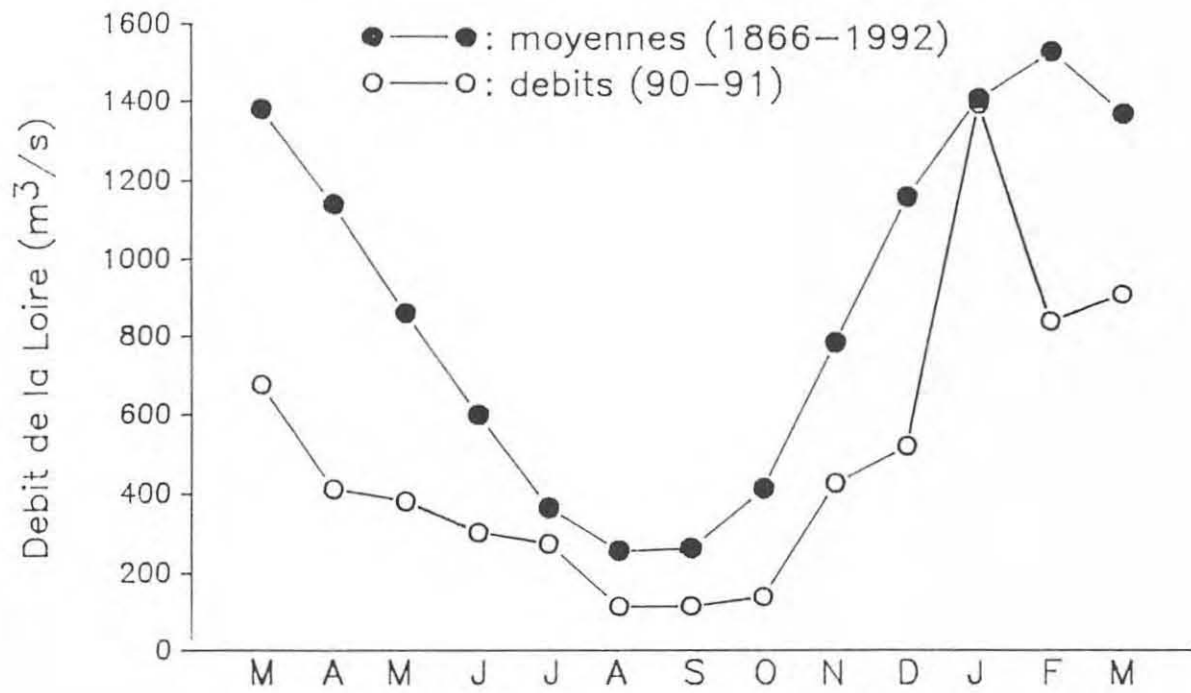


Figure7 : Débit de la Loire de l'année étudiée comparé aux moyennes observées sur 126 années

#### 4.1.4. Chlorophylle *a* et phéophytine *a*.

L'évolution saisonnière des teneurs en chlorophylles *a* (fig. 8) se caractérise par une succession de pics dont l'importance et la variabilité varient selon chaque secteur.

Secteur nord : Cette station se caractérise par des concentrations chlorophylliennes très élevées avec des maxima de 27,5 µg.l<sup>-1</sup> en avril et 28,8 µg.l<sup>-1</sup> en octobre. De plus, ce secteur présente de fortes variabilités saisonnières mais aussi ponctuelles avec d'importants intervalles de confiance.

La moyenne de l'année est de 12,1 µg.l<sup>-1</sup> de chlorophylle et les valeurs minimales ne descendent pas au-dessous de 3,0 µg.l<sup>-1</sup>. De la période mi-estivale à la période mi-automnale, on observe une phase stationnaire des teneurs dont la moyenne est de 20,0 µg.l<sup>-1</sup>.

Secteur sud : Contrairement à la station nord, le secteur sud présente des efflorescences phytoplanctoniques beaucoup plus faibles mais aussi plus marquées et moins pérennes. Les maxima s'élèvent à 8,9 µg.l<sup>-1</sup> début avril, 12,0 µg.l<sup>-1</sup> début juillet et 9,7 µg.l<sup>-1</sup> à la mi-novembre. Les teneurs en chlorophylle ne descendent pas au-dessous de 1,2 µg.l<sup>-1</sup> et la moyenne annuelle est de 4,4 µg.l<sup>-1</sup>.

La courbe de la chlorophylle du secteur sud présente une évolution relativement homogène avec peu de variabilité ponctuelle ou saisonnière.

L'évolution des teneurs en phéopigments (fig. 9) présente une comparaison entre secteur très proche de celle décrite pour les chlorophylles et relative aux variations ponctuelles et saisonnières.

L'examen intra-secteur montre, contrairement au sud, une bonne corrélation entre chlorophylle et phéopigment à la station nord.

Une analyse de régression linéaire pas à pas (1 % à l'introduction et à l'élimination) confirme ce résultat pour le nord :

$$(\text{chl}a = 0,81 \text{ pheo} - 0,06 ; R^2 = 0,53 ; P < 0,001 ; n = 35)$$

Aucune relation n'est significative pour le secteur sud.

Cette équation présente une pente proche de 1 et passe pratiquement par 0 et témoigne d'une relation très étroite entre la chlorophylle et les phéopigments à la station nord. L'évolution des chlorophylles actives (fig. 10) corrobore ce fait, et on observe au nord des valeurs relativement stables dont la moyenne est de 43 % de chlorophylle.

Au sud, par contre, l'évolution de ce pourcentage est très variable avec au printemps des valeurs fortes qui traduisent l'apparition nette d'une efflorescence phytoplanctonique et par la suite des valeurs faibles dont la moyenne est de 35 % de chlorophylle.



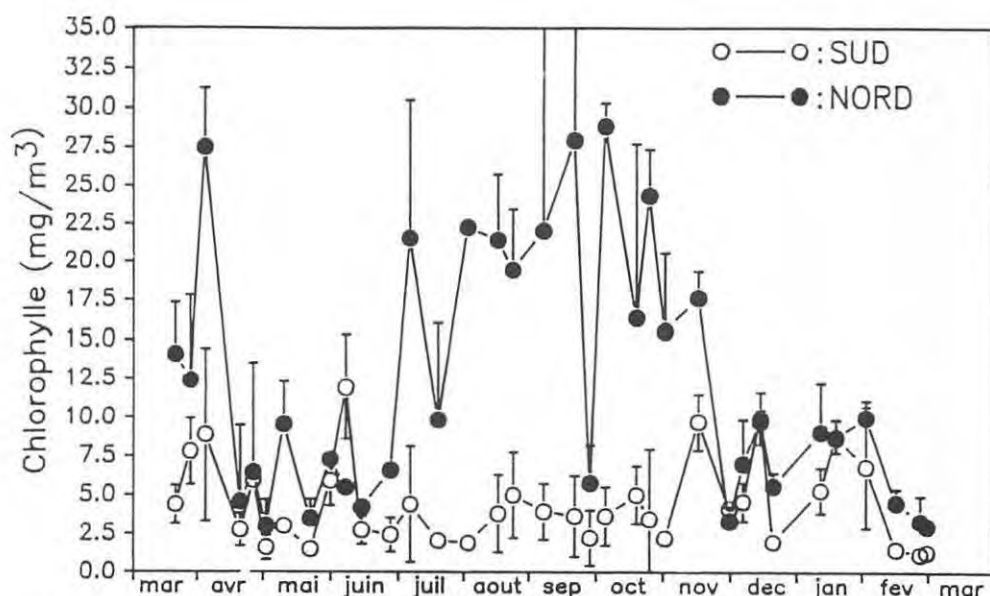


Figure 8 : Evolution saisonnière de la chlorophylle aux stations étudiées.

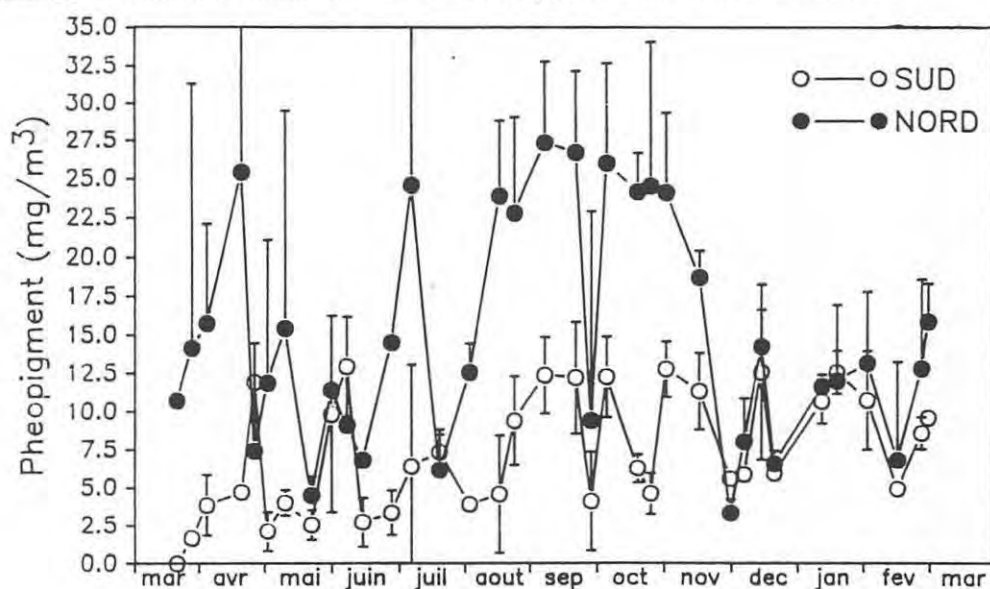


Figure 9 : Evolution saisonnière des péopigments aux stations étudiées.

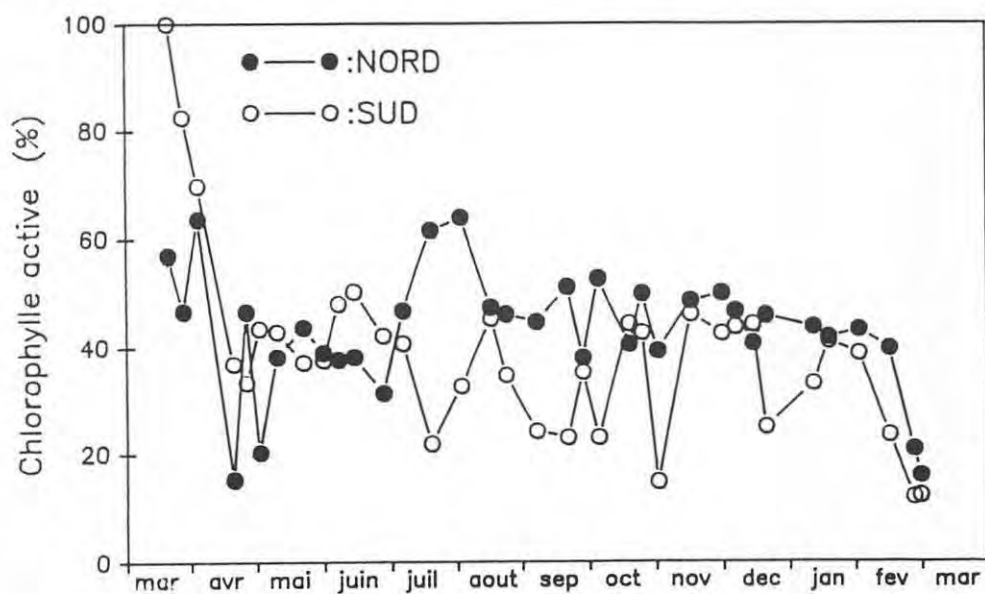


Figure 10 : Evolution saisonnière de la chlorophylle active aux stations étudiées

Ces résultats permettent de penser que la nature phytoplanctonique entre les deux stations est différente avec au nord une remise en suspension de matériel détritique et benthique et/ou d'espèces phytoplanctoniques dissemblables à celles du sud.

#### **4.1.5. Sestons**

##### *4.1.5.1. Seston total (fig. 11)*

Les variations temporelles de la quantité de sestons dans les deux stations étudiées présente des caractéristiques très dissemblables.

- Au nord, elle se traduit par d'importantes variabilités saisonnières et ponctuelles avec des valeurs maximales de 415 mg.l<sup>-1</sup> et des minimales de 14 mg.l<sup>-1</sup>. La moyenne calculée durant la période étudiée est de 154 mg.l<sup>-1</sup> de seston total.

On observe tout au long de l'année une succession de pics de charge sestonique qui semble s'atténuer de décembre à mars.

- Au sud, les teneurs en seston total sont faibles et peu variables au cours du temps. Les concentrations maximales et minimales sont respectivement de 104 mg.l<sup>-1</sup> et 12 mg.l<sup>-1</sup>. La moyenne est de 34 mg.l<sup>-1</sup> soit 4,5 fois moins que le secteur nord.

Les valeurs peu élevées tout au long de l'année semblent augmenter légèrement de novembre jusqu'à la fin de l'étude.

La variation des unités néphélométriques présente des caractéristiques identiques au seston total, et constitue donc dans cette étude, un bon paramètre d'estimation de la matière particulaire en suspension.

La corrélation entre ces deux paramètres peut s'écrire :

$$\text{Seston total} = 2,04 \times \text{NTU} + 3,03 \quad (P < 1\% ; R^2 = 0,93 ; n = 70)$$

##### *4.1.5.2. Seston organique (fig. 12)*

Les variations du seston organique suivent au sud comme au nord une évolution identique à celle du seston total.

A la station nord, les valeurs évoluent entre 4 et 60 mg l<sup>-1</sup> et la moyenne se situe à 18,9 mg.l<sup>-1</sup>.

Dans le secteur sud, la moyenne est de 8,5 mg l<sup>-1</sup> avec des valeurs maximales de 23,7 mg l<sup>-1</sup> et des minimales de 5,2 mg.l<sup>-1</sup>.

Le calcul du taux de matière organique dans le seston total (fig. 13) met en évidence une inversion entre secteurs étudiés des tendances jusqu'à présent observées. Ainsi, le pourcentage de matière organique à la station sud est plus important qu'au nord où les moyennes respectives sont de 30 % et 15 %.

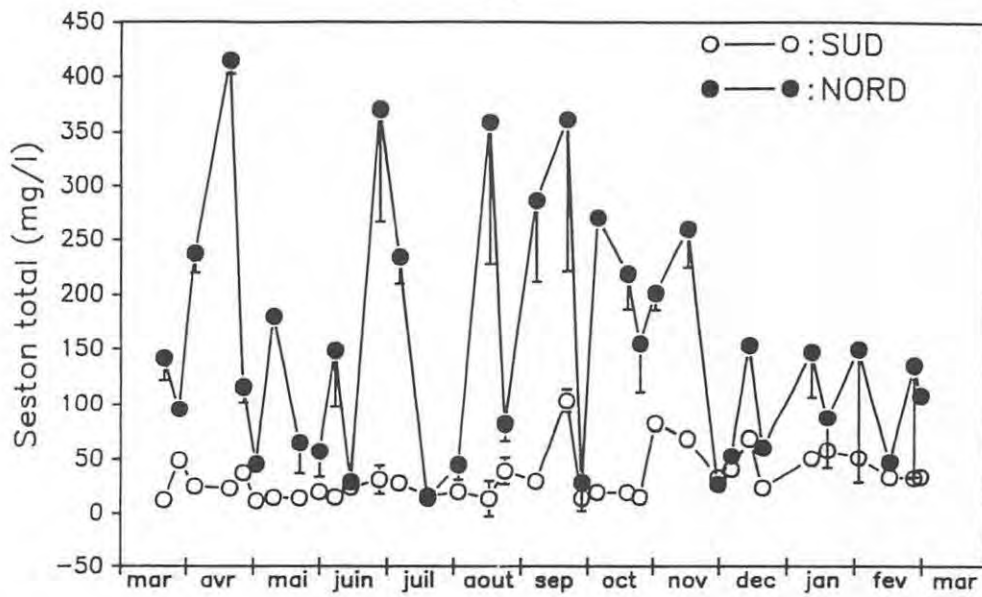


Figure 11 : Variation saisonnière du seston total aux stations étudiées

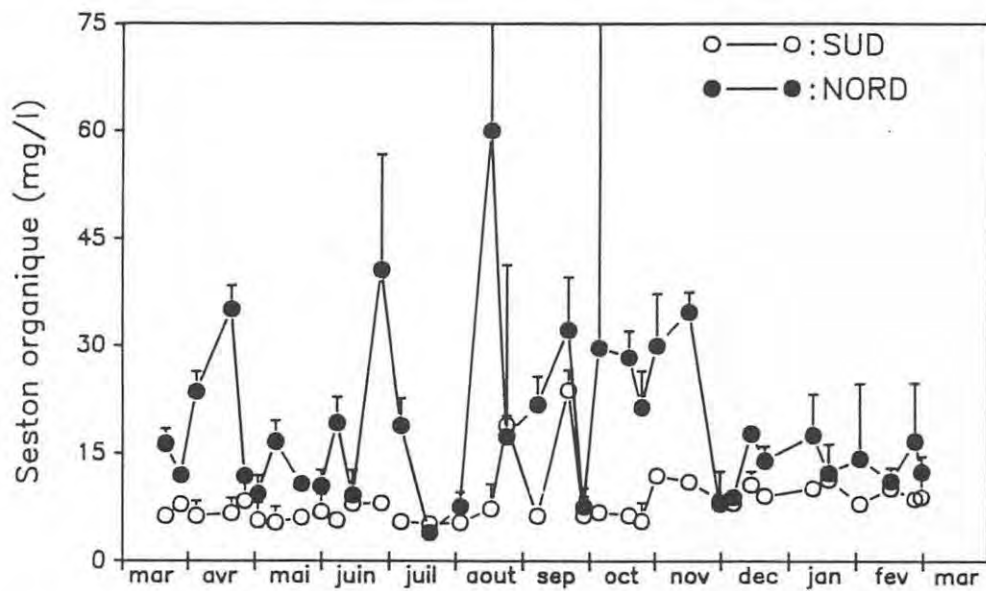


Figure 12 : Variation saisonnière du seston organique aux stations étudiées

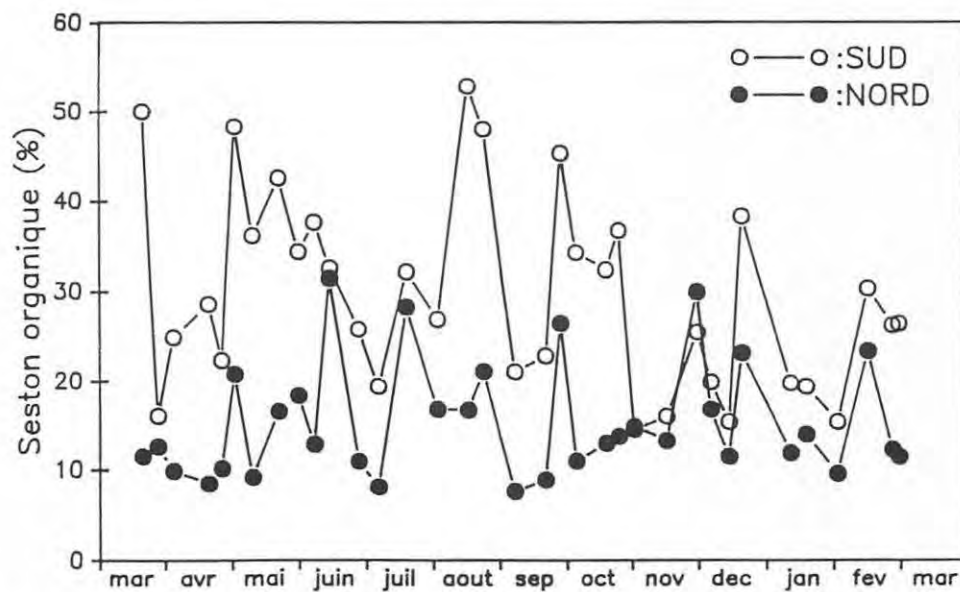


Figure 13 : Variation saisonnière du pourcentage de matière organique aux stations étudiées.

#### 4.1.6. Composés biochimiques (fig. 14 et 15)

Les teneurs et la variabilité des composés biochimiques de la matière particulaire dans la colonne d'eau sont plus importantes dans le secteur nord que dans le secteur sud.

Toutefois, dans tous les cas les différences entre secteur sont beaucoup moins marquées pendant la période hivernale de mi-novembre à fin février

- Les concentrations en protéines varient au nord de 0,7 à 5,3 mg.l<sup>-1</sup> et la moyenne annuelle est de 2,2 mg.l<sup>-1</sup>. Au sud, les valeurs évoluent entre 0,4 et 2,3 mg.l<sup>-1</sup> avec une moyenne de 1,0 mg.l<sup>-1</sup>.

- Les moyennes lipidiques sont au nord de 0,7 mg.l<sup>-1</sup> et au sud de 0,4 mg.l<sup>-1</sup>, les valeurs varient au nord entre 0,3 et 1,4 mg.l<sup>-1</sup> et de 0,2 à 1,0 mg.l<sup>-1</sup> à la station sud.

- Les moyennes glucidiques sont dans le secteur nord et le sud respectivement de 1,3 mg.l<sup>-1</sup> et de 0,6 mg.l<sup>-1</sup>. Les variations de ce composé biochimique évoluent au nord de 0,2 à 4,1 mg.l<sup>-1</sup> et au sud de 0,3 à 1,5 mg.l<sup>-1</sup>.

- L'énergie particulaire présente des teneurs moyennes nettement supérieures au nord qu'au sud avec des valeurs respectives de 103 j.l<sup>-1</sup> et 48,9 j.l<sup>-1</sup>. Au sud le maximum est atteint début novembre (117 j.l<sup>-1</sup>) et le minimum mi-août avec 26,8 j.l<sup>-1</sup>. Le secteur nord présente 3 pics distincts avec 201,5 j.l<sup>-1</sup> mi-avril, 184,5 j.l<sup>-1</sup> fin juin et 242,9 j.l<sup>-1</sup> début octobre. Les valeurs minimales se situent en juillet avec 38,7 j.l<sup>-1</sup>.

**Tableau 4** : Pourcentage moyen des composés biochimiques de la matière particulaire pour chaque station.

	<b>Protéines %</b>	<b>Glucides %</b>	<b>Lipides %</b>
Sud	51	29	20
Nord	53	30	17

Le tableau ci-dessus représente la part relative de chacun des composants biochimiques par station et sur la période écoulée. Les protéines sont les éléments majoritaires suivis des glucides et des lipides. Une analyse de variance à un facteur (site), n'a pas montré de différences significatives dans la proportion de chaque élément entre les stations étudiées.

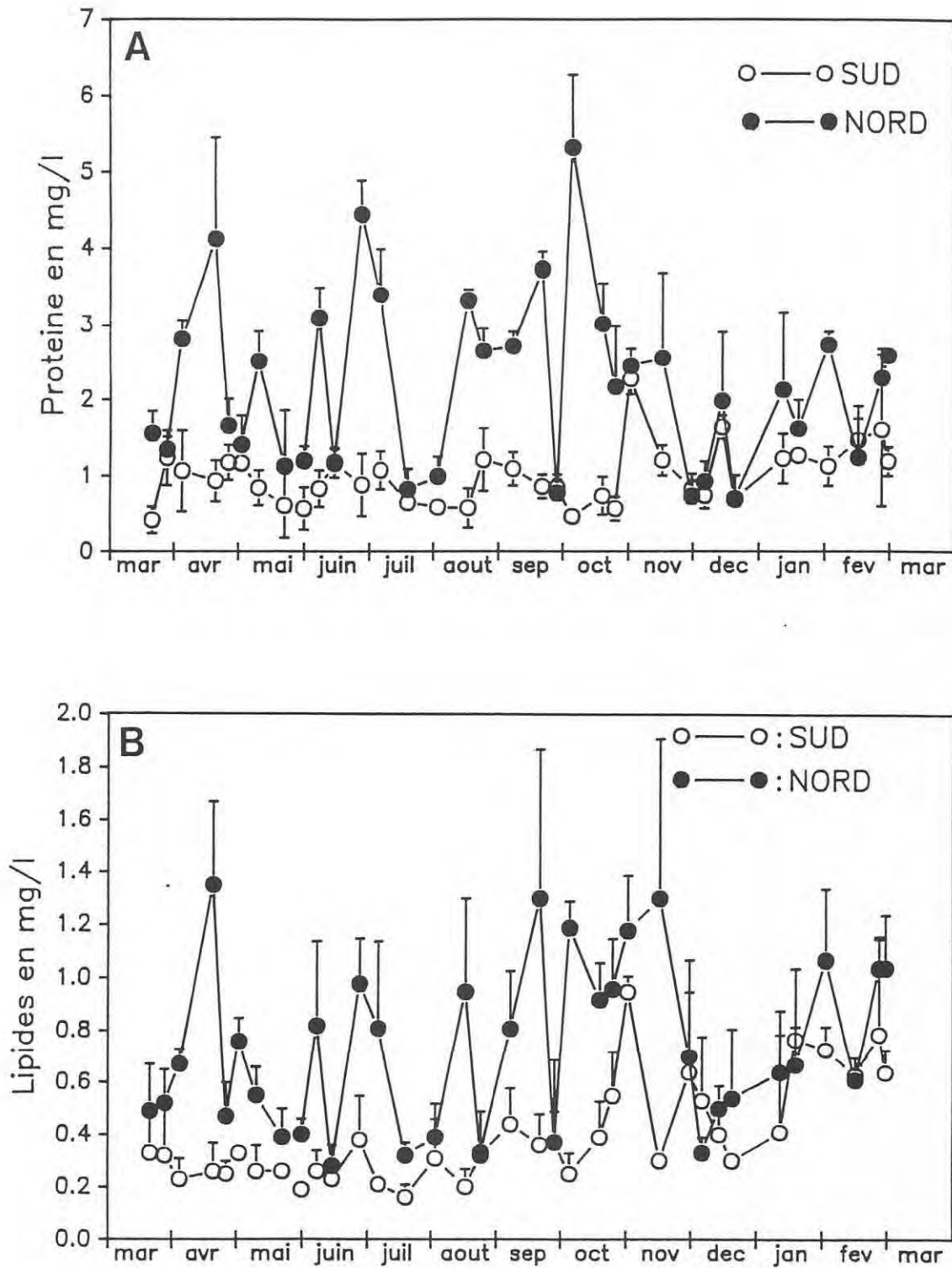


Figure 14 : Evolution saisonnière des protéines (A) et lipides (B) des stations nord et sud.



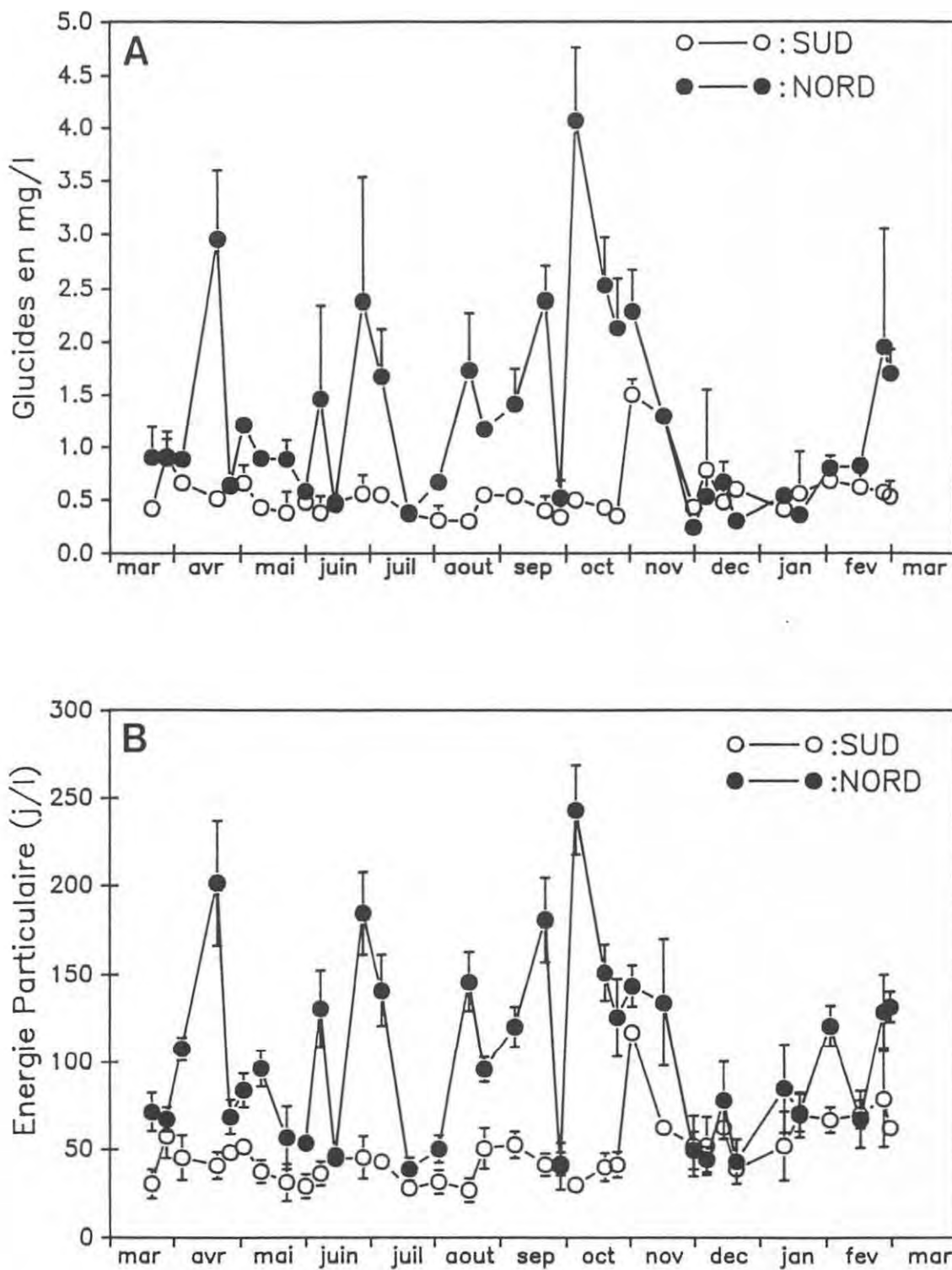


Figure 15 : Evolution saisonnière des glucides (A) et de l'énergie particulaire (B) des stations nord et sud.

#### 4.1.7. *Eléments nutritifs (fig. 16 et 17)*

- Au sud l'évolution des nitrites présente une chute importante de  $0,93 \mu\text{mol.l}^{-1}$  en mars à  $0,12 \mu\text{mol.l}^{-1}$  début mai. Malgré une forte concentration observée dans la dernière quinzaine de mai ( $1,14 \mu\text{g.l}^{-1}$ ), les valeurs restent faibles jusqu'à la fin de l'étude et varient de  $0,1$  à  $0,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$ .

Au nord, la tendance printanière est moins marquée qu'au sud avec des valeurs fluctuant entre  $1,0$  et  $0,13 \mu\text{mol.l}^{-1}$ . Dès la fin juin, les teneurs sont plus faibles qu'au sud, proches de zéro, et sont stationnaires jusqu'à fin septembre. Par la suite, elles augmentent sensiblement de  $0,03 \mu\text{mol.l}^{-1}$  début octobre à  $1,09$  fin février où elles atteignent leur concentration maximale. Les moyennes de l'année sont très voisines pour les deux stations avec  $0,32 \mu\text{mol.l}^{-1}$  pour le sud et  $0,37 \mu\text{mol.l}^{-1}$  pour le nord.

- Les teneurs en nitrates présentent une évolution semblable sur chacun des sites. On constate une diminution rapide des nitrates, de mars à fin mai, de  $44$  à  $1,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$ . Les valeurs, voisines de zéro se stabilisent jusqu'à fin octobre. Elles augmentent ensuite pour atteindre en fin janvier pour le sud, et début février pour le nord, leurs concentrations maximales, respectivement  $53,8 \mu\text{mol.l}^{-1}$  et  $49,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ . Les moyennes en  $\text{NO}_3$  sont supérieures au nord ( $17,22 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ) qu'au sud ( $14,11 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ).

- Les teneurs en ammoniac, dans les deux secteurs étudiés présentent de fortes fluctuations tout au long de l'étude. Les valeurs varient entre  $1,6$  et  $24 \mu\text{mol.l}^{-1}$  pour le sud et  $2$  à  $20 \mu\text{mol.l}^{-1}$  au nord.

- Les teneurs en silicates évoluent de manière semblable au nord et au sud. Un épuisement important des réserves est observé de mars à début mai où les concentrations minimales sont atteintes ( $2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ). Après une succession de pics, en juin puis en août, les valeurs réaugmentent sensiblement jusqu'à mi-janvier où se situent les concentrations maximales  $25 \mu\text{mol.l}^{-1}$  de Si -  $\text{SiO}_3$  de la période étudiée.

De mars à fin mai, les teneurs en phosphate chutent en moyenne de  $0,9$  à  $0,01 \mu\text{mol.l}^{-1}$  dans les deux secteurs étudiés. Alors que les valeurs semblent se stabiliser autour de  $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$  à la station sud, elles augmentent nettement à la station nord jusqu'à mi-septembre où les maxima sont atteints ( $1,6 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ). De fin octobre à fin février les évolutions des teneurs en phosphate au secteur nord et au secteur sud sont identiques, mais les valeurs sont pour la première fois de cette étude supérieures au sud.

En résumé de l'analyse des variations de sels nutritifs, on remarque que, quel que soit le site considéré, il se produit un épuisement des réserves en azote (fig. 17C) en silice et en phosphate de mars à fin mai suivi d'une régénération plus ou moins lente de ces composés durant les autres périodes de l'année.

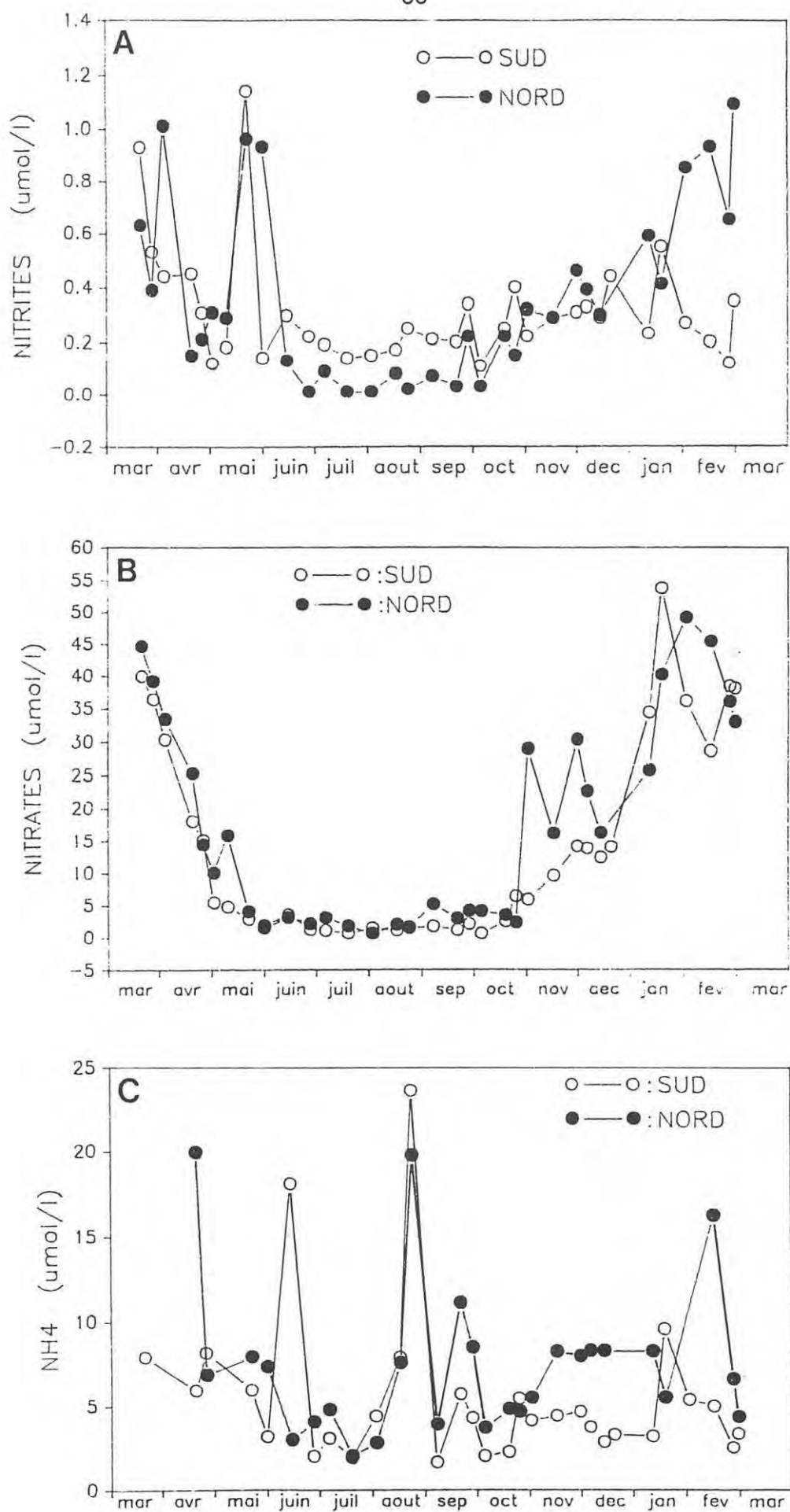


Figure 16.: Evolution saisonnière des nitrites (A) , des nitrates (B), de l'azote ammoniacal (C).

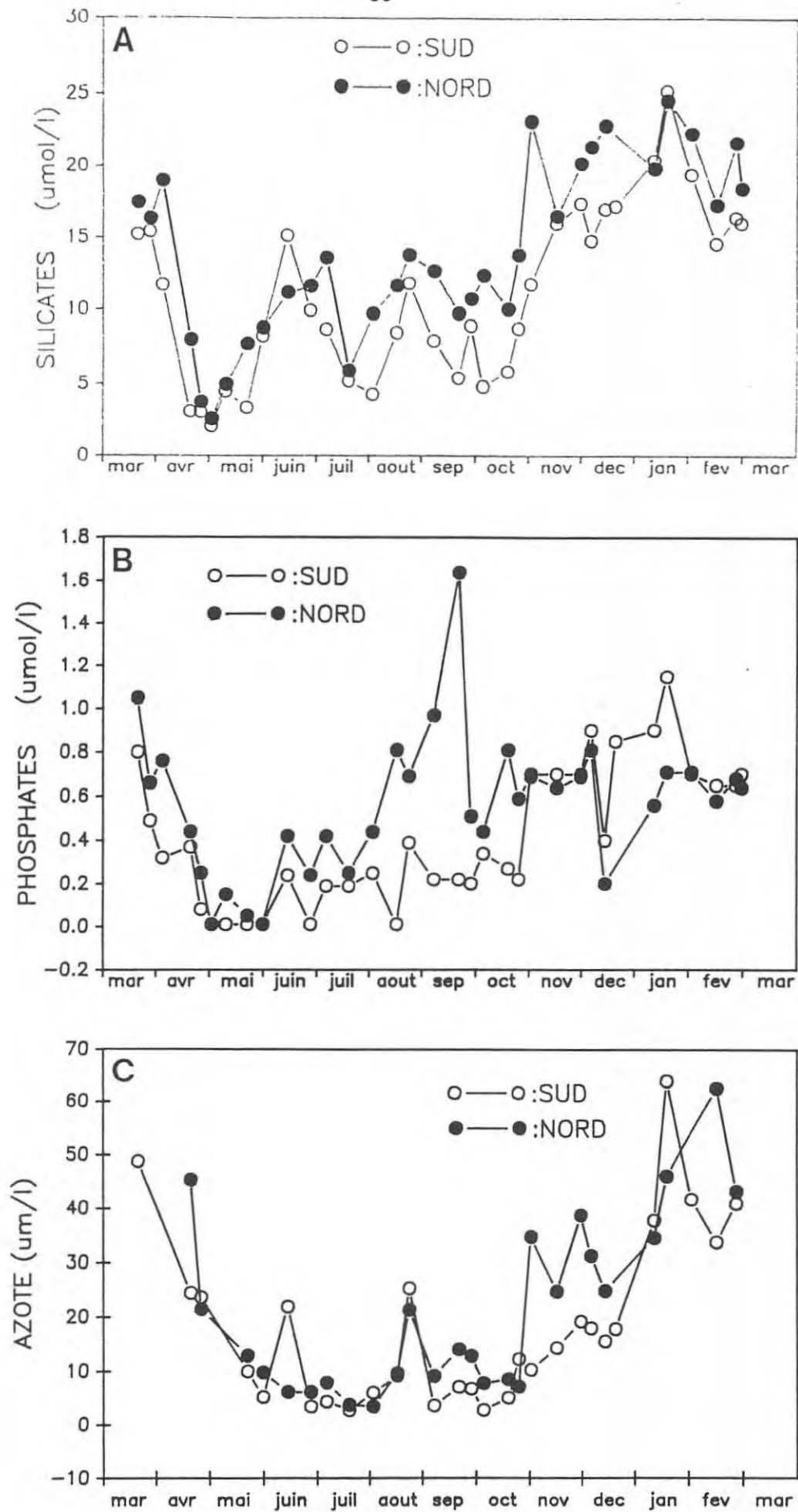


Figure 17 : Evolution saisonnière des silicates, phosphates et azote totale.

## 4.2. Discussion et analyse des résultats hydrobiologiques

### 4.2.1. Caractérisation et différences entre secteurs

Il est nécessaire pour synthétiser les caractéristiques physico-chimiques des deux secteurs d'étude d'avoir recours aux méthodes d'analyses multifactorielles, en l'occurrence une analyse en composante principale. (A.C.P.), réalisée sur la matrice de corrélation.

Les mesures de sels nutritifs n'ont pas été représentées dans cette analyse car beaucoup d'entre-elles ont été manquantes à cause de certains problèmes rencontrés lors du dosage. Par conséquent, il aurait fallu réduire le nombre de ligne de façon à équilibrer l'A.C.P. et ceci aurait été préjudiciable à la sensibilité du test.

Ainsi, les variables étudiées permettent d'expliquer 84,4 % de la variabilité totale sur les axes 1 et 2. La matrice de corrélation (tableau 5) met en évidence un bon niveau de corrélation entre les sestons, les pigments et l'énergie qui contribuent fortement à la formation de l'axe 1, (67,3 %).

L'axe 2 est représenté par la température (17,1 %) qui ne semble liée à aucun autre paramètre (fig. 18).

Tableau 5 : Matrice de corrélation des paramètres hydrobiologiques des secteurs étudiés.

	TEMP	SESM	SESO	PHEO	CHLA	ENERGIE
TEMP	1,000					
SESM	0,082	1,000				
SESO	0,125	0,891	1,000			
PHEO	0,128	0,804	0,738	1,000		
CHLA	0,197	0,642	0,583	0,765	1,000	
ENERGIE	-0,010	0,893	0,800	0,803	0,593	1,000

La projection des observations sur le plan (1,2) (fig. 19), fait apparaître une opposition très nette sur l'axe 1 entre les deux stations.

Les observations relatives à la station nord sont réparties largement sur l'axe horizontal et traduisent d'une part l'hétérogénéité du milieu, et d'autre part les quantités importantes de matières particulières en suspension qui caractérisent ce secteur.



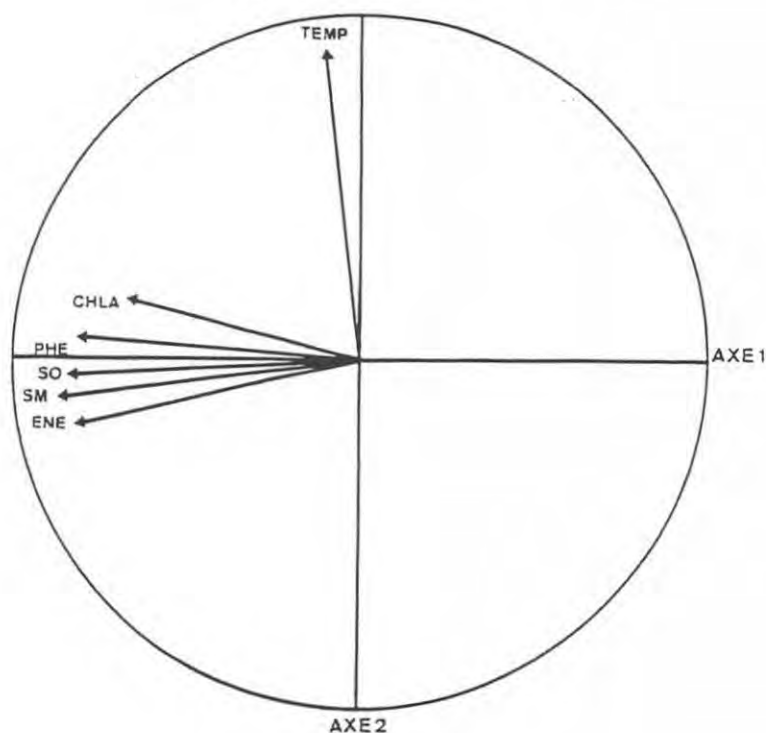


Figure 18 : Analyse en composante principale effectuée sur différentes variables du milieu (TEMP : température; CHLA : chlorophylle ; PHE : pheopigment; SO : seston organique; SM : seston minéral; ENE : énergie).

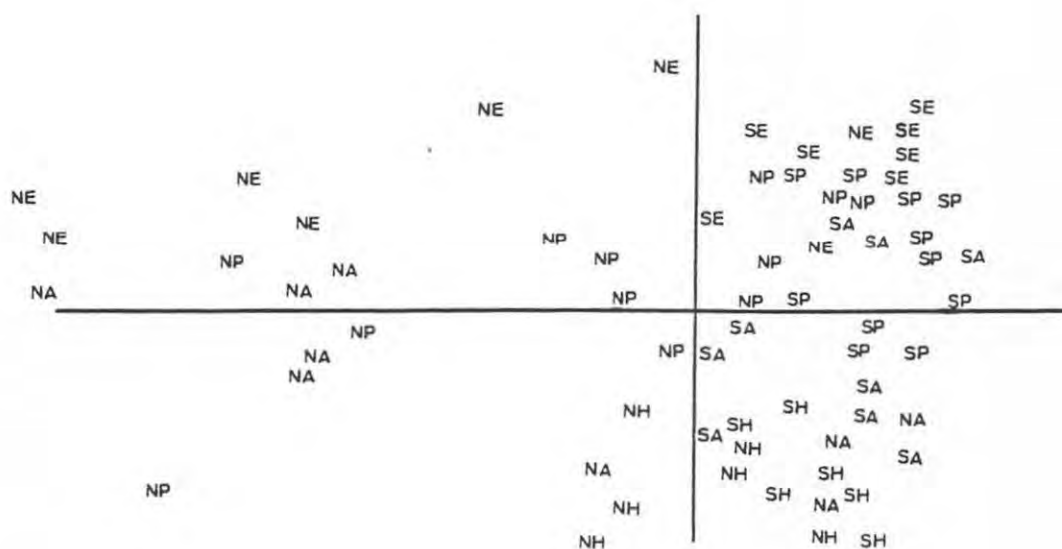


Figure 19 : Projection des observations sur le plan 1-2 de l'A.C.P. (S : sud; N : nord; P : printemps ; E : été; A : automne; H : hiver  
exemple : SE = station sud en été - NH = station nord en hiver  
Nombre d'observations : 35

En revanche, les observations de la station sud sont très regroupées dans la zone où les paramètres représentent leurs plus faibles concentrations.

Sur l'axe 2 qui est défini par les températures, il apparaît nettement une stratification selon les saisons.

Pendant la période hivernale, on constate que les stations ont des caractéristiques hydrobiologiques très proches du fait d'un rapprochement du secteur nord des basses valeurs.

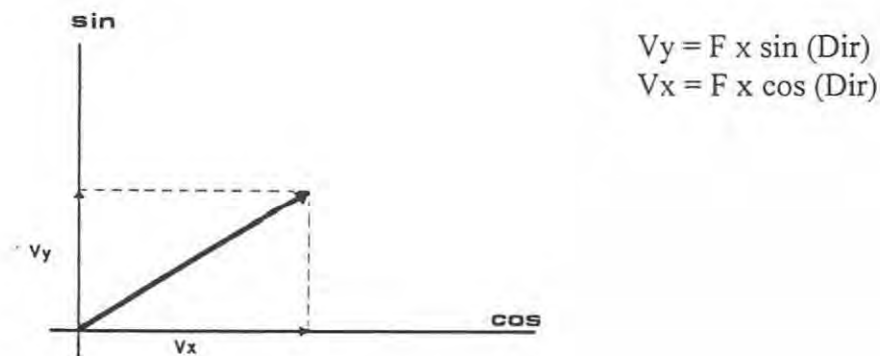
#### 4.2.2. Effets du vent sur la remise en suspension des matières particulières

Le vent peut avoir une influence non négligeable, en amplifiant les effets mécaniques de la houle dans la remise en suspension des matières particulières d'une baie, telle que la baie de Bourgneuf. Levasseur *et al.*, (1983), le démontrent lors d'une étude effectuée dans l'estuaire du Saint-Laurent. Héral *et al.*, (1980) associent la forte remise en suspension du sédiment aux mauvaises conditions météorologiques.

Dans cette étude, les directions et forces du vent issues du sémaphore de l'Ile d'Yeu et communiquées par le centre de météorologie de La Roche-sur-Yon, ainsi que les hauteurs d'eau et coefficients de marée ont été mis en relation avec les quantités de charges sestoniques.

Les effets du vent maximum instantané relevés le jour du prélèvement ainsi que les moyennes effectuées sur la somme des 2, 3 et 4 jours précédents, ont été testés.

Ces moyennes sont calculées selon les règles trigonométriques classiques. Chaque vecteur est déterminé par sa direction et sa force selon l'axe des sinus et des cosinus du cercle trigonométrique.



Dir = direction du vent (degrés) ; F = force du vent (m/s)

Les valeurs numériques  $V_y$  et  $V_x$  peuvent être moyennées en plusieurs jours  $\left( \frac{\sum V_{yi}}{n} ; \frac{\sum V_{xi}}{n} \right)$

et retransformées en données vectorielles selon les calculs suivants :

$$\text{Moy } F = \sqrt{\left( \frac{\sum V_{yi}}{n} \right)^2 + \left( \frac{\sum V_{xi}}{n} \right)^2} \quad \text{Moy Dir} = \text{Arc.Tang} \frac{\sum V_{xi}}{\sum V_{yi}} \quad n = \text{nombre de jours}$$

La matrice de corrélation présentée dans le tableau 6 donne la force de liaison qui existe entre les paramètres et les sestons et ne tient compte que des données relevées à la station nord.

En effet, les sestons du secteur sud ne sont pas expliqués par les paramètres étudiés et ont été rejetés de l'analyse de corrélation (5 % à l'introduction et 5 % à l'élimination des variables).

**Tableau 6** : Coefficients de corrélation des paramètres explicatifs vis à vis du sestion de la station nord.

Dir<sub>n</sub> : Direction du vent (degrés) ; Vit<sub>n</sub> : Vitesse du vent (m/s) ;  
n : nombre de jours cumulés).

	<b>Cœf</b>	<b>Hauteur d'eau</b>	<b>Dir 1</b>	<b>Dir 2</b>	<b>Dir 3</b>	<b>Dir 4</b>	<b>Vit 1</b>	<b>Vit 2</b>	<b>Vit 3</b>	<b>Vit 4</b>
<b>Seston Total</b>	0,217	-0,101	0,569	0,534	0,381	0,231	0,529	0,320	0,252	0,213

Le tableau 6 montre une perte de sensibilité du coefficient de corrélation au fur et à mesure que le nombre de jours pris en compte et précédant le prélèvement augmente. Ceci tend à démontrer que seul l'effet du vent journalier a une incidence sur la remise en suspension des charges particulières, relevée le jour même.

D'autre part, les corrélations du coefficient de marée et de la hauteur d'eau sont faibles vis à vis du sestion total.

La figure 20 montre l'influence du vent, en fonction de son orientation, sur la remise en suspension à la station nord :

- La charge sestonique augmente lorsque le vent se déplace du nord au nord-ouest dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
- Les valeurs les plus faibles sont obtenues quand le vent souffle du N-NE. La moyenne est alors de 54 mg/l de sestion total.
- Les concentrations les plus élevées apparaissent lorsque le vent vient du secteur W-NW et atteignent une moyenne de 312 mg/l.

L'analyse en composantes principales (fig. 19), détaillée précédemment, montre que les caractéristiques hydrobiologiques de la station nord se rapprochent étroitement de celles du secteur sud, de novembre 1989 à février 1990. Il semblerait que le vent soit en partie responsable de cet état de fait, puisque les moyennes calculées sur cette période montrent que la direction du vent a été de 38°, pour une vitesse de 7 m/s.

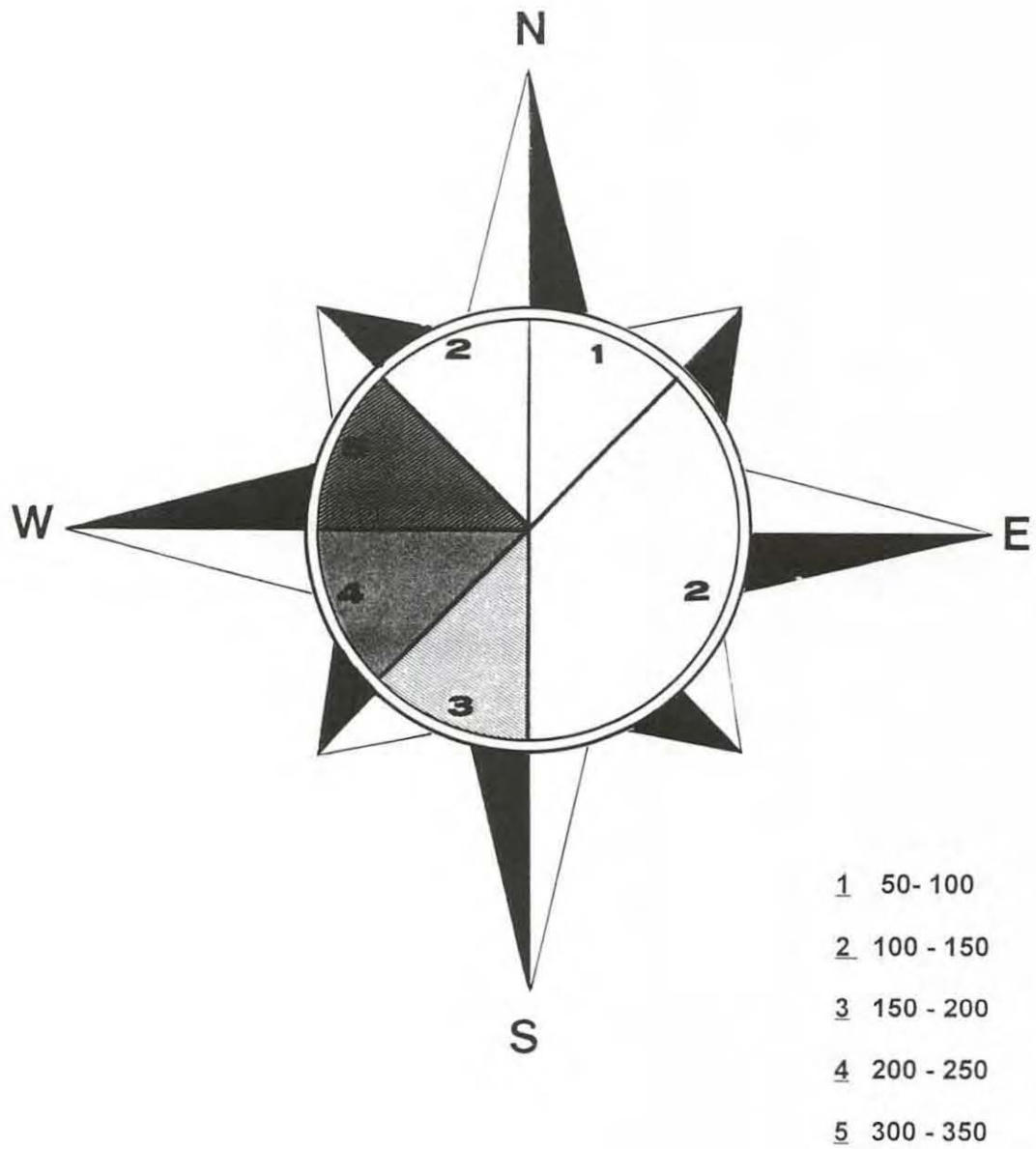


Figure 20 : Moyenne de la charge particulaire (mg/l) en fonction de la direction du vent au secteur nord.

Dans ces conditions hivernales et de direction N.E de vent, il apparaît sur la figure 20 que l'influence éolienne est minimale sur la remise en suspension à la station nord et explique ainsi le changement brutal des caractéristiques hydrobiologiques du secteur nord.

D'autre part, la représentation de l'effet du vent sur la remise en suspension au secteur nord en fonction des valeurs observées (fig.20) suggère une modélisation globale en décomposant la direction du vent et sa force sur les axes N-S des sinus et E-W des cosinus selon les calculs précédemment décrits.

Une régression multiple, pas à pas (probabilité de 5 % à l'introduction et à l'élimination) permet d'expliquer la matière en suspension en fonction du vent par l'équation suivante :

$$\text{Sestons (mg/l)} = 11 \pm 10 \times \text{vitesse (m/s)} - 71,8 \pm 44,9 \times \sin(\text{direction}) (\text{degré}) + 11,6$$

$$n = 28 ; r = 0,71 ; r^2 = 0,51 ; F = 12,9 ; P = 0,0002.$$

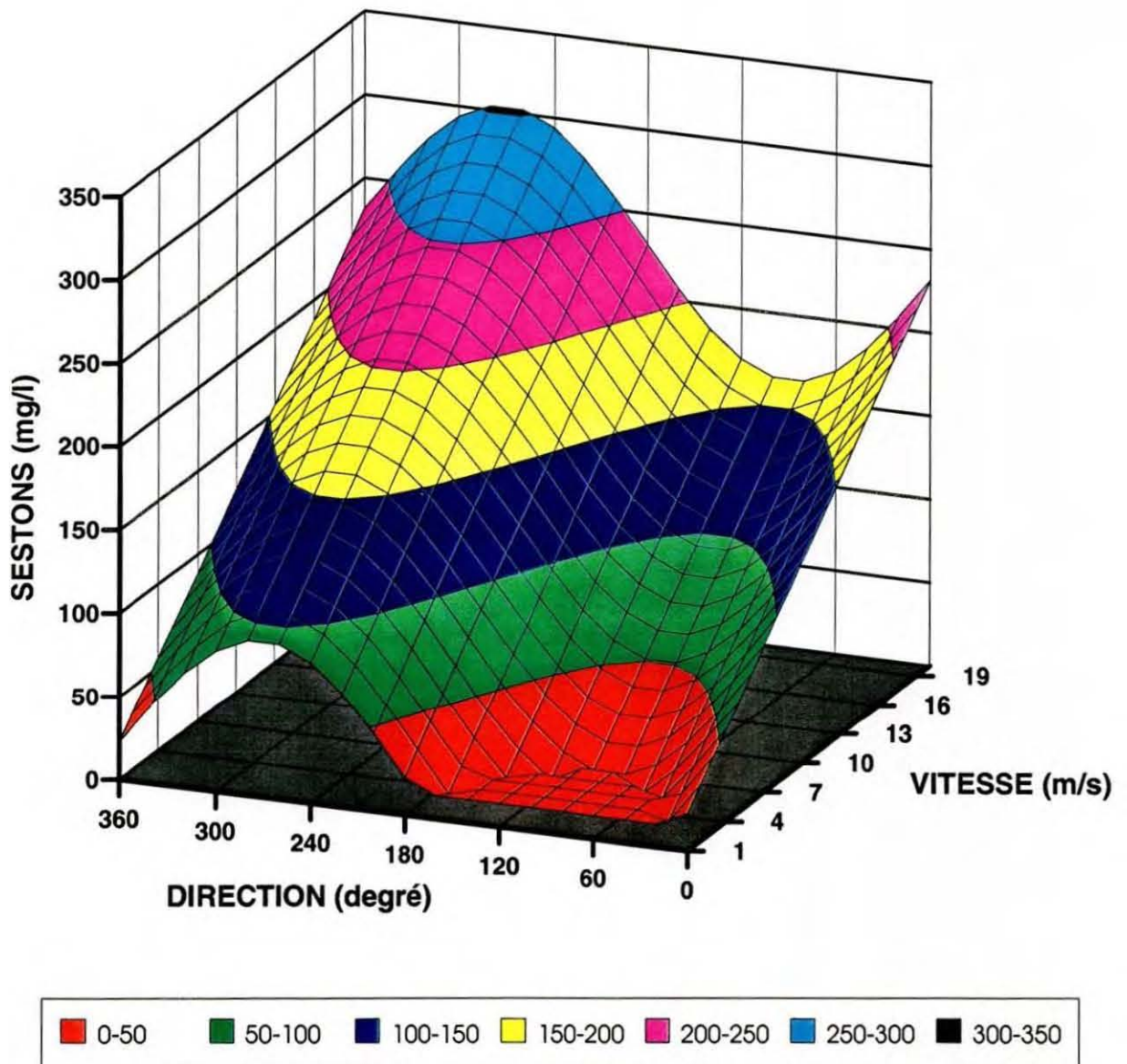
La représentation graphique de cette fonction (fig. 20bis) fait apparaître, d'une part la relation qui existe entre la charge particulaire et la direction du vent selon une relation sinusoïdale, et d'autre part, l'effet synergique de sa force, exprimée en m/s, pour une direction donnée.

Cette figure met en évidence, à la station nord, les caractéristiques suivantes :

- La charge particulaire est importante lorsque la direction du vent est de secteur ouest et notamment entre le S-W et N-W.
- Les quantités sestoniques sont plus faibles quand le vent provient de l'est et ne dépassent pas 50mg/l si la force du vent n'excède pas 7m/s.
- Pour une direction donnée, la charge sestonique augmente avec la vitesse du vent.



$$\text{SESTONS} = 11 \cdot \text{VITESSE} - 71.8 \cdot \sin(\text{DIRECTION}) + 11.6$$



**Fig 20bis** : Représentation graphique de la quantité de sestons en fonction de la direction du vent et de sa vitesse, au secteur nord.



### 4.2.3. Compréhension des efflorescences phytoplanctoniques

#### Espèces phytoplanctoniques

En baie de Bourgneuf, de nombreuses études ont été effectuées sur la caractérisation des populations microalgales. Beaucoup d'entre elles concernent l'étude écologique des nombreuses claires à huîtres bordant le littoral, notamment sur le verdissement (Robert, 1977, 1983), et sur les différentes espèces phytoplanctoniques (Rince, 1978) ou sur les éléments nutritionnels régulant la production primaire (Maestrini et Robert, 1981).

En revanche, peu de travaux existent sur la microflore des eaux de la baie de Bourgneuf, Marion (1985), Marion et Robert (1985) et plus récemment Baud *et al.*, (1990) énumèrent les différentes espèces rencontrées en baie de Bourgneuf en relation avec la fertilité du milieu.

Les travaux de Baud *et al.*, (1990) sont particulièrement intéressants puisque les prélèvements ont été effectués au sein même des zones ostréicoles sur différentes stations dont celles qui ont été choisies dans cette étude. Ces auteurs, ne peuvent cependant pas différencier les deux stations (nord et sud) en fonction des espèces rencontrées, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse d'un apport différentiel de micro algues benthiques à la station nord par rapport à celle du sud.

Par ailleurs et d'après ces précédents travaux, les diatomées sont dans les deux stations les espèces les plus rencontrées avec une présence allant de 80 à 100% de la flore totale. Ces résultats sont en accord avec Ricard (1987) qui constate que les diatomées constituent une classe dominante du phytoplancton et représente 90% du phytoplancton dans le Pertuis Breton (Barillé, Com. Pers.).

Cependant, alors que les dinoflagellés sont présents toute l'année à la station nord (10 à 20%) et notamment en été ( $1\ 400\ \text{cell.l}^{-1}$ ), ils n'apparaissent à la station sud que pendant la période estivale ( $200\ \text{cell.l}^{-1}$ ), et de façon moindre.

En effet, les populations phytoplanctoniques estivales sont souvent représentées par des dinoflagellés, qui se contentent de peu de sels nutritifs et ont un optimum d'intensité lumineuse plus forte que les diatomées (Bouges, 1974).

#### Relation entre les sels nutritifs et la biomasse phytoplanctonique

Il est communément admis que les phéopigments proviennent essentiellement de la dégradation des pigments chlorophylliens lors de la sénescence des efflorescences phytoplanctoniques ou après consommation des cellules par les organismes filtreurs.

Ainsi, dans les deux stations, on observe une similitude entre l'évolution des phéopigments et le cycle saisonnier de la chlorophylle.

Les phéopigments, d'origine détritique, sont aussi très liés au seston ( $R = 0,804$ ) (tableau 5), et leur concentration dans le milieu dépend en grande partie de la remise en suspension.(cf. action du vent).

Les chlorophylles expriment mieux la multiplication des espèces phytoplanctoniques en fonction de la richesse nutritive de chaque station, et ce sont elles qui dans cette étude ont été mises en relation avec les sels nutritifs.

Les régressions multiples, au seuil de 5 % à l'introduction et à l'élimination des variables ont démontré qu'il n'y a pas de corrélation directe entre les quantités de chlorophylle  $a$  (chl $a$ ) et les sels nutritifs à la station sud.

Au nord, seuls les phosphates et les nitrates ont été retenus avec une bonne corrélation et l'équation peut s'écrire :

$$\text{Chla} = 8,46 + 14,95 \text{ PO}_4 - 0,34 \text{ NO}_3$$

$$(n = 29 ; F = 16 ; \text{Proba} < 0,001 ; R = 74,3 \% ; R^2 = 55,2 \%).$$

La station sud ne présente pas de rapport significatif entre la chlorophylle et les sels nutritifs. Ceci peut être expliqué par le fait que les espèces phytoplanctoniques ne sont pas endogènes au secteur mais sont véhiculées par les masses d'eau qui proviennent du courant résiduel qui contourne l'île de Noirmoutier (fig. 3). D'autre part, le temps de résidence de l'eau est faible dans cette partie de la baie selon Lazure (1992) et le renouvellement est probablement trop important pour que le phytoplancton s'y développe totalement, en utilisant le stock de sels nutritifs.

En revanche, le secteur nord présente un milieu beaucoup plus confiné, avec des temps de renouvellement des masses d'eau, très lents (Lazure, 1992). Ceci peut être à l'origine de la forte dépendance observée entre les quantités de chlorophylle dosées et celles des sels nutritifs. La production phytoplanctonique doit être endogène à la station et de ce fait très sensible aux conditions du milieu. Ainsi, contrairement au sud, on assiste à des quantités importantes de production chlorophyllienne qui sont beaucoup plus durables dans le temps.

Cependant, si les apports nutritifs véhiculés par l'eau douce sont négligeables puisque les alimentations fluviales, en baie de Bourgneuf, le sont aussi, d'où provient la source minérale nécessaire à la production primaire ? En effet, l'année d'étude a été particulièrement marquée par un déficit en eau douce.

En 1985, Marion constate en étudiant la fertilité potentielle de l'eau de mer, selon une radiale allant de l'océan vers l'intérieur de la baie de Bourgneuf, que les eaux les plus fertiles se trouvent à proximité des zones de productions ostréicoles. Sornin en 1981 montre que la biodéposition de mollusques filtreurs amplifie le phénomène de sédimentation et enrichit le

sol de substances dissoutes qui se libèrent dans la colonne d'eau par des échanges à l'interface eau-sédiment comme l'ont montré Feuillet (1971) et Goulean (1986).

D'autre part, les bivalves filtreurs libèrent des substances organiques dissoutes, azotées (Bayne et Scullard 1977, Mann 1979, Robert *et al.*, 1982b) et phosphatées qui peuvent être directement utilisables par les microphytes. Plus récemment, Vincendeau (1987) estime à  $2,5 \mu\text{mol. h}^{-1}. \text{g}^{-1}$  de chair sèche l'excrétion azotée de l'huître *Crassostrea gigas* et à  $0,15 \mu\text{mol. h}^{-1}. \text{g}^{-1}$  de substance phosphatée. La plus grande proportion de ces éléments étant sous forme minérale.

Bien que légèrement supérieures au sud, les quantités et l'évolution de l'azote ne différencient pas les secteurs étudiés. Une régression entre les phosphates et le seston total, qui traduit la remise en suspension, a été réalisée sur le secteur nord.

$$\text{PO}_4 = 0,40 + \text{SEST} \times 0,001 \quad (n = 33, F = 4,1, P = 4,8\%, R = 0,34)$$

La probabilité reste inférieure à 5 % et traduit ainsi une tendance positive et significative entre la quantité de sédiment et les phosphates dans la colonne d'eau. Ces phosphates remis en suspension, proviendraient alors, comme il a été expliqué précédemment, de la minéralisation des particules organiques sédimentées et de la biodéposition due à l'activité des huîtres. Ravail *et al.*, (1986) constatent que le bassin de Marennes-Oléron est nitrate limitant. D'autre part, Barillé pense que la baie de l'Aiguillon est phosphate limitant (com. pers.).

Dans cette étude, on observe que l'azote et notamment les nitrates sont consommés dès le printemps au profit de la production primaire et sont rapidement épuisés dans le milieu. Les phosphates, quant à eux, sont aussi largement utilisés pendant la phase printanière mais réapparaissent très vite dans le milieu de façon importante, surtout à la station nord où les teneurs semblent suffisantes. Ainsi, il semblerait que la baie de Bourgneuf, à l'instar de Marennes-Oléron, du fait que ces composés ne réapparaissent que très tardivement pourrait être nitrate limitant. Toutefois, cette hypothèse devra être confirmée ou infirmée dans l'avenir par une étude approfondie du régime hydraulique du bassin versant et des sels nutritifs véhiculés.

#### 4.2.4. Composés biochimiques

Dans cette étude, la capacité nutritive du secteur nord est deux fois supérieure à celle du sud, et ceci pour chacun des composés biochimiques.

En 1970, Nival *et al.*, observent, lors d'une radiale allant du large de Toulon jusqu'au large de Barcelone, que les concentrations maximales obtenues en protéines et en glucides étaient respectivement de  $0,16 \text{ mg/l}$  et  $0,1 \text{ mg/l}$ .

Les études effectuées sur la côte océanique française, révèlent des teneurs bien plus élevées notamment dans le bassin de Marennes-Oléron (Héral *et al.*, 1980 ; Deslous-Paoli, *et al.*, 1981), dans le Pertuis Breton (Barillé, 1983) et dans le bassin d'Arcachon (Maurer, 1989) où les teneurs sont en moyenne 5 à 6 fois plus élevées qu'en Méditerranée.

Les valeurs des composés biochimiques du secteur sud se situent dans les moyennes observées par les auteurs des études réalisées sur la côte atlantique. En revanche, la station nord présente des teneurs bien supérieures, qui font sans doute de ce site ostréicole l'une des stations les plus riches étudiées en France, que ce soit d'ailleurs en énergie particulière, en chlorophylle ou en seston.

Afin de déterminer la nature de la nourriture potentielle de chacun des secteurs, une analyse en composante principale a été réalisée sur la matrice de corrélation et mettant en relation différents paramètres particuliers du milieu.

- A la station sud, les paramètres ne semblent pas fortement liés entre eux (tableau 7), si ce n'est les protéines avec les glucides d'une part et avec les lipides d'autre part. Les chlorophylles sont peu corrélées avec les composés biochimiques, alors que les phéopigments le sont davantage, mais avec des coefficients relativement faibles.

- A la station nord (tableau 7) de fortes corrélations sont observées entre le seston organique et tous les autres paramètres à l'exception de la chlorophylle qui est très liée au phéopigment. Les composés biochimiques sont aussi très bien corrélés entre eux.

Les analyses en composantes principales (fig. 21) effectuées sur chacun des secteurs, montrent pour la station sud que les variables permettent d'expliquer 64,4 % de la variabilité totale sur les axes 1 et 2. Les protéines, et dans une moindre mesure, les glucides, les lipides, les phéopigments et le seston organique, contribuent à la formation de l'axe 1 (43,4 %). L'axe 2, quant à lui, est représenté par les chlorophylles (21 %).

A la station nord, les variables permettent d'expliquer 85,1 % sur l'axe 1 et 2. Tous les paramètres à l'exception de la chlorophylle expliquent fortement l'axe 1 (71,2 %)

- La chlorophylle est expliquée par l'axe 2 (13,9 %)
- Ces observations permettent de penser que les paramètres biotiques de la station sud sont peu interdépendants car les corrélations sont faibles. Ceci, renforcerait l'idée, émise à propos des sels nutritifs et de la chlorophylle, que les éléments nutritifs proviendraient du large, véhiculés par les masses d'eau, et que la production primaire autochtone serait négligeable.

**Tableau 7** : Tableaux de corrélation des paramètres hydrobiologiques des stations sud et nord (nombre d'observations = 35).

### STATION SUD

	<b>Seston org.</b>	<b>Chloro</b>	<b>Pheo</b>	<b>Protéine</b>	<b>Lipide</b>	<b>Glucide</b>
<b>Seston org</b>	1.000					
<b>Chloro</b>	0.085	1.000				
<b>Pheo</b>	0.436	0.416	1.000			
<b>Protéine</b>	0.351	0.110	0.388	1.000		
<b>Lipide</b>	0.236	-0.115	0.298	0.595	1.000	
<b>Glucide</b>	0.208	0.182	0.243	0.642	0.392	1.000

### STATION NORD

	<b>Seston org.</b>	<b>Chloro</b>	<b>Pheo</b>	<b>Protéine</b>	<b>Lipide</b>	<b>Glucide</b>
<b>Seston org</b>	1.000					
<b>Chloro</b>	0.458	1.000				
<b>Pheo</b>	0.678	0.724	1.000			
<b>Protéine</b>	0.751	0.481	0.752	1.000		
<b>Lipide</b>	0.676	0.289	0.653	0.743	1.000	
<b>Glucide</b>	0.657	0.431	0.760	0.853	0.773	1.000



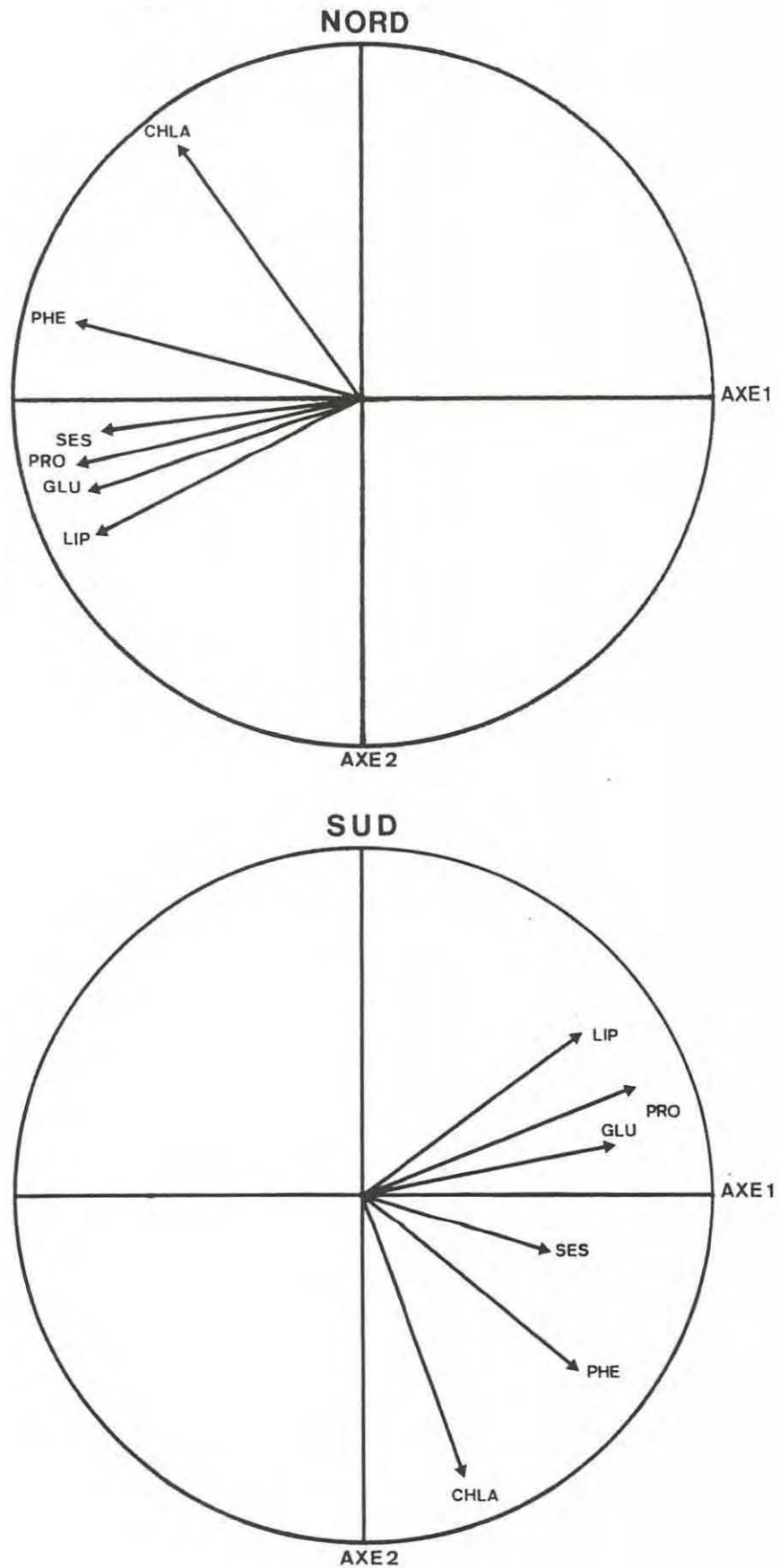


Figure 21 : Analyse en composantes principales effectuées sur différentes variables du milieu (CHLA : chlorophylle, PHE : pheopigment, SES : seston organique, PRO : protéine, GLU : glucide, LIP : lipide).



D'autre part, les phéopigments sont mieux corrélés avec les protides, lipides, et glucides particuliers ce qui voudrait dire que ces paramètres sont plutôt représentatifs de biomasse phytoplanctonique détritique que vivante, contrairement à ce qui a été observé par Deslous-Paoli *et al.*, en 1981 dans le bassin de Marennes-Oléron. Le seston organique est lui aussi plus lié au phéopigment qu'à la chlorophylle ce qui confirme l'importance de la remise en suspension estivale et peut-être des apports détritiques estuariens en hiver (Héral *et al.*, 1980).

#### Relations entre les paramètres

Différentes études ont été effectuées afin de déterminer, grâce à des rapports simples, la qualité du phytoplancton.

Selon Nival *et al.*, (1970), l'étude du rapport protéine/chlorophylle a permet de préciser la nature du matériel particulaire. Parsons *et al.*, (1961) ont trouvé que ce rapport varie entre 23 et 90 pour différentes espèces phytoplanctoniques vivantes,

Pour Parsons *et al.*, (1961), le rapport glucide/chlorophylle a doit varier entre 10 et 57 pour les cellules vivantes.

Dans cette étude, il est rare de rencontrer simultanément des valeurs correspondant à du phytoplancton vivant, selon les trois rapports précédents (tableaux 8 et 9). Tout comme à Marennes-Oléron (Héral et Razet, 1977) les valeurs sont très importantes et traduisent pour le rapport protéine/chlorophylle que les protéines particulières sont d'origine détritique (Héral *et al.*, 1980).

Il est possible cependant d'affirmer que les sucres et les protéines de début juin sont dus à du phytoplancton vivant. C'est aussi à cette période que l'on rencontre le pic le plus élevé de chlorophylle. La même constatation peut être faite, fin juillet, début août à la station nord.

Tableau 8 : Rapport de différents paramètres biochimiques et biologiques traduisant la qualité du phytoplancton.

MOIS/AN	QUANTIEME	PROTEINE mg/l	GLUCIDE mg/l	CHLORO µg/l	PROT/CHLO	GLUC/CHLO	PROT/GLUC
Mar-90	80	0.42	0.42	04.37	096.23	096.99	0.99
Mar-90	87	1.23	0.91	07.80	158.09	116.48	1.36
Avr-90	94	1.06	0.66	08.87	119.04	074.27	1.60
Avr-90	110	0.93	0.51	02.75	336.68	185.03	1.82
Avr-90	116	1.17	0.63	05.95	196.26	105.50	1.86
Mai-90	122	1.16	0.66	01.62	718.10	406.72	1.77
Mai-90	130	0.84	0.43	03.00	278.47	142.76	1.95
Mai-90	142	0.61	0.38	01.50	404.59	256.50	1.58
Mai-90	151	0.57	0.48	05.93	095.95	081.05	1.18
Jun-90	158	0.83	0.38	11.97	068.98	031.61	2.18
Jun-90	165	1.16	0.48	02.73	423.51	176.49	2.40
Jun-90	178	0.88	0.56	02.43	362.89	231.02	1.57
Jul-90	187	1.07	0.55	04.40	243.94	124.02	1.97
Jul-90	200	0.65	0.37	02.05	316.34	181.40	1.74
Aoû-90	214	0.59	0.31	01.90	309.54	164.37	1.88
Aoû-90	228	0.58	0.30	03.80	152.73	077.80	1.96
Aoû-90	235	1.21	0.55	05.00	241.39	109.92	2.20
Sep-90	249	1.09	0.54	03.93	277.29	137.91	2.01
Sep-90	263	0.86	0.40	03.63	235.60	110.44	2.13
Sep-90	270	0.85	0.34	02.23	382.39	152.20	2.51
Oct-90	277	0.47	0.50	03.63	130.40	137.35	0.95
Oct-90	291	0.74	0.43	05.00	147.09	085.66	1.72
Oct-90	297	0.57	0.35	03.43	167.17	102.99	1.62
Oct-90	304	2.28	1.50	02.20	1038.18	680.05	1.53
Nov-90	319	1.20	1.29	09.73	123.29	132.90	0.93
Nov-90	333	0.83	0.43	04.13	199.79	104.54	1.91
Déc-90	339	0.74	0.78	04.57	162.39	170.80	0.95
Déc-90	347	1.64	0.48	10.00	164.24	047.94	3.43
Déc-90	353	0.70	0.60	01.97	355.93	305.08	1.17
Jan-91	375	1.23	0.41	05.31	231.36	077.11	3.00
Jan-91	382	1.27	0.56	08.80	144.55	063.35	2.28
Jan-91	396	1.13	0.68	06.83	164.91	099.60	1.66
Fév-91	410	1.47	0.62	01.50	978.67	414.13	2.36
Fév-91	421	1.61	0.57	01.17	1381.03	489.03	2.82
Fév-91	424	1.19	0.53	01.33	894.23	397.60	2.25

## SECTEUR SUD

Tableau 9 : Rapport de différents paramètres biochimiques et biologiques traduisant la qualité du phytoplancton.

MOIS/AN	QUANTIEME	PROTEINE mg/l	GLUCIDE mg/l	CHLORO µg/l	PROT/CHLO	GLUC/CHLO	PROT/GLUC
Mar-90	80	1.55	0.90	14.10	109.81	063.83	1.72
Mar-90	87	1.34	0.89	12.40	108.00	071.42	1.51
Avr-90	94	2.81	0.88	27.47	102.13	031.92	3.20
Avr-90	110	4.12	2.95	04.55	905.05	648.94	1.39
Avr-90	116	1.65	0.64	06.45	256.12	098.58	2.60
Mai-90	122	1.40	1.21	03.00	468.00	403.47	1.16
Mai-90	130	2.51	0.89	09.55	262.84	093.11	2.82
Mai-90	142	1.12	0.88	03.47	322.62	253.85	1.27
Mai-90	151	1.19	0.58	07.30	163.40	078.82	2.07
Jun-90	158	3.10	1.46	05.50	564.51	264.95	2.13
Jun-90	165	1.17	0.46	04.20	278.86	108.72	2.56
Jun-90	178	4.44	2.38	06.60	673.13	359.88	1.87
Jul-90	187	3.40	1.67	21.60	157.30	077.47	2.03
Jul-90	200	0.82	0.38	09.85	083.53	038.45	2.17
Aoû-90	214	0.99	0.67	22.30	044.40	030.16	1.47
Aoû-90	228	3.33	1.73	21.47	155.33	080.68	1.93
Aoû-90	235	2.65	1.17	19.47	136.30	059.85	2.28
Sep-90	249	2.72	1.41	22.07	123.31	063.70	1.94
Sep-90	263	3.74	2.39	27.90	134.09	085.51	1.57
Sep-90	270	0.77	0.52	05.77	133.49	089.96	1.48
Oct-90	277	5.32	4.07	28.80	184.84	141.16	1.31
Oct-90	291	3.02	2.53	16.40	184.33	154.15	1.20
Oct-90	297	2.17	2.13	24.37	088.88	087.37	1.02
Oct-90	304	2.45	2.29	15.57	157.45	146.90	1.07
Nov-90	319	2.56	1.29	17.70	144.41	073.08	1.98
Nov-90	333	0.73	0.24	03.31	221.77	073.60	3.01
Déc-90	339	0.92	0.53	07.03	131.48	075.28	1.75
Déc-90	347	1.99	0.67	09.77	203.83	068.43	2.98
Déc-90	353	0.69	0.30	05.57	124.66	053.89	2.31
Jan-91	375	2.14	0.54	09.07	235.88	059.19	3.98
Jan-91	382	1.62	0.36	08.67	187.40	041.64	4.50
Jan-91	396	2.75	0.80	10.03	274.09	080.01	3.43
Fév-91	410	1.24	0.82	04.50	275.49	182.62	1.51
Fév-91	421	2.30	1.95	03.33	689.10	585.48	1.18
Fév-91	424	2.60	1.70	03.00	867.33	566.10	1.53

## SECTEUR NORD



## 5. ETUDE DE LA CROISSANCE DE L'HUITRE CREUSE (*CRASSOSTREA GIGAS*)

### 5.1. Résultats

#### 5.1.1. Mortalité et croissance en poche ostréicole

##### - Mortalité (tableau 10)

Au nord comme au sud, les mortalités ont été les plus importantes pendant la période printanière. Elles diminuent au nord dès le mois de juillet alors qu'au sud, elles ne chutent qu'en septembre.

De façon générale et les deux secteurs d'élevage confondus, les mortalités diminuent progressivement jusqu'à la fin de l'étude.

La mortalité cumulée, bien que supérieure au sud, ne présente apparemment pas de différence importante entre les deux sites et reste faible.

Tableau 10 : Mortalité ponctuelle et cumulée exprimée en pourcentage (%) dans les deux secteurs étudiés.

MOIS	SITES		MOYENNES
	NORD	SUD	
Mar-90	0	0	0
Mai-90	2.3	1.2	1.8
Jul-90	0.5	2.5	1.5
Sep-90	0.5	0.5	0.5
Nov-90	0	1	0.5
Jan-91	0	0	0
Mar-91	0.2	0	0.1
<b>Mortalité totale</b>	<b>3.5</b>	<b>5.2</b>	<b>4.4</b>



### - Production par poche et coefficient de croissance (tableau 11)

L'évolution des poids moyens par poche, calculés tous les deux mois (tableau 11), montre une augmentation de mars à novembre, au nord, et de mars à janvier, au sud. Le gain pondéral est alors aux stations nord et sud respectivement de 3,8 kg et 5,7 kg de production.

Alors qu'au nord, de novembre 1990 à janvier 1991 les poids cessent d'évoluer, on constate une nette diminution pondérale au sud, de janvier 1991 à mars 1991. Les taux instantanés de croissance permettent de localiser les périodes de croissance et d'en apprécier l'importance. Ainsi, on peut observer l'existence au nord de deux époques propices à la croissance des huîtres ; l'une de mars à mai et l'autre de juillet à septembre. En revanche, au sud, le printemps est la saison la plus favorable et se poursuit jusqu'en juillet. Ceci pourrait signifier que dans ce secteur la ponte serait moins préjudiciable à la croissance pondérale des huîtres, en comparaison avec la station nord.

Tableau 11 : Production par poche et taux de croissance sur chacun des secteurs

MOIS	Poids par poche et par site (Kg)		Poids individuel moyen (g)		Taux de croissance $T = \ln(W2/W1)$	
	NORD	SUD	NORD	SUD	NORD	SUD
Mar-90	7.1	7.1	35.5	35.5		
Mai-90	8.4	9.7	43	49.1	0.19	0.32
Jul-90	8.7	11.1	44.8	57.5	0.04	0.16
Sep-90	10.4	12	53.8	62.5	0.18	0.08
Nov-90	10.9	12.4	56.4	65.4	0.05	0.04
Jan-91	10.5	12.8	54.3	67.5	-0.04	0.03
Mar-91	10.7	12	55.4	63.4	0.02	-0.06



### 5.1.2. Croissance pondérale

#### a - Technique expérimentale

##### - Croissance pondérale individuelle (fig. 22).

L'évolution de la croissance individuelle des huîtres forme un faisceau de lignes, dont l'allure générale est différente selon la station étudiée, mais reflète bien les observations précédentes (paragraphe précédent) :

- Au nord, le poids des huîtres se situe au départ entre 30,2 g et 38,4 g. La progression de chaque huître est lente et le faisceau est très étroit jusqu'au début octobre. Dès lors, et jusqu'à la fin de l'étude, l'évolution pondérale de chaque huître stagne, et atteint fin février des valeurs comprises entre 44,2 g et 70,3 g.

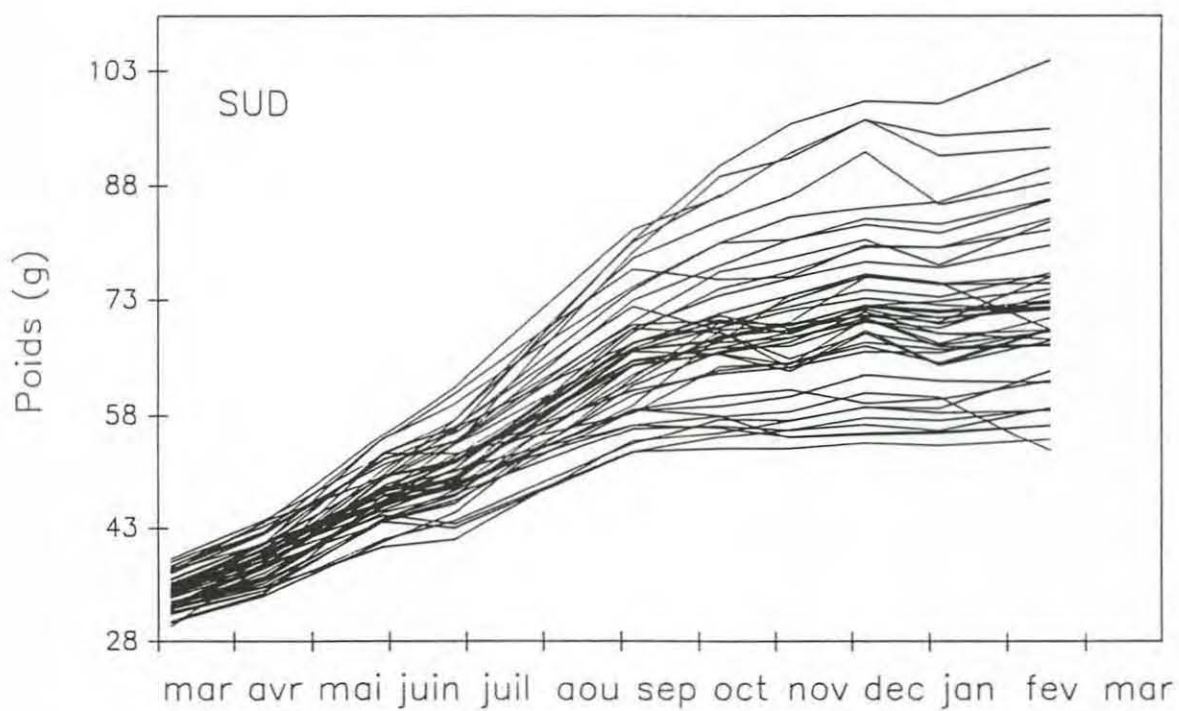
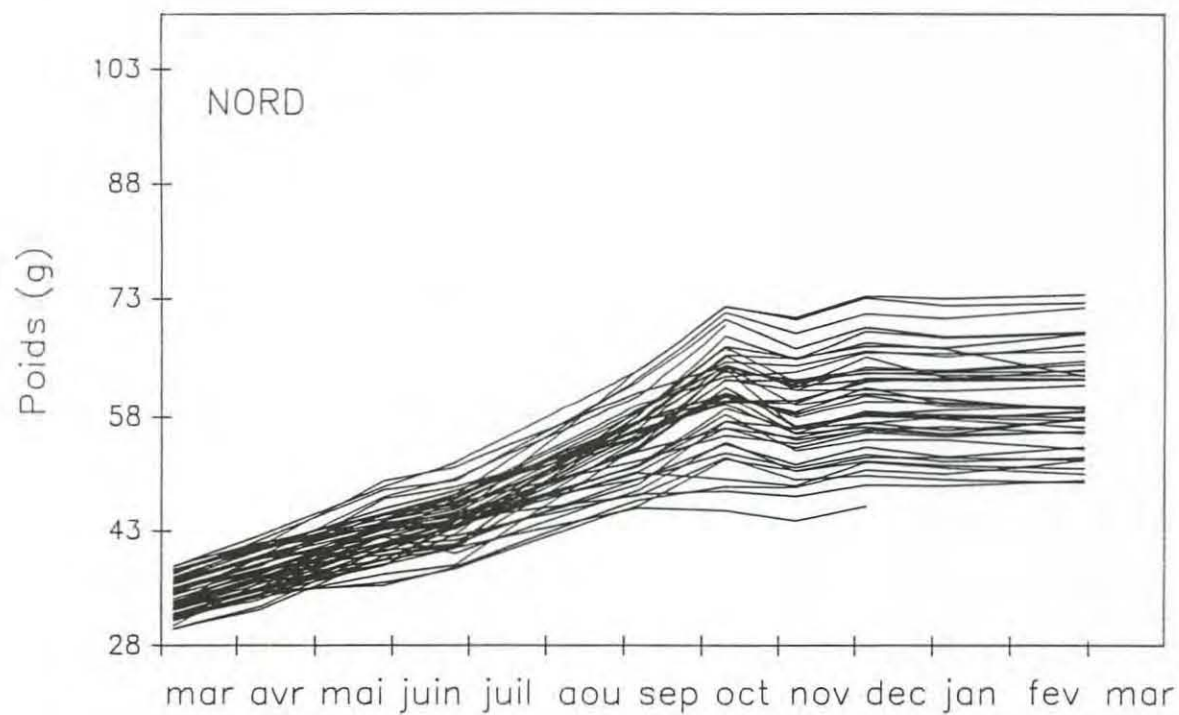
- Au sud, la population de départ représente des valeurs pondérales de 30 à 38g. Les valeurs augmentent rapidement et le faisceau s'élargit considérablement jusqu'à la mi-octobre. En fin d'étude, l'écart entre les huîtres est important puisqu'il s'étale de 52 à 101 g.

On constate que dans les deux stations, les lignes de l'évolution pondérale de chaque huître ne représentent pas des trajectoires parallèles mais se croisent tout au long de la croissance. D'autre part, l'élargissement du faisceau en fin d'étude est plus important à la station sud qu'à la station nord. De ces deux constations, il est possible de remarquer que :

- Dans un milieu donné, le potentiel intrinsèque de croissance de l'huître n'est pas respecté. En effet, une huître appartenant à la "tête de lot" du départ, peut être classée en "corps de lot", voire "queue de lot" à l'arrivée, et vice et versa.

- Dans un milieu où la "capacité trophique" est relativement bonne, (station sud) l'hétérogénéité de croissance d'une population d'huîtres est exacerbée par rapport à des individus de même origine, mais vivant dans un environnement au performance de croissance médiocre. La qualité du milieu est un paramètre important qui conditionne l'expression de l'évolution pondérale de chaque huître.

L'étude de la répartition pondérale des populations d'huîtres de chaque station révèle qu'en fin d'étude 78, 7 % des huîtres de la station nord se situent dans la gamme de poids observée dans la population du secteur sud. En revanche, 46, 7 % de ces dernières sont supérieures aux huîtres du secteur nord, dont le poids est le plus élevé.



**Figure 22** : Evolution pondérale des huîtres individuelles fixées sur le module.

- *Croissance moyenne pondérale (fig. 23).*

L'évolution de la croissance pondérale, moyennée sur les huîtres individuelles, révèle une différence hautement significative entre les deux stations d'études (tableau 12).

Tableau 12 : Analyse de variance à 2 facteurs (site, mois) des données pondérales des huîtres du module expérimentale (n = 1008).

Facteurs étudiés	Test F	Probabilité 5%	Poids moyens		Test de Newman-Keuls seuil=5%
			NORD	SUD	
SITE	372.45	0.0000	51.59	59.76	SUD A
MOIS	253.44	0.0000			NORD B
SITE+MOIS	7.77	0.0000			

Au sud, la progression de croissance est très rapide, avec des poids moyens significativement supérieurs (Test de Newnam Keuls à 5 %) d'un mois à l'autre jusqu'en septembre (69,1 g). Le maximum de poids est atteint en janvier (72,8 g) mais une analyse de variance ne montre pas de différence significative de septembre à février.

Au nord, l'évolution du poids est lente de mars à juillet (34,2 à 46,8 g) et ne représente pas systématiquement de différence significative entre les pesées. Le mois de juin, par exemple n'est pas statistiquement différent du mois de mai et du mois de juillet. Ce ralentissement de croissance peut s'expliquer par la ponte qui s'est effectuée en juin. Tout comme au sud, l'augmentation du poids est observée jusqu'en septembre date à laquelle les valeurs maximales sont atteintes (61,2 g). Par la suite, et jusqu'à la fin de l'étude, l'évolution du poids moyen mensuel ne présente pas de valeur significativement différente du mois de septembre et varie entre 58 et 60,6 g.

Il est nécessaire d'ajouter que, les différences pondérales entre le nord et le sud ne sont significatives qu'à partir du mois de mai. De plus, au mois de juillet moment de la ponte, il apparaît que le secteur nord présente deux mois de retard sur la croissance par rapport à la station sud. Il semblerait donc que les huîtres élevées au sud, souffriraient moins de la période de reproduction.

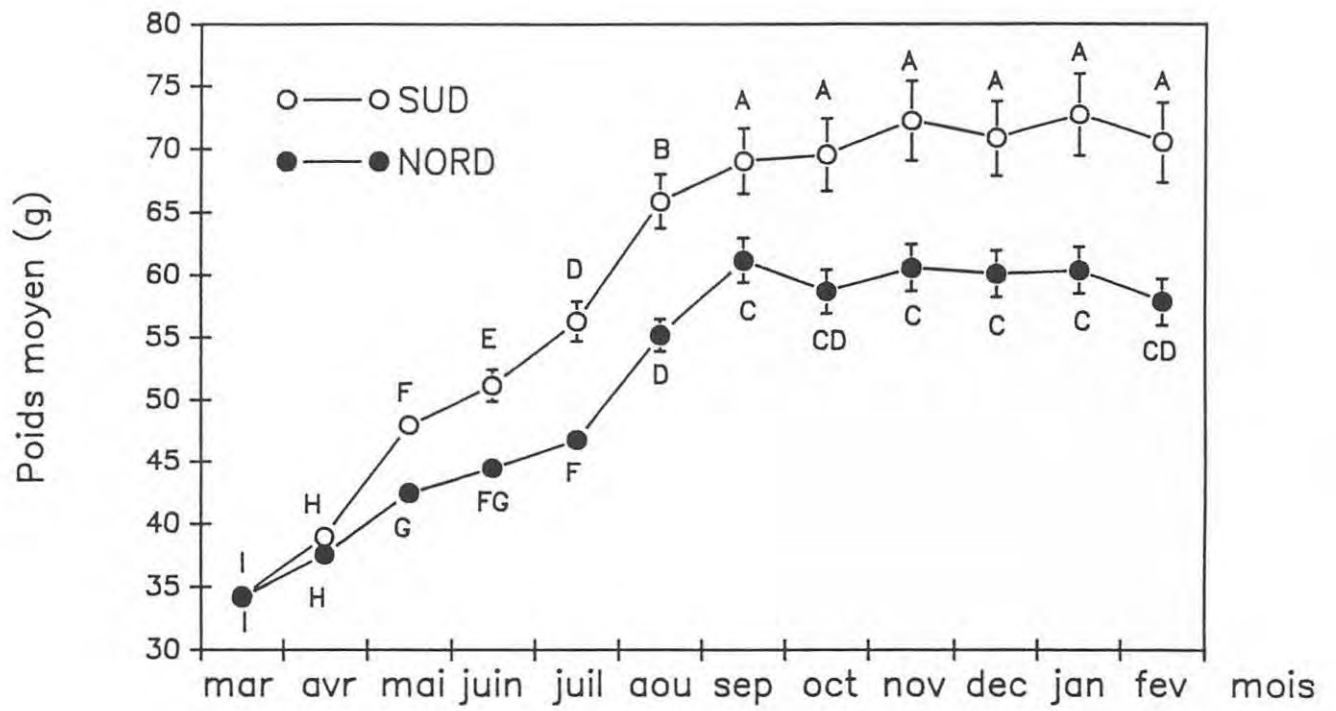


Figure 23 : Croissance pondérale moyenne des huîtres fixées sur le module  
Groupes homogènes (NEWMAN-KEULS)

Au mois d'août en revanche, les huîtres élevées au nord, ne présentent plus qu'un mois de retard par rapport à celles du sud. En fin d'étude, il est possible d'après l'analyse des groupes homogènes, d'estimer le retard de croissance du secteur nord à 1,5 mois par rapport au sud.

#### b- Technique de Type Professionnel

- *Comparaison de la croissance pondérale entre poche et collecteur (fig. 24).*

La figure 24 montre l'évolution, par station d'étude, de la croissance pondérale des huîtres, en fonction de la méthode culturale utilisée.

L'analyse de ces courbes a été réalisée de façon sectorielle.

Au nord, l'évolution pondérale des huîtres varie de 36,4 à 59 g pour l'élevage en poche, et de 36 à 60,6 g pour l'élevage sur collecteur.

Tout comme la technique expérimentale, la croissance s'effectue de mars à septembre et n'évolue plus de façon significative, quelque soit la technique jusqu'à la fin de l'étude.

Au sud, avec un poids de départ identique (36,4 g), les croissances en poche et sur collecteurs, atteignent respectivement des valeurs pondérales de 68,1 et 66,2 g. Il apparaît que la croissance s'effectue jusqu'à fin septembre, début octobre, et ne varie pas de façon significative par la suite.

Quelque soit le site considéré, les deux techniques culturales ne semblent pas se différencier par l'évolution de la croissance pondérale des huîtres élevées.

Une analyse de variance (tableau 13), dont le facteur étudié a été déterminé par la technique culturale, n'a pas montré de différence significative au seuil de 5 %. De plus, le tableau 13 montre qu'il n'existe pas davantage de différence significative en fonction du type d'élevage pour l'ensemble des paramètres biométriques et biochimiques qui seront traités par la suite.

Ainsi, et afin de décrire l'évolution de chacun des paramètres relatifs à la croissance de l'huître, les résultats obtenus seront présentés, dans la suite de cette étude, par la moyenne effectuée sur la totalité des huîtres prélevées par secteur, sans différencier la technique d'élevage.

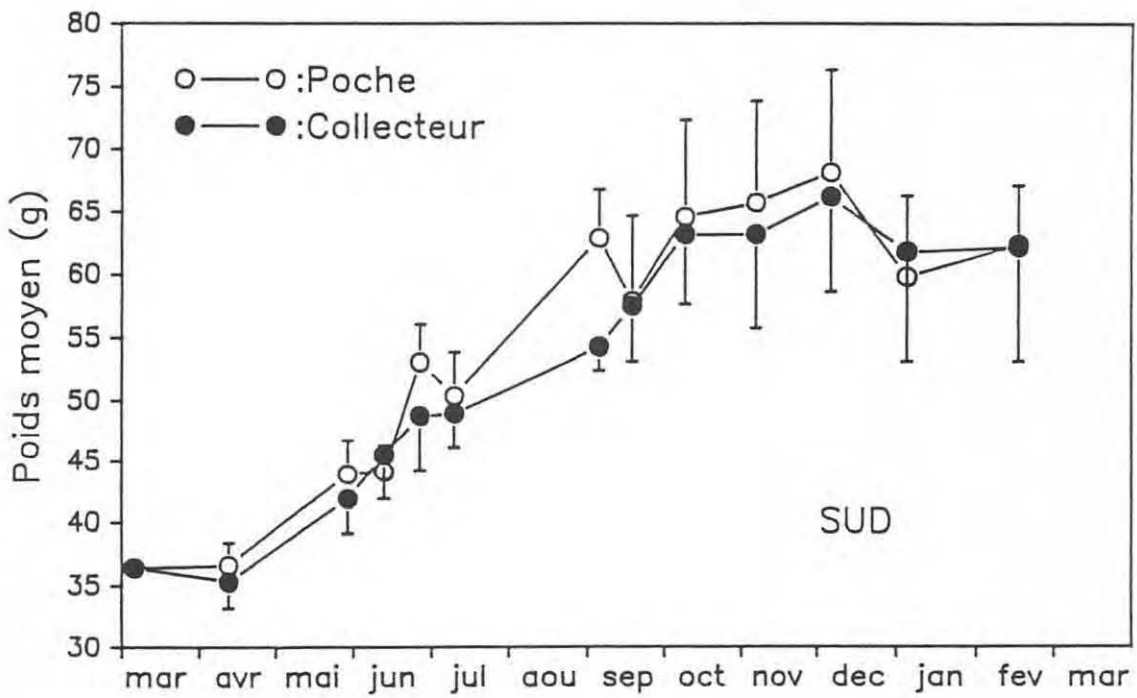
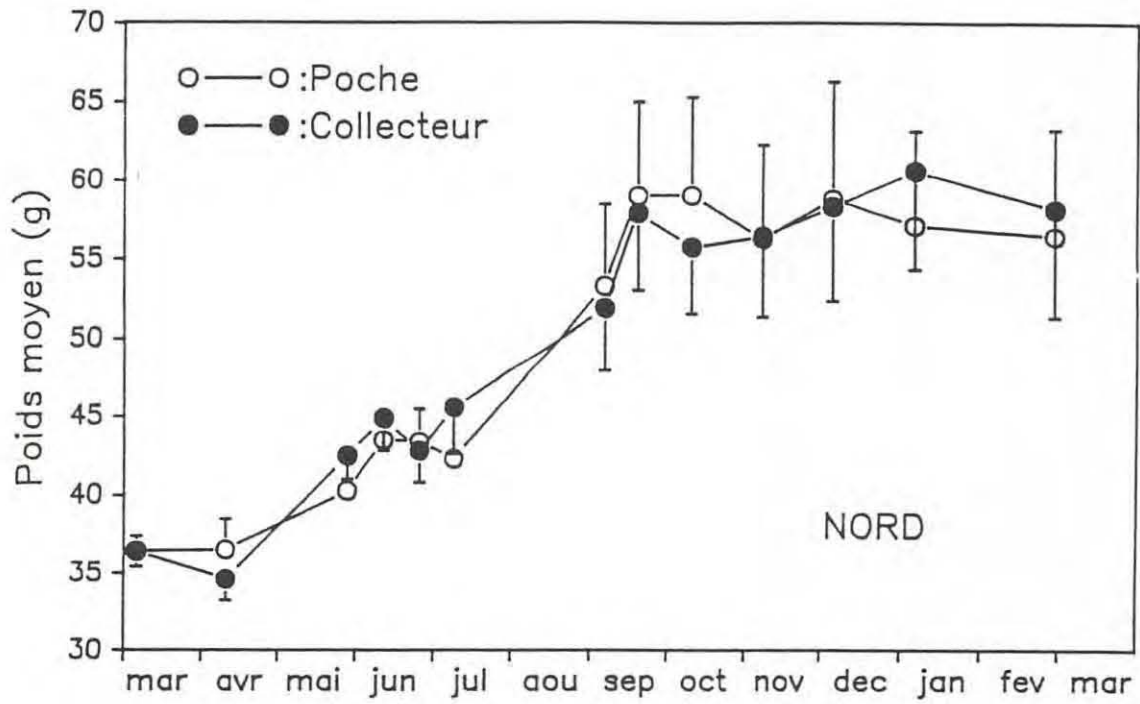


Figure 24 : Comparaison de la croissance pondérale entre poche et collecteur et par secteur



Tableau 13: Analyse de variance par secteur : Facteur étudié = type cultural.

**SITE NORD****N = 24**

PARAMETRES	MOYENNES POCHE	MOYENNES COLLECTEURS	TEST F	PROBA (5%)
Poids total (g)	50.48	50.77	0.01	0.9310
Poids coq (g)	30.71	30.44	0.02	0.8987
Poids frais (g)	5.49	5.93	0.87	0.3651
Poids sec (g)	1.20	1.32	0.94	0.3458
Indice (L et S)	62.03	66.76	0.32	0.5862
Protéine (mg/g)	345.17	337.72	0.25	0.6241
Lipide (mg/g)	82.95	77.81	0.57	0.4647
Glucide (mg/g)	102.86	123.82	1.47	0.2361
Glycogène (mg/g)	71.33	96.88	2.40	0.1317

**SITE SUD****N = 24**

PARAMETRES	MOYENNES POCHE	MOYENNES COLLECTEURS	TEST F	PROBA (5%)
Poids total (g)	55.79	54.08	0.18	0.6810
Poids coq (g)	33.01	32.01	0.19	0.6692
Poids frais (g)	6.53	6.47	0.02	0.8833
Poids sec (g)	1.42	1.43	0.01	0.9061
Indice (L et S)	65.89	71.53	0.24	0.6307
Protéine (mg/g)	357.08	365.03	0.20	0.6623
Lipide (mg/g)	88.04	82.89	0.31	0.5899
Glucide (mg/g)	104.86	106.94	0.03	0.8581
Glycogène (mg/g)	73.67	85.77	0.77	0.3945

Une analyse de variance a été réalisée sur l'ensemble de ces paramètres (tableau 14), à des périodes importantes de la croissance de l'huître, tant au niveau physiologique qu'au niveau commercial, et toujours dans l'optique de comparer les deux stations d'étude.

Pour ces différentes époques une fréquence de trois mois a été observée. Elle correspond naturellement aux quatre saisons de l'année.

- La première période, se situe à la fin du printemps (juin) , date à laquelle les huîtres sont en phase maximale de maturation des gamètes, et avant l'émission des produits génitaux.

- La deuxième époque, en fin d'été début d'automne (octobre), donne un aperçu de la reprise de croissance et de sa cinétique pendant la période post-ponte.

- En fin de troisième période (début décembre), l'état physiologique de l'huître est observé pour connaître l'état de ses réserves avant d'aborder l'hiver. C'est aussi une époque commerciale importante où la qualité de l'huître est un facteur déterminant du marché.

- La quatrième époque représente la fin de l'étude et ainsi la fin de l'hiver (février 1991). C'est une période qui peut entraîner des mortalités post-hivernales si l'huître a souffert des basses températures froides.

#### *Comparaison de la croissance pondérale par secteur (fig. 25 et fig. 25bis)*

Les variations temporelles de la croissance des huîtres de chacune des stations sont les mêmes que celles précédemment décrites lors de l'analyse des différences entre les techniques culturales :

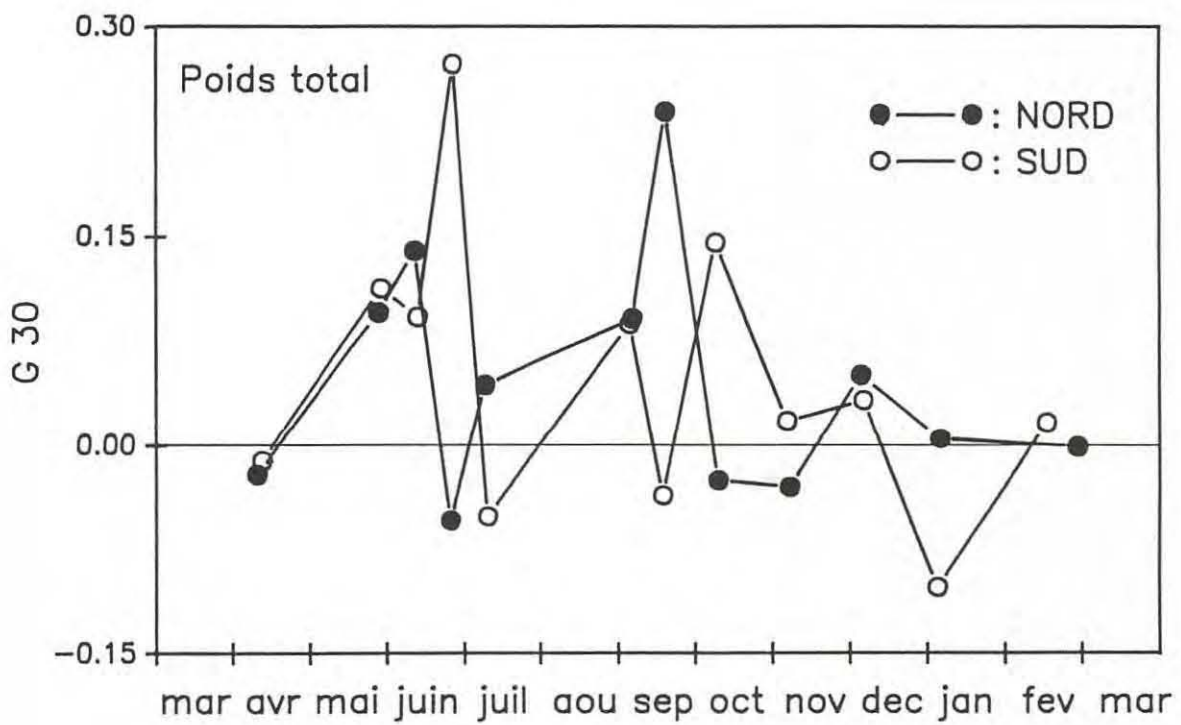
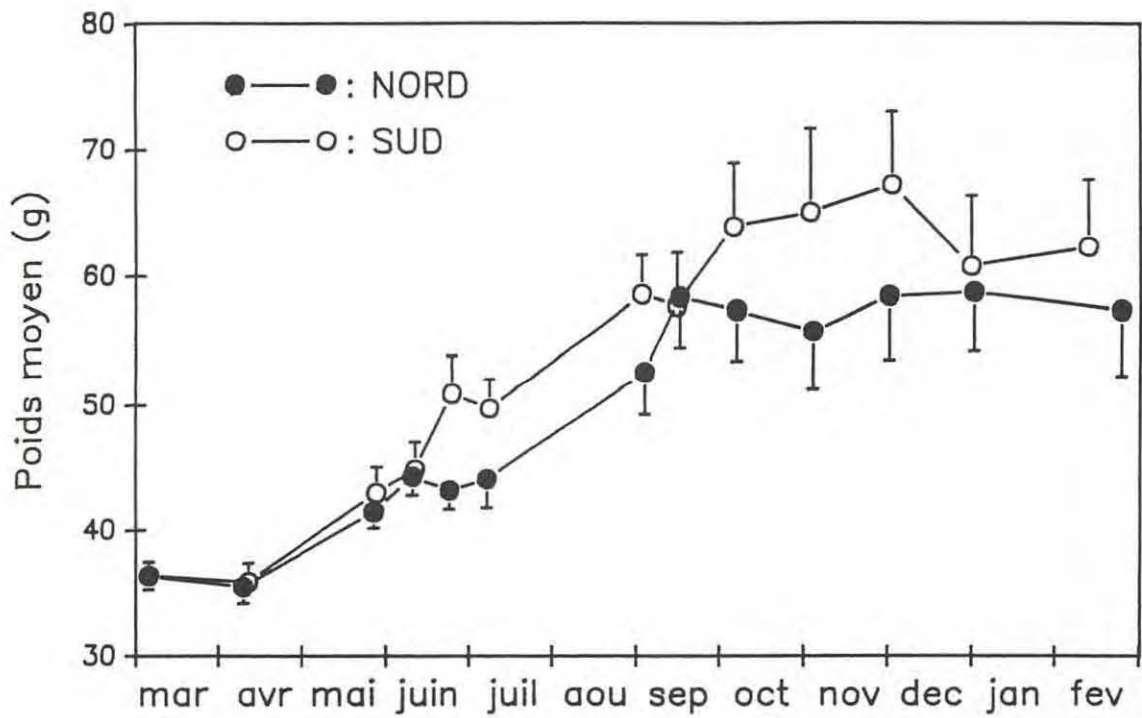
- Les huîtres élevées à la station sud, présentent une croissance printanière ininterrompue de mars à fin juin. Elle reprend ensuite jusqu'en novembre où le poids maximum est atteint (67,2 g) et diminue, par la suite, jusqu'à la fin de l'étude.

- Au nord, la croissance printanière est moins longue qu'au sud, puisqu'elle s'interrompt début juin. Elle ne reprend que début juillet et jusqu'en septembre où l'on enregistre le maximum de poids (58,8 g). Par la suite, de septembre à février, le poids n'évolue plus.

Le gain de poids obtenu sur la durée de l'élevage est de 21 g au nord et 26 g au sud.

Dans les deux stations, on observe une perte de poids dès le premier mois de la mise en élevage. Ceci peut être expliqué par la période d'acclimatation des huîtres à leur milieu de culture.

Enfin, le tableau 14 montre que le poids total des huîtres élevées à la station sud est significativement supérieur au nord pendant les trois premières périodes, du printemps à l'automne. Le seuil de sensibilité augmente au fur et à mesure que les saisons s'écoulent, et dépasse les 5 % à la fin de l'étude où la différence entre station n'est plus significative malgré une moyenne de poids supérieure au secteur sud.



Figures 25 et 25bis : Evolution pondérale des huîtres. Taux de croissance (G30) du poids total.



Tableau 14 : Analyse de variance effectuée par saison. Facteur étudié = site.

Paramètres	Unités	PRINTEMPS						ETE					
		n	Moy NORD	Moy SUD	Test F	Proba 5%	Test Newman-Keuls	n	Moy NORD	Moy SUD	Test F	Proba 5%	Test Newman-Keuls
Pois total	g	40	43.1	50.9	23.5	0.0000	Sud Nord A B	40	52.6	58.6	7.5	0.0092	Sud Nord A B
Poids coquille	g	40	26.2	30.2	17.8	0.0002	Sud Nord A B	40	31.7	33.7	2.2	0.1465	
Poids frais	g	40	6.6	7.9	11.7	0.0016	Sud Nord A B	40	5.2	6.5	9.2	0.0044	Sud Nord A B
Poids sec	g	40	1.6	2.0	8.4	0.0062	Sud Nord A B	40	1.2	1.3	3.3	0.0730	
Indice (L et S)		40	94.8	94.2	0.0	0.9065		40	15.8	9.1	0.0	0.9768	
Proteine	g/ind std	40	0.5	0.6	10.4	0.0027	Sud Nord A B	40	0.4	0.4	5.8	0.0199	Sud Nord A B
Lipide	g/ind std	40	0.2	0.2	7.0	0.0011	Sud Nord A B	40	0.1	0.1	7.1	0.0110	Sud Nord A B
Glucide	g/ind std	40	0.1	0.1	3.3	0.0730		40	0.1	0.2	4.3	0.0423	Sud Nord A B
Glycogène	g/ind std	40	0.1	0.1	0.3	0.5966		40	0.1	0.1	0.0	0.8650	
Energie	J/ind std	40	19.2	22.8	19.0	0.0001	Sud Nord A B	40	13.7	16.0	20.2	0.0001	Sud Nord A B

Paramètres	Unités	AUTOMNE						HIVER					
		n	Moy NORD	Moy SUD	Test F	Proba 5%	Test Newman-Keuls	n	Moy NORD	Moy SUD	Test F	Proba 5%	Test Newman-Keuls
Pois total	g	38	58.9	67.2	4.9	0.0311	Sud Nord A B	36	57.4	62.3	1.7	0.1946	
Poids coquille	g	38	35.5	38.3	1.5	0.2234		36	35.1	36.6	0.3	0.5917	
Poids frais	g	38	6.1	6.0	0.1	0.8052		36	4.8	5.2	0.7	0.4119	
Poids sec	g	38	1.1	1.1	0.0	0.8694		36	1.1	1.0	0.2	0.6358	
Indice (L et S)		38	47.8	39.5	4.9	0.0319	Nord Sud A B	36	46.5	39.2	4.6	0.0377	Nord Sud A B
Proteine	g/ind std	38	0.4	0.4	6.6	0.0142	Sud Nord A B	36	0.5	0.5	1.2	0.2907	
Lipide	g/ind std	38	0.1	0.1	6.0	0.0185	Sud Nord A B	36	0.1	0.1	4.5	0.0391	Sud Nord A B
Glucide	g/ind std	38	0.1	0.1	0.4	0.5369		36	0.1	0.1	0.5	0.5012	
Glycogène	g/ind std	38	0.1	0.1	0.2	0.6471		36	0.1	0.1	0.0	0.9033	
Energie	J/ind std	38	13.7	15.4	9.2	0.0046	Sud Nord A B	36	15.3	17.0	2.3	0.1343	

L'évolution des coefficients de croissance (fig. 25bis), montre deux périodes distinctes de croissance.

L'une se situe au printemps, de mai à fin juin et apparaît nettement plus favorable aux huîtres de la station sud qu'à celles de la station nord.

En revanche, en automne, la deuxième époque de croissance semble plus profitable au secteur nord qui grâce à des conditions hydrobiologiques, sans doute plus favorables diminue son retard de croissance pour tendre vers les valeurs pondérales des huîtres élevées à la station sud (fig. 25), qui dans le même temps, subissent un amaigrissement.

*- Comparaison de la croissance de coquille entre secteur (fig. 26)*

La croissance de la coquille présente une évolution semblable à celle du poids total de l'huître. Celle-ci peut se décomposer en quatre phases distinctes quelque soit le secteur considéré.

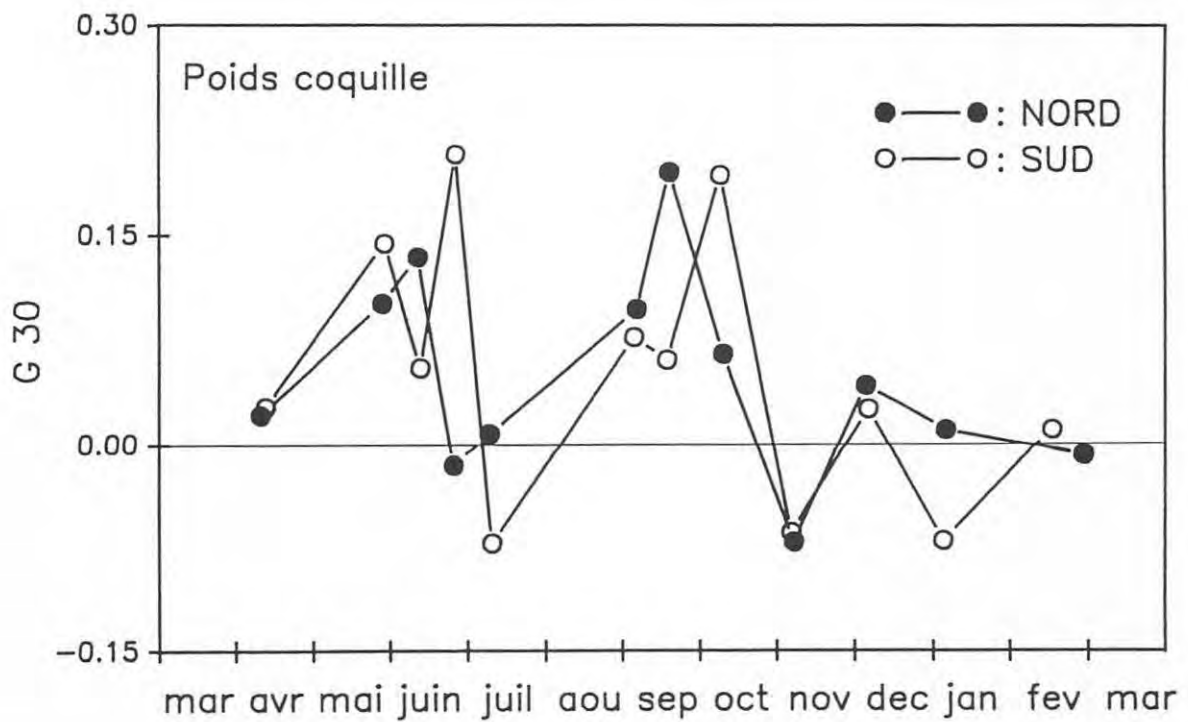
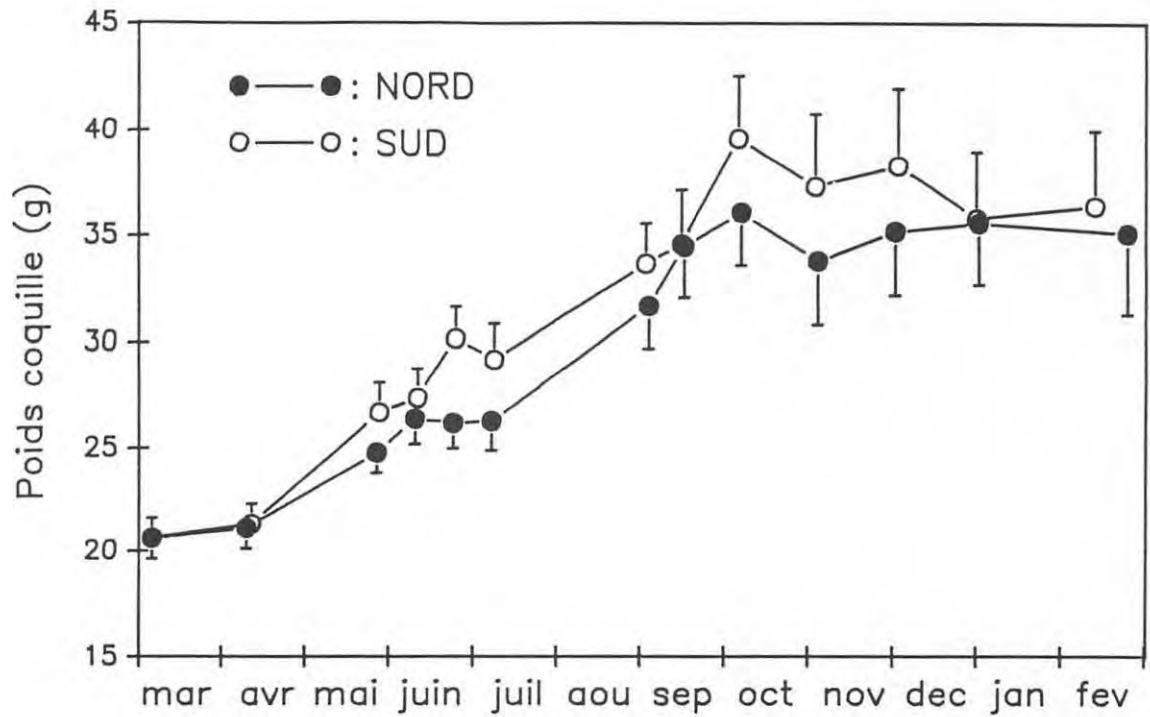
- Au sud, on observe au printemps, une première phase de croissance où le poids de la coquille augmente de 20,6 g en mars jusqu'à 30,2 g mi-juin. Elle est suivie, jusqu'à début juillet d'une période de stabilisation pondérale et réaugmente par la suite jusqu'à fin septembre, où le maximum de poids est atteint (39,6 g). Enfin, et jusqu'à la fin de l'étude, les valeurs n'évoluent plus, et présentent des variations importantes, qui mettent en évidence l'hétérogénéité de l'échantillon prélevé.

- Au nord, la croissance printanière s'interrompt début juin (26,4 g). Après une période d'un mois où le poids n'évolue plus, on assiste, début juillet à une forte reprise de la croissance, jusqu'au début octobre (36,1 g). Par la suite, la croissance de la coquille se stabilise jusqu'en fin d'étude. La croissance de la coquille est significativement supérieure (tableau 14) au sud qu'au nord, pendant le printemps. Cependant, à la suite de la forte remontée des valeurs de la station nord en été, les deux secteurs ne peuvent plus se différencier jusqu'à la fin de l'hiver.

Les coefficients de croissance de la coquille (fig. 26bis) présentent une évolution comparable au G30 du poids total.

Une première période de croissance est observée au printemps. Et semble plus importante à la station sud. En revanche, la "pousse" d'automne quoique plus tardive au sud, ne semble pas favoriser l'un ou l'autre des sites.

L'été et l'hiver apparaissent être deux périodes d'absence de production de coquille.



Figures 26 et 26bis : Evolution du poids de coquille. Taux de croissance (G30) du poids de la coquille



*- Comparaison du poids frais de chair entre secteur (fig. 27)*

Dans les deux stations étudiées, la croissance tissulaire est très importante au printemps.

- Au sud, le maximum de poids est atteint fin juin (7,90 g) et décroît lentement jusqu'à la fin de l'étude (5,26 g).

- Au nord, un premier pic est atteint en mai (6,62 g) et les valeurs restent stationnaires jusqu'à fin juin. L'évolution du poids frais de chair est marquée par une chute brutale des valeurs, début juillet (4,3 g) puis une augmentation jusqu'en septembre avec des valeurs maximales (7,32 g). Après une diminution des valeurs, début octobre, le poids frais augmente lentement jusqu'à fin décembre et diminue à nouveau en février (4,82 g). D'une manière générale, si l'augmentation de poids au printemps est synchrone dans les deux secteurs, en revanche leur évolution respective est opposée le reste de l'année car les poids diminuent au sud jusqu'à la fin de l'étude alors qu'au nord, ils augmentent.

Le tableau 14 semble confirmer cette remarque puisque les valeurs sont significativement différentes au printemps et en été, mais les deux stations ne peuvent être dissociées par la suite (automne et hiver).

*- Comparaison du poids de chair sèche entre secteur (fig. 28 et 28bis)*

La variation des courbes est identique à celle observée pour le poids frais. Au sud, les valeurs varient entre 0,5 g et 1,95 g et entre 0,5 g et 1,71 g au nord.

- Lors de la ponte, la perte de poids enregistrée en juillet, au secteur nord, représente 47,6 % du poids sec alors qu'au sud elle n'est en septembre que de 35,4 %. L'émission de gamètes est brutale au nord et plus lente au sud.

- D'autre part, la croissance tissulaire obtenue sur la durée de l'élevage est identique aux deux stations. Elle ne représente en février que deux fois le poids initial, alors que ce rapport a été au maximum de 3,4 au nord et de 3,9 au sud, dans la période précédant la ponte.

La figure 28bis, permet de visualiser les périodes de croissance tout en appréciant leur intensité :

- A la station sud, les coefficients de croissance sont positifs d'avril à fin juin mais diminuent lentement. La croissance est négative tout le reste de l'année excepté en octobre, où les conditions automnales semblent favorables à l'accroissement de chair, mais de courte durée.

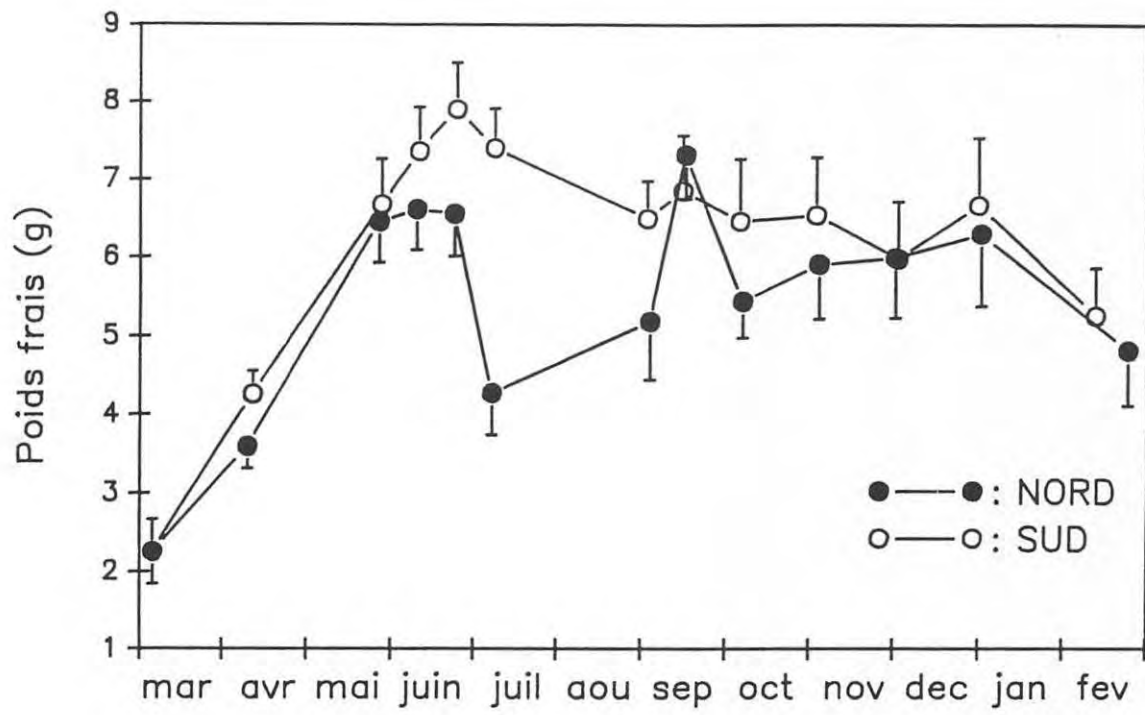
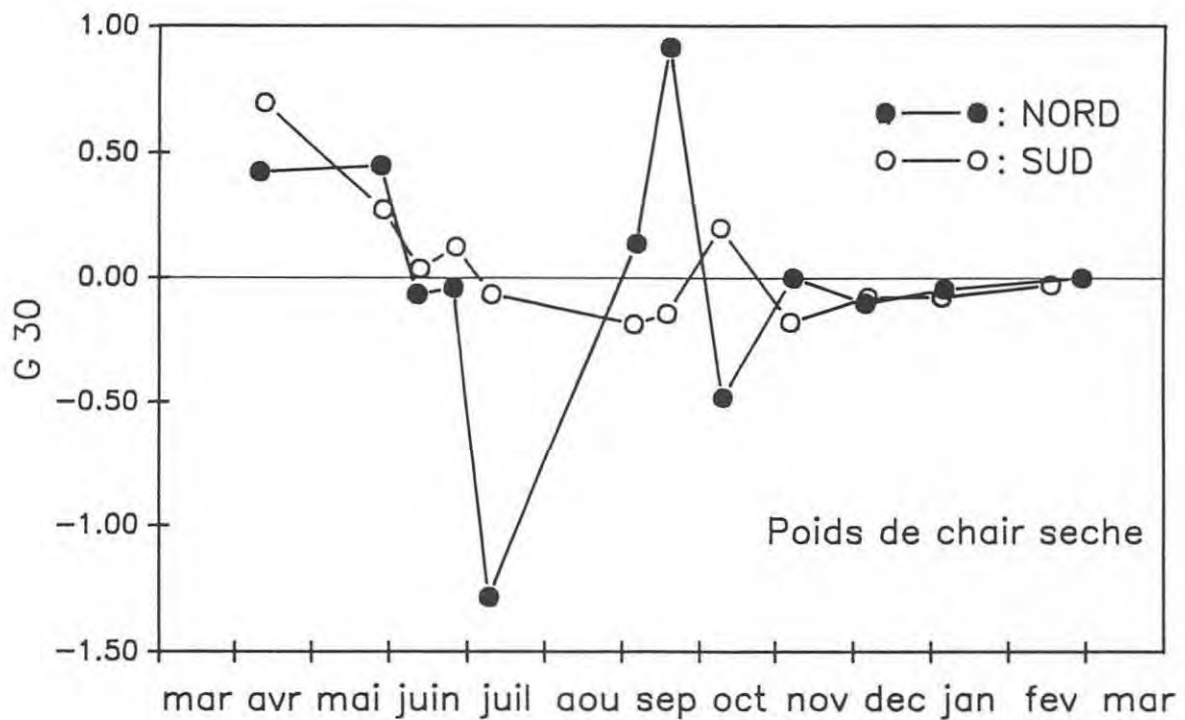
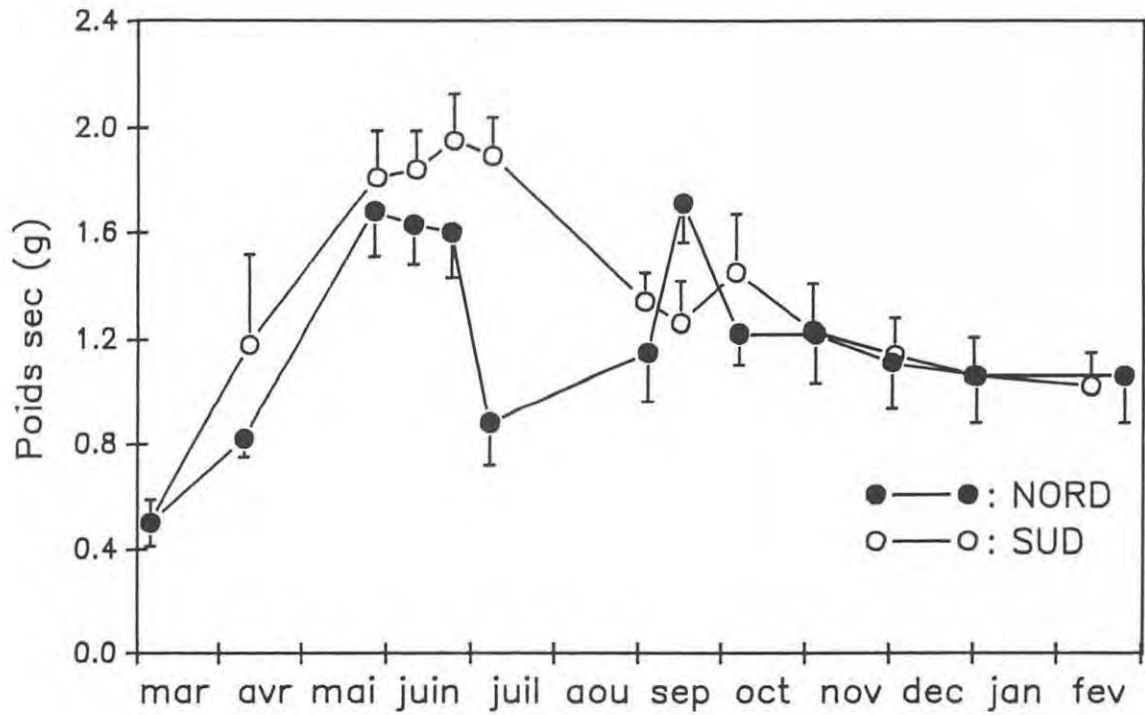


Figure 27 : Variation du poids de chair fraîche.



Figures 28 et 28bis : Evolution du poids de chair sèche. Taux de croissance (G30) du poids de chair sèche

- On observe au nord, une croissance printanière moins importante et moins durable qu'au sud. Début juillet, la libération des gamètes entraîne une chute importante des valeurs, très largement récupérée de septembre à octobre. Cette forte croissance automnale permet d'approcher les valeurs du sud et de début septembre à février, les deux stations ne peuvent statistiquement se différencier, alors qu'à la fin du printemps, le secteur sud présentait des poids de chair statistiquement supérieurs au nord (tableau 14).

En conclusion, le sud présente des conditions trophiques plus favorables à la croissance coquillière, à une stabilité de la masse tissulaire plus grande et semble-t-il à un bilan gonade/soma moins variable qu'au nord.

### ***5.1.3. Composés biochimiques***

Les valeurs biochimiques présentées dans ce chapitre, ont été rapportées à celle d'un individu standard dont le poids de la coquille serait la moyenne de la population d'huîtres, soit 31 g. Ce calcul a pour but, d'analyser la variation des composés biochimiques en atténuant l'effet de la croissance au cours de l'étude, et de comparer les différentes teneurs en valeur absolue. (Voir annexe)

#### *Protéines standards (fig. 29)*

Il apparaît globalement, que l'évolution des protéines tissulaires est identique aux deux stations étudiées. Cependant, les quantités sont tout au long de l'année significativement supérieures à la station sud, excepté en fin d'étude où les deux secteurs ne sont pas différenciés (tableau 14).

- Au sud, on observe une chute des protéines de mars (0,83 g) à mai (0,55 g). Les valeurs augmentent ensuite, jusqu'en juillet (0,66 g) puis diminuent de nouveau jusqu'en octobre (0,40 g). On assiste alors, jusqu'à la fin de l'étude à une lente progression des quantités protéiques (0,50 g).

- Au nord, la diminution est plus importante qu'au sud, et début juin les quantités sont de 0,48 g de protéines. Après une brève remontée en juin, les valeurs chutent progressivement jusqu'à mi septembre (0,34 g) où les quantités de protéine les plus basses sont atteintes. Tout comme au sud, les valeurs réaugmentent par la suite jusqu'en février (0,46 g).

Les huîtres élevées aux deux stations subissent, sur une période de 12 mois, une perte de protéines qui peut être estimée à 44,6 % au site nord et 39,6 % au site sud.

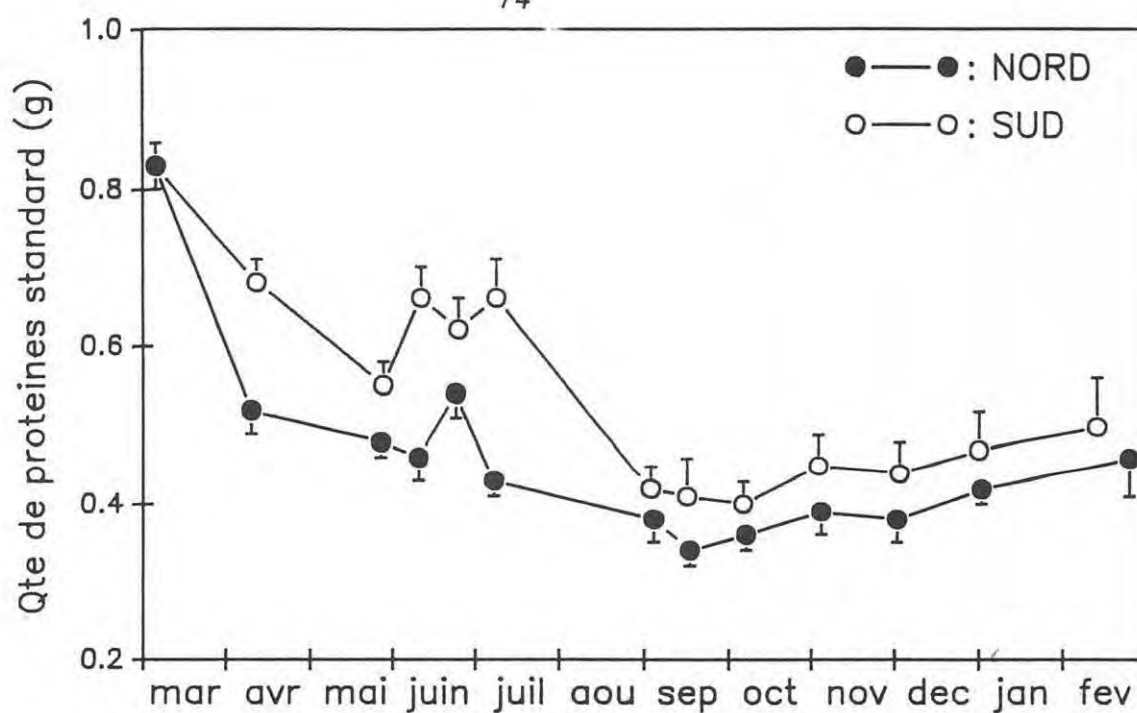


Figure 29 : Variation des protéines d'un animal standard.

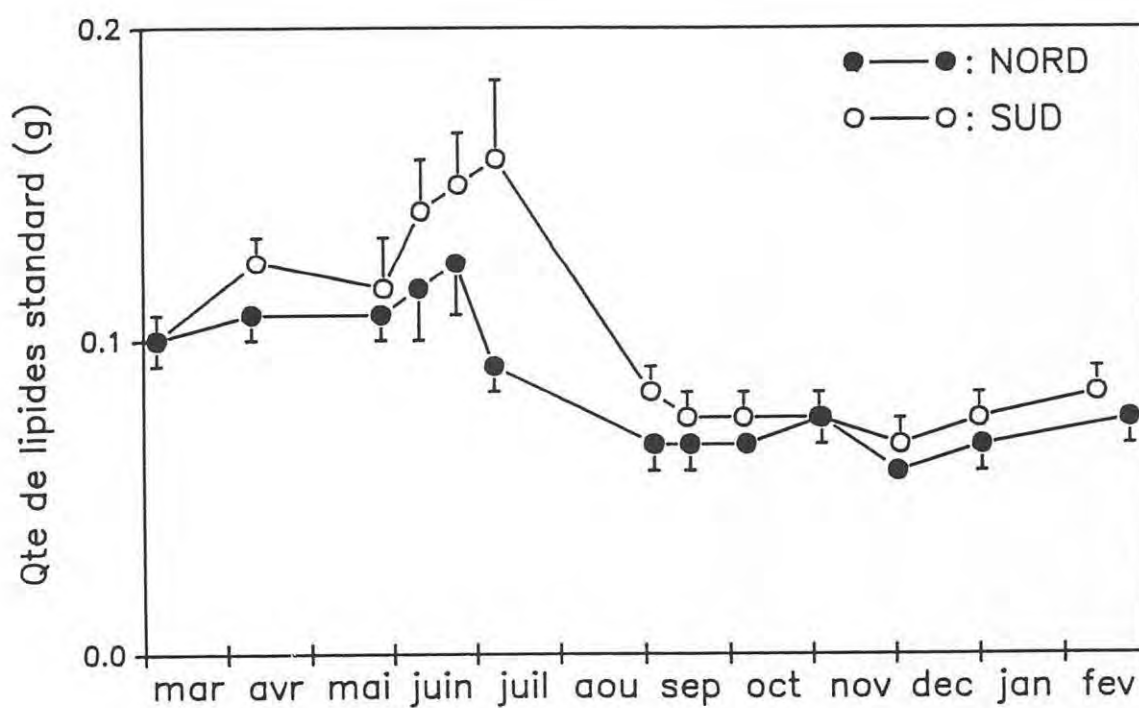


Figure 30 : Variation des lipides d'un animal standard.

- *Lipides standards (fig. 30)*

La variation des quantités de lipides d'un individu standard est marquée, aux deux stations par une progression printanière des valeurs de mars à juin, au nord et de mars à juillet pour le sud, qui augmentent respectivement de 0,12 g à 0,15 g et 0,12 g à 0,19 g.

Par la suite, les teneurs en lipides chutent dans les deux sites, mais de façon décalée. Cette diminution est à attribuer à la ponte qui libère de façon massive les produits génitaux, riches en lipides. Elle se réalise début juillet au nord, et quinze jours plus tard au sud. Par la suite, et jusqu'à la fin de l'étude, les valeurs restent stables dans les deux sites et sont voisines de 80 mg.

Sur le tableau 14, il apparaît qu'à la fin de chaque période choisie, les valeurs de lipide sont significativement supérieures à la station située au sud de la baie.

- *Sucres standards (fig. 31)*

A la station sud, les sucres totaux augmentent rapidement, au printemps. Début avril, après un mois d'élevage, leur maximum est atteint (0,21 g). La diminution importante que l'on observe de début juin à fin juin est synchrone avec l'élévation des teneurs en lipides et ce phénomène se produit également à la station nord. A l'automne, les valeurs atteignent au sud un nouveau pic qui est moins élevé que le précédent. Les valeurs chutent de début septembre à février (0,08 g).

Les teneurs en glycogène qui traduisent l'état des réserves énergétiques de l'huître suivent la même évolution que celles des glucides totaux.

Les valeurs sont nulles en mars et l'évolution général se caractérise, tout comme pour les sucres totaux, par deux pics situés en mai et l'autre en septembre où les quantités respectives sont de 0,8 g et 0,17 g. Par la suite, le glycogène chute jusqu'en février (0,07 g).

On observe une évolution identique pour les teneurs en sucres totaux et glycogène des huîtres élevées au site nord, avec un pic en mai et l'autre en septembre. En revanche et contrairement au sud, c'est en automne que les valeurs sont le plus élevées et atteignent 0,23 g pour les glucides totaux et 0,18 g en glycogène. De manière générale, les teneurs en glycogène représentent 0 % à 53 % des sucres totaux pendant les périodes printanières et estivales. Ceci peut se justifier par l'état de maigreur dans lequel se trouvent les huîtres après l'hiver.

D'autre part, les faibles quantités en été peuvent être expliquées par la gamétogénèse et la forte demande énergétique du métabolisme, notamment de la respiration qui augmente en fonction de l'élévation de la température du milieu.



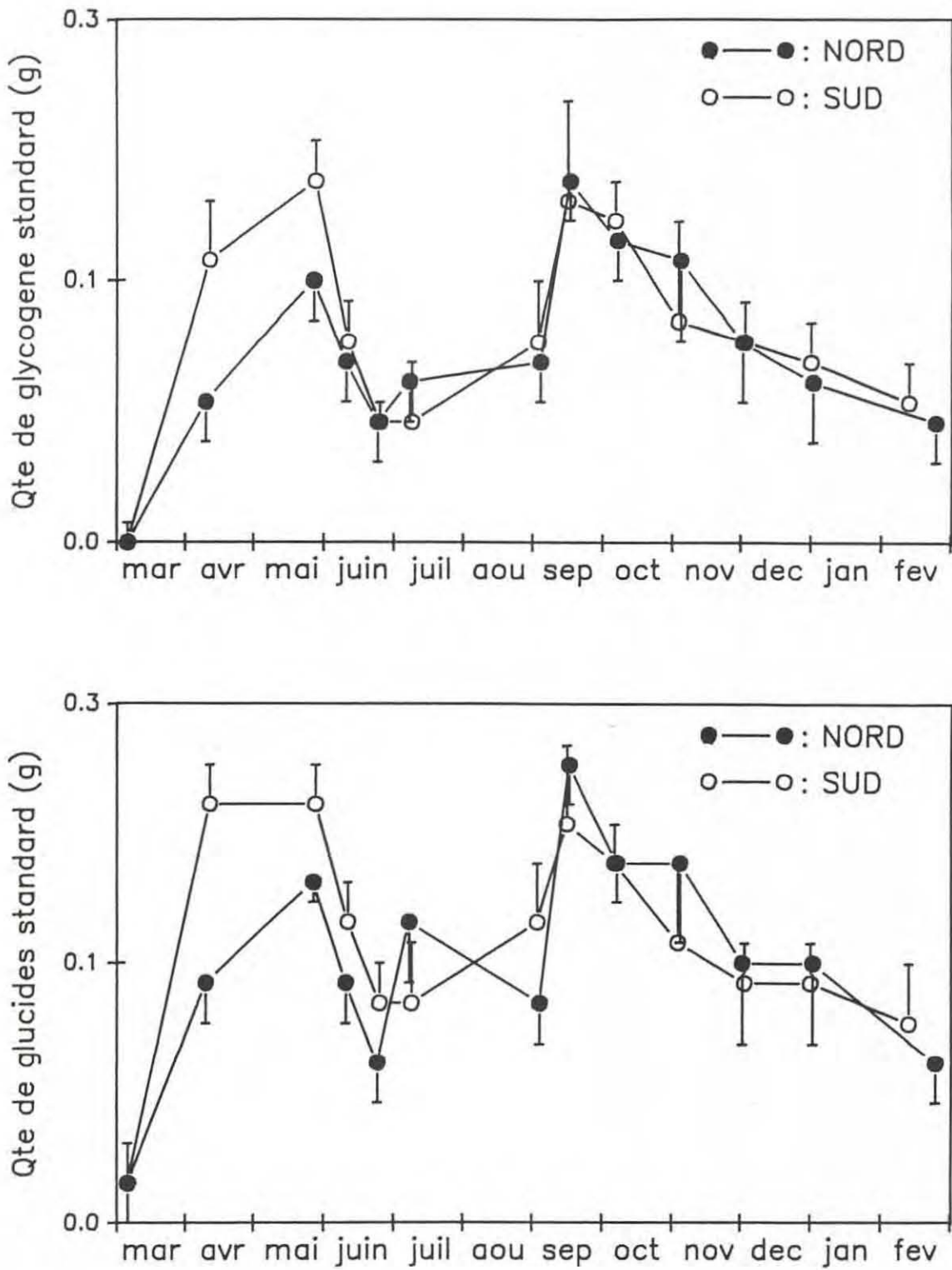


Figure 31 : Evolution des sucres (sucres totaux et glycogène) d'un animal standard.

Il faut attendre l'automne pour que le pourcentage de glycogène représente 80 à 90 % des sucres totaux, période à laquelle les huîtres font des réserves préhivernales. Le tableau 14 ne montre pas de différences entre les deux sites si ce n'est en fin d'été où les valeurs sont significativement supérieures au sud et montrent, semble-t-il que les huîtres élevées au nord auraient souffert davantage de la ponte et de la période estivale.

*- Energie standard (fig.32)*

- Au sud, il apparaît que l'énergie d'un individu standard se maintient (23 joules) pendant la période printanière, mais après la ponte où l'énergie libérée représente 34,3 %, celle-ci reste stable jusqu'à la fin de l'étude (17 joules).

- Au nord, l'énergie ne cesse de décroître de mars à septembre où elle chute de 23,3 joules à 13,7 joules. L'énergie perdue pendant la ponte est de 30 %. De septembre à février, les valeurs se stabilisent et sont de 15,3 joules en fin d'étude.

Tout au long de l'année d'étude, l'énergie des huîtres situées au sud est significativement supérieure à celle des huîtres élevées au nord, excepté en fin d'hiver, où les deux secteurs sont indifférenciés (tableau 14).

#### **5.1.4. Indices**

*- Indice de condition Lawrence et Scott (fig. 33)*

La variation des indices de condition est identique dans les deux secteurs. Il croît de mars à juin, respectivement de 31,6 à 100,7 pour le nord et de 31,6 à 114,4 pour le sud. Cependant, à cette période de l'année, les deux secteurs ne peuvent statistiquement se différencier (tableau.14).

Les valeurs par la suite chutent au nord, en juillet (48,7) et en septembre au sud (54,2). Alors que l'indice de condition diminue au sud jusqu'à la fin de l'étude, la reprise automnale des huîtres élevées au nord semble meilleure puisque en début d'hiver leur qualité de chair est significativement supérieure (tableau. 14). En revanche, en février, les valeurs quoique plus élevées au nord, ne peuvent dissocier les deux sites (tableau.14).

Selon Walne (1970) et Deslous-Paoli (1980), l'indice de condition employé est médiocre lorsqu'il est inférieur à 80, satisfaisant de 80 à 100 et significatif d'une excellente qualité quand il est supérieur à 100.

D'après cette échelle de valeur la qualité de chair des huîtres élevées aux deux secteurs est médiocre pendant tout l'année étudiée hormis avant la ponte où les valeurs sont supérieures à 100.

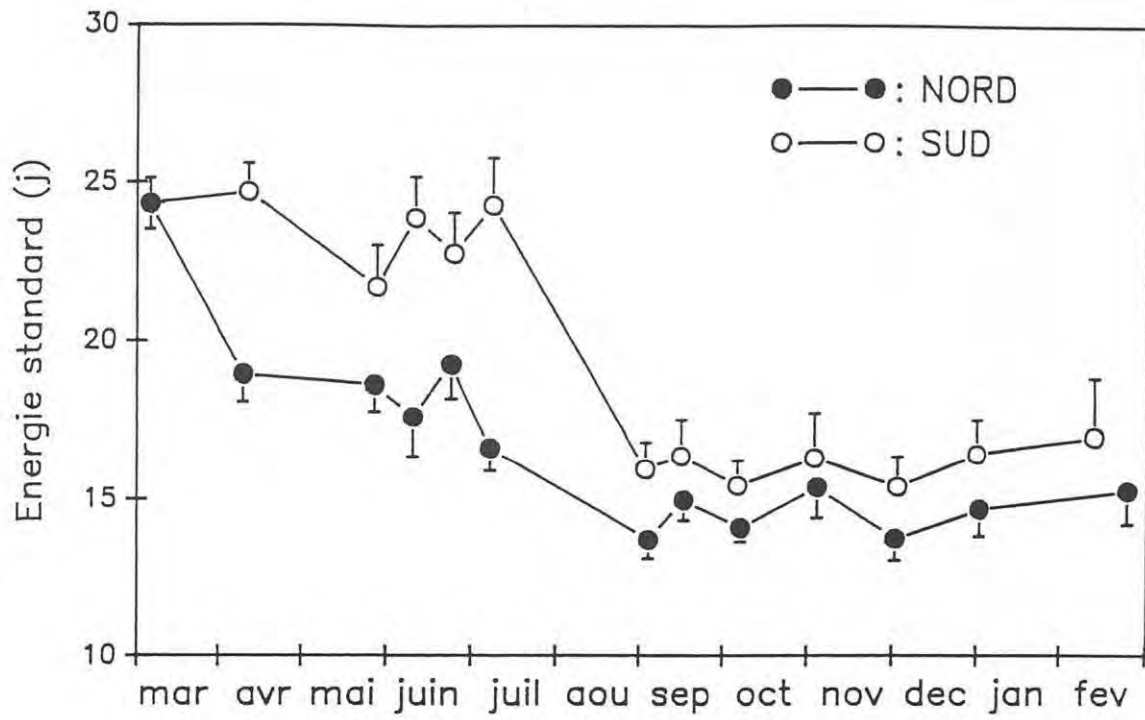


Figure 32 : Evolution de l'énergie d'un animal standard.

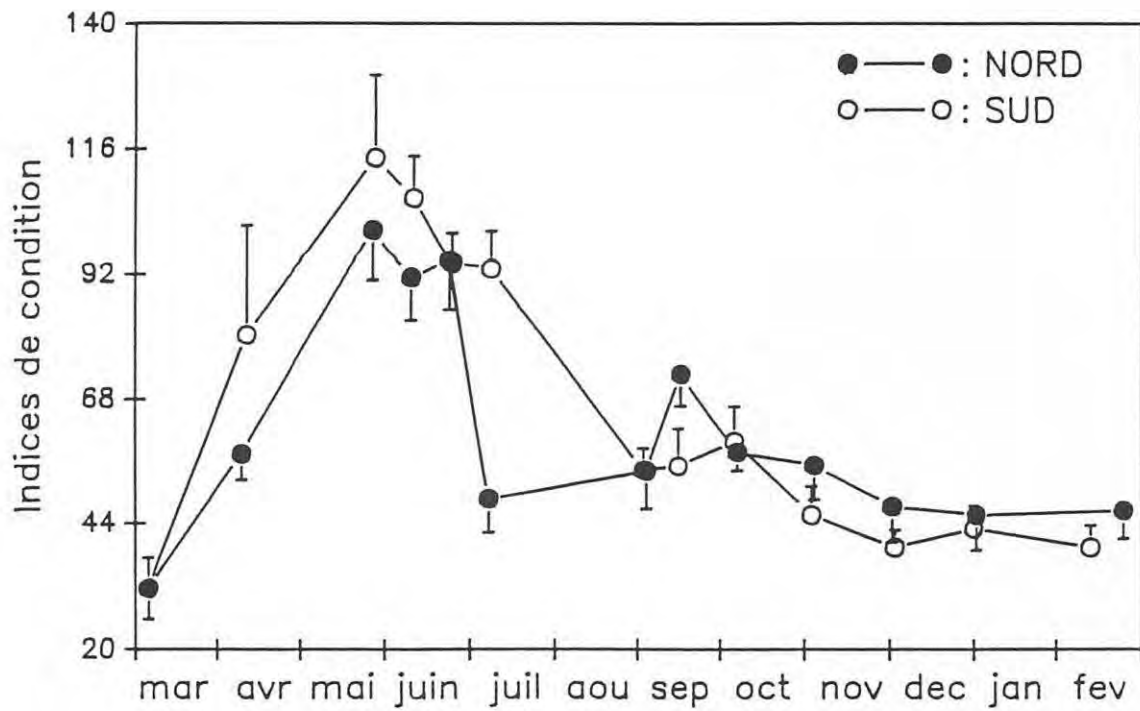


Figure 33 : Evolution de l'indice de condition (Lawrence et Scott, 1982).

- *Effort de ponte*

L'indice pondéral gaméto somatique (IPGS) révèle que l'effort de ponte des huîtres situées au nord est plus élevé qu'au sud.

En effet, l'IPGS est à la station nord de 82 alors qu'il n'est que de 50 % au sud. D'autre part, l'indice de fécondité calculé par la quantité de poids de chair sèche perdue au cours de l'émission de gamètes, est de 800 mg au nord et 630 mg au sud.

## 5.2. Discussion et analyse des résultats

### Mortalité

La mortalité cumulée, obtenue sur les deux sites est faible (4,4 %), surtout quand on la compare à certaines études effectuées à Marennes-Oléron (Deslous-Paoli, 1980) sur la croissance d'une population d'huîtres âgées de 18 mois et ayant subi une perte de 25 % en douze mois d'élevage.

Les mortalités printanières observées au nord et au sud, représentent respectivement 65,7 % et 23,1 % de la mortalité totale.

Il s'agit là d'une perte printanière fréquemment constatée dans les bassins ostréicoles français, tels que Arcachon (Maurer et Borel, 1986), Marennes-Oléron (Bodoy, 1986; Deslous-Paoli, 1980) et Baie de Bourgneuf (Haure et Baud, 1990). Elles sont généralement dues à un réchauffement des eaux d'avril à mai et à une perturbation physiologique des huîtres se trouvant dans un environnement pauvre en nourriture disponible, alors que leur métabolisme est exacerbé par la montée de température qui peut entraîner une maigreur extrême des individus.

De plus, à la station sud, 48,1 % de la mortalité cumulée se produit en juillet qui est la période de ponte. C'est une époque de fragilité de l'huître due à la réplétion des gonades et accompagnée d'une température environnementale élevée, responsable d'une activité accrue du métabolisme, notamment dans la fonction de respiration et qui peut entraîner, comme à Arcachon des mortalités importantes (Maurer et Borel, 1986).

### Critiques méthodologiques

Le modèle mathématique de Von Bertalanffy (1938), pour ne citer que le plus utilisé, met en évidence la non linéarité de la vitesse de croissance en fonction de l'âge et du poids chez les bivalves, qui est une fonction biologique bien connue.

Dans cette étude, malgré l'utilisation d'une population d'huîtres d'âge identique (18 mois) et d'une calibration pondérale homogène, réalisée selon les recommandations précédentes, différents problèmes de significativité se sont posés.

Il n'a pas été possible d'une part, de mettre en évidence des performances de croissance différentes en fonction du type cultural (poche et collecteur) par station. Deux réponses peuvent être avancées pour l'expliquer :

- L'échantillonnage effectué sur chacune des populations a été trop faible (10 individus) et n'a pas été suffisamment représentatif car trop hétérogène. En effet, la figure 34 montre qu'à ce niveau d'effort, la moyenne calculée est donnée avec une précision de  $\pm 17\%$ . Il ne pouvait être fait un échantillonnage plus conséquent pour éviter de modifier de façon trop importante les densités d'élevage. De plus, l'analyse des composés biochimiques réalisée sur plus de 10 individus aurait été très lourde et très coûteuse.

La figure 34 montre que pour obtenir une précision de 5 % il aurait fallu prélever 50 individus et ceci est en accord avec les résultats obtenus par Baird (1958).

- De plus, la non différenciation entre poche et collecteur d'un même site, peut s'expliquer par la non représentativité des collecteurs artificiellement reconstitués. Il faut rappeler que 100 huîtres seulement ont pu être collées sur les collecteurs en broche de coquille Saint Jacques alors que Belbeoc'h (1988) trouve qu'à Marennes-Oléron la moyenne d'huîtres sur ce type de support est comprise entre 230 et 290 selon les sites.

D'autre part, même si les tendances sont respectées, les valeurs biométriques moyennées sur 20 individus (poches et collecteurs) ne donnent pas de différence de croissance entre secteur aussi significative que celle obtenue au moyen de l'élevage expérimental (module de 50 huîtres).

Les raisons peuvent être énoncées comme suit :

- Malgré un échantillonnage de la population de chaque secteur plus important (20 huîtres) la figure 34 montre que les moyennes présentent une précision de 9 % qui ne serait pas suffisante pour différencier de façon significative les deux stations d'étude.

- Les huîtres fixées sur le module expérimental exprimeraient mieux leur croissance en fonction de la qualité nutritive du milieu, car elles ont été moins soumises aux effets mécaniques de la houle et à une densité d'élevage bien moins importante que les huîtres installées en poche.

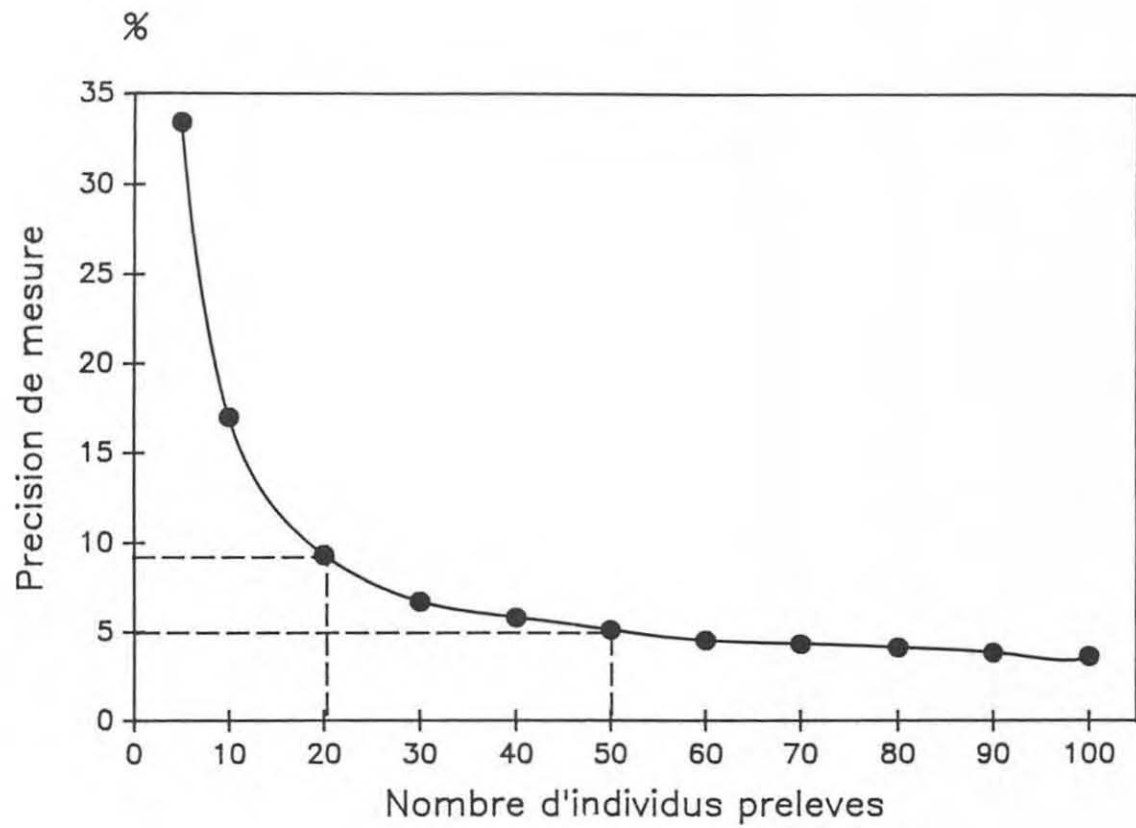


Figure 34 : Précision de mesure (au seuil de 5 %) en fonction de l'effort d'échantillonnage.



Cependant, il est intéressant de noter que la différence de gain pondéral entre les deux types de culture (traditionnel et module) est plus importante à la station sud qu'à la station nord.

En effet, à la station sud, le poids final des huîtres prélevées en poche et collecteur est de 57,4g alors qu'il est de 58,0 g pour les individus fixés sur le module.

De la même manière, il est au sud respectivement de 62,3 g et 70,6 g présentant ainsi une différence de 8,3 g, alors qu'elle n'est que de 0,6 g au nord. A ce stade de la réflexion, il semblerait que les écarts de croissance obtenu en fonction des types de culture soient moins dus à l'effet de la houle qu'à la densité d'élevage car c'est à la station nord que le mode est le plus battu. De plus, alors que la quantité de nourriture est importante toute l'année au nord, elle est faible au sud et dans ce cas, les différentes densités d'élevage, pourraient jouer un rôle non négligeable sur la croissance des huîtres.

### Croissance pondérale

En baie de Bourgneuf, la croissance pondérale totale de l'huître, *Crassostrea gigas* s'effectue de mars à septembre, avec des cinétiques différentes selon les périodes et n'évolue pratiquement plus le reste de l'année. C'est un phénomène qui a été observé par de nombreux auteurs sur différentes espèces et en des milieux variés (Le Dantec, 1956 ; Walne et Spencer, 1971 ; Beukema et De Bruin, 1977 ; Bodoy, 1980 ; Deslous-Paoli, 1980 ; Maurer, 1989 ; Haure et Baud, 1990).

Cependant, si l'évolution générale de la croissance des huîtres en baie de Bourgneuf ne présente pas d'originalité vis à vis d'autres bassins ostréicoles, il n'en est pas de même de leur performance de croissance. Hormis les problèmes rencontrés en 1986 lors de la compétition alimentaire exercée par les gisements naturels de moules (Haure *et al.*, 1991), le taux instantané de croissance des huîtres calculé de mars à novembre 1987 était de 0,11 à la station nord et 0,50 à la station sud (Haure et Baud, 1990) alors que dans la présente étude sur une période d'élevage identique, ils sont respectivement de 0,46 et 0,61, montrant ainsi une variabilité interannuelle importante.

Une étude statistique a été présentée précédemment en introduction (tableau 2), avec le site et l'année comme facteurs étudiés. Les résultats ont montré que de 1987 à 1990 la station sud a présenté les meilleurs rendements de croissance. La constitution de groupes homogènes par le test de Newman-Keuls (tableau 15) montre que :

- La station sud présente les meilleures croissances, qu'elle que soit l'année,
- Les bonnes années de croissance ne sont pas identiques pour chaque secteur,
- Le secteur sud présente toujours des croissances homogènes qu'elle que soit l'année (groupe A).

Tableau 15 : Groupes homogènes (test Newman-Keuls)

Facteurs étudiés : site, année, site + année.

	MOYENNES Gain de poids (g)	GROUPES HOMOGENES
1990 SUD	34.72	A
1988 SUD	34.47	A
1989 SUD	33.78	A
1987 SUD	33.48	A
1989 NORD	30.57	A B
1988 NORD	25.76	B C
1990 NORD	23.06	C
1987 NORD	14.87	D

De plus, l'année de cette étude (1990) a été la meilleure pour le site sud. A Arcachon, Maurer (1989) compare différents sites de production en fonction des résultats de croissance récoltés sur quatre années (1985 à 1988). Des individus de 18 mois ayant été, tout comme dans cette étude, calibrés autour de 30 g de poids total en début d'élevage et l'expérience s'étant déroulée sur 12 mois, il est possible de comparer les performances de croissance des deux bassins ostréicoles.

L'auteur observe que lors de la plus mauvaise année de production, le site présentant les performances de croissance les plus médiocres obtient un gain moyen de poids de 27 g. Dans cette étude, l'accroissement pondéral moyen a été au sud de 26 g par huître. Ainsi, il est possible d'affirmer que le meilleur secteur d'élevage de la baie de Bourgneuf lors d'une de ses meilleures années de production offre des rendements de croissance identiques au plus mauvais secteur d'Arcachon dans sa plus mauvaise année de croissance.

Des études récentes (REMORA), réalisées en 1993, de comparaison entre diverses régions ostréicoles françaises (Normandie, Bretagne, Vendée, Charente, Sud-ouest et Méditerranée) montrent que la baie de Bourgneuf se situe en dernière position au niveau des rendements de production.

La ponte est un paramètre important qui conditionne l'évolution pondérale totale, et celle de la chair. On a observé grâce aux indices de fécondité que la station sud a consacré moins d'énergie que la station nord dans la phase de reproduction. Il en résulte qu'au sud, la croissance surtout printanière s'interrompt bien après celle observée au nord. Comme le constate Maurer (1989), les performances de croissance peuvent être mises en relation avec une ponte plus tardive, comme c'est le cas à la station sud, et une relative stabilité du milieu conduisant à une demande énergétique moindre pour une nourriture équivalente, voire inférieure, à d'autres secteurs. De plus, une ponte précoce peut-être suivie, si les conditions environnementales le permettent, d'une ou plusieurs reconstitutions et émissions de produits sexuels qui se font au détriment de la croissance somatique (Héral *et al.*, 1983). Ceci n'a pas été observé en baie de Bourgneuf.

Le ralentissement ou l'arrêt de croissance qui suit la prise de poids printanière est, comme l'ont constaté de nombreux auteurs (Walne et Mann, 1975 ; Maurer et Borel, 1986 ; Berthomé *et al.*, 1986) le fait de la gamétogénèse et de la ponte. D'après Deslous-Paoli (1980), la croissance semble d'autant plus ralentie que la quantité de gamètes émises pour la reproduction est importante.

La précocité de ponte relative, observée à la station nord peut-être expliquée par des variations importantes, ponctuelles et durant l'année, des différents paramètres hydrobiologiques entraînant, par effet de "stress" la libération massive des gamètes, alors que le site sud est peu sensible aux variations hydrobiologiques annuelles.

Cependant, si la croissance printanière est plus importante à la station sud, la remontée automnale observée au site nord ne permet pas, en fin d'étude de différencier les deux sites en fonction de la plupart des paramètres biométriques (tableau. 14).

Cette reprise de croissance est concomitante avec la diminution de la charge sestonique, donc vraisemblablement aux conditions météorologiques favorables (vents de terre). Cette hypothèse sera testée par la suite dans le chapitre traitant des relations existantes entre les huîtres et le milieu.

Pendant l'automne et l'hiver les indices de conditions ont été significativement supérieurs à la station nord, montrant ainsi que la capacité nutritionnelle y est encore importante à ces saisons. Fin octobre, époque de commercialisation la plus conséquente, l'indice de condition est au sud de 45 et 55 au nord, ce qui révèle un état médiocre de la chair. Toutefois cette qualité de chair semble identique au bassin d'Arcachon (Maurer, 1989) qui observe des indices à cette époque de l'année compris entre 30 et 60 et supérieur au bassin de Marennes-Oléron (Deslous-Paoli, 1980) dont les valeurs vont de 36 à 40. En revanche, ces auteurs n'observent pas, de façon générale, de croissance automnale dans leur bassin de production.

Par ailleurs, l'amélioration de la qualité de chair pourrait traduire un meilleur état physiologique à la veille de l'hiver et expliquerait peut-être les faibles mortalités printanières par rapport à d'autres régions ostréicoles (Arcachon et Marennes-Oléron).

### Composés biochimiques

D'une manière générale, l'évolution des composés biochimiques de l'huître creuse élevée en baie de Bourgneuf se fait selon un cycle saisonnier classique, déjà décrit par de nombreux auteurs.

Au printemps, leurs variations sont principalement liées au cycle de la reproduction et de la croissance (Taylor et Venn, 1979) et se caractérisent par une augmentation des sucres et des lipides à partir de mars. Le pic de glucides précède d'environ un mois celui des lipides avant la ponte comme le constate aussi Maurer (1989). La chute du glycogène est comme le pense Deslous-Paoli (1980), corrélée au stade II de la maturation des gonades, qui correspond à l'oogénèse et à la vitellogénèse comme l'ont constaté Lubet (1957) et Gabbott (1976) chez *Mytilus edulis*. Cette période est accompagnée d'une richesse des tissus relativement importante en sucres libres, ce qui laisse supposer comme l'a démontré Gabbott (1976) que le glycogène se transforme en acide gras par l'intermédiaire du cycle de Krebs. L'accumulation et le stockage du glycogène au printemps et précédant le développement des gonades ont été par ailleurs observés chez *Ostrea edulis* par Walne en 1970. Ce dernier pense que pendant la reproduction, le glycogène ne serait qu'une source d'énergie supplémentaire à celle obtenue par la nourriture.

Cependant Riley (1976) sur *Crassostrea gigas* suggère que l'énergie nécessaire à la gamétogénèse n'est pas prise dans l'environnement, mais dans la réserve glycogénée de l'animal. Les protéines diminuent au printemps et chutent en même temps que les lipides lors de la ponte. Si Deslous-Paoli (1980) constate peu de variation des protéines au cours de l'année, en revanche Giese (1969) et Walne et Mann (1975) observent une diminution de la teneur en protéine pendant la reproduction pouvant être associée à la maturation des gonades. Il est possible aussi du fait de cette divergence entre auteurs, que les protéines participent à l'élaboration des gamètes lorsque le milieu est pauvre en nourriture et/ou difficilement assimilable par l'huître. D'autre part, alors que les protéines et les lipides d'un individu standard sont stables de l'été à l'hiver, il apparaît que les sucres totaux et glycogène réaugmentent après la ponte et sont en grande quantité à la veille de l'hiver.. Ce phénomène n'est pas observé par Deslous-Paoli à Marennes-Oléron en 1980, pas plus d'ailleurs que par Maurer (1989) à Arcachon, sur le bilan de cinq années d'étude. Cette particularité, qui semble





propre à la baie de Bourgneuf, serait une explication supplémentaire pour expliquer les faibles mortalités printanières, grâce à l'accumulation d'énergie durant l'hiver.

Cependant, après examen de l'énergie d'un individu standard, on observe une diminution constante des valeurs de mars à février ce qui traduit l'amaigrissement des huîtres élevées en baie de Bourgneuf.

## 6. RELATIONS HUITRES-MILIEU

A la suite des descriptions qui ont été faites dans cette étude, d'une part des caractéristiques des eaux baignant deux secteurs ostréicoles, et d'autre part des paramètres de croissance des huîtres, il apparaît intéressant de mettre en relation ces différents types d'informations.

Certains auteurs ont essayé de mettre en relation la croissance de certains mollusques avec la qualité du milieu et ceci à différents niveaux d'exploitation et de difficulté.

La première consiste, comme il a été réalisé dans cette étude d'essayer de relier certains paramètres hydrobiologiques de la croissance des bivalves au moyen d'outils statistiques (Deslous-Paoli, 1980 ; Deslous-Paoli *et al.*, 1981 ; Maurer, 1989). Il ne s'agit pas alors d'aboutir à un modèle mathématique de prédiction de la croissance, mais de tenter de caler au mieux la fréquence d'échantillonnage du milieu avec celle des mollusques pour comprendre en un site et à un moment donné quels ont été le ou les facteurs principaux les mieux corrélés à la croissance.

L'autre approche, basée sur des lois physiologiques connues, s'attache à étudier le comportement des individus directement soumis aux conditions naturelles. C'est le cas de travaux récents effectués à Marennes-Oléron (Deslous-Paoli, 1987 ; Héral *et al.*, 1989 ; Soletchnik *et al.*, 1991) pouvant conduire à des modèles de croissance pour tendre vers des prédictions biologiques fiables (Bacher *et al.*, 1989 ; Héral, 1991).

Les analyses en composantes principales ont été calculées avec les valeurs hydrobiologiques comme variables étudiées et la croissance de l'huître comme variable supplémentaire.

Seule la croissance totale pondérale de l'huître a été retenue, les autres données n'ayant pas abouti à des résultats satisfaisants. De plus, la période de ponte a été volontairement écartée de ces analyses car il est difficilement possible à cette époque de mettre en évidence des similitudes d'évolution entre la croissance et la potentialité nutritive du milieu.

Les taux instantanés de croissance (G30) ont été pondérés entre deux mesures consécutives de prélèvement de manière à les calculer avec la fréquence d'échantillonnage de l'eau.



Enfin, deux types d'analyses ont été tentées. L'une en tenant compte des paramètres hydrobiologiques bruts de l'eau de mer et que l'on appellera test "quantitatif", et l'autre de façon à corrélérer la croissance avec des indices de qualité du milieu, le test "qualitatif". Certains de ces indices ont été puisés dans la littérature. Ainsi, il a été utilisé le rapport entre la matière organique particulaire et le seston total (O/T) pour lequel Bayne et Worral (1980) ont montré, pour *Mytilus edulis*, une influence importante sur le coefficient de croissance à cause de l'effet de dilution de la matière minérale qui engendre une réduction de l'efficacité d'assimilation. Le rapport chlorophylle/seston total (RCS) tend à démontrer une fois de plus selon Anderson et Meyer (1986) et Haure *et al.*, (1991), l'impact de la dilution de la nourriture particulaire sur le seston total. Un autre rapport tel que l'énergie particulaire sur le seston total (E/T) a été utilisée dans le même but. Enfin, le rapport chlorophylle/pigments totaux (% chl<sub>a</sub>) a été utilisé par Héral *et al.*, (1980) et celui des protéines/chlorophylle (P/C) par Parsons *et al.*, (1961) pour déterminer la qualité du phytoplancton.

## 6.1. Résultats

### Test "quantitatif" (fig. 35)

Hormis l'épisode de ponte retiré de l'analyse, cette ACP a été précédemment présentée dans le chapitre relatif aux résultats du milieu et à laquelle a été rajoutée la croissance de l'huître, comme variable supplémentaire.

L'ensemble des observations a été synthétisé sur le plan défini par les axes 1-2. Ce plan rend compte de 91% de la variance. L'axe 1 (74,3% de la variance) est déterminé par les pigments chlorophylliens, le seston organique et minéral et l'énergie particulaire. La croissance pondérale (G PTOT) est bien représentée par la température avec un coefficient de corrélation (R), de 0,50 et un coefficient de détermination ( $r^2$ ) de 0,34.

Cependant, elle est mal représentée par l'axe 2 (R = 0,13 ;  $r^2$  = 0,017 ; n = 50). Comme précédemment décrit, la projection des observations relatives au site est regroupée vers les basses valeurs alors que le nord se répartit de façon très hétérogène, avec des valeurs élevées.

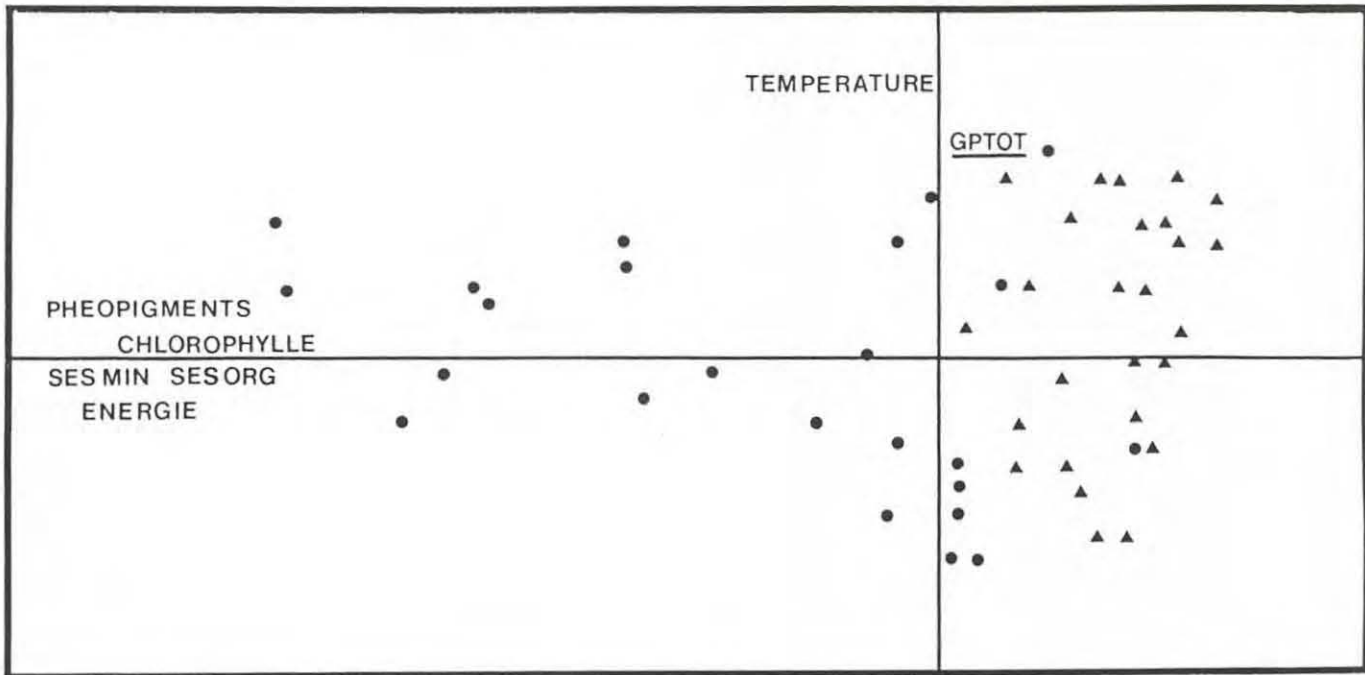


Figure 35 : "Test quantitatif"

Analyse de variance effectuée sur les données hydrobiologiques  
des stations nord (●) et sud (▲)  
Relation avec la croissance pondérale (G PTOT).

Test "qualificatif" (fig. 36)

Les variables étudiées permettent d'expliquer 72,1 % de la variance : L'axe 1 (42,4 % de la variance) est déterminé par les rapports chlorophylle/seston (RCS), organique/seston (O/T) et énergie/seston (E/T). L'axe 2 (29,7 % de la variance) est défini par l'opposition des deux indices de qualité du phytoplancton (% chla et Prot/Chloro).

La projection des variables sur le plan 1-2 montre une répartition différente des valeurs de l'analyse précédente selon les axes 1 et 2. Le secteur nord présente des observations regroupées vers les basses valeurs de l'axe 1, et le sud se répartit largement selon ce même axe.

La projection dans le plan d'analyse de la variable croissance (GPTOT) montre que celle-ci est mal représentée par l'axe 2, définissant la qualité du phytoplancton

( $n = 50$ ,  $R = -0,0434$ ,  $r^2 = 0,0019$ ).

En revanche, l'axe 1 défini par la disponibilité d'énergie en fonction de la charge particulaire explique mieux la croissance

( $n = 50$ ,  $R = 0,39$ ,  $r^2 = 0,1515$ ).

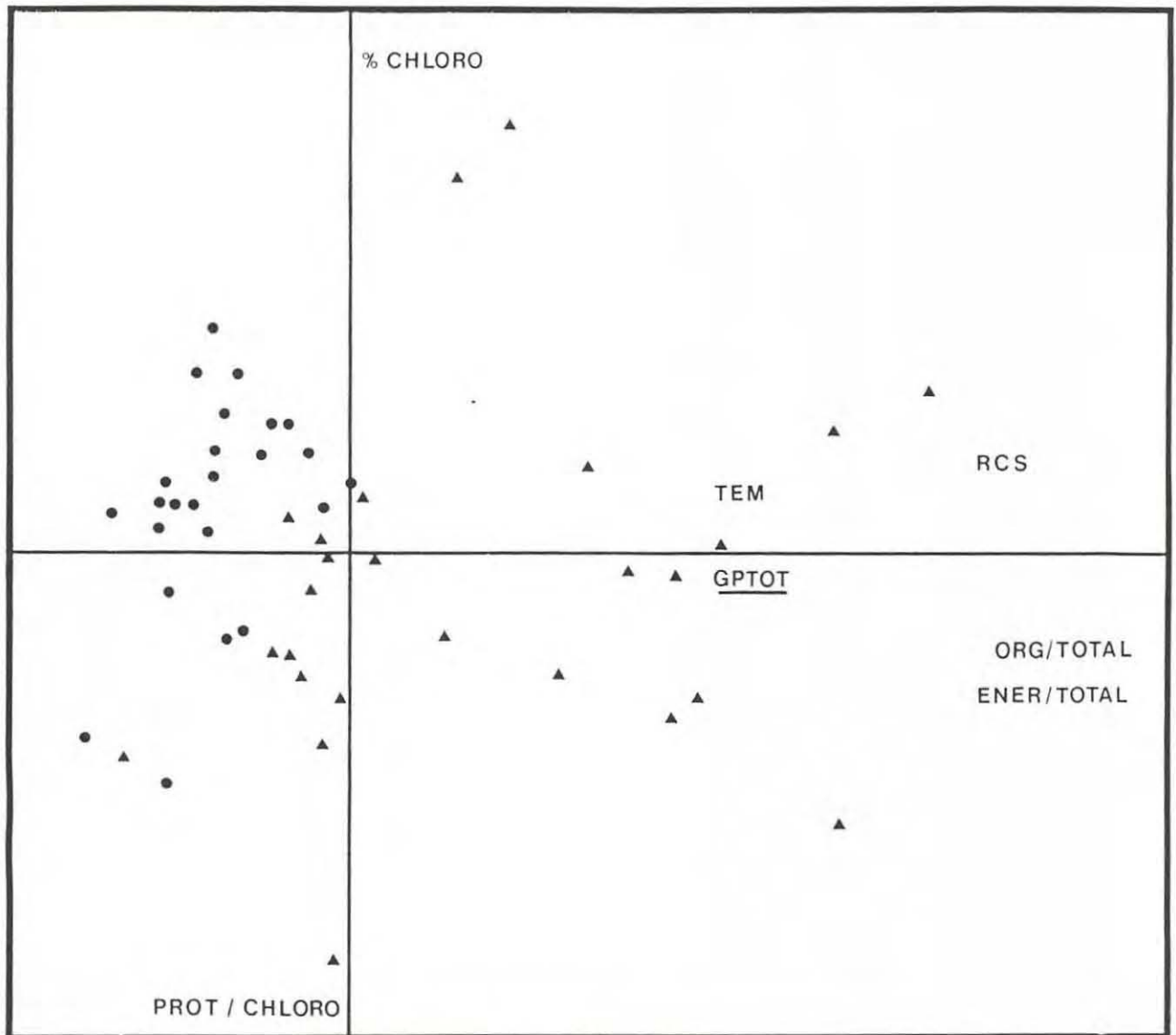


Figure 36 : "Test qualitatif"

Analyse de variance effectuée sur les données hydrobiologiques

des stations nord (●) et sud (▲).

Relation avec la croissance pondérale (G PTOT).

## 6.2. DISCUSSION

La relation huître-milieu révèle que le poids total est le mieux corrélé à la température. Ces observations correspondent à celles faites par de nombreux auteurs sur différents mollusques et recensés par Goulletquer et Bacher (1988). Mann (1979), a constaté expérimentalement que de hautes températures favorisent la croissance du poids total de *Crassostrea gigas* mais peu ou pas la production de chair. D'autre part, ce sont les données hydrobiologiques pondérées par la charge particulaire totale qui explique le mieux la croissance pondérale, notamment le rapport seston organique sur seston total (Bayne et Worral, 1980). La dilution de la nourriture disponible par la charge particulaire minérale a été observée par plusieurs auteurs sur différentes espèces, Widdows *et al.*, (1979), Bayne et Worral (1980) Bayne *et al.*, (1989) sur *Mytilus edulis*, Vahl (1980) sur *Chlamys islandica*, Grizzle et Morin (1989) sur *Mercenaria mercenaria* et Soletchnik *et al.*, (1991) sur *Crassostrea gigas*. De plus, Thompson et Bayne (1974) pensent que les fortes charges sestoniques entraîneraient un jeûne forcé des individus par la fermeture des valves et le mollusque puiserait alors dans ses réserves. On a pu observer que la qualité du phytoplancton exprimé par le pourcentage de chlorophylle *a* et par le rapport protéine/chlorophylle *a*, n'explique pas la croissance du poids total des huîtres.

Les résultats hydrobiologiques précédents ont révélé que la nourriture en baie de Bourgneuf est en grande partie d'origine détritique, comme le constate aussi Héral *et al.*, (1980) dans un écosystème estuarien comparable, le bassin de Marennes-Oléron. Dans ce contexte, la nourriture composée de phytoplancton vivant, ne s'exprime suffisamment pas dans le milieu pour expliquer la croissance pondérale sur l'échelle d'une année.

Cependant, il ne faut pas écarter totalement l'effet de ces indices sur le gain pondéral car c'est au printemps, période à laquelle les efflorescences phytoplanctoniques s'expriment le mieux, que les performances de croissance sont les plus importantes. Cette forte croissance printanière est d'ailleurs observée également à Marennes-Oléron (Deslous-Paoli, 1980) et à Arcachon (Maurer, 1989) et peut être expliquée par une élévation du métabolisme du fait de l'augmentation de température et par l'abondance et la qualité de nourriture.

L'écart de cinétique de croissance totale pondérale entre les deux sites à cette saison peut s'expliquer, comme il a été précédemment énoncé, par la précocité et l'effort de ponte plus important à la station nord. Ceci, peut trouver sa justification dans l'interprétation du rapport huître milieu suivante :

- La croissance totale et notamment en poids sec est le résultat d'un bilan positif entre les besoins énergétiques et la quantité d'énergie consommé par les individus.



Même si la nourriture potentielle est plus importante au nord qu'au sud, elle est moins bien assimilée par les huîtres du fait d'une grande quantité importante de matière minérale et provoque une dépense énergétique accrue pour la sélection préingestive, entraînant un rendement d'absorption médiocre. Ainsi, la gamétogénèse, responsable de l'augmentation tissulaire au printemps peut être atténuée, comme c'est le cas au nord, et comme l'estiment Walne et Mann (1975), par une qualité et une quantité de nourriture qui influent sur la croissance, mais aussi sur la gamétogénèse. Dans ce cas, l'énergie puisée dans le milieu par l'huître servirait à couvrir ses besoins métaboliques de base aux dépens de l'accroissement en poids sec et total.

- L'effort de ponte plus important au nord qu'au sud peut être expliqué par la variabilité importante des paramètres hydrobiologiques du site nord par rapport au sud. Si la température de l'eau n'apparaît pas différente entre les deux secteurs dans cette étude, il a été montré en 1987 que sur un demi-cycle de marée la variabilité de température au nord était plus importante qu'au sud dans les premières heures du flot (Baud *et al.*, 1980).

Ainsi, il a été démontré que la ponte pouvait être exacerbée par des stress ou variation brutale de l'environnement que subissent les mollusques, en particulier des élévations rapides de la température (Widdows et Bayne, 1971 ; Mann, 1979 ; Bayne et Newell, 1983).



## 7. CONCLUSION

L'examen des résultats hydrobiologiques obtenus par l'étude de deux sites ostréicoles de la baie de Bourgneuf a permis de faire les constations suivantes :

- Le secteur nord présente une nourriture abondante en grande partie d'origine détritique et accompagnée d'une forte charge particulaire. Les résultats ont montré que la remise en suspension était alors étroitement liée à la direction du vent lorsque celui-ci provient de l'ouest.

Le confinement dû à un lent renouvellement des masses d'eau pourrait favoriser l'expression d'un développement de la production primaire d'origine pélagique ou/et benthique et de façon plus durable qu'au sud. De plus, les sels nutritifs exogènes ou libérés par les excréments des huîtres en élevage, seraient en partie fixés par la vase et relargués dans l'eau au fur et à mesure de leur épuisement. Cependant les fortes turbidités devraient limiter la photosynthèse, et le développement phytoplanctonique pourrait se faire sur la vase (phytobenthos) ou/et pendant les périodes météorologiques favorables à la faible remise en suspension.

- De part sa situation abritée des vents dominants et de son sédiment grossier, la charge particulaire à la station sud est faible. La nourriture est peu abondante mais d'origine moins détritique qu'au nord. Le renouvellement rapide des masses d'eau rend difficile les corrélations entre les paramètres hydrobiologiques et ne permet pas d'expliquer l'expression de l'efflorescence phytoplanctonique en fonction des sels nutritifs. La production nutritive endogène de ce secteur serait faible et l'énergie proviendrait alors des masses d'eau probablement océaniques, comme le suggère Lazure (1990).

L'année 1990 a été marquée par une période de sécheresse entraînant un déficit hydrique en eau douce important et a été la cause d'un apport faible en nutriments. Les sels nutritifs et notamment les substances azotées ont été rapidement épuisés du milieu. Ainsi, on peut conclure, pour cette année, que la baie de Bourgneuf a été azote limitant.

Les huîtres en élevage présentent un taux de survie annuel satisfaisant, mais les performances de croissance et d'engraissement sont très médiocres comparées à d'autres secteurs ostréicoles français. L'analyse des constituants biochimiques révèle l'existence d'un cycle métabolique classique :

- accumulation des réserves glucidiques au printemps.
- transformation de ces réserves en lipides et participation des protéines au cours de la gamétogénèse.

La croissance des huîtres à la station sud est supérieure à celle du nord alors que cette dernière présente un potentiel nutritif bien plus élevé. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées comme étant à l'origine de ce constat :

La précocité de ponte peut réduire à la station nord, l'effet de la période annuelle (printemps) la plus favorable à la croissance totale et tissulaire. L'effort de ponte plus élevé, dans ce secteur, entraîne une perte de matière sèche importante, non récupérée pendant la croissance automnale.

A la station nord, la dilution de la matière organique par la charge minérale est telle que les rendements d'assimilation sont médiocres alors qu'au sud l'énergie dépensée dans les fonctions de tri particulaire sont faibles et la nourriture mieux absorbée.

Les relations huître-milieu traduisent, même si la significativité des résultats n'est pas probante que la croissance des huîtres est en relation avec la qualité nutritive et notamment de la matière organique/seson total.

A l'avenir, ces corrélations devraient pouvoir s'améliorer en adoptant une fréquence identique d'échantillonnage de l'eau et des huîtres, et la caler sur un prélèvement hebdomadaire. Il pourrait être choisi à l'occasion d'augmenter l'effort d'échantillonnage pendant la phase automnale, pour éviter la gamétogénèse qui perturbe l'interprétation des résultats.

D'autre part, une étude écophysiologie réalisée *in situ* devrait pouvoir décrire les réactions des huîtres dans leurs fonctions de tri-particulaire, de filtration, d'ingestion et d'assimilation. Ainsi, il serait possible de mettre en évidence l'importance de la qualité de nourriture vis à vis de la quantité nutritive.

Malgré des mesures de régulation et de gestion d'élevage, récemment prises lors de réunions concertées entre scientifiques, administration et professionnels, la production biologique en baie de Bourgneuf est telle qu'elle se situe en dernière position parmi les bassins conchylicoles français.

Il semblerait que les décisions prises ne soient pas suffisantes et devraient prévoir un allègement supplémentaire en fonction des zones de production.

L'objectif final est bien d'obtenir une adéquation entre, d'une part les quantités de coquillages en élevage et de gisement naturel, et d'autre part, la capacité trophique moyenne de la baie de Bourgneuf.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Anderson F.E et L.M. Meyer** (1986) The interaction of tidal currents on a distributed intertidal bottom with a resulting change in particulate matter quantity, texture and food quality. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **22**, 19-29.

**Anonyme** (1986). Evolution et état du cheptel ostréicole dans le bassin de Marennes-Oléron : intérêt d'une régulation. Rapport interne IFREMER Laboratoire Ecosystème Conchylicole, *DRV 86-06-AQ/TREM*, 35.

**Mc Allister C.D; T.R ; K. Stephens and J.D.H. Strickland** (1961). Measurement of primary production in coastal sea water using a large volume plastic sphere. *Limnol. oceanogr.*, **6**, 237-258.

**Bacher C.** (1984). Echantillonnage du stock d'huîtres du bassin de Marennes-Oléron Rapport interne *IFREMER Oct.84*, 38.

**Bacher C., J.P. Baud, A. Bodoy, J.M. Deslous-Paoli, J.P. Dreno, M. Héral, D. Maurer. et J. Prou** (1986). A methodology for the stocks assesments of cultivated oysters along the French atlantic coasts *CIEM, CM 1986/K*, **36**, 14 p.

**Bacher C.** (1989). Capacité trophique du bassin de Marennes-Oléron : couplage d'un modèle de transport particulaire et d'un modèle de croissance de l'huître *Crassostrea gigas*. *Aquat. Living Resour* : 199-214.

**Bacher C. et P. Gouilletquer** (1989). Comparaison des relations trophiques de *Ruditapes philippinarum* en milieux estuarien et océanique à partir d'un modèle de croissance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **46** (7) : 1160-1170

**Baird R.H.** (1958). Measurement of condition in mussels and oysters *Journal du conseil*, **23** (2) : 249-257.

**Barillé A.L.** (1993). Etude de la croissance de *Mytilus edulis* cultivée sur filière dans le Pertuis Breton. Modélisation du comportement de la moule *Mytilus edulis*.

**Baud J.P. et J. Haure** (1987). Estimation des stocks d'huîtres cultivées dans la baie de Bourgneuf en 1986. Rapport interne *IFREMER DRV/87-020/RA/BOUIN*, 32.

**Baud J.P. et P. Hommebon** (1987). Estimation des stocks d'huîtres creuses en élevage dans la baie de Bourgneuf en Octobre 1985. Rapport interne *IFREMER DRV 87-002/RA/BOUIN*, 28



**Baud J.P. et J. Haure** (1988). Estimation des stocks de moules de gisements naturels dans la baie de Bourgneuf en 1986. Rapport interne *IFREMER DRV 88-012 RA/BOUIN*, 29

**Baud J.P. et J. Haure** (1989a). Estimation des stocks d'huîtres cultivées (*C. gigas*) et de moules de gisements naturels (*M. edulis*) dans la baie de Bourgneuf en 1987. Rapport interne *IFREMER DRV 89-40 RA/BOUIN*, 51

**Baud J.P., J. Haure, A. Marion et J.M. Robert** (1990). Caractéristiques hydrobiologiques de quatre secteurs ostréicoles de la baie de Bourgneuf en 1987. *IFREMER DRV 90-04 RA/BOUIN*, 66.

**Baud J.P., J. Lefrançois et J. Haure** (1990). Evaluation des stocks d'huîtres (*Crassostrea gigas*) et des stocks de moules (*Mytilus edulis*) sur les gisements naturels et en élevage sur bouchots dans la baie de Bourgneuf en 1988. Rapport interne *IFREMER RIDRV-90.35-RA/BOUIN*.

**Bayne B.L et C. Scullard** (1977). Rate of mitoyen excretion by species of *Mytilus* (Bivalvia: Mollusca). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 57 : 355-369.

**Bayne B.L. et C.M.Worral** (1980) Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Mar. Ecol. Prog. ser.*, 3 : 317-328.

**Bayne B.L. et R.C. Newell** (1983) Physiological energetics of marine molluscs. In : The Mollusca, Wilburg K.M., *Academic Press*, London, 4 (1) : 407-515.

**Bayne B.L.; A.J.S Hawkins, E. Navarro et I.P. Iglesias** (1989) Effects of seston concentration on feeding, digestion and growth in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 55, 47-54.

**Belbeoc'h X.** (1988). Estimation du captage d'huîtres creuses en 1987 dans le bassin de Marennes-Oléron. Méthodologie et résultats. *Stage de recherche IFREMER*, 40.

**Bertalanffy Von L.** (1938). A quantitative theory of organic growth II Inquiries on growth laws. *Human. Biol* : 10, 181-213.

**Berthomé J.P., D Razet et J. Garnier** (1981). Description, évolution et importance des différentes techniques de captage en rivière Seudre (bassin de Marennes-Oléron) : incidence sur la production d'huîtres creuses (*C. gigas*). *CIEM, C.M. 1981/K*, 30.

**Berthomé J.P., J. Prou et A. Bodoy** (1986). Performances de croissance de l'huître creuse *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans le bassin d'élevage de Marennes-Oléron entre 1979 et 1982. In *Halietis*, vol. 15 : 183-192.

**Beukema J.J et W. de Bruin** (1977). Seasonal changes in dry weight and chemical composition of the soft parts of the Tellinid bivalve *Macoma bathica* in the Dutch Wadden sea. *Neth I sea Res.*, 11 (1) : 42-55.

- Bligh J.G and Dyer W.F** (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37** : 911-917
- Bodoy A.** (1980). Croissance et variation de la composition biochimique du bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) dans le golfe de Marseille. *Téthys*, **9** (4) : 345-354.
- Bodoy A. ; J. Prou et J.P. Berthomé** (1986). Etude comparative de différents indices de condition chez l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). *Haliotis* vol 5 : 173-182.
- Bouges A.** (1974). Ecologie du plancton marin, *ed. Masson*, **1** : 1-195.
- Brody S.** (1945). Bioenergetic and growth. Reinhold, New-York, **1023**.
- Cherfaoui D.** (1973). Observations sur le cycle saisonnier des populations de crustacés copépodes planctoniques en baie de Bourgneuf. Thèse Doct. Spécialité *Université Nantes*, 130
- Claissé D.** (1989). Chemical Contamination of French Coasts : The results of a ten years mussel watch. *Marine Pollution Bulletin*, vol. **20**, 10 : 523-528.
- Corbeil M.J.** (1968). Etude de la reproduction des huîtres en baie de Bourgneuf de 1964 à 1967. *Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes* , **32** : 387-396.
- Corlay J.P. et J.M. Robert** (1986). Les cultures marines en baie de Bourgneuf. *Cahier Nantais*, **27** : 103-169.
- Deslous-Paoli J.M.** (1980). Contribution à l'étude de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans le bassin et les claires de Marennes-Oléron. Thèse de 3ème cycle, *Université Aix-Marseille II*, 121 p.
- Deslous-Paoli J.M., M. Héral, W. Boromthanarat, D. Razet, J. Garnier, J. Prou et L. Barillé** (1987). Evolution saisonnière de la filtration de bivalves intertidaux dans des conditions naturelles *Oceanis*, **13** : 575-579.
- Deslous-Paoli J.M. , M. Héral, Y. Zanette** (1981). Problèmes posés par l'analyse des relations trophiques huîtres-milieu. Journées du GABIM, Brest, 18-20 Nov. Publi. *CNEXO (Actes Colloq.)* n. **14**, 1982 : 335 340.
- Dubois F., X.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebecs et F. Smith** (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, **28** (3) : 350-356.
- Feuillet M.** (1971). Relations entre les eaux interstitielles des fonds sédimentaires ostréicoles et le milieu hydrobiologiques. Le bassin des chasses des Sables d'Olonne. *Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes*, **35** (4), 435-442.
- Gabott P.A.** (1976). Energy metabolism. In Marine Mussels. Their ecology and physiology, ed. by B.L. Bayne, *Cambridge University Press* : 93-355.



**Giese A.C.** (1969). A new approach to the biochemical composition of the mollusc body. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **7** : 175-229.

**Gouleau D.** (1968). Etude hydrobiologique et sédimentologique de la baie de Bourgneuf. Thèse Doct. Spécialité, *Université Nantes* 187 p.

**Gouleau D.** (1971). Le régime hydrodynamique de la baie de Bourgneuf et ses conséquences sur la sédimentation. *Cahiers Oceanogr. C.O.E.C.*, **23** (7).

**Gouleau D.** (1975). Les premiers stades de la sédimentation fine sur les vasières littorales découvertes. Rôle de l'immersion. Thèse Doct. Etat (2vol.), *Université Nantes* : 241 + 123p.

**Gouleau D.** (1986). Etude du rôle des eaux interstitielles des sédiments dans la productivité des sites conchylicoles. *GIS Sud-Vilaine*. Rapport d'exécution de contrat n° 84/7650, juin 1986, 44p.

**Goulletquer P. et C. Bacher** (1988). Empirical modeling of the growth of *Ruditapes philippinarum* by means on non linear regression on factorial coordinates. *Aquat. Living Resour.*, **1** : 141-154.

**Grizzle. E. et P.J. Morin** (1989). Effect of tidal currents, seston and bottom sediments on growth of *Mercenaria mercenaria* : results of a field experiment. *Marine Biology.*, **102** : 85-93.

**Haure J. et J.P. Baud** (1990). Croissance, engraissement et mortalité de *Crassostrea gigas* en baie de Bourgneuf. Comparaison de quatre secteurs ostréicoles. *IFREMER RIDRV/90-11-*

**Haure J., J.P. Baud et A. Bodoy** (1991). Trophic competition between natural beds of mussels (*Mytilus edulis*) and japonese oysters (*Crassostrea gigas*) in the bay of Bourgneuf (Atlantic costs of France). Implications in its management. Poster *EAS Dublin, juin 1991*.

**Haure J., J.P. Baud et A. Bodoy** (1993). Caractéristiques hydrobiologiques de deux secteurs ostréicoles de la baie de Bourgneuf. Relations avec la croissance de l'huître *Crassostrea gigas*. Actes du colloque "Le littoral ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation". *Nantes 1-4 juillet 1991*; 83-86.

**Héral M. et D. Razet** (1977). Premières approches de la composition de la nourriture organique particulaire de *Crassostrea gigas* dans les eaux du bassin de Marennes-Oléron. Note au *CIEM C.M. 1977/K:27 Comité benthos*, crustacés et coquillages.

**Héral M., D. Razet et J. Prou** (1989). Acquisition de données en continu sur la matière particulaire de la baie estuarienne de Marennes-Oléron pendant le bloom printanier planctonique : effet sur le taux de filtration de l'huître *Crassostrea gigas*. *CIEM C.M./K*, **34**.

**Héral M., D. Razet, S. Maestrini et J. Garnier** (1980). Composition de la matière organique particulaire dans les eaux du bassin de Marennes-Oléron. Apport énergétique pour la nutrition de l'huître. *Cons. Int. Explor. Mer*, CM 1980/L 44.

**Héral M., J.M. Deslous-Paoli et J.M. Sornin (1983).** Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : première approches. *Oceanis*, **9** (3) : 169-194.

**Héral M., J.M. Deslous-Paoli et J. Prou (1986).** Dynamique des productions et des biomasses des huîtres creuses cultivées (*Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas*) dans le bassin de Marennes-Oléron depuis un siècle. *Cons. Int. Explor. Mer*, CM 1986/F **41**.

**Héral M., J.M. Deslous-Paoli, J. Prou et D. Razet (1987).** Relation entre la nourriture disponible et la production de mollusques en milieu estuarien : variabilité temporelle de la colonne d'eau. *Haliotis*, **16** : 149-198

**Héral M., J.M. Deslous-Paoli et J. Prou (1988).** Approche de la capacité trophique d'un écosystème conchylicole. *Cons. Int. Explor. Mer*, CM 1988/K **22**.

**Héral M. (1991).** Approches de la capacité trophique des écosystèmes conchylicoles : synthèse bibliographique. *CEC Mar.Sci. Symp*, **192** : 48-62.

**Jegou A.M et J.Y Creze (1977).** Groupe de travail, parcs et réserves en milieu marin. Site étudié, la baie de Bourgneuf. Ministère de la qualité de la vie. Direction de la protection de la nature. Etude réalisée par le *CNEXO Unité littoral*.

**Latour E . (1983).** Mise au point d'une méthode d'estimation de la biomasse d'huîtres en élevage dans un site test du bassin de Marennes-Oléron *Rapport de stage, Diplôme d'agronomie approfondie*, 83.

**Lawrence D.R et G.I. Scott (1982).** The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries*, **5** (1), 23-27.

**Lazure P. (1989).** Synthèse des études hydrodynamiques de la baie de Bourgneuf. Rapport pour la Préfecture de la Région des Pays de la Loire (SESGAR). *IFREMER DERO/EL 89-24* : 30p.

**Lazure P. (1992).** Etude de l'hydrodynamique de la baie de Bourgneuf. Rapport pour la Préfecture de la Région des Pays de la Loire (SESGAR). *IFREMER DEL/92-24* : 20p.

**L.C.H.F. (1986).** Le Gois-Fromentine. Etude hydraulique et sédimentologique. Avis technique. Rapport pour *T.P.E Maritimes*, 52p.

**Le Dantec J. (1956).** Observations sur un essai d'élevage d'huîtres portugaises en caisse ostréophiles. *Rev. Trav. Inst. Pêches maritimes.*, **20** (2) : 171-182.

**Legallo J.Y. (1972).** Recherches sur les variations saisonnières de l'épifaune en baie de Bourgneuf. Thèse Doct. Spécialité *Université Nantes*, 63

**Levasseur M., J.C. Therriault et L. Legendre (1983).** Tidal currents, winds and the morphology of phytoplankton spatial structures. *J. Mar. Res.* : **41**,665-672.

- Lorenzen C.J.** (1967). Determination of chlorophyll and pheophytin spectrophotometric equation. *Limnol.Oceanogr*, **12** : 343-346.
- Lowry O.H., N.I. Rosebrough, A.L. Farrand and R.J. Randall** (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem* : **193**, 263-275.
- Lubet P.**(1957). Cycle sexuel de *Mytilus edulis* L et de *Mytilus galloprovincialis* Lmk dans le bassin d'Arcachon (Gironde). *Année biologique*, **33** : 19-29.
- Lucas A., J. Calvo et M. Trancart** (1978). L'effort de reproduction dans la stratégie démographique de six bivalves de l'Atlantique *Haliotis*, **9** : 107-116.
- Maestrini S.Y. et J.M. Robert.** (1981). Rendement d'utilisation des sels nutritifs et variations de l'état des cellules de trois diatomées de claires à huîtres de Vendée. *Oceanol. Acta* **4** : 13-21.
- Malara G. et R. Charra** (1972). Dosage des glucides particuliers selon la méthode de Dubois. Notes de travail, S.Z.V. Villefranche-sur-mer, 5
- Mann R.** (1979). Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **59** : 95-110.
- Marion A.** (1985). Phytoplancton de la baie de Bourgneuf. Fertilité des eaux néritiques. Thèse Doct. Spécialité, *Université Nantes*, 156.
- Marion A. et J.M. Robert** (1985). Détermination, au moyen de tests biologiques, de facteurs nutritionnels intervenant dans la composition spécifique des peuplements phytoplanctoniques printaniers en baie de Bourgneuf. *J. Rech. Oceanogr.*, vol. **10**, (3) : 88-91.
- Marsh J.B. and D.B. Weinstein** (1966). Sample charving method for determination of lipid. *J.Lip.Res.*, **7** : 574-576
- Martin A.G., C. Riaux et J.R. Grall** (1977) Distribution de la matière organique particulaire dans l'estuaire de la Penzé (Nord-Finistère) *I. Rech. Oceogr.*, Vol II n°2 : 13-19.
- Maurer D. et M. Borel** (1986). Croissance, engraissement et cycle sexuel de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon : Comparaison des huîtres âgées de 1 et 2 ans. *Haliotis*, **15** : 125-134.
- Maurer D.** (1989). Approche des relations entre la croissance de l'huître *Crassostrea gigas* et le milieu dans le bassin d'Arcachon. IFREMER DRV.89.034-RA, .33p.
- Miklestad J. et A. Haug.** (1972). Production of carbohydrates by the marine Diatom *Chaetochos affinis* and the effect of the concentration of nutrients in the culture medium. *J. exp. Mar. Biol. ecol.*, **9-2** : 125-136.



**Neveux J.** (1976). Dosage de la chlorophylle *a* et de la pheophytne *a* par fluorimètre. *Ann.Inst.Oceanogr*, **52** : 165-174.

**Nival P., G. Malara, R. Charra et D. Boucher** (1970). La matière organique particulaire en méditerranée occidentale en mars 1970. (chlorophylles, protides, glucides, mission "MEDIPROD II") du Jean Charcot. *Ann. Inst. Oceaogr.*, **48** (2) : 141-156.

**Neuilly M., CETAM** (1993). Modélisation et estimation des erreurs de mesure. Technique et Documentation - Lavoisier, 644.

**Parsons T.R., K. Stephens et J.D.H. Strickland** (1967) On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **18** : 311-332.

**Potier M. et F. Thomas** (1979). I.S.T.P.M. Etude des ressources halieutiques de la baie de Bourgneuf. Convention comité local de Noirmoutier. *Affaires Maritimes de Bretagne/Vendée*.

**Ravail B., M. Héral, D. Razet et J.M. Robert** (1986). Incidence de la diminution des débits de la Charente sur la production primaire dans le bassin de Marennes-Oléron. Rapp. *IFREMER*, 48p.

**Ravail B., M. Héral et S.Y. Maestrini** (1987). Incidence du débit de la Charente sur la capacité biotique du bassin ostréicole de Marennes-Oléron, Convention EPR Poitou-Charentes, *IFREMER 1985 Rapport* 30 Octobre 1987, **63p**

**Ricard M.** (1987). Atlas du phytoplancton marin. 2 ed. CNRS.

**Riley R.T** (1976). Changes in the total protein, lipid, carbohydrate, and extra-cellular body fluid free amino-acids of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, during starvation. *Proc. Nat. Shellfish. Ass.*, **65** : 84-90.

**Rince Y.** (1978). Intervention des diatomées dans l'écologie des claires ostréicoles de la baie de Bourgneuf. Thèse Doct. Spécialité, *Université Nantes*, 203

**Robert J.M.** (1974). Etude préliminaire des relations entre l'état de verdissement d'une claire ostréicole et l'examen biométrique de populations planctoniques et benthiques du *Navicula ostrearia* Bory, pigmenté, applications CR *Académie des sciences de Paris*, **278** : 1405-1408.

**Robert J.M.** (1975). Le verdissement dans les claires de la baie de Bourgneuf. *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest Fr.*, **73** : 123-129.

**Robert J.M.** (1977). Premières données écologiques sur les claires à huîtres de la baie de Bourgneuf. *Bull. Ecol.*, **8** : 57-62.

**Robert J.M., S.Y. Maestrini, M. Héral et Y. Zanette** (1982 b). Production de micro algues des claires ostréicoles en relation avec l'azote organique dissous excrété par les huîtres. *Oceanol. Acta*, Actes symposium international sur les lagunes côtières, Scor/IABO/Bordeaux 8-14 Septembre 1981 : 389-395.

**Robert J.M.** (1983). Fertilité des eaux des claires ostréicoles et verdissement : utilisation de l'azote par les diatomées dominantes. Thèse Doct. Etat (2vol.), *Université Nantes*, 281+annexes.

**Saint-Félix C., J.P. Baud et P. Hommebon** (1983). Estimation de la biomasse ostréicole de la baie de Bourgneuf 1982. *Science et pêche*, 3-9

**Schwartz D.** (1986). Methodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. FLAMMARION MEDECINE SCIENCES, 318.

**Soletchnik P., J. Prou, M. Héral, L. Barillé, D. Razet et L. Guezennec** (1991). Influence de la charge particulaire sur la filtration d'une population d'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin estuarien de Marennes-Oléron (France) : analyse de deux cycles de marée. *CIEM C.M.*, 1991/F, 53.

**Sornin J.M.** (1981). Processus sédimentaires et biodéposition liés à différents modes de conchyliculture. Baie de Cancale, Anse de l'Aiguillon et bassin de Marennes-Oléron. Thèse Doct. Spécialité, *Université Nantes*, 1980.

**Spencer B.E. and G. J. Gough** (1978). The growth and survival of experimental hatches of hatchery reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* (Thunberg) using different methods of tray cultivation. In *Aquaculture*, 13 : 293-312.

**STATITCF**, 1987. Guide de l'utilisateur. ITCF Edn. Paris, 150.

**Taylor A.C. et I.J. Venn** (1979). Seasonal variation in weight and biochemical of the tissues of the queen scallop, *Chlamys opercularis* from chyd sea area. *J mar. biol. Ass. U.K.*, 59 : 605-621.

**Thompson R.J. et B.L. Bayne** (1974). Some relationship between growth, metabolism, and food in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 27 : 317-326.

**Treguer P. et Le Corre** (1975). Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisation de l'autoanalyseur II TECHNICON) 2<sup>ème</sup> édition. *Université de Bretagne Occidentale*, 110.

**Vahl O.** (1980) seasonal variations in seston and in the growth rate of the iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) from balsford, 70°N *J Exp.Mar.Biol.Ecol.*, 48 : 195-204.

**Vincendeau M.L.** (1987). Etude de la fertilité des eaux des milieux conchylicoles: Influence de l'excrétion des huîtres et des palourdes sur la production des diatomées dominantes. Thèse Doct. Spécialité, *Université Paris VI*, 172p.

**Walne P.R.** (1970). The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oyster *Ostrea edulis* L. and review of the literature. *Fish. Invest.*, 226 (3) ; 35.p

**Walne P.R. et B.E. Spencer.** (1971). The introduction of pacific oyster *Crassostrea gigas* into the United Kingdom. *M.A.F.F. Shellfish inf. Bull.*, 21, 8p.

**Walne P.R. et R. Mann**,(1975).Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. In : Barnes H., ed., *Proc.Gth Europ. mar. biol. Symp.*, Oban. Aberdeen University Press : 587-607.

**Widdows J. et B.L. Bayne** (1971). Temperature acclimation of *Mytilus edulis* with to its energy budget. *J Mar. Biol. Ass. U.K.*, **51** : 827-843.

**Widdows J.P., C Festhand et C.M. Worral** (1979). Relationship between seston, available food and feeding activity in the Common mussel *Mytillus edulis*. *Mar. Biol.*, **50** : 125-207.

**Yentsch G.S. and Menzel** (1963). A method for determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res*, **10** : 221-231.

## ANNEXE

### Composition biochimique de l'animal standard

Afin d'analyser les variations saisonnières de la composition biochimique, il convient d'utiliser pour minimiser l'effet de la croissance un artifice de calcul. Pour ce faire, on procède de la façon suivante :

- On établit une droite de régression entre un paramètre lié linéairement à la croissance, ici le poids de coquille, et le poids sec de chair de l'animal (sur lequel s'est effectuée la prise pour l'analyse). La régression a été ici établie à partir du logarithme des valeurs,

- On calcule d'après cette régression le poids sec correspondant au poids de coquille pour chaque individu,

- On calcule ensuite le poids sec de l'animal s'il avait un poids de coquille standard. Par convention, le poids de coquille de l'animal standard sera égal à la moyenne des poids de coquille.

$$\text{Poids sec de l'individu standardisé} = \frac{\text{Poids sec de chair}}{\text{Poids de coquille}} \times \text{Poids coquille standard}$$

La composition biochimique de chaque individu est recalculée :

$$Q \text{ (mg)} = \frac{\% \text{ du constituant biochimique}}{100} \times \text{Poids sec de l'individu standardisé}$$

## TRAVAUX

### Articles dans revue scientifique à comité de lecture

**Baud J.P., J. Haure et J. Garnier** (1990). Effet de l'apport de phytoplancton (*Skeletonema costatum*) sur la croissance et les variations biochimiques de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* cultivée en marais. *Oceanis*, **16** (5), 391-408.

**Baud J.P., J. Haure et A. Bodoy** (1992). Intensive culture of the Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in marine ponds. The impact of rearing densities and feeding levels on growth rates and yields. *Oceanis*, **18** (1), 121-132.

### Articles dans revue sans comité de lecture

**Baud J.P., J. Haure, A. Marion et J.M. Robert** (1993). Variations spatiotemporelles des paramètres hydrobiologiques dans trois secteurs ostréicoles de la baie de Bourgneuf : Conséquences sur l'aménagement des cultures marines. Actes du colloque "Le littoral ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation" Nantes 1-4 juillet 1991; 83-86.

**Baud J.P., J. Haure et P.G.Sauriau** (1993). Influence de la méthode de distribution du phytoplancton sur l'homogénéité de croissance de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) élevée en bassin. Note au CIEM, 1993/K: 45,12 pp.

**Haure J., J.P. Baud et A. Bodoy** (1993). Caractéristiques hydrobiologiques de deux secteurs ostréicoles de la baie de Bourgneuf. Relations avec la croissance de l'huître *Crassostrea gigas*. Actes du colloque "Le littoral ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation". Nantes 1-4 juillet 1991; 83-86.

### Communication écrite à des colloques ou groupes de travail

**Baud J.P. et J. Haure** (1989). Intensive rearing of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in ponds. Poster, *European Aquaculture Society*, Bordeaux 2,3 et 4 octobre. (1er Prix).

**Baud J.P. et J. Haure** (1989). La culture intensive en marais à partir d'eau salée souterraine : Exemple de la palourde japonaise. Communication orale et écrite pp 25-26 *E.A.S. Bordeaux* 2,3 et 4 octobre.

**Baud J.P., J. Haure et J. Garnier** (1989). Effet de l'apport de phytoplancton (*Skeletonema costatum*) sur la croissance et les variations biochimiques de *Ruditapes philippinarum* cultivée en marais. Communication orale aux journées du *Gabim*, 8-10 novembre 1989, Nantes.



**Baud J.P., J. Haure et A. Bodoy** (1991). Intensive culture of the Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in marine ponds. The impact of rearing densities and feeding levels on growth rate and yields. Communication orale. Symposium *Sfjo Nantes 2-5 juillet 1991*.

**Haure J., J.P. Baud et A. Bodoy** (1991). Caractéristiques hydrobiologiques de deux secteurs ostréicoles de la baie de Bourgneuf, relations avec la croissance de l'huître (*Crassostrea gigas*). Communication orale, symposium *Uof Nantes du 1 au 3 Juillet*.

**Haure J., J.P. Baud et A. Bodoy** (1991). Trophic competition between natural beds of mussels (*Mytilus edulis*) and Japanese oysters (*Crassostrea gigas*) in the bay of Bourgneuf (Atlantic coasts of France). Implications in its management. Poster *EAS Dublin, juin 1991*.

**Haure J.**, (1992). Atouts et contraintes de l'écosystème conchylicole de la baie de Bourgneuf. Communication orale, Colloque *Ifremer Drv/Ra, 11-13 février 1992, Nantes*.

**Baud J.P., M. Cardinal et J. Haure** (1993). A new oyster fattening technique using underground saltwater. Poster and abstract, 47-48, *WAS, Torremolinos, mai 1993*.

**Baud J.P., J. Haure et P. Severin** (1993). Optimisation de l'élevage intensif en circuit semi-fermé de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*). Communication orale, *Sfm, 7-10 juillet La Rochelle*.

**Haure J. et J.P. Baud** (1993). Intensive rearing of flat oyster *Ostrea edulis* in raceways using underground saltwater: an approach to validate a methodology. Poster and abstract, 60-61, *WAS, Torremolinos, mai 1993*.

## **Rapports internes DRV référencés**

**Baud J.P. et J. Haure** (1987). Estimation des stocks d'huîtres cultivées dans la baie de Bourgneuf en 1986. *Ifremer Drv-88.020-Ra/Bouin*, 34 pp.

**Baud J.P. et J. Haure** (1987). Estimation des stocks de moules de gisements naturels dans la baie de Bourgneuf en 1986. *Ifremer Drv 88.012 Ra/Bouin*, 29 pp.

**Baud J.P., P. Hommehon et J. Haure** (1988). Diversification de la production conchylicole. Approche d'une stratégie d'élevage de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) dans la région de la baie de Bourgneuf. *Ifremer Drv 88.024-Ra/Bouin*, 24 pp.

**Baud J.P. et J. Haure** (1989). Estimation des stocks d'huîtres cultivées (*C. gigas*) et de moules de gisements naturels (*M. Edulis*) dans la baie de Bourgneuf en 1987. *Ifremer Drv 89.040-Ra/Bouin*, 51 pp.

**Baud J.P., J. Haure, A. Marion et J.M. Robert** (1990). Caractéristiques hydrologiques de quatre secteurs ostréicoles de la baie de Bourgneuf en 1987. *Ifremer Drv 90.04 Ra/Bouin* 66 pp.

**Baud J.P., J. Lefrancois et J. Haure** (1990). Evaluation des stocks d'huîtres *Crassostrea gigas* et des stocks de moules *Mytilus edulis* sur les gisements naturels et en élevage sur les bouchots dans la baie de Bourgneuf (Année 1988). *Ifremer Ridrv* **90.35** Ra/Bouin, 70 pp.

**Haure J et J.P.Baud** (1990). Croissance, engraissement et mortalité de *Crassostrea gigas* en baie de Bourgneuf. Comparaison de quatre secteurs ostréicoles. *Ifremer Ridrv* **90.11**-Ra/Bouin, 25 pp.

**Martin J.L., J.P. Baud, P. Russu, P. Severin, J. Haure, J. Hussenot, F. Mornet et D. Gouleau** (1990). *Ruditapes philippinarum* : Evolution, relation avec la croissance *Ifremer Ridrv* **90.53**-Ra/L'houmeau, 45 pp.

**Severin P., J.P. Baud et J. Haure** (1990). Mise au point de l'élevage intensif de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* en marais. Influence de la ration alimentaire, du taux de renouvellement de l'eau et de la vitesse de circulation en circuit semi fermé. *Ifremer Ridrv* **90.39**-Ra/Bouin, 32 pp.

**Baud J.P., P. Glize, J. Haure et J. Garnier** (1991). Elevage intensif de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) dans les marais atlantiques. Faisabilité biologique. *Ifremer Ridrv* **91.03**-Ra/Bouin, 54 pp.

**Breton G., J.P. Baud et J. Haure** (1991). Optimisation de l'élevage intensif de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) en marais. *Ifremer Ridrv* **91.13**-Ra/Bouin, 42 pp.

### **Autres types de rapports non référencés**

**Baud J.P., J. Haure et P. Severin** (1993). Optimisation de l'élevage intensif en circuit semi-fermé de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*). Communication orale, *Sfm*, 7-10 juillet La Rochelle.

## GLOSSAIRE DES TERMES SCIENTIFIQUES UTILISÉS DANS LE RAPPORT

### **BENTHIQUE :**

Qualifie tous les organismes et les processus ayant un lien étroit avec le fond.

### **BIOMASSE :**

Quantité totale de matière vivante des organismes présents dans un milieu à un instant donné. On l'exprime en masse (poids sec, poids frais, décalcifié ou non) en carbone, en calories par unité de volume ou de surface.

### **CHLOROPHYLLE a:**

Pigment assimilateur vert contenu dans les végétaux et qui permet la photosynthèse : on distingue les chlorophylle a; b; et c; la première étant la plus abondante.

### **CLAIRE :**

Bassin de terre rempli d'eau de mer où l'on peut faire verdier des huîtres et/ou les affinées.

### **COLLECTEUR :**

Support pour récolter le naissain d'huître. Il peut être de différent type (tubes plastiques, broches d'ardoises, de coquilles Saint Jacques ou d'huîtres).

### **CONCHYLICOLE :**

Qui se rapporte à la conchyliculture.

### **CONCHYLICULTURE :**

Elevage des coquillages.

### **DESSALURE :**

Dilution de l'eau de mer par un apport naturel d'eau douce.

### **DIATOMÉES :**

Classe d'algues unicellulaires à squelette externe siliceux, dont la taille varie entre 2 et 400 microns. Outre la chlorophylle, elles contiennent des pigments bruns. Elles jouent un rôle très important dans la production marine et dans la formation des sédiments.

### **DINOFLAGELLÉES :**

Classe de végétaux unicellulaires généralement marins, libres, planctoniques ou benthiques, caractérisés par la présence de deux flagelles battant dans deux plans perpendiculaires.

### **ECHANTILLONNAGE EULERIEN :**

Technique utilisée pour décrire en une station d'étude donnée, les masses d'eau sur un demi cycle de marée (6heures) ou cycle complet (12heures).

### **ECHANTILLONNAGE**

#### **SPATIAL LAGRANGIER :**

Technique d'échantillonnage utilisée lorsqu'il est nécessaire de composer plusieurs stations d'études en un moment bien précis de la marée. (Utilisée dans cette étude).

### **EFFLORESCENCE OU**

#### **BLOOM PHYTOPLANCTONIQUE:**

Forte élévation de la densité du phytoplancton.

### **ELEVAGE A PLAT :**

Technique utilisée lorsque les huîtres sont réparties à même le sol, sans protection.

### **ESTRAN :**

Portion du littoral entre les plus hautes et les plus basses mers.

### **ETIER :**

Chenal plus ou moins ramifié et soumis à la marée dans les marais maritimes.

### **FLOT :**

Nom donné à la marée montante.

### **JUSSAN :**

Nom donné à la marée descendante.

### **MARNAGE :**

Différence des hauteurs d'eau d'une pleine mer et d'une basse mer successives.

### **MODÈLE MATHÉMATIQUE :**

Présentation à l'aide d'une formulation mathématique, d'une relation causale ou simplement descriptive d'une situation ou d'une évolution sous l'influence de certaines variables.

### **MICROPHYTOBENTHOS :**

Ensemble des algues benthiques microscopiques vivant sur les substrats ou dans les interstices des grains de sable des substrats meubles.

### **NAISSAIN :**

Larves d'huîtres ou de moules.

### **NUTRIENTS :**

(terme anglo-saxon),  
voir sels nutritifs.

### **OSTREICULTURE :**

Elevage des huîtres.

### **PHEOPIGMENT OU**

#### **PHEOPHYTINE :**

Pigment résultant de la dégradation de la chlorophylle.

### **PHOTOSYNTHESE :**

Processus biochimique par lequel les végétaux chlorophylliens élaborent des substances organiques à partir du gaz carbonique et de l'eau, en utilisant la lumière solaire comme énergie et en rejetant de l'oxygène.

### **PHYTOBENTHOS :**

Ensemble des organismes du benthos appartenant au règne végétal.

**PHYTOPLANKTON :**

Ensemble des organismes du plancton appartenant au règne végétal. Les diatomées et les dinoflagellées constituent la plus grande partie des organismes phytoplanctoniques.

**PLANCTON :**

Ensemble des organismes animaux et végétaux, microscopiques ou de petite taille, vivant en pleine eau et de faible capacité natatoire.

N.B. La taille du nanoplacton est comprise entre 5 et 50 microns.

**POCHE OSTREICOLE :**

Outil utilisé pour élever les huîtres. Poche à mailles plastiques de différentes tailles, de 1m de longueur et 0,50m de largeur dans laquelle les huîtres sont installées pour favoriser leur croissance. Les poches sont fixées sur les tables ostréicoles.

**PRODUCTION :**

Quantité de matière organique élaborée par l'ensemble des individus d'une même population sur une unité de temps. La production comprend :

- l'accroissement de la biomasse par croissance tissulaire des individus;
- l'apport de matière par le recrutement de jeunes individus au sein de la population;
- la perte de matière par mortalité et émigration..

**PRODUCTIVITE OU P/B :**

La productivité d'une population est le rapport entre la production et la biomasse moyenne; elle correspond à la vitesse de renouvellement de la biomasse par unité de temps, soit encore le "turn-over" de la population.

**PRODUCTION PRIMAIRE :**

Quantité de matière organique élaborée par les végétaux photosynthétiques, pendant une période donnée.

**SELS NUTRITIFS :**

Formes assimilables par les végétaux marins de l'azote, du phosphore et de la silice dissous dans l'eau de mer. Ils représentent un facteur important de la fertilité des océans.

**SESTON :**

Matière particulaire organique ou minérale dont la taille est comprise dans cette étude, entre 1µm et 200µm.

**TABLE OSTREICOLE :**

Support métallique de 50cm de haut qui repose sur le fond et sur lequel sont installés des poches d'huîtres.

**TAUX D'EXPLOITATION :**

Il est calculé de la manière suivante :

$$T.E (\%) = \frac{\text{Surface exploitée}}{\text{Surface concédée}}$$

Il permet de connaître la charge d'huître en élevage en fonction d'une surface donnée.

**TURBIDITE :**

Etat d'un liquide trouble. La turbidité permet de mesurer l'opacité d'une eau.

**TROPHIQUE :**

Qui concerne la nutrition.

**ZOOPLANKTON :**

Ensemble des organismes du plancton appartenant au règne animal.