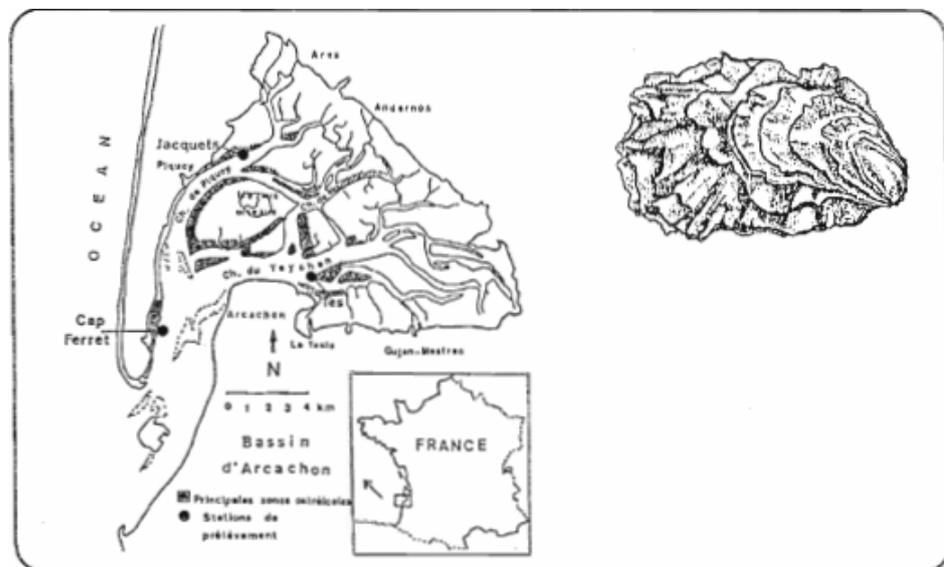


Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER

DRV-89.034-RA/Arcachon

## Approche des relations entre la croissance de l'huître *Crassostrea gigas* et le milieu dans le bassin d'Arcachon



Danièle MAURER

Rx H742-2  
11A4  
A

# INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

Adresse : IFREMER  Quai du Commandant Silhouette 33120 ARCACHON	<b>DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES</b>  <b>DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLES</b>  <b>STATION/LABORATOIRE      ARCACHON</b>
---	---

<b>AUTEURS (S) :</b> Danièle MAURER	<b>CODE :</b> DRV-89.034-RA/ ARCACHON
<b>TITRE :</b>  APPROCHE DES RELATIONS ENTRE LA CROISSANCE DE L'HUITRE <i>Crassostrea gigas</i> ET LE MILIEU DANS LE BASSIN D'ARCACHON	<b>date :</b> Octobre 1989 <b>tirage nombre :</b> Nb pages : 33 Nb figures : 17 Nb photos : 0
<b>CONTRAT</b> (intitulé)  N° _____	CONTRAT DE PLAN IFREMER - REGION AQUITAINE (1984-1988)
<b>DIFFUSION</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>	

**RESUME**

Une étude de la croissance expérimentale de l'huître *Crassostrea gigas* a été menée de 1985 à 1988, parallèlement à un suivi hydrobiologique du milieu, en trois sites du bassin d'Arcachon.

- Les caractéristiques de croissance des sites étudiés se sont avérées très stables au cours des différentes années; elles sont aussi très différentes d'un site à l'autre, les performances pouvant varier du simple au double du centre du bassin vers la sortie sur l'océan. C'est au cours de l'été et de l'automne que la différence s'établit entre les secteurs, les croissances printanières étant similaires. La hiérarchie observée est associée à une plus ou moins grande précocité de la ponte.
- Un gradient influence océanique-influence continentale est observé, se traduisant par des conditions plus extrêmes dans les zones internes du bassin pour les paramètres température et salinité. Il n'y a pas, en revanche, de gradient net de richesse phytoplanctonique. La structure saisonnière est très marquée et fortement dominante sur les structures géographiques et interannuelles, malgré des années très contrastées et des sites hétérogènes quant aux masses d'eaux qui les baignent et aux performances de croissance des mollusques en élevage dans ces secteurs.

La moins bonne croissance des secteurs internes pourrait être mise en relation avec leurs conditions de milieu plus instables et plus extrêmes, qui provoqueraient une demande énergétique des mollusques bien supérieure à celle des meilleures zones. En période de nourriture peu abondante, il en résulterait une limitation de la croissance.

**mots clés :** *Crassostrea gigas*, baie d'Arcachon, croissance, hydrobiologie, huître, ostréiculture

**key words :**



42341

## SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	4
<u>1 - MATERIEL ET METHODES</u>	5
1.1. Les huîtres	5
1.1.1. Conditions d'élevage	5
1.1.2. Paramètres étudiés et fréquence	6
1.2. Le milieu	7
1.2.1. Conditions de prélèvement	7
1.2.2. Paramètres étudiés	8
<u>2 - RESULTATS "HUITRES"</u>	8
2.1. Le poids total	8
2.2. Le poids de coquille	10
2.3. La longueur	10
2.4. Le poids sec	10
2.5. L'index de condition	13
2.6. La composition biochimique	14
2.6.1. Les glucides	14
2.6.2. Les lipides	15
2.7. Discussion	15
<u>3 - RESULTATS "MILIEU"</u>	16
3.1. Paramètres physico-chimiques	16
3.1.1. La température	16
3.1.2. La salinité	18
3.1.3. Les sels nutritifs	19
3.1.3.1. Les nitrates et nitrites	19
3.1.3.2. Les phosphates	20
3.1.4. Discussion	20
3.2. Paramètres biologiques	22
3.2.1. La chlorophylle a	22
3.2.2. Les phéopigments et le pourcentage de chlorophylle a active	23
3.2.3. Discussion	23
3.3. Analyse en composantes principales	25
<u>4 - DISCUSSION GENERALE</u>	26
4.1. Quelques calculs	26
4.2. Quelques réflexions	27
<u>CONCLUSION</u>	30
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	32

Ce travail a été réalisé avec la collaboration technique de :  
Carmen et Michel BOREL pour la partie huîtres,  
Jean-Louis LABORDE pour la partie milieu et  
Gilles TRUT pour les aspects analytiques.

## INTRODUCTION

Les fluctuations historiques de la production conchylicole, et les conséquences socio-économiques qui en découlent, montrent la nécessité d'une meilleure gestion des bassins conchylicoles en fonction de leurs aptitudes et contraintes.

Afin de tenter de déterminer les éléments intervenant dans les variations de la production ostréicole du bassin d'Arcachon, deux démarches complémentaires ont été suivies.

- La première consiste en une évaluation des stocks et des productions, effectuée à partir de données historiques (Deltreil, sous presse) et en temps réel (Maurer *et al.*, 1987; Maurer *et al.*, 1988), afin de mettre en évidence d'éventuels phénomènes de surcharge passés ou présents. Elle a conduit à la réalisation d'un modèle global de la production ostréicole du bassin qui montre, en particulier, l'absence de surcharge actuellement dans la baie.
- La seconde démarche consiste en une étude expérimentale de la croissance, la maturation et la qualité des huîtres en trois secteurs du bassin. Elle a été menée de 1985 à 1988 conjointement à un suivi des caractéristiques hydrobiologiques du milieu et constitue l'objet du présent rapport. La stratégie d'acquisition des données a évolué au cours des années; partant d'une connaissance minimale des mollusques et du milieu, elle s'est orientée vers une étude plus fine visant à cerner de façon plus précise les relations entre les huîtres et leur environnement.

Un des intérêts principaux de ce travail réside dans le recul résultant de plusieurs années d'observations sur plusieurs sites d'élevage qui permet de mieux appréhender la réalité du bassin d'Arcachon.

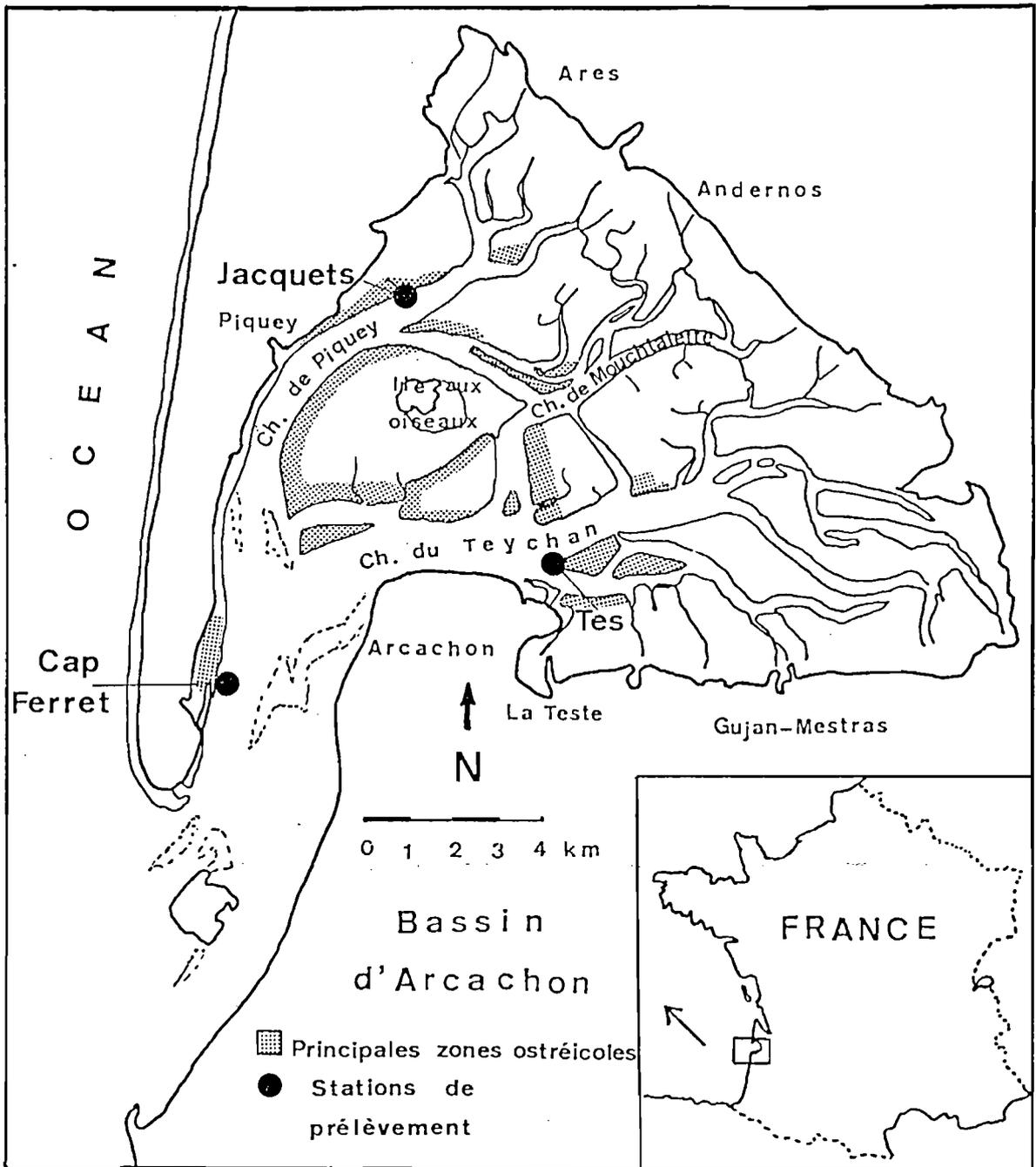


Fig. 1 - Le bassin d'Arcachon.

## 1 - MATERIEL ET METHODES |

d'étude

En ce qui concerne les mollusques, la stratégie est restée inchangée au cours de la période d'étude. En revanche, pour le suivi du milieu, elle a évolué au cours des années pour aboutir à une intensification en 1988.

### 1.1. Les huîtres

#### 1.1.1. Conditions d'élevage

Il a été choisi d'étudier finement la croissance, durant une année, d'huîtres âgées de 18 mois à la mise en place (février) car cette période correspond au gain de poids le plus important de la vie du mollusque. Afin de faciliter les conditions du suivi, l'élevage a été mené en poches ostréophiles. Les lots d'huîtres sont calibrés entre 20 et 30 g; ils sont issus d'un captage sur tuiles et proviennent des "bas" du bassin (Grand Banc).

Deux sites ont été retenus en 1985 (fig. 1) :

- le Cap Ferret, le meilleur secteur de croissance et d'engraissement du bassin; il sert de référence depuis de nombreuses années et est représentatif de la zone des "bas" du bassin, sous influence océanique;
- le Tes, en zone intermédiaire, est alimenté par le chenal du Teychan, voie principale de circulation des eaux océaniques dans la baie.

Ces deux zones correspondent à l'extension actuelle de l'élevage, les "hauts" du bassin ayant été progressivement abandonnés depuis le début du siècle.

A partir de 1986, un troisième site a été ajouté. Il s'agit des Jacquets qui, situé comme le Tes en zone intermédiaire entre les "bas" et les "hauts", s'individualise en ce qui concerne les masses d'eaux qui le baignent.

Un parc a donc été retenu dans chacun de ces secteurs, à des niveaux d'émersion proches mais non identiques. Ces niveaux ont été déterminés empiriquement :

	Ferret	Tes	Jacquets
temps d'immersion (%)	85 %	91,5 %	93 %

Les conditions d'élevage sont conservées les plus similaires possibles afin de comparer au mieux les sites et les années.

#### 1.1.2. Paramètres étudiés et fréquence

Sur chaque site, deux types de suivis sont réalisés :

- le premier, à partir de 50 huîtres placées dans une poche ostréophile dont la taille a été adaptée au faible nombre d'individus; ces huîtres, pesées mensuellement, permettent d'identifier les périodes de croissance sans aléas d'échantillonnage;
- le second, à partir du reste du lot réparti à raison de 250 huîtres par poche. Un échantillon de 30 huîtres est prélevé mensuellement. Sur ces individus sont effectuées des mesures biométriques individuelles : longueur, poids total, poids sec, poids de coquille (à partir de 1986) et une mesure globale : index de condition. Les dosages des constituants glucidiques et lipidiques sont réalisés sur la chair lyophilisée finement broyée d'un mélange de 10 huîtres, selon les méthodes de :
  - Marsh et Weinstein (1966) pour les lipides;
  - Dubois et al. (1956) pour les glucides.Les résultats sont exprimés en % du poids sec.

## 1.2. Le milieu

Les résultats présentés ici concernent les prélèvements d'eau réalisés à proximité des trois parcs expérimentaux. D'après Bouchet (1968), le cap Ferret et le Tes sont baignés par des eaux néritiques externes, et le site des Jacquets par des eaux néritiques internes. Cet auteur désigne par eaux néritiques toutes les eaux du bassin, signifiant par là qu'il ne s'agit pas d'eaux continentales ou océaniques proprement dites. Les dénominations externes ou internes renvoient, entre autres, à des notions de renouvellement plus ou moins important des masses d'eaux.

### 1.2.1. Conditions de prélèvement

En 1985, les prélèvements d'eau ont été effectués dans le cadre de l'étude du phytoplancton du bassin d'Arcachon (Guillocheau, 1988). Ainsi, le Ferret est prospecté par 2 h de montant, les Jacquets, par 3 h et le Tes par 4 h, ces décalages étant dus aux temps de déplacement entre les différents points. La fréquence des prélèvements est de 2 à 4 par mois selon la période considérée.

En 1986 et 1987, une stratégie plus légère est adoptée, consistant en 2 prélèvements par mois autour de la pleine mer : le Ferret 1 h avant, les Jacquets à l'étal et le Tes 1 h après. En 1988, afin d'approfondir et d'affiner l'étude, l'eau est recueillie chaque semaine à la mi-journée, soit autour de la pleine mer en période de vives eaux, soit de la basse mer en mortes eaux.

Ces stratégies un peu différentes posent parfois des problèmes d'interprétation des résultats et de comparaisons entre années dont il sera discuté ci-dessous.

Dans tous les cas, il s'agit de prélèvements de surface, les études antérieures ayant montré qu'il n'y a pas ou peu de stratification verticale dans le bassin (Robert et Guillocheau, 1987). Ils sont effectués dans le chenal, immédiatement à proximité des parcs d'expérimentation.

POIDS TOTAL  
g

○—○ FERRET  
△—△ TES  
◇—◇ JACQUETS

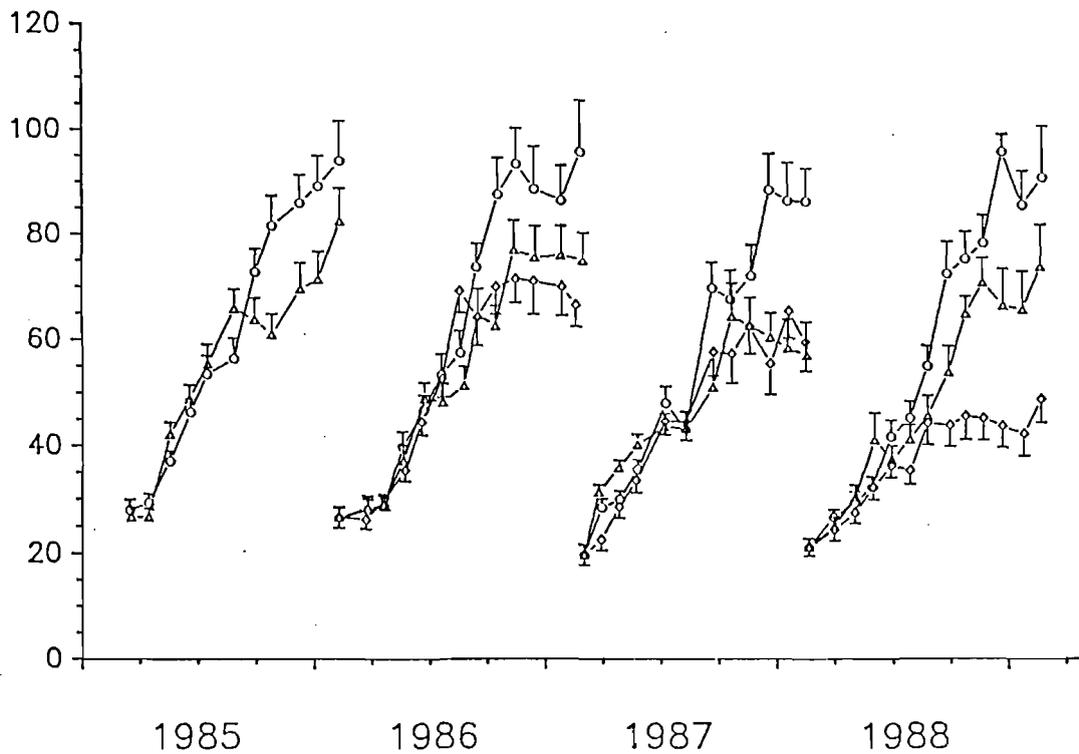


Fig. 2 - Evolution des poids totaux  
(moyenne d'un échantillon de 30 huîtres).

### 1.2.2. Paramètres étudiés

Les mesures de température et de salinité sont effectuées sur l'eau brute à l'aide d'un thermo-salinomètre de terrain à lecture directe. Puis l'eau ayant été préfiltrée à 250 µm, le matériel particulaire est recueilli sur filtre Whatmann GF/C 0,45 µm sur lequel sont dosés la chlorophylle a et les phéopigments par la méthode spectrophotométrique de Lorenzen (1967), puis à partir de 1988 par la méthode fluorimétrique de Yentsch et Menzel (1963).

Le seston total et organique, le ph et l'oxygène dissous n'ont pas été étudiés, les travaux antérieurs ayant montré que leur variabilité était très faible ou peu intéressante (Guillocheau, 1988).

Des échantillons de l'eau filtrée sont congelés puis dosés par une chaîne d'analyse en flux continu pour la détermination des teneurs en nitrates-nitrites et en phosphates.

## 2. RESULTATS "HUITRES"

### 2.1. Poids total

Avec un poids de départ à 18 mois compris entre 20 et 30 g, les huîtres atteignent à 30 mois un poids compris entre 57 et 95 g selon les sites et les années (fig. 2). Ainsi avec un lot de départ calibré, on assiste à des croissances très bonnes de façon générale, presque trop si l'on considère qu'à deux ans et demi la proportion de "grosses huîtres" (catégorie G de 80 à 110 g) est déjà importante et que la demande commerciale se fait principalement sur la "moyenne" (catégories M3 et M4 de 50 à 80 g) vendue à partir de l'âge de 2 ans et demi.

Du fait de poids de départ un peu différents d'une année à l'autre, les comparaisons de croissance s'avèrent plus judicieuses sur

	1985	1986	1987	1988
FERRET	0,22 ±0,02	0,22 ±0,05	0,21 ±0,03	0,23 ±0,03
TES	0,15 ±0,04	0,16 ±0,03	0,10 ±0,04	0,15 ±0,02
JACQUETS	— —	0,14 ±0,05	0,13 ±0,03	0,07 ±0,02

Tabl. 1 - Pentes des droites de régression du poids total en fonction du temps avec intervalle de confiance à 95 % de sécurité.

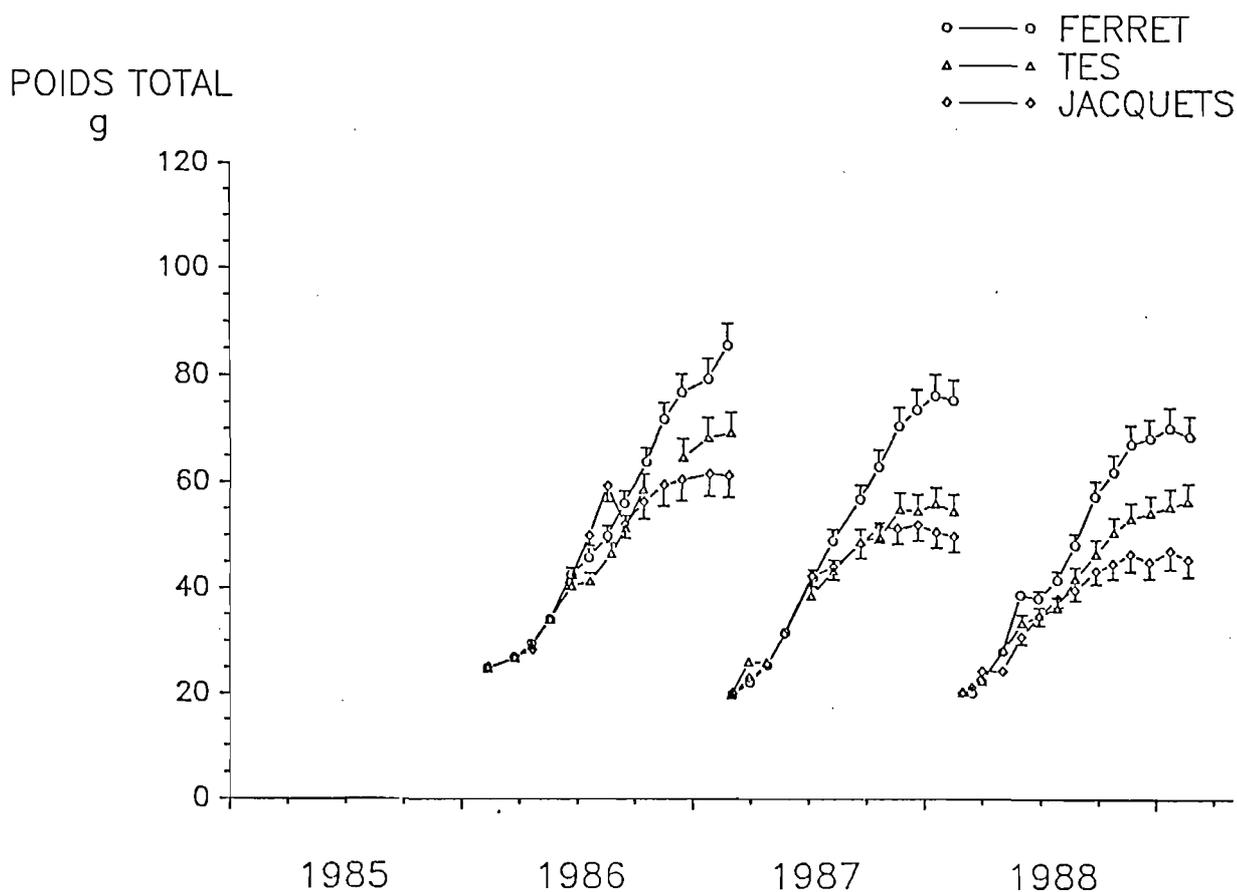


Fig. 3 - Evolution des poids totaux (moyenne du même lot de 50 individus).

les pentes des droites de régression linéaire. Compte tenu de la précision, il apparaît nettement que (tabl. 1) :

- le Ferret présente toujours la meilleure croissance qui est peu différente d'une année à l'autre; l'année 1988 semble un peu meilleure quoi que non significativement;
- le Tes occupe une position intermédiaire avec une mauvaise année en 1987;
- les Jacquets voit ses performances déjà faibles s'effondrer en 1988.

Les différences entre les sites semblent donc plus marquées que celles entre les années et de plus très reproductibles.

L'examen des résultats obtenus sur les mêmes huîtres suivies toute l'année permet de mieux identifier les périodes de croissance sans aléas d'échantillonnage (fig. 3). Cependant les performances observées sont nettement moins bonnes que celles qui viennent d'être exposées du fait, vraisemblablement, des perturbations occasionnées aux mollusques lors des mensurations mensuelles. Il y a toujours une croissance importante au printemps, d'intensité comparable dans tous les sites. L'été, la croissance se poursuit plus ou moins selon les années, de façon moindre au Tes et aux Jacquets qu'au Ferret. A l'automne, les pentes continuent à s'infléchir au Tes et aux Jacquets tandis qu'elles se maintiennent au Ferret. C'est donc de l'été à la fin de l'automne que la différence importante s'établit entre le Ferret et les autres sites. En hiver, la croissance est en général stoppée dans tous les secteurs, excepté en 1985.

Dans ce schéma général, l'année 1988 apparaît particulière dans la mesure où elle est caractérisée par une croissance réduite au printemps puis, au contraire, très bonne de l'été à l'automne, qui non seulement permet de rattraper le retard mais de classer 1988 parmi les très bonnes années. Signalons la distorsion entre les deux types de résultats en 1988 (échantillonnage de la population ou suivi des mêmes 50 huîtres) (fig. 2 et fig. 3) qui nous amène à mettre en doute l'intérêt de cette seconde façon d'aborder l'étude, mais laisse entier le problème des aléas d'échantillonnage qui ne permettent pas toujours

POIDS COQUILLE

g

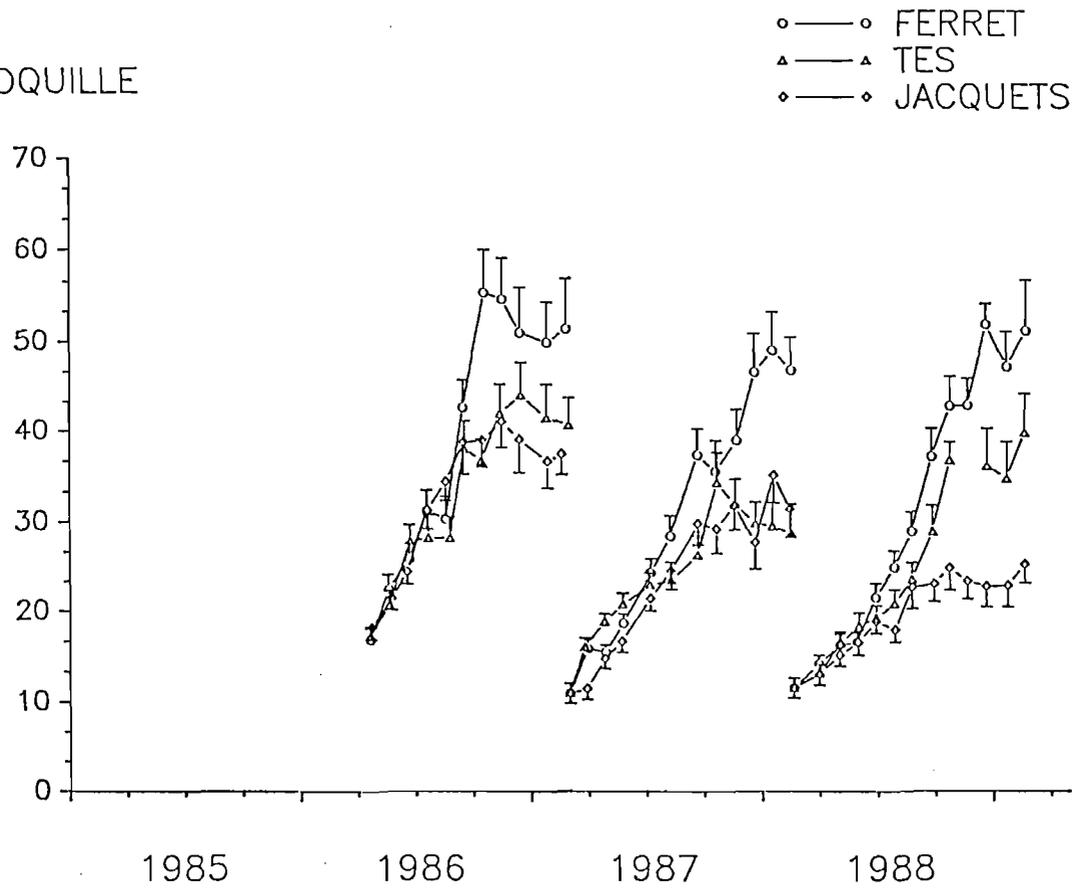


Fig. 4 - Evolution des poids de coquille.

LONGUEUR  
mm

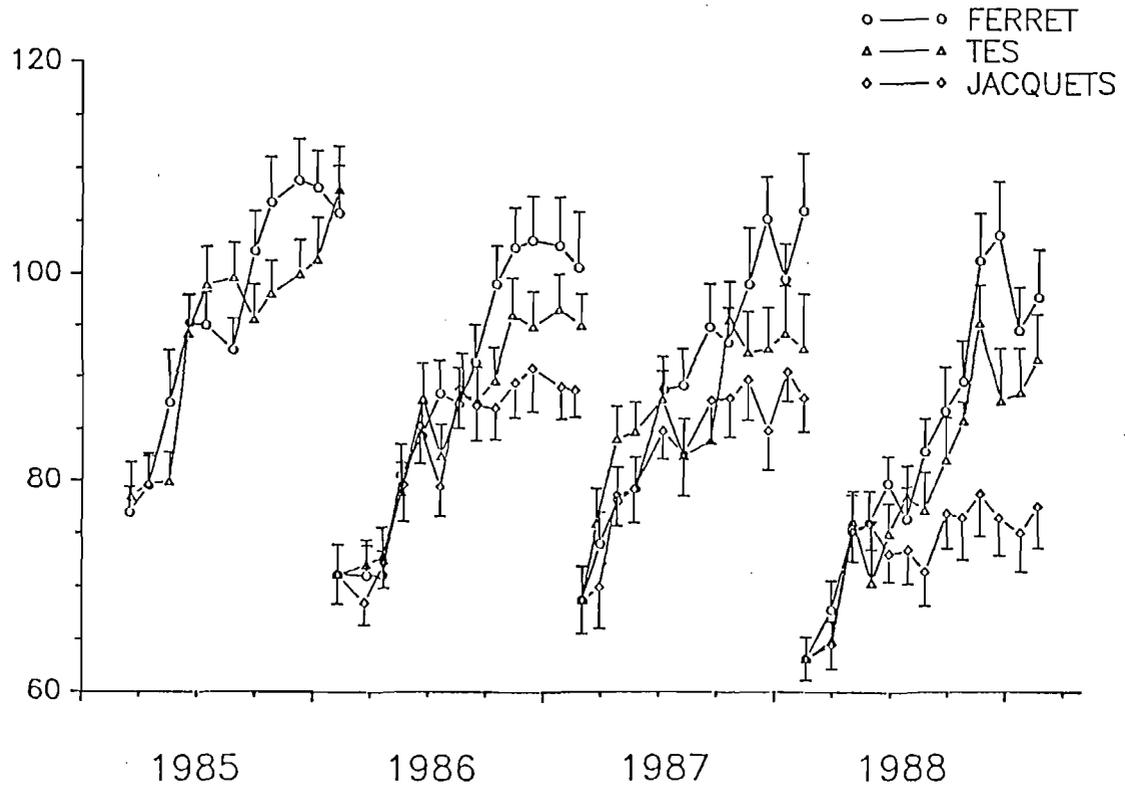


Fig. 5 - Evolution des longueurs.

une bonne appréciation de l'évolution réelle du poids et des autres paramètres. Cet inconvénient est majeur lorsque l'on cherche à relier les résultats obtenus sur les huîtres avec les données de milieu pour la période considérée.

## 2.2. Le poids de coquille

Le poids de coquille représente une proportion relativement stable du poids total, variant en moyenne de 50,7 à 55 % selon les sites et les années. Il suit une évolution très comparable à celle du poids total (fig. 4).

## 2.3. La longueur

De même, ce paramètre suit une évolution voisine de celle du poids total, excepté en 1987 au Tes où les valeurs des longueurs sont proches de celles du Ferret alors que les poids sont voisins de ceux des Jacquets (fig. 5).

## 2.4. Le poids sec

L'évolution des poids secs intègre la perte de matériel du à la ponte. Celle-ci se produit à des dates différentes selon les sites et les années. La ponte est, en général, caractérisée par une première émission massive des gamètes, suivie d'une nouvelle élaboration de produits sexuels et d'émissions sporadiques et partielles (Maurer et Borel, 1986). Le pas d'échantillonnage de un mois est d'ailleurs un peu large pour bien apprécier ces phénomènes et sera ramené à 15 jours à partir de 1989 durant la période de reproduction. La première ponte se situe à la même période au Tes et aux Jacquets en 1986 (juillet) et en 1987 (juin), la reproduction se poursuivant tout l'été (fig. 6). En 1988, la ponte aux Jacquets, observée en juin, est très précoce comme en 1987 alors qu'au Tes elle survient un mois plus tard. Au Ferret, la ponte est toujours postérieure d'un mois par rapport au Tes, 1987 y apparaissant aussi comme une année précoce (tabl. 2).

POIDS SEC  
mg

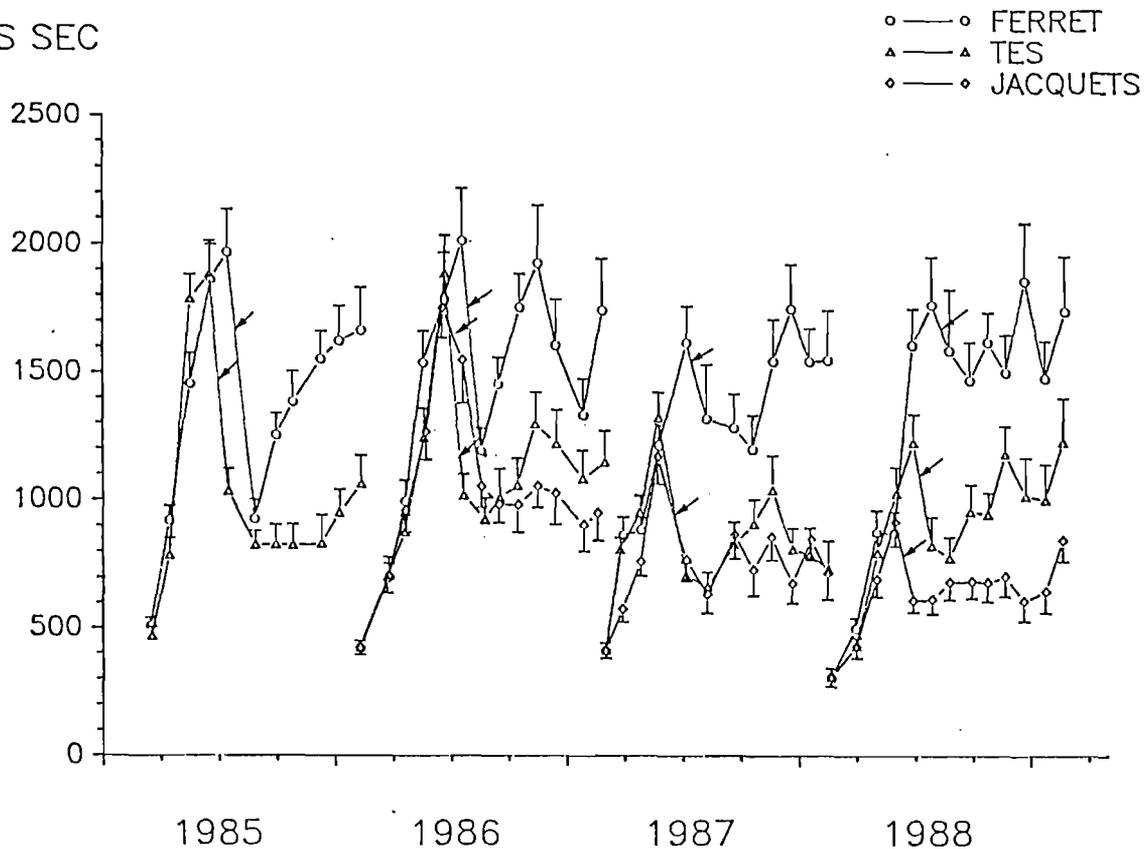


Fig. 6 - Evolution des poids secs (les flèches indiquent la période de première ponte).

	1985	1986	1987	1988
FERRET	AOUT	AOUT	JUILLET	AOUT
TES	JUILLET	JUILLET	JUIN	JUILLET
JACQUETS	—	JUILLET	JUIN	JUIN

Tabl. 2 - Période de première ponte selon les différents sites et années.

	1985	1986	1987	1988
FERRET	1 040,5	822,4	417,5	293,1
TES	1 056,1	866,0	610,9	444,8
JACQUETS	—	767,1	532,2	304,5

Tabl. 3 - Poids de matière sèche (mg) apparemment mobilisée par la reproduction (différence entre les valeurs de poids sec avant la première ponte et à la fin de la saison de reproduction).

L'accumulation de poids sec est équivalente dans les trois sites au cours de la fin de l'hiver et du printemps. Celle-ci se poursuit au Ferret au début de l'été. Du fait de cette augmentation spécifique et d'une ponte de même importance dans tous les secteurs, le gain de poids sec à l'issue de la période de reproduction est élevé au Ferret alors qu'il est très réduit dans les deux autres sites. Ce phénomène est particulièrement sensible en 1987 et 1988, années où, de plus, la quantité de matériel apparemment mis en jeu dans la reproduction est deux fois plus faible qu'en 1985 et 1986 (tabl. 3).

Au cours de l'été et/ou de l'automne, le Ferret prend de nouveau le pas sur le Tes et les Jacquets qui ne présentent qu'une augmentation de poids sec limitée, voire nulle. En hiver, les valeurs stagnent et parfois diminuent ce qui correspond à un amaigrissement touchant les trois lots d'huîtres l'hiver 1988. Il est parfois difficile d'identifier les réelles évolutions des poids secs à ces périodes du fait des aléas d'échantillonnage déjà mentionnés, d'autant plus importants que la dispersion des populations augmente avec le temps.

A l'issue d'une année, les trois sites se hiérarchisent pour le poids sec, comme il a été vu ci-dessus pour le poids total, dans un sens décroissant Ferret, Tes, Jacquets jamais démenti. Les valeurs obtenues au Ferret représentent le double de celles des Jacquets et 1,6 fois celles du Tes (tabl. 4).

Afin de tester la signification des différences observées entre les sites et les années, une analyse de variance, portant sur la comparaison des échantillons de 30 individus à la fin de la période d'élevage expérimental (février), a été effectuée. Pour tenir compte des différences entre les niveaux d'élevage ainsi qu'entre les poids de départ, l'analyse a porté sur les valeurs suivantes :

$$\left( \frac{\text{poids sec}}{\% \text{ immersion}} - \text{poids sec initial} \right) / \text{poids sec initial}$$

Les données ont subi la transformation  $\log(x+1)$  afin de respecter les hypothèses de normalité des distributions et d'homogénéité des variances.

	1985	1986	1987	1988
FERRET	1 660	1 739	1 544	1 732
TES	1 060	1 145	730	1 222
JACQUETS	—	949	714	843

Tabl. 4 - Poids secs moyens (mg) atteints par les huîtres en fin d'étude (février).

SOURCE DE VARIATION	DDL	CARRES MOYENS	F	P	DDL	CARRES MOYENS	F	P
ANNEE	3	0,84	33,54	***	2	1,41	52,71	***
SITE	1	3,56	142,13	***	2	2,87	107,59	***
ANNEE x SITE	3	0,12	4,82	***	4	0,09	3,21	**
RESIDUEL	232	0,03	—	—	261	0,03	—	—
4 années: 1985 - 86 - 87 - 88 2 sites : Ferret Tes					3 années : 1986 - 87 - 88 3 sites : Ferret Tes Jacquets			

Tabl. 5 - Analyses de variances à deux facteurs : site et année  
 \*\*\* : significatif à 99,9 % de sécurité  
 \*\* : significatif à 99 % de sécurité.

	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1988 FERRET	0,80	A	1988 FERRET	0,80	A
1986 FERRET	0,67	B	1986 FERRET	0,67	B
1987 FERRET	0,62	B	1987 FERRET	0,62	B
1988 TES	0,61	B	1988 TES	0,61	B
1985 FERRET	0,57	B	1988 JACQUETS	0,46	C
1986 TES	0,45	C	1986 TES	0,45	C
1985 TES	0,38	C	1986 JACQUETS	0,36	C
1987 TES	0,24	D	1987 TES	0,24	D
			1987 JACQUETS	0,24	D

Tabl. 6 - Tests de Newman-Keuls sur les analyses de variance du tabl. 5.

SOURCE DE VARIATION	DDL	CARRES MOYENS	F	P	DDL	CARRES MOYENS	F	P	DDL	CARRES MOYENS	F	P
ANNEE	3	0,28	13,07	***	3	0,68	23,70	***	2	0,28	19,19	***
RESIDUEL	116	0,02	-	-	116	0,03	-	-	75	0,01	-	-
	4 années Ferret				4 années Tes				3 années Jacquets			

Tabl. 7 - Analyses de variance à 1 facteur (année) pour chaque site  
 \*\*\* : significatif à 99,9 % de sécurité.

SOURCE DE VARIATION	DDL	CARRES MOYENS	F	P	DDL	CARRES MOYENS	F	P	DDL	CARRES MOYENS	F	P
SITE	2	0,56	35,91	***	2	1,43	46,43	***	2	0,81	35,34	***
RESIDUEL	78	0,02	-	-	87	0,03	-	-	84	0,02	-	-
	1986				1987				1988			

Tabl. 8 - Analyse de variance à 1 facteur (site) pour chaque année  
 \*\*\* : significatif à 99,9 % de sécurité.

INDEX DE  
CONDITION

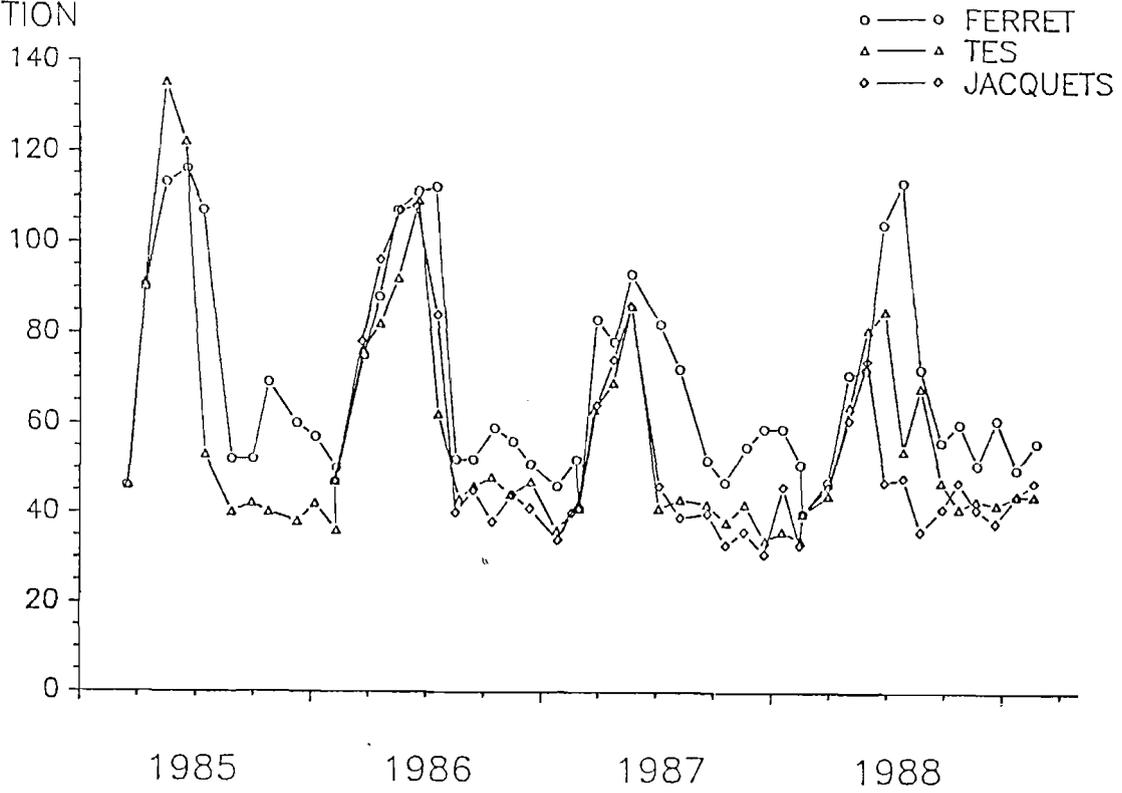


Fig. 7. Evolution des index de condition.

	1985		1986		1987		1988	
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC
FERRET	3,4	60	7,6	51	14,2	59	15,2	61
TES	7,1	38	4,4	47	5,3	34	10,7	42
JACQUETS	—	—	6,1	41	2,6	31	4,3	38

Tabl. 9 - Taux de glucides (% du poids sec) et index de condition (IC) fin décembre, à la principale période de commercialisation.

Les résultats sont présentés dans le tableau 5 : les deux facteurs année et site sont très hautement significatifs dans les deux cas traités ainsi que leur interaction. Par ailleurs, l'effet site s'avère prépondérant sur l'effet année. La constitution de groupes homogènes par le test de Newman-Keuls (tabl. 6) montre que :

- la croissance au Ferret est toujours supérieure à celle des autres sites,
- l'année 1988 est la meilleure année de croissance,
- l'année 1987 est la moins bonne pour le Tes et les Jacquets,
- le Tes et les Jacquets se différencient notablement en 1988 mais peu en 1986 et pas du tout en 1987,
- les zones intermédiaires s'avèrent beaucoup plus sensibles aux variations interannuelles que le Ferret qui présente une régularité de performances.

Du fait de l'interaction significative des deux facteurs, ceux-ci ont été analysés indépendamment l'un de l'autre. Les résultats précédents demeurent inchangés (tabl. 7 et 8).

## 2.5. L'index de condition

L'index de condition renseigne sur la qualité du mollusque. Il varie beaucoup avec le poids sec. Ainsi, il augmente rapidement au printemps pour atteindre, avant la ponte, des valeurs variant de 90 à 135 selon les années, et équivalentes dans les trois sites sauf en 1988 (fig. 7). La ponte provoque une chute marquée de l'index, moins importante au Ferret que dans les deux autres secteurs. Il réaugmente légèrement à l'automne au Ferret. Fin décembre, période de commercialisation la plus importante, il est compris entre 30 et 60, ce qui n'est pas très élevé (tabl. 9). Il se maintient, voire diminue, au cours de l'hiver. L'année 1987, de même que pour la croissance, est la plus mauvaise en ce qui concerne les valeurs maximales de l'index de condition ainsi que l'année 1988 pour le Tes et les Jacquets en liaison vraisemblablement avec la précocité de la ponte. En fin de suivi, les valeurs sont peu élevées, toujours un peu plus fortes au Ferret.

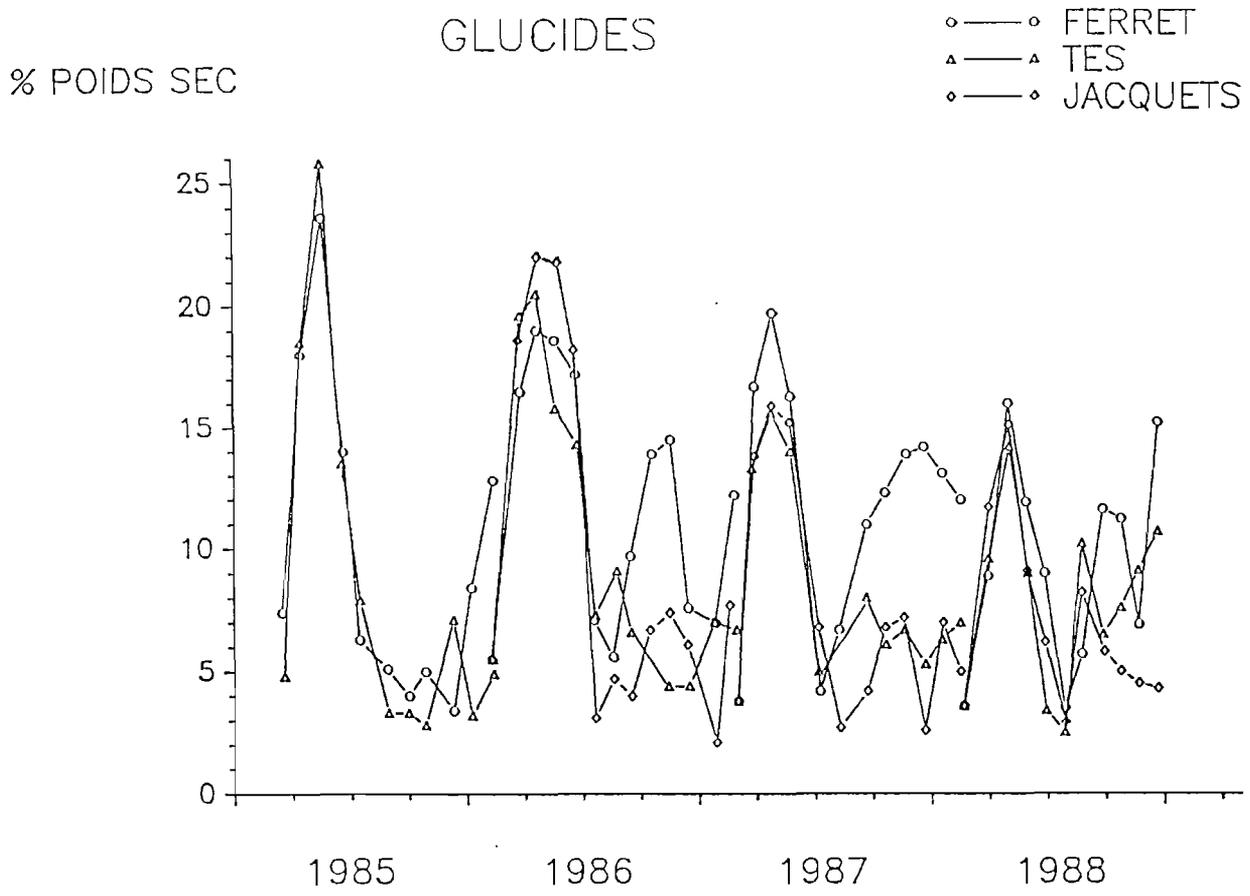


Fig. 8 - Evolution des teneurs en glucides.

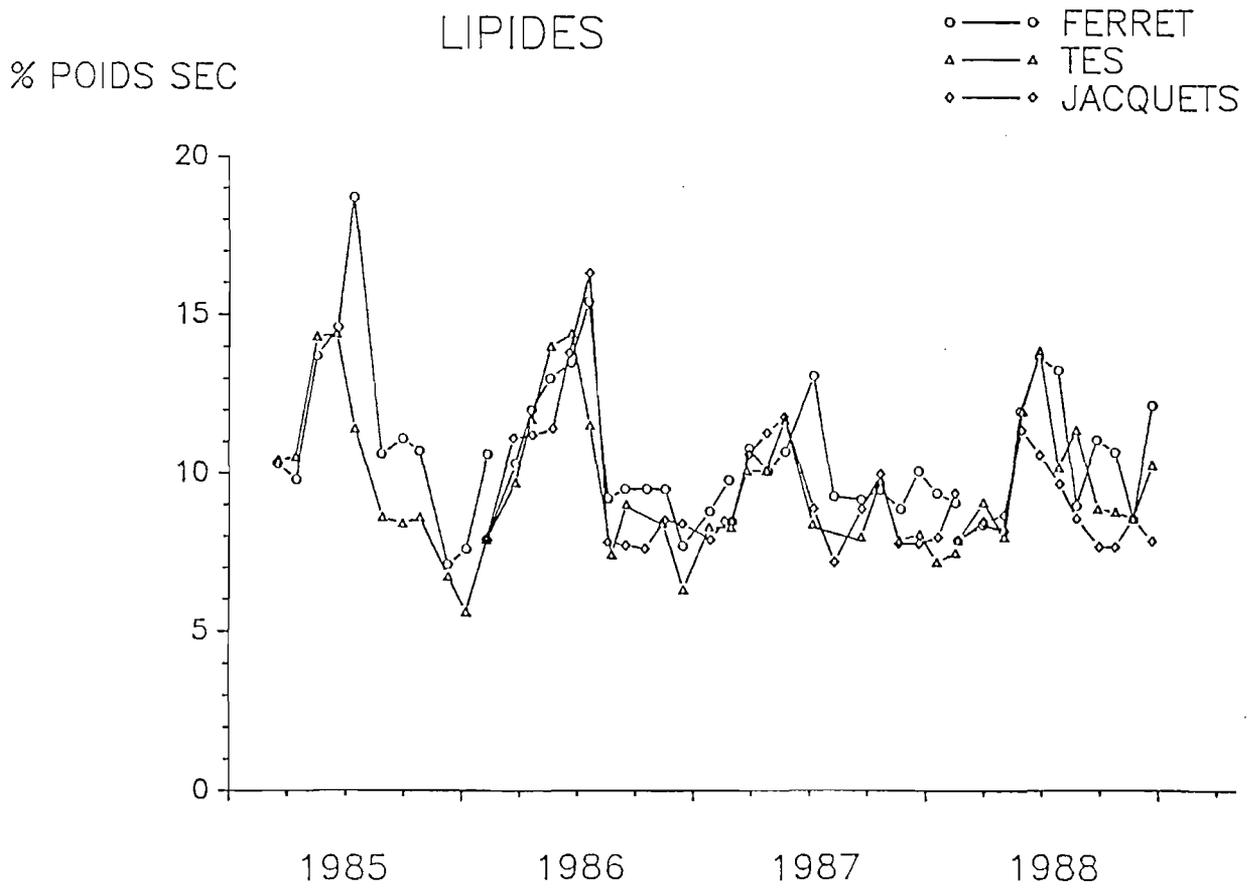


Fig. 9 - Evolution des teneurs en lipides.

## 2.6. La composition biochimique

Rappelons que les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage du poids sec. Ils s'inscrivent dans le cadre général de l'évolution des constituants glucidiques et lipidiques qui, chez les huîtres âgées de 2 ans, s'effectue en liaison avec le cycle de reproduction. Les réserves glucidiques accumulées au printemps sont utilisées pour l'élaboration des lipides des produits sexuels. Le pic de glucides précède donc d'environ un mois le pic de lipides obtenu avant la ponte.

### 2.6.1. Les glucides

L'accumulation des glucides est comparable pour les trois stations ainsi que l'utilisation de ces réserves qui s'effectue de façon apparemment concomittante, en liaison avec la maturation (fig. 8). Le pas de prélèvement mensuel ne permet pas de mettre en évidence le décalage existant vraisemblablement entre les sites. Les maximums, atteints en mai en 1985 et en avril les autres années, sont plus élevés en 1985 et 1986 (de 19,0 à 25,8 % du poids sec) qu'en 1987 et 1988 (de 14,2 à 19,7 %). Par ailleurs, l'utilisation des glucides est plus précoce en 1987 et 1988 (mai) que les deux premières années de l'étude, particulièrement en 1986 où les taux restent élevés jusqu'en juin. En ce qui concerne cette période printanière, on constate donc que les différences interannuelles sont prédominantes sur les différences intersites.

A l'issue de la saison de reproduction, les taux varient de façon erratique au Tes et aux Jacquets, respectivement de 2 à 11 % et de 2 à 8 % du poids sec. Aux Jacquets, deux valeurs très basses sont observées en été et en hiver des suivis 1986 et 1987; les trois sites présentent des taux faibles voisins de 3 % au début de l'été 1988, puis élevés de la fin de l'été à l'automne sauf aux Jacquets où la remontée n'est que très temporaire. En général, au Ferret, les teneurs en glucides réaugmentent au cours de l'été et de l'automne, sauf en 1985 où ceci se produit en hiver. En dehors de la période de reproduction, le Ferret présente donc des valeurs en glucides plus élevées que celles

des deux autres sites, et qui suivent les évolutions du poids sec. Au moment de la commercialisation principale, fin décembre, qui concerne une partie de cette classe d'âge, les taux sont très variables d'une année à l'autre (tabl. 9).

### 2.6.2. Les lipides

Les plus fortes teneurs en lipides sont observées avant la première ponte et correspondent à l'état de réplétion maximal de la gonade (fig. 9). Les valeurs sont minimales à l'issue de la saison de reproduction. En dehors de cette période, elles fluctuent entre 6 et 12 % du poids sec de façon plus erratique. Elles sont souvent un peu supérieures au Ferret. Les maximums atteints au cours des différentes années, plus élevés en 1985 et 1986, peuvent être rapprochés de ceux en glucides qui sont plus forts ces mêmes années.

### 2.7. Discussion

Les paramètres de croissance, poids total et poids sec, qui, excepté l'épisode de la ponte, sont très liés, nous permettent d'approcher dans des conditions expérimentales, la capacité de production de diverses zones du bassin. Les caractéristiques fondamentales de croissance des sites étudiés sont très stables au cours du temps et une hiérarchie nette s'établit dans le sens décroissant Ferret, Tes, Jacquets. Dans un second temps, la qualité des années est générale aux trois sites. Ainsi, 1986 peut être considérée comme une bonne année alors que 1987 peut l'être comme une mauvaise. L'année 1988 est très particulière du fait :

- d'une croissance printanière très réduite,
- d'une forte croissance estivale et automnale (excepté aux Jacquets) qui compense le retard précédent et la place finalement au dessus de 1986.

Le meilleur site, le Ferret, est peu sensible aux variations interannuelles alors que les sites de performances moyennes le sont beaucoup plus, surtout le Tes (tabl. 4). Ainsi, au Ferret les

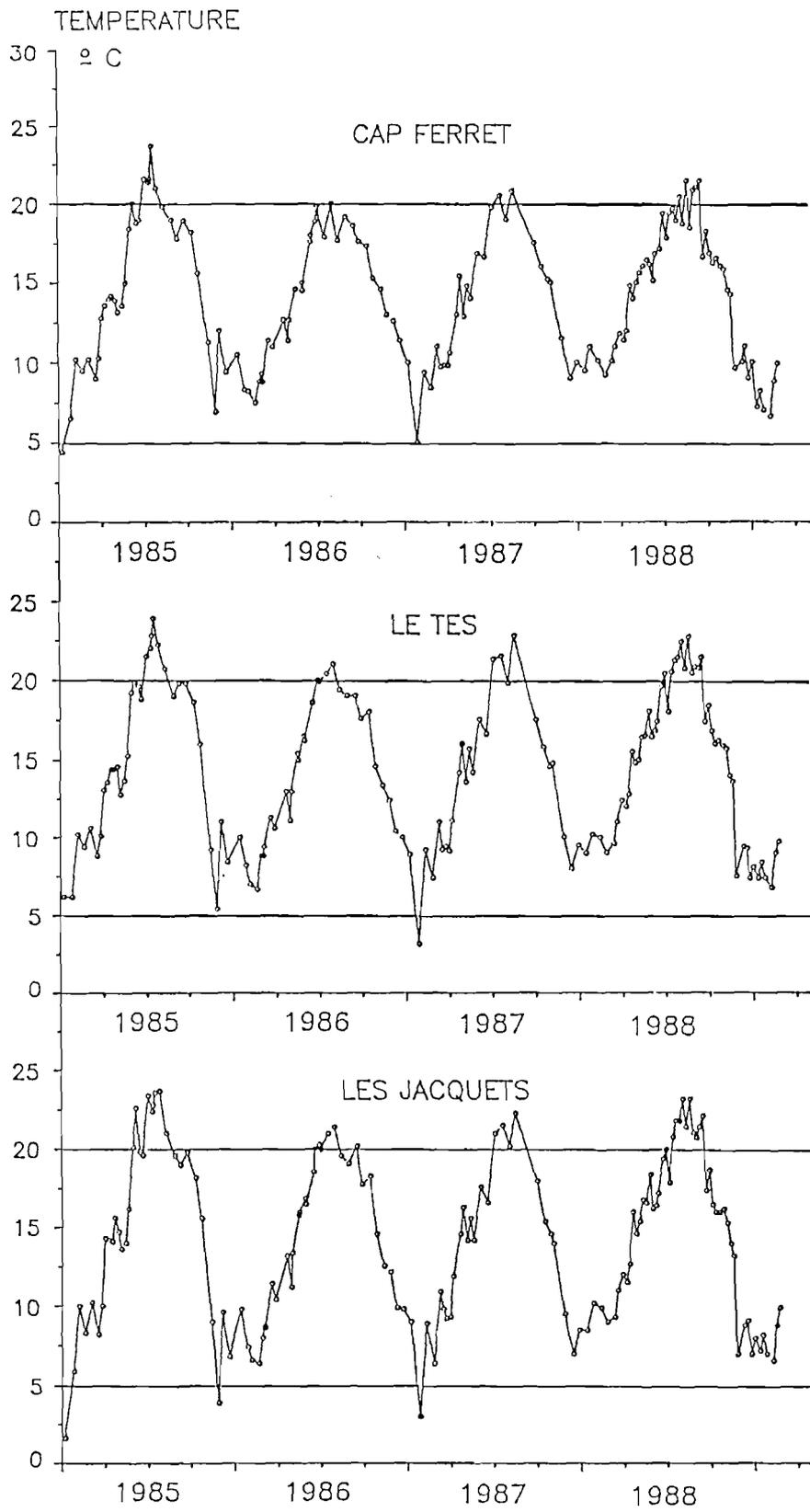


Fig. 10 - Evolution des températures.

différences de croissance selon les années ne représentent que des écarts de 12 %, alors qu'ils sont de 30 % aux Jacquets et de 47 % au Tes.

Par ailleurs, le meilleur site (Ferret) et la meilleure année (1986) - excepté 1988 qui, nous venons de le voir, est très particulière - sont caractérisés par une première ponte relativement tardive dans la saison de reproduction. Dans les cas contraires de moins bonnes performances (les deux autres sites en 1987 et les Jacquets en 1988), la ponte est plus précoce. Chez *Crassostrea gigas*, la phase printanière de croissance et la gamétogénèse de sont simultanées. Lorsque la période précédant la ponte se prolonge, un gain supérieur en poids sec est observé. De plus, l'effort de reproduction n'en est apparemment pas augmenté puisqu'il est similaire pour les trois sites, bien que très différent d'une année à l'autre (tabl. 3). Il en résulte un bénéfice net de chair à l'issue de la saison de reproduction, se maintenant ultérieurement. En revanche, une ponte précoce est suivie d'une ou plusieurs reconstitutions et émissions de produits sexuels qui se font au détriment de la croissance somatique (Héral *et al.*, 1983).

### 3 - RESULTATS "MILIEU"

#### 3.1. Paramètres physico-chimiques

##### 3.1.1. La température

Les variations saisonnières sont très marquées (fig. 10). Les caractéristiques du cycle annuel de la température (Amanieu, 1966; Guillocheau, 1988) liées à la structure morphologique du bassin se retrouvent : zone interne plus chaude en été et plus froide en hiver que la zone dite "océanique", homothermie géographique au printemps et à l'automne.

Ce gradient, influence océanique - influence continentale, s'ordonne pour les trois stations prospectées dans le sens Ferret, Tes, Jacquets. Ceci correspond bien aux caractéristiques des masses d'eaux baignant ces points (Bouchet, 1968) :

- Ferret et Tes, alternance des eaux néritiques externes et moyennes (respectivement de la haute mer à la basse mer),
- Jacquets, eaux néritiques moyennes et internes.

Il en résulte que l'amplitude des variations thermiques est la plus grande aux Jacquets (15 à 20 °C) et la plus faible au Ferret (12 à 15 °C). Les valeurs maximales observées au Ferret sont inférieures de 3 °C à celles des Jacquets, de même pour les valeurs minimales de cette station océanique, supérieures de 2 à 3 °C à celles de la station la plus interne. Ces écarts entre les sites sont d'autant plus importants que les caractéristiques saisonnières sont marquées.

La comparaison des différentes années fait apparaître un hiver particulièrement rigoureux (1986) avec des températures minimales de 4 à 7 °C selon les stations, un mois de janvier très froid au cours des années 1985 (de 1,6 à 6 °C) et 1987 (de 3 à 5 °C), par opposition à l'hiver doux de 1988 où les températures ne descendent pas en dessous de 7 °C aux Jacquets et 9 °C au Ferret.

En ce qui concerne la saison estivale, l'été 1985 s'avère le plus chaud avec des températures maximales voisines de 24 °C, l'été 1986, le plus froid, avec des maximums rarement supérieurs à 21 °C, 1987 et 1988, intermédiaires avec des valeurs se situant autour de 21 - 22 °C selon les sites.

Les températures printanières semblent assez similaires d'une année à l'autre sauf en 1986 où la moyenne d'avril est plus basse (12 °C) et en 1988 où celle de mai est plus élevée (16 °C) (tabl. 10). L'année de ponte précoce (1987) ne présente apparemment pas de moyenne supérieure aux autres observations (14 °C) mais est caractérisée par une rapide et forte augmentation de la température au cours du mois d'avril (jusqu'à 16 °C).

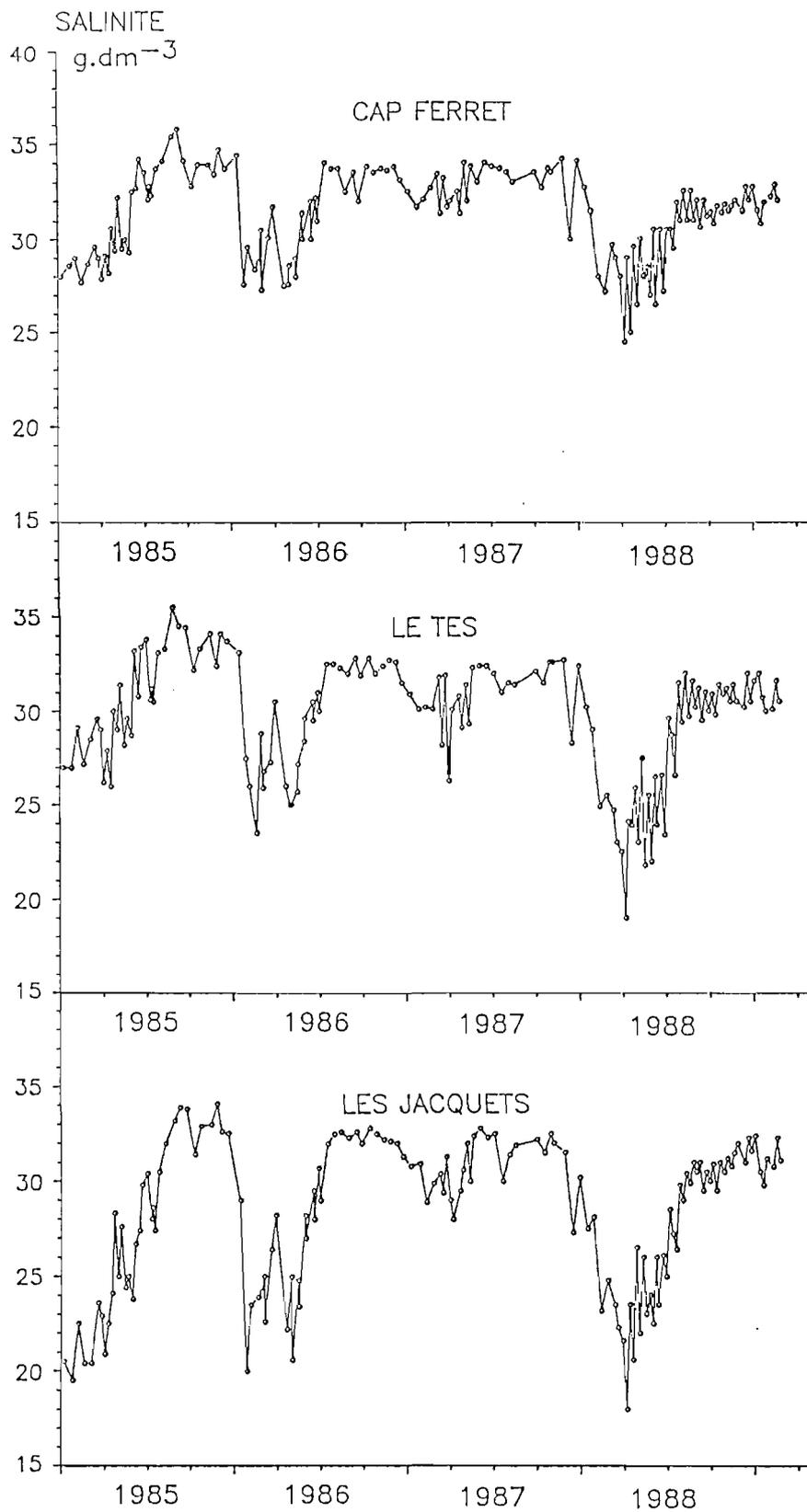


Fig. 11 - Evolution des salinités.

	1985		1986		1987		1988	
	avril	mai	avril	mai	avril	mai	avril	mai
FERRET	13,7	15,0	12,0	14,3	13,0	13,9	13,0	15,8
TES	14,0	15,2	12,0	15,2	13,8	14,5	13,8	16,5
JACQUETS	14,6	16,0	12,2	15,7	14,3	14,7	13,7	16,7

Tabl. 10 - Moyennes des températures en avril et mai.

Il faut souligner que les conditions de recueil de ces données, variables par rapport à l'heure, l'état de la marée et la fréquence des observations, ne permettent pas d'apprécier en toute rigueur les fluctuations du paramètre et les différences entre les sites. Cependant, en résumé, les points suivants peuvent être retenus :

- températures plus extrêmes dans les stations internes du bassin,
- année 1986 caractérisée par des températures plus faibles au cours du printemps et de l'été.

### 3.1.2. La salinité

Les variations saisonnières de la salinité sont également bien marquées. Un cycle, plus ou moins régulier, se déroule de la façon suivante : l'hiver s'accompagne d'une chute rapide de la salinité débutant en décembre ou janvier; les salinités restent basses parfois jusqu'au mois de mai avant de présenter une remontée graduelle jusqu'à la fin de l'été. Les valeurs les plus fortes sont alors relevées ainsi qu'au cours de l'automne suivant. Les salinités sont directement liées au régime des précipitations qui globalement présente l'alternance d'une période pluvieuse (hiver et printemps) et d'une période plutôt sèche (été et automne). Ces caractéristiques générales peuvent être plus ou moins accentuées selon les années (fig. 11). Ainsi, l'année 1987 est marquée par une dessalure peu importante de début d'année (salinités jamais inférieures à 29 ‰), contrairement à l'année 1988 où la salinité atteint des valeurs particulièrement faibles (minimums

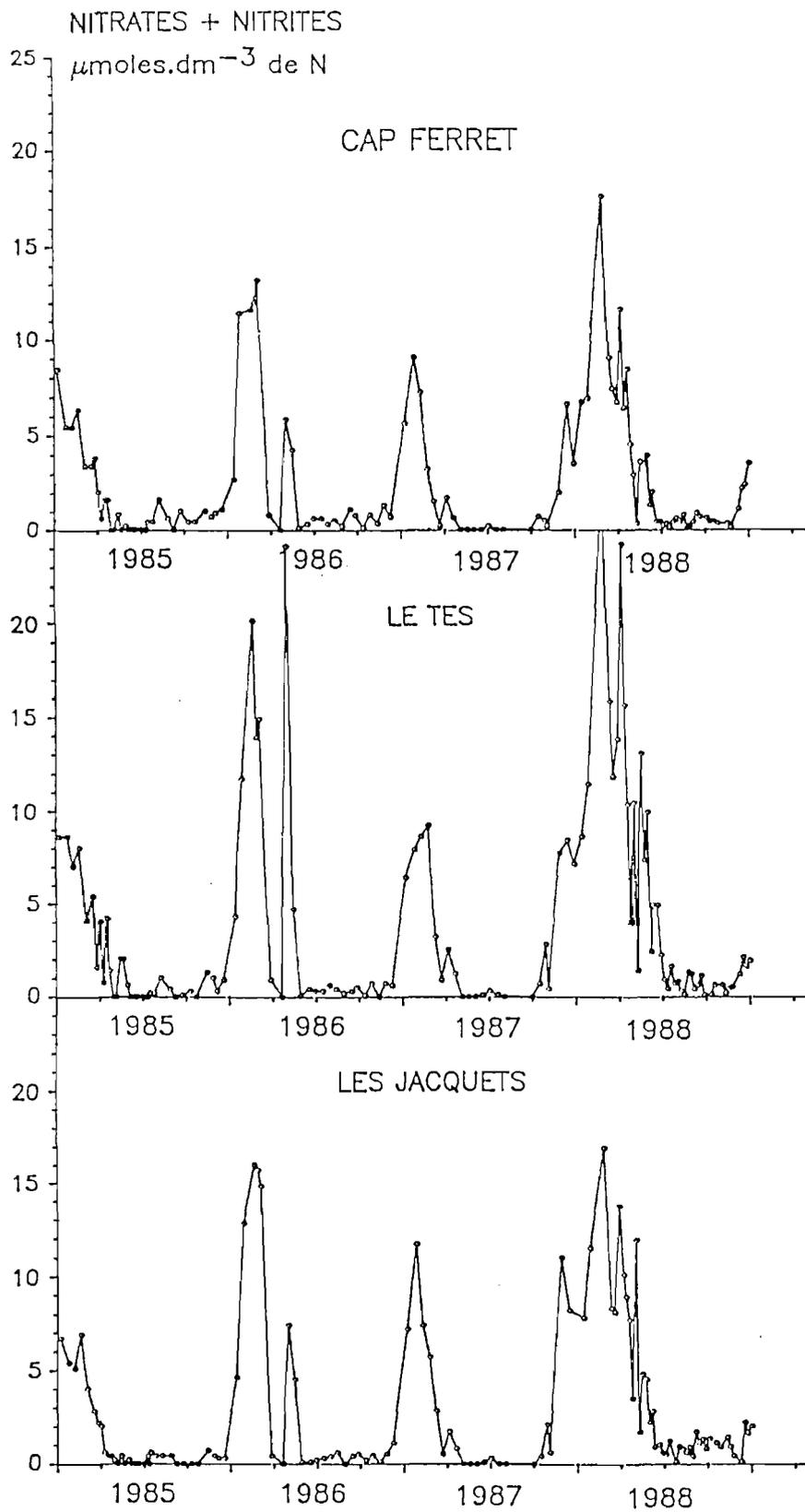


Fig. 12 - Evolution des concentrations en nitrates-nitrites.

de 18 à 25 ‰ } sur une période très étendue allant de fin janvier à fin juin. Les deux autres années de l'étude apparaissent intermédiaires et représentatives de situations plus habituelles rencontrées dans le bassin (salinités de 26 à 28 ‰ respectivement au Tes et au Ferret, parfois inférieures à 23 ‰ aux Jacquets). L'été et l'automne 1985 présentent les salinités les plus élevées (jusqu'à 35 ‰ au Ferret) alors que celles de l'année 1988 à ces mêmes saisons sont les plus faibles (rarement supérieures à 32 ‰). En 1986 et 1987, les maximums se situent autour de 33 - 34 ‰.

Le gradient, station interne - station externe, c'est à dire influence plutôt océanique ou plutôt continentale, s'observe de façon encore plus marquée pour ce paramètre que pour la température. Les dessalures sont plus importantes au Tes et aux Jacquets qu'au Ferret. Il en résulte une amplitude importante des fluctuations de salinité au cours de l'année dans les stations internes (14 ‰ aux Jacquets contre 7 ‰ au Ferret en 1988). En dehors des périodes de dessalure, les salinités sont peu différentes entre les stations bien qu'elles soient systématiquement plus faibles de 1 à 3 ‰ au Tes et aux Jacquets qu'au Ferret.

### 3.1.3. Les sels nutritifs

#### 3.1.3.1. Les nitrates-nitrites

Les teneurs varient du seuil de détection à  $24,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ . Les fortes valeurs correspondent à l'hiver et parfois au début du printemps alors que de faibles valeurs sont détectées aux autres périodes de l'année ( $<1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ) (fig. 12). Signalons une légère augmentation au cours de l'automne 1987 (entre 1 et  $2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ). Cette évolution saisonnière s'effectue en liaison avec le régime des précipitations comme nous le verrons ci-dessous.

Les stations montrent toutes la même évolution saisonnière bien que des différences de richesse en sels azotés existent entre elles. Guillocheau (1988) a mis en évidence un gradient décroissant des

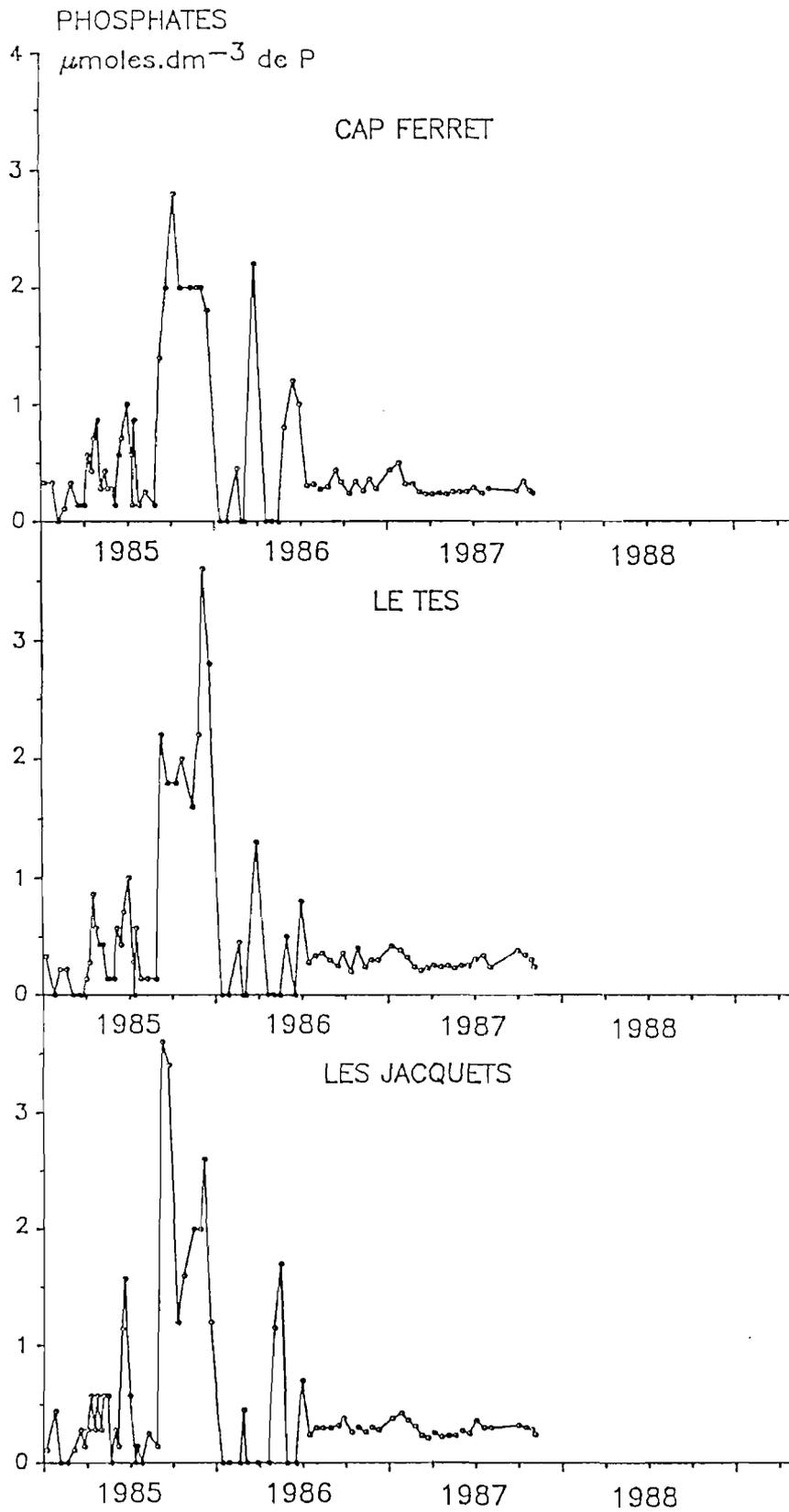


Fig. 13 - Evolution des concentrations en phosphates.

stations les plus proches de l'embouchure de la Leyre vers les stations les plus proches de l'océan : l'enrichissement en nitrates s'effectue en effet principalement par l'intermédiaire de la Leyre, mais pas par celui du canal de Lège (Ribes, 1988). Il en résulte que les valeurs les plus élevées sont observées au Tes alors qu'elles sont plus faibles et équivalentes aux Jacquets et au Ferret.

La comparaison des différentes années étudiées fait apparaître la supériorité des maximums relevés en 1986 et surtout en 1988 (de 13 à 27  $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ) sur ceux des deux autres années (de 7 à 12  $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ). Par ailleurs, l'année 1988 s'avère aussi exceptionnelle par la persistance des valeurs élevées en nitrates de janvier à juin.

#### 3.1.2.2. Les phosphates

Pour des raisons techniques, les résultats de 1988 ne sont pas utilisables.

Les teneurs varient considérablement d'une année à l'autre. En particulier, la période de septembre à décembre 1985 présente les valeurs les plus élevées (souvent supérieures à 2  $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ) de façon apparemment exceptionnelle (fig. 13).

En dehors de cet épisode, les pics de phosphates s'observent entre la fin de l'hiver et le début de l'été, à des valeurs comprises entre 0,5 et 2  $\mu\text{mol.l}^{-1}$  (sauf en 1987 où il n'y a pas de pic). Le reste de l'année présente les teneurs les plus faibles, inférieures à 0,5  $\mu\text{mol.l}^{-1}$ . Il ne se dégage pas de gradient net de richesse le long des trois stations, celles-ci montrant alternativement les valeurs les plus élevées des pics.

#### 3.1.4. Discussion

L'examen des hauteurs de précipitations au cours des années étudiées (fig. 14) permet de mettre en évidence une relation assez précise entre le régime des pluies et les dessalures observées dans le

PRECIPITATIONS

ARCACHON

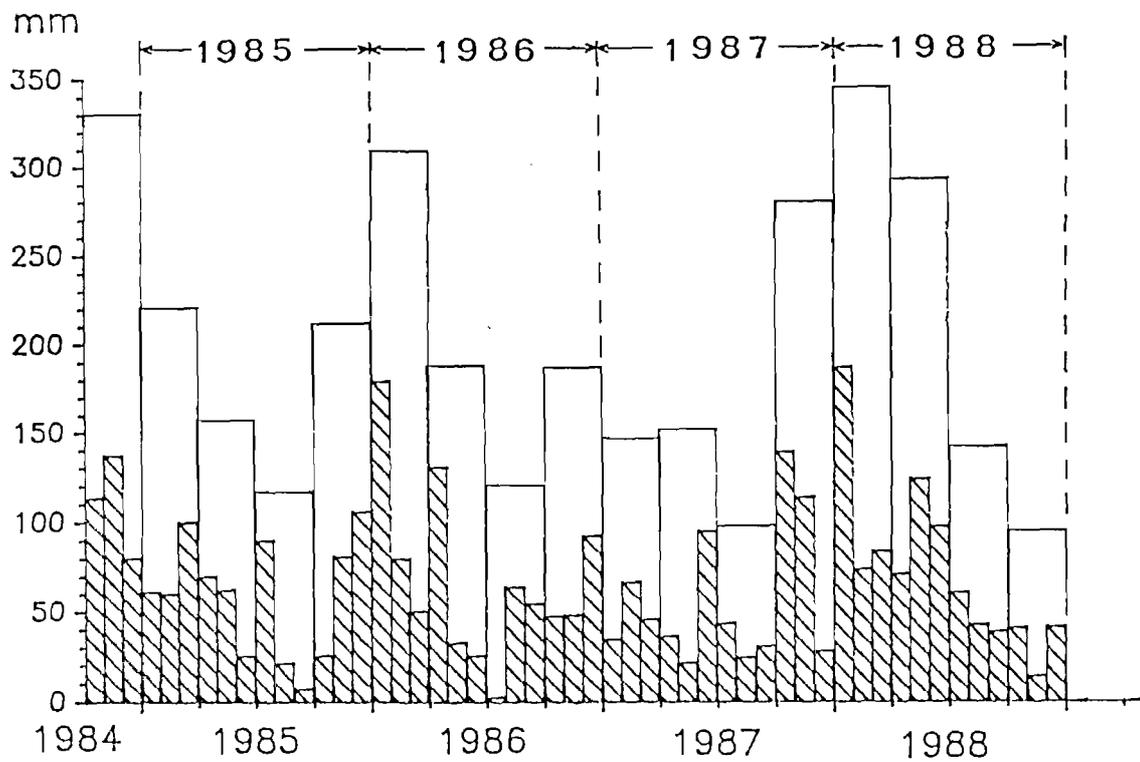


Fig. 14 - Sommes des précipitations mensuelles et trimestrielles enregistrées à la station météorologique d'Arcachon.

bassin, bien que celles-ci dépendent aussi d'autres facteurs tels que la perméabilité des sols, l'engorgement des nappes phréatiques, le débit des cours d'eau et le régime des précipitations au niveau régional (d'Elbée, 1985). Ainsi les caractéristiques annuelles de la salinité, décrites ci-dessus, correspondent bien à la relative sécheresse de 1987, la forte pluviosité de 1988 et aux situations intermédiaires de 1985 et 1986.

De même pour les nitrates-nitrites, les périodes de pluviosité correspondent à la présence en quantité de ces sels dans les eaux du bassin. L'exceptionnelle durée des précipitations en 1988 (d'octobre 87 à fin juin 88) est ainsi accompagnée d'une persistance des fortes teneurs en sels nutritifs durant ces mêmes mois.

Les hauteurs de pluies relevées s'avèrent être en relation directe avec le niveau absolu atteint en nitrates-nitrites, sauf en 1985 où pour une pluviosité voisine de celle de 1986, les taux mesurés sont équivalents à ceux de 1987, année elle-même plutôt sèche. Le drainage des sols cultivés semble fournir une contribution non négligeable au bilan des sels nutritifs (en particulier par l'intermédiaire de la Leyre dont le bassin versant draine 1/5 du territoire landais, comprenant des zones d'agriculture intensive). Les différences de teneurs observées, à pluviosité égale, pourraient être dues, soit à une intensification de l'usage des engrais en agriculture à partir de 1986, soit à une plus ou moins bonne concordance entre les périodes de pluies et d'épandage d'engrais, concomittantes en 1986 et 1987 (décembre et janvier) alors que les pluies sont plus précoces en 1985 (octobre et novembre 1984).

La présence des phosphates ne semble pas coïncider avec les périodes de fortes précipitations. Guillocheau (1988) avance l'hypothèse d'une origine endogène, due à une reminéralisation interne du matériel organique.

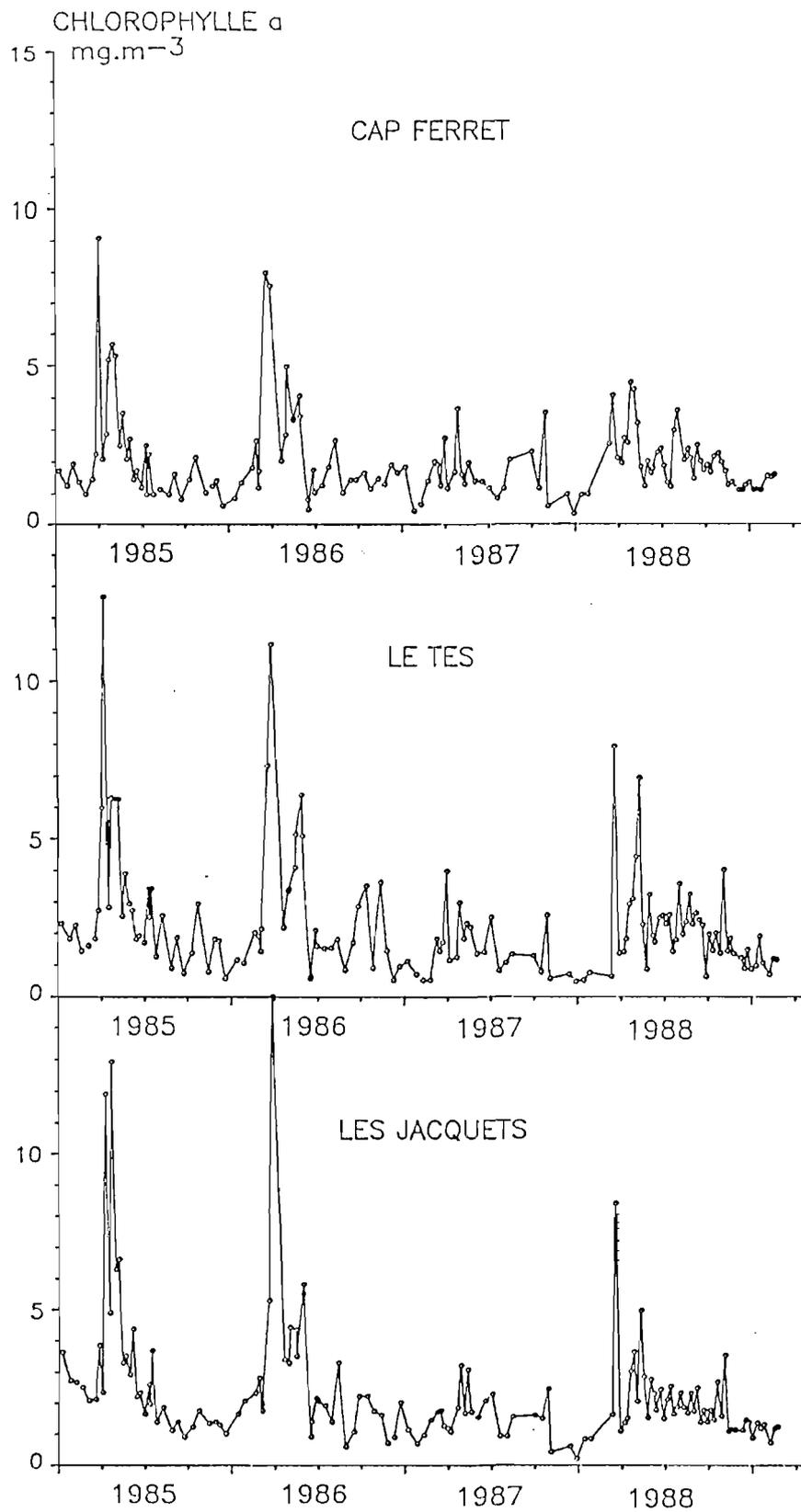


Fig. 15 - Evolution des concentrations en chlorophylle a.

## 3.2. Paramètres biologiques

### 3.2.1. La chlorophylle a

Le cycle saisonnier de la chlorophylle a est très marqué (fig. 15). Après une période de pauvreté hivernale (teneurs rarement supérieures à  $2 \text{ mg.m}^{-3}$ ), une poussée phytoplanctonique printanière se développe, débutant en mars ou avril selon les années, suivie d'une seconde floraison, en général de moindre importance, environ un mois plus tard. A partir du mois de juin commence une période de pauvreté estivale où cependant, ponctuellement, les valeurs dépassent parfois  $2 \text{ mg.m}^{-3}$ , rarement  $3 \text{ mg.m}^{-3}$ . Une floraison automnale, de moindres ampleur et durée qu'au printemps, en général centrée sur le mois d'octobre, s'observe de façon plus ou moins marquée selon les stations et les années (maximums compris entre 2 et  $4 \text{ mg.m}^{-3}$ ).

Ces caractéristiques saisonnières sont généralisées à l'ensemble de la baie. Les floraisons se développent aux trois stations étudiées, apparemment de façon synchrone compte tenu du pas d'échantillonnage. Il n'existe pas de gradient très marqué de richesse algale le long des trois sites. Cependant, les floraisons sont plus importantes aux Jacquets (maximums de 3 à  $16 \text{ mg.m}^{-3}$  selon les années) et au Tes (de 4 à  $13 \text{ mg.m}^{-3}$ ) qu'au Ferret (de 4 à  $8 \text{ mg.m}^{-3}$ ) et dans l'ensemble les teneurs en chlorophylle a sont très légèrement supérieures dans les stations internes.

Les variations interannuelles s'avèrent, comme les saisonnières, prépondérantes sur les variations spatiales. Les années 1985, 1988 et surtout 1986 sont globalement plus riches que l'année 1987 (tabl. 11). Les floraisons printanières sont bien marquées en 1985 et surtout 1986 ( $8$  à  $16 \text{ mg.m}^{-3}$ ) à la fois en intensité et en durée. Elles sont plus faibles en 1988 ( $4,5$  à  $8,5 \text{ mg.m}^{-3}$ ) et très réduites en 1987 ( $4 \text{ mg.m}^{-3}$ ). Le pic automnal est bien visible en 1987 aux trois stations ce qui peut être mis en rapport avec l'augmentation des teneurs en sels azotés mentionnée ci-dessus. L'été 1988 semble légèrement plus riche que les étés des autres années sauf aux Jacquets.

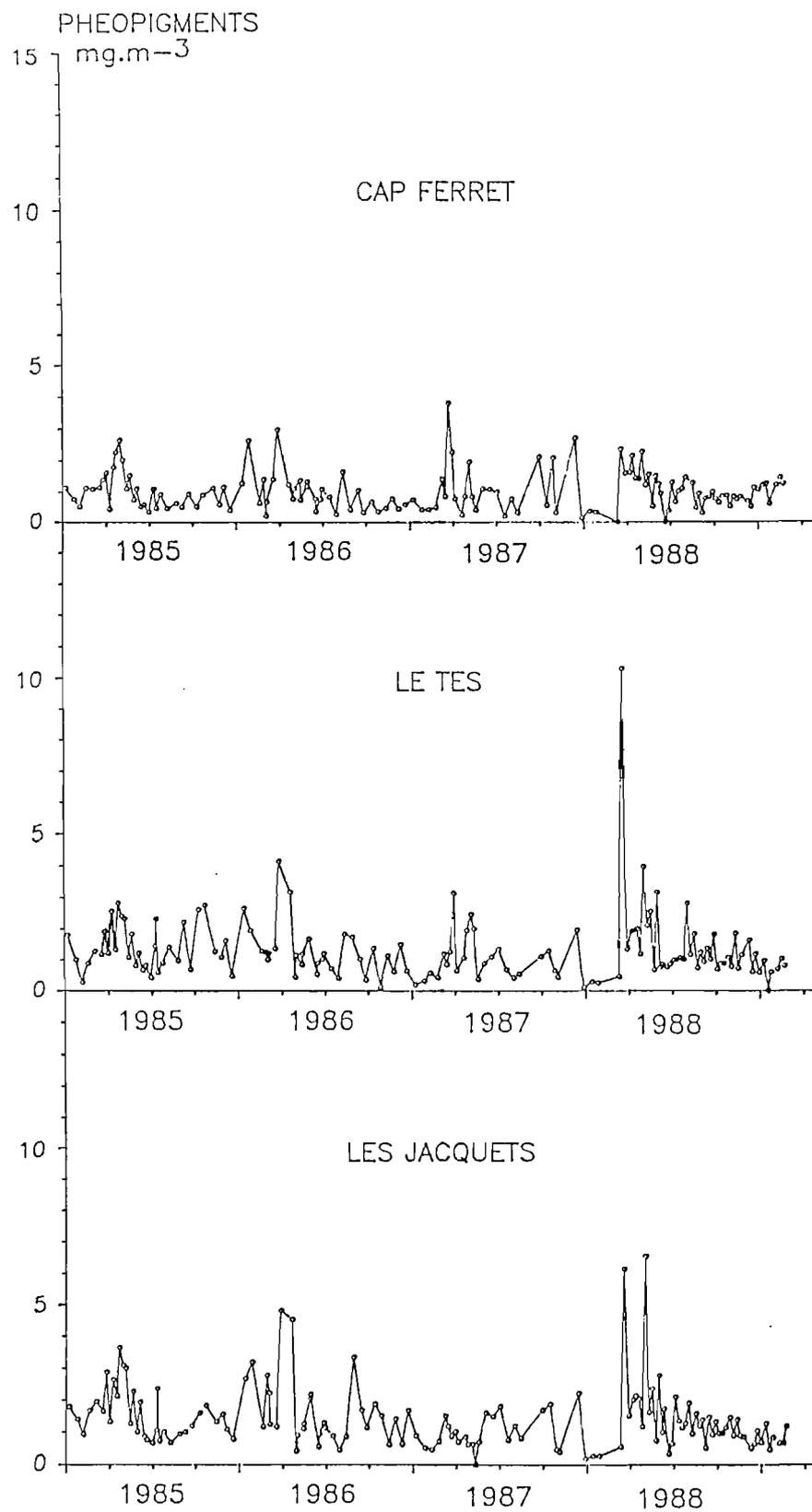


Fig. 16 - Evolution des concentrations en phéopigments.

### 3.2.2. Les phéopigments et le pourcentage de chlorophylle a active

Les variations des teneurs en phéopigments sont, en grande partie calquées sur celles des concentrations en chlorophylle a (fig. 16). Le cycle saisonnier apparait cependant de façon moins marquée. Les valeurs sont le plus souvent inférieures à celles de la chlorophylle a et leur amplitude de fluctuations moindre (au Ferret entre 0,1 et 3  $\text{mg.m}^{-3}$ , au Tes entre 0,25 et 4  $\text{mg.m}^{-3}$  - sauf un pic à 10  $\text{mg.m}^{-3}$  - et aux Jacquets entre 0,18 et 6,5  $\text{mg.m}^{-3}$ ).

Ces valeurs relativement basses indiquent la faible part de matériel végétal d'origine détritique présent dans le matériel particulaire si ce n'est exceptionnellement (durant le printemps 1988 au Tes et aux Jacquets). De ce fait, le pourcentage en chlorophylle a active est élevé. Il varie en moyenne de 60 à 70 % selon les stations et les années. Il est en général légèrement inférieur au Tes et aux Jacquets, secteurs subissant une influence plus continentale donc susceptibles de recevoir de l'eau douce et du matériel végétal détritique, comme au printemps 1988.

### 3.2.3. Discussion

L'étude réalisée par Guillocheau (1988) sur le phytoplancton du bassin en 1985 et 1986, a permis de dégager les points suivants :

- les populations phytoplanctoniques du bassin sont essentiellement constituées de Diatomées,
- les floraisons printanières et automnales sont d'origine microplanctoniques (cellules dont une dimension au moins est supérieure à 10  $\mu\text{m}$ ) alors que les organismes ultraplanctoniques (< 10  $\mu\text{m}$ ) caractérisent les populations estivales,
- les floraisons printanières s'observent à des températures parfois inférieures à 10 °C et pouvant aller au-delà de 15 °C, accompagnées de fortes teneurs en sels nutritifs. Un premier groupe d'espèces se développe alors que le milieu est très riche (mars), un second moins exigeant lui succédant après l'appauvrissement du milieu en sels

(avril-mai). Les floraisons automnales apparaissent pour des températures voisines de 16 °C, la faiblesse des teneurs en nitrates pouvant limiter leur développement. En été, des températures supérieures à 20°C et un milieu très appauvri, favorisent la prolifération de très petites espèces (ultraplancton) peu exigeantes vis à vis des éléments nutritifs.

Les observations faites sur quatre années permettent d'ajouter les remarques suivantes:

- les floraisons printanières débutent toujours au mois de mars en liaison, comme il vient d'être dit, avec l'élévation des températures mais aussi peut être l'augmentation des heures d'insolation qui doublent entre février et mars,
- ces deux facteurs apparaissent être les éléments limitant le démarrage des floraisons car les teneurs en sels nutritifs sont élevées dès le mois de janvier, parfois avant (en 1988) sans que les populations ne se développent,
- l'intensité des blooms n'est pas toujours reliée de façon évidente au niveau d'enrichissement en sels nutritifs. Rappelons, cependant, que les comparaisons interannuelles des relations sels nutritifs - développement algal ne sont pas toujours aisées du fait, d'une part des différences de stratégies de prélèvements (pas, niveau de la marée), et d'autre part du caractère plus ou moins fugace des floraisons qui ne permet pas d'affirmer que les phénomènes aient été observés dans toute leur ampleur.

On peut penser qu'il y a concordance entre l'intensité des floraisons et l'ampleur de l'enrichissement en nitrates lorsque les teneurs maximales en sels (liées aux périodes de pluies) sont obtenues alors que les autres conditions sont favorables au développement algal, comme en mars 1986. En revanche, dans le cas contraire (comme en janvier et février 1987), une grande partie des sels est apparemment perdue, sans doute par dilution, avant qu'elle puisse être utilisée par le phytoplancton. L'année 1985 se situe vraisemblablement entre ces deux cas de figure, les teneurs en sels restant encore élevées en mars, bien qu'inférieures à celles de février. L'année 1988 s'avère quant à

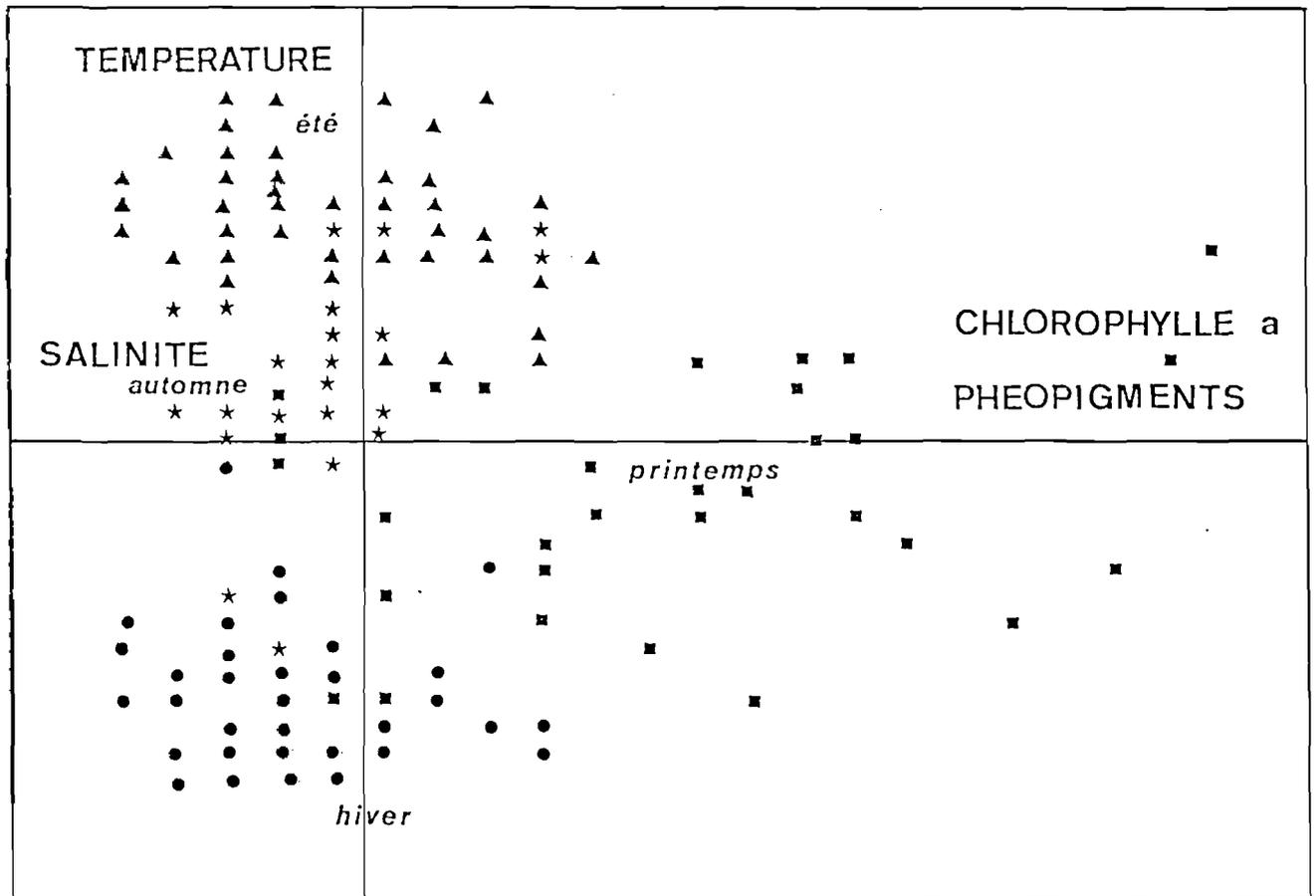


Fig. 17 - Plan 1-2 de l'analyse en composantes principales effectuée sur les variables du milieu

- : prélèvements de printemps
- ▲ : prélèvements d'été
- ★ : prélèvements d'automne
- : prélèvements d'hiver

elle très originale. L'apport massif en éléments nutritifs n'est que peu exploité par la population algale, dans des conditions pourtant à priori favorables à son développement. D'autres facteurs pourraient alors s'avérer limitant, comme les phosphates. Il ne semble pas que la faiblesse de la salinité intervienne, la plupart des espèces présentes habituellement dans le bassin étant euryhalines (Guillocheau, 1988).

### 3.3. Analyse en composantes principales

Une analyse en composantes principales a été effectuée sur les paramètres du milieu, ceux-ci ayant été moyennés mensuellement pour chaque site sur les quatre années étudiées. Bien que nous ne travaillions que sur un espace à quatre dimensions (4 variables : température, salinité, chlorophylle a et phéopigments), c'est un moyen de synthétiser l'information en visualisant l'ensemble des observations sur le plan défini par les axes factoriels 1-2. Ce plan rend compte de 77 % de la variance. L'axe 1 (50 % de la variance) est déterminé par l'opposition de la chlorophylle a et des phéopigments à la salinité, l'axe 2 (27 % de la variance) par la température. Dans l'espace des observations (fig. 17) s'individualisent les prélèvements de "printemps" (mars, avril, mai), d'"été" (juin, juillet, août, septembre) et "d'hiver" (décembre, janvier, février), et un peu moins nettement ceux d'"automne" (octobre, novembre). Les prélèvements de printemps, très contributifs à l'axe 1, sont caractérisés par les plus fortes valeurs en chlorophylle a et phéopigments, et de faibles salinités. Ils s'opposent à l'ensemble des autres observations aux caractéristiques inverses (salinités plus élevées, faibles concentrations en chlorophylle a). Le long de l'axe 2, selon la température, se différencient les prélèvements d'hiver et d'été, l'automne apparaissant intermédiaire.

La structure dégagée est très triviale; cependant l'analyse permet de souligner les points suivants :

- la structure saisonnière est très fortement dominante sur les structures géographiques et interannuelles, et ce malgré des années très contrastées et des sites hétérogènes quant aux masses d'eaux qui les baignent et aux performances de croissance des mollusques en

	$\Delta$ POIDS TOTAL / POIDS TOTAL	$\Delta$ POIDS SEC / POIDS SEC	INDEX DE CONDITION	GLUCIDES % du poids sec	LIPIDES % du poids sec
TEMPERATURE	0,28 **	0,01	0,23	-0,12	0,34 **
SALINITE	-0,04	-0,37 **	-0,22	-0,36 **	-0,16
CHLOROPHYLLE	0,22	0,50 **	0,55 **	0,66 **	0,38 **
PHEOPIGMENTS	0,07	0,24	0,12	0,29 **	0,07

Tabl. 12 - Coefficients de corrélation (n = 102 observations)  
 \*\* : significatif à 95 % de sécurité

élevage dans ces secteurs,

- cette structure est déterminée tout d'abord (axe 1) par les cycles du phytoplancton et des précipitations (influant sur les salinités) puis par celui de la température (axe 2).

#### 4. DISCUSSION GENERALE

Après la description qui vient d'être faite, d'une part des paramètres de croissance des huîtres, et d'autre part de quelques unes des caractéristiques des eaux baignant les trois sites d'élevage, il apparaît intéressant de tenter de mettre en relation ces deux types d'information, d'autant plus que nous disposons d'observations réalisées pendant 4 années très contrastées. Cependant, il ne peut s'agir que d'une démarche limitée compte tenu du faible nombre de paramètres étudiés, en particulier pour appréhender la capacité trophique du milieu, et du pas de prélèvement trop grand adopté pendant une partie de l'étude.

##### 4.1. Quelques calculs

Le calcul des coefficients de corrélation des paramètres de croissance avec les variables du milieu a été effectué, en considérant pour le poids total et le poids sec, la différence entre deux mesures consécutives, pondérée par la première mesure, et pour les données de milieu, la moyenne des valeurs disponibles pendant la période considérée. Les observations correspondant à la ponte ont été supprimées. L'examen de la matrice des corrélations (tabl. 12) fait apparaître des corrélations significatives, bien que pas très élevées, entre la chlorophylle a et les paramètres de croissance et de qualité des mollusques sauf le poids total. Ce dernier est corrélé à la température, de même que la teneur en lipides. Ces observations correspondent à celles faites par de nombreux auteurs sur différents mollusques, recensées par Gouletquer et Bacher (1988). Expérimentalement, Mann (1979) a constaté que de hautes températures favorisent la croissance en poids total de *C. gigas* mais peu ou pas la production de chair.

Les données de poids sec ont été ajustées à un modèle de régression linéaire, non dans un but explicatif, mais afin d'avoir une indication des paramètres de milieu pouvant influencer l'évolution du poids sec des mollusques. La chlorophylle a est apparue comme la seule intervenant notablement dans le modèle, qui cependant n'explique qu'une faible part de la variance totale (22 %).

L'observation plus fine des résultats montre que la relation mise en évidence entre la croissance en poids sec et la richesse nutritive du milieu (approchée par la teneur en chlorophylle a) est due principalement à la période printanière où la forte croissance des mollusques est associée aux blooms phytoplanctoniques. En dehors de cette saison, les relations s'avèrent plus complexes et le modèle insuffisant à les expliquer.

#### 4.2. Quelques réflexions

La croissance en poids sec est le résultat d'un bilan positif entre les besoins énergétiques et la quantité d'énergie consommée par les individus, qui sont sous la dépendance de nombreux paramètres à la fois endogènes et exogènes. Ainsi, chez les mollusques, la ration absorbée est fonction à la fois de la concentration de nourriture dans le milieu et du taux de filtration des huîtres qui, en particulier, s'élève avec la vitesse du courant (Walne, 1972) ou chute avec des fluctuations rapides de la salinité (Widdows, 1985); par ailleurs, les besoins énergétiques des huîtres augmentent avec la température (Shumway, 1982; Bayne et Newell, 1983) sans que des mécanismes compensatoires n'interviennent nécessairement (Newell *et al.*, 1977); ces besoins sont aussi fonction du stade de gamétogénèse (Deslous-Paoli, 1985) et plus généralement, ils sont momentanément accrus à chaque 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).

L'analyse d'un bilan énergétique principalement sous la dépendance du couple température - nourriture disponible permet d'expliquer certaines observations faites au cours de l'étude. Au printemps, l'augmentation des températures provoque une élévation du métabolisme qui, du fait de l'abondance de nourriture, conduit à une croissance importante des mollusques. La plus grande richesse nutritive des zones internes y compenserait des besoins énergétiques vraisemblablement plus élevés que dans les secteurs "océaniques" et expliquerait qu'il n'y ait pas de différences de croissance entre les sites étudiés à cette période. En revanche, l'importance des blooms en 1985 et 1986 semble se répercuter à la fois sur les croissances somatiques et gonadiques, comme l'indiquent les valeurs de poids secs, index de condition, teneurs en glucides et en lipides qui sont les plus fortes ayant été observées; au contraire, la faiblesse du bloom en 1987 accompagné de chocs thermiques importants en avril, la floraison certes plus importante en 1988 mais associée à de fortes dessalures, limiteraient les croissances printanières et l'intensité des pontes.

De la fin du printemps à l'automne, les bonnes performances du Ferret peuvent être mises en relation avec des températures moins élevées, une ponte plus tardive et une relative stabilité du milieu conduisant à une demande énergétique moindre pour une nourriture équivalente, voire inférieure, à celle des autres secteurs. Ces caractéristiques de ponte tardive et de température plus faible peuvent s'appliquer à la bonne année 1986; de façon inverse, la mauvaise année 1987 s'identifie en premier lieu par une ponte précoce tout comme les Jacquets en 1988.

Il est connu que la rapidité de la gamétogénèse est fonction à la fois du niveau de température absolu et du temps d'exposition à cette température (Mann, 1979). Les décalages de maturation et de dates de pontes, pouvant aller jusqu'à deux mois entre les "hauts" et les "bas" du bassin, intègrent bien les différences de températures existant entre ces secteurs. On peut donc penser que leurs répercussions ne s'effectuent pas seulement sur la physiologie de la reproduction mais aussi sur l'ensemble du métabolisme de base. L'énergie utilisée pour répondre à ces besoins, ainsi que celle nécessaire à l'élaboration de

nouveaux produits sexuels, se fait au détriment de celle consacrée à la production de chair somatique. De façon plus générale, les conditions à la fois plus extrêmes et plus instables des zones internes du bassin pourraient être à l'origine des différences de croissance observées principalement en période de limitation de nourriture et de températures élevées. On pourrait attribuer aux mêmes raisons les différences observées entre les années. Les eaux océaniques, jouant un rôle tampon, pondéreraient les variations de l'environnement aussi bien à l'échelle journalière qu'à l'échelle interannuelle, expliquant ainsi le moindre impact de celles-ci sur la zone du Ferret.

Cette hypothèse n'est cependant pas entièrement satisfaisante pour rendre compte des différences de croissance observées entre les sites, certaines années, au cours des mois de novembre et décembre.

## CONCLUSION

L'examen des résultats obtenus durant quatre années dans le bassin d'Arcachon a permis de faire les constatations suivantes:

- les caractéristiques de croissance des sites étudiés sont très stables; elles sont aussi très différentes d'un site à l'autre, les performances de croissance pouvant varier du simple au double du centre du bassin vers la sortie sur l'océan;
- le gradient observé semble associé à une plus ou moins grande précocité de la ponte;
- il ne correspond pas à un critère de richesse nutritive du milieu mais plus globalement à un gradient influence continentale -influence océanique se traduisant par des variations de moins en moins brutales de l'environnement et des conditions de moins en moins extrêmes, en particulier pour les paramètres de température et de salinité;
- les fluctuations interannuelles du milieu, importantes au cours de ces quatre années tant du point de vue physico-chimique (température, salinité) que biologique (floraisons phytoplanctoniques), affectent peu les meilleurs sites, mais influencent beaucoup les secteurs de performances intermédiaires ou médiocres.

L'ensemble de ces observations nous a conduit à penser que la moins bonne croissance de certains secteurs pourrait être mise en relation avec leurs conditions de milieu plus instables et plus extrêmes, qui provoqueraient une demande énergétique bien supérieure à celle des meilleures zones. Au printemps, l'abondance de nourriture permettrait de faire face à ces besoins; en revanche, en période de nourriture réduite et/ou de stress accrus, il en résulterait une limitation de la croissance somatique. La précocité de la ponte représenterait un élément supplémentaire de stress, en plus d'être le signe de conditions de températures s'élevant rapidement.

Au contraire, les eaux océaniques, par le rôle tampon qu'elles exercent, modèreraient les variations de l'environnement dans les secteurs soumis à leur influence. Cette relative stabilité expliquerait les meilleures croissances obtenues sur ces sites ainsi que leur régularité.

Les données recueillies au cours de ce travail et ayant servi de base aux hypothèses formulées, ne rendent cependant pas nécessairement compte de toute la réalité du milieu et des paramètres pouvant exercer une action sur la croissance des mollusques. C'est pourquoi l'étude hydrobiologique du milieu a été intensifiée à partir de 1988, en particulier dans le but de mieux appréhender la capacité nutritive des différents sites. Pour cela :

- le pas des prélèvements ponctuels a été resserré pour devenir hebdomadaire,
- des prélèvements horaires ont été réalisés au cours de cycles de marées de vives eaux et de mortes eaux afin d'approcher la variabilité du milieu due aux marées,
- de nouveaux paramètres ont été analysés, dont certains représentatifs de la richesse nutritive des eaux (seston minéral et organique, lipides, glucides et protides particulaires).

Cette stratégie, poursuivie l'année 1989, donnera lieu à une exploitation ultérieure des résultats. Elle devrait permettre une analyse plus approfondie des relations entre l'huître et son environnement dans le bassin d'Arcachon. Par ailleurs, la mise au point d'un modèle hydrologique de circulation des eaux et des vitesses de courant apportera des éléments complémentaires pouvant contribuer de façon notable à la compréhension des phénomènes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amanieu M., 1966. Introduction à l'étude écologique des plages abritées et des étangs saumâtres du bassin d'Arcachon. *Act. Soc. Linn. Bordeaux*, 103A(9), 1-53.
- Bayne B.L., Newell R.C., 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: *The Mollusca*, Wilburg K.M., Academic Press, London, 4(1), 407-515.
- Bouchet J.M., 1968. Etude océanographique des chenaux du bassin d'Arcachon. Thèse Etat, Univ. Bordeaux, 1-306.
- Deslous-Paoli J.M., 1985. Assessment of energetic requirements of reared molluscs and of their main competitors. International Seminar of Shellfish Culture, Development and management, La Rochelle 4-9 mars 1985, France, 1-29.
- Dubois F., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rfebecs P.A., Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- D'Elbée J., 1985. Ecologie et évolution structurelle des peuplements zooplanctoniques du bassin d'Arcachon; interactions avec l'océan Atlantique. Thèse 3ème cycle, Univ. Bordeaux, 1-124.
- Deltreil J.P., 1989. Analyse historique de la production ostréicole du bassin d'Arcachon, Rapport IFREMER, 1-51 (sous presse).
- Gouilletquer P., Bacher C., 1988. Empirical modelling of the growth of *Ruditapes philippinarum* by means of non linear regression on factorial coordinates. *Aquat. Living Resources*, 1, 141-154.
- Guillocheau N., 1988. Repartition spatio-temporelle du phytoplancton du bassin d'Arcachon. Thèse, Univ. Aix-Marseille II, 1-156.
- Héral M., Deslous-Paoli J.M., Sornin J.M., 1983. Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole: premières approches. *Oceanis*, 9(3), 169-194.
- Lorenzen C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12, 343-346.
- Mann R., 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis on *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 59, 95-110.
- Marsh J.B., Weinstein D.B., 1966. Simple charring method for determination of lipid. *J. Lipid. Res.*, 7, 574-576.

- Maurer D., Borel M., 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., Borel M., Dreno J.P., 1987. Estimation de la biomasse d'huîtres *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon-Eté 1985. Rapport IFREMER, DRV-87017-RA/Arcachon, 1-31.
- Maurer D., Parache A., Dreno J.P., 1988. Estimation de la biomasse d'huîtres *Crassostrea gigas* en élevage dans le bassin d'Arcachon-Etés 1986 et 1987. Rapport IFREMER, DRV-88025-RA/Arcachon, 1-24.
- Newell R.C., Johnson L.G., Kofoed L.H., 1977. Adjustment of the components of energy balance in response to temperature change in *Ostrea edulis*. *Oecologia (Berl.)*, 30, 97-110.
- Ribes E., 1988. Contribution à l'étude de la prolifération des algues vertes dans le bassin d'Arcachon. Contrat IFREMER 87 5 527 053, Univ. Bordeaux, 1-31.
- Robert R., Guillocheau N., 1987. Evolution spatio-temporelle des paramètres hydro-biologiques dans le bassin d'Arcachon (juillet 1984-juillet 1985). Rapport interne IFREMER, DRV-87.001-RA, 1-28.
- Shumway S.E., 1982. Oxygen consumption in oysters: an overview. *Mar. biol. Lett.*, 3, 1-23.
- Walne P.R., 1972. Influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 52, 345-374.
- Widdows J., 1985. The effects of fluctuating and abrupt changes on the performance of *Mytilus edulis*. Proc. 18th Europ. Mar. Biol. Symp., 14-20 August 1983, Oslo, Gray J.S., Christiansen M.E. Ed., Wiley and Sons Ltd, 555-566.
- Widdows J., Bayne B.L., 1971. Temperature acclimatation of *Mytilus edulis* with reference to its energy budget. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 51, 827-843.
- Yentsch C.S., Menzel D.W., 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.*, 10, 221-231.

**IFREMER-SDP**  
**Centre de BREST**  
**Bibliothèque**

P 70-29263 PLOUZANÉ