

Direction des Ressources Vivantes
département Ressources Aquacoles
Laboratoire Conchylicole de Bretagne

J. Mazurié, P.G. Fleury, J.F. Bouget, S. Claude,
T. Hirata, A. Langlade, A.G. Martin & B. North.

Septembre 2000 DRV/RA/RST/2000-14

EXCLU DU PEST

ifremer

**COMPARAISON DES PERFORMANCES D'ÉLEVAGE
ET DE LA VITALITÉ DE NAISSAIN
D'HUITRES CREUSES *CRASSOSTREA GIGAS*,
EN 3 SITES DU MORBIHAN
(RIVIERE D'AURAY ET BAIE DE QUIBERON),
de mai 1999 à mars 2000**



IFREMER Bibliothèque de BREST



OBR36976

Laboratoire Conchylicole de Bretagne
12 rue des Résistants, 56470 La Trinité /mer (France)

IFREMER
Bibliothèque
Centre de la mer
BP 70 - 56100 LA TRINITÉ /MER

copy

RX

HS10h201
com
c

EXCLU DU PAYS

Numéro d'identification du rapport : DRV/RA/00-14 Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> Validé par : Jean Barret Version du document :	date de publication août 2000 nombre de pages 47 bibliographie Oui illustrations oui langue du rapport Français
--	---

Titre et sous-titre du rapport :
 Comparaison des performances d'élevage et de la vitalité de naissain d'huîtres creuses *Crassostrea Gigas*, en 3 sites du Morbihan (Rivière D'Auray et Baie de Quiberon), de mai 1999 à mars 2000

Titre traduit :
 Comparison of rearing performances and vitality indices of oyster (*Crassostrea Gigas*) spat, in 3 sites located in the french department of Morbihan (Auray river and Bay of Quiberon), between may 1999 and march 2000.

Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom <i>J. Mazurié, P.G. Fleury, J.F. Bouget, S. Claude, T. Hirata, A. Langlade, A.G. Martin, B. North</i>	Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer/DRV/RA/LCB//La Trinité-sur-mer
--	---

Collaborateur(s) : nom, prénom	Organisme / Direction / Service, laboratoire
---------------------------------------	---

Travaux universitaires :

diplôme :	discipline :
établissement de soutenance :	année de soutenance :

Titre du contrat de recherche : Contrat avec la SRC de Bretagne Sud (financement de 20 % de l'étude)	n° de contrat IFREMER : 99/2 210 866
--	--

Organisme réalisateur : IFREMER / Laboratoire Conchylicole de Bretagne

Cadre de la recherche : programme d'étude sur les mortalités estivales d'huîtres

Programme :	Convention :
Projet :	Autres (préciser) :

Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)

Résumé :

La question des mortalités estivales de naissain d'huîtres creuses en rivière d'Auray et baie de Quiberon a été abordée en 1999 par le suivi d'un lot de juvéniles mis en poches dans 3 stations de types bien différenciés d'amont en aval :

- une station très estuarienne, au centre de la rivière d'Auray (Fort-Espagnol)
- une station mi-estuarienne mi-marine, au sortir de la rivière d'Auray sur la baie de Quiberon (Kerpenhir)
- une station marine en baie de Quiberon (Men-er-Roué).

La mortalité et la croissance ont été suivies parallèlement à des indices de vitalité afin de discerner d'éventuelles périodes de fragilité des animaux. Le naissain est passé de 3 g début mai 1999 à environ 35 g en novembre sans différence très marquée entre les sites. Les mortalités estivales sont restées faibles (10%) dans les 2 sites les plus marins tandis que la mortalité a été plus brutale et un peu plus forte (15 %) en juillet à la station la plus amont.

L'observation des variations journalières, tidales et saisonnières des paramètres physico-chimiques dans ces 3 sites-types ne permet pas d'identifier de facteur létal, mais illustre la plus grande variabilité qui caractérise le secteur le plus amont.

Les enregistrements valvaires mettent en évidence de manière surprenante un pourcentage moyen d'ouverture des huîtres identique en zone découvrante et en zone constamment immergée. Ils montrent aussi de nombreuses fermetures simultanées, notamment à marée basse (sans exondation), qui ne trouvent pas d'explication dans les paramètres de milieu enregistrés. Parmi les mesures discontinues d'indicateurs physiologiques, autant la force musculaire que l'herméticité par perte de sel en eau douce montrent un cycle saisonnier et des différences entre sites, même si les faibles mortalités enregistrées en 1999 n'ont pas permis une forte discrimination entre les sites.

Abstract :

Summer mortalities of young oysters have been studied in 1999 through the monitoring of a unique oyster batch distributed among 3 sites located from upstream of an estuary (Fort-Espagnol, Auray river) to downstream (Kerpenhir, Auray river) up to open bay (Men er Roué, Bay of Quiberon).

Mortality and growth have been monitored in parallel with vitality indices, so as to try to identify periods of weakness of oysters. The spat grew from a mean weight of 3 g, in the beginning of May to around 35 g in November, without sharp differences between sites. The summer mortalities remained moderate (10 %) in the 2 most marine stations, whereas a light peak of mortality (15 %) was recorded in July in the most continental station.

Any of the physico-chemical parameters may be considered very stressful or lethal, but a wider amplitude of variation is recorded upstream.

Valve movements records surprisingly reveal a closure duration identical in subtidal and intertidal sites, (around 4 to 5 hours a day, as an average), and also numerous simultaneous closures, that do not find any explanation in the water quality parameters measured. As for discontinuous measurements of physiological indicators, both muscle force and « salt loss in freshwater » show a seasonal pattern and inter-sites differences, but no clear discrimination between sites according to mortalities (probably because of the low levels of mortality).

Mots-clés : huître creuse, naissain, *Crassostrea gigas*, Rivière d'Auray, Baie de Quiberon, mortalité, vitalité, valvomètre, force musculaire, perte de sel

Keywords : cupped oyster, spat, *Crassostrea gigas*, Auray river, Bay of Quiberon, mortality, vitality, valvometer, muscle force, salt loss, hermeticity

SOMMAIRE

1.	Contexte et objectif	4
2.	Protocole	5
-	Sites expérimentaux	
-	Huîtres et structures expérimentales	
-	Paramètres hydrologiques	
-	Suivi des huîtres : mortalité, croissance, maturité sexuelle et indicateurs physiologiques	
3.	Caractérisation du milieu	10
-	Météorologie	
-	Milieu : physico-chimie	
-	Milieu : phytoplancton	
4.	Performances d'élevage des huîtres	16
-	Croissance	
-	Engraissement	
-	Survie	
-	Pathologie	
5.	Indicateurs physiologiques	22
-	Enregistrements in situ des mouvements valvaires	
-	Test d'herméticité en eau douce	
-	Force musculaire	
6.	Conclusion	42
	Références bibliographiques	44
	Liste des tableaux et figures	46

1. CONTEXTE et OBJECTIF.

Des mortalités frappant préférentiellement les huîtres d'un an au cours de l'été, sont apparues en 1994 et 1995, dans de nombreux secteurs d'élevage, en particulier en Bretagne. Dans la plupart des sites, ces mortalités ont régressé entre 1996 et 1998 (Martin *et al.*, 1999 a et b).

Certaines études ont pu mettre en évidence à la fois des différences de mortalité entre secteurs géographiques et entre lots d'huîtres dans un même site (Gouletquer *et al.*, 1998).

Les recherches entreprises ont permis de mettre certaines de ces mortalités en relation avec un nouvel agent pathogène infectieux, l'herpès-virus de l'huître (Renault *et al.*, 1994), notamment les étés les plus chauds, en période de maturation des gonades et de faible niveau des réserves énergétiques. Une souche de bactérie pathogène a été également isolée à partir d'un lot d'huîtres subissant des mortalités.

L'influence et le poids relatif des différents facteurs (l'hôte, le milieu et l'agent pathogène) ainsi que les mécanismes d'action demeurent encore mal définis, ce qui justifie des études complémentaires.

L'objectif de l'étude proposée est de décrire l'évolution du milieu d'élevage et des animaux en **3 sites bien différenciés**, pour tenter d'identifier les circonstances lors desquelles surviennent les mortalités, et l'état physiologique des animaux à ces périodes. Les 3 sites retenus, qui ont fait l'objet d'un premier suivi en 1997 (Kuntz, 1997), se différencient par leur degré de confinement estuarien ou d'influence océanique. L'originalité de l'étude réside en particulier dans l'application de différentes **méthodes pour qualifier l'état général ou vitalité du naissain** : les mouvements valvaires, l'herméticité (par mesure de perte de sel) et la force musculaire d'adduction valvaire.

L'enregistrement des mouvements valvaires pour la première fois en parallèle sur 3 sites, apporte par ailleurs une information originale destinée à améliorer la détection de signaux anormaux.

2. PROTOCOLE

Le protocole expérimental, détaillé ci-dessous se caractérise principalement par :

- la répartition d'un même lot d'huîtres entre 3 sites bien différenciés par leur degré de confinement
- le suivi en parallèle d'indicateurs d'état des huîtres et du milieu d'élevage
- la caractérisation des huîtres non seulement par les mesures traditionnelles (biométrie...), mais aussi par des tests ou mesures physiologiques originaux, en cours de validation.

21.- LES SITES EXPERIMENTAUX.

Le suivi des huîtres a été réalisé sur les sites ci-dessous, classés du plus estuarien au plus océanique (*figure 1*) :

- Fort-Espagnol, à Crac'h, proche des secteurs d'élevage les plus amont de la rivière d'Auray
- Kerpenhir, à Locmariaquer, au débouché de la rivière d'Auray en Baie de Quiberon
- Men-Er-Roué, au cœur des concessions ostréicoles de la Baie de Quiberon

Les deux premiers sites sont découvrants par coefficient de marée de 80 environ.

Le troisième est en "eau profonde", à une profondeur de 5 mètres sous les plus basses mers.

Les structures expérimentales se trouvent à proximité d'élevages commerciaux.

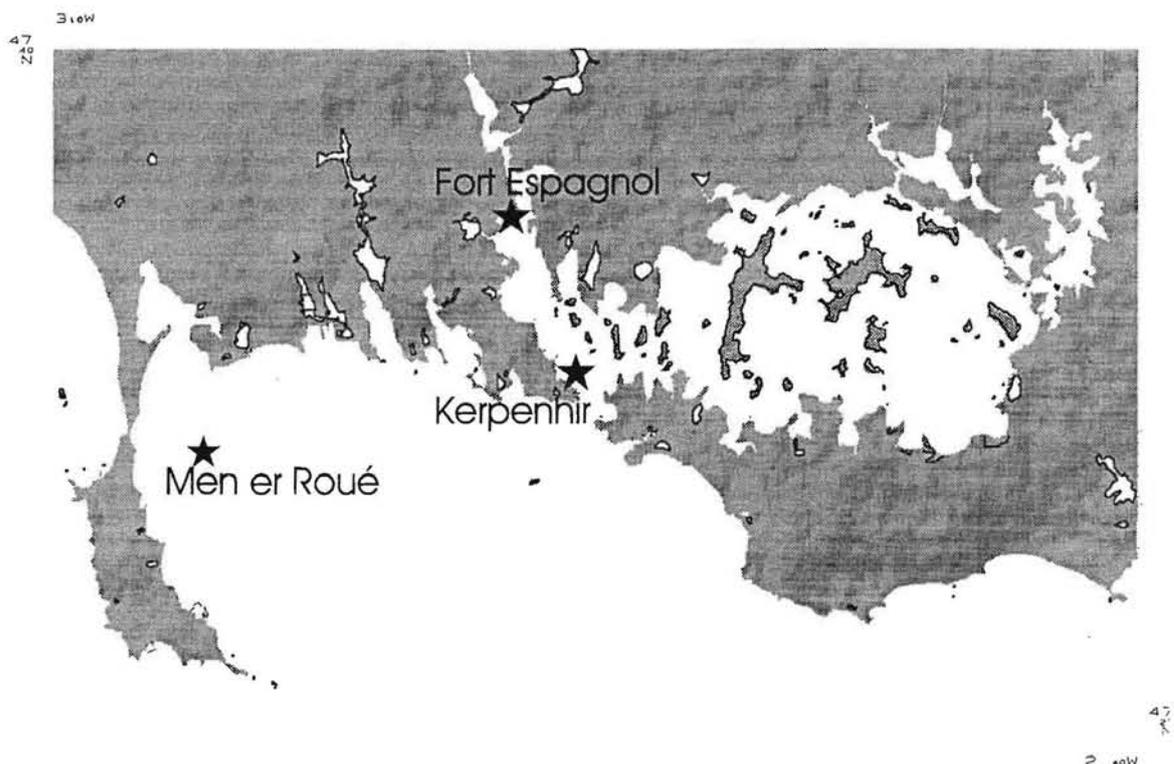


Figure 1 : Les 3 sites expérimentaux

22. LES HUITRES ET LES STRUCTURES EXPERIMENTALES.

L'étude proposée ne traite pas de naissain d'écloserie, pour lequel les effets liés au statut génétique et aux pratiques précoces d'écloserie-nurserie sont difficiles à évaluer et à séparer : cf expériences Smidap-Ifremer en 1996, 97 et 98 (Pajot *et al.*, 1999).

Les huîtres placées en expérimentation sont issues du bassin d'Arcachon, et ont été transférées en Bretagne au mois de mars (mêmes animaux que ceux du programme "Remora" 2000 - juvéniles).

Le 6 mars 1999, 5 poches contenant approximativement 1000 individus chacune ont été placées à chaque emplacement :

- les poches des sites d'estran, sur tables surélevées de 50 cm du sol,
- les poches d'eau profonde, dans des cadres métalliques surélevés de 10 cm.

Le 3 mai, les huîtres de chaque site ont été réparties de la manière suivante :

- 4 demi-poches de 200 pour comptages
- 5 poches de 500, pour prélèvements et réserve

Une visite d'observation et d'entretien des structures a été faite à chaque vive-eau (toutes les 2 semaines), les comptages et prélèvements étant opérés par quinzaine (entre juin et septembre) ou par mois (le reste du temps).

23. LES PARAMETRES HYDROLOGIQUES.

Mesures physico-chimiques

La température, la salinité et la hauteur d'eau (reflet du cycle de marée) ont été enregistrés en continu (selon un pas de temps de 15 ou 20 mn) au moyen de sondes (sondes TSP de Micrel ou YSI). La concentration en oxygène a été enregistrée sur le site le plus amont (et occasionnellement sur les autres sites).

Tableau A - Récapitulatif des enregistrements par site :

Site	Type de donnée	Enregistrement
Fort Espagnol	sonde YSI	quasi-continu
Kerpenhir	sonde TSP	continu
Men Er Roué	sonde TSP	continu

Phytoplancton (aspects trophiques et éventuellement toxiques)

Un prélèvement d'eau a été réalisé chaque semaine, en chaque point, au moment de la pleine mer, et en surface. Les analyses ont porté sur 2 aspects :

- concentration en chlorophylle a et phaeopigments, ainsi que turbidité (exprimée en NTU).
- caractérisation des genres ou espèces phytoplanctoniques (présence éventuelle d'espèces ichtyotoxiques).

24. SUIVI DES HUITRES : MORTALITÉ, CROISSANCE, INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES.

Les prélèvements ont été réalisés tous les mois, de mars à novembre 1999, avec un point final en mars 2000. Des comptages intermédiaires ont été réalisés tous les 15 jours en été, pour l'estimation de la survie. En complément d'un suivi détaillé des performances de croissance, engraissement, survie et pathologie, 3 estimateurs de la vitalité des *huîtres* ont été appliqués sur chaque lot.

Survie

L'estimation de la survie a porté sur le dénombrement des huîtres dans 4 demi-poches (poches ostréicoles de demi-format) contenant initialement 200 individus.

Biométrie

Les principaux descripteurs biométriques ont été mesurés individuellement, sur 30 individus prélevés au hasard dans l'une des 5 poches de réserve : longueur, poids entier, poids de coquille, poids frais et poids sec de chair, poids frais et poids sec de muscle (pour relation avec la force musculaire), infestation par le ver *Polydora*.

Glycogène

Les 30 échantillons individuels de chair ont été regroupés en 3 pools de 10 et leur teneur en glycogène analysée (sous-traitance au laboratoire municipal de Brest). Pour 3 dates de prélèvement (28 mai, 27 septembre et 8 novembre) les 30 huîtres de Kerpenhir ont été analysées individuellement.

Recherche d'agents pathogènes infectieux par PCR :

Des analyses nucléiques (PCR avec amorces spécifiques) ont été effectuées pour recherche d'herpès-virus sur 30 individus congelés en 6 pools de 5 selon la méthode décrite par Renault *et al.*, (1994).

Trois estimateurs de vitalité

- mouvements valvaires

Des enregistrements d'écartements valvaires ont pu être réalisés en parallèle sur chacun des 3 sites grâce à l'emploi de 3 "valvomètres" autonomes (appareils Micrel-Ifremer, *figure 2*). L'objectif était double :

- (1) mieux connaître les variations et les facteurs d'influence de cet indicateur physiologique original (Floch, 1994 ; Bouget *et al.*, 1998),
- (2) rechercher d'éventuelles anomalies de comportement précédant les mortalités. L'enregistrement utilisait un échantillon d'huîtres de taille différente, pour éviter les fermetures simultanées dues à un synchronisme physiologique, alimentaire...

- enregistrement de la perte de sel (*figure 3*) occasionnée par l'immersion dans de l'eau douce à 40 °C, sur 3 sous-lots de 30 huîtres, à chaque visite.
- mesure de la force musculaire d'adduction intervalvaire au dynamomètre (*figure 4*), sur les 30 individus, utilisés en biométrie.

L'intérêt de ce protocole est donc de pouvoir comparer en 3 sites bien différenciés hydrologiquement, un maximum de paramètres hydrologiques, biométriques et physiologiques.

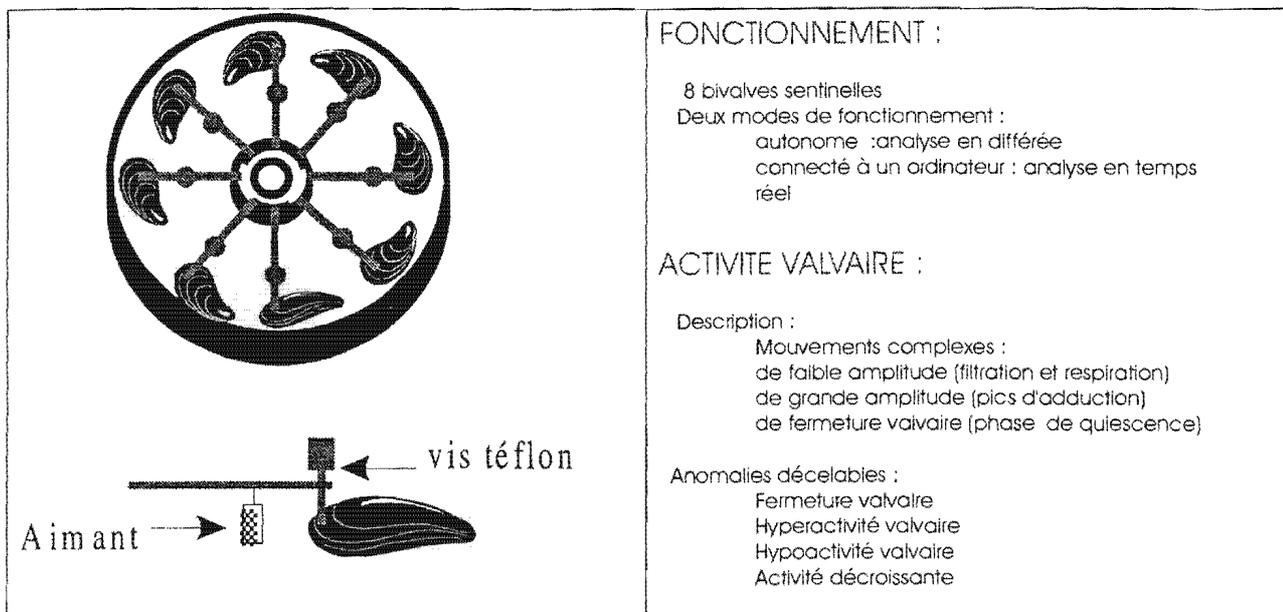


Figure 2 : Le valvomètre.

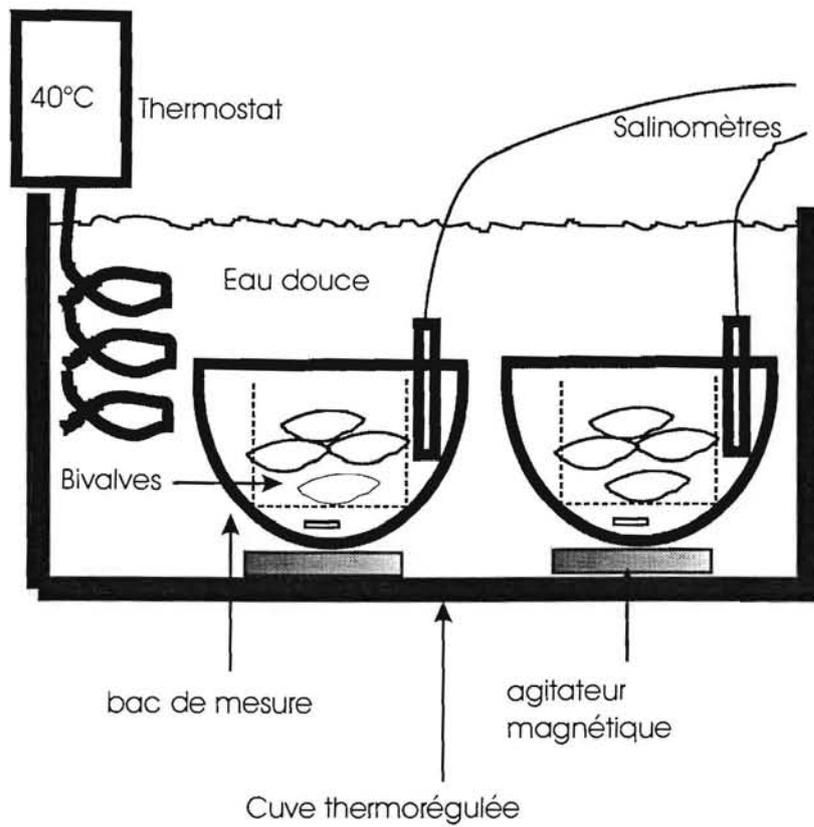


Figure 3 : Le test de perte de sel.

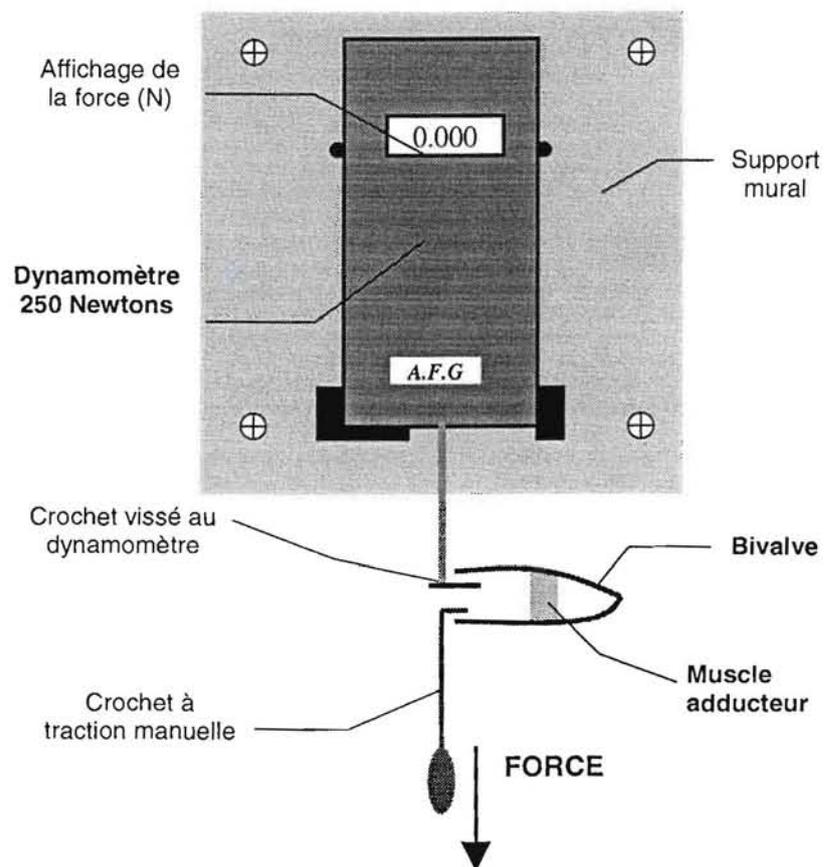


Figure 4 : Le dynamomètre.

3. CARACTERISATION DU MILIEU.

L'évolution du milieu au cours de l'année 1999 est présentée au travers de données météorologiques d'abord, puis de mesures et enregistrements dans le milieu marin.

31.- METEOROLOGIE.

L'année 1999 est caractérisée par des températures d'air assez proches de la moyenne 1976-1998 (légèrement supérieures), et des précipitations abondantes en avril et à la fin septembre, mais relativement faibles au cours de l'été (figure 5)

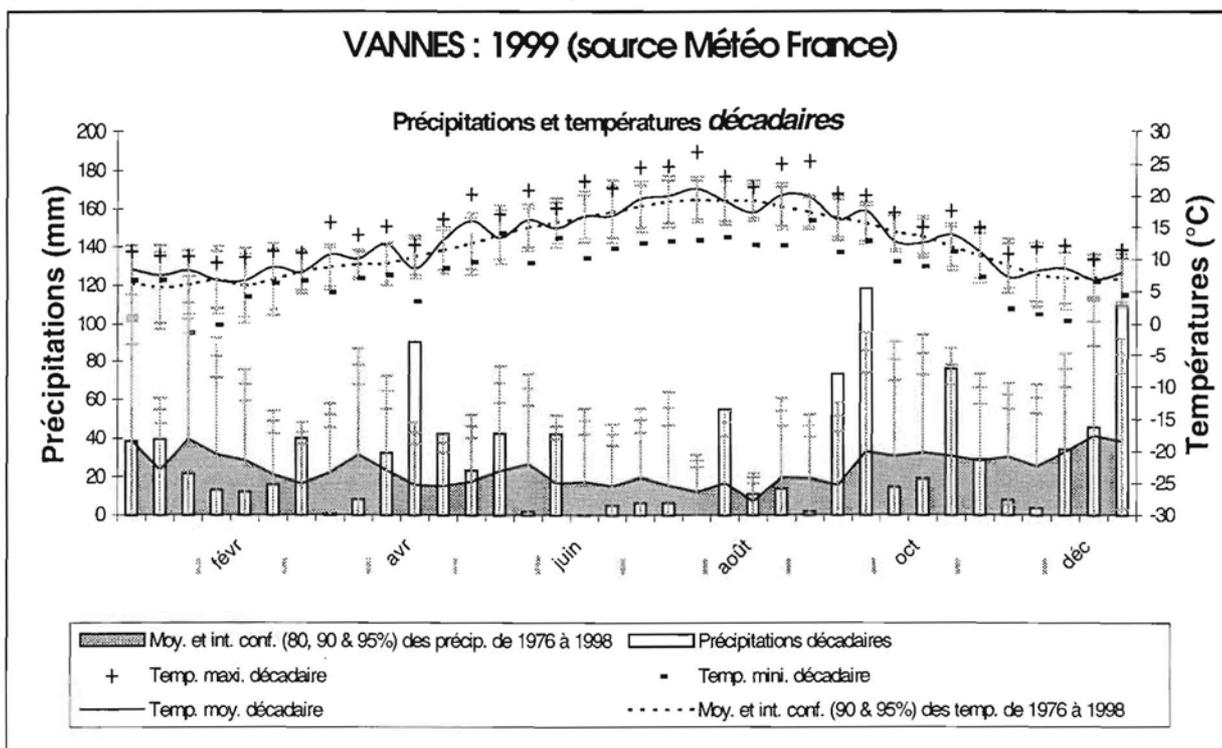


Figure 5 : Données météorologiques, Vannes, 1999

32. MILIEU : PHYSICO-CHEMIE.

L'évolution des principaux paramètres physico-chimiques (température, salinité et oxygène dissous) est présentée sur la figure 6 pour un cycle de marée (à Fort-Espagnol) et sur les figures 7 à 9 pour leur évolution sur chacun des 3 sites suivis.

Sur les 3 sites expérimentaux la **température** varie d'environ 8°C en hiver à 20°C en été. Les huîtres des sites d'estrans subissent couramment des amplitudes thermiques journalières de 10°C, 15°C lors de l'exondation nocturne et 25°C lors de l'exondation diurne), à la différence de celles d'eau profonde (rarement plus d'un degré).

Les **salinités** enregistrées sont les plus fluctuantes à Fort-Espagnol : elles varient en fonction de la marée, notamment en période de précipitations ; elles ne sont cependant jamais descendues en dessous de 20 g/l au cours de la période d'étude (seuil de réaction valvaire des huîtres (Floch 1994)). En raison de doutes sur certaines valeurs enregistrées, les valeurs de la figure 6 sont des valeurs mesurées ponctuellement. Les sites de Kerpenhir et de la baie de Quiberon présentent des valeurs de salinité relativement stables. Les chutes de salinité d'environ 2 g/l observées en baie de Quiberon fin août et début octobre sont dues à un défaut d'entretien du conductimètre (développement de salissures au niveau du capteur).

Les teneurs d'**oxygène dissous** mesurées à Fort Espagnol varient de 6 à 10 mg/l correspondant à des pourcentages de saturation généralement supérieurs à 80%. Elles varient selon des cycles saisonnier et nycthémeral en fonction des blooms de phytoplancton. Des sur-oxygénations sont fréquemment observées en été, résultat d'une activité photosynthétique intense du phytoplancton.

La **profondeur** du point expérimental en baie de Quiberon varie de 5 à 11m selon l'heure de marée. L'analyse des enregistrements de salinité (qui présentent des valeurs aberrantes au moment de l'exondation) a permis de calculer les pourcentages d'exondation des deux sites découvrants, révélant une différence involontaire : 11.8 % à Fort-Espagnol et de 8.7 % à Kerpenhir.

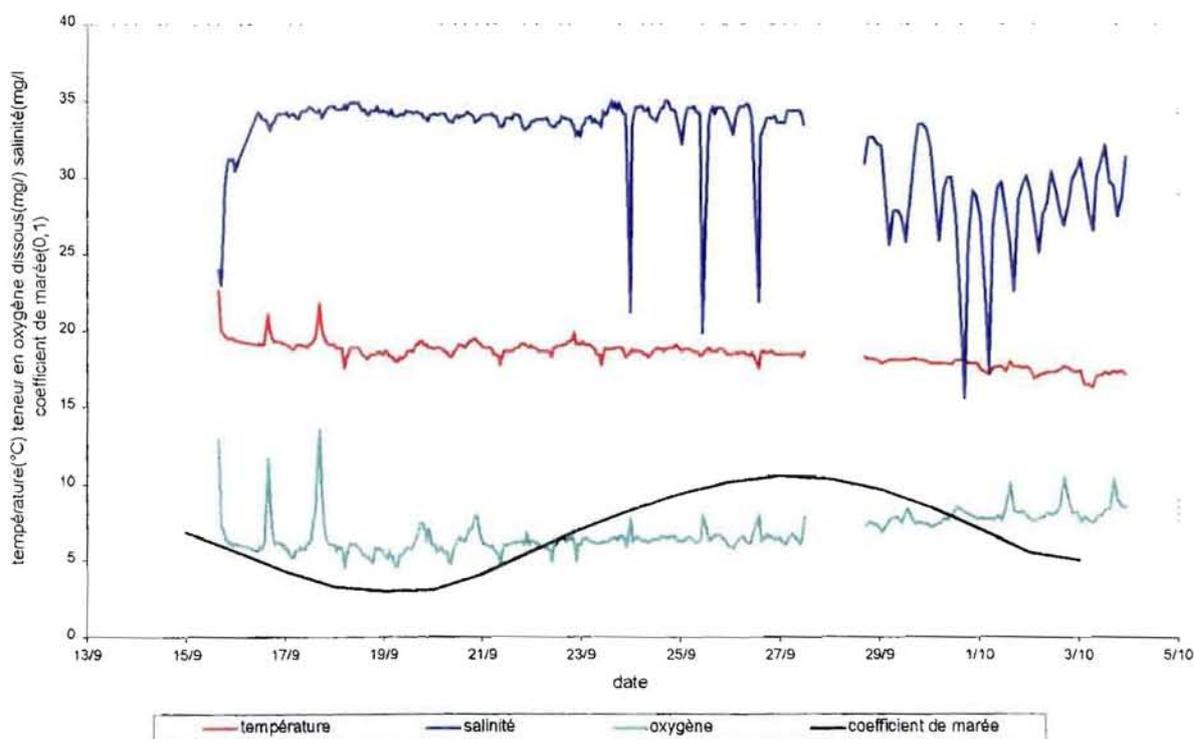


Figure 6 : Paramètres physico-chimiques au cours d'un cycle de marée à Fort-Espagnol.

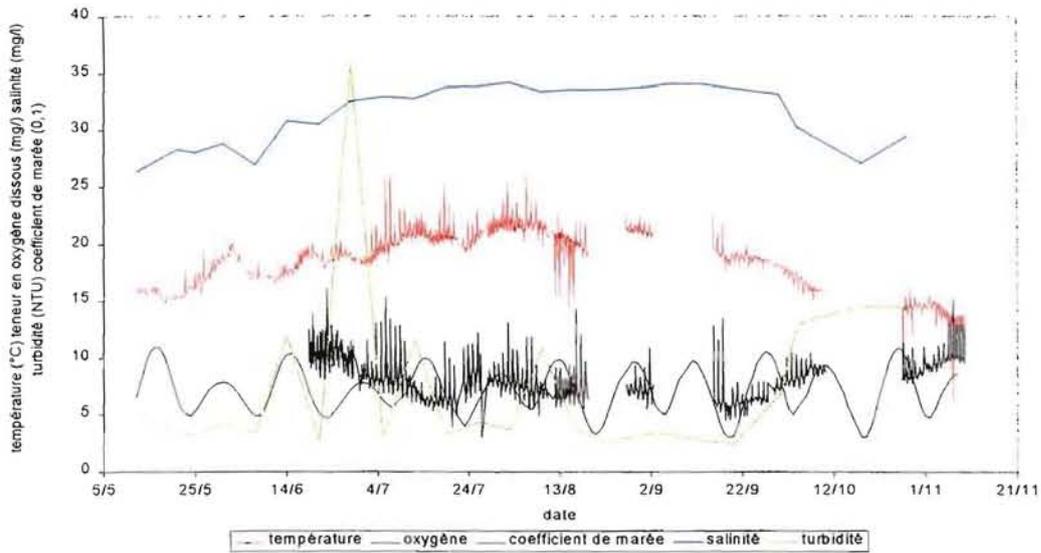


Figure 7 : Paramètres physico-chimiques à Fort-Espagnol, au cours de l'étude

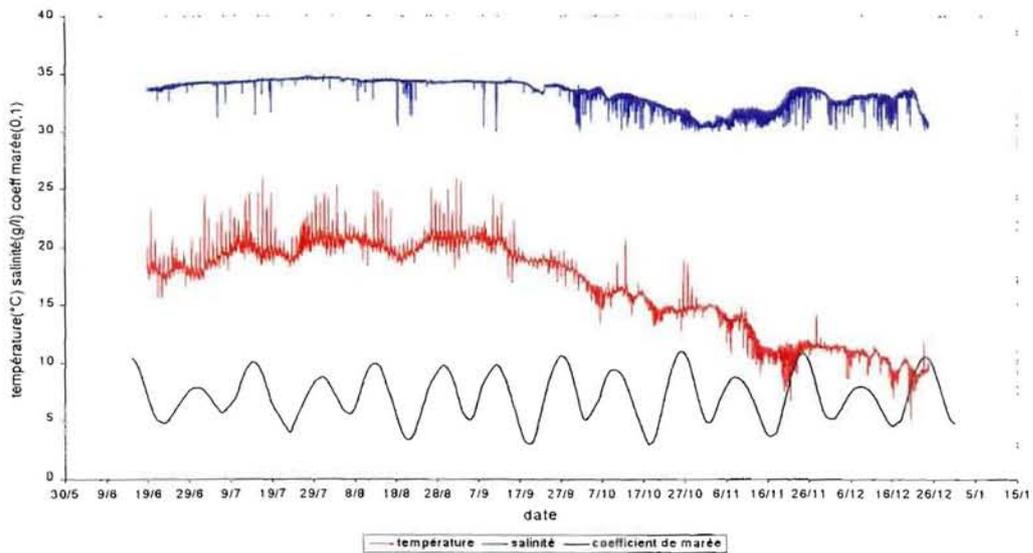


Figure 8 : Paramètres physico-chimiques à Kerpenhir, au cours de l'étude

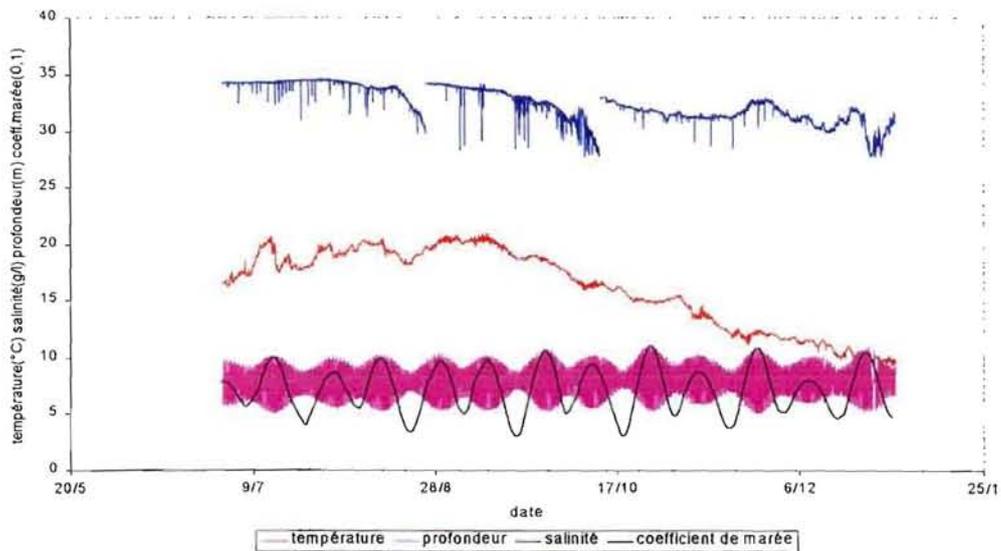


Figure 9 : Paramètres physico-chimiques à Men-er-Roué au cours de l'étude.

Les valeurs de ces paramètres physico-chimiques paraissent compatibles avec une bonne survie et croissance du naissain d'huîtres, ce qui a été observé. On peut noter des variations plus importantes de la plupart des paramètres à la station la plus amont (Fort-Espagnol), qui peuvent contribuer à fragiliser les animaux certaines années (interprétation par anticipation du résultat décrit plus loin d'une mortalité un peu supérieure à cette station).

Ces résultats constituent des références d'une année à faible mortalité.

33.- MILIEU : PHYTOPLANCTON.

La répartition saisonnière de concentration en **chlorophylle a** (figure 10) révèle habituellement des pics d'abondance phytoplanctonique printaniers et éventuellement automnaux, encadrant une période estivale moins riche. Les blooms de début de saison, généralement en avril, (couramment de l'ordre de 10 $\mu\text{g/l}$ de chlorophylle) ne sont pas représentés ici tandis que ceux d'automne, ne se traduisent par une augmentation de la teneur en chlorophylle qu'en baie de Quiberon, au mois d'octobre. Entre mai et octobre, les concentrations apparaissent faibles et du même ordre aux 2 stations de rivière d'Auray (autour de 0.5 $\mu\text{g/l}$), et légèrement plus élevées en Baie de Quiberon (entre 1 et 1.5 $\mu\text{g/l}$ à plusieurs reprises).

Au vu du manque de corrélation entre les résultats de chlorophylle et le nombre de cellules phytoplanctoniques (traité ci-après), on ne peut pas exclure une sous-évaluation des résultats de chlorophylle de la rivière d'Auray (délai trop long de stockage des échantillons).

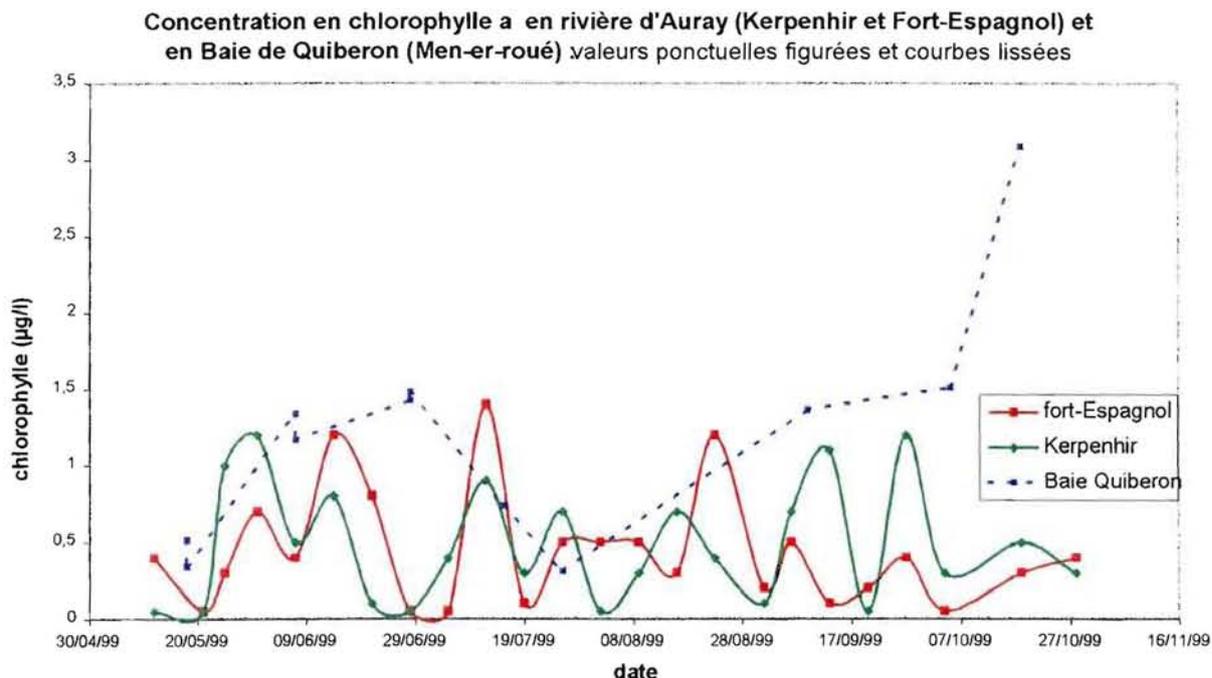


Figure 10 : Concentration en chlorophylle a (mg par m^3) aux 3 stations.

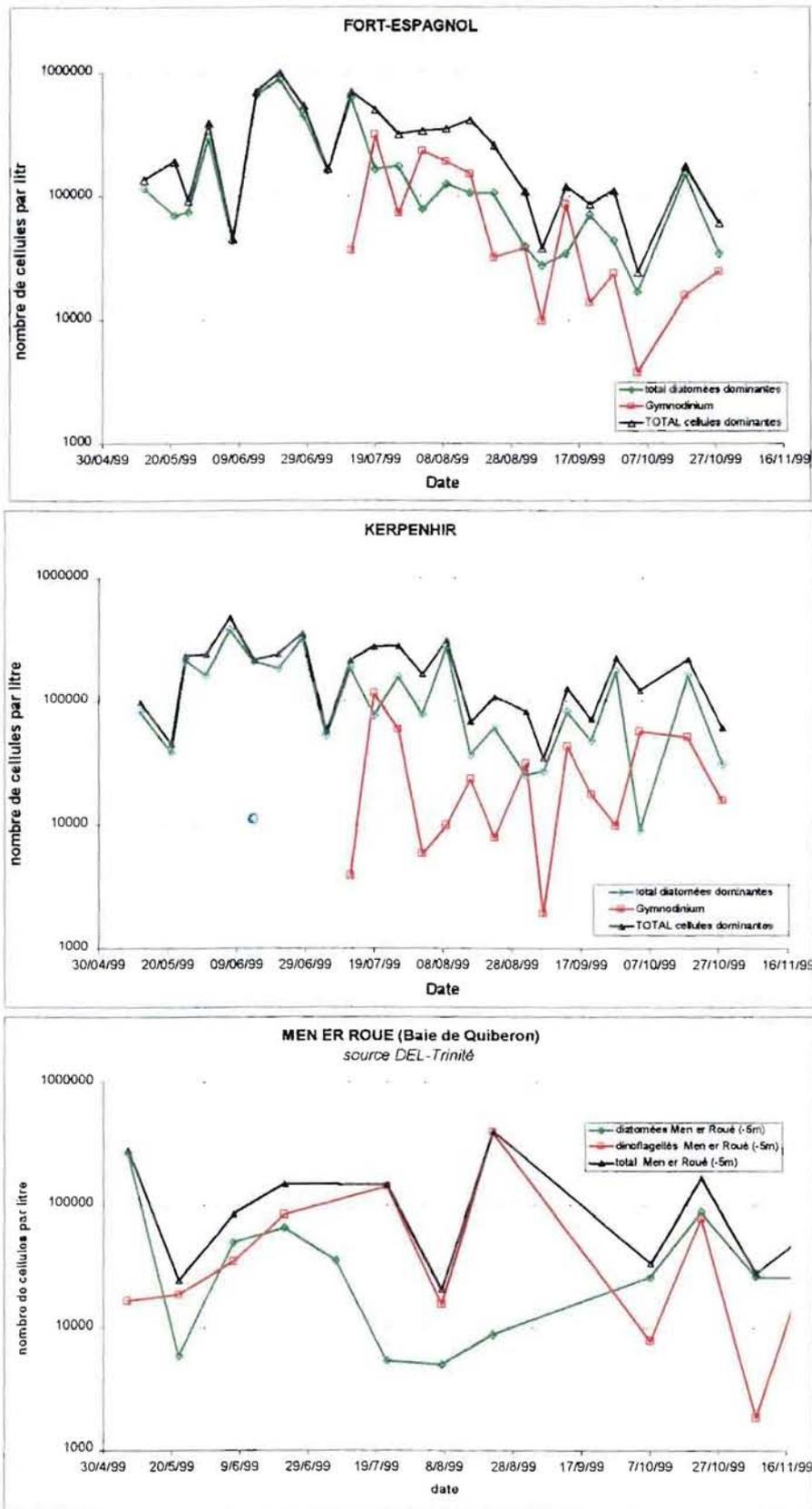


Figure 11 : groupes phytoplanctoniques dominants aux 3 stations

Les concentrations des **groupes phytoplanctoniques dominants** (diatomées et dinoflagellés) sont représentées graphiquement aux 3 stations (*figure 11*). On y observe au printemps et en été (pas en automne) une plus grande abondance phytoplanctonique aux 2 stations de la rivière d'Auray qu'en baie de Quiberon. Entre les 2 stations de la rivière d'Auray, la station la plus amont semble présenter des blooms de diatomées plus abondants au cours de juin et juillet (période de maturation active des gonades). L'espèce de *Gymnodinium* observée en plus grande abondance à Fort-Espagnol, n'est pas une espèce directement toxique pour les coquillages.

L'interprétation de l'évolution saisonnière et de la différence entre stations n'est pas aisée : aux deux stations intertidales, on n'observe **pas de carence phytoplanctonique durable** en été, mais pas non plus d'efflorescence automnale (ni en dénombrement d'espèce, ni en chlorophylle) malgré les fortes pluies de fin septembre. Seule la Baie de Quiberon paraît afficher en automne des valeurs élevées de chlorophylle.

Au total, ces estimations d'abondance trophique tendent à mettre en évidence une richesse trophique relativement comparable entre les stations amont et aval de la rivière d'Auray : probablement supérieure cette année en juin-juillet en amont et au contraire supérieure à l'automne en aval (à l'analyse tant de la chlorophylle que du phytoplancton). La baie de Quiberon se révèle nettement moins riche en diatomées en été (peu reflété dans les mesures de chlorophylle) et comparable en nombre de diatomées en automne (plus de chlorophylle par contre).

4. PERFORMANCES D'ELEVAGE DES HUÎTRES.

Les paramètres suivis concernent la croissance, l'engraissement, la mortalité et la pathologie des huîtres.

41. CROISSANCE.

La croissance est rapide (*tableau B et figure 12*), les huîtres de rivière d'Auray atteignant 30 g de poids moyen à la fin du mois d'août : dans l'étude de 1997 en rivière d'Auray (Kuntz, 1997), ce même poids moyen était atteint 1 mois plus tard, tandis que dans un suivi en baie de Quiberon en 1998, la croissance était très largement inférieure (Martin *et al.*, 1999).

Tableau B : *Poids moyens (et intervalles de confiance à 95%) des huîtres des 3 sites*

	04/05/99	28/05/99	29/06/99	28/07/99	26/08/99	27/09/99	11/10/99	08/11/99	06/03/00
Poids moyens									
<i>Int. de confiance</i>									
Fort-Espagnol	3.40 0.25	7.91 0.83	12.07 1.30	15.92 1.67	26.36 2.54	37.62 3.21	34.50 3.77	38.14 5.45	37.0 4.93
Kerpenhir	3.57 0.43	5.39 0.72	12.24 1.59	13.71 2.09	27.74 3.50	29.04 4.44	24.50 4.09	35.53 5.13	34.5 4.14
Men-er-Roué	2.73 0.25	5.93 0.65	13.23 1.18	12.39 2.81	21.60 2.75		38.69 5.07	33.45 6.05	32.2 2.97

L'allure générale de la croissance des huîtres, en poids entier, révèle 3 périodes :

- une croissance moyenne en mai, juin, juillet
- une croissance rapide en août, septembre, octobre
- un arrêt de croissance hivernal de novembre 99 à mars 2000

Une surdensité peut expliquer le ralentissement de fin septembre. Par ailleurs les variations d'échantillonnage rendent les différences statistiques peu significatives (*La méthode de prélèvement sur site, sans randomisation complète des huîtres de l'ensemble des poches, paraît être la cause de cette variation d'échantillonnage excessive*).

Toutefois, si l'on en juge par l'allure générale des courbes de croissance et par les 2 derniers échantillons, le classement du site le plus poussant au site le moins poussant paraît s'établir d'amont en aval :

- Fort-Espagnol (site amont) ;
- Kerpenhir (site aval),
- Men-er-Roué (site en eau profonde).

Au cours de l'étude de 1997 en rivière d'Auray, on observait également une pousse plus rapide à la station amont (Fort-Espagnol) qu'à la station aval (Kerpenhir). Le réseau Remora confirme l'ordre de croissance entre ces 3 stations depuis 1997 (Fleury *et al.*, sous presse).

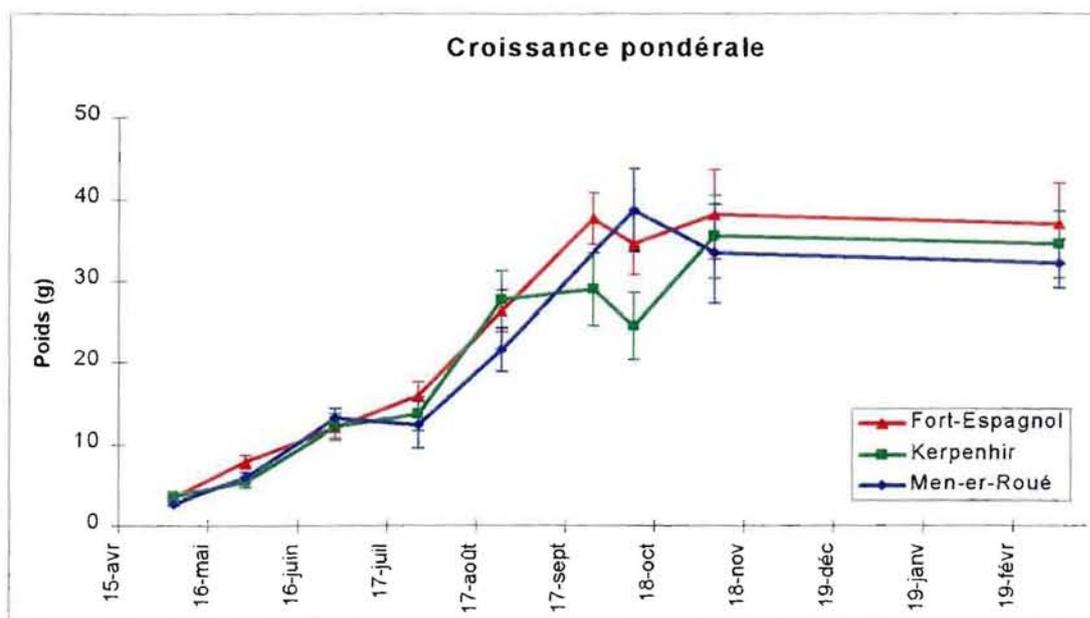


Figure 12 : Evolution du poids entier des huîtres, dans les 3 sites

42. ENGRAISSEMENT.

L'engraissement des huîtres a été suivi à 3 niveaux :

- l'indice de condition, pourcentage de chair par rapport au poids entier (en poids frais) ; il correspond à l'indice Afnor pour des huîtres adultes ;
- la teneur de la chair en matière sèche (poids de chair sec / poids de chair frais) ;
- la teneur de la chair sèche en glycogène

Des différences entre sites et entre dates se révèlent de manière plus marquée sur l'indice de condition (tableau C et figure 13) que sur la croissance en poids entier.

Tableau C : Indices de condition moyens (et intervalles de confiance à 95%) des huîtres des 3 sites, aux différentes dates.

	04/05/99	28/05/99	29/06/99	28/07/99	26/08/99	27/09/99	11/10/99	08/11/99	06/03/00
Indices moyens									
<i>Int. de confiance</i>									
Fort-Espagnol	10,1% 0,9%	14,1% 0,7%	16,8% 1,1%	13,6% 1,2%	10,4% 0,9%	9,1% 0,7%	8,6% 0,4%	7,4% 0,5%	8,5% 0,5%
Kerpenhir	10,0% 0,7%	12,9% 1,7%	11,9% 1,8%	9,7% 1,6%	9,2% 0,8%	6,8% 0,6%	9,0% 0,6%	7,9% 0,5%	7,3% 0,3%
Men-er-Roué	9,5% 0,9%	9,2% 0,6%	10,4% 2,5%	7,2% 2,7%	8,0% 0,6%	--- nd	7,6% 0,7%	7,6% 1,1%	7,8% 0,4%

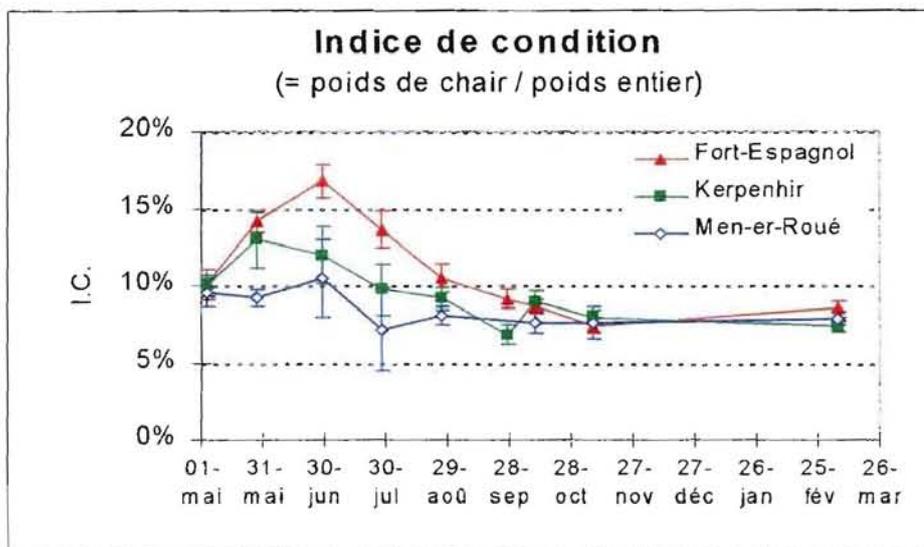


Figure 13 : Evolution de l'indice de condition dans les huîtres des 3 sites

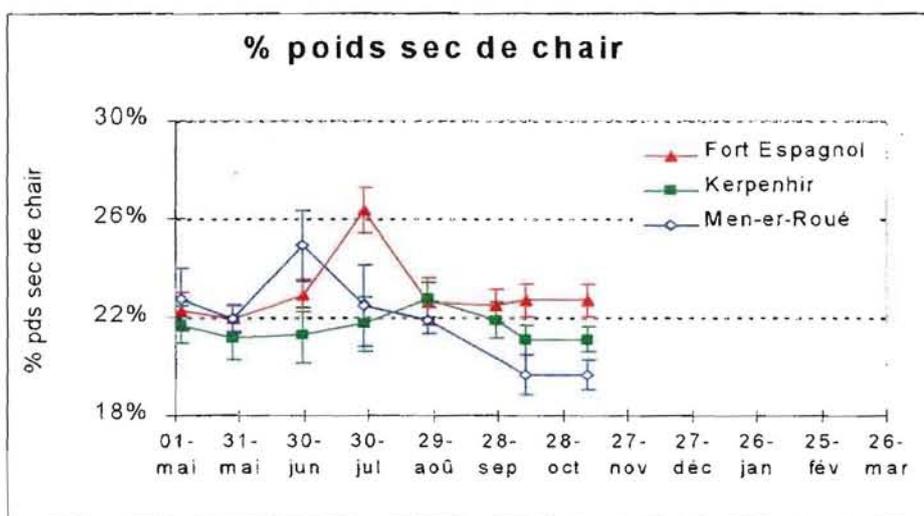


Figure 14 : Evolution du pourcentage de poids sec dans la chair des huîtres des 3 sites

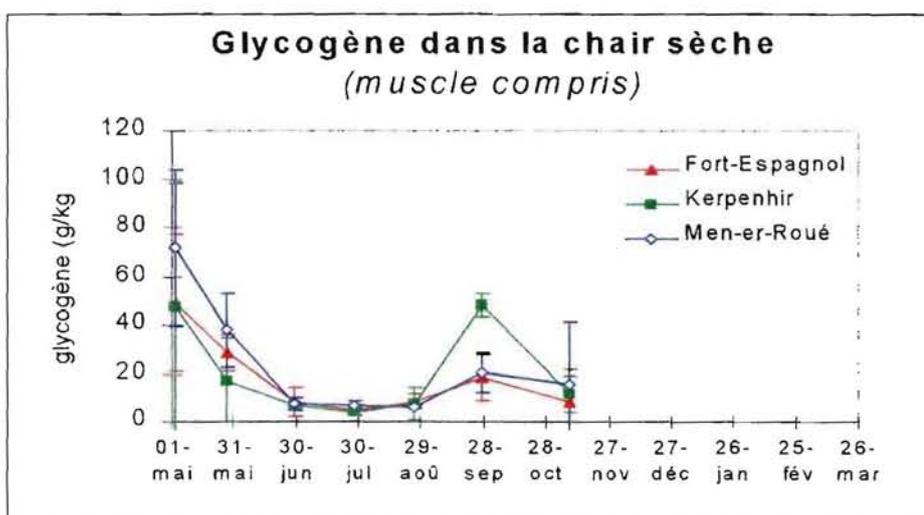


Figure 15 : Evolution des teneurs en glycogène dans la chair sèche des huîtres des 3 sites

L'évolution temporelle met en évidence un engraissement maximum au début du mois de juillet, qui doit correspondre à la maturité sexuelle des gonades. La diminution ultérieure s'interprète par la ponte et par la forte croissance de la coquille.

La comparaison des sites est remarquable en ce qu'elle met très nettement en évidence un gradient décroissant de l'amont vers l'aval, en période estivale : le pourcentage de chair des huîtres du site le plus amont peut valoir jusqu'à 1,5 fois celui des huîtres d'eau profonde (15% du poids entier contre 10 % environ) : à cette période de l'année, cet engraissement apparent s'interprète par la formation des gamètes au moment de la reproduction. Cette différence estivale s'estompe totalement en période hivernale.

A l'observation des indicateurs d'abondance trophique estimés, c'est le nombre de cellules phytoplanctoniques directement observées et dénombrées plutôt que la teneur en chlorophylle qui rend le mieux compte de cet appauvrissement du milieu, d'amont en aval : on peut faire l'hypothèse que la filtration pour le dosage de chlorophylle sur maillage de 1.2 microns retient des particules phytoplanctoniques plus petites que celles retenues par le filtre branchial (environ 5 microns) et que celles observées au microscope (supérieures à 10 microns).

Le taux de **matière sèche** de la chair (*figure 14*) enregistre un petit pic fin juin à Men-er-Roué et un autre fin juillet à Fort-Espagnol, mais dans l'ensemble il se situe autour de 22% en été. A l'automne apparaît un léger gradient décroissant de l'amont (23%) vers la baie (19%).

L'évolution des réserves en **glycogène** dans la chair, muscle compris (*figure 15*) met nettement en évidence l'effondrement estival de juin – juillet, qui correspond à la constitution des gamètes, à chacune des stations. Un pic est observé en fin septembre à la station aval de la rivière d'Auray, sans doute interprétable par une plus grande abondance de diatomées à cette période.

43. SURVIE.

La survie observée entre mai 99 et mars 2000 est satisfaisante (*tableau D et figures 16*) : entre 81 et 87%. Des différences se manifestent cependant entre les sites et selon les périodes : dans les 3 sites, la mortalité est faible jusqu'en fin juin, mais :

- à **Fort-Espagnol** (site amont), **la mortalité se manifeste brutalement au mois de juillet** (15% en moyenne, à des degrés divers selon les poches, *figure 16*), puis reste faible jusqu'à la fin du suivi.
- à **Kerpenhir** (site aval), **la mortalité reste faible**, et répartie sur l'été
- à **Men-er-Roué** (site profond), **la mortalité est progressive et se poursuit en hiver** ; elle finit par égaler celle de Fort-Espagnol.

Le faible niveau de mortalité et la variabilité entre poches (notamment à Fort-Espagnol, *figure 17*) ne permettent pas de mettre en évidence une différence statistiquement significative entre les 3 sites. Les tendances évoquées ci-dessus, sont cependant concordantes avec les observations des années antérieures et les observations des professionnels. Un essai réalisé en rivière d'Auray en 1997, dans les mêmes conditions, aboutissait à des mortalités bien supérieures (jusqu' à 50 % dans le site amont), mais selon la même répartition temporelle et le même gradient décroissant d'amont en aval (Kuntz, 1997)

Tableau D : Evolution de la survie dans les 3 sites

	04/05	28/05	17/069	29/06	15/07	28/07	10/08	26/08	27/09	11/10	08/11	06/03/00
Moyenne												
Int conf.												
FE	100%	100%	99%	99%	93%	85%	84%	84%	83%	83%	82%	81%
	0%	1%	2%	2%	3%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
KP	100%	98%	98%	98%	97%	96%	96%	93%	91%	90%	89%	87%
	0%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	5%
MR	100%	99%	99%	98%	96%	95%	94%	92%	---	89%	87%	82%
	0%	2%	1%	2%	3%	3%	3%	4%	---	4%	5%	5%

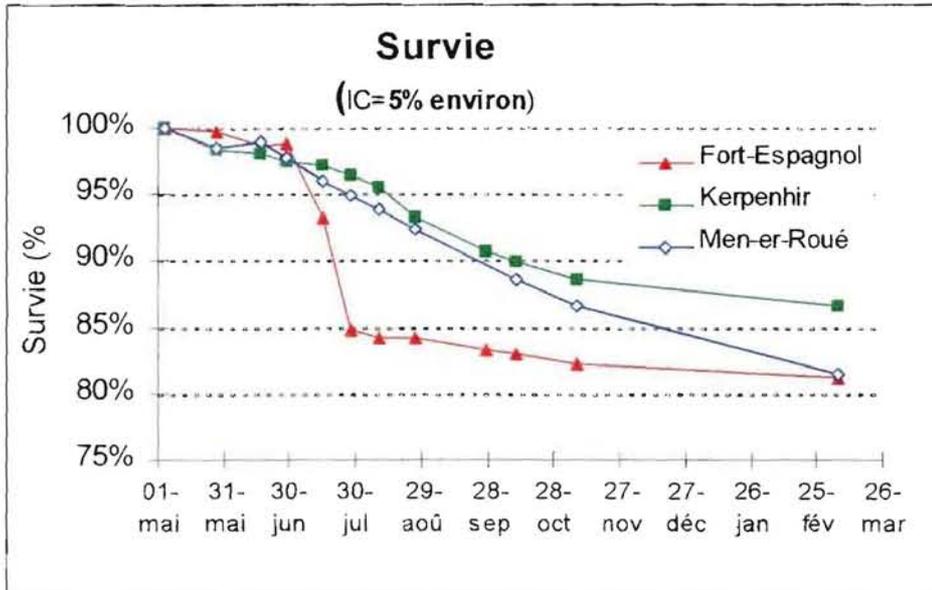


Figure 16 : Evolution de la survie (moyenne des 4 poches)

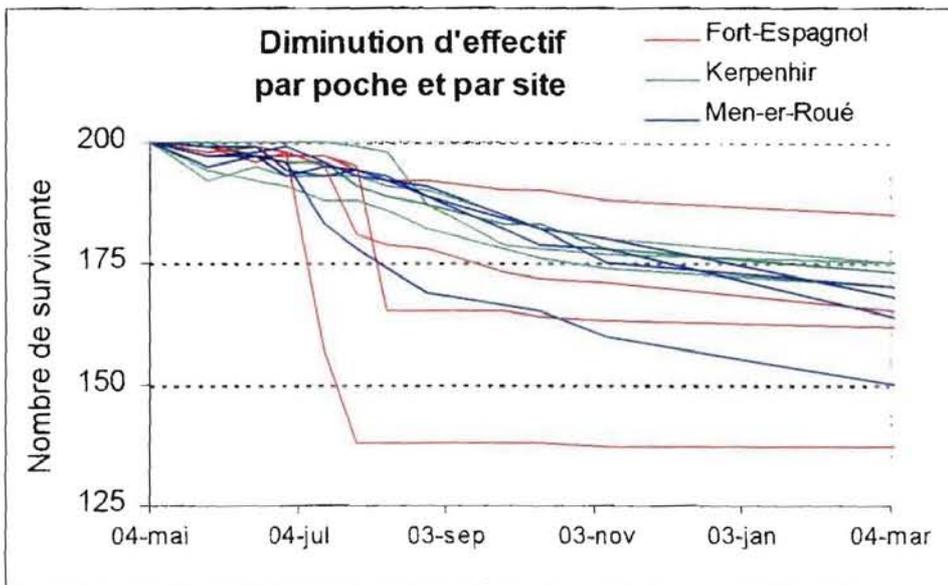


Figure 17 : Evolution de la survie par poche de chaque site.

44. PATHOLOGIE.

L'ensemble des analyses de recherche d'herpès-virus par PCR, récapitulé ci-dessous, est négatif, ce qui peut être mis en rapport avec le faible niveau de mortalité. De ce fait, il n'a pas été jugé utile de lire les lames histologiques. Lors des études des années précédentes (1997 en rivière d'Auray, 1998 en Baie de Quiberon), caractérisées par des mortalités de l'ordre de 30 à 50 %, l'herpès virus avait été décelé par PCR sur quelques lots.

Tableau E : Recherche d'herpès-virus de l'huître

Date	Nombre d'analyses PCR	résultats
Du 27/04/99 au 09/11/99	21 lots analysés des 3 sites 124 pools de 5 huîtres 616 huîtres analysées	Tous négatifs

En résumé de cette analyse comparative des caractéristiques des huîtres dans les 3 sites étudiés, on observe à nouveau en 1999 un gradient décroissant d'amont vers l'aval et la baie de Quiberon, tant en croissance et engraissement estival qu'en mortalité. Ces résultats peuvent s'interpréter par l'abondance trophique et par la variabilité des conditions de milieu (facteur de stress) précédemment analysés.

5. INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES.

51. ENREGISTREMENTS IN SITU : MOUVEMENTS VALVAIRES.

□ Validation de la méthode par le bon état des huîtres

L'ensemble des paramètres biométriques (longueur, poids) indique une bonne croissance des huîtres fixées sur les valvomètres durant l'étude de juin à novembre. L'indice de condition (poids de chair / poids entier) en fin d'expérience est égal ou supérieur à celui des huîtres d'élevage des 3 sites étudiés (*tableau F*). Ces descripteurs témoignent de bonnes conditions expérimentales.

Tableau F : Biométrie des huîtres placées sur le valvomètre.

Sites	Poids des huîtres		Indice de condition en novembre 1999
	Début	Fin	
Fort-Espagnol	48.7	92.9	10.8
Kerpenhir	58.5	93.8	8.8
Men-er-Roué	60.0	101.4	11.0

□ 2 à 6 heures de fermeture quotidienne des huîtres, à chaque station

L'analyse de l'activité valvaire a montré que généralement les huîtres étaient soit ouvertes à plus de 70% de l'ouverture maximum, soit fermées à moins de 20% de l'ouverture maximum. La *figure 18* présente le pourcentage du temps quotidien où les huîtres sont ouvertes à plus de 50% sur les 3 sites expérimentaux. Pour la période de juin à novembre les huîtres sont en moyenne ouvertes 80% à 82 % de la journée, soit 19 à 20 heures sur 24 heures, que ce soit en secteur intertidal ou subtidal (*tableau G*). Cette durée est inférieure à la durée moyenne d'immersion des sites exondants, qui avoisine 90 % : ceci montre l'**existence de fermetures hors période d'exondation**.

Tableau G : Pourcentage du temps journalier où les huîtres sont ouvertes, dans les 3 sites (fermetures dues aux exondations incluses dans le calcul)

	Fort-Espagnol	Kerpenhir	Men-er-Roué
Moyenne journalière	82.3%	81.6%	80.1%
Ecart-type	9.01%	8.7%	13.5%
Intervalle de confiance 95 %	1.47%	1.4%	2.4%

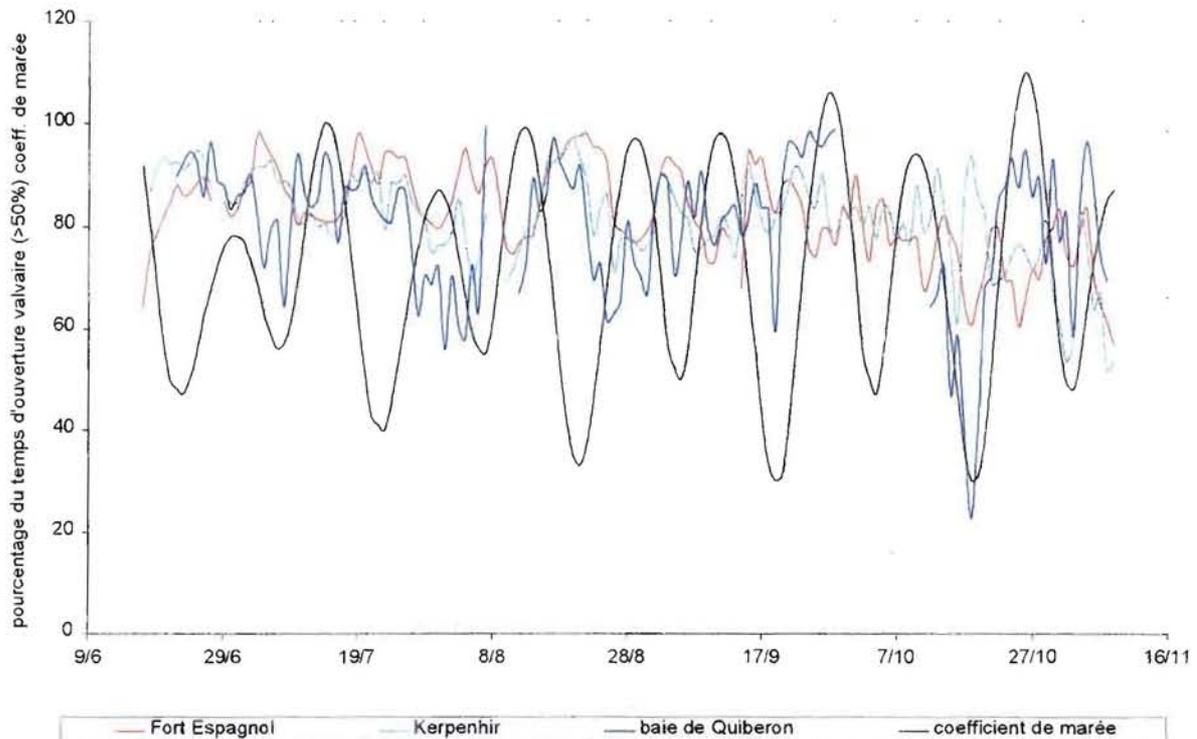


Figure 18 : Durée journalière des ouvertures valvaires d'huîtres sur les 3 sites

Dans les sites d'estran, les huîtres restent en général ouvertes plus longtemps en morte-eau (environ 22 h sur 24 h) qu'en vive-eau (environ 18 h sur 24 h), ce qui est le résultat attendu, du fait des fermetures d'exondation : cette différence ne se manifeste pas en octobre. De manière plus inattendue, on constate que **les huîtres d'eau profonde ne sont ouvertes que 80 % du temps**, c'est à dire se ferment en moyenne 4,8 heures par jour, indépendamment de l'amplitude des marées (mortes-eaux / vives-eaux). *Ce résultat est un résultat original, qui tend à infirmer l'explication courante de leur meilleure croissance par l'immersion permanente, et remet en cause la permanence de la filtration dans les modèles physiologiques.*

□ Différents types de fermeture simultanées de plusieurs huîtres hors exondation ("alarmes" ?)

L'observation des enregistrements valvaires met en évidence différents mouvements valvaires décrits lors d'études précédentes (Bouget et Mazurié 1997). Plusieurs types de réactions valvaires caractéristiques, survenant simultanément chez une majorité des 8 bivalves fixés sur le valvomètre retiennent particulièrement l'attention, notamment les fermetures, plus aisément repérables (celles hors exondation) : Ces fermetures peuvent différer par le nombre d'huîtres concernées, par le degré de fermeture, par la durée de la fermeture, par le degré de simultanéité (et de synchronisme de la fermeture et de la réouverture) et par leur positionnement par rapport à des événements extérieurs tels que l'heure de marée... Un épisode de fermeture valvaire de 50% des huîtres, à marée descendante est représentée sur la *figure 19*. Un autre épisode de fermetures valvaires à marée basse de morte eau sans exondation est représenté sur la *figure 20*.

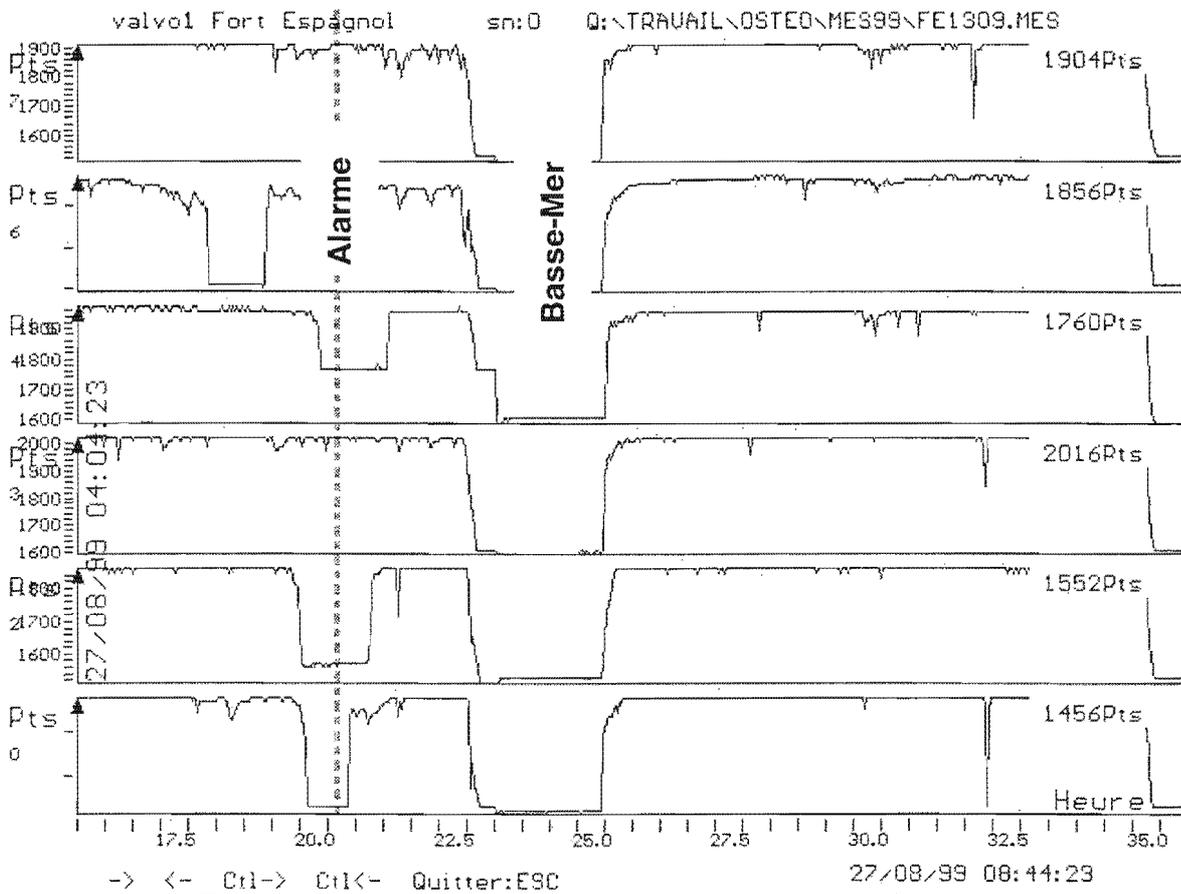


Figure 19 : Fermetures valvaires simultanées avant une marée basse de vive eau.

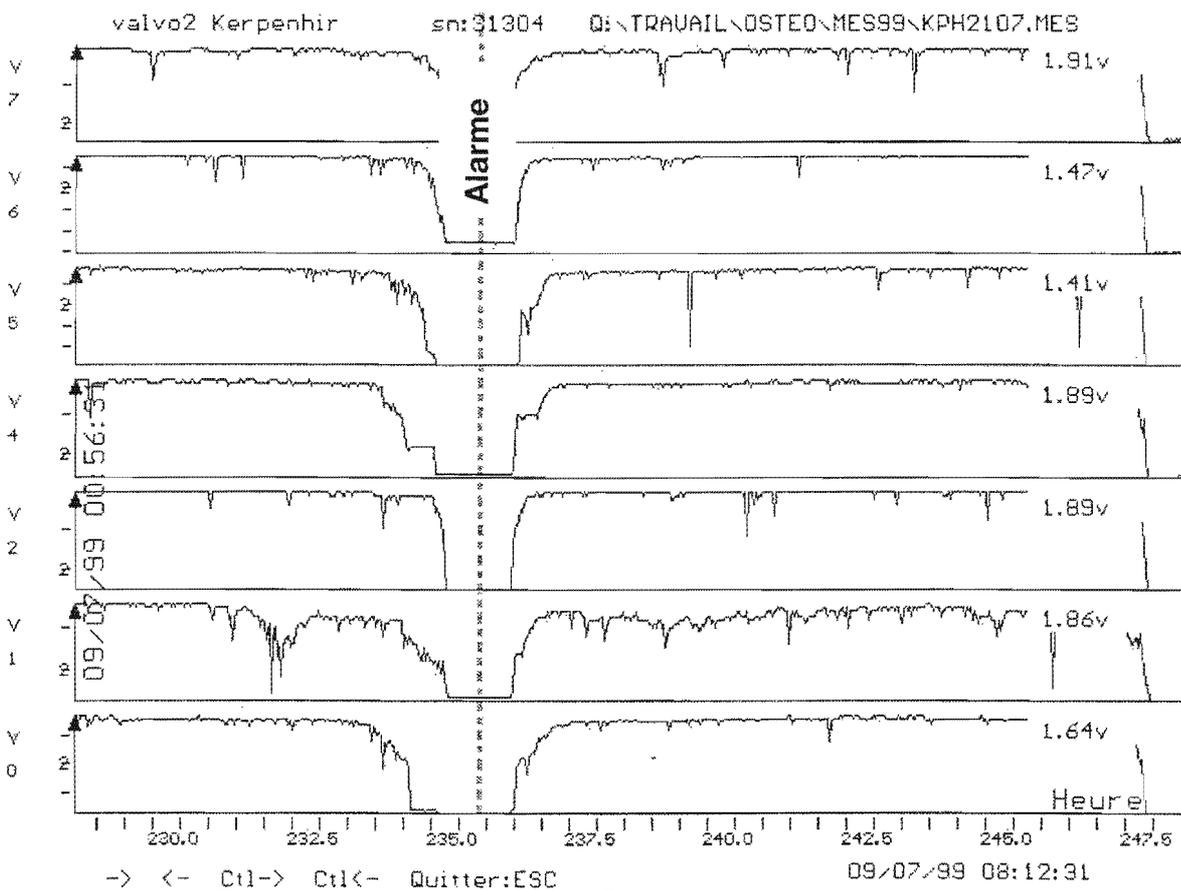


Figure 20: Fermetures valvaires à marée basse de morte eau sans exondation

- **Un grand nombre de fermetures simultanées, à chaque station, influencées par la saison**

Les fermetures valvaires simultanées (partielles ou totales) survenant sur la majorité des huîtres (et hors exondation) ont été dénombrées. Les 3 sites présentent environ le même nombre de cas : 133 pour Fort-Espagnol, 136 pour Kerpenhir, 144 pour la baie de Quiberon, soit **en moyenne 1 par jour**. Cette fréquence peut être démontrée comme statistiquement plus élevée que celle qui serait obtenue par le hasard sous hypothèse de fermetures indépendantes des différentes huîtres.

Ces fermetures valvaires sont réparties assez régulièrement sur la période d'étude (*figure 21*), avec toutefois **en automne une recrudescence des fermetures simultanées à la station la plus amont** (en relation avec les fortes pluies de fin septembre ?) et au contraire une diminution aux 2 sites les plus océaniques.

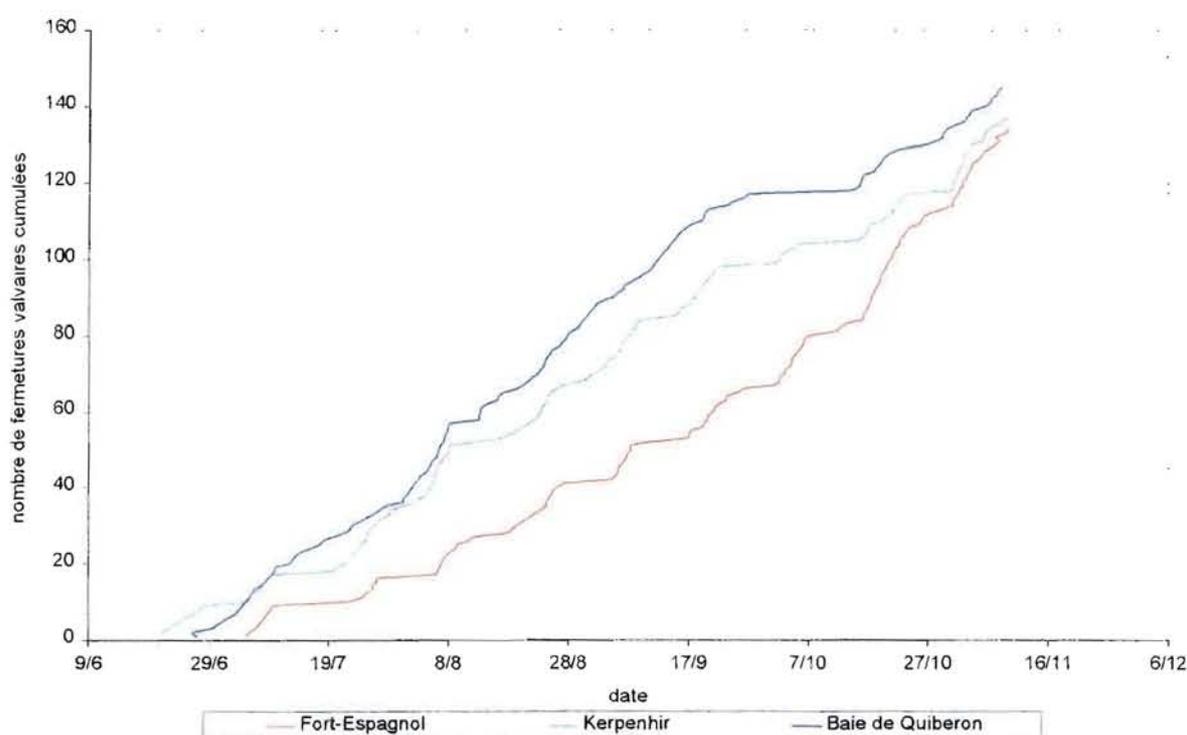


Figure 21 : Répartition temporelle du nombre total de fermetures valvaires simultanées d'une majorité d'huîtres

- **Des fermetures simultanées situées plutôt en morte-eau et à marée basse (sans exondation)**

Ces fermetures simultanées ont été analysées par rapport au rythme nyctéméral et à la marée. Si l'on exclut les fermetures d'exondation, on remarque que les fermetures valvaires simultanées surviennent principalement en période de morte eau et à marée basse (+/- 1 heure), y compris en Baie de Quiberon (*figures 22 et 23*). Ces fermetures valvaires peuvent alors être attribuées pour les sites d'estran soit au faible niveau bathymétrique pouvant provoquer du clapot, soit à la qualité d'eau au sens large (turbidité ...). Pour la Baie de Quiberon, l'interprétation est moins évidente (voir § suivant)

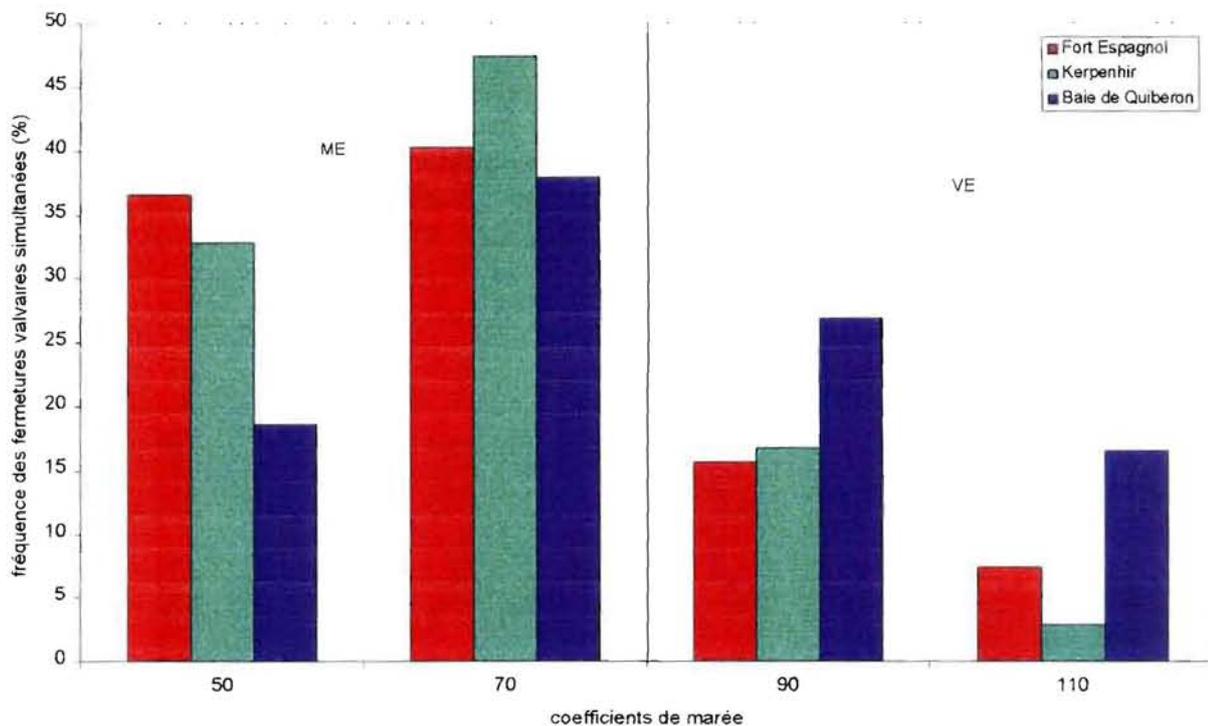


Figure 22 : Fréquence des fermetures valvaires simultanées en fonction des coefficients de marée.

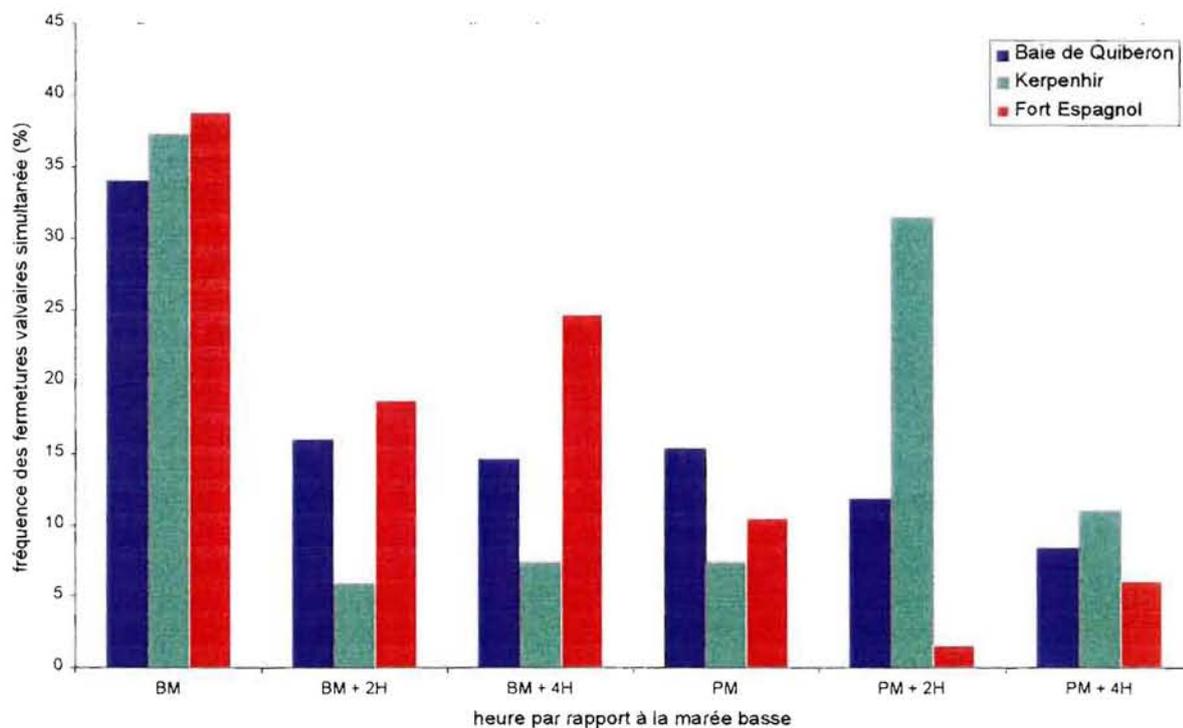


Figure 23 : Fréquence des fermetures valvaires simultanées en fonction de l'heure de marée.

□ **Des fermetures simultanées à marée basse, observées même en eau profonde :**

En analysant le degré moyen d'ouverture valvaire des 8 huîtres, à certaines périodes, on remarque à la fin du mois août et début septembre en période de vive eau que l'activité valvaire des huîtres en baie de Quiberon semble en relation avec la marée. Des fermetures valvaires simultanées surviennent à chaque marée basse (figures 24 et 25). Ce résultat pourrait s'interpréter par une mémorisation d'un rythme acquis durant la période précédente où les huîtres vivaient en zone découvrante, s'il était permanent. A défaut, on peut supposer une influence de la qualité d'eau (?).

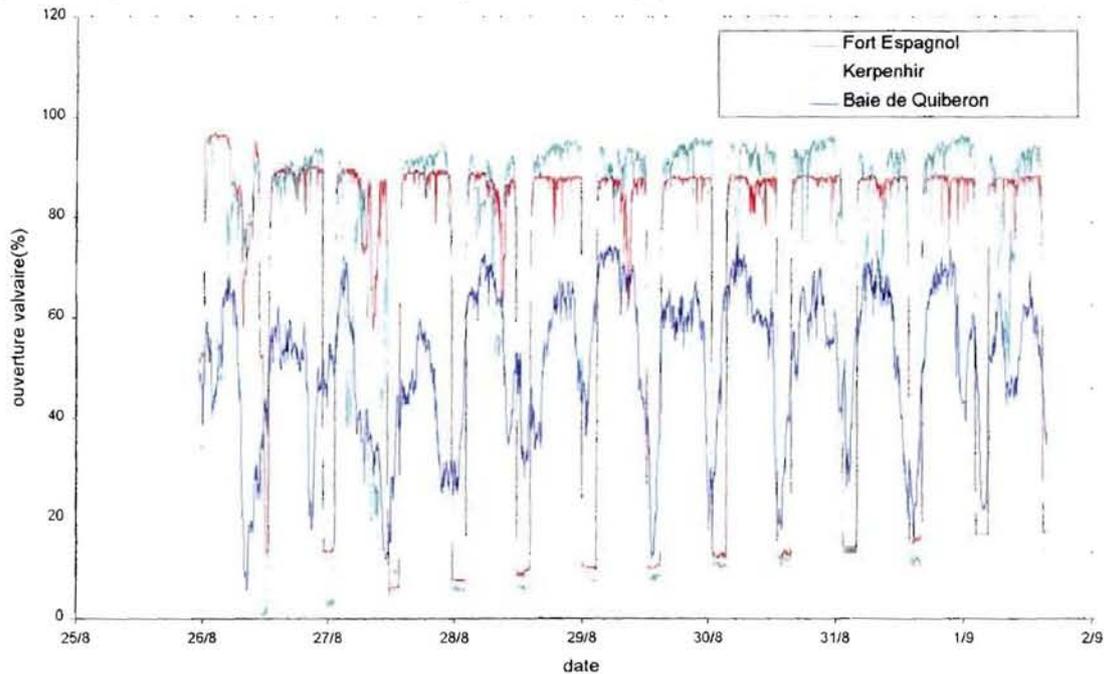


Figure 24 : Activité valvaire des huîtres en vives eaux du 25/08/99 au 1/09/99.

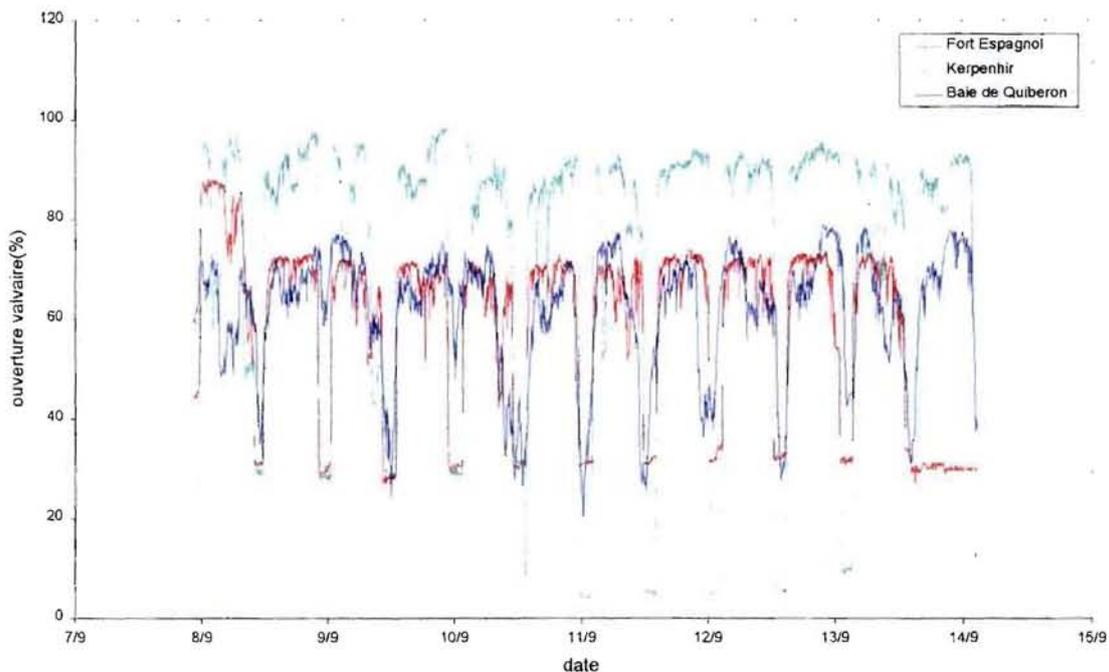


Figure 25 : Activité valvaire des huîtres en vives eaux du 7/09/99 au 14/09/99.

- Absence de décalage horaire régulier entre les fermetures (hors marée basse) survenant le même jour aux 2 stations de rivière d'Auray

A marée descendante on dénombre **58 fermetures valvaires** (simultanées pour une majorité d'huîtres) à **Fort-Espagnol** et 18 à Kerpenhir. Dans seulement 22 cas sur ces 76, ces fermetures surviennent à la même date aux deux stations de la rivière d'Auray. L'analyse des heures précises de ces alarmes éventuelles (*figure 26*), ne permet pas de valider l'hypothèse d'une pollution affectant successivement les stations amont puis aval, au fil du courant. Elles sont d'ailleurs singulièrement absentes à la période la plus pluvieuse de fin septembre (car surviennent probablement à marée basse dans ces circonstances).

A marée montante, au contraire, on dénombre **plus de fermetures valvaires à Kerpenhir** (58) qu'à Fort-Espagnol (10). A nouveau, sur les 7 « alarmes » de flot, on n'observe pas de décalage horaire systématique des fermetures valvaires entre Fort-Espagnol et Kerpenhir (*figure 27*).

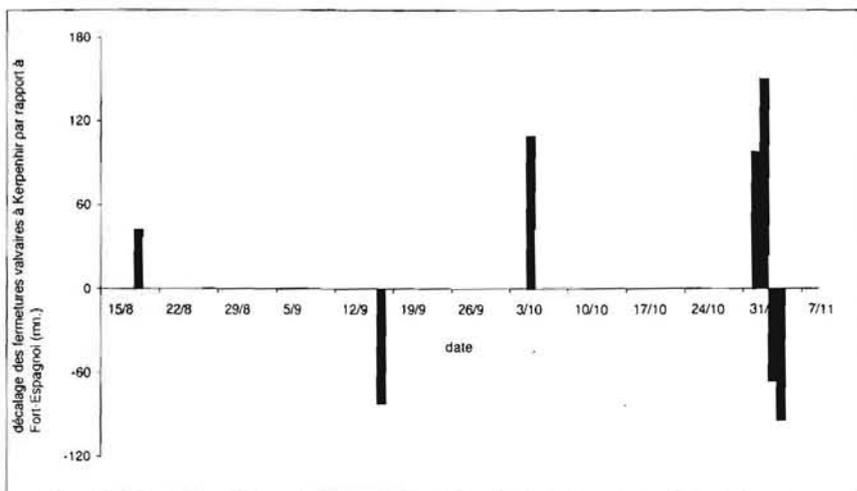


Figure 26 : Décalage horaire entre les fermetures (hors exondation) survenant au flot aux 2 stations de rivière d'Auray

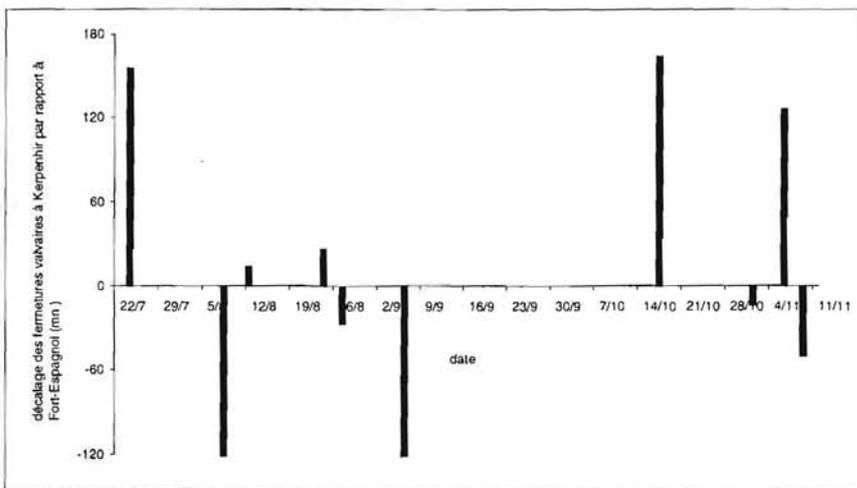


Figure 27 : Décalage horaire entre les fermetures (hors exondation) survenant au jusant aux 2 stations de rivière d'Auray

Ce résultat tend à invalider l'hypothèse d'une toxicité d'une masse d'eau se déplaçant au fil de la marée en rivière d'Auray. Seule une simulation du transit des masses d'eau au moyen des modèles courantologiques permettrait d'approfondir l'analyse.

□ Bilan des signaux valvaires

Ces enregistrements fournissent une large base d'information sur les signaux valvaires, dans des sites d'estran et d'eau profonde, et à différentes saisons. Un résultat original a été mis en évidence : les huîtres se ferment en moyenne autant en site d'eau profonde qu'en site découvrant (4 à 5 heures par jour en moyenne). La fréquence élevée de fermetures simultanées d'une majorité d'huîtres, tend à montrer qu'elles répondent soit à un rythme interne, soit à un stimulus déclenchant extérieur :

- dans quelques cas (fermetures calées sur la marée basse en Baie de Quiberon), les fermetures semblent répondre à une « mémorisation » d'un rythme acquis lors des stades antérieurs de vie exondante.
- pour une moitié environ des fermetures en site découvrant (celles qui surviennent à marée basse, sans exondation), on peut suspecter la qualité d'eau particulière induite par la faible hauteur d'eau (clapot, turbidité) d'en être responsable.
- l'autre moitié des fermetures en site découvrant survient, de manière peu explicable surtout au flot pour la station aval et surtout au jusant pour la station amont. Cette répartition ne permet pas d'incriminer la qualité de l'eau et les pollutions des bassins versants, comme facteurs responsables de ces fermetures.

52. TEST D'HERMÉTICITÉ PAR PERTE DE SEL EN EAU DOUCE A 40 °C.

Pour la première fois sont étudiées les variations saisonnières et géographiques (entre les 3 sites) d'indicateurs d'état physiologique qui s'étaient précédemment révélés au laboratoire aptes à différencier des lots stressés de lots témoins.

Une méthode d'estimation de certaines aptitudes physiologiques de bivalves a été mise au point au laboratoire : elle consiste à immerger un échantillon dans de l'eau dessalée (et chaude, 40 °C), et à enregistrer l'augmentation de salinité qui résulte de l'ouverture progressive liée à l'affaiblissement puis à la mortalité des huîtres soumises à cette épreuve (défaillance d'herméticité). L'hypothèse est que la vitesse de perte de sel inter-valvaire est d'autant plus grande que les animaux sont faibles au départ. La température expérimentale retenue pour les huîtres est 40 °C, de sorte que la réponse est obtenue plus rapidement et que c'est la chaleur et non la dessalure qui constitue le facteur de stress principal.

□ Protocole expérimental

- prélèvement des échantillons dans le milieu
- stabulation en bac, de quelques heures à 1 jour au maximum
- immersion de l'échantillon (30 à 60 individus, ensemble) dans l'eau douce et chaude (40°C), durant 10 à 20 heures au cours desquelles est enregistrée l'augmentation de salinité du milieu.
- ouverture des huîtres et pesée globale de chair et de coquille
- immersion dans l'eau de mer des coquilles seules, durant un temps au moins égal à leur séjour en eau douce.
- nouvelle mesure de perte de sel des coquilles (valeur qui sera soustraite de la précédente pour obtenir la perte de sel intervalvaire).

□ Traitement des enregistrements

L'enregistrement brut contient 2 courbes de salinité, l'une issue de la perte de sel des huîtres entières, et l'autre de la perte de sel des coquilles seules des mêmes animaux. Le traitement de ces données inclut plusieurs étapes, visant à apporter les corrections nécessaires :

- soustraction de la perte de sel (animaux entier – coquilles), pour obtenir la perte de sel intervalvaire.
- multiplication par le volume d'eau douce, pour passer de la concentration à la masse de sel perdue
- division par le nombre d'huîtres pour obtenir la perte de sel par individu
- correction d'allométrie : la division par le poids entier se révèle satisfaisante
- résumé de l'information contenue dans une courbe de perte de sel intervalvaire, en un minimum d'indicateurs quantitatifs : l'analyse a conduit à retenir 2 variables : (1) la masse de sel inter-valvaire perdue par g d'huître et par heure, la première heure, puis entre 1 et 3 heures (phase de quasi-linéarité durant laquelle les huîtres sont encore vivantes pour la plupart).

□ Corrélation avec le poids des huîtres et correction d'allométrie

La *figure 28* illustre que la perte de sel d'une huître peut être considérée comme proportionnelle à son poids (au moins dans cette gamme), ce qui permet d'éliminer l'effet propre du poids de l'huître, en divisant par le poids. Il y a une quasi-isométrie entre la perte de sel et le poids des huîtres.

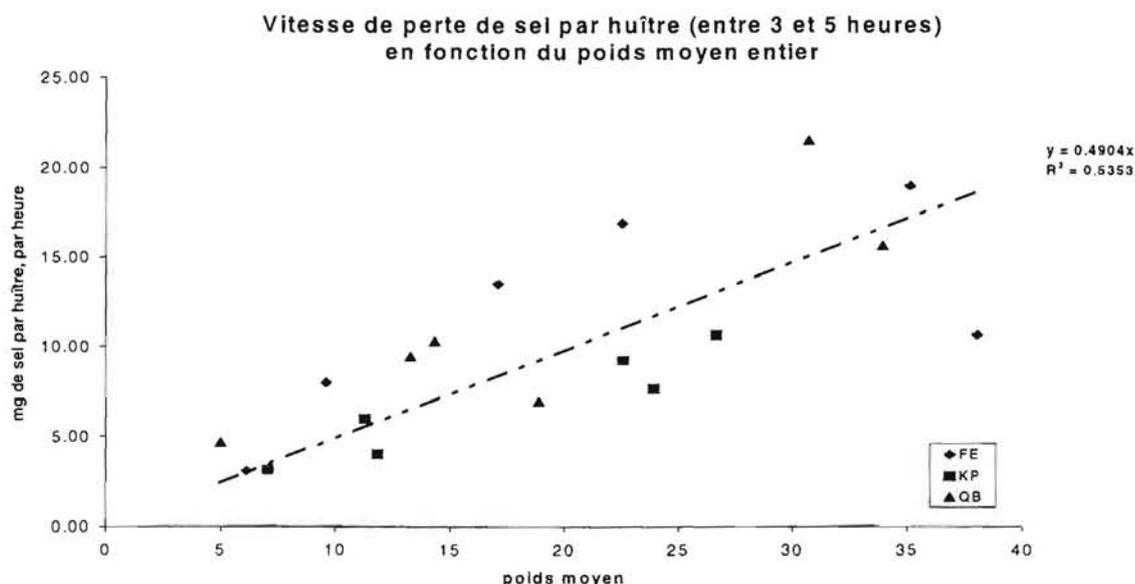


Figure 28 : Perte de sel en fonction du poids

□ Variabilité d'échantillonnage (entre sous-lots)

Cette variabilité entre échantillons pour un même traitement n'a été mesurée qu'à 2 reprises (figure 29) : elle se traduit par des écarts relativement faibles entre répliquats, rapportés dans le tableau H (coefficients de variation résiduelle respectivement de 11% et de 3%). Ces valeurs peuvent permettre en première approximation de juger significatives des différences ultérieures entre lots supérieures à ces écarts.

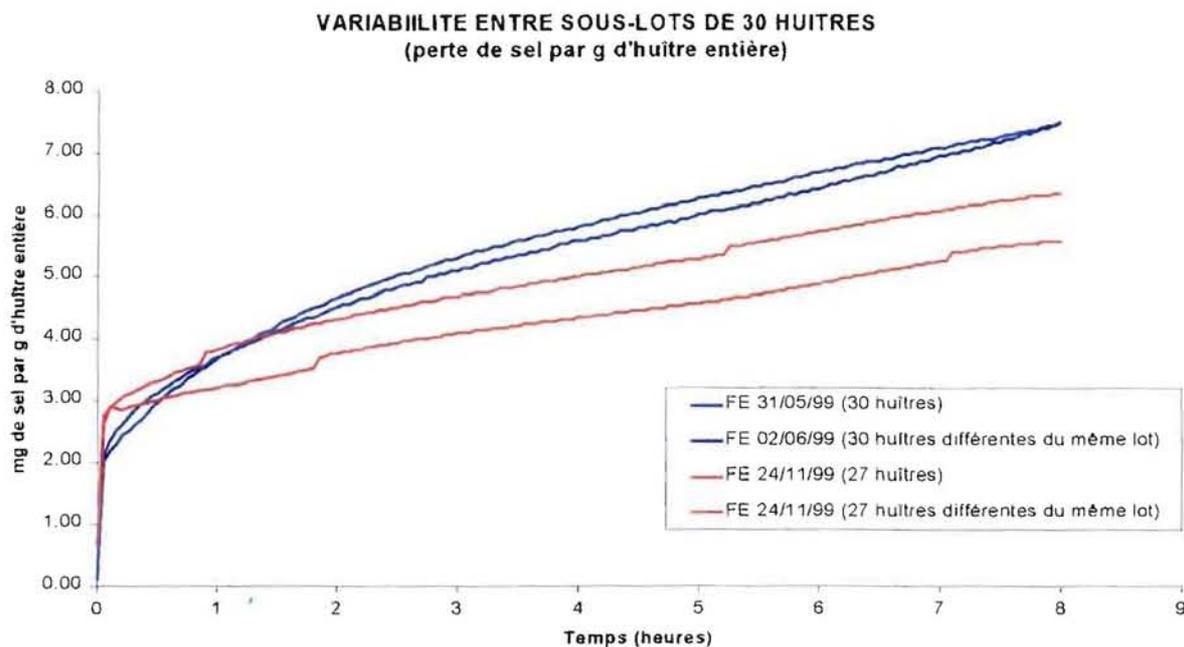


Figure 29 : Variabilité d'échantillonnage (entre lots de 30 huîtres) sur courbes brutes

Tableau H : Variabilité d'échantillonnage (entre lots de 30 huîtres) sur les pertes de sel

	lot du 02/06	lot du 24/11
Perte de sel 1h-3h du lot 1 (mg par g d'huître et par heure)	0.82	0.428
Perte de sel 1h-3h du lot 2 (mg par g d'huître et par heure)	0.70	0.447
Perte de sel moyenne	0.76	0.44
écarts	0.12	-0.018
Ecart-type	0.086	0.0133
Coefficient de variation	11%	3%

- Variations saisonnières

Les variations saisonnières sont représentées par deux types de courbes :

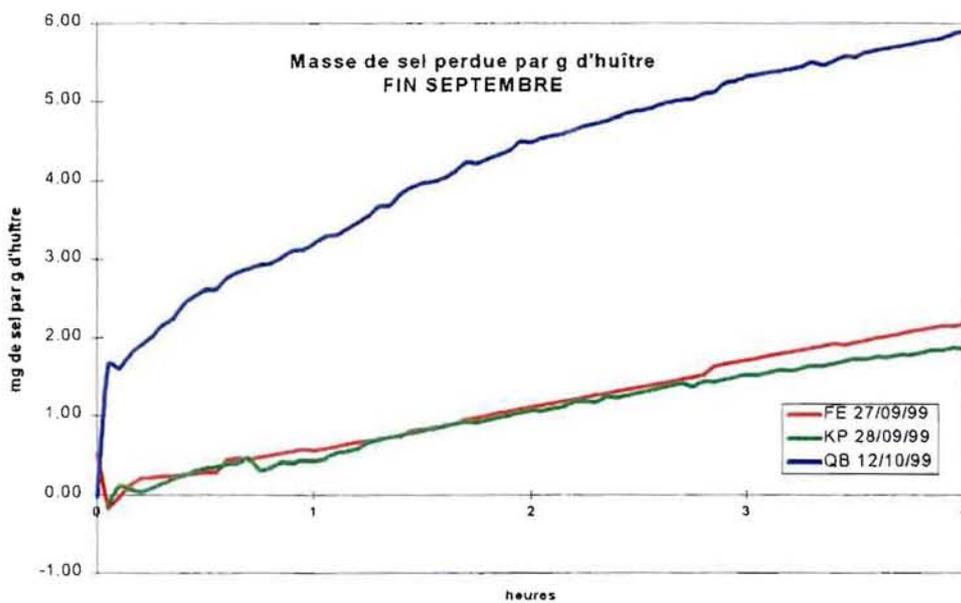
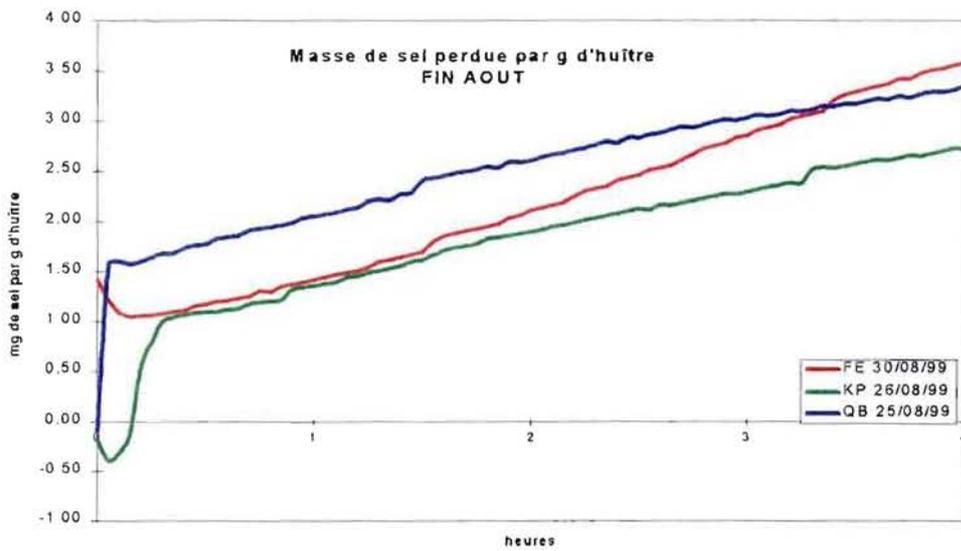
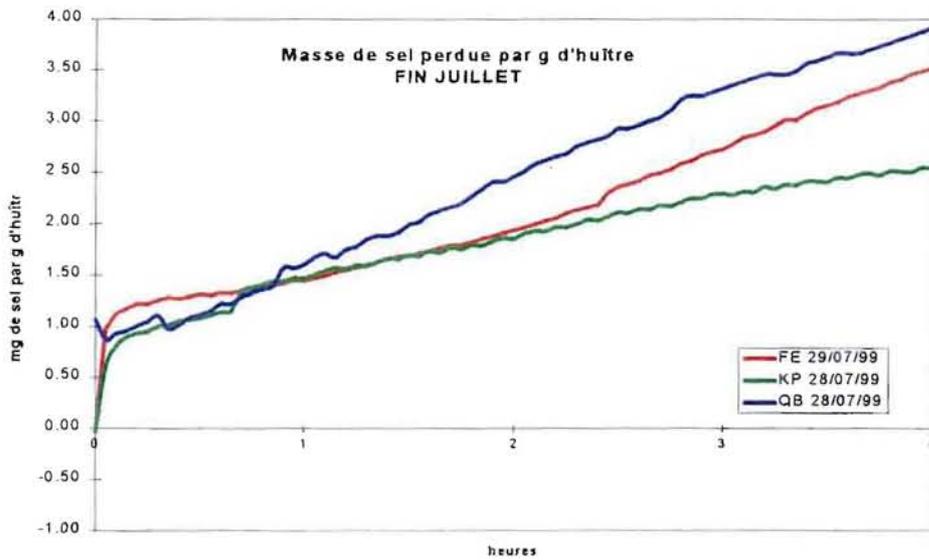
- les enregistrements de perte de sel correspondant aux mois de juillet, août et septembre, à titre d'exemple (*figures 30 à 32*) ; Noter que les procédures en début d'enregistrement (rinçage, pas d'enregistrement...) permettent aujourd'hui d'éviter les fortes variations initiales observées (variations d'ailleurs sans incidence sur les calculs de pente).
- un récapitulatif des pertes de sel par heure, la première heure (*figure 31*), puis entre 1h et 3h, aux 6 périodes de mesures (de mai à novembre ; *figure 32*).

La perte de sel de la première heure (*figure 33*) est nettement plus importante pour les huîtres d'eau profonde, ce que l'on peut interpréter comme résultant d'un temps plus long de réaction pour des huîtres peu habituées à se fermer hermétiquement (en l'absence d'exondation).

La perte de sel entre 1 heure et 3 heures (*figure 34*) pourrait mieux renseigner sur le niveau de "vitalité" des huîtres après cette phase de réaction initiale :

- Les huîtres de Fort-Espagnol et de Kerpenhir affichent un maximum de perte de sel fin juin, et des valeurs en diminution par la suite : **le site de Fort-Espagnol, qui affiche la mortalité la plus importante présente la perte de sel la plus forte fin juin (avant cette mortalité).**
- les huîtres d'eau profonde (Men er Roué) ont également une perte de sel élevée en juin, juillet et septembre, sans qu'une relation aussi nette puisse être établie avec les mortalités.

Si l'on essaie de corréliser ces valeurs de perte de sel aux mortalités observées dans les poches expérimentales, on peut noter que le seul site qui a montré une augmentation brutale de mortalité est celui de Fort-Espagnol, avec 15% de mortalité en juillet. **A cette période, l'indicateur perte de sel était à son maximum (signe de fragilité ?)**. Par contre, le pic de perte de sel de septembre en baie de Quiberon ne correspond pas à une mortalité particulière dans les échantillons (peut-être un affaiblissement sans conséquence sur la mortalité ?).



Figures 30, 31, 32 : enregistrements des pertes de sel fin juin, fin juillet et fin août.

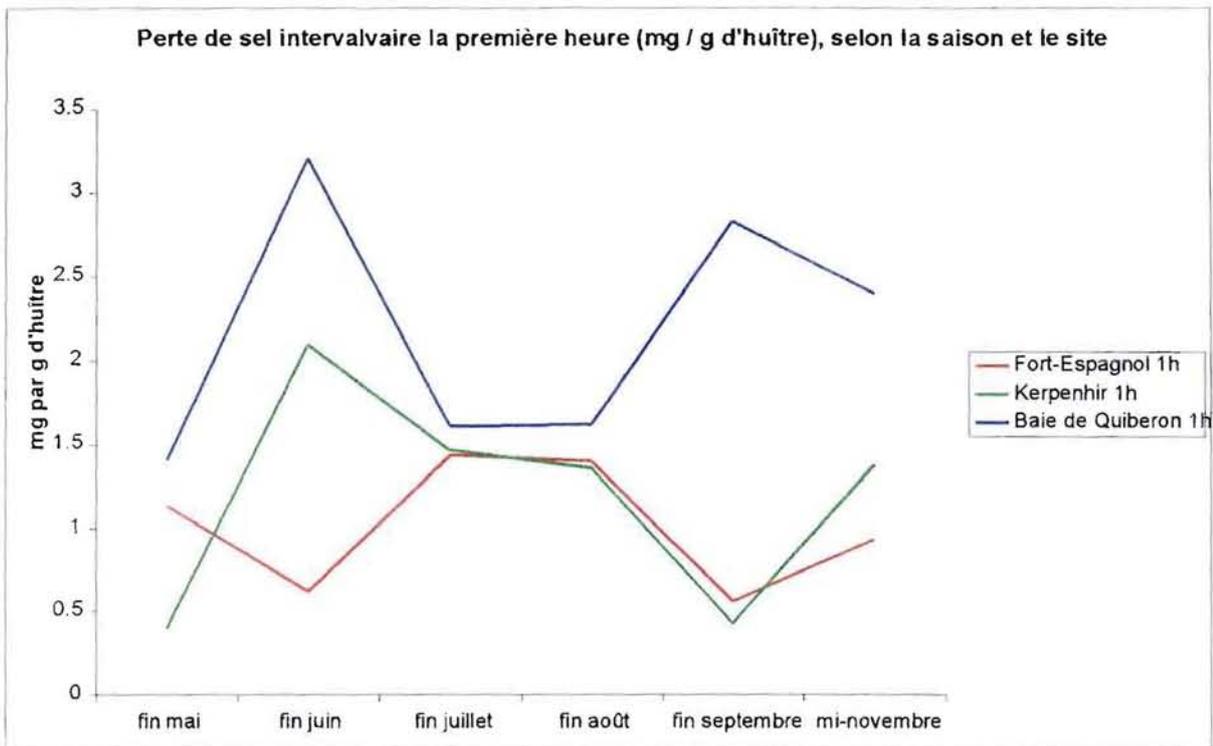


Figure 33 : perte de sel la première heure

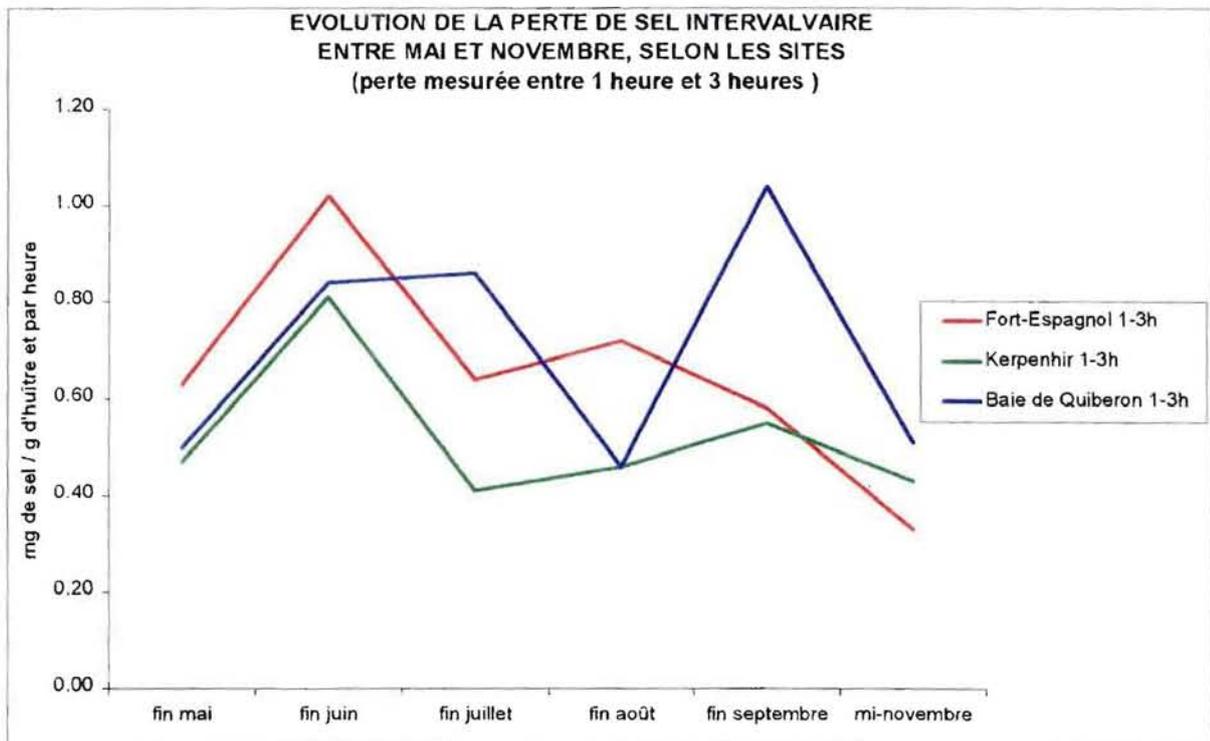


Figure 34 : perte de sel de 1 heure à 3 heures

□ **Bilan du test de perte de sel**

Au bilan, l'allure de la courbe de perte de sel apparaît influencée par l'acclimatation préalable des huîtres à l'exondation, les huîtres d'eau profonde perdant plus de sel la première heure. Par la suite (notamment entre 1h et 3h), des différences importantes sont révélées entre lots d'huîtres, pas toujours traduites par des mortalités dans les poches expérimentales, mais qui peuvent avoir une signification physiologique (vitalité ?) ; la mise en œuvre parallèle d'autres mesures d'évaluation physiologique permettrait de le vérifier.

53. FORCE MUSCULAIRE.

□ **Corrélation avec la croissance et correction de l'allométrie.**

La force musculaire d'adduction intervalvaire augmente évidemment avec le temps, en relation avec la croissance des huîtres (tableau I et figure 35).

Tableau I . Evolution de la force musculaire des huîtres (et intervalles de confiance à 95%), sur les 3 sites, exprimée en Newtons (1 N = 9,8 kgf)

	04/05/99	28/05/99	29/06/99	28/07/99	26/08/99	27/09/99	11/10/99	08/11/99	06/03/00
Forces moyennes									
<i>Int de confiance</i>									
Fort-Espagnol	11.6 2.4	29.2 4.8	30.8 4.3	26.5 5.0	68.6 7.3	65.2 6.0	90.6 10.8	89.7 11.1	66.1 8.8
Kerpenhir	16.8 3.1	19.7 4.6	24.8 5.4	22.1 5.2	49.4 7.2	45.8 8.2	54.8 6.6	70.3 10.5	54.5 9.4
Men-er-Roué	12.3 2.1	15.3 3.2	18.6 5.1	15.0 4.2	39.6 4.7	---	61.2 7.9	51.6 10.2	37.2 5.7

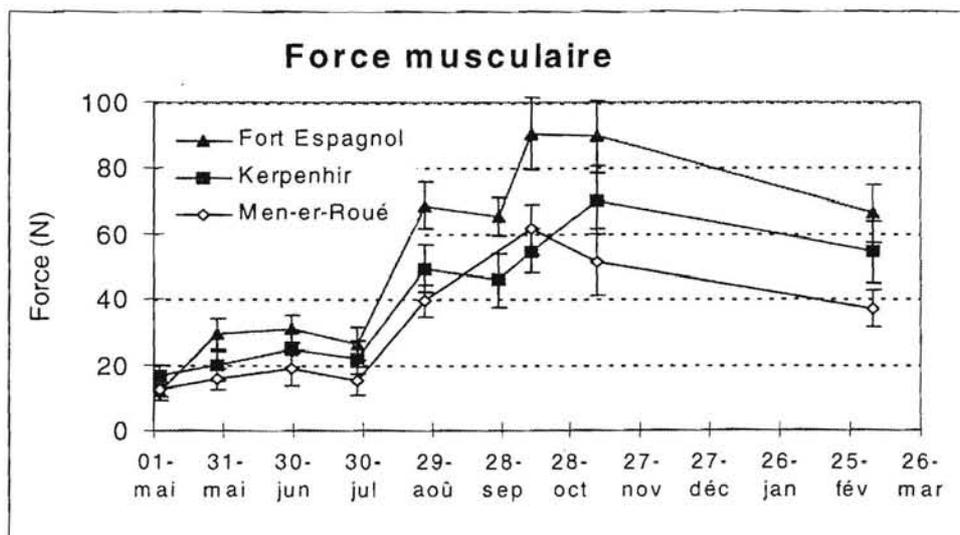


Figure 35 : Evolution de la force musculaire des huîtres (avec intervalle de confiance à 95%).

Cette relation entre la force et le poids des huîtres peut être traduite de différentes façons :

- ◆ soit une relation linéaire ($y = ax + b$) :
 $\text{Force(N)} = 1.53 \times \text{Poids(g)} + 9.13$ avec un coefficient de détermination de 0,59 ;
- ◆ soit une relation proportionnelle ($y = ax$) :
 $\text{Force(N)} = 1.81 \times \text{Poids(g)}$ avec un coefficient de détermination de 0,56 ;
- ◆ soit une relation puissance ($y = ax^b$), classique des phénomènes d'allométrie :
 $\text{Force(N)} = 3,36 \times \text{Poids(g)}^{0,80}$ avec un coefficient de détermination de 0,52.

La *figure 36* donne les corrélations obtenues sur l'ensemble des huîtres des 3 sites. Les résultats sont similaires quand l'analyse est faite site par site.

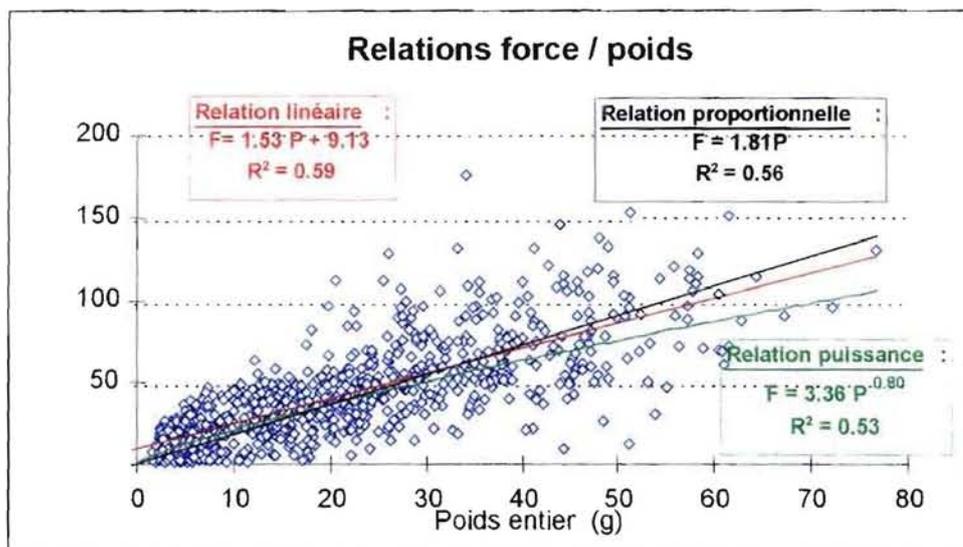


Figure 36 : Relations d'allométries entre la force musculaire et le poids des huîtres des 3 sites.

La relation linéaire ne tient pas compte du fait que la courbe de corrélation passe théoriquement par l'origine ; la relation proportionnelle permet une correction simple de l'allométrie, mais reste peu satisfaisante dans les petites tailles ; Nous avons préféré utiliser la relation puissance, qui donne une courbe passant par l'origine et qui est classiquement utilisée dans les problèmes d'allométrie.

La correction d'allométrie retenue permet de définir un **indice de force** $IF = F/P^{0,8}$ indépendant de la croissance des animaux (tableau J et figure 37).

Remarque : L'utilisation d'un indice $IF = F/P$ (au lieu de $IF = F/P^{0,8}$) renforcerait un peu les huîtres de petite taille mais les résultats observés ne différeraient pas fondamentalement.

Tableau J . Evolution de l'indice de force $IF = F/P^{0,8}$ des huîtres (et intervalles de confiance à 95%), sur les 3 sites, exprimée en $\text{Newtons/g}^{0,8}$.

	04/05/99	28/05/99	29/06/99	28/07/99	26/08/99	27/09/99	11/10/99	08/11/99	06/03/00
IF moyens									
Int. de confiance									
Fort-Espagnol	4.33 0.83	5.61 0.85	4.41 0.71	2.91 0.52	5.06 0.46	3.65 0.30	5.76 0.57	5.08 0.59	3.76 0.32
Kerpenhir	6.11 1.01	5.03 1.10	3.34 0.71	2.59 0.53	3.50 0.44	3.11 0.37	4.57 0.51	4.11 0.40	3.22 0.45
Men-er-Roué	5.52 0.89	3.90 0.81	2.38 0.68	2.02 0.44	3.55 0.44	---	3.40 0.37	3.23 0.54	2.33 0.31

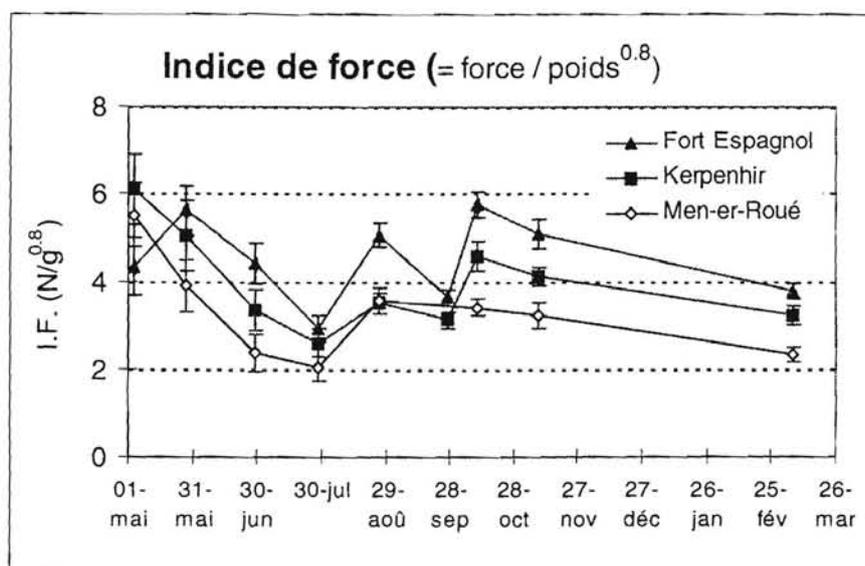


Figure 37 : Evolution de l'indice de force des huîtres (avec intervalle de confiance à 95%).

□ Comparaisons spatio-temporelles.

La force musculaire des huîtres des 3 sites présente la même **évolution temporelle**, en 3 temps :

- une relative stabilité en mai-juin-juillet ;
- un accroissement entre août et octobre, marqué par un palier en septembre ;
- une tendance au ralentissement entre octobre et mars.

Parallèlement l'indice de force :

- décroît rapidement de mai à juillet, jusqu'à atteindre un minimum de 2 ou 3 fin juillet ;
- remonte de juillet à octobre, avec une nouvelle baisse (IF entre 3 et 4) fin septembre (*donnée manquante pour Men-er-Roué*) ;
- puis décroît lentement à l'automne pour atteindre des valeurs comprise entre 2 et 4 à la fin de l'hiver.

L'analyse de variance à 2 facteurs (date, site) donne une différence hautement significative (risque d'erreur < 1%) entre les dates de prélèvements comme entre les sites, avec une interaction qui n'apparaît qu'au début du suivi le 4 mai. L'indice de force traduit donc bien des différences temporelles et spatiales.

Plus précisément, on observe une première **baisse de l'indice de force fin juillet**, qui correspond à des **mortalités à Fort-Espagnol**. Il est cependant paradoxal que l'indice

atteint dans ce site demeure un peu supérieur à celui des 2 autres sites (moins touchés par les mortalités à ce moment), même si cette différence s'estompe fortement en juillet. La deuxième baisse de l'indice fin septembre, correspond à une **surdensité en poches** avant un dédoublement des animaux. Cet affaiblissement est resté sans conséquence sur la mortalité.

Entre les sites, on observe un **gradient décroissant du site le plus estuarien au plus océanique**. Ce gradient peut être rapproché des performances de croissance et « d'engraissement » des animaux (§ 4.1. et 4.2. p.17 et suivantes). La durée d'exondation (§ 3.2. Milieu physico-chimie p.11), plus forte à Fort-Espagnol (12%) qu'à Kerpenhir (9%) et qu'à Men-er-Roué (0%) peut jouer aussi sur ce gradient, le muscle étant davantage sollicité pour maintenir l'herméticité des valves, quand la durée d'exondation augmente.

Enfin on remarque que **des mortalités supérieures à 2% en un mois correspondent souvent à des indices de force faibles (inférieur à 3 ou 3,5 N/g)** (figure 38). La réciproque n'est pas vraie : des indices faibles n'entraînent pas toujours une mortalité.

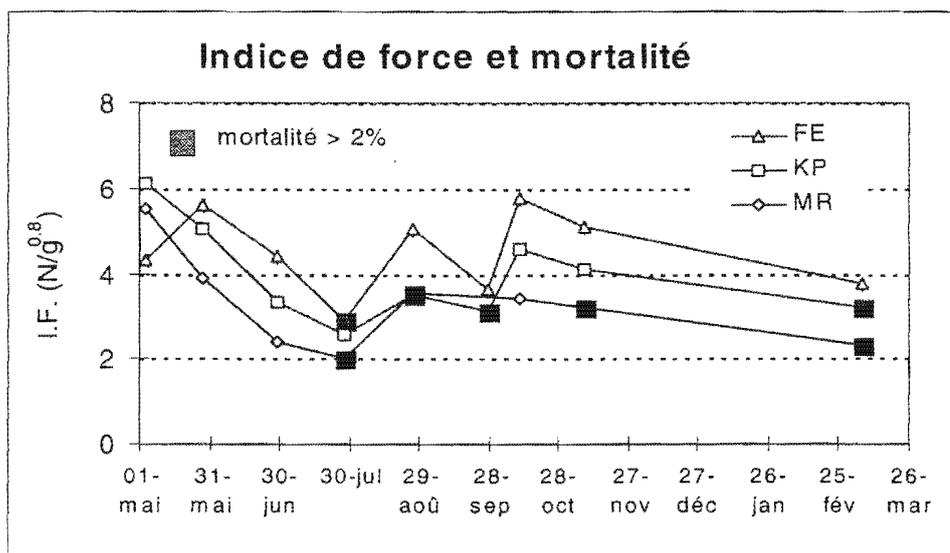


Figure 38 : Indice de force et mortalité mensuelle.

□ Corrélations avec la biométrie.

L'analyse des corrélations entre les paramètres biométriques sur l'ensemble des prélèvements de l'étude (tableau K) montre sans surprise que la force musculaire est corrélée à la longueur et plus fortement encore (0.7– 0.8) aux variables de poids. Elle n'est pas corrélée aux ratios de ces poids (indices et ratios divers).

Tableau K : Indices de corrélation des paramètres biométriques avec la force musculaire et l'indice de force, sur l'ensemble des prélèvements (sauf pour le glycogène).

Paramètres	Force	IF
Indice de force	0.401	---
Longueur	0.570	-0.132
Poids entier	0.769	-0.129
Poids frais de chair	0.701	0.041
Poids frais de muscle	0.817	0.149
Poids sec de chair	0.663	0.068
Poids sec de muscle	0.791	0.139
% poids de coquille / poids entier	0.093	0.095
Indice de condition	-0.139	0.261
% Matière sèche de la chair	-0.106	0.014
% Matière sèche du muscle	-0.041	-0.078
Indice Lawrence & Scott	-0.096	0.159
Taux de glycogène du muscle (1)	-0.035	0.342

(1) Corrélation réalisée sur 3 séries de prélèvements à Kerpenhir

L'indice de force quant à lui est peu corrélé aux paramètres biométriques, particulièrement le poids, ce qui rend bien compte de la correction d'allométrie. Les corrélations positives les plus fortes (respectivement 0.34 et 0.26) avec l'indice de force sont le **taux de glycogène** et l'**indice de condition**, deux indicateurs classiques de l'état physiologique des Bivalves.

□ **Corrélations avec le muscle.**

L'affaiblissement de l'indice de force (fin juillet ou fin septembre par exemple) peut être dû :

- soit à une **diminution relative du poids du muscle** dans l'animal en croissance ;
- soit à un **affaiblissement des fibres musculaires** elles-mêmes.

La première hypothèse conduit à suivre l'évolution du poids du muscle par rapport au poids entier (*figure 39*); celle-ci montre une diminution sur les 3 sites, fin juillet, qui peut expliquer en partie la diminution de l'indice de force à cette date. Les autres "creux de vitalité" ne peuvent être expliqués par l'évolution relative du poids du muscle.

La seconde hypothèse (affaiblissement des fibres musculaires) a été examinée par le ratio de la force sur le poids du muscle (*figure 40*). Malgré des intervalles de confiance importants, on retrouve les deux "creux de vitalité" observés fin juillet et fin septembre. La baisse de force musculaire semble donc essentiellement due à un réel affaiblissement du muscle.

Dans le cadre de cette étude il reste par contre difficile d'expliquer à quoi tient cet affaiblissement du muscle. L'évolution du taux de matière sèche du muscle (*figure 41*) montre un creux à Fort-Espagnol fin septembre, mais n'explique pas les autres. L'évolution du taux de glycogène dans le muscle, trop schématiquement retracé par la *figure 42*, montre une baisse entre le printemps et l'automne comme l'indice de force, et pourrait être une piste à explorer davantage.

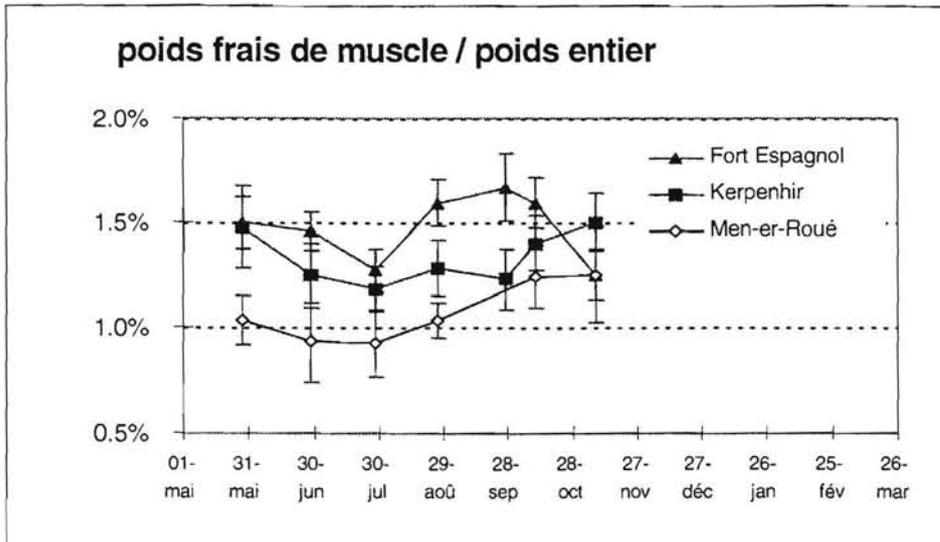


Figure 39 : Evolution du poids du muscle par rapport au poids entier (avec intervalles de confiance à 95%).

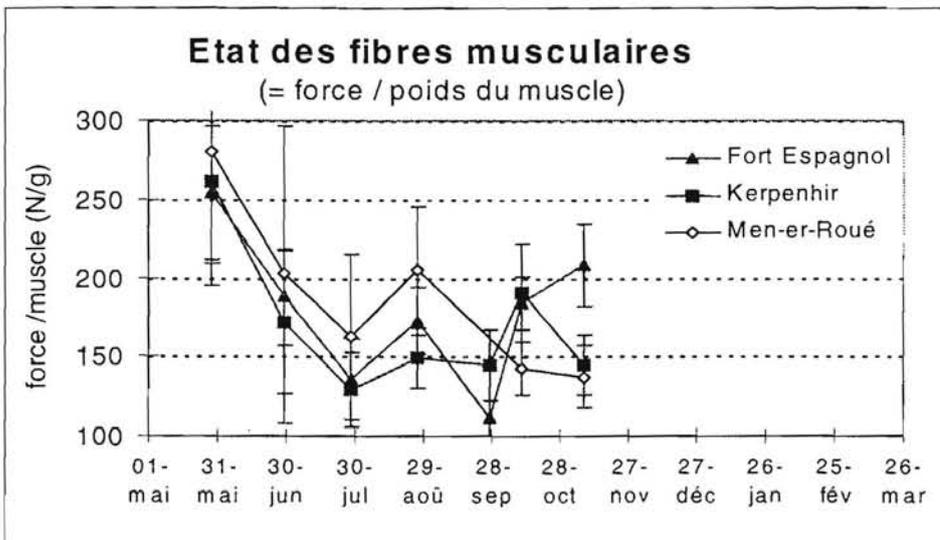


Figure 40 : Evolution de l'état des fibres musculaires (avec intervalle de confiance à 95%).

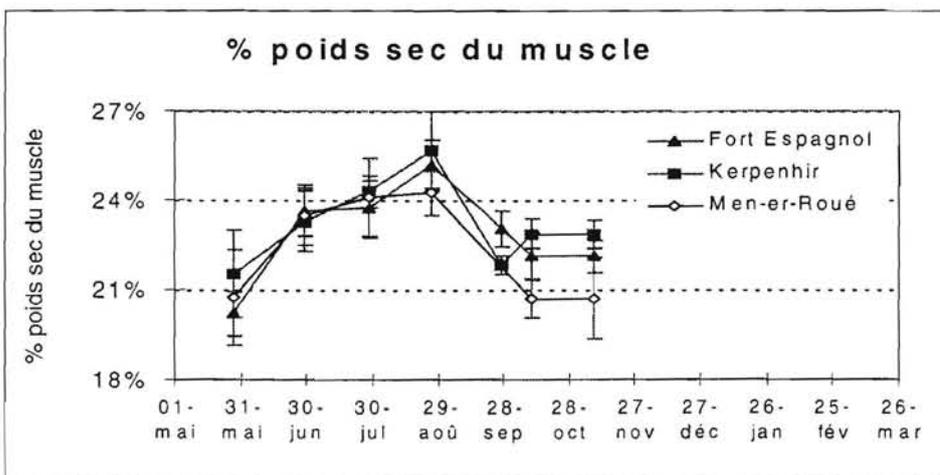


Figure 41 : Evolution du taux de matière sèche dans le muscle (avec intervalle de confiance à 95%).

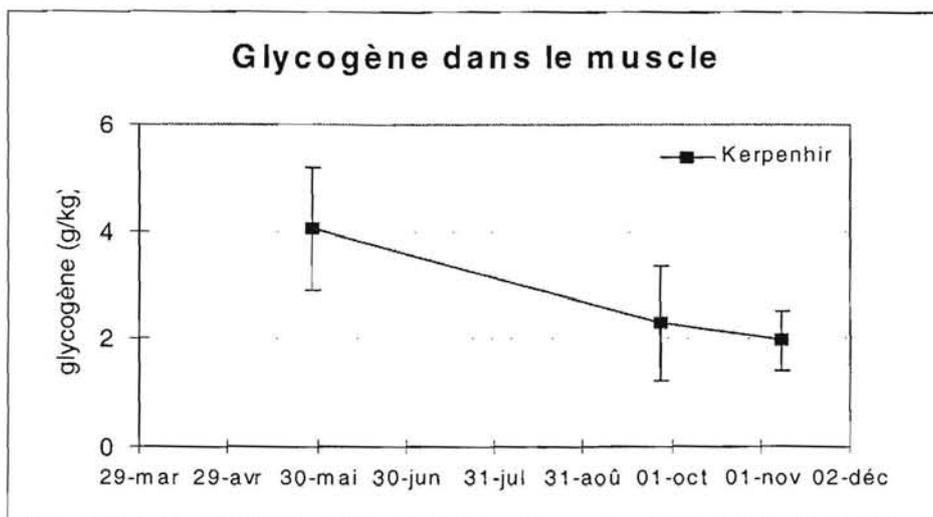


Figure 42 : Evolution du glycogène dans le muscle des huîtres à Kerpenhir (avec intervalle de confiance à 95%).

□ Bilan de la force musculaire

La force musculaire, et plus particulièrement l'indice de force (force pondérée par le poids) est donc une **mesure simple** permettant de mesurer de façon hautement significative **des variations saisonnières et des différences entre sites**.

En rivière d'Auray et baie de Quiberon, la mesure de la force musculaire a ainsi permis de mettre en évidence deux périodes d'affaiblissement musculaire des huîtres en 1999, l'une fin juillet, l'autre fin septembre (cette dernière étant peut-être due à un artefact d'élevage (dédoublage tardif des poches). On observe aussi très significativement un **gradient décroissant de l'indice de force de l'estuaire vers la baie** (Fort Espagnol > Kerpenhir > Men er Roué), que l'on observe de manière moins différenciée sur la croissance pondérale et l'indice de condition.

La pertinence de l'indice de force pour mesurer « le degré de vitalité » des huîtres paraît probable au regard des variations spatio-temporelles et des corrélations avec les mortalités, l'indice de condition ou le taux de glycogène du muscle. Cette étude ne suffit cependant pas à elle seule pour démontrer la relation escomptée entre affaiblissement musculaire et affaiblissement des animaux.

Si tel était le cas, un indice de force inférieur à 3 ou 4 (à préciser encore) pourrait être un signal d'alarme d'un certain affaiblissement des huîtres, tout au moins pour les juvéniles.

6. CONCLUSION.

Les 3 sites retenus pour cette étude comparative se distinguent nettement par leur lieu d'implantation, qui vise à représenter un gradient entre un site estuarien, soumis aux influences terrestres, un site "intermédiaire" à l'ouest de la ria et un site aval subtidal, soumis aux influences océaniques.

Au plan des caractéristiques physico-chimiques des 3 stations d'étude, **aucun paramètre** isolé parmi ceux mesurés ou enregistrés (température, salinité, teneurs en oxygène, turbidité), **n'atteint de valeur très défavorable aux performances ostréicoles**. On peut simplement constater une plus grande amplitude des variations aux stations découvrautes, et plus encore à la station la plus amont.

Les informations acquises sur la richesse trophique par le dénombrement des espèces phytoplanctoniques, rendent assez bien compte des performances de croissance. Par contre, elles n'ont pas mis en évidence d'espèce « ichtyotoxique » (ou toxique pour les coquillages).

Au cours de l'année 1999, contrairement aux années précédentes, les performances de demi-élevage (du naissain de 1 g environ au "18 mois" d'environ 30 g de poids moyen), n'ont pas été très différentes entre ces stations.

- Les croissances en poids entier sont rapides à chacun des sites, dans l'ordre décroissant Fort-Espagnol, Kerpenhir, Men-er-Roué ;
- L'indice de condition estival, qui reflète l'effort de reproduction, est très nettement plus élevé vers l'amont ;
- Les réserves glucidiques s'effondrent en juin-juillet-août aux 3 stations ;
- La mortalité est faible (inférieure à 15%), mais a suivi une répartition en rapport avec le site : brutale en juillet aux sites amont, plus régulière jusqu'en automne et hiver en eau profonde.

Les signaux valvaires sont riches d'informations, probablement incomplètement comprises. Parmi elles, deux méritent d'être soulignées :

- L'existence de fermetures des huîtres en eau profonde en moyenne aussi fréquemment qu'en site d'estran (4 à 5 heures par jour) ;
- La très grande difficulté à relier les nombreuses fermetures valvaires simultanées à une cause, notamment terrigène (en particulier parce que les fermetures qui surviennent à proximité de la marée basse peuvent aussi s'interpréter par des phénomènes physico-chimiques comme la turbidité).

Les tests de qualification de l'état physiologique des huîtres ou tests de "vitalité" (**perte de sel** et mesure de la **force musculaire**) sont des tests **simples d'emploi**. Ils ont permis pour la première fois sur les huîtres d'appréhender de façon significative une évolution saisonnière et des différences entre les sites. Ceci tend à montrer leur **pertinence** et leur **sensibilité**. Quelques valeurs de référence sont également acquises.

- **Les deux tests montrent une fragilisation estivale des animaux** (qui est accompagnée d'une mortalité brutale fin juillet à Fort-Espagnol, et plus progressive à Kerpenhir et Men-er-Roué) ;
- Pour la perte de sel, certaines différences observées paraissent traduire des différences de « vitalité » (notamment en juillet où un pic de perte de sel à Fort-Espagnol précède l'épisode de mortalité).

- L'indice de force montre un gradient décroissant de l'amont de l'estuaire vers la baie ;
- Des **valeurs de cet indice inférieures à 3 ou 4 N/g^{0.8}** pourraient traduire un certain **affaiblissement des huîtres** (tout au moins pour les juvéniles) et des risques de mortalité brutale ou chronique.

Cependant, au terme de ce suivi, où les mortalités sont restées faibles, **le lien entre les indices étudiés ici et la vitalité des huîtres n'est pas définitivement établi**. Ceci justifie les études en cours ; au laboratoire avec des animaux soumis à des stress gradués permettant d'obtenir des "vitalités" différenciées.

De plus, une baisse de vitalité n'induit pas forcément une mortalité effective, mais plutôt un risque. L'influence d'un stress supplémentaire (gamétogenèse, chaleur, polluant) peut être le facteur déclencheur d'une mortalité sur des animaux affaiblis. C'est ce qui peut expliquer les mortalités brutales à Fort-Espagnol en milieu estuarien et plus progressives en aval (Kerpenhir) ou en baie de Quiberon.

L'intérêt « d' indices de vitalité » tels que ceux étudiés ici serait :

- **d'anticiper ainsi un arrêt de croissance, un amaigrissement ou une mortalité potentielle.**
- **d'être aisément et rapidement mis en œuvre dans n'importe quel laboratoire non spécialisé.**

Remarque : Pour confirmer ou non les résultats de 1999, année à faible mortalité, le suivi de ces 3 sites a été repris, de façon allégée, en 2000.

REFERENCES.

- Bouget J.F. & J. Mazurié (1997). Dispositif de surveillance biologique de la qualité d'eau d'un site conchylicole estuarien utilisant un biocapteur valvaire muni d'huîtres et de moules. *Techniques Sciences Méthodes*, **11**, 71-80.
- Bouget J.F., J. Mazurié, E. Nézan, J.C. Le Saux & D. Le Gal (1998). Enregistrement in-situ d'écartements valvaires d'huîtres et de moules lors d'efflorescences de *Gymnodinium cf. Nagasakiense* et d'*Alexandrium Minutum*. *DRV/RA/RST 98/08*, 22 p.
- Fleury P.G., S. Claude, A. Langlade, J.F. Bouget & Y. Le Coguc, (sous presse). Réseau de suivi de la croissance de l'huître creuse sur les côtes françaises (REMORA) ; résultats des stations de Bretagne ; année 1999. *DRV/RA/RST*.
- Floch A. (1994). Un capteur biologique original enregistrant les mouvements valvaires des mollusques bivalves. *Th. Doct. Vét. Nantes*, 201 p.
- Gouletquer P., P. Soletchnik, O. Lemoine, D. Razet, P. Geairon, N. Faury & S. Taillade (1998). Summer mortalities of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the bay of Marennes –Oléron (France). *ICES statutory meeting 1998 CM 1998/CC :14*
- Kuntz G. (1997). Etude des facteurs physiques, chimiques et biologiques potentiellement responsables de mortalités estivales de juvéniles d'huîtres creuses, *Crassostrea gigas*, en rivière d'Auray de 1995 à 1997. *Rapport de stage Ecole Nationale Vétérinaire Nantes*, 26 p. - annexes.
- Martin A.G., J. Mazurié, G. Tigé, T. Hirata, G. Kuntz et Y. Le Coguc (1999 b). Surveillance des maladies et étude des mortalités anormales des coquillages. Synthèse des résultats 1994-1998. *RA/LCB/99-08*.
- Pajot R., P. Trintignac, P. Glize et B. Soulard, (1999). Etude de populations et de familles de naissains pour la compréhension de mortalités "anormales" de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. *SMIDAP, Travaux de l'année 1998*.
- Renault T., N. Cochenec, R.M. Le Deuff & B. Chollet, (1994). Herpes virus like virus infecting japanese oyster (*Crassostrea gigas*) spat. *Bull. Europ. Ass. Fish Pathol.*, **14** : 64 : 66.
-

REFERENCES COMPLEMENTAIRES.

- Fleury P.G., E. Croguennec, S. Pennec & J. Maguire., (1997). A muscle-strength-recorder ('muscle-meter') for quantifying juvenile scallop vitality. *11th International Pectinid Workshop. 10-15 April 1997, La Paz, Mexico. Book of abstracts*. pp.7-9.
- Fleury P.G., A. Langlade, Y. Le Coguc, A. Thébault, B. Chellet, C. Ponthoreau & G. Devulder (1999). Suivi des coques du Croisic en 1998, bilan synthétique (mars 1999). *RA/LCB/99-04*. 15 p.

- Maguire J.A., P.G. Fleury & G.M. Burnell (1999). Some methods for quantifying quality in the scallop *Pecten maximus* (L.). *Journal of Shellfish Research* **18**, **1**, pp. 59-66
- Martin A.G., P.G. Fleury, G. Tigé, T. Hirata, Y. Le Coguic, A. Langlade et J. Mazurié (1999 a). Evolution et estimation des mortalités estivales de naissain d'huître creuse (*Crassostrea gigas*) en baie de Quiberon, de mai à septembre 1998. *RA/LCB/99-01*. 24 p.
- Mary S. (1998). Le comportement de certains bivalves appliqué à des tests de vitalité. *Rapport de stage d'initiation à la Recherche. ESITPA*. 28 p. – annexes
- Mazurié J., O. Sarantchova, A. Barnaud et E. Esnault (1998). Salt loss of oysters *Crassostrea gigas* experimentally immersed in freshwater : a test of physiological condition ? *Bordeaux Aquaculture, 6-10 octobre 1998*. (Poster).
- Sarantchova O. & J. Mazurié (1996). Salt loss and mortality of oysters, *Crassostrea gigas*, experimentally exposed to high temperature freshwater : preliminary attempt to define a simple health indicator. *Poster 31st European Marine Biology Symposium. St-Pétersbourg, 1996*.

Liste des tableaux et figures

Tableau A : Récapitulatif des enregistrements par site.

Tableau B : Poids moyens (et intervalles de confiance à 95%) des huîtres des 3 sites.

Tableau C : Indices de condition moyens (et intervalles de confiance à 95%) des huîtres des 3 sites, aux différentes dates.

Tableau D : Evolution de la survie dans les 3 sites.

Tableau E : Recherche d'herpès-virus de l'huître.

Tableau F : Biométrie des huîtres placées sur le valvomètre.

Tableau G : Pourcentage du temps journalier où les huîtres sont ouvertes, dans les 3 sites.

Tableau H : Variabilité d'échantillonnage (entre lots de 30 huîtres) sur les pertes de sel.

Tableau I : Evolution de la force musculaire des huîtres (et intervalles de confiance à 95%), sur les 3 sites, exprimée en Newtons.

Tableau J : Evolution de l'indice de force $IF = F/P^{0,8}$ des huîtres (et intervalles de confiance à 95%), sur les 3 sites, exprimée en $\text{Newtons/g}^{0,8}$.

Tableau K : Indices de corrélation des paramètres biométriques avec la force musculaire et l'indice de force.

Figure 1 : Les 3 sites expérimentaux.

Figure 2 : Le valvomètre.

Figure 3 : Le test de perte de sel.

Figure 4 : Le dynamomètre.

Figure 5 : Données météorologiques, Vannes, 1999.

Figure 6 : Paramètres physico-chimiques au cours d'un cycle de marée à Fort-Espagnol.

Figure 7 : Paramètres physico-chimiques à Fort-Espagnol, au cours de l'étude.

Figure 8 : Paramètres physico-chimiques à Kerpenhir, au cours de l'étude.

Figure 9 : Paramètres physico-chimiques à Men-er-Roué au cours de l'étude.

Figure 10 : Concentration en chlorophylle a (mg par m^3) aux 3 stations.

Figure 11 : Groupes phytoplanctoniques dominants aux 3 stations.

Figure 12 : Evolution du poids entier des huîtres, dans les 3 sites

Figure 13 : Evolution de l'indice de condition dans les huîtres des 3 sites.

Figure 14 : Evolution du pourcentage de poids sec dans la chair des huîtres.

Figure 15 : Evolution des teneurs en glycogène dans la chair sèche des huîtres.

Figure 16 : Evolution de la survie (moyenne des 4 poches).

Figure 17 : Evolution de la survie par poche de chaque site.

Figure 18 : Durée journalière des ouvertures valvaires d'huîtres sur les 3 sites.

Figure 19 : Fermetures valvaires simultanées avant une marée basse de vive eau.

Figure 20 : Fermetures valvaires à marée basse de morte eau sans exondation.

Figure 21 : Répartition temporelle du nombre total de fermetures valvaires simultanées d'une majorité d'huîtres.

Figure 22 : Fréquence des fermetures valvaires simultanées en fonction des coefficients de marée.

Figure 23 : Fréquence des fermetures valvaires simultanées en fonction de l'heure de marée.

Figure 24 : Activité valvaire des huîtres en vives eaux du 25/08/99 au 1/09/99.

Figure 25 : Activité valvaire des huîtres en vives eaux du 7/09/99 au 14/09/99.

Figure 26 : Décalage horaire entre les fermetures (hors exondation) survenant au flot aux 2 stations de rivière d'Auray.

Figure 27 : Décalage horaire entre les fermetures (hors exondation) survenant au jusant aux 2 stations de rivière d'Auray.

Figure 28 : Perte de sel en fonction du poids.

Figure 29 : Variabilité d'échantillonnage (entre lots de 30 huîtres) sur courbes brutes.

Figures 30, 31, 32 : Enregistrements des pertes de sel fin juin, fin juillet et fin août.

Figure 33 : Perte de sel la première heure.

Figure 34 : perte de sel de 1 heure à 3 heures

Figure 35 : Evolution de la force musculaire des huîtres.

Figure 36 : Relations d'allométries entre la force musculaire et le poids des huîtres.

Figure 37 : Evolution de l'indice de force des huîtres.

Figure 38 : Indice de force et mortalité mensuelle.

Figure 39 : Evolution du poids du muscle par rapport au poids entier.

Figure 40 : Evolution de l'état des fibres musculaires.

Figure 41 : Evolution du taux de matière sèche dans le muscle.

Figure 42 : Evolution du glycogène dans le muscle des huîtres à Kerpenhir.

RIDRVOOO

N° RIDRV	DEPARTEMENT	LABORATOIRE	AUTEURS	TITRE	DATE SORTIE	DIFFUSION	NB PAGES	TIRAGE
00/01	RH	Port-en-Bessin	E. Foucher, A. Tétard, O. Abellard	Essai d'un chalut sélectif pour la pêche à la crevette grise en estuaire de Seine. Résultats et perspectives.	fév	libre	23	50
00/02	RA	La Tremblade	O. Le Moine, P. Geairon, P. Soletchnik, N. Faury, P. Gouletquer, S. Robert, D. Razet, S. Heurtebise, S. Taillade	Réseau de surveillance de la croissance et de la production de l'huître creuse <i>C. gigas</i> dans le bassin de Marennes Oléron: bilan de 12 années de suivi (1986-98)	mars	libre	57	
00/03	RH	Boulogne-sur-mer	A. Carpentier, F. Coppin	Campagnes expérimentales de chalutage en Manche orientale. Les campagnes CGFS 1997 et 1998.	mars	libre	174	40
00/04	RA	La Tremblade	P. Soletchnik, O. Le Moine, N. Faury, D. Razet, P. Geairon, S. Robert, P. Gouletquer, S. Taillade	Mortalité et croissance de l'huître creuse <i>C. gigas</i> dans le Bassin de Marennes Oléron. Résultats obtenus sur le site atelier de Ronce-Perquis en 1997-1999	mars	libre	83	
00/05	RH	LASAA - Brest	A. Edeyer	Caractérisation du comportement chimique du complexe otolithes en réaction à des perturbations induites.	mars	libre	212	50
00/06	RH	Nantes (MAERHA) Boulogne-sur-mer	V. Trenkel, C. Mellon	Comparaison de deux méthodes conduisant aux structures démographiques en âge des débarquements de merlans (<i>Merlangius merlangus</i>) de Manche Est et du sud de la Mer du Nord	mars	libre		
00/07	RA	Tahiti	G. Le Moullac, L. Chim, P. Lemaire, G. Cuzon, R. Bouveret, P. Le Roux, B. Bertin, O. Parry, D. Saulnier, D. Ansquer	Etude de la relation santé-nutrition chez la crevette <i>Penaeus stylirostris</i> . Recherche de l'effet des protéines alimentaires sur les défenses et la résistance à l'infection: aspect quantitatif	avril	libre	50	
00/08	RH	La Rochelle	JP. Leaute	Typologies des flottilles du sud du Golfe de Gascogne en 1986, 1989, 1992 et 1995 de Noirmoutier à Bayonne. Description et évolution des composantes de pêche.				
00/09	RH	Nantes - (ECOHAL)	D. Haigand, G. Arzul, M-L Cochard, E. Erard-Le-Denn, J. Huet, J. Le Claire, F. Quiniou, A. Tétard	Surveillance écologique et halieutique de l'environnement marin du site de la centrale de Penly (Manche est): année 1999	mai	restreinte	139	40
00/10	RA	Port-en-Bessin	M. Ropert, J. Kopp	Etudes des mortalités ostréicoles de l'hiver 1998-1999 en Baie des Veys. Caractérisation et analyse temporelle des dessalures observées sur les parcs conchylicoles de la Baie des Veys depuis 1996.	juin	libre	53	
00/11	RA	Brest	M. Suquet	Le lieu jaune <i>Pollachius pollachius</i> : biologie, pêche, marché et potentiel aquacole.	juin	libre	20	

RIDRVOOO

00/12	RA	Brest	M. Suquet, J. Person-Le-Ruyet	Les rougets-barbets: biologie, pêche, marché et potentiel aquacole	juillet	libre	46	
00/13	RA	Port-en-Bessin	M. Ropert, J.L. Blin, F. Cornette, S. Pacary, S. Pien, E. Legagneur, J. Kopp, O. Richard	REMONOR: mise en place et premier bilan du Réseau Mollusques de NORmandie (1998-1999)	septembre	libre	40	
00/14	RA	La Trinité-sur-mer	J. Mazurié, P.G. Fleury, J.F. Bouget, S. Claude, T. Hirata, A. Langlade, A.G. Martin, B. North	Comparaison des performances d'élevage et de la vitalité de naissaim d'huîtres creuses <i>Crassostrea gigas</i> , en 3 sites du Morbihan, de mai 1999 à mars 2000	septembre	libre	48	
00/15	RA	Martinique	L. Gardes, V. Buchet, Ph. Villanova, C. Fauvel	Compte rendu des premières expérimentation de fécondation artificielle chez l'ombrine <i>Sciaenops ocellatus</i> . Etudes préliminaires de la maturation finale des ovocytes et de la qualité du sperme.	octobre	libre	17	
00/16	RA	La Trinité sur mer	P.G. Fleury, F. Cornette, S. Claude, H. Palvadeau, S. Robert, F. d'Amico, C. Vercelli, J.M. Chabirand	REMORA, Résultats des stations nationales, année 1999	octobre	libre	49	200