

Direction des Ressources Vivantes
Département des Ressources Aquacoles
LCB-La Trinité-sur-mer

1.1. DRV/RST/RA-2001-04

juin 2001

J. Mazurié, J.F.Bouget, S. Claude, P.G. Fleury, A.Langlade

Ifremer

Comparaison des performances d'élevage de moules en 4 sites mytilicoles de la baie de Vilaine, de février 2000 à février 2001



Résumé :

Des moules ont été placées en paniers grillagés accrochés à des pieux de bouchots, en 4 stations expérimentales exondantes de la baie de Vilaine (Bretagne sud), et suivies durant 1 an (de février 2000 à février 2001).

Les croissances observées ont été bonnes (1,2 g /mois entre avril et septembre) et les mortalités modérées (entre 15% et 25% en 1 an), avec des différences en faveur des stations les plus au large.

Parmi les paramètres physico-chimiques enregistrés, les baisses de salinité en période de forte pluviométrie sont très prononcées (moins de 10 g/l pendant plusieurs jours consécutifs). Elles induisent une fermeture valvaire (enregistrée au valvomètre). Des indicateurs d'état physiologique (force musculaire, herméticité) semblent mettre en évidence un cycle annuel parallèle au cycle de reproduction.

Aucune anomalie dans les résultats d'élevage, n'a été relevée, qui puisse être mise en relation avec le naufrage de l'Erika (décembre 1999), dont le pétrole a atteint cette zone côtière.

Abstract :

Mussel samples have been placed in plastic-mesh bags hung on wood poles (« bouchots »), at 4 locations of a mussel culture area in the bay of Vilaine (South Brittany, France). They have been monitored for one year, from February 2000 to February 2001. The recorded growth have been rather fast (plus 1.2 g per month between April and September), and mortalities moderate (between 15% to 25%), with better results in southern stations, further from the estuary.

Among the physico-chemical parameters recorded, the most striking were very low salinities (below 10 g/l) recorded for days, after heavy rains. They provoked a valve closure of mussels (recorded by a « valvometer »). Some physiological indicators being tested (muscle force and hermeticity) seemed to show an annual pattern according to the reproduction cycle. No abnormal result has been recorded, that might suspect an effect of the oil escaped from Erika's wreck (décembre 1999).

Mots-clés : moule, *Mytilus edulis*, Baie de Vilaine, Bretagne sud, croissance, mortalité, force musculaire, herméticité, écartements valvaires

Keywords : mussel, *Mytilus edulis*, Bay of Vilaine, south Brittany, growth, mortality, muscle strength, hermeticity, valve movements.

Commentaire :

Remerciements

Merci à ceux qui ont facilité la réalisation de cette étude :

- la Section Régionale Conchylicole de Bretagne Sud et son président Pascal Métayer, qui ont accepté d'y participer financièrement,
- le syndicat mytilicole de Pénestin et son président Joël Métayer, qui ont manifesté leur intérêt pour ce projet, et surtout l'ont soutenu pratiquement en fournissant les jeunes moules, en mettant à disposition quelques structures d'élevage, et en facilitant l'accès aux stations expérimentales à certaines occasions (mauvais temps...),
- les concessionnaires qui ont mis à disposition quelques pieux expérimentaux : Jean-Loïc Métayer, au Halguen, le GAEC Bernard à Kervoyal, Jean-Pierre Dréno au Maresclé, Pascal Métayer à Pont-Mahé,
- l'Université de Bretagne Sud, qui s'est intéressée à ce sujet dans le cadre d'un stage de DESS (Christine Pelvin).
- les intervenants du laboratoire Ifremer DEL-Trinité, qui ont apporté leur concours lors des prélèvements et pour l'exploitation des résultats sur le phytoplancton (J. Chauvin et J.P. Allenou en particulier).

1.	INTRODUCTION.....	6
2.	PROTOCOLE EXPERIMENTAL.....	7
2.1.	LES SITES EXPERIMENTAUX.....	7
2.2.	MOULES ET STRUCTURES EXPERIMENTALES.....	8
2.3.	PARAMETRES HYDROLOGIQUES	8
2.3.1.	Physico-chimiques	8
2.3.2.	phytoplancton (aspects trophiques et toxiques éventuels).....	9
2.4.	SUIVI DES MOULES : CROISSANCE, MATURATION, MORTALITES....	9
2.5.	INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES.....	10
2.5.1.	Ecartements valvaires.....	10
2.5.2.	Force musculaire.....	11
2.5.3.	Herméticité	11
3.	CARACTERISATION DU MILIEU	13
3.1.	METEOROLOGIE.....	13
3.2.	PHYSICO-CHIMIE	13
3.3.	PHYTOPLANCTON.....	21
4.	PERFORMANCES D' ELEVAGE DES MOULES.....	23
4.1.	CROISSANCE	23
4.2.	ENGRAISSEMENT.....	25
4.3.	MORTALITES	26
4.4.	RENDEMENT PONDERAL	28
5.	INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES	29
5.1.	ECARTEMENTS VALVAIRES.....	29
5.2.	INDICES DE VITALITE DES MOULES	34
5.2.1.	La force musculaire.....	34
5.2.2.	Herméticité (ou perte de sel) des moules	36
6.	DISCUSSION-CONCLUSION.....	37
6.1.	LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL	37
6.2.	EXTRAPOLATION AUX MOULES SUR PIEUX	37
6.3.	COMPARAISON AVEC D'AUTRES SUIVIS DE CROISSANCE	37
6.4.	PRINCIPAUX ACQUIS DE CETTE ETUDE	38
7.	BIBLIOGRAPHIE.....	40

2. INTRODUCTION

La Baie de Vilaine est le principal bassin mytilicole de Bretagne sud. La technique d'élevage essentiellement pratiquée est la culture sur bouchot. Même si la productivité de ce secteur et la qualité des produits qui en sont issus sont satisfaisantes, les éleveurs de moules sont confrontés occasionnellement à différents problèmes (dégrappage, mortalité, manque de naissain...). Par ailleurs, du fait de l'envasement et de la saturation des zones concédées, ils manifestent depuis plusieurs années une volonté d'agrandissement et de restructuration (estuaire de Vilaine, Kervoyal...).

En dehors de la surveillance du milieu (réseaux Ifremer de surveillance environnementale Remi, Rephy, RNO), il n'existe pas de suivi systématique des conditions et des résultats d'élevage dans ce secteur, comparable à ce qui a cours sur les huîtres (réseau Remora) (Fleury *et al.*, 2001).

Il a donc été décidé de tester l'intérêt et les conditions d'application d'un tel réseau aux moules : ce test a été mis en œuvre d'une part en Charentes (6 stations de suivi en 2000, dont 4 dans le Pertuis Breton et 2 dans le Pertuis Charentais) et d'autre part en Bretagne-sud, en Baie de Vilaine, selon des protocoles légèrement différents.

La pollution pétrolière de l'Erika, qui a touché ce secteur en décembre 99 et janvier 2000, est venue fournir une justification supplémentaire à une étude d'impact prenant la forme d'une surveillance de la croissance et de la mortalité de moules, en quelques stations, durant l'année suivant cet accident. La demande a été formulée par le syndicat mytilicole de Vilaine. Les grandes lignes d'un projet d'étude ont été présentées en janvier 2000. Enfin, un stage de DESS, de l'Université de Bretagne Sud, a été réalisé sur l'élaboration de tests physiologiques susceptibles d'aider à la caractérisation de l'état de santé (ou vitalité) des moules. Cette mise au point réalisée au laboratoire a commencé d'être appliquée dans le cadre du suivi des stations de terrain en Baie de Vilaine.

L'objectif de cette étude est donc double :

- *élaboration d'un protocole de suivi des performances mytilicoles susceptible d'être appliqué ultérieurement, tous les ans, à l'échelle nationale*
- *évaluation de l'impact de la pollution pétrolière sur la production mytilicole de baie de Vilaine (en complément des suivis réalisés sur la qualité sanitaire des produits).*

3. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

3.1. LES SITES EXPERIMENTAUX

Quatre sites représentatifs des principaux secteurs d'élevage de Baie de Vilaine ont été retenus, en accord avec les professionnels ; du nord au sud :

- Kervoyal (cessionnaire : Jean-Loïc Métayer)
- Le Halguen (cessionnaire : GAEC Bernard)
- Le Maresclé (cessionnaire : Jean-Pierre Dréno)
- Pont-Mahé (cessionnaire : Pascal Métayer)

Sur chaque site, 6 pieux dénudés, situés sur l'avant-dernière ou la dernière ligne vers le large, ont été mobilisés pour l'étude.

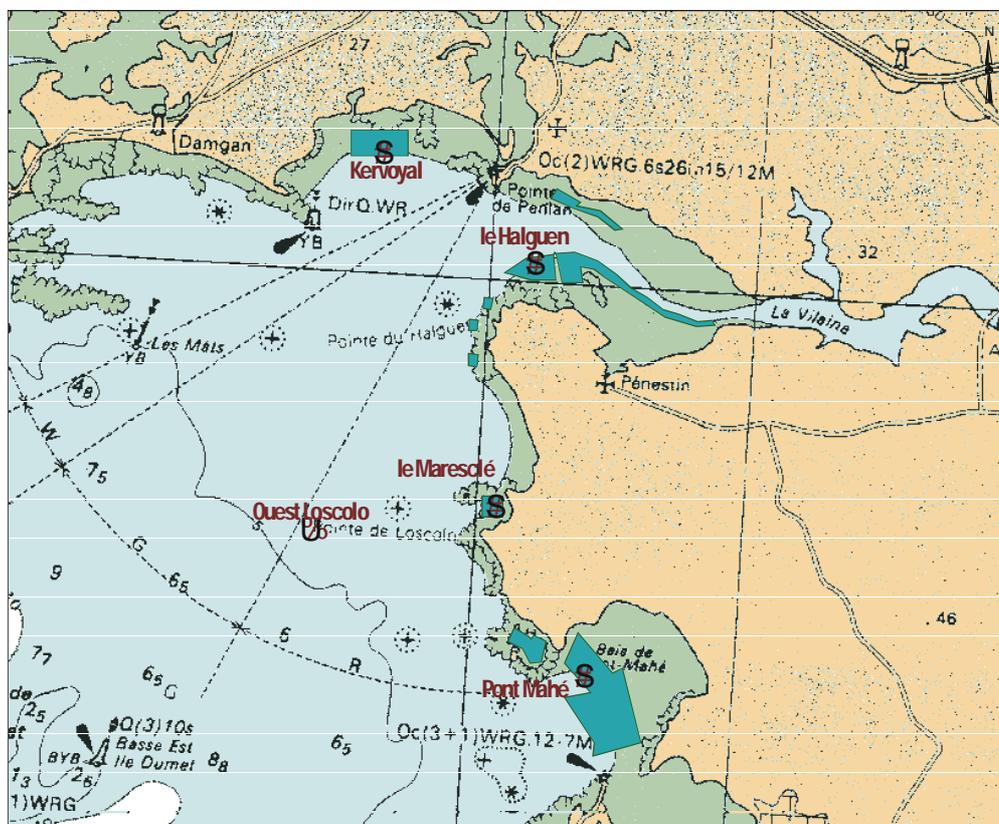
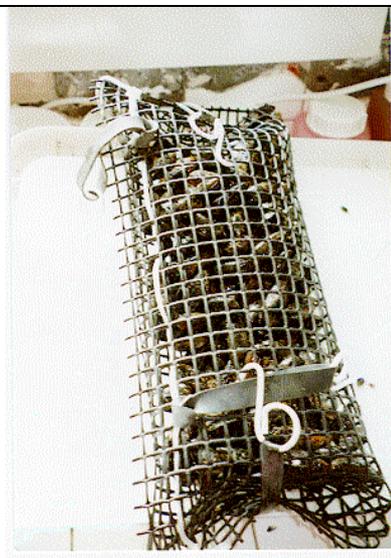


Figure 1 : emplacement des stations expérimentales

3.2. MOULES ET STRUCTURES EXPERIMENTALES

Des pochons expérimentaux spécifiques ont été conçus et fabriqués pour cette étude :

- matériau : grillage plastique de maille 9 mm puis 15 mm,
- forme cylindrique (plus ou moins aplatie),
- fermeture et accrochage au pieu par élastique et crochets,
- dimension : $\frac{1}{4}$ de poche ostréicole,
- volume approximatif : 5 litres



Les moules expérimentales, captées sur pieu dans le secteur de Kervoyal l'année précédente (au printemps 1999) c'est à dire ayant 10 mois d'âge approximatif, ont été récoltées le lundi 7 février par un mytiliculteur, placées une nuit en bassin, triées, calibrées et réparties en pochons par lots de 200 le lendemain, restockées une nuit en bassin, puis disposées le surlendemain 9 février dans les 4 sites.

Dans l'objectif de disposer d'un pochon par mois et par site à rapporter à la station, sans retour, **12 pochons** garnis de 200 moules, ont été accrochés à **chaque station**, à raison de 2 par pieu, dans la partie haute correspondant au niveau de culture le plus haut des moules. L'analyse des enregistrements physico-chimiques (pression et température) a permis d'établir les durées et le pourcentage d'exondation à chacune des stations, mettant en évidence des différences entre les 4 stations (voir résultats).

3.3. PARAMETRES HYDROLOGIQUES

3.3.1. Physico-chimiques

La température a été enregistrée en continu au Halguen, et occasionnellement sur les autres sites, au moyen de sondes-crayons (de marque « Onset ») programmées pour un pas de 10 mn (de manière à permettre le calcul des temps d'exondation grâce aux brusques variations de température entre l'air et l'eau).

La température, la salinité, la hauteur d'eau (reflet du cycle de marée) et la teneur en oxygène dissous ont été enregistrées à la station du Halguen (selon un pas de temps de 15mn ou 20mn) au moyen de capteurs-enregistreurs

autonomes (sondes TSP de Micrel et sonde multiparamétrique YSI, en alternance tous les 15 jours).

Récapitulatif :

	Hauteur d'eau	température	Salinité	oxygène
Le Halguen	+	+	+	15 jrs / mois
Kervoyal		+ (occasionnel)		
Maresclé		+ (occasionnel)		
Pont-Mahé		+ (occasionnel)		

3.3.2. phytoplancton (aspects trophiques et toxiques éventuels)

Les prélèvements d'eau dans le cadre du réseau REPHY (station Ouest-Loocolo), réalisés par le laboratoire DEL/Trinité, ont servi à caractériser l'évolution du phytoplancton pour l'ensemble du secteur.

3.4. SUIVI DES MOULES : CROISSANCE, MATURATION, MORTALITES

Les principales étapes de ce suivi sont résumées ci-dessous :

date	moules	observations
9/02/00	Mise en place (200 moules par pochon)	
20/03/00	1 ^{er} échantillonnage (1 pochon)	
3 /05/00	2 ^{ème} échantillonnage (1 pochon)	
16 /05/00	3 ^{ème} échantillonnage (1 pochon)	
19 /06/00	4 ^{ème} échantillonnage (1 pochon)	
20 /06/00		Pont-Mahé : remplacement des poches 9 mm colmatées par 9 mm neuves
3 /07/00	comptage, pesées par pochon (sur les 8 pochons restants)	Tous sites : changement de maille 9->15 mm
18 /07/00	5 ^{ème} échantillonnage (1 pochon)	
31 /08/00	Comptage et remise à 120 moules des 6 pochons restants	Emmoulement (en particulier à Pont-Mahé)
27/09/00	7 ^{ème} échantillonnage (1 pochon)	
26 /10/00	8 ^{ème} échantillonnage (1 pochon)	
14 /12/00	9 ^{ème} échantillonnage (1 pochon)	
7 /02/01	10 ème échantillonnage (les 3 pochons restants)	

Observation et entretien des structures

14 visites aux stations expérimentales ont été effectuées par les agents Ifremer, le plus souvent au moyen de la vedette « Mesklec » de l'Ifremer, c'est à dire selon une fréquence à peu près mensuelle.

En raison du colmatage des mailles par le naissain de moules nouvellement fixé, un premier changement des poches de la station de Pont-Mahé a été effectué le 20 juin. Le 3 juillet, l'ensemble des poches (des 4 stations) a été renouvelé, avec un changement de maillage (9->15 mm). Le 31 août, un tri

a dû être effectué dans la totalité des poches pour éliminer les jeunes moules entrées dans le pochon et n'appartenant pas au lot initial.

Le mauvais temps ou la fermeture du barrage d'Arzal ont contrarié les prélèvements d'hiver : les manipulations de pochons étaient délicats en présence de houle, et le 14 décembre, 3 stations sur 4 ont été échantillonnées grâce à l'aide de J. Métayer, président du syndicat mytilicole. En janvier, aucun prélèvement n'a été possible.

Mortalités

L'estimation de base des mortalités à chaque station a été faite une fois par mois, sur le pochon ramené au laboratoire et supposé représentatif de l'ensemble des moules en poche à cette station :

- jusqu'au 31 août, le comptage fournit donc le nombre de vivantes par poche et le nombre de mortes cumulées depuis le 09/02/00, le taux de mortalité cumulé depuis le départ étant estimé par $(1 - \text{nb de vivantes} / 200)$
- à partir du 31 août, date à laquelle tous les effectifs ont été ramenés à 120, le comptage fournit les effectifs de vivantes et de mortes depuis cette date, auxquels il faut ajouter la mortalité moyenne au 31 août pour disposer à nouveau d'une estimation de la mortalité cumulée depuis le départ.

Dans de rares cas, l'effectif de mortes + vivantes différait significativement du total attendu (200 ou 120) : dans ces cas, la mortalité a été estimée par $(\text{nb de mortes} / \text{nb total présent})$.

A 3 reprises, le dénombrement a porté sur la totalité du nombre de pochons restants, au lieu d'un seul pochon, une estimation plus précise du taux de mortalité étant alors disponible :

- le 3 juillet, sur 8 pochons (au moment du changement de mailles)
- le 31 août, sur 6 pochons (au moment de l'élimination du surcantage)
- le 7 février 01, sur les 3 derniers pochons

Biométrie, stade sexuel

Sur les mêmes 30 individus tirés au hasard du (ou des) pochon(s) rapportés mensuellement, et ayant été réimmergés une nuit, plusieurs analyses ont été effectuées :

- mesures individuelles des principaux descripteurs biométriques (longueur, poids entier poids de coquille, poids de chair fraîche égouttée)
- estimation du stade de développement sexuel (ou d'évolution de la gamétogenèse) à partir de coupes histologiques (en cours de lecture).

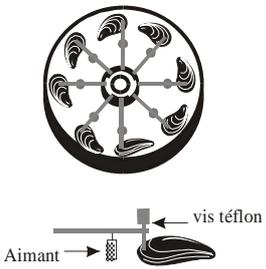
3.5. INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES

3.5.1. Ecartements valvaires

Les écartements valvaires d'un échantillon de 8 moules, ont été enregistrés à la station du Halguen, au moyen du « valvomètre » disposé dans un casier rigide de protection accroché entre 2 pieux. L'enregistrement n'a été réalisé qu'entre avril et août 2000.

LE VALVOMETRE

(conception Ifremer, fabrication Micrel)



vis téflon

Aimant

FONCTIONNEMENT :

8 bivalves sentinelles
Deux modes de fonctionnement :
autonome : analyse en différée
connecté à un ordinateur : analyse en temps réel

ACTIVITE VALVAIRE :

Description :
Mouvements complexes :
de faible amplitude (filtration et respiration)
de grande amplitude (pics d'adduction)
de fermeture valvaire (phase de quiescence)

Anomalies décelables :
Fermeture valvaire
Hyperactivité valvaire
Hypoactivité valvaire
Activité décroissante

APPLICATIONS :

Physiologie des mollusques bivalves
Surveillance de la qualité de l'eau (pollutions accidentelles...)

3.5.2. Force musculaire

La force musculaire des moules est la force de rapprochement des valves induite par 2 petits muscles adducteurs contrecarrant l'action d'ouverture du ligament élastique de la charnière. Quand les moules s'affaiblissent, les muscles ne parviennent plus à maintenir les valves fermées : les animaux « baillent ». La force musculaire peut donc être un indicateur de la « vitalité » des moules (C. Pelvin, 2000), comme d'autres bivalves. Cependant, la force musculaire varie aussi en fonction de la taille des muscles et donc de la taille de l'animal entier. Pour corriger cet effet de la croissance, on analyse l'allométrie entre la force et le poids des animaux, dont on extrait un « indice de force » (figuré dans § 4.2.1).

La force musculaire maximale a été mesurée au dynamomètre, avant ouverture, sur l'échantillon de 30 moules destiné à la biométrie.

3.5.3. Herméticité

On peut mesurer l'herméticité des valves de moules en les immergeant dans de l'eau douce, et en enregistrant l'augmentation de salinité qui résulte de la perte de sel inter-valvaire.

L'étude comparative de quelques indicateurs physiologiques, appliquée aux moules au cours du stage de C. Pelvin (2000), a mis en évidence une corrélation entre cette mesure « d'herméticité » et l'état général (ou vitalité) des moules.

Les conditions de mesure (nombre de lots, effectifs) sont indiquées dans le récapitulatif suivant. L'agitation discontinue Pour l'ensemble des essais, la température retenue est de 30°C. Les enregistrements ont été effectués durant 6 heures, mais les résultats seront résumés par la pente entre 1 heure et 3 heures.

	Mélange	Le Halguen	Kervoyal	Le Maresclé	Pont-Mahé
07/04/00	1 lot de 100				
22/06/00			1 lot de 50		1 lot de 50
29/09/00		1 lot de 80			1 lot de 80
14/12/00		2 lots de 30	2 lots de 43	2 lots de 36	
07/02/01		2 lots de 50 coupure de courant	2 lots de 50	2 lots de 50	2 lots de 50

4. CARACTERISATION DU MILIEU

Après présentation des données météorologiques durant l'année de suivi, les mesures effectuées sur le milieu d'élevage lui-même sont analysées

4.1. METEOROLOGIE

En matière de **température de l'air**, la période entre février 2000 et février 2001 est surtout caractérisée par la douceur hivernale (en particulier en novembre-décembre 2000). (Figures 2 et 3). Cependant, c'est surtout la **pluviométrie** qui se révèle exceptionnelle sur cette période (au mois d'avril 2000 et surtout entre novembre 2000 et mars 2001).

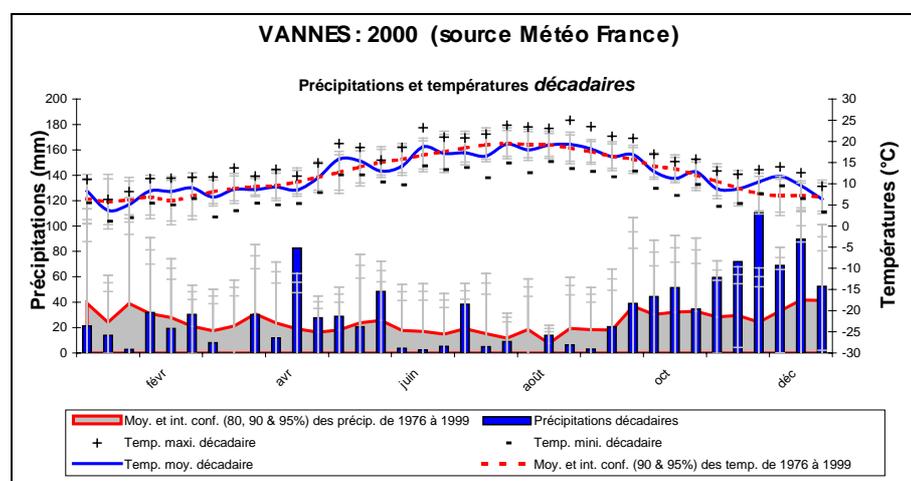


Figure 2 : température et pluviométrie de l'année 2000 (Météo-France, Vannes)

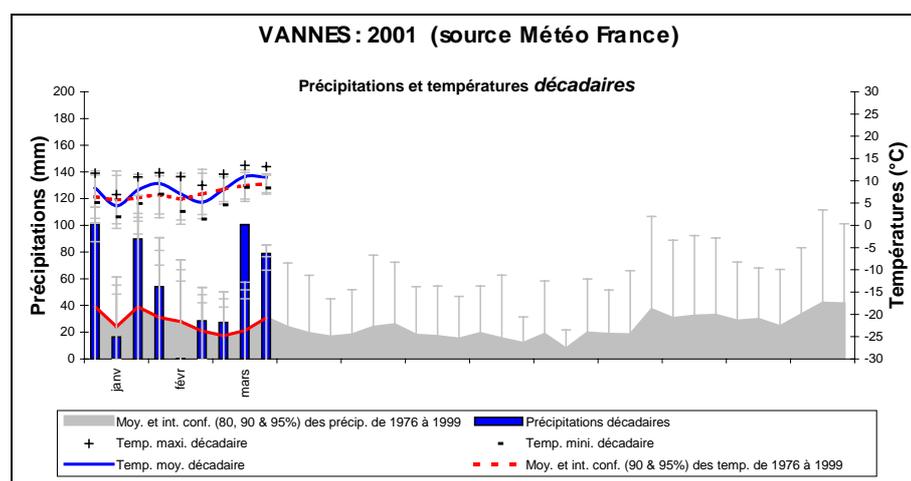


Figure 3 : température et pluviométrie du début 2001 (Météo-France Vannes)

4.2. PHYSICO-CHIMIE

La **température** enregistrée reflète la température de l'eau en période d'immersion et celle de l'air en période d'exondation . Plusieurs cycles peuvent être observés :

- un cycle annuel (saisonnier), qui voit varier la température de l'eau approximativement de 10°C (hiver) à 20°C (été) : figure 4
- un cycle lunaire (de 14 jours), qui alterne périodes de vive-eau et périodes de morte-eau : les premières avec des exondations prolongées et donc de fortes variations de température, en particulier en été et en hiver ; les secondes avec pas ou peu d'exondations : figure 5
- un cycle de marée (de 12 heures 25 environ) : aux marées basses estivales de milieu de journée, la température à l'intérieur du pochon est montée couramment jusqu'à 30°C, et exceptionnellement jusqu'à 40°C (le 30 juillet). Aux marées basses hivernales, la température est descendue jusqu'à 2°C (en janvier 2001) : figure 4

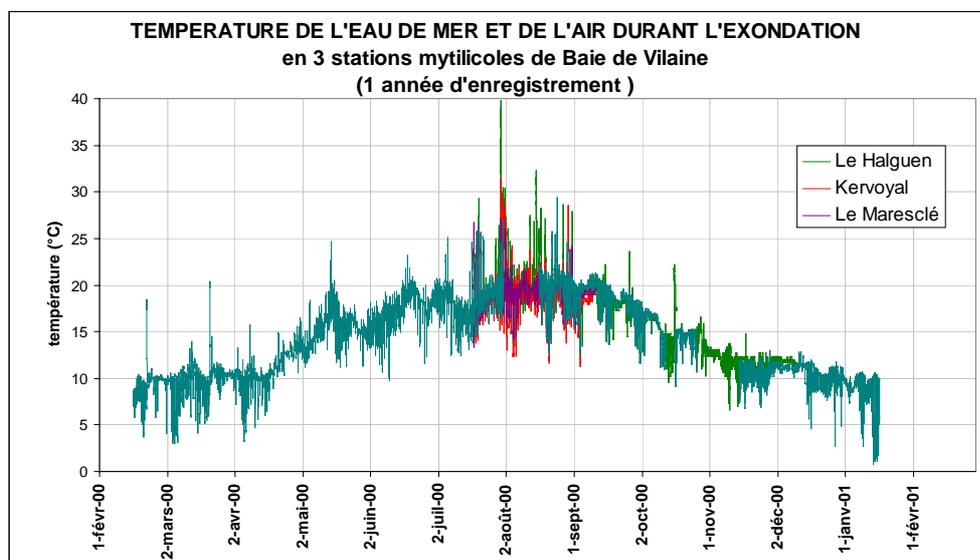


Figure 4 : températures enregistrées au niveau des moules expérimentales sur l'ensemble de la période

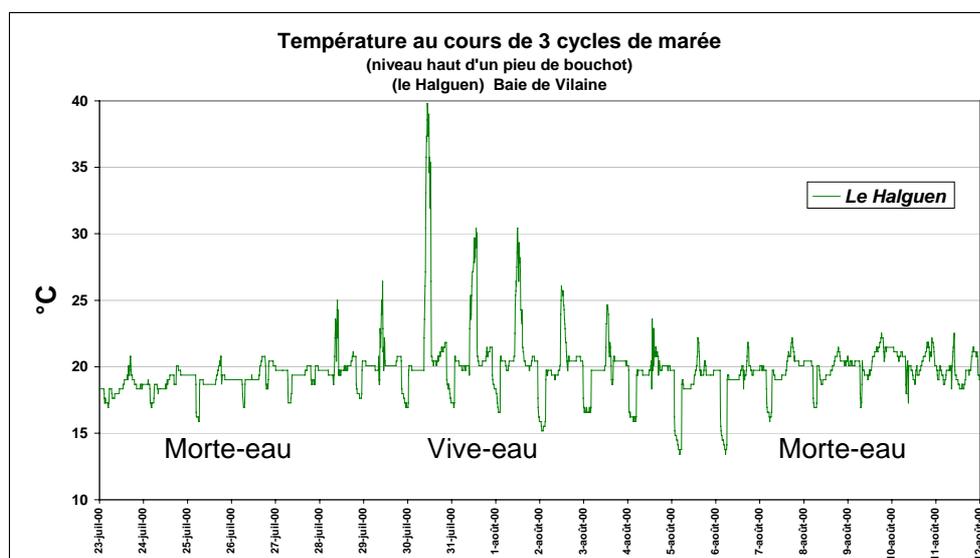


Figure 5: températures enregistrées au cours de 3 cycles de marée, au niveau des moules expérimentales du Halguen

L'enregistrement de température permet aussi de calculer les **durées relatives d'immersion / émerSION**, grâce à la différence de température air-eau particulièrement nette en été (figure 6) ou en hiver .

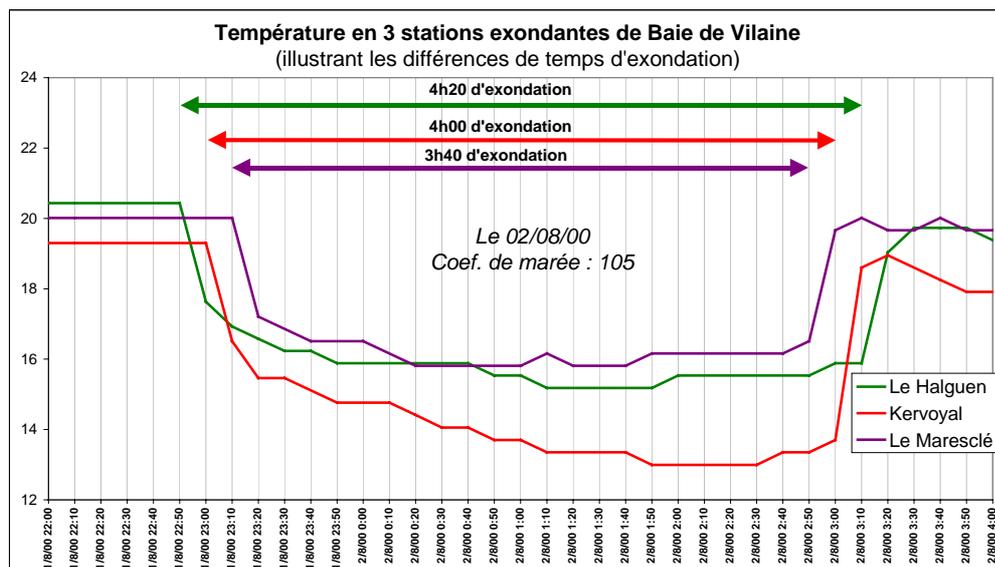


Figure 6 : illustration des différences de durée d'émerSION entre les sites, par l'enregistrement de température

Cette analyse a révélé des différences de hauteur de poches entre stations, en s'appuyant sur le logiciel Predict du SHOM, dont un marégramme est illustré dans la figure 7 :

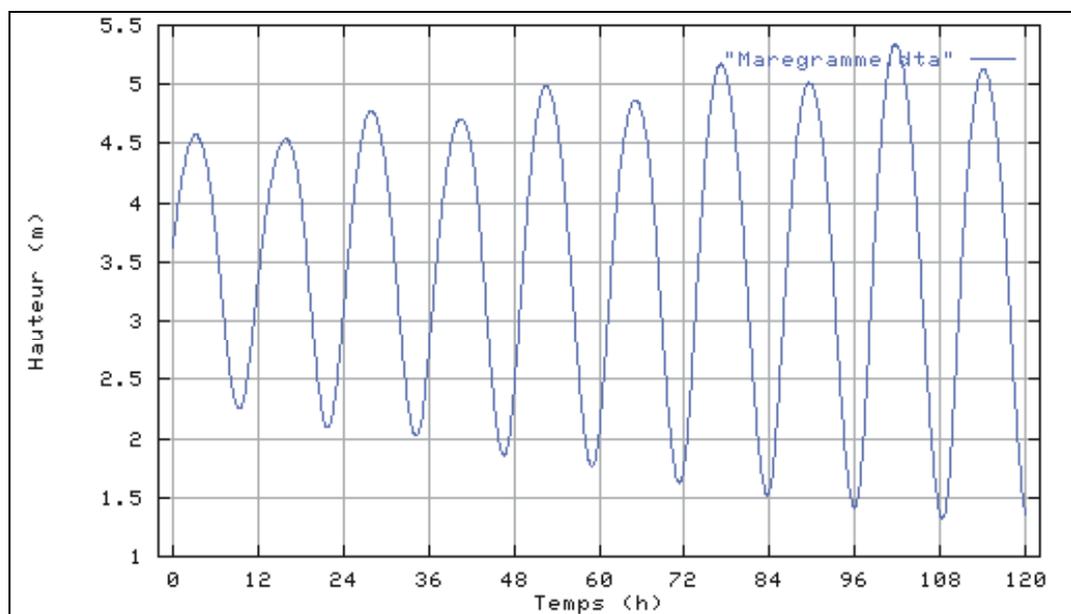


Figure 7 : marégramme des 10 premières marées de février 2000, à Tréguier (du 01 au 05 février), pour des coefficients de marée de : 35, 40, 45, 51, 58, 64, 70, 75, 80, 85. (Source : logiciel predict du SHOM)

Tableau 1 : hauteur et exondation des différentes stations expérimentales

	% du temps immersion / émersion	Coefficient de marée d'émersion	Hauteur (en m au dessus du zéro hydrographique)
Le Halguen	69.8 % / 30.2% *	Env. 40	2.20 m
Kervoyal		Env. 50	1.90 m
Le Maresclé		Env. 60	1.75 m
Pont Mahé		Env. 35	2.30 m

* calculé à partir du signal salinité entre le 16/02/00 et le 16/01/01.

L'évolution de la **salinité** est évidemment très liée à la pluviométrie, qui a été exceptionnelle en particulier entre novembre 2000 et mars 2001 (figure 8).

Deux profils de salinité correspondant à des périodes de faible ou forte pluviométrie sont illustrés dans les figures 9 et 10 :

- périodes sans dessalures significatives (salinité le plus souvent entre 30 et 33 g/l), essentiellement en été : figure 9, en septembre 2000
- périodes à très fortes dessalures durables (2 g/l en fin de marée descendante, et remontée inférieure à 15 g/l en marée haute) : exemple entre le 10 et 15 décembre (figure 10 et 12). Il sera intéressant de rechercher des effets éventuels de ces dessalures exceptionnelles sur la physiologie et les résultats d'élevage des moules : des fermetures valvaires seront plusieurs fois mises en évidence.

A court terme, l'influence du cycle de marée apparaît clairement dans les figures 11 (avril 2000) et 12 (décembre 2000) tandis que celle des ouvertures du barrage d'Arzal n'est pas aisément repérable. En période de pluviométrie très forte (avril 2000, décembre 2000), on peut observer exceptionnellement quelques dessalures à marée haute (fléchées dans les figures 11 et 11 bis) : figures 10, 11, 11 bis, 12.

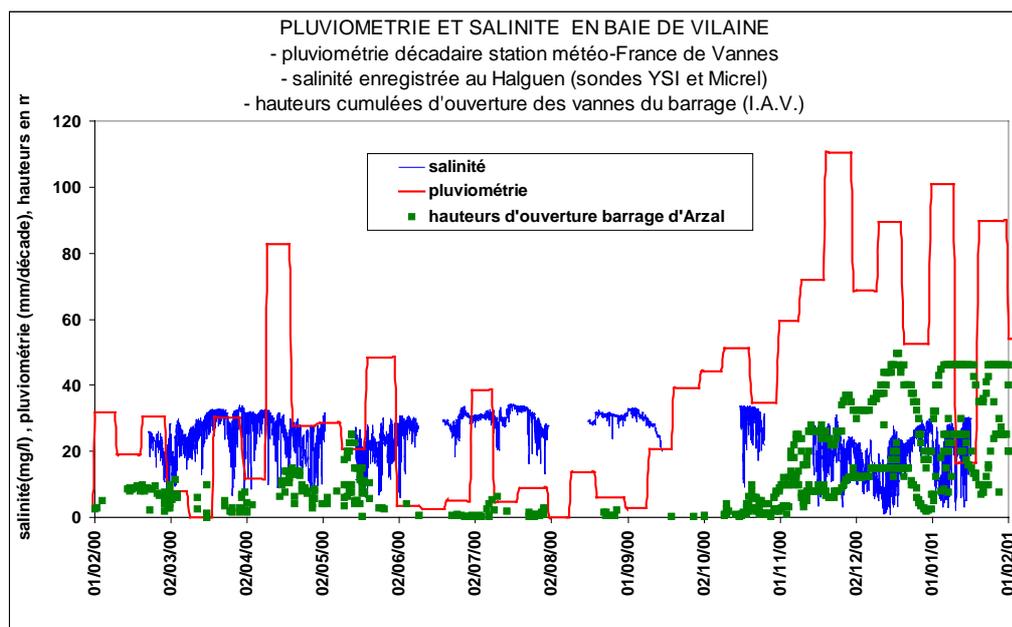


Figure 8 : relations pluviométrie – salinité- ouvertures du barrage d'Arzal en Baie de Vilaine (Le Halguen) au cours de l'année 2000.

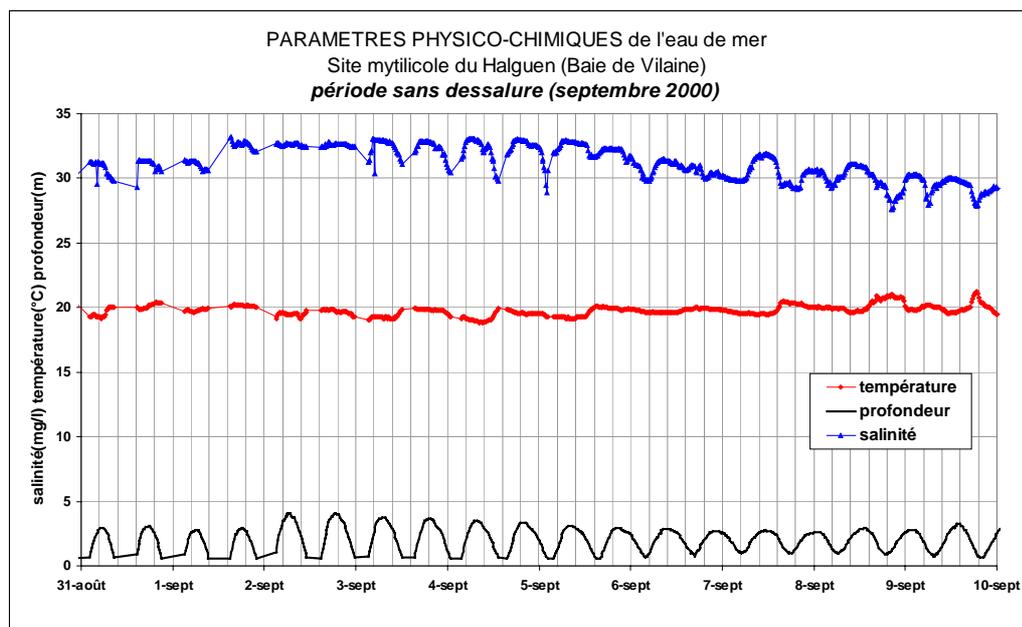


Figure 9 : paramètres physico-chimiques de l'eau de mer : sept. 2000, Baie de Vilaine (Le Halguen)

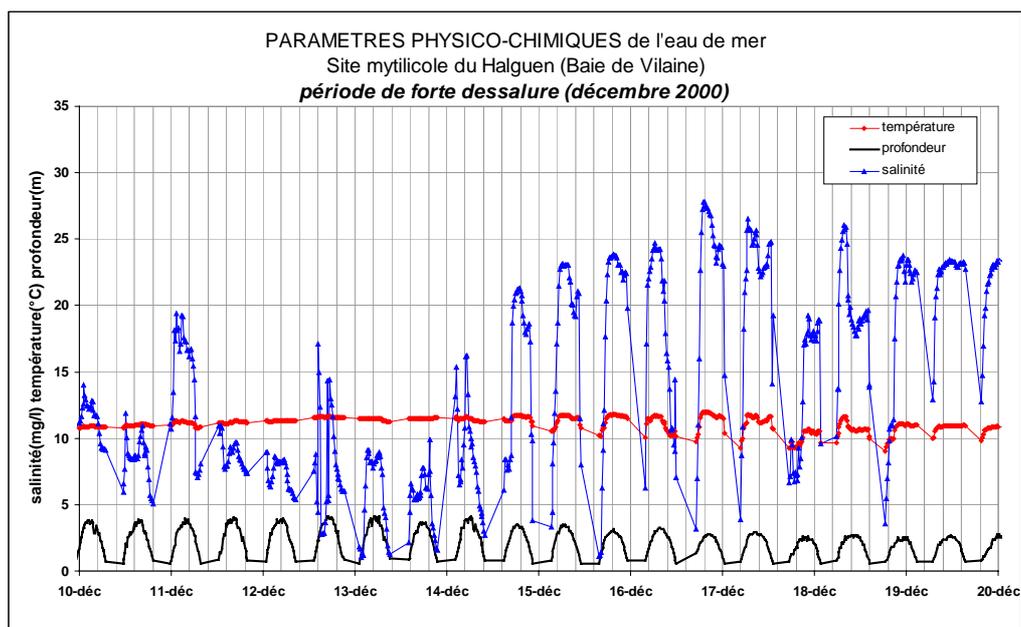


Figure 10 : paramètres physico-chimiques de l'eau de mer :
décembre 2000, Baie de Vilaine (Le Halguen)

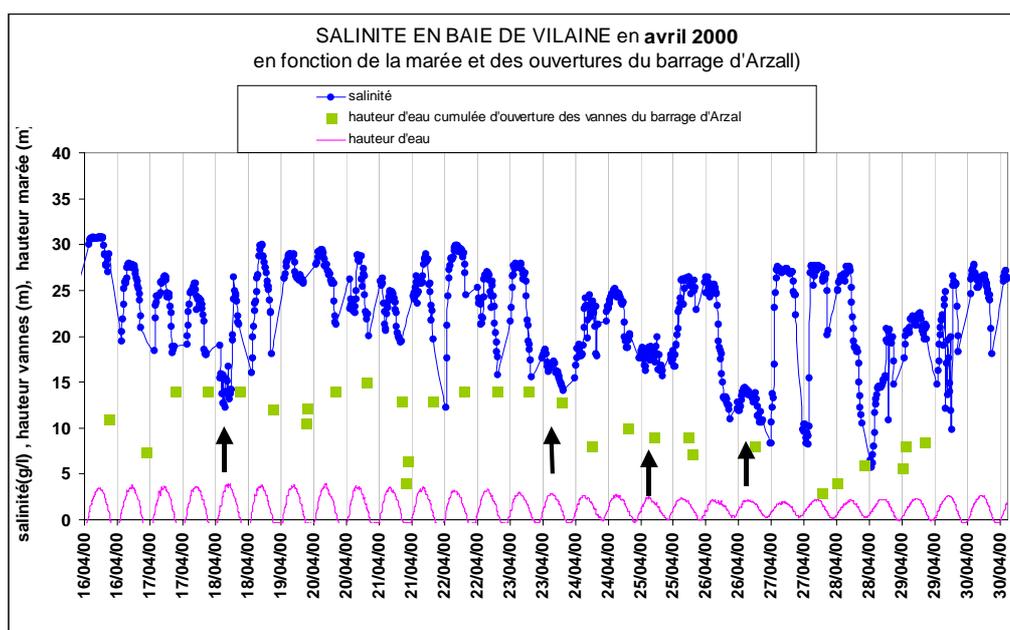


Figure 11 : salinité en relation avec la marée (et les ouvertures du barrage
d'Arzal) : avril 2000, Baie de Vilaine (Le Halguen) ; (dessalures à marée
haute)

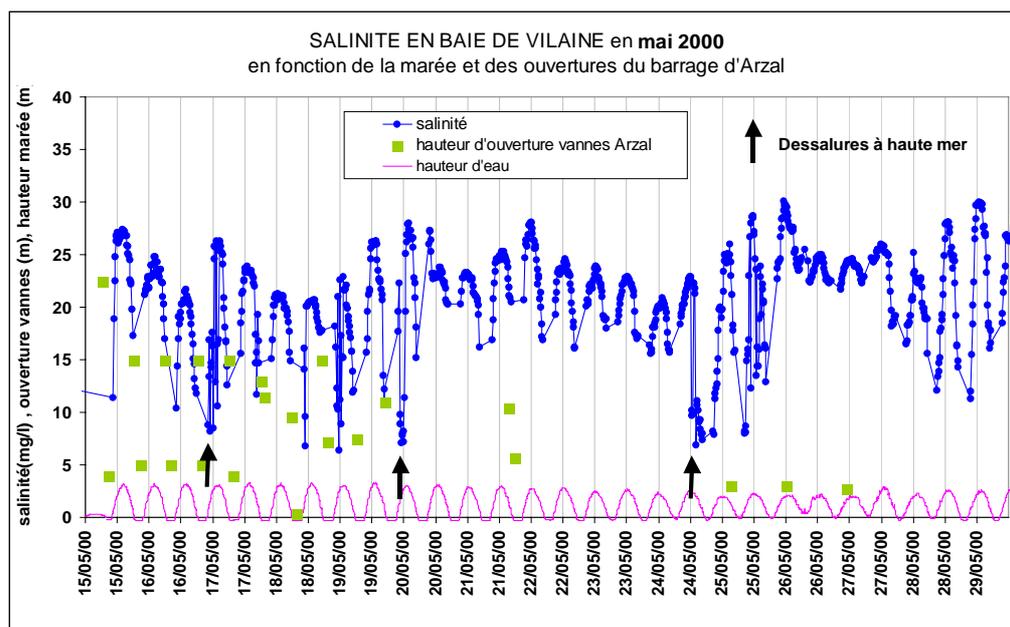


Figure 11 bis : salinité en relation avec la marée (et les ouvertures du barrage d'Arzal) : mai 2000, Baie de Vilaine (Le Halguen) ; (↑ dessalures à marée haute)

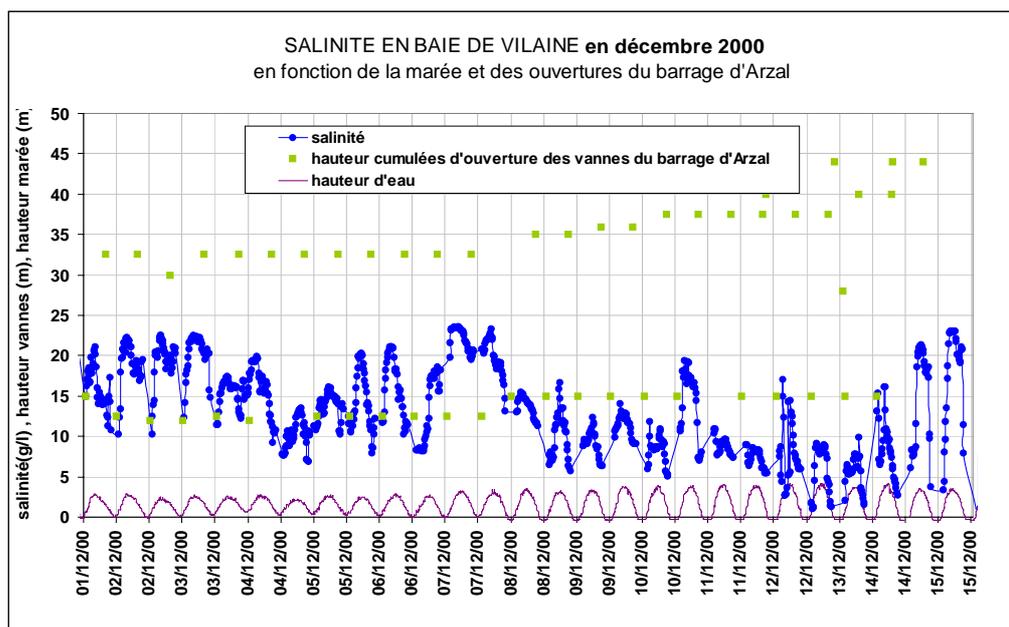


Figure 12 : salinité en relation avec la marée (et les ouvertures du barrage d'Arzal) : décembre 2000, Baie de Vilaine (Le Halguen)

Les teneurs en oxygène de l'eau, enregistrées entre mars et juillet 2000 (figures 13, 14, 15), présentent des variations plus ou moins interprétables :

- en mars et début avril, la plupart des valeurs oscillent entre 8 et 11 mg/l, : elles sont donc stables et proches du niveau de saturation (90 % à 120%).

- entre le 7 et le 15 mai, une sursaturation très marquée est enregistrée atteignant 160 % (le 10 mai) puis 180% (le 15 mai) : ces phénomènes s'expliquent habituellement par les efflorescences phytoplanctoniques productrices d'oxygène le jour ; dans ce cas cependant, elles seraient suivies d'hypoxies la nuit suivante, notamment en morte-eau, ce qui n'est pas observé ! : on doit sans doute incriminer un dérèglement de la mesure sous l'effet des salissures sur la membrane, particulièrement abondantes à cette période.

- entre le 19 juin et le 4 juillet, on observe un retour à des pourcentages de saturation normaux (entre 80% et 130%).

L'évolution de la teneur en oxygène sur plusieurs jours n'est pas nettement corrélée au cycle de vive-eau / morte-eau. Par contre, sur 24 heures, le flot s'accompagne presque systématiquement d'un accroissement d'oxygène, et le jusant d'une diminution. Exceptionnellement, c'est le contraire qui est observé (morte-eau de fin juin).

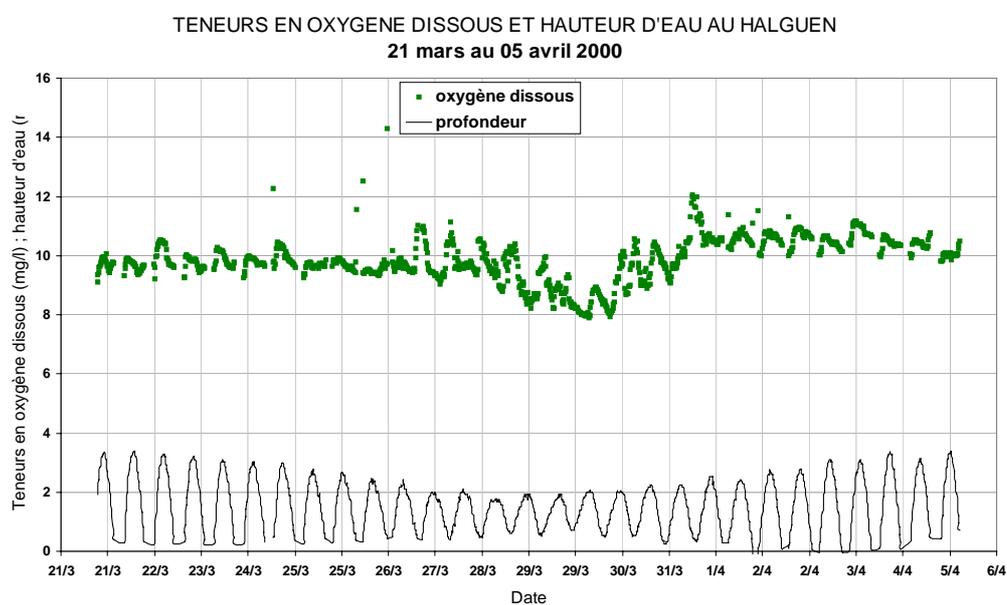


Figure 13 : teneurs en Oxygène dissous et hauteur d'eau en mars-avril 2000

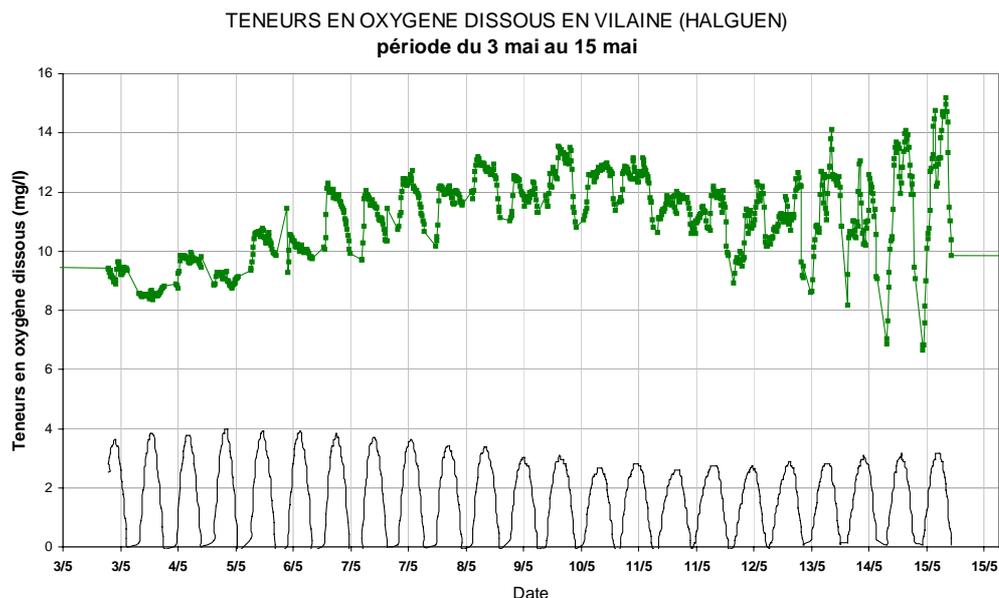


Figure 14: concentration en oxygène dissous et hauteur d'eau en mai 2000

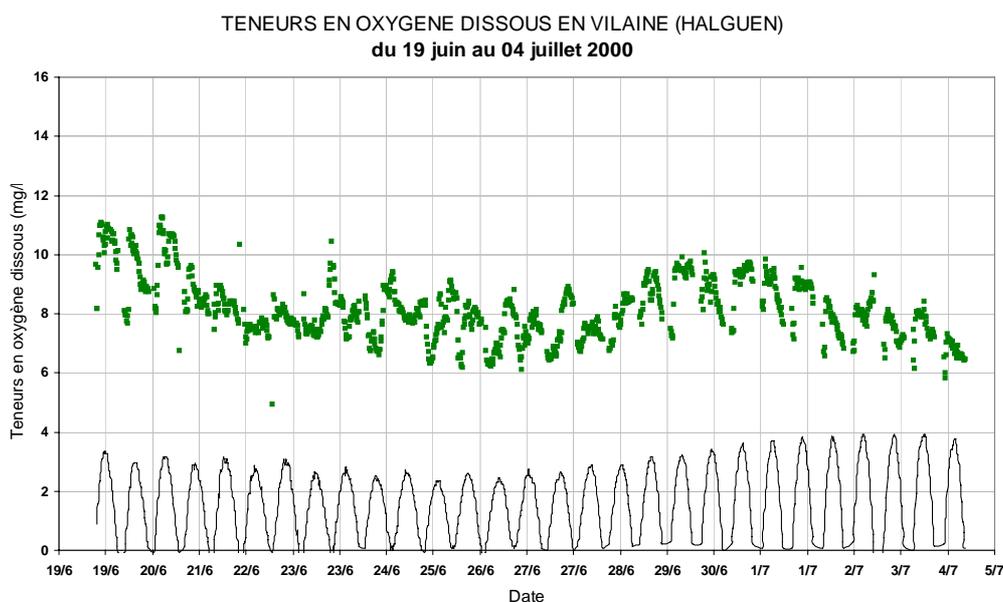


Figure 15 : concentration en oxygène dissous et hauteur d'eau en juin-juillet 2000

4.3. PHYTOPLANCTON

Les courbes des figures 16, 17 et 18, donnent une indication sur l'abondance phytoplanctonique en Baie de Vilaine, en 2000.

- la concentration en chlorophylle a présente une évolution typique (pics printaniers, minimum hivernaux), les valeurs estivales avoisinant 3 mg/m^3 .
- le nombre total de cellules (diatomées + dinoflagellés) dénombrées au microscope (DEL/Trinité) présente une répartition annuelle différente, avec un maximum estival.

En comparaison avec la moyenne des 10 années écoulées, l'année 2000 apparaît comme une année riche du point de vue trophique (figures 17 et 18).

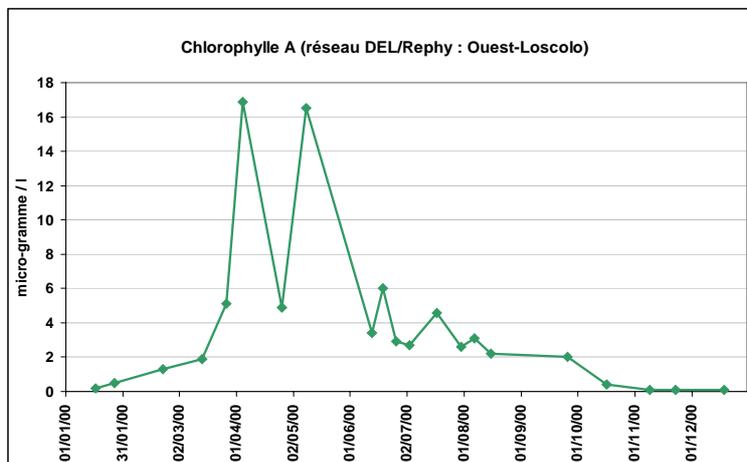


Figure : 16 : Concentrations en Chlorophylle a (Ouest-Looscolo)

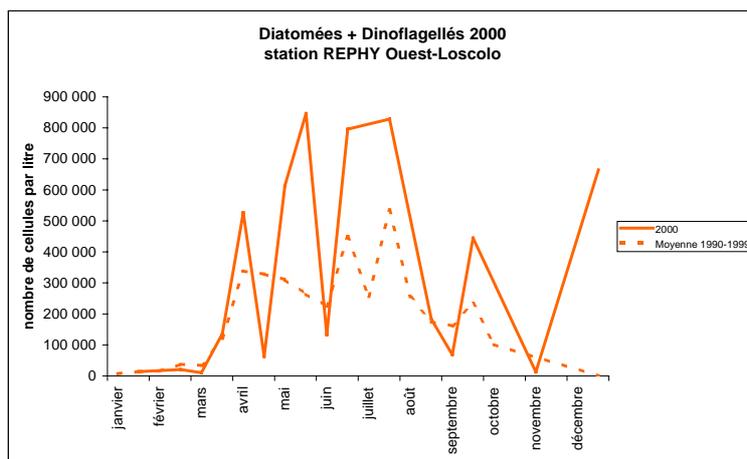


Figure : 17 : Diatomées et Dinoflagellés (>10 microns) (Ouest-Looscolo)

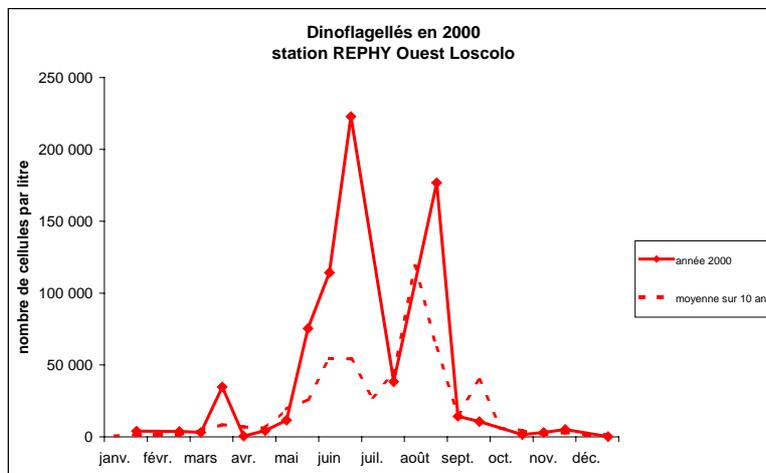


Figure 18 : Dinoflagellés (>10 microns) (Ouest-Looscolo)

5. PERFORMANCES D'ÉLEVAGE DES MOULES

5.1. CROISSANCE

On dispose de 2 sources d'estimations de croissance :

- celles obtenues à partir du poids de l'ensemble des pochons prélevés (la plus précise, mais sans intervalle de confiance sauf aux 2 dates où plusieurs pochons ont été pesés à chaque station) : figure 19,
- celles obtenues sur l'échantillon de 30 moules prélevées dans ces pochons (erreur d'échantillonnage supplémentaire liée au prélèvement de 30 parmi les 200 ou 120 du pochon) : figures 20 et 21.

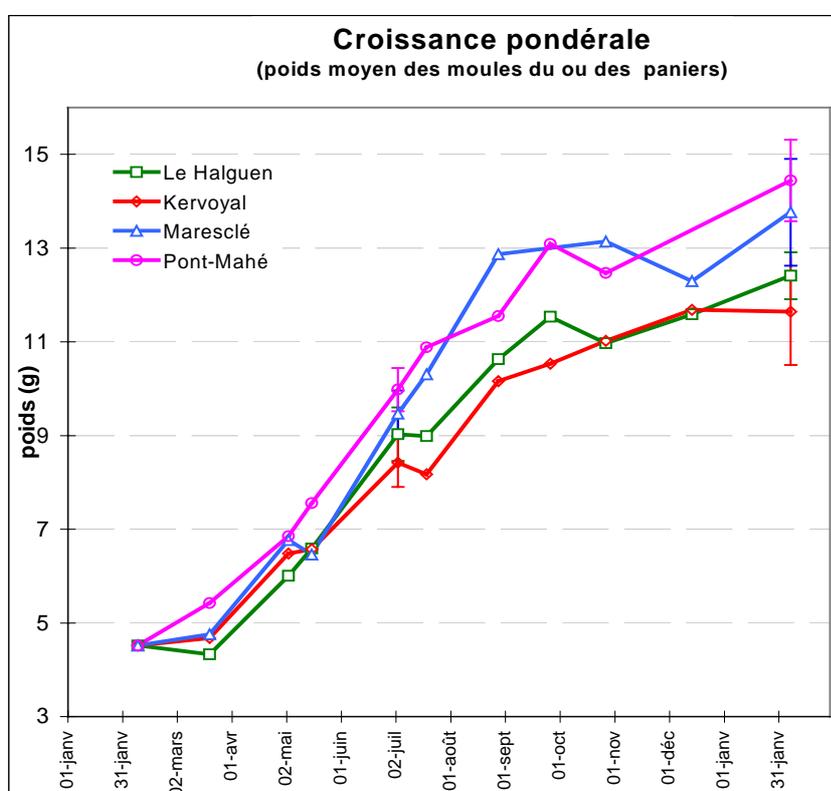
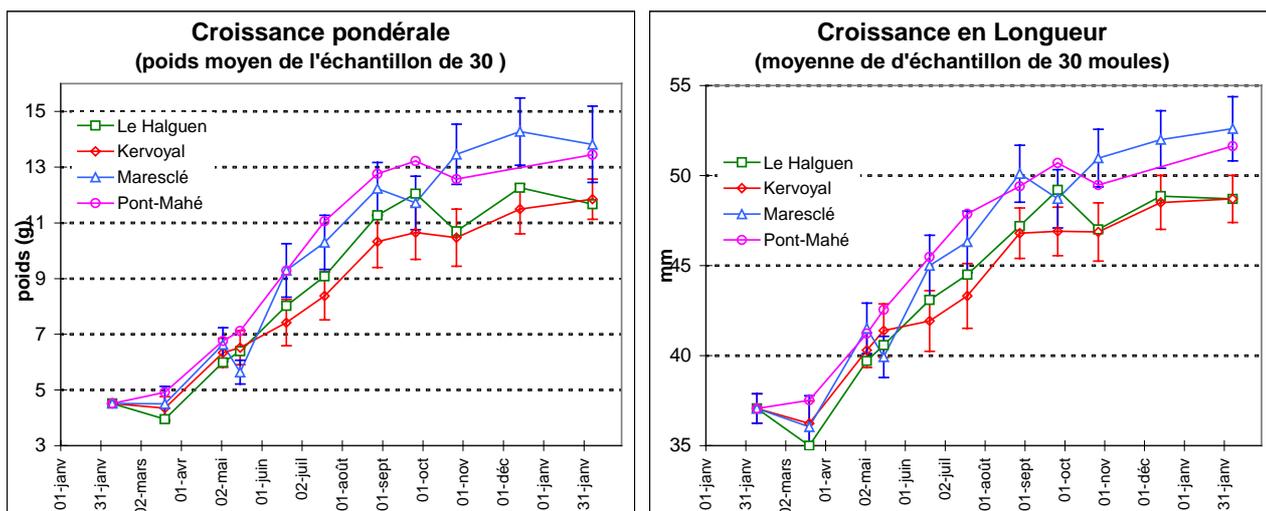


Figure 19: évolution du poids des moules (pesée d'un ou plusieurs pochons complets) : intervalles de confiance 95% quand plus d'un pochon



Figures 20 et 21 : Evolution du poids et de la longueur moyens d'une moule à partir d'échantillons de 30

Les intervalles de confiance 95% calculés, ne sont représentés que pour 2 stations pour raison de visibilité

L'examen de ces courbes de croissance fait apparaître un accroissement rapide du poids entier ou de la longueur entre avril et septembre (de + 1.2 g par mois ou + 2.2 mm par mois en moyenne) suivi d'un net ralentissement hivernal.

L'analyse des **différences spatiales** révèle des écarts globaux hautement significatifs entre les stations (testés sur les poids moyen des poches) dès le mois de juillet, accrus en fin d'essai (risque < 0,1%). L'examen des courbes révèle 2 groupes significativement différents :

- les stations de Pont-Mahé et de Maresclé, les plus poussantes
- les stations du Halguen et de Kervoyal, les moins poussantes

L'écart entre les stations les plus poussantes et les stations les moins poussantes avoisine 1 g de poids moyen en été et 2 g en fin d'essai. Exprimé en pourcentage de différence de gain de poids, cet écart est encore plus important :

	Sites les moins poussants	Sites les plus poussants
Croissance en 7 mois	De 4.5 g à 11 g = +6.5 g	De 4.5 g à 13 g = +8.5 g
Ecart de croissance entre sites		+ 30%

Relation longueur – poids

Cette étude fournit une information précise sur la relation longueur – poids, reposant sur 4 séries (1 par station) de 300 couples de données. (Les moules utilisées pour établir cette relation étaient sorties de l'eau de mer depuis 15 à 30 mn).

L'observation de la figure 22 a permis d'éliminer quelques valeurs aberrantes (erreurs de mesure ou de saisie). De toute évidence, cette relation n'est pas significativement différente d'une station à l'autre.

La formule résultant de l'ensemble des mesures (4 stations confondues) est la suivante :

$$\text{Poids (g)} = 7.16 \times 10^{-5} \times \text{Longueur (mm)}^{3.08}$$

$$r^2 = 0.95$$

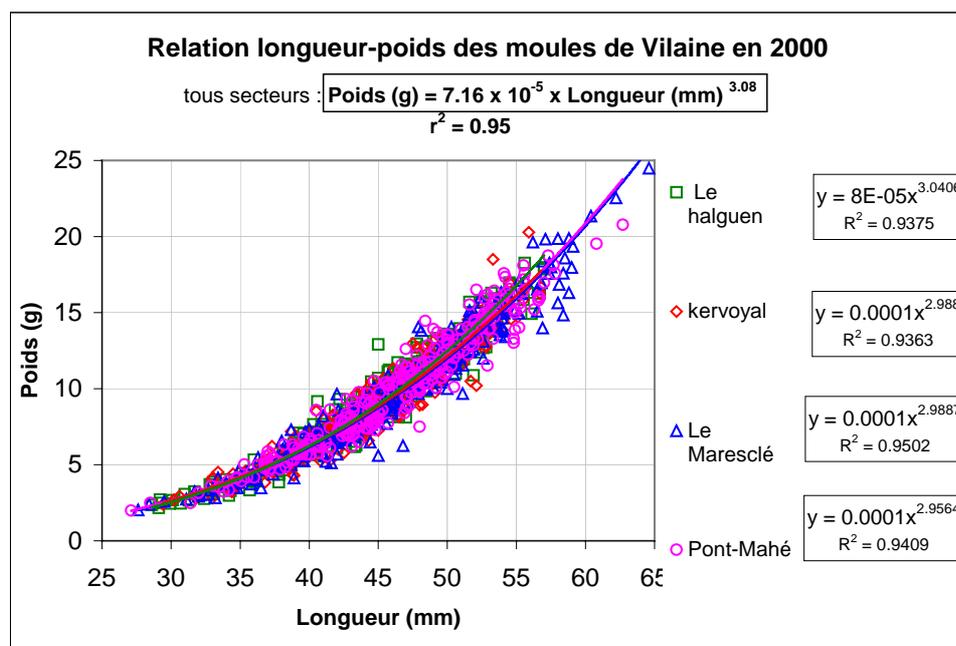


Figure 22 : relation Longueur-Poids des moules de baie de Vilaine en 2000

5.2. ENGRAISSEMENT

L'engraissement, ordinairement estimé par le rapport du poids frais de chair sur le poids frais entier (homologue de l'indice de qualité des huîtres) présente un intérêt commercial évident. En outre, il renseigne sur le cycle de reproduction qui influence très directement cet indice.

L'évolution de cet indice de condition est représentée sur la figure 23 suivante :

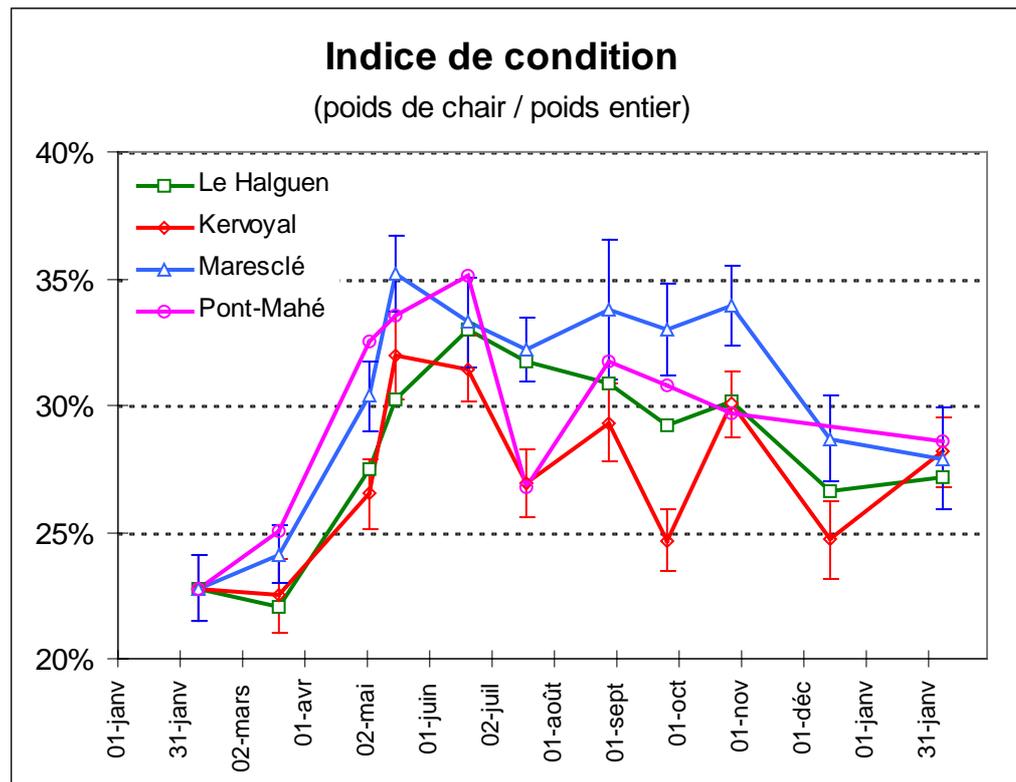


Figure 23: évolution de l'indice de condition (poids frais de chair en pourcentage du poids frais entier)

Commercialement, si l'on se base sur un seuil d'acceptabilité minimum de 25% de chair (en moyenne dans un lot), les moules ont été vendables à partir de mi-avril 2000 (selon les sites), jusqu'à la fin de l'expérience (mi-février 2001).

L'allure générale du cycle, la même dans tous les sites, se caractérise par un indice en régression (Le Halguen, Kervoyal) ou en faible progression (Le Maresclé, Pont-Mahé) au début du suivi, entre le 9 février et le 20 mars, qui pourrait s'interpréter par la ponte. Ensuite, l'indice augmente très vite, passant de 22-25% à 30-35%, le maximum étant atteint entre la mi-mai et la fin juin. Entre juillet et septembre, l'indice reste élevé (supérieur à 30%) dans les stations les plus au sud (Maresclé, Pont-Mahé), mais varie brutalement dans les sites les plus proches de la Vilaine (Le Halguen et Kervoyal). Un regroupement des valeurs est noté en fin d'année.

Des différences sont observées aussi entre les stations, le classement selon le pourcentage de chair reproduisant dans les grandes lignes celui du gain de poids entier : Le Maresclé et Pont-Mahé > Le Halguen > Kervoyal.

Ces différences sont faibles en début et en fin de saison, mais sont très significatives en milieu de saison (Analyse de variance sur les résultats de fin septembre : $P < 0.1\%$).

5.3. MORTALITES

La réalisation de l'élevage expérimental en enceinte fermée (pochon grillagé) visait notamment à permettre une estimation de mortalité

(quasiment impossible sur bouchot). Les résultats acquis, représentés graphiquement dans les figures 24 et 25 ci-dessous, font apparaître des courbes d'allure assez irrégulière. Ceci peut s'expliquer par 2 raisons :

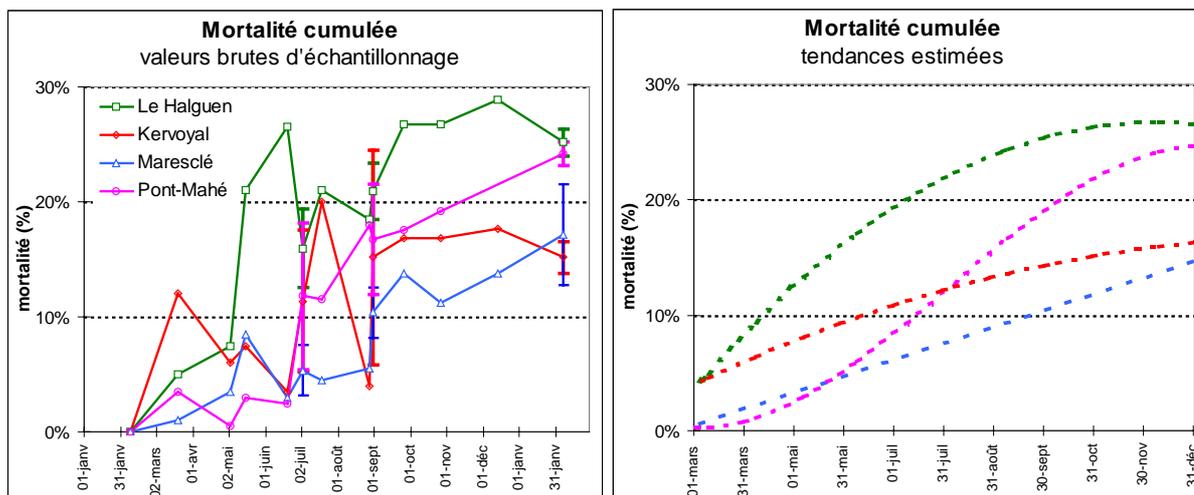
- d'une part, la précision d'un pourcentage, même obtenu sur un effectif de 200 est limitée : intervalle de confiance 6%-15% par exemple pour une mortalité de 10%.
- de plus, il y a des différences entre pochons qui excèdent les différences d'échantillonnage (effets pochons), et augmentent les incertitudes.

Les meilleures estimations sont donc celles du 3 juillet, du 31 août et du 9 février, qui portent respectivement sur 8 et 6 pochons : les intervalles de confiance correspondant à ces dates sont reportées sur le graphique.

Dans l'ensemble, les mortalités dans ces conditions sont relativement faibles : entre 10% et 20% cumulés au milieu de l'été, et entre 15% et 25% au bout d'un an.

L'évolution de ces mortalités au cours de l'année, pour autant que l'on puisse en juger compte tenu des imprécisions d'estimations, se révèle assez régulière, peut-être un peu ralentie en saison froide (malgré les dessalures) et accélérée en saison chaude.

En esquissant l'allure des mortalités cumulées, pour faciliter la lecture, on obtient un classement sans ambiguïté de 3 des stations, dans l'ordre des mortalités croissantes : **Le Maresclé < Kervoyal < Le Halguen**. La mortalité à **Pont-Mahé** est intermédiaire, plus faible que Kervoyal jusqu'au milieu de l'élevage et plus forte ensuite.



Figures 24 et 25 : mortalité cumulée des moules en pochons aux 4 stations (valeurs réelles d'échantillons et tendances estimées)

Les mortalités sur pieux sont certainement supérieures, du fait des prédateurs du dégrappage, et d'une densité plus forte.

5.4. RENDEMENT PONDERAL

En intégrant croissance et mortalité, on obtient un indicateur de rendement, exprimé en croissance par moule initiale (et non pas par moule vivante) et représenté graphiquement dans la figure 26. Un ordre de grandeur des croissances et survies est proposé pour les stations extrêmes, (pour une récolte située entre juin et décembre), le classement relatif étant figuré par le nombre d'* et le rang.

En exprimant de manière plus habituelle le rendement sous forme du rapport entre le poids récolté et le poids ensemencé, on obtient une valeur moyenne proche de 2 (5 g -> 10g), comme pour les huîtres (30 g -> 60 g).

	croissance	Survie	Rendement (= croissance x survie)	Rang décroissant
Le Halguen	** (récolte à 11g)	* (75%)	*** (récolte de 8.25 g par moule)	4
Kervoyal	*	***	****	3
Le Maresclé	**** (récolte à 13g)	**** (90%)	***** (récolte de 11.7 g par moule)	1
Pont-Mahé	*****	**	*****	2

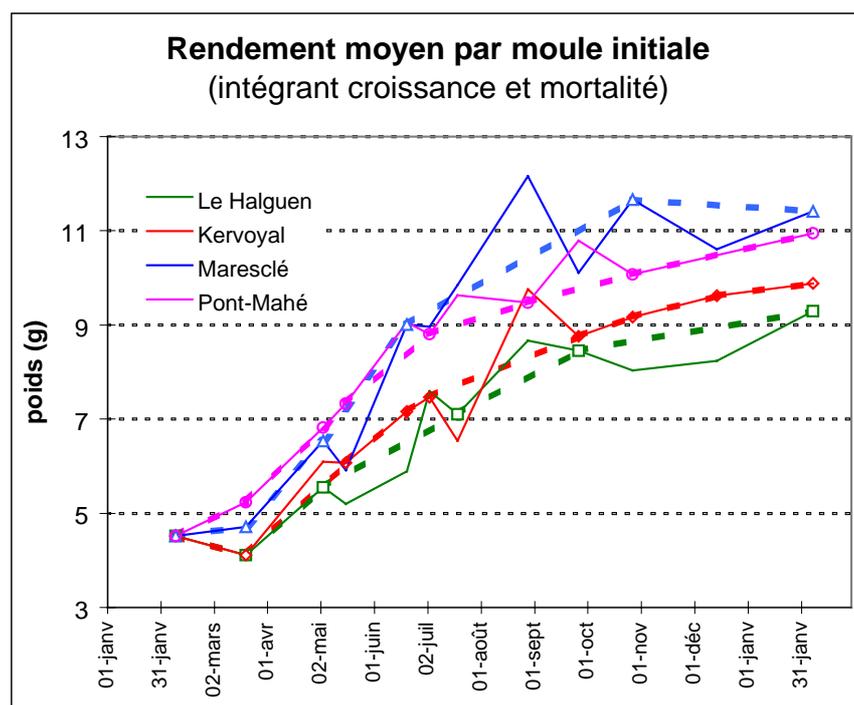


Figure 26 : rendement d'élevage obtenu la deuxième année, à partir d'une moule

Dans ces conditions expérimentales, le supplément de récolte observé entre le site N°1 (Le Maresclé) et le site N° 4 (Le Halguen) a été de **3.45 g par moule, soit 42%**. En réalité, il est possible que ces différences théoriques soient compensées par des densités ou des durées d'élevage différentes, les moules des sites les plus poussants restant moins longtemps en élevage (?).

6. INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES

Un indicateur comportemental, susceptible de renseigner sur la qualité de l'eau, est l'écartement valvaire des moules, enregistré sur un échantillon de 8 moules, au moyen du « valvomètre ».

Les autres indicateurs physiologiques étudiés (force musculaire et herméticité) visent plutôt à caractériser l'état général des moules (par exemple sous l'effet des dessalures ou de la pollution pétrolière).

Une mise au point de tests simples applicables aux moules a été effectuée au laboratoire, dans le cadre d'un stage de DESS de l'Université de Bretagne Sud (Vannes). Sans attendre de disposer de toutes les informations sur la sensibilité respective des différents tests, deux d'entre eux ont été mis en œuvre sur une base mensuelle, sur 2 des stations suivies les plus distantes : Le Halguen et Pont-Mahé.

6.1. ECARTEMENTS VALVAIRES

L'activité valvaire des moules enregistrée en Vilaine (Halguen) du mois d'avril au mois d'août est représentée sur les figures 27 à 33 ainsi qu'en annexe.

L'analyse des enregistrements valvaires révèle trois types de mouvements, illustrés sur la figure 27:

a - des mouvements de faible amplitude sont observés en permanence chez les moules. Ils correspondent à des variations inférieures à 20% entre deux valeurs successives (Floch, 1994). Ils traduisent une activité physiologique de filtration et de respiration qui induit un courant branchial en fonction des besoins alimentaires. On peut observer sur la figure 28 une certaine hyperactivité de l'ensemble des moules au moment de leur ré-immersion, qui peut s'interpréter par une compensation de la période d'émersion précédente.

b - des mouvements plus amples non simultanés entre les différents individus, sans fermeture totale : ils correspondent à des pics d'adduction provoqués par l'émission de pseudofécès et fécès.

c - des réactions valvaires simultanées, correspondant soit à un changement de rythme valvaire (hyperactivité ou hypoactivité), soit à une diminution de l'ouverture moyenne des moules (ou fermeture partielle), qui signalent une modification des conditions environnementales, perçue par les moules.

d - Les fermetures valvaires quasi-complètes et simultanées qui peuvent être un moyen de protection du mollusque vis-à-vis de son environnement: prédation, variation naturelle du milieu, altération de la qualité de l'eau.

Le valvomètre découvre à marée basse à des coefficients supérieurs à 40. Les moules subissent donc presque quotidiennement des exondations accompagnées de fermetures valvaires simultanées.

On distingue au cours des 5 mois d'enregistrement **très peu de fermetures valvaires simultanées chez les moules immergées**. Quelques-unes d'entre elles, aisément interprétables, sont analysées ci-dessous .

- la figure 29 met en évidence des fermetures valvaires fréquentes entre le 25 avril et le 29 avril alors que les coefficients de marée sont inférieurs à 40 (absence d'émersion). Ces fermetures valvaires peuvent se prolonger plusieurs heures.

- A l'observation de la figure 30, ces fermetures se révèlent nettement corrélées aux chutes des salinités liées à la forte pluviométrie d'avril et au faible renouvellement de l'eau durant la morte eau. **Les fermetures se déclenchent au moment où la salinité descend à moins de 15 ‰ environ.**

- Entre le 26 avril à 11h30 et le 27 avril à 7h15 (figure 31) la dessalure à moins de 15 ‰ se prolonge. Pourtant, les moules se réouvrent au moment du flot pour se refermer au jusant, comme si d'autres éléments perturbateurs venaient se rajouter à la dessalure à basse mer (turbidité, polluants ?).

Le 27 avril entre 15h30 et 20h45 (figure 32) on assiste à une dessalure brutale à 10 ‰. Les moules réagissent rapidement en moins de 15 minutes et se ferment.

Entre le 28 avril et le 29 avril (figure 33) la dessalure se prolonge par un palier à 15 ‰, les moules se réouvrent alors après 6h00 de fermeture valvaire et s'ouvrent au maximum dès que la salinité devient supérieure à 20 ‰.

Par ailleurs des réactions valvaires simultanées moins marquées (correspondant pour la plupart à des dessalures de courte durée) sont occasionnellement observées en Vilaine et sont présentées en annexe.

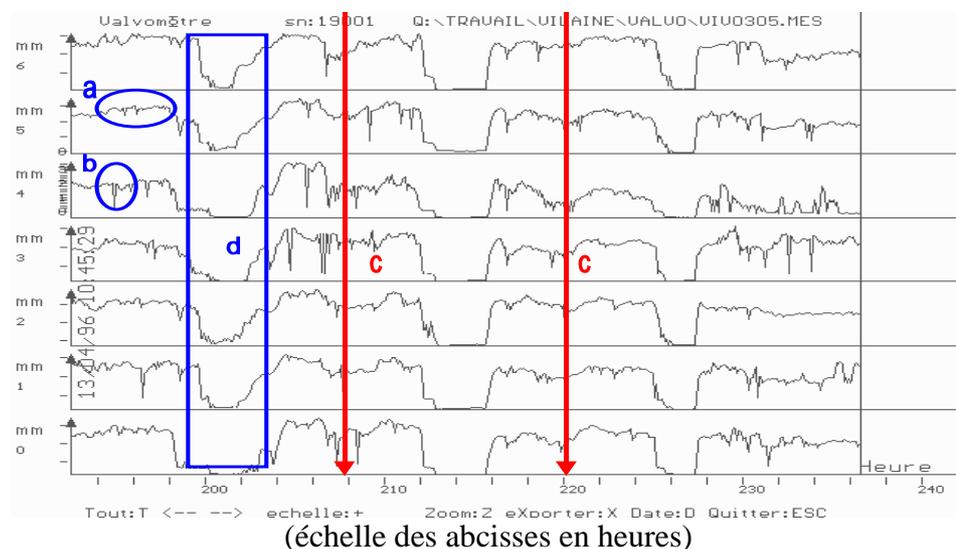


Figure 27 : réactions valvaires des moules en Vilaine (Halguen).

- (a) mouvements de faibles amplitudes,
- (b) pics d'adduction,
- (c) réactions valvaires simultanées,
- (d) fermetures valvaires simultanées dues à une exondation.

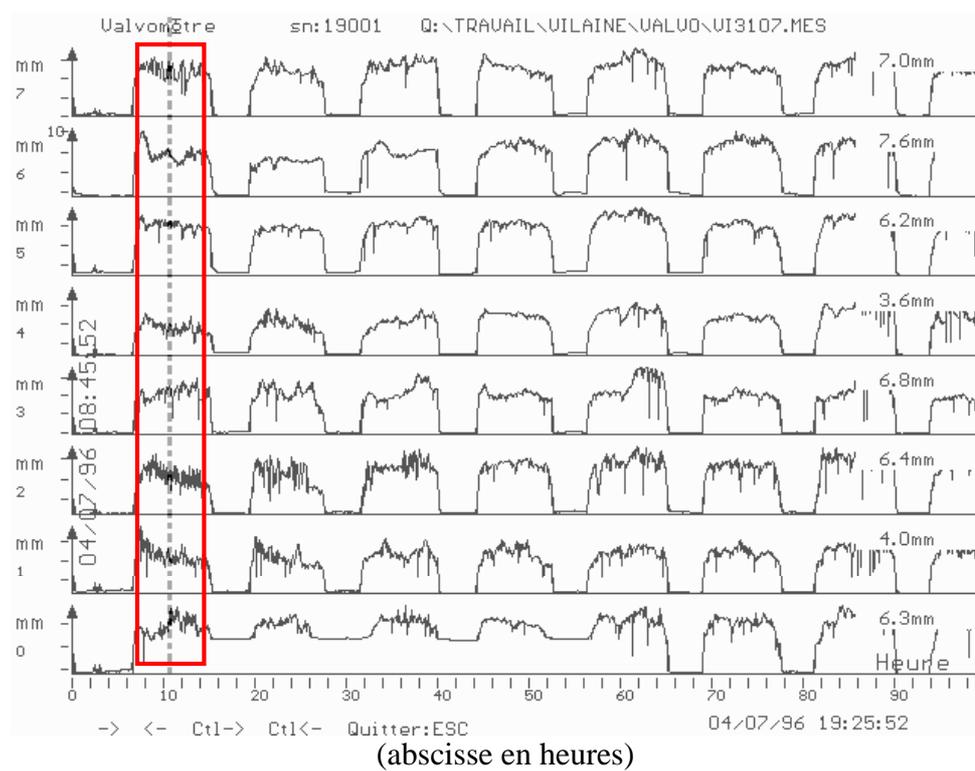


Figure 28 : hyperactivité des moules en début de réimmersion, le 04/07/00

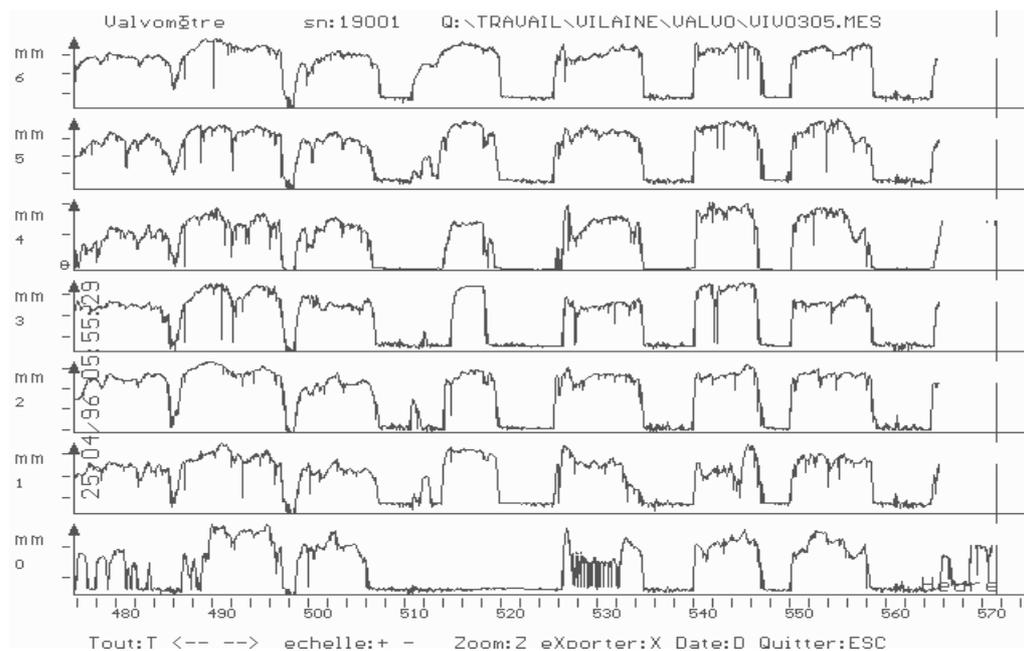


Figure 29 : fermetures valvaires des moules en Vilaine (Halguen) entre le 25 avril à 6H00 et le 29 avril à 6H00, sans exondation (coefficients de marées inférieurs à 40)

Activité valvaire des moules en Vilaine (Halguen) durant une dessalure entre le 24 avril et le 29 avril 2000

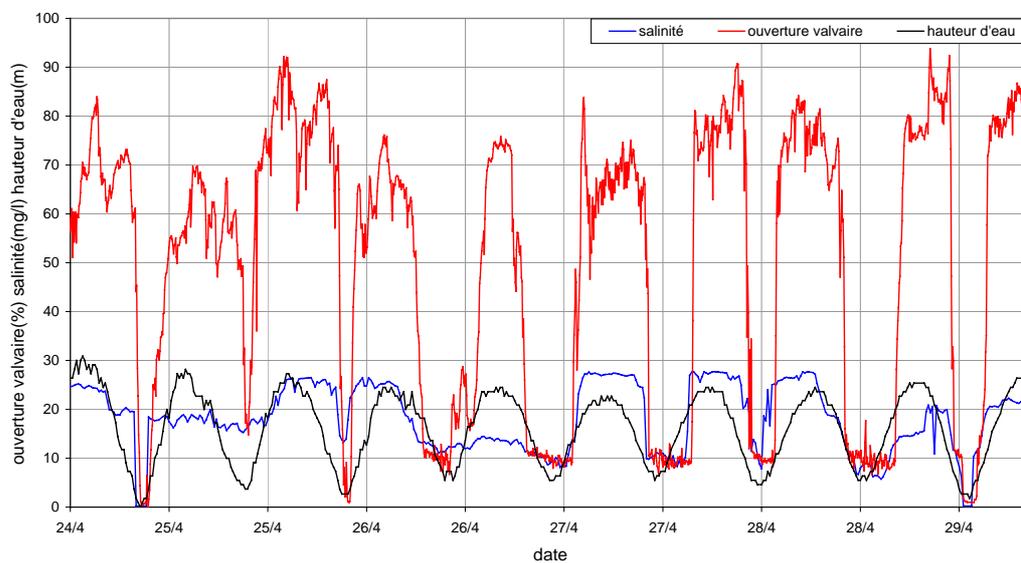


Figure 30 : nombreuses fermetures valvaires induites par dessalure

Activité valvaire des moules en Vilaine (Halguen) durant une dessalure entre le 26 avril et le 27 avril 2000

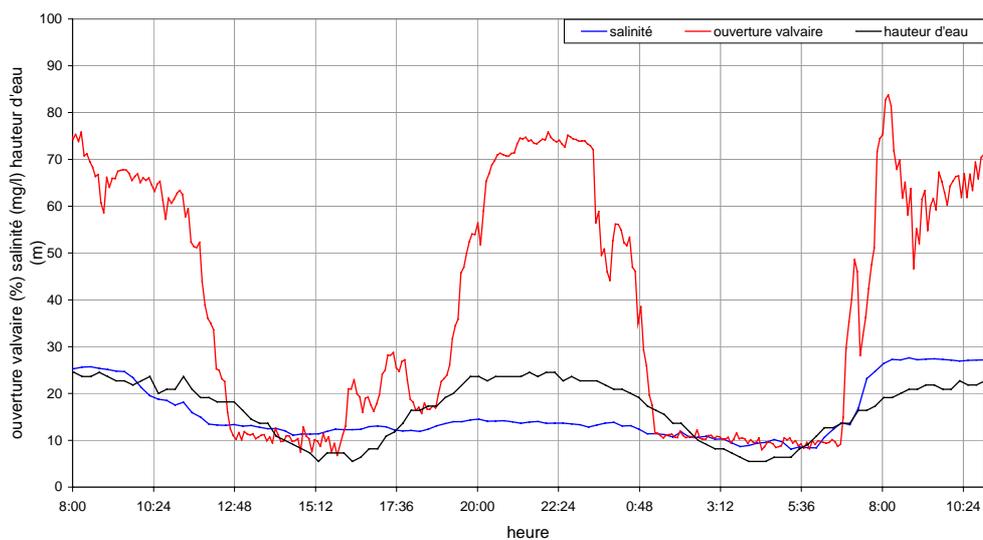


Figure 31 : Vue de détail de 2 fermetures valvaires prolongées, sous l'effet de dessalures prolongées

Activité valvaire des moules en Vilaine (Halguen) durant une dessalure brutale de 27⁰/₀₀ à 10⁰/₀₀ le 27 avril 2000

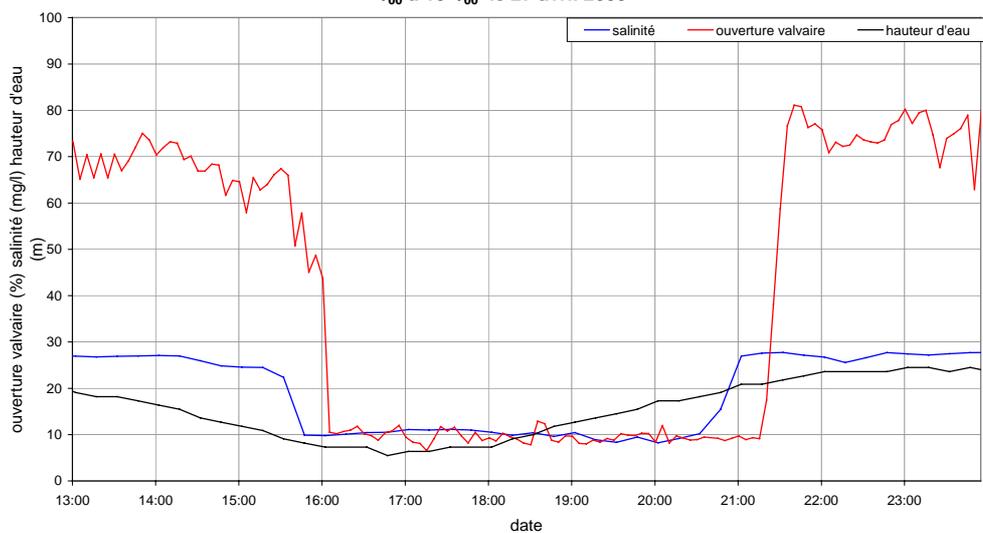


Figure 32 : fermetures valvaires sous l'effet de dessalures brutales

Activité valvaire des moules en Vilaine (Halguen) durant une dessalure entre le 28 avril et le 29 avril 2000

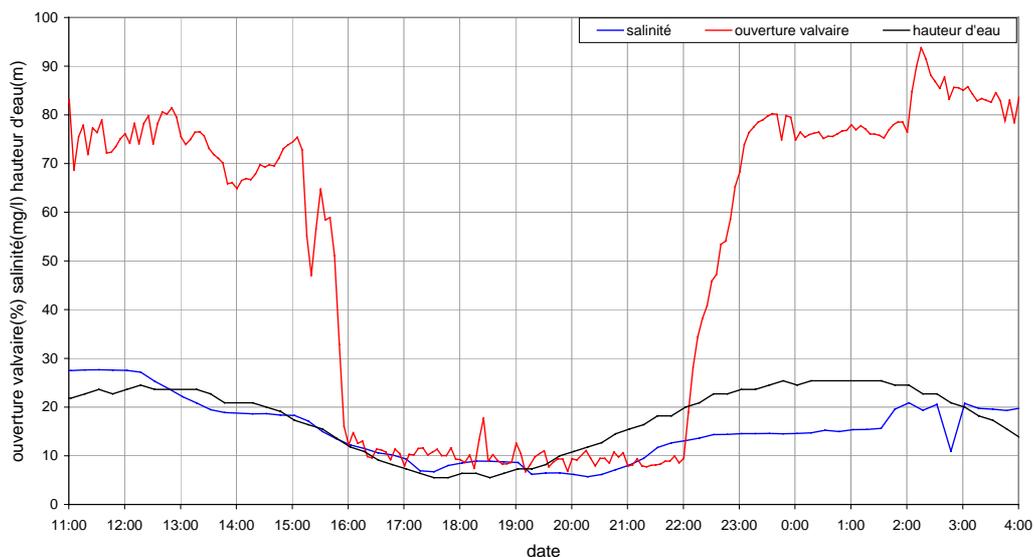


Figure 33 : fermetures valvaires sous l'effet de dessalures prolongées

6.2. INDICES DE VITALITE DES MOULES

6.2.1. La force musculaire

On observe une évolution très marquée de la force musculaire au cours du temps, quand celle-ci est exprimée en valeur absolue (figure 35). En tenant compte de la loi d'allométrie représentée dans la figure 34, on obtient une évolution d'indice de force ou force relative en 3 phases interprétables (figure 36):

- la stagnation (ou régression) initiale coïncide avec la période de reproduction
- l'augmentation estivale correspond à une période de repos sexuel et d'abondance trophique
- la diminution hivernale peut s'interpréter par les conditions de milieu moins favorables et éventuellement la reprise de la gamétogenèse.

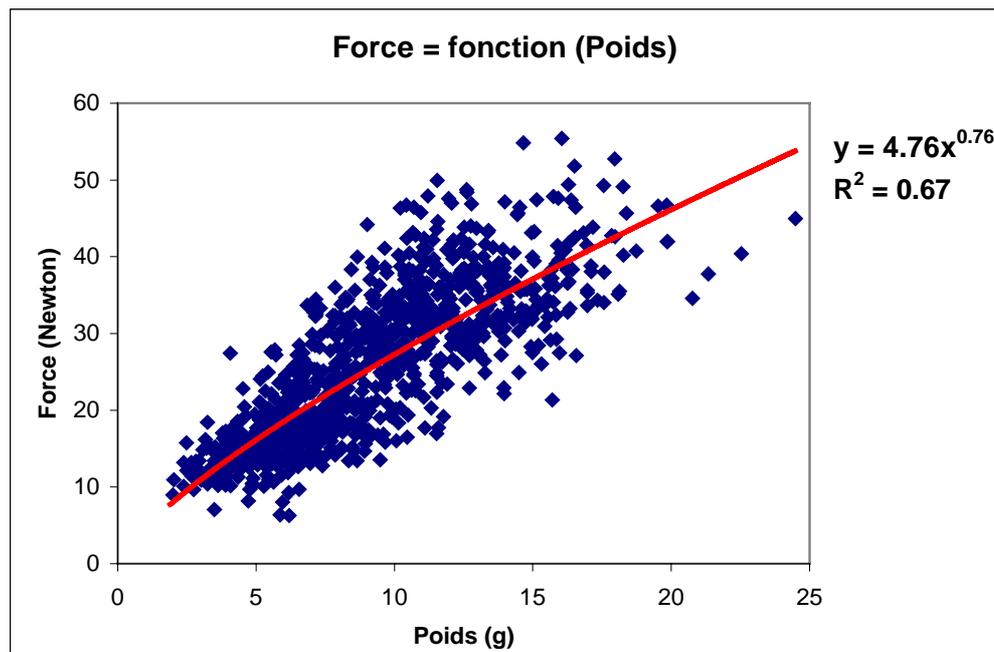


Figure 34: relation entre force absolue intervalvaire et poids frais entier des moules

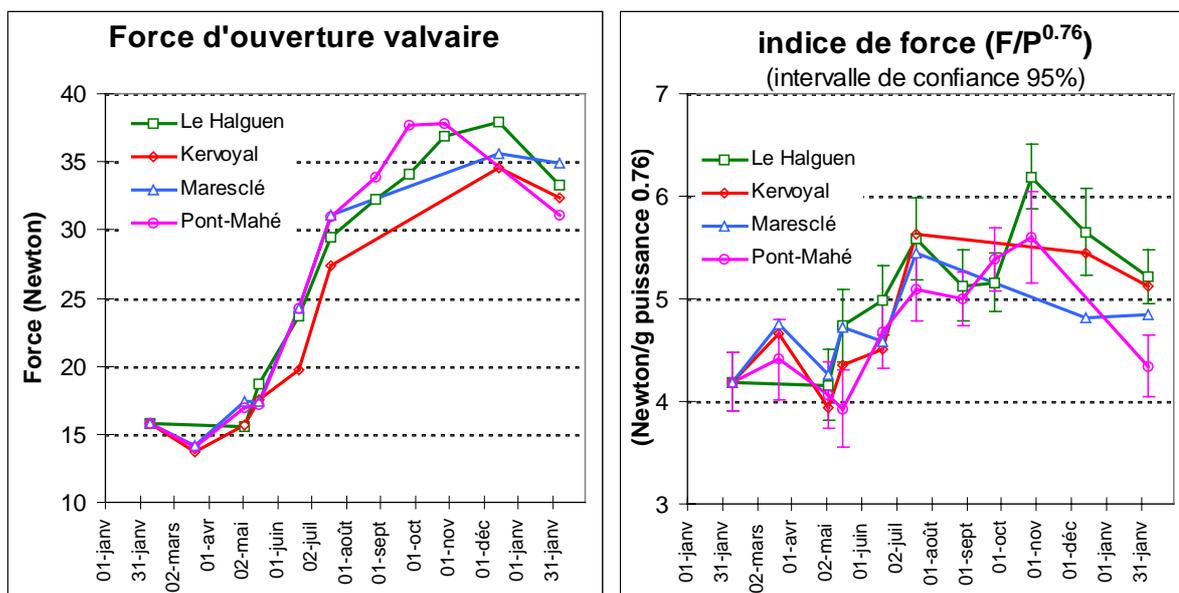


Figure 35 et 36: Force musculaire absolue et relative d'écartement valvaire

On observe également une différence entre les sites extrêmes, en particulier en fin d'essai, les forces relatives des moules du Halguen notamment excédant celles de Pont-Mahé. L'explication n'apparaît pas clairement, ce classement ne correspondant ni au classement des durées d'exondation, si au classement des mortalités. Un autre indice physiologique, l'herméticité, présentée ci-après aboutit cependant au même classement entre stations.

6.2.2. Herméticité (ou perte de sel) des moules

La figure 37 présente l'évolution observée au cours de l'année :

L'évolution observée se caractérise par un minimum d'hiver-printemps et un maximum d'été-automne. Cette évolution, très différente de celle observée sur les huîtres, pourrait s'expliquer par le cycle de gamétogenèse (hivernale) ou par la dégradation hivernale de la qualité d'eau (dessalure...).

L'insuffisance du nombre de mesures ne permet pas de conclure précisément aux différences entre sites. Il semble cependant que le classement soit le même que pour la force musculaire, c'est à dire décroissant de :

Le Halguen > Kervoyal > Maresclé > Pont-Mahé

On peut noter que cet ordre correspond à la proximité de la Vilaine et donc peut-être au potentiel d'acclimatation aux dessalures.

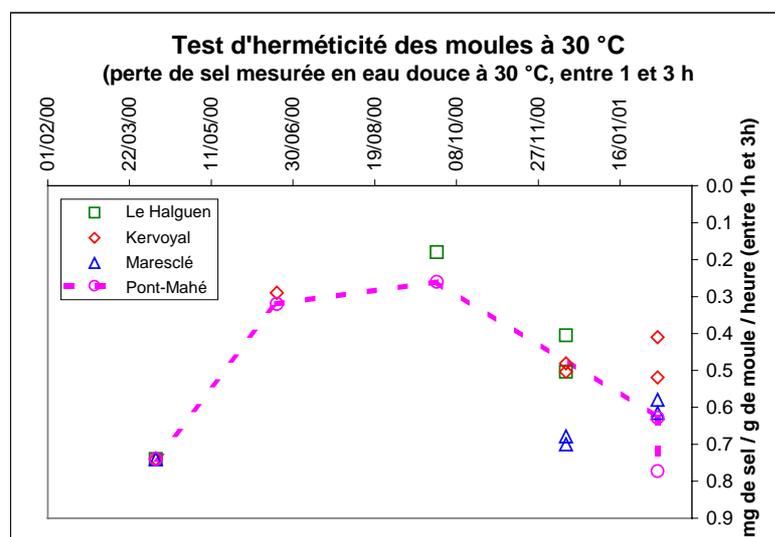


Figure 37: Evolution annuelle de la réponse au test d'herméticité des moules

7. DISCUSSION-CONCLUSION

Une analyse critique du protocole expérimental doit être faite, ainsi qu'un bilan de ces essais (comparativement à d'autres secteurs).

7.1. LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Dans les grandes lignes, le protocole expérimental mis en œuvre a donné satisfaction :

- le système d'élevage expérimental en pochons grillagés convient aux moules et est assez facilement manipulable, surtout si les opérations sur le terrain se limitent à prélever un pochon entier, sans retour. Les interventions sur l'ensemble des pochons (changement de maille, tri entre moules expérimentales et naissain surnuméraire) peuvent être limitées à deux.
- une plus grande attention devra être portée à la position des pochons (la même hauteur à toutes les stations, et pas trop haut)
- 2 stations extrêmes (par exemple Le Halguen et Pont-Mahé) pourraient suffire dans le cadre d'un suivi pluri-annuel.

Un maximum de soin apporté lors de l'échantillonnage et des mesures, éviterait quelques anomalies de résultats : la concordance entre le poids moyen de l'échantillon de 30 moules et le poids moyen de l'ensemble des moules du pochon mérite par exemple d'être vérifiée pour valider la représentativité de l'échantillon.

Concernant les paramètres suivis, turbidité et chlorophylle seraient des facteurs explicatifs utiles, mais ils nécessitent une fréquence de prélèvement élevée (semaine ou quinzaine) et des heures fixes par rapport aux marées.

En croisant les expériences acquises en expérimentation dans le Pertuis Breton (Laboratoire Conchylicole de Charente-Poitou, à La Tremblade) avec celle-ci, un protocole de réseau national de suivi des performances d'élevage des moules pourrait être élaboré.

7.2. EXTRAPOLATION AUX MOULES SUR PIEUX

Le système des pochons présente un intérêt expérimental évident, en particulier pour l'élimination du naissain surcapté et l'estimation des mortalités.

On peut penser que ce système représente assez fidèlement la croissance des moules du pieu, mais il sous-estime certainement la mortalité (en particulier celle liée aux prédateurs).

Il serait intéressant de procéder au moins une fois à une comparaison entre les moules d'un pieu et celles d'un pochon voisin.

7.3. COMPARAISON AVEC D'AUTRES SUIVIS DE CROISSANCE

Les comparaisons précises avec d'autres études sont souvent malaisées, parce que les conditions de suivi diffèrent (tailles initiales, durées de suivi,

mode d'expression des résultats, conditions d'élevage). Des indications générales peuvent cependant être fournies.

- en Baie de Vilaine :

Des suivis de croissance en poche entre 1993 et 1996 ont montré des performances médiocres, mais la technique était peut-être mal adaptée et surtout, le site d'essai à la pointe du Bile enclavé (à l'arrière de bouchots).

Un suivi de moules directement sur pieux (et suspension) dans le secteur du Maresclé, en 1993-1994 (Le Chanjour *et al.*, 1995), a montré des vitesses de croissance en saison favorable, de l'ordre de 0.9 g par mois la première année et 1.2 g par mois la deuxième année (comme dans cette étude).

- dans le Pertuis Breton

En 1999 (Robert *et al.*, 1999), année de pousse médiocre, les croissances expérimentales enregistrées dans le Pertuis Breton avoisinaient entre mars et octobre 0.7 g par mois en tête de bouchot et 1.2 g par mois sur filière.

L'année 2000, (Robert *et al.*, 2001), année « moyenne », les croissances sur bouchots à la bonne saison (mars-septembre) dans 3 stations de suivi vont de 0.7 g par mois à 1 g par mois, tandis que les croissances sur filières sont plus rapides.

D'une manière générale, de grandes différences de croissance (du simple au double) peuvent être observées entre bonnes années (1992, 1993) et les mauvaises années (1990, 1994, 1999).

7.4. PRINCIPAUX ACQUIS DE CETTE ETUDE

Les enregistrements continus de température, salinité et profondeur, assez simples à mettre en œuvre, donnent une image précise des évolutions et mettent en évidence de brusques variations, que ce soient les variations de température à l'émersion ou les variations de salinité en période de forte pluviométrie (à marée basse ou sous l'effet de lachers ponctuels du barrage d'Arzal).

Les performances d'élevage sont à présent assez bien renseignées, durant une année complète : dans cette étude, des écarts significatifs, mais pas considérables ont été observés entre les performances des secteurs soumis directement à l'influence de la Vilaine (Kervoyal et Halguen) et les secteurs plus éloignés vers le sud (Le Maresclé et Pont-Mahé), en faveur de ces derniers. Le handicap des stations sous l'influence de la Vilaine pourrait s'expliquer par les dessalures et la turbidité plus importante, mais serait à vérifier en année moins pluvieuse (et avec des pochons mieux alignés en hauteur).

Les mortalités observées dans ces enceintes protectrices des prédateurs (entre 15% et 25% cumulé) sont plutôt faibles, surtout si l'on considère les fortes contraintes de dessalure subies en fin d'année.

Du point de vue physiologique les moules paraissent remarquablement adaptées ou tolérantes vis à vis de ces conditions de milieu à tendance estuarienne et caractérisées par de fortes variations journalières et saisonnières des conditions de milieu (température, salinité, turbidité, abondance trophique) :

- l'étude des écartements valvaires fournit une information originale sur le comportement face aux dessalures

- les 2 autres indices, mesurés pour la première fois de manière suivie sur des moules, mettent l'un et l'autre en évidence des variations saisonnières cohérentes, avec un minimum de « vitalité » au moment de la reproduction et un maximum en fin d'été (réserves maximum et repos sexuel).

Ces résultats obtenus une année particulière mériteraient d'être confortés par un suivi d'autres années, afin d'identifier les caractères permanents et les variations conjoncturelles.

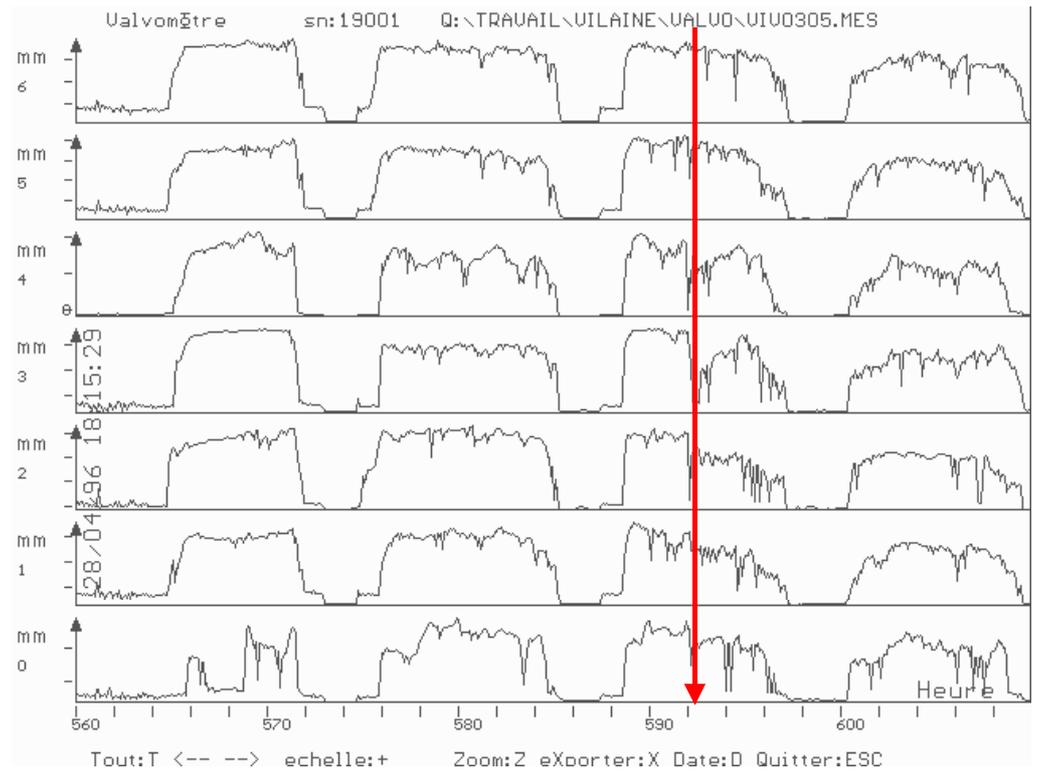
Aucune anomalie dans les résultats d'élevage, n'a été relevée, qui puisse être mise en relation avec le naufrage de l'Erika (décembre 1999), dont le pétrole a atteint cette zone côtière.

BIBLIOGRAPHIE

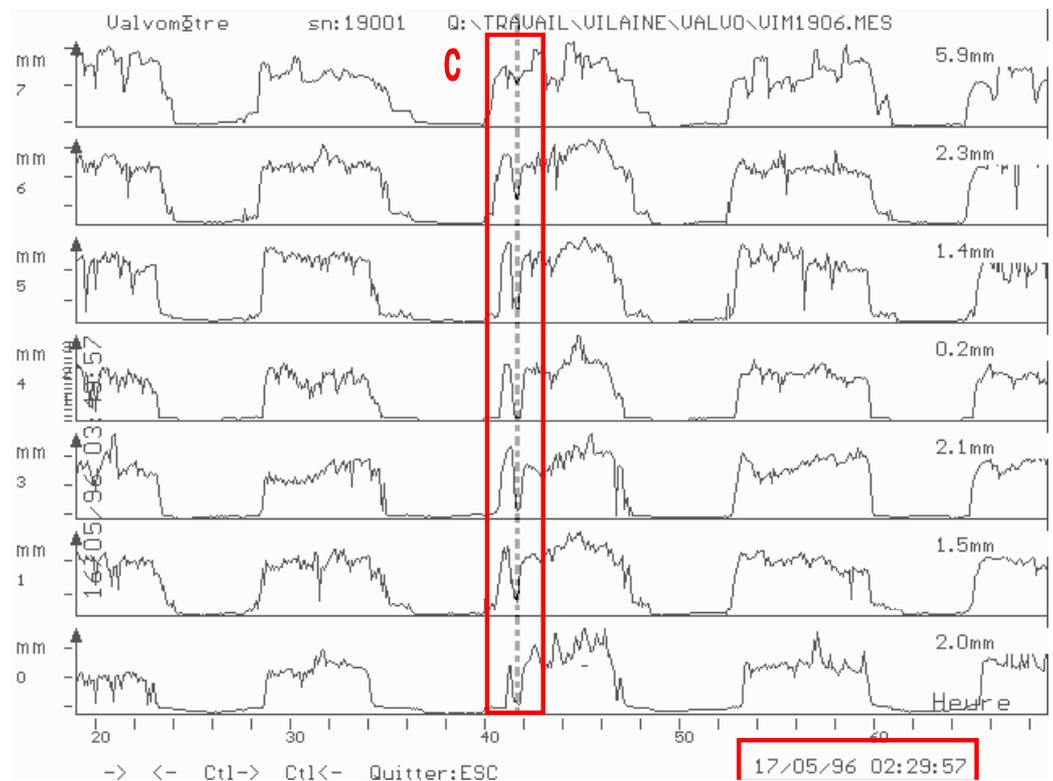
- Fleury P.G., F. Cornette, S. Claude, H. Palvadeau, S. Robert, F. D'Amico, P. Le Gall, C. Vercelli** (2001) . Remora, résultat des stations nationales Année 2000. DRV/RA/RST/01-02
- Floch A.** (1994). Un capteur biologique original enregistrant les mouvements valvaires des mollusques bivalves. Th. Doct. Vet. Nantes.
- Danioux Ch., R. Le Chanjour** (1996). Le bouchot suspendu. Rapport d'expérimentation. DITI/NPA 96.61 CD/MLB, 21p.
- Le Chanjour R. et J. Mazurié** (1995). Contribution à l'étude de l'élevage de moules *Mytilus edulis* sur portique en baie de Vilaine : suivi comparatif de croissance entre le pieu et la suspension de juillet 1993 à juin 1994. (E110)
- Pelvin C.** (2000). Aptitude de quatre tests simples à qualifier la vitalité de moules soumises à des épreuves graduelles. Rapport de stage Ifremer-UBS Vannes. 38 p.
- Robert S., S. Bougrier, P. Garen, P. Gouletquer, P. Soletchnick, P. Geairon, O. Le Moine, D. Razet, N. Faury, S. Taillade** (1999). Suivi de croissance de la moule *Mytilus edulis* dans le Pertuis Breton, sur 3 sites différents : filière, bouchot, fond ; période février 1999-octobre 1999. RA/LCPC Novembre 99.
- Robert S., P. Geairon, P. Guilpain, D. Razet, N. Faury, J.L. Seugnet, J. Grizon, P. Soletchnick, O. Le Moine, P. Gouletquer, S. Taillade** (2001). Remoula 2000 ; réseau de croissance moule des Pertuis Charentais ; mars 2000-février 2001. DRV/RA/RST/01-03.

ANNEXE

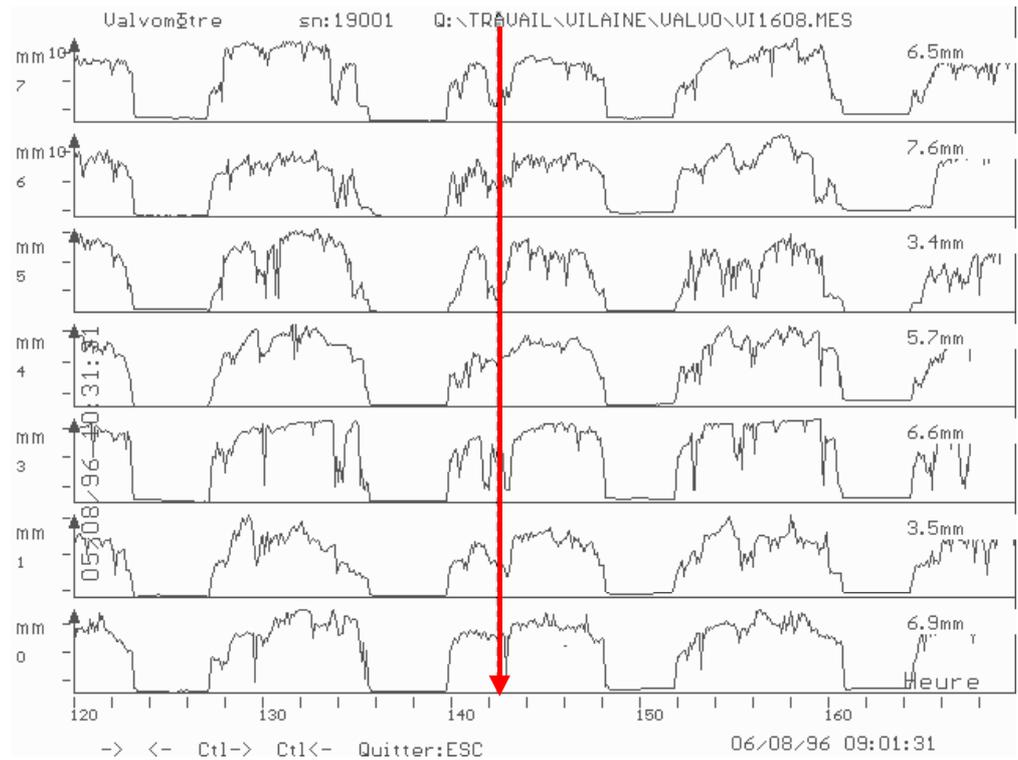
Quelques réactions valvaires simultanées
(en complément de celles présentées dans le texte)



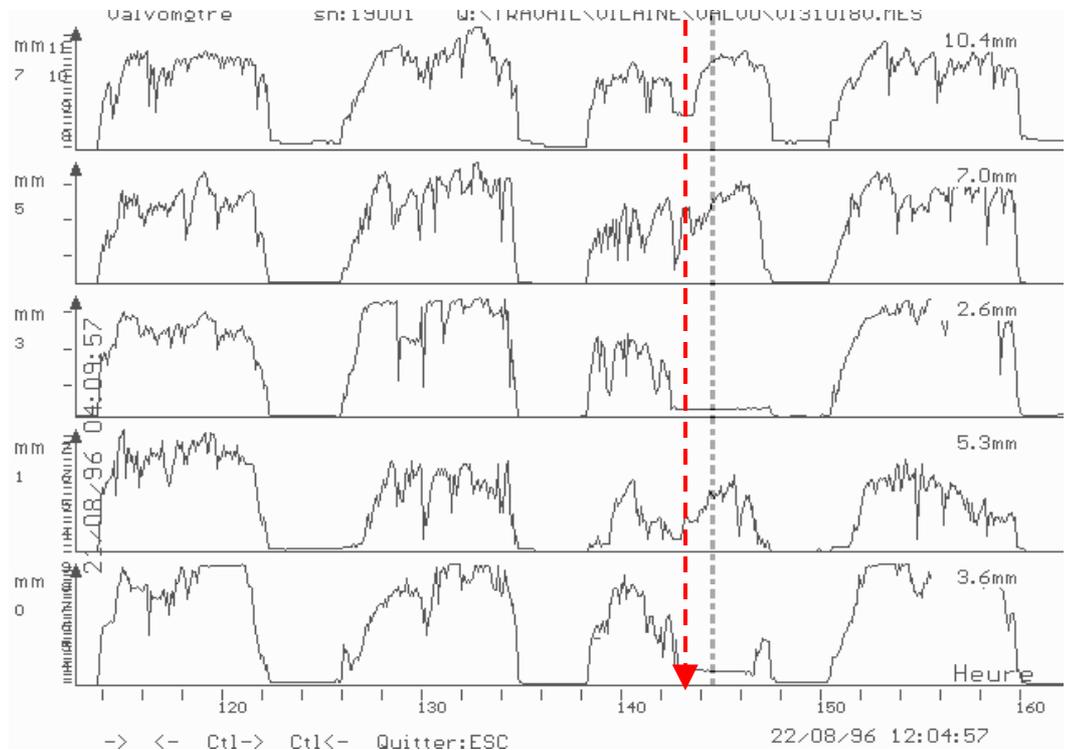
Annexe 1 : fermeture valvinaire partielle de 7 moules, le 30 avril, vers 2h30
(dessalure brutale à marée haute)



Annexe 2 : fermeture valvinaire simultanée de 7 moules, le 17 mai vers 2h29
(dessalure brutale à marée haute)



Annexe 3 : fermeture valvaire simultanée de 7 moules le 06 août vers 9h01 (inexpliquée)



Annexe 4 : fermeture valvaire simultanée, le 5 août, vers 10h 04 (inexpliquée)