

## A propos des problèmes de captage de naissain de moules (*Mytilus edulis* L.) dans le Pertuis Breton de 1989 à 1991 : Observations préliminaires

Marie José DARDIGNAC-CORBEIL<sup>1</sup> et Jean PROU<sup>2</sup>

### ABSTRACT

**Problems with spat recruitment of mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Pertuis Breton, French Atlantic coast from 1989 to 1991: Preliminary observations**

A retrospective study has been carried out on the possible relationships between the spat recruitment of mussels from the Pertuis Breton (France) and some environmental factors at different periods of the year.

A significant negative correlation between recruitment and temperature has been found at two periods of the reproductive cycle ; the first one coinciding with gametogenesis and the second one taking place just before spawning. But, no relation was noticed with temperature or salinity during the planktonic stage. These results are discussed.

An interesting relationship was found between recruitment and "E.T.P.", an index expressing the drying power of air, taking into account temperature, wind, sunshine and moistness. Dessication appears to be important when the larvae collectors are submitted to long periods of emersion, during spring tides. Nevertheless, specific studies might be undertaken in order to precise the resistance of mussel spats to drying, according to their age and the importance of this process (intensity and duration).

### RESUME

Une analyse rétrospective des relations entre le captage de moules dans le Pertuis Breton (France) et certains facteurs environnementaux a permis d'identifier deux périodes pendant lesquelles il existe une corrélation négative significative entre la température et le recrutement. Ces périodes coïncident, la première avec la gamétogénèse, la seconde avec le moment précédant la ponte. En revanche, il n'a pas été constaté de relation entre le captage et soit la température soit la salinité qui ont régné au moment de la phase larvaire. Les résultats de cette étude sont discutés.

L'intérêt de ce travail réside surtout dans la mise en évidence de l'action exercée par un paramètre qui représente le pouvoir desséchant de l'air : l'évapotranspiration potentielle ou E.T.P. Ce facteur joue un rôle apparemment très important lorsque le captage de naissains de moules est effectué sur des supports qui subissent des temps d'exondaison relativement longs, ce qui est le cas pour les bouchots du Pertuis Breton. Des études appropriées devraient cependant être entreprises pour déterminer les capacités de résistance à la dessiccation des naissains de moules en fonction de l'âge des animaux d'une part, de l'intensité et de la durée du phénomène d'autre part.

<sup>1</sup> IFREMER - Place du Séminaire - F-17137 L'Houmeau

<sup>2</sup> CREMA - B.P. 5 - F-17137 L'Houmeau

## INTRODUCTION

Situé sur la côte atlantique, au nord de La Rochelle, le Pertuis Breton joue en mytiliculture un rôle important au niveau national. Sa production le met au deuxième rang des bassins d'élevage français ; de plus il fournit la plus grande partie des jeunes moules qui sont élevées en Bretagne et en Normandie car ces secteurs ne produisent pas de naissain.

Bien que certaines années aient connu des captages déficients, ces accidents, jusqu'à une date récente, n'avaient cependant pas perturbé gravement la production mytilicole. Il en a été différemment lorsque pendant trois années consécutives (1989, 1990 et 1991), les quantités de naissains captés ont été très faibles. Ceci a eu pour conséquence tout d'abord l'impossibilité d'approvisionner normalement les centres bretons et normands, ensuite la mise en difficulté des entreprises charentaises car le manque de captage a entraîné une diminution des quantités de moules disponibles pour l'élevage.

Nous avons essayé de rechercher la ou les causes de cette diminution du captage, mais comme les fluctuations de ce dernier n'avaient pas eu jusque là de répercussion gênante sur la mytiliculture, aucun programme spécifique n'avait jamais été entrepris concernant ce problème. Toutefois, à l'occasion de travaux sur la croissance des moules dans le Pertuis Breton, nous avons été conduits, depuis 1979 mais avec quelques lacunes, à évaluer l'importance du captage. Nous avons donc pensé qu'il pouvait être intéressant de comparer rétrospectivement ces résultats à ceux d'autres observations effectuées au cours de la même période dans le cadre de divers programmes. Nous avons sélectionné parmi les facteurs environnementaux ceux qui sont généralement considérés comme étant susceptibles d'avoir une influence sur la reproduction des moules, à savoir la température et la salinité. Il nous a également paru intéressant de rapprocher les valeurs du captage des estimations de la biomasse en élevage dont nous disposons depuis 1988. Enfin, nous avons tenté d'explorer une éventuelle relation entre le captage et certains facteurs climatiques pouvant intervenir au moment de la fixation.

Dans cette étude nous emploierons indifféremment les termes de captage et de recrutement. Nous considérons en effet que ce dernier correspond au moment où la larve se métamorphose et se sédentarise (Bachelet, 1993) ; il est donc assez proche de la notion de "recrutement au stock" en halieutique mais diffère de celle de "recrutement à la pêcherie".

## DONNEES DISPONIBLES ET METHODOLOGIE

Les données dont nous disposons sont les suivantes :

- importance du captage depuis 1979 ;
- importance des biomasses de moules en élevage depuis 1988 jusqu'en 1993 ;
- périodes de ponte (depuis 1989), évolution des larves (1992), et périodes de fixations (1992, 1993 et 1994) ;
- évolution de trois facteurs environnementaux : température, salinité, évapotranspiration potentielle. Les données climatiques sont disponibles depuis 1979 et les données hydrologiques depuis 1989.

### *Importance du captage*

Dans le Pertuis Breton le captage de moules est réalisé sur des cordes de coco qui sont spécialement disposées à cet effet. Les fixations ont généralement lieu en mai et les estimations dont nous disposons ont été effectuées dans la première quinzaine de juillet. A cette fin des échantillons de corde d'environ un mètre ont été prélevés au hasard dans les différentes zones de captage et les naissains fixés ont été comptés sur des sous-échantillons de longueur connue. Les résultats sont rapportés au mètre de corde et rassemblés dans le tableau 1. Ils ont été arrondis à la centaine la plus proche. L'importance des écarts-type montre l'extrême variabilité des quantités de jeunes moules fixées selon l'emplacement du collecteur.

A partir de 1989, les prélèvements de cordes ont été considérés séparément selon les secteurs (Fig. 1) et l'importance du captage dans le Pertuis exprimée par la moyenne des observations faites dans chacun d'eux. On peut ainsi constater que le recrutement a été encore bon cette année-là à Marsilly mais nettement déficitaire dans les autres zones du Pertuis. En 1990 et 1991, le captage a été mauvais partout ; il est redevenu normal au cours des trois années suivantes et même particulièrement abondant à Marsilly en 1992 et 1993.

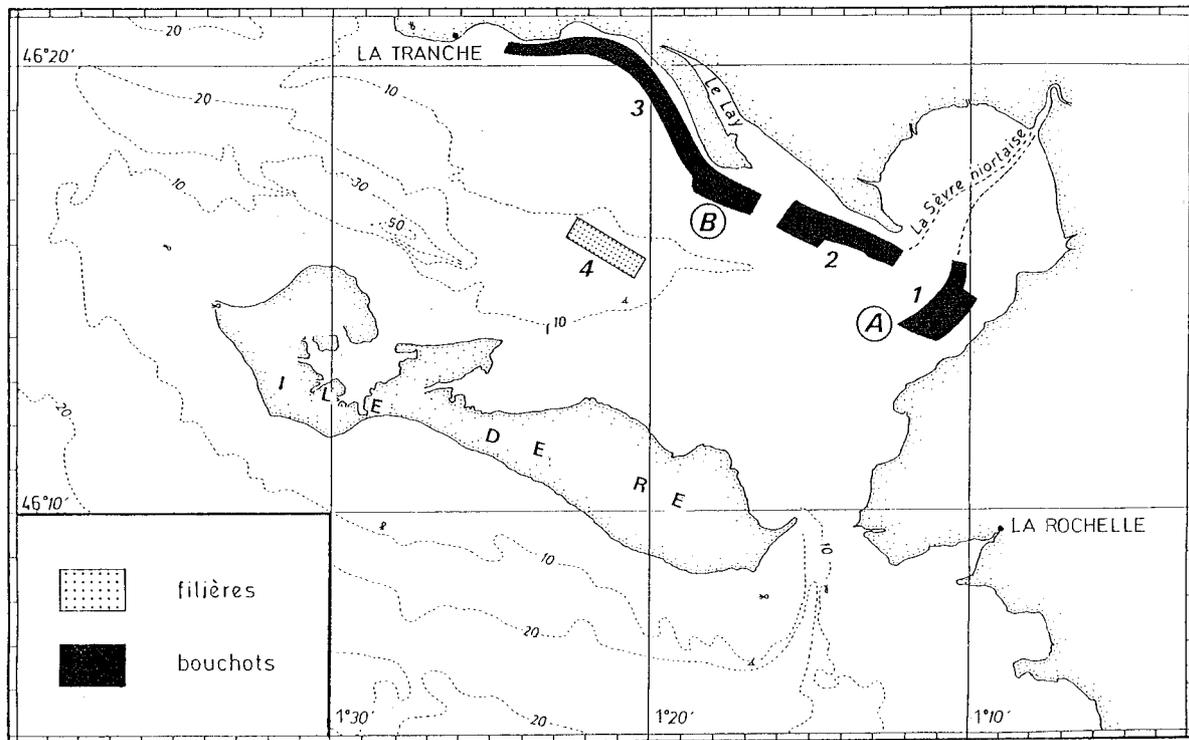


Figure 1. Le Pertuis Breton. Secteurs de Marsilly (1), L'Aiguillon (2) et La Tranche (3).

**Estimation de la biomasse de moules en élevage**

**a) Méthode utilisée**

L'estimation des stocks de moules sur bouchots n'ayant jamais été faite, une méthode a été mise au point en 1987 et 1988 (Mazurié et Dardignac-Corbeil, 1988 ; Dardignac-Corbeil et Mazurié, 1989).

Le procédé le plus évident consisterait à évaluer d'une part le nombre de pieux garnis de moules et d'autre part le poids moyen de moules par pieu, ce dernier paramètre pouvant être décomposé en volume moyen de moules par pieu que multiplie le poids par unité de volume. Le calcul du poids n'a cependant pas été retenu. En effet, le volume peut être considéré comme un indicateur de stock suffisant et ce choix permet d'éviter les nombreux prélèvements que nécessiterait une appréciation de la densité des moules.

Les trois composantes qui permettent d'estimer le volume de moules d'un bouchot sont : le nombre de pieux garnis, la hauteur moyenne de moules sur un pieu, la surface moyenne de la section de moules d'un pieu. Ce dernier paramètre est obtenu en soustrayant de la section totale (moule + pieu) une section moyenne de pieux sans moule estimée sur des pieux différents.

Tableau 1 - Le recrutement des moules dans le Pertuis Breton

ANNEE	SECTEUR	NOMBRE DE MOULES AU METRE			
		Nombres extrêmes	Moyenne	Ecart-type	Taille échantillon
1979		7100 à 9700	7800	900	7
1980		5100 à 8500	7000	1100	7
1981		5500 à 12000	8600	2000	15
1982		50 à 2900	700	1000	8
1985		5900 à 8000	7100	600	16
1987		6600 à 13800	9800	1700	24
1989	Marsilly	2300 à 12700	6000	4200	5
	L'Aiguillon	700 à 2100	1100	500	6
	La Tranche	300 à 3500	1200	1000	12
	<i>Moyenne pour tout le Pertuis</i>		2800		
1990	Marsilly	500 à 5200	2200	1600	9
	L'Aiguillon	30 à 1000	400	400	4
	La Tranche	70 à 3200	1300	1000	13
	<i>Moyenne pour tout le Pertuis</i>		1300		
1991	Marsilly	1000 à 2400	1700	600	4
	L'Aiguillon		2400		1
	La Tranche		3500		1
	<i>Moyenne pour tout le Pertuis</i>		2500		
1992	Marsilly	2500 à 24800	13900	11100	3
	L'Aiguillon		7400		1
	La Tranche	1500 à 10500	7000	3800	6
	<i>Moyenne pour tout le Pertuis</i>		9400		
1993	Marsilly	9100 à 15400	12700	2600	4
	L'Aiguillon	2500 à 4700	3600	1600	2
	La Tranche	2300 à 5900	3700	1300	5
	<i>Moyenne pour tout le Pertuis</i>		6700		
1994	Marsilly	7600 à 9500	8800	900	4
	L'Aiguillon	3600 à 7600	5600	2800	2
	La Tranche	2400 à 6100	3700	1600	4
	<i>Moyenne pour tout le Pertuis</i>		6000		

Il a été montré que la meilleure stratégie d'évaluation de ces trois composantes était un tirage à trois niveaux (nombre de pieux, hauteurs garnies, sections) dont l'optimisation a conduit à ne retenir qu'une hauteur de pieu par bouchot et une seule section sur ce pieu mais à échantillonner le plus grand nombre de bouchots possible (Mazurié et Dardignac-Corbeil, 1990).

La formule d'estimation du volume de moules s'écrit :

$$V = N \bar{V}_B$$

$$V = N \bar{M} \bar{h} \bar{S}_m \text{ avec } S_m = S_t - \bar{S}_p$$

$$Var(V) = N^2 Var(\bar{V}_B)$$

$$Var(V) = N^2 \frac{1}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) Var(V_B)$$

$$\text{Précision } 95 \cong 200 + \frac{\sqrt{Var(V)}}{V}$$

- V : volume total de moules
- N : nombre de bouchots exploités
- V<sub>B</sub> : volume de moules du bouchot échantillonné
- M : nombre de pieux garnis du bouchot échantillonné
- h : hauteur de moules sur un pieu échantillonné
- S<sub>t</sub> : surface de la section totale (moules + pieu) échantillonnée de ce même pieu
- $\bar{S}_p$  : surface moyenne de la section d'un pieu nu
- S<sub>m</sub> : surface de la section de moules échantillonnée du pieu
- n : taille de l'échantillon

Tableau 2. Volumes des moules dans l'ensemble du Pertuis Breton.

PERTUIS BRETON						
	1988	1989	1990	1991	1992	1993
<u>Nombre de bouchots</u>						
. Bouchots vides et de captage	918	967	1 022	1 624	1 517	1 062
. Bouchots exploités	4 060	4 011	3 956	3 354	3 496	3 748
. Taille échantillons	317	477	514	464	481	511
<u>Volume</u>						
. Vt (m <sup>3</sup> )	22 971	24 997	16 765	10 486	11 727	11 723
. Var (vt)	317 147	356 227	174 024	110 490	145 128	116 667
. P95%	4,90	4,78	4,98	6,34	6,50	5,83

Le nombre de bouchots exploités est obtenu en soustrayant de l'ensemble des bouchots existants, dénombrés sur photos aériennes, tous les bouchots vides ainsi que ceux utilisés pour le captage et qui, eux, sont comptés sur le terrain.

Ces estimations sont faites au printemps.

#### b) Résultats

Ils sont rassemblés dans le tableau 2. On peut constater que le volume de moules en élevage dans le Pertuis a atteint un maximum en 1989, puis diminué fortement en 1990 et est arrivé à un minimum en 1991. Il n'a augmenté que faiblement en 1992 et guère évolué en 1993 (Dardignac-Corbeil, 1994).

Tableau 3 - Pertuis Breton : Indices de condition des moules.

DATE	INDICE	DATE	INDICE	DATE	INDICE
<b>1989</b>		<b>1991</b>		<b>1993</b>	
23/02	92.8	28/03	56.9	14/01	111.9
9/03	91.2	16/04	60.0	21/01	111.8
23/03	50.1	29/04	73.7	28/01	93.6
7/04	85.3	15/05	56.7	11/02	105.2
20/04	60.8	8/07	72.4	22/02	91.1
18/05	95.1	11/07	80.8	4/03	105.6
23/06	161.5	8/08	118.5	19/03	70.6
4/07	247.0	27/09	199.0	29/03	85.5
1/08	145.6	22/10	137.7	8/04	106.3
4/09	131.0	22/11	76.4	19/04	131.8
26/10	121.1	10/12	109.5	27/04	135.2
29/11	129.9	<b>1992</b>		6/05	147.1
15/12	96.0	4/02	93.9	10/05	149.2
<b>1990</b>		24/02	78.7	18/05	183.5
16/01	113.5	4/03	78.8	26/05	221.6
9/02	94.3	19/03	103.2	3/06	197.5
12/03	79.7	2/04	134.6	8/06	196.9
27/03	49.4	6/04	92.9	17/06	201.2
12/04	67.1	21/04	115.7	25/06	199.7
24/04	66.3	29/04	94.3		
9/05	101.2	6/05	94.2		
28/05	144.9	19/05	107.5		
12/07	98.1	2/06	110.4		

*Ponte des moules, suivi des larves et fixations*

Le cycle biologique d'un mollusque est généralement étudié à l'aide d'un indice de condition (Baird, 1958 ; Gee *et al.*, 1977 ; Dix *et al.*, 1984) dont les fluctuations permettent notamment de déterminer le moment où l'animal émet ses produits génitaux. A la suite d'une étude comparative de différents indices de condition chez l'huitre creuse, celui de Lawrence et Scott (1982) est apparu comme le plus sensible (Bodoy *et al.*, 1986). Nous disposons depuis 1989 des valeurs de cet indice données par la formule:

$$I = [ \text{Poids sec (g)} / (\text{Poids total} - \text{Poids coquille})(\text{g}) ] \cdot 10^3$$

Les résultats sont reportés dans le tableau 3. Si l'on considère que les émissions de gamètes peuvent être repérées par des diminutions de l'indice, on déduit des valeurs observées qu'il peut y avoir plusieurs pontes au printemps. La valeur minimale de l'indice est cependant toujours atteinte dans la deuxième quinzaine de mars, excepté en 1992 où le minimum est observé dès la fin de février.

Un suivi des larves a été effectué en 1992. Les pêches de plancton ont été réalisées à mi-flot à l'aide de deux filets, l'un en surface et l'autre à un mètre de profondeur (vides de maille respectif : 60 et 120 micromètres). Les larves sont classées en Petites, Evoluées et Grosses et leur nombre rapporté à un volume filtré de 15 m<sup>3</sup>. Les pêches ont eu lieu aux points A et B (Fig. 1).

Les résultats, rassemblés dans le tableau 4, montrent qu'en 1992 les larves ne sont apparues qu'au début du mois d'avril. Dès la fin avril de nombreuses larves "Grosses", prêtes à se fixer, étaient présentes ; leur effectif est resté important pendant toute la deuxième quinzaine de mai en A ; il est même devenu très grand début juin.

Tableau 4. Suivi des larves de moules en 1992.

DATE	POINT A			POINT B		
	P	M	G	P	M	G
16/03	0	0	0	0	0	0
31/03	0	0	0	0	0	0
10/04	6300	2100	0	300	900	0
21/04	18600	0	1800	35700	300	0
29/04	40800	10800	0	10800	0	5400
5/05	76800	5100	900	27300	1200	300
12/05	58500	3000	3600	29400	0	0
20/05	57900	15300	3000	36300	7500	900
26/05	7800	29400	4800	35400	12000	1800
9/06	8100	20400	10500	30000	13500	5400

Dans le tableau 5 sont reportés les résultats des comptages de naissains effectués à différentes périodes en 1992 et 1993. En 1994 un seul sondage a été réalisé, le 13 juin, avant les estimations de juillet. Il est toutefois impossible de déterminer avec précision le moment exact de la fixation. Selon Boromthanasarat (1986), des animaux ayant une taille de 0.25 à 1 mm peuvent avoir 15 jours mais ils n'atteindraient 1.5 mm qu'à l'âge de un mois. Bayne (1964), résumant ses propres observations et celles d'autres auteurs, a montré les très grands écarts de croissance chez les naissains juste captés

selon les conditions du milieu et la taille de la larve, elle aussi très variable, au moment de sa métamorphose. Cependant, l'évolution du nombre de naissains entre le 19 mai et le 2 juin 1992 et la taille des animaux les 18 et 26 mai 1993 (inférieure à 1 mm) et le 13 juin 1994 (83 % ont plus de 2 mm et 38 % plus de 4 mm) permettent de supposer, sans grand risque d'erreur, qu'au cours de ces trois années, la plupart des larves de moules se sont fixées pendant les mois d'avril et mai. Ceci concorde avec le fait que dans le Pertuis Breton les naissains deviennent généralement visibles sur les cordes au mois de mai et résultent vraisemblablement de fixations qui ont eu lieu de quinze jours à un mois plus tôt.

En résumé, nous pouvons admettre que dans le Pertuis Breton la phase larvaire est susceptible de s'étendre de mars à juin mais que les fixations ont lieu principalement en avril ou en mai.

Tableau 5. Estimation du nombre de naissains au mètre de corde en fonction de la date en 1992, 1993 et 1994

DATE	POINT A	POINT B
1992 - 19/05	400	1 100
2/06	11 000	4 500
15/06	7 000	
1/07	13 900	10 500
1993 - 18/05	23 400	
26/05	94 700	18 600
7/06	38 900	7 700
17/06	22 400	9 900
24/06	36 200	6 500
21/07	12 500	4 000
1994 - 13/06	7 500	
11/07	9 100	

## FACTEURS DU MILIEU

### *Température*

#### a) Période 1989-1994

Nous disposons pour cette période de deux types de données :

- les relevés hydrologiques effectués sur le terrain à raison de un à cinq par mois ;
- les enregistrements réalisés par une sonde CSTD SUBER SLS 57. Depuis 1989 cet appareil est fixé sur un pieu de bouchot depuis le début mars jusqu'à la mi-mai. Des relevés sont effectués toutes les dix minutes ; une moyenne journalière est ensuite calculée.

La figure 2 montre les températures hebdomadaires observées à l'aide des prélèvements discrets et celles calculées à partir des enregistrements de la sonde (moyenne de 1008 données). Elles nous semblent suffisamment concordantes pour que nous puissions considérer que nos données obtenues par prélèvements ponctuels sont représentatives.

#### b) Période antérieure à 1989

Nous ne disposons pour cette période que des données météorologiques fournies par la Station du Bout Blanc à La Rochelle (Météo-France, Centre de La Rochelle, 1979 à 1994).

La figure 3 permet de comparer les températures de l'eau relevées depuis 1989 dans le Pertuis avec celles de l'air (moyennes mensuelles). La très bonne concordance observée nous permet d'utiliser la température de l'air. Berthomé *et al.* (1978, 1979), Drapeau et Duguy (1985), Héral *et al.* (1986) ont aussi observé dans les Pertuis charentais des températures de l'air et de l'eau voisines, sauf toutefois en période hivernale où les températures de l'eau restent supérieures à celles de l'air, ce qui est dû au pouvoir tampon de l'eau de mer.

Les températures moyennes observées pendant la période 1978-1993 sont représentées sur la figure 4. La moyenne des températures maximales reste inférieure à 25°C et celle des températures minimales ne descend pas au dessous de 3°C.

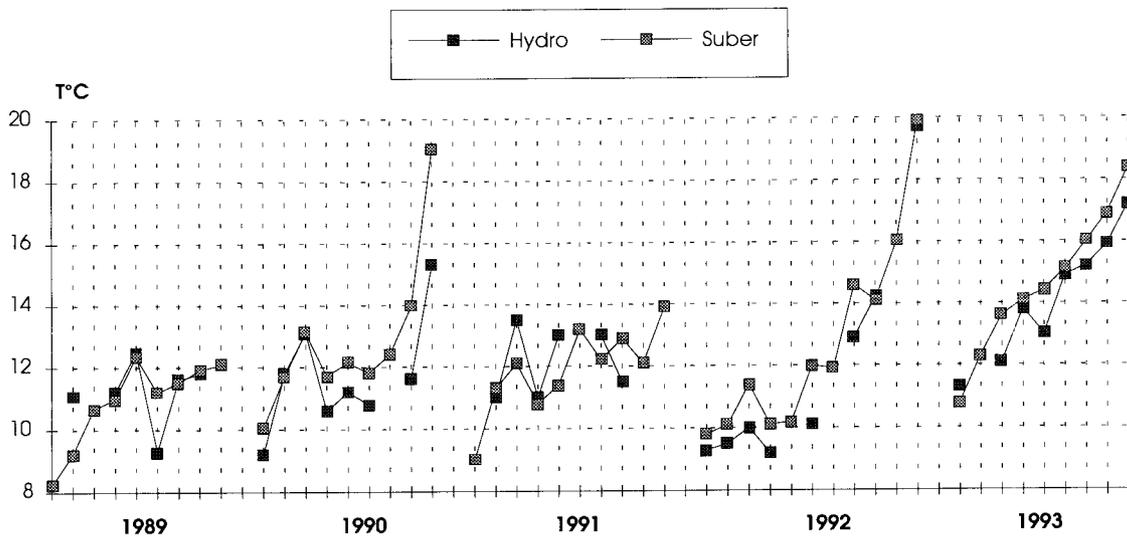


Figure 2. Comparaison des températures hebdomadaires obtenues par prélèvements discrets (Hydro) et avec la sonde SUBER (moyenne de prélèvements effectués toutes les dix minutes).

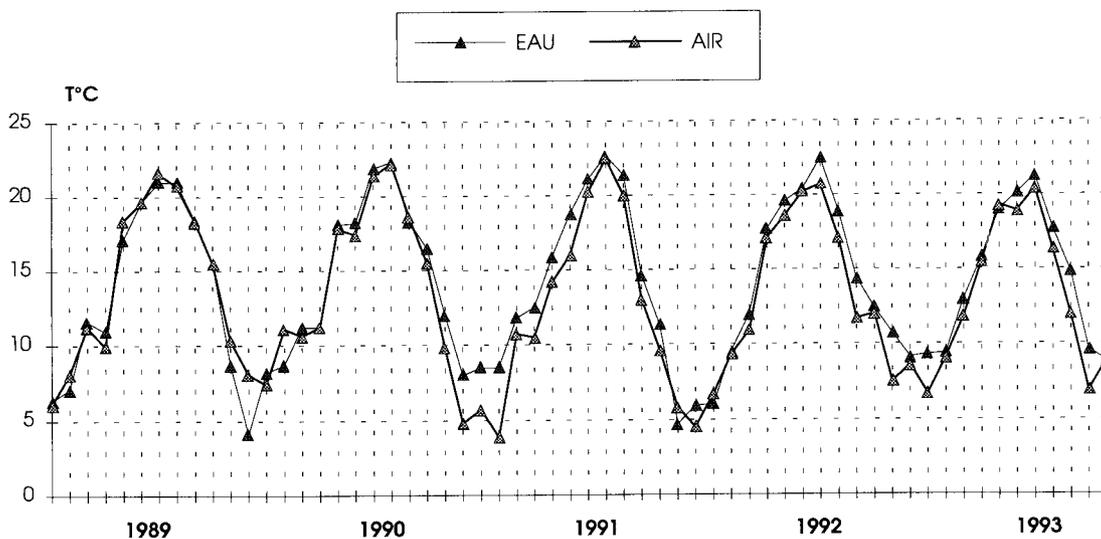


Figure 3. Comparaison des températures de l'air et de l'eau de 1989 à 1993 (moyennes mensuelles).

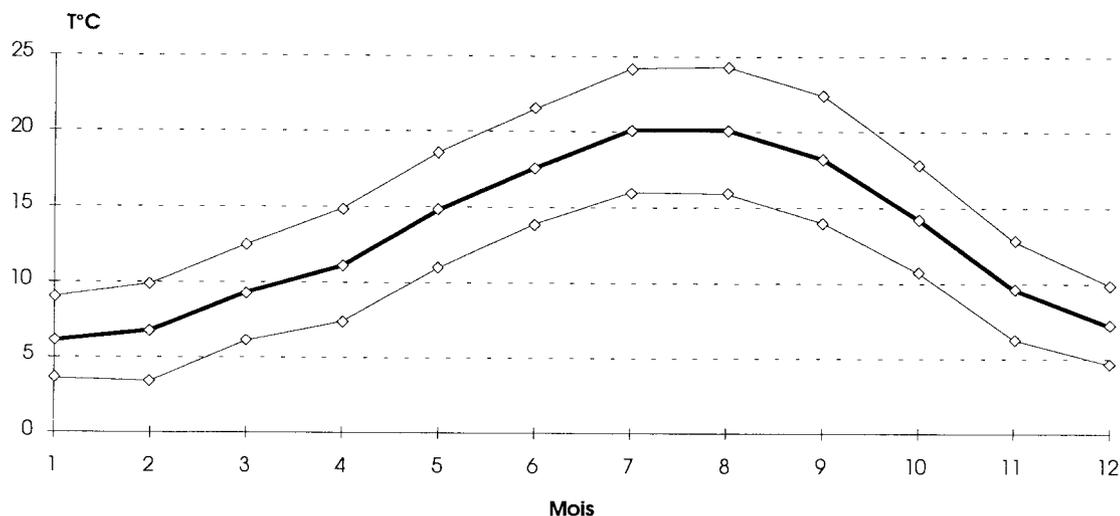


Figure 4. Températures moyennes mensuelles de l'air à La Rochelle de 1978 à 1993 (minima,maxima et moyennes).

### Salinité

Les salinités sont celles relevées depuis 1989 au point A (Fig. 1) à l'aide d'un conductimètre portatif WTW IP 65. Les prélèvements ont été effectués à mi-flot, quel que soit le coefficient de la marée et, dans la mesure du possible, à un rythme hebdomadaire.

L'évolution de la salinité depuis 1989 (moyennes mensuelles) est représentée figure 5. Les années 1989 et 1990 se distinguent par des salinités particulièrement élevées en été (supérieures à 35 p.mille), alors que les années suivantes cette valeur est à peine dépassée. C'est au cours de l'automne 1992 et de l'hiver 1994 que les plus fortes dessalures sont observées.

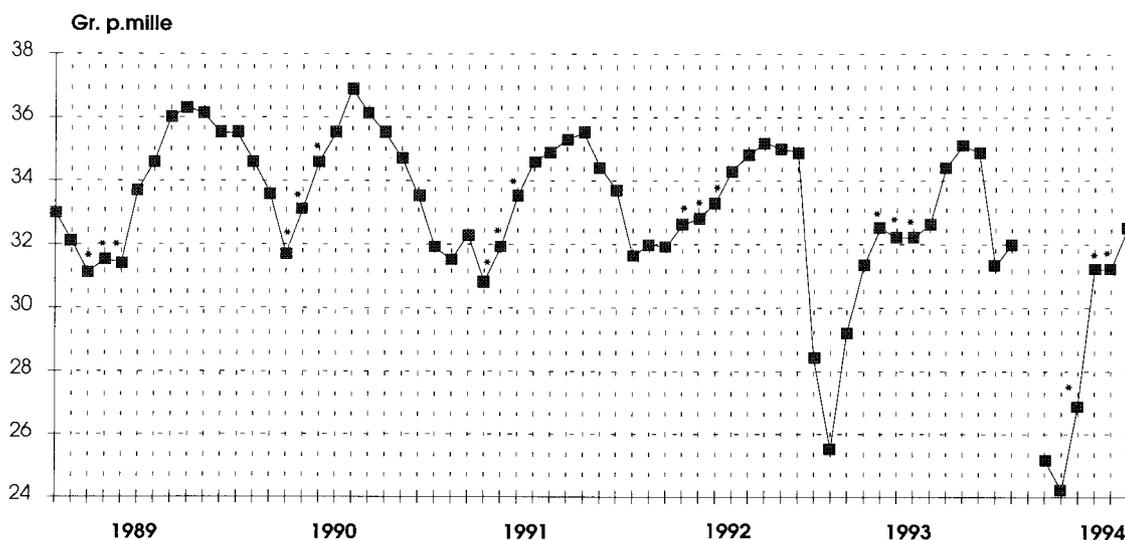


Figure 5. Evolution de la salinité de 1989 à 1993 dans le Pertuis Breton (moyennes mensuelles). Les mois de mars, avril et mai sont marqués d'une étoile.

*Autres paramètres*

Les cordes utilisées pour le captage des moules sont disposées sur des pieux qui constituent les bouchots de captage. Ces derniers sont, pour la plupart, installés sur la partie haute de l'estran, ce qui fait que les cordes sont exondées à presque toutes les basses mers, le temps d'émersion étant d'autant plus grand que le coefficient de marée est important.

On sait (Widdows, 1991) que le stade qui suit immédiatement la fixation de la larve de moule est accompagné d'une mortalité instantanée très élevée. Tan (1975) a aussi montré la sensibilité à l'émersion des moules nouvellement fixées. On peut donc penser que l'exondaison entraîne, lorsque certaines conditions sont réunies, l'action d'un ou plusieurs facteurs défavorables. Dans le Pertuis Breton, les mytiliculteurs ont souvent suggéré que le mauvais captage observé certaines années était dû au fait que le naissain était "brûlé par les vents d'est". Enfin, depuis 1988, des longues lignes ou filières sont présentes dans le Pertuis. Si nous n'avons pas eu jusqu'ici la possibilité de compter les naissains de moules fixés sur les cordes installées sous les filières, nous savons par les professionnels que le captage a été bon en 1989, 1990 et 1991 alors qu'il était mauvais ces mêmes années dans les bouchots.

Ces présomptions nous ont conduit à rechercher un indice susceptible de caractériser ces conditions défavorables. Après quelques essais peu concluants avec l'ensoleillement nous avons adopté l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.). Ce paramètre, calculé par la Station météorologique de La Rochelle, est utilisé pour estimer le besoin en eau des cultures et représente le pouvoir desséchant de l'air. Il prend en compte la température, l'insolation, l'action des vents et l'humidité de l'air. Estimé par la formule de Penman-Montith, il est exprimé en millimètres (Meteo-France, INRA, 1990). Nous avons recherché si ce paramètre avait une relation avec le captage.

La figure 6 représente l' E.T.P. moyenne journalière en avril et mai, période des fixations, depuis 1979. Elle est inférieure à 3 mm jusqu'à la mi-mai puis évolue entre 3 et 4 mm jusque fin mai.

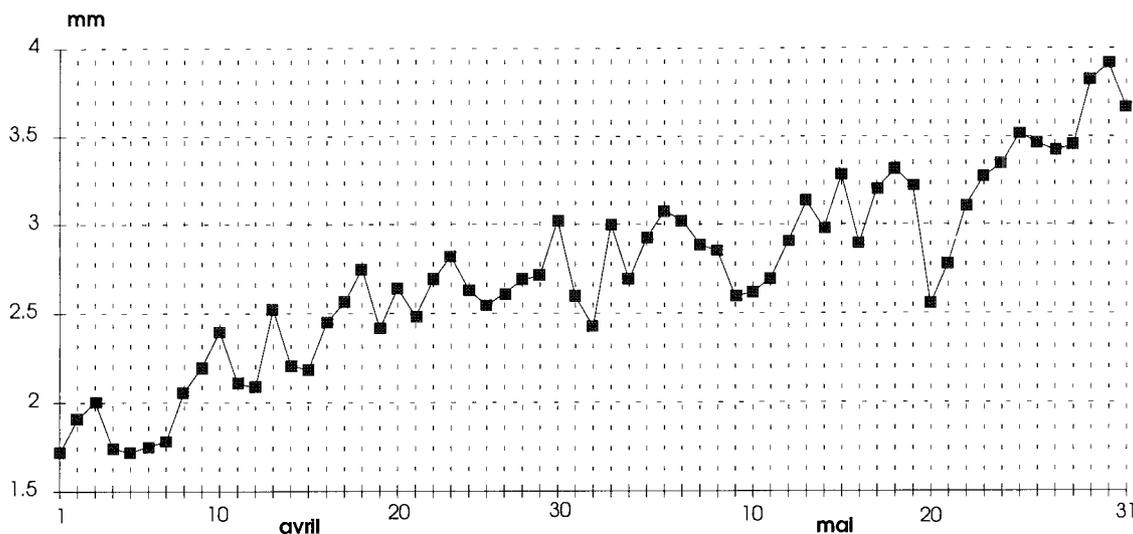


Figure 6. ETP journalière moyenne en avril et mai pendant la période 1979-1994.

## ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LE CAPTAGE ET LES VARIABLES ETUDIÉES

*Relation avec la biomasse*

Nous nous sommes demandés si la diminution du captage pouvait résulter d'une baisse de la biomasse.

Les moules présentes à la fin de l'hiver, au moment où nous estimons leur volume, sont des animaux d'au moins dix mois qui participent tous à la reproduction (Lubet, 1959). La figure 7 ne permet pas de constater une relation entre l'importance de la biomasse et celle du captage. Ceci concorde avec les observations faites par Bahr (1949, cité par Savage, 1956), Hancock (1973), Beukema (1982), Maarten (1993), Dare et Walker (1993) qui ne trouvent pas non plus de relation entre le stock de moules adultes et le captage.

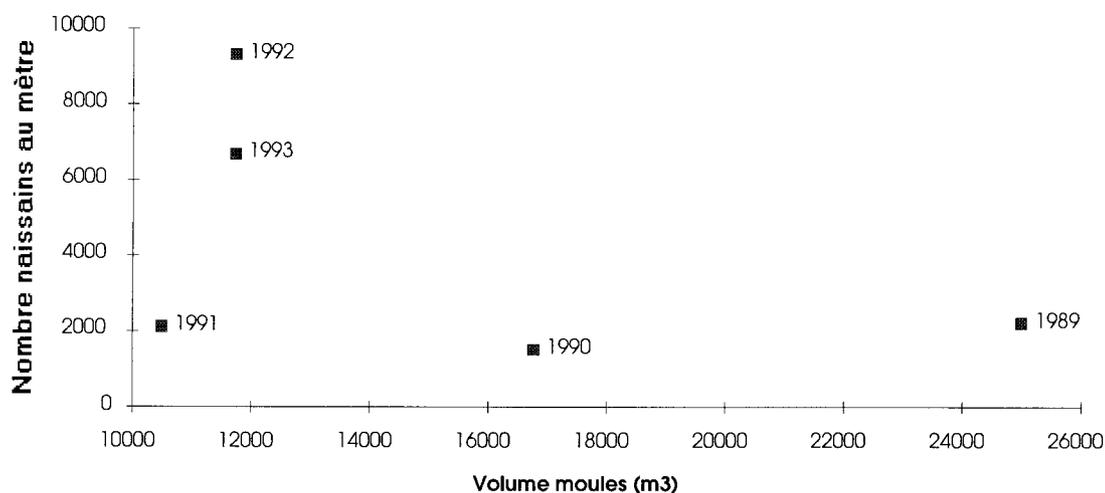


Figure 7. Relation entre la biomasse de moules (représentée par son volume) et le captage.

*Relation avec la température*

Nous avons recherché si, pour l'ensemble des années étudiées, le recrutement était lié aux températures subies antérieurement par les géniteurs au cours d'une période donnée et à celles qui ont régné pendant la phase larvaire. Nous nous sommes limités à la période allant de septembre à juin car Boromthanasarat (1986) a estimé que dans le Bassin de Marennes Oléron, proche du Pertuis Breton, la gamétogénèse débutait en septembre et les fixations les plus importantes se terminaient en juin.

La méthode utilisée a consisté à tenter de maximiser le coefficient de corrélation entre le captage et les températures cumulées pendant un certain laps de temps en faisant varier à la fois la durée de la période (unité de durée : une semaine) et la date de début de la dite période. La figure 8 montre, à titre d'exemple, les variations du coefficient de corrélation pour une durée de cumul arbitrairement fixée à quatre semaines. A chaque point correspond donc en ordonnée un coefficient de corrélation et en abscisse une période de quatre semaines commençant à la date indiquée. Le graphique présente un certain nombre de "pics" : 6-13 octobre, 22-29 décembre, 16 février et 18 mai. Compte tenu de la méthode de cumul, on peut en déduire que les périodes où "il se passe quelque chose" sont respectivement : 20 octobre - 10 novembre ; 29 décembre - 26 janvier ; 16 février - 16 mars et 11 mai - 8 juin. Toutefois, ce ne sont pas ces cumuls qui ont permis de maximiser le coefficient "r" mais :

- a) la période allant du 13 octobre au 26 janvier qui englobe les deux premiers pics mentionnés ci-dessus. Elle coïncide avec la gamétogénèse ;
- b) la période du 16 février au 2 mars, voisine de la troisième précédemment citée et précédant de peu le moment de la ponte.

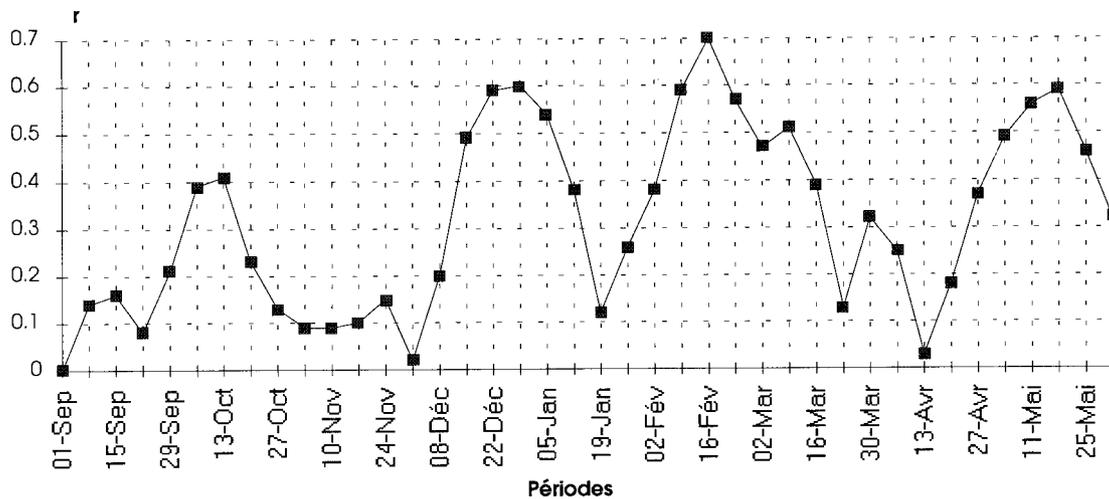


Figure 8. Evolution du coefficient de corrélation entre le captage et les températures cumulées par périodes de quatre semaines.

Les relations sont représentées par les équations :

$$y = -207,9x + 31898 \text{ avec } r = 0,74 \text{ (figure 9A)}$$

$$y = -434,4x + 11697 \text{ avec } r = 0,70 \text{ (figure 9B)}$$

Les coefficients de corrélation observés traduisent des relations relativement étroites entre les variables étudiées. Néanmoins la part de la variance de  $y$  expliquée par la régression de  $y$  en  $x$  n'est, respectivement, que de 0.55 et 0.49.

Nous n'analyserons pas ici la période du 11 mai au 8 juin car les fixations sont déjà en cours à ce moment. Ces résultats sont toutefois à rapprocher de ce que nous écrivons plus loin au sujet de l'évapotranspiration potentielle.

Enfin, il est intéressant de remarquer que le traitement de nos données n'a pas mis en évidence de relation entre le recrutement et la température entre la mi-mars et la fin-mai, période qui coïncide en général avec la phase larvaire des moules dans le Pertuis Breton.

#### *Relation avec la salinité*

Nous avons recherché si la salinité avait une influence sur le captage en agissant sur le développement des larves. Nous avons considéré la salinité moyenne des trois mois concernés, c'est à dire mars, avril et mai. Nous n'avons pas constaté de relation entre ce paramètre et le captage.

#### *Relation avec l'évapotranspiration potentielle*

Nous avons vu que l'E.T.P. moyenne au cours des mois d'avril et de mai ne dépassait 3 mm qu'à la mi-mai et n'atteignait 4 mm qu'à la fin de ce mois. Certaines années cependant se distinguent par des E.T.P. nettement supérieures à cette moyenne, jusqu'à plus de 6 mm. Nous avons calculé les corrélations entre le captage et le nombre de jours, pendant la période avril-mai, où l'E.T.P. a été supérieure à 3mm, 4 mm et 5 mm.

Une corrélation négative significative a été trouvée avec le nombre de jours où l'E.T.P. a été supérieure à 4 mm. La relation est représentée par l'équation :

$$y = -435 x + 9940 \text{ avec } r = 0,82 \text{ (figure 10)}$$

La part de variance de  $y$  expliquée par la régression de  $y$  en  $x$  est 0.68.

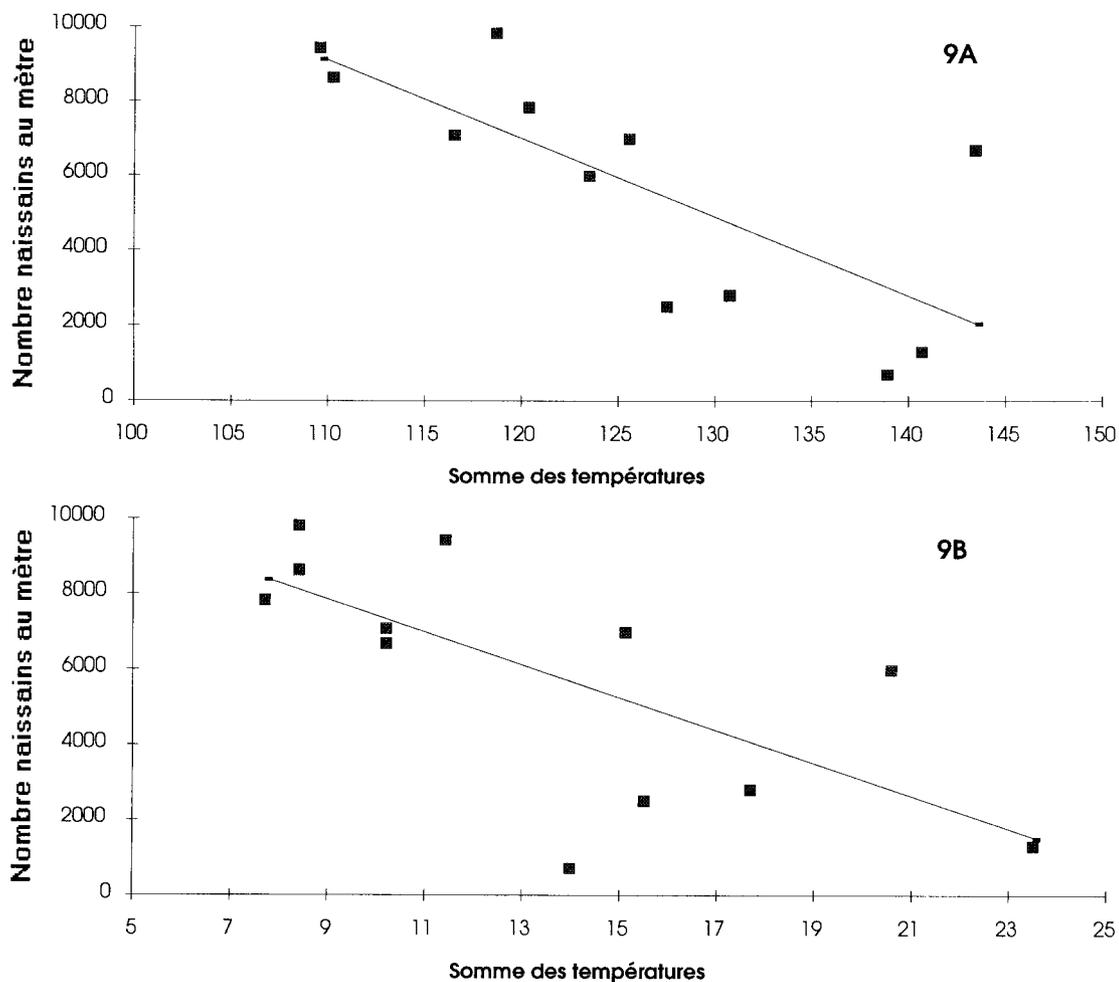


Figure 9. Relation entre le captage et la somme des températures au cours des périodes 13 octobre - 26 janvier (9A) et 16 février - 2 mars (9B).

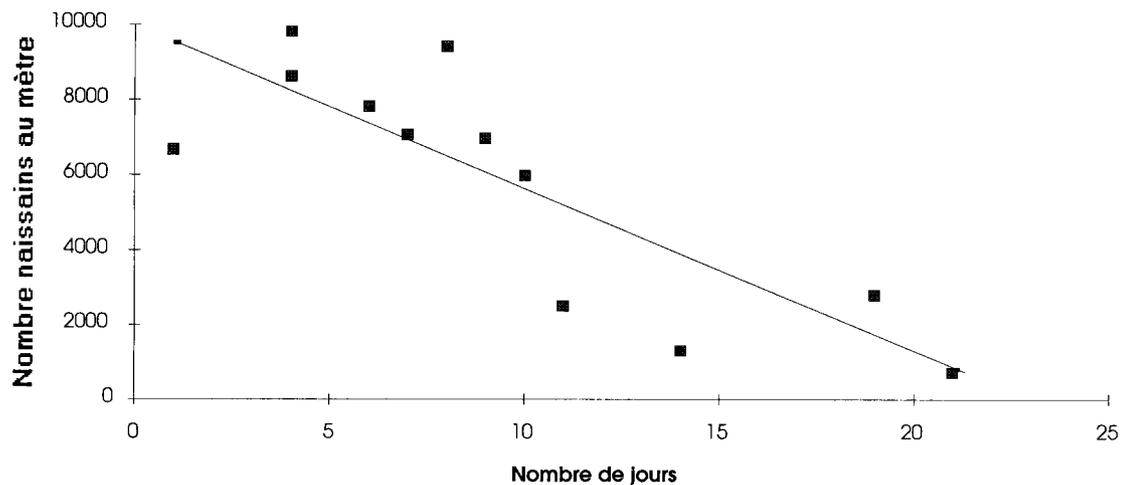


Figure 10. Relation entre le captage et le nombre de jours en avril et mai où l'ETP a été supérieure à 4 mm.

## DISCUSSION

*La Température*

La température est généralement considérée comme l'un des plus importants facteurs, sinon le plus important, ayant une influence sur le recrutement des mollusques. Certains auteurs ont simplement cherché s'il y avait une relation entre la température et le recrutement sans entrer dans les détails ; d'autres ont étudié l'action de la température sur différentes étapes de la reproduction : gamétogénèse, abondance et viabilité des gamètes, développement des larves.

En ce qui concerne la gamétogénèse, de nombreuses études ont mis en évidence une influence de la température, qu'il s'agisse du déclenchement du phénomène ou de sa durée (Bayne, 1976). Pour Lubet et Aloui (1987), la gamétogénèse ne peut se dérouler normalement que si la température est située entre 4 et 17°C. Par contre, à l'intérieur de cette plage thermique, la température n'agirait ni sur son déclenchement ni sur sa durée. Les auteurs suggèrent la présence d'une "horloge interne" qui réglerait les différentes étapes de la reproduction. Pour ce qui nous concerne, pendant la période considérée (1978 - 1994) et entre les mois d'octobre et janvier, nous n'avons observé qu'exceptionnellement (cinq jours du 13 au 17 octobre en 1988 et 1990) des températures de l'air supérieures à 17°C. En revanche, des températures inférieures à 4°C ont sévi à plusieurs reprises, parfois dès novembre, plus couramment en décembre ou janvier. Elles n'ont persisté que quelques jours, rarement une semaine. En 1985 elles se sont exceptionnellement maintenues pendant trois semaines, du 1er au 19 janvier. Il faut néanmoins remarquer, comme nous l'avons signalé précédemment, que les températures de l'eau peuvent être nettement supérieures à celles de l'air en hiver. Des relevés bi-mensuels réalisés en 1985 par le Musée océanographique de La Rochelle permettent en effet de constater que la température de l'eau s'est maintenue entre 4 et 6,5 °C, selon les endroits, les 12 et 19 janvier. On peut donc considérer que depuis 1978, dans le Pertuis Breton, la température a vraisemblablement toujours été située dans la gamme réputée permettre un déroulement normal de la gamétogénèse.

Cependant, nous avons mis en évidence une corrélation négative entre le captage et la température qui a régné pendant cette période. En fait, de nombreux auteurs s'accordent à penser que la température ne peut être considérée comme la seule variable explicative ayant une action sur la gamétogénèse. La nourriture semblerait avoir une très grande influence, qu'il s'agisse de réserves accumulées antérieurement ou de nourriture ingérée récemment (Bouxin, 1954; Bayne, 1976 ; Thompson, 1979 ; Newell *et al.*, 1982). Bayne *et al.* (1975, 1978) ont montré que des moules mises pendant la gamétogénèse dans des conditions thermiques et trophiques défavorables produisaient moins d'ovocytes et que chacun de ces ovocytes présentait un contenu énergétique fortement diminué ce qui réduisait le nombre d'oeufs atteignant le premier stade larvaire capable de s'alimenter. Ces auteurs montrent que la qualité des ovocytes émis dépend d'un équilibre entre le maintien du métabolisme de base, la croissance et la reproduction. Le captage sera donc vraisemblablement d'autant meilleur que la part d'énergie consacrée à la reproduction, depuis l'élaboration des gamètes jusqu'à la ponte, aura été importante, ce qui veut dire qu'au cours de cette période les besoins somatiques doivent être réduits ou, au moins, aisément satisfaits sans que soit diminuée l'énergie nécessaire à la reproduction. Ceci implique une température relativement basse ou une nourriture disponible suffisante. Nous avons pu vérifier qu'un hiver frais favorisait en effet un bon captage ; faute de données suffisantes, nous n'avons pu étudier l'impact des conditions trophiques mais nous savons néanmoins que le milieu est toujours pauvre entre novembre et février, d'où l'importance d'une température basse à cette époque.

Pour ce qui est de la corrélation que nous avons trouvée entre le recrutement et la température pendant la période précédant la ponte, on remarque qu'une telle relation a été mise en évidence chez la coquille Saint Jacques (Bachelet, 1993) et chez la coque (Guillou *et al.*, 1992; Bachelet, 1993). Toutefois, chez la coquille Saint Jacques, il s'agit plutôt du délai s'écoulant entre le moment où les gamètes sont mûrs et la date de la première ponte qui, elle, dépend de la température. Si ce délai est long il y a lyse des ovocytes et le recrutement est faible. Ce mécanisme pourrait aussi exister chez la moule. En effet, bien que l'existence d'une température critique au dessous de laquelle, l'animal étant mûr, la ponte ne peut avoir lieu, ait été suggérée (Chipperfield, 1953 ; Bouxin, 1954), il semble

qu'à l'intérieur de la plage thermique dans laquelle se déroule la gamétogénèse, c'est à dire 4-17°C, il n'y ait pas de température minimale spécifique de ponte (Lubet et Aloui, 1987). Une fois la moule arrivée au stade "prêt à pondre", le frai serait déclenché par des stimuli externes, qu'il s'agisse de variations brusques de température ou de salinité, de chocs, de substances chimiques... etc. Cependant, la période comprise entre le 16 février et le 9 mars, pour laquelle la corrélation est maximale, correspond, dans le Pertuis Breton, à un moment où la nourriture est encore peu abondante alors que la température augmente. Il n'est donc pas impensable qu'il puisse en résulter un accroissement du métabolisme que la moule ne pourrait satisfaire qu'en puisant dans ses réserves. Celles-ci étant à cette époque très réduites, il y aurait alors résorption de gamètes mûrs comme l'ont constaté Bayne *et al.* (1978). Une augmentation de la température juste avant la ponte pourrait donc avoir un effet néfaste sur le recrutement.

Le fait que nous n'ayons pas mis en évidence une relation entre le captage et la température pendant la phase larvaire ne veut pas dire que ce facteur n'a pas d'influence ce qui serait en contradiction avec ce qu'ont constaté de nombreux auteurs. En effet Hrs-Brenko et Calabrese (1969), Bayne (1965), Widdows (1991) ont montré que les larves de moules peuvent survivre à des températures inférieures à 5°C, mais qu'au dessous de 10°C la croissance est très lente, voire nulle. Selon Hrs-Brenko et Calabrese la croissance des larves serait rapide entre 10 et 25°C avec un optimum entre 15 et 20°C. Bayne observe qu'entre 10 et 16°C la vitesse de croissance augmente avec la température jusqu'à un maximum au delà duquel elle reste constante ou diminue selon le milieu dans lequel évoluent les animaux. Au delà de 20-25°C la croissance ralentit et une forte mortalité apparaît.

L'absence apparente de relation indiquerait donc qu'au moment de la phase pélagique des moules, dans le Pertuis Breton, la température est toujours située dans une gamme à l'intérieur de laquelle la croissance des larves n'est pas gravement perturbée. Les données dont nous disposons depuis 1989 montrent en effet que la température de l'eau a toujours été comprise entre 10 et 20°C pendant les mois de mars, avril et mai. Ceci nous conduit à penser que les températures qui ont régné pendant la phase larvaire en 1989, 1990 et 1991 ne peuvent être rendues responsables du mauvais captage observé au cours de ces trois années. Il a d'ailleurs été montré que la mortalité des larves due à des conditions extrêmes de température, salinité ou nourriture était probablement d'une importance minime comparée aux pertes causées par les prédateurs ou la dispersion par les courants (Thorson, 1950, cité par Bayne, 1976 ; Bayne, 1965 ; Widdows, 1991).

Enfin, si l'on s'en tient à la relation globale captage-température, on constate que les conclusions des différents auteurs ne sont pas toujours concordantes. Savage (1956), Beukema (1982) remarquent un recrutement exceptionnel après les hivers très sévères de 1940 et 1979. Dow (1983) trouve une corrélation significative négative entre la température moyenne annuelle de la mer et l'abondance de moules. Beukema (1992) constate aussi un recrutement plus important quand les premiers mois de l'année sont froids, ce que confirment Walker et Dare (1993). Reynolds (1969), en revanche, pense que l'abondance de jeunes moules observée au printemps 1963 ne serait pas imputable à l'hiver rigoureux précédent mais à des pontes qui se seraient produites antérieurement. Savage (1956) rappelle aussi que le sévère hiver de 1947 ne fut pas suivi d'un captage important à Conway, alors que le contraire fut observé cette même année dans la Waddensea allemande. Maarten (1993) remarque pour sa part que de forts recrutements peuvent succéder à des hivers doux et Beukema (1982, 1992) observe également de bonnes fixations en 1973 et 1975 alors que les hivers qui les ont précédés n'ont pas été particulièrement froids. Les résultats de notre étude, eux, montrent que dans le Pertuis Breton une fin d'automne et un début d'hiver frais seraient globalement favorables à un bon captage.

### *La salinité*

L'influence de la salinité sur le développement des larves a aussi été étudiée par de nombreux auteurs. La limite inférieure au dessous de laquelle la croissance est fortement perturbée semble dépendre de l'origine des animaux. C'est ainsi que des individus issus de parents vivant dans des

milieux dessalés pourront se développer normalement à 14 ‰ tandis que pour d'autres il faudra plus de 20 ‰ (Bayne, 1965). La valeur optimale varie aussi non seulement avec l'origine des moules mais avec la température. Selon Hrs-Brenko et Calabrese (1969), elle se situerait entre 30 et 35 ‰ à 15°C, 25 et 30 ‰ à 20°C. Nos suivis de milieu montrent que depuis 1989, pendant la période larvaire des moules, la salinité a toujours été comprise entre 29 et 35 ‰ (excepté en 1994 où elle est descendue à 25 ‰ début mars), tandis que la température de l'eau, toujours inférieure à 20°C, ne dépasse 15°C qu'au mois de mai. Ceci expliquerait que nous n'ayions pas trouvé de relation entre la captage et la salinité.

#### *L'évapotranspiration potentielle*

L'influence de l'émersion sur la survie et la croissance des mollusques a été étudiée chez les adultes mais peu de travaux semblent avoir été réalisés concernant l'action de ce facteur sur les larves au moment précis où celles-ci se métamorphosent et se fixent sur un support soumis à une émersion périodique. La technique de captage utilisée dans les bouchots se distingue par des durées d'émersion importantes des collecteurs. La corrélation que nous avons trouvée entre le recrutement et l'évapotranspiration montre l'influence néfaste de ce facteur lorsqu'il atteint une valeur élevée, supérieure à quatre millimètres ; cette influence est d'autant plus grande que le nombre de jours caractérisés par une E.T.P. importante est élevé. Ceci semble bien confirmer la sensibilité des naissains à la dessiccation.

Le succès du captage sur bouchot dépend donc pour une bonne part d'un facteur qui intervient après la fixation des larves lorsque les cordes sont exondées. L'influence de ce facteur semble même plus importante que celle de la température avant la fixation (coefficient de corrélation de 0.82 contre 0.74 et 0.70). On ignore cependant si une E.T.P. excessive n'est dangereuse qu'à l'instant précis de la métamorphose et de la fixation, qui est un moment particulièrement critique pour la larve, ou si elle continue d'être nocive pendant un laps de temps plus ou moins grand après cette transformation. Pour aller plus loin dans ce domaine, il serait nécessaire d'entreprendre des recherches approfondies. Il conviendrait de déterminer avec précision les moments où les larves se fixent sur les collecteurs, puis de suivre leur mortalité en fonction des facteurs environnementaux. La fréquence des observations devrait être très élevée : 24 à 48 heures au plus, ce qui signifie de pouvoir y consacrer un temps très important.

#### CONCLUSION

Dans cette étude rétrospective, nous avons essayé de trouver des explications aux déficits de captage de moules observés dans le Pertuis Breton en 1989, 1990 et 1991. Nous avons été amenés pour cela à étudier les relations pouvant exister entre le résultat final qui est le captage et certains facteurs de milieu subis pendant les différentes étapes de la reproduction. Trois relations significatives négatives sont apparues. Il s'agit de :

- la température pendant la gamétogénèse,
- la température pendant la période précédant la ponte,
- l'évapotranspiration potentielle qui représente la sécheresse de l'air.

Les conditions thermiques observées dans le Pertuis Breton pendant la gamétogénèse jusqu'à la ponte ne sont pas défavorables au déroulement de cette phase de la reproduction mais les mauvaises conditions trophiques qui règnent à la fin de l'automne et en hiver ne permettent probablement pas à la moule de satisfaire ses besoins somatiques. La part d'énergie consacrée à la reproduction ne peut alors rester importante que si les besoins somatiques sont réduits ce qui implique une température suffisamment basse.

L'émersion prolongée des cordes de captage au moment des fixations a une influence apparemment plus importante que celle de la température. Des études seraient cependant nécessaires pour mieux préciser l'action de ce facteur.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bachelet G., 1993. Le modèle bivalve au sein du PNDR : une aide à la hiérarchisation des processus régulant le recrutement. *Bulletin d'information PNDR* n° 18 : 12-23.
- Baird R.H., 1958. Measurement of condition in mussels and oysters. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 23 : 249-257.
- Bayne B.L., 1964. Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L (Mollusca). *Journal of Animal Ecology* 33 : 513-523.
- Bayne B.L., 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2 : 1-47.
- Bayne B.L., 1976. Marine mussels : their ecology and physiology. *Cambridge University Press*, 506 p.
- Bayne B.L., Gabbot P.A. & Widdows J., 1975. Some effects of stress in the adults on the eggs and larvae of *Mytilus edulis* L. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 55 : 675-689.
- Bayne B.L., Holland D.L., Moore M.N., Lowe D.M. & Widdows J., 1978. Further studies on the effects of stress in the adult on the eggs of *Mytilus edulis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 58 : 825-841.
- Berthome J.P., Razet D. & Garnier J., 1978. Etude hydrobiologique du bassin de Marennes-Oléron : incidences sur la reproduction de *Crassostrea gigas* en 1977. *Conseil International pour l'Exploration de la Mer - CM* 1978/K 33.
- Berthome J.P., Razet D., & Garnier J., 1979. Etude comparée de deux années de reproduction de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron : aspects hydrobiologiques. *Conseil International pour l'Exploration de la Mer - CM* 1979/K 19.
- Beukema J.J., 1982. Annual variation in reproductive success and biomass of the major macrozoobenthic species living in a tidal flat of the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 16, 37-45.
- Beukema J.J., 1992. Expected changes in the Wadden Sea benthos in a warmer world : lessons from periods with mild winters. *Netherlands Journal of Sea Research*. 30, 73-79.
- Bodoy A., Prou J., & Berthome J. P., 1986. Etude comparative de différents indices de condition chez l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). *Haliotis* 15 : 173-182.
- Boromthananat S., 1986. Les bouchots à *Mytilus edulis* Linnaeus dans l'écosystème estuarien du bassin de Marennes-Oléron (France) : aspects biologique et bioénergétique. *Thèse Univ. Aix-Marseille II*, 142 p.
- Bouxin H., 1954. Observations sur le frai de *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis* (Lmk). Dates précises de frai et facteurs provoquant l'émission de produits génitaux. *Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, shellfish Comm. n° 36.
- Chipperfield P.N.J., 1953. Observations on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* (L.) in British waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 32 : 449-476.
- Dardignac - Corbeil M. J., & Mazurie J., 1989. Estimation des stocks de moules dans le Pertuis Breton en 1988. *Rapport IFREMER - RIDRV* 89-018 RA/L'Houmeau.
- Dardignac - Corbeil M. J., 1994. Estimation des biomasses de moules (*Mytilus edulis* L.) en élevage dans les bouchots du Pertuis Breton. Evolution entre 1988 et 1993. *Rapport IFREMER - RIDRV* 94- 14 RA/L'Houmeau.
- Dare P.J., & Walker P., 1993. Spatfall of cockles and mussels in the Wash in relation to preceding winter temperatures and possible effects of spring wind regime upon larval dispersal : a preliminary analysis. In: Dijkema R. *International Council for the Exploration of the Sea C.M.* 1993/K : 62.
- Dix T.G., & Ferguson A., 1984. Cycles of reproduction and condition in Tasmanian Blue Mussels, *Mytilus edulis planulatus*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 35 : 307-317.
- Dow R.L., 1983. Sea temperature and ocean fish abundance cycles. *Marine Technology Society Journal* 17(1), 42-44.
- Drapeau H., & Duguy R., 1985. Temperature de l'eau de mer en surface dans la rade de la Rochelle. *Annales de la Société des Sciences naturelles de Charente Maritime* 7 (3), 339-347.
- Gee J. M., Maddock L., Davey J. T., 1977. The relationship between infestation by *Mytilicola intestinalis* Steuer (Copepoda, Cycloida) and the condition index of *Mytilus edulis* in Southwest England, *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 37 : 300-308.

- Guillou J., Bachelet G., & Glemarec M., 1992. Influence des fluctuations de température sur la reproduction et le recrutement de la coque *Cerastoderma edulis* (L.). IIIe colloque du PNDR. *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris, 68 (1-2) : 65-74.
- Hancock D. A., 1973. The relationship between stock and recruitment in exploited invertebrates. *Rapp. et P.V. des réunions. Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 164 : 113-131.
- Heral M., Prou J., & Deslous-Paoli J.M., 1986. Influence des facteurs climatiques sur la production conchylicole du bassin de Marennes-Oleron. *Haliotis* 15, 193-207.
- Hrs Brenko M., & Calabrese A., 1969. The combined effects of salinity and temperature on larvae of the mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 4, 224-226.
- Lawrence D.R., & Scott G.I., 1982. The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries* 5 (1), 29-27.
- Lubet P., 1959. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés (mollusques bivalves). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes* 23 (4) : 389-548.
- Lubet P., & Aloui N., 1987. Limites létales thermiques et action de la température sur la gametogenèse et l'activité neurosécrétoire chez la moule (*M. edulis* et *M. galloprovincialis*), mollusque bivalve. *Haliotis* 16, 309-316.
- Maarten R., 1993. Research into parental stock, larval abundance and spatfall of mussels in the German Wadden Sea. In: Dijkema R., *International Council for the Exploration of the Sea C.M.* 1993/K : 62.
- Mazurie J., & Dardignac - Corbeil M. J., 1988. Estimation des stocks de moules dans le Pertuis Breton en 1987. *Rapport IFREMER DRV-88.002 - RA/L'Houmeau*.
- Mazurie J., & Dardignac - Corbeil M.J., 1990. Stratégies d'échantillonnage pour l'estimation des stocks de moules sur bouchots (exemple dans le Pertuis Breton en 1988). *Communication orale présentée au Symposium de Moncton (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) en juin 1990*.
- Météo-France, Centre de La Rochelle, 1979-1994. Bulletins climatologiques mensuels.
- Météo-France, INRA, 1990. Dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie.
- Newell R.I.E., Hilbish T.J., Koehn R.K., & Newell C.J., 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. *Biological Bulletin* 162, 299-310.
- Reynolds N., 1969. The settlement and survival of young mussels in the Conway fishery. *Fishery Investigations, Séries II*, 16 (2), 25 p.
- Savage R.E., 1956. The great spatfall of mussels in the River Conway Estuary in Spring 1940. *Fishery Investigations, Séries II*, 20 (7), 1-21.
- Tan W.H., 1975. The effects of exposure and crawling behaviour on the survival of recently settled green mussels (*Mytilus viridis* L.). *Aquaculture* 6 : 357-368.
- Thompson R. J., 1979. Fecundity and reproductive effort in the Blue Mussel (*Mytilus edulis*), the sea Urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 36 : 955-964.
- Walker P., & Dare P.J., 1993. Monitoring mussel spat abundance in the Wash using artificial collectors. In: Dijkema R., *International Council for the Exploration of the Sea C. M.* 1993/K : 62.
- Widdows J., 1991. Physiological ecology of mussel larvae. *Aquaculture* 94 : 147-163.

