

INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA PRODUCTION CONCHYLICOLE DU BASSIN DE MARENNES-OLERON

par

Maurice HERAL, Jean PROU, Jean-Marc DESLOUS-PAOLI

IFREMER, Laboratoire Aquaculture
B.P. 133, 17390 LA TREMBLADE (FRANCE)

ABSTRACT.

The authors are comparing the recruitment, the commercialised production, the cultivated biomasses of oysters *Crassostrea angulata* and *Crassostrea gigas* with the statistics of the meteorology (1885-1984). The temperature plays a role up on the date of spawning but partially explains the lack of recruitment, which has less impact on the commercialised production than on the total biomass. The annual and seasonal characteristics of the precipitations and water temperatures do not show tight correlations with the variations of the production and of the biomass, for these cultivated populations in opposition with the sensitivity of the natural molluscan populations towards the climatic factors.

KEY-WORDS : *Crassostrea angulata*, *Crassostrea gigas*, production, biomass, recruitment, meteorology.

RESUME.

Les auteurs mettent en relation le recrutement, les productions commercialisées, les stocks en élevage des huîtres *Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas* avec les statistiques de la Météorologie Nationale pour les années correspondantes : 1885-1984. La température agit sur la date de ponte mais n'explique que partiellement les défauts de recrutement qui présentent moins d'impact sur la production commercialisée que sur le stock d'huîtres. Les caractéristiques annuelles et saisonnières des précipitations et des températures de l'air ne montrent pas de corrélations étroites avec les variations de la production et du stock pour ces populations cultivées contrairement à la sensibilité des populations naturelles de mollusques vis à vis des facteurs climatiques.

MOTS CLES : *Crassostrea angulata*, *Crassostrea gigas*, production, biomasse, recrutement, météorologie.

INTRODUCTION.

Un certain nombre d'auteurs ont étudié l'influence des caractéristiques climatiques sur des populations de poissons mais rares sont les travaux sur les mollusques. Ainsi Dow (1972) met en évidence que l'importance des apports de pêche de *Mya arenaria* dans l'état du Maine est inversement corrélée avec la moyenne annuelle de la température de l'eau lors du recrutement (5 ans auparavant) et positivement pour *Mercenaria mercenaria*. Dow (1981) précise ces résultats pour ces mêmes espèces et montre que l'importance de la pêcherie du Maine de *Plactopecten magellanicus* est directement contrôlée par les températures annuelles les plus basses. Ce même auteur, en 1983, calcule des coefficients de corrélation positifs hautement significatifs pour *Crassostrea virginica* dont l'abondance de la pêche est fonction des températures élevées au moment du

recrutement alors que pour *Mytilus edulis* l'abondance de la récolte est dépendante des périodes froides. Parallèlement Ulanowicz et al. (1982) ont construit un modèle de variations d'abondance de *Mya arenaria* dans le Maryland avec une régression multiple intégrant les écarts cumulés de température d'eau de l'année antérieure et les écarts cumulés de la salinité de l'année n-2. Par contre on peut se poser la question de savoir si un stock cultivé est autant dépendant des facteurs climatiques. L'homme par son intervention à tous les niveaux, du recrutement à la production, s'est-il affranchi des variations climatiques, exception faite des accidents météorologiques majeurs ?

1. Données disponibles.

1.1.- Production d'huîtres.

La production d'huîtres creuses du bassin de Marennes-Oléron a été estimée de 1885 à 1984 par trois approches différentes (Héral et al., 1986). L'analyse des différentes sources statistiques est réalisée, les données sont comparées et la validation des résultats aboutit à la figure 1. Ainsi vingt ans après son implantation dans l'estuaire de la Gironde, la production de *Crassostrea angulata* dépasse 10.000 tonnes dès 1890 et est principalement due à la pêche sur des gisements naturels. Progressivement le captage et la culture se développent particulièrement après 1925, période où l'huître plate indigène disparaît; la production d'huîtres creuses atteint alors 30.000 tonnes. Jusqu'en 1940-1945 l'augmentation de la production est régulière pour atteindre un maximum de 50.000 tonnes. Elle tend ensuite à se stabiliser à ce chiffre avant de décliner de 1957 à 1972 (24.000 tonnes). Ce déclin correspond à l'apparition de deux épizooties chez l'huître *Crassostrea angulata*. L'introduction de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* permet alors un redémarrage rapide de la production qui culmine en 1979 à 45.000 tonnes puis décroît pour atteindre 30.000 tonnes en 1985

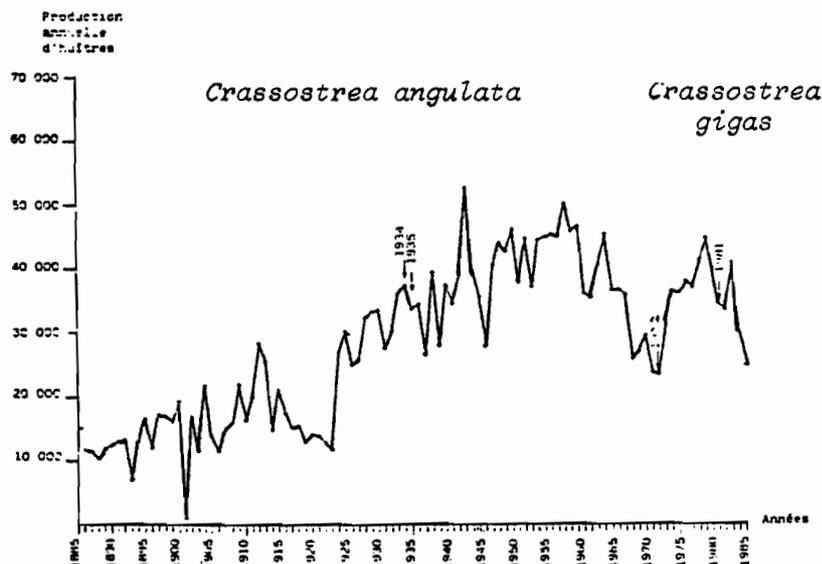


Fig. 1 : Evolution de la production annuelle d'huîtres creuses élevées dans le bassin de Marennes-Oléron.

1.2. Stocks d'huîtres cultivées.

Les stocks d'huîtres d'élevage du bassin de Marennes-Oléron ont été simulés, pour la période considérée, à partir de la courbe de production en tenant compte de l'évolution des rendements des huîtres cultivées : croissance et mortalité, et des importations (Héral et al., (à paraître). La courbe de l'évolution des stocks en élevage (fig. 2) met en évidence qu'ils oscillent autour de 20.000 tonnes jusqu'en 1925 et croissent progressivement pour atteindre 100.000 tonnes en 1943. Une brusque augmentation après la guerre, entraîne un haut niveau des stocks variant autour de 180.000 tonnes de 1950 à 1965. Les deux épizooties provoquant une rapide baisse tandis que la biomasse de *Crassostrea gigas* croît pour plafonner dès 1974 autour de 80.000 tonnes.



Figure 2 : Evolution des stocks d'huîtres *Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas* cultivées dans le bassin de Marennes-Oléron.

2. Données météorologiques.

2.1. Températures air-eau.

Les températures de l'eau, relevées tous les 15 jours dans le bassin de Marennes-Oléron (Héral et al., 1984) sont en relation directe avec les températures de l'air (fig. 3). L'été, les températures de l'air et de l'eau coïncident. L'hiver le pouvoir tampon de l'eau de mer, lié à son volume, quoique restreint, dans le bassin de Marennes-Oléron, entraîne des températures d'eau nettement supérieures à celles de l'air (DT maxi 5° C). En raison de l'absence de longues et complètes séries historiques sur la température de l'eau, il est cependant possible d'utiliser les températures de l'air en se rappelant qu'elles augmentent les écarts été-hiver et qu'elles amplifient nettement les périodes froides de courtes durées.

2.2. Température air

Angot établit dès 1885 un catalogue des observations météorologiques faites en France. Pour la Charente-Maritime ce relevé a été complété et mis à jour en 1926. Ainsi, si les premières observations ont été réalisées dès 1778 il n'existe que des séries partielles pour toutes les stations de Charente-Maritime. Ce n'est par exemple qu'après 1945 que la station du laboratoire de

La Tremblade fonctionne sans discontinuité et il faut attendre 1949 pour que la station de La Rochelle devienne une station de la Météorologie Nationale.

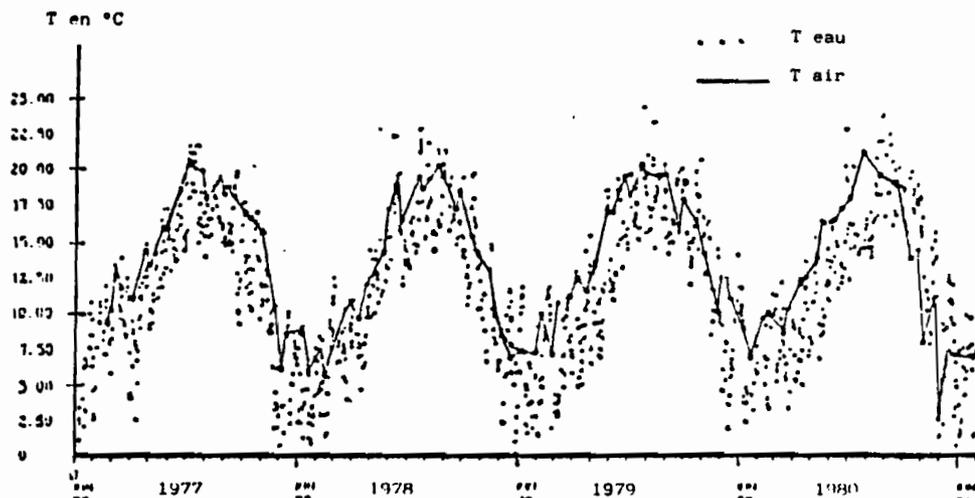
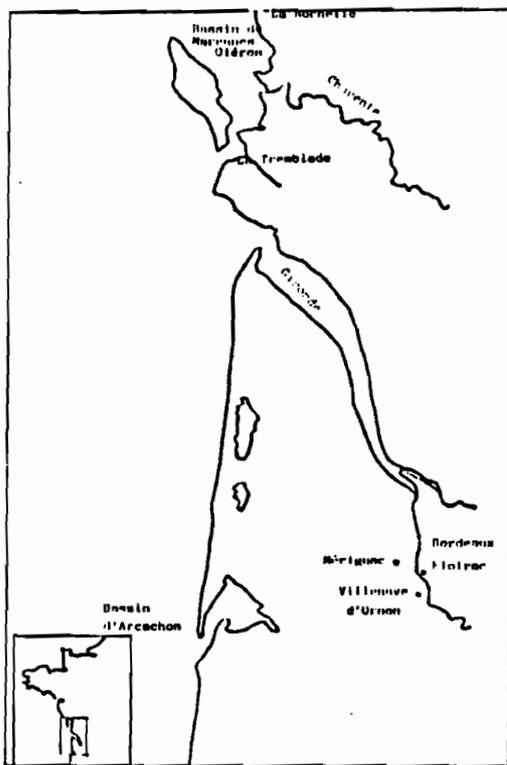


Figure 3 : Evolution des températures moyennes de l'air (.) et de l'eau (-) dans le bassin de Marennes-Oléron.

pour constituer une série chronologique continue et homogène de 1885 à 1984 les stations de Bordeaux distantes de 120 km du bassin de Marennes-Oléron ont été retenues (Fig. 4) :

Floirac de 1880 à 1923, Villenave d'Ornon de 1923 à 1950, Bordeaux-Mérignac de 1951 à 1984.



La confrontation des moyennes mensuelles sur 30 ans (1951-1980) de Bordeaux et de La Tremblade montre pour les températures une valeur légèrement plus chaude pour Bordeaux (+ 0,8°C) (tableau 1). En hiver, les températures sont très voisines mais en été l'écart est plus élevé (+ 1°C) dû à la tendance continentale et à la localisation plus au sud de Bordeaux. Pour la pluviométrie, la moyenne des précipitations annuelles est identique entre les deux stations (tableau 1). La Tremblade présente des hivers plus pluvieux (+ 20 mm) alors qu'en été, Bordeaux a des pluies plus abondantes dues à la fréquence des orages (+ 20 mm).

Figure 4 : Localisation des stations météorologiques

Températures	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moy. ann.
Bordeaux	5,9	6,9	9,3	11,6	15	18,1	20,2	20,2	18,2	14	9	6,7	12,9
La Tremblade	5,3	7,0	9,1	10,5	13,7	16,9	18,9	18,9	17,0	13,4	8,3	6,8	12,1
Précipitations	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	total
Bordeaux	99,7	86,0	73,8	59,5	69,7	64,5	54,2	64,1	79,6	82,6	95,6	103,9	864
La Tremblade	121,1	91,1	77,2	47,5	81,9	59,5	43,8	43,5	46,2	82,3	69,4	96,6	860

Tableau 1 : Comparaison des températures moyennes exprimées en °C et des pluviométries moyennes exprimées en mm pour les stations de Bordeaux et de La Tremblade pour la période 1951-1980.

3. Résultats.

3.1 Température.

L'évolution des moyennes des températures annuelles montre des fluctuations importantes. L'application de moyenne mobile d'ordre 5 ($y = \frac{y^{n-2} + y^{n-1} + y^n + y^{n+1} + y^{n+2}}{5}$) met en évidence des variations cycliques avec un réchauffement notable au début du siècle et dans les années 1940-1948. ce dernier réchauffement déjà signalé par Le Roy Ladurie (1983) n'est que passager et il n'est pas mis en évidence de tendance au réchauffement à l'échelle du siècle contrairement à ce qui a été trouvé pour le Nord de l'Europe et de l'Amérique du Nord (Mitchell, 1963 *in* Le Roy Ladurie 1983).

3.2 Précipitations

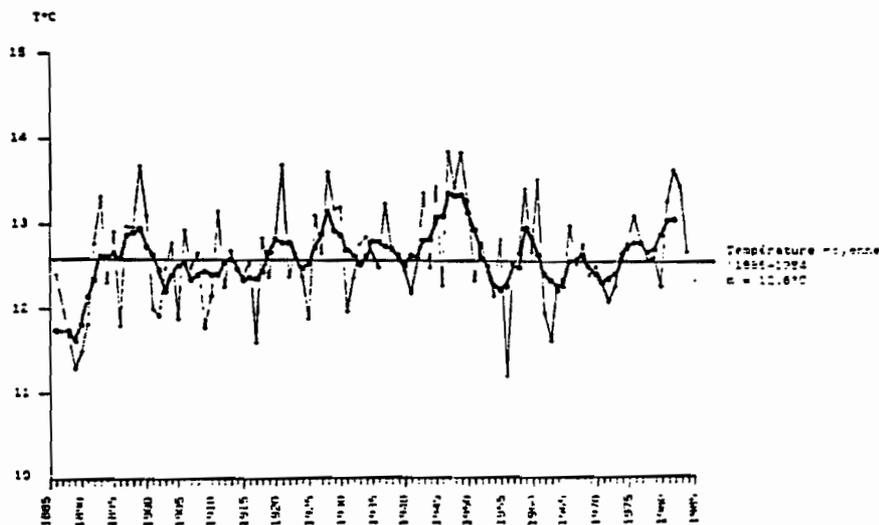


Figure 6 : Evolution des moyennes annuelles de la température de l'air, valeurs brutes (+) et moyennes mobiles d'ordre 5 (.)

Les fluctuations des précipitations annuelles oscillent autour de la moyenne de 849mm. En deux ans, on passe d'un extrême (219mm en 1952) à l'autre (493mm en 1953). Les périodes plus chaudes mises précédemment en évidence correspondent à des années consécutives où les précipitations sont plus faibles.

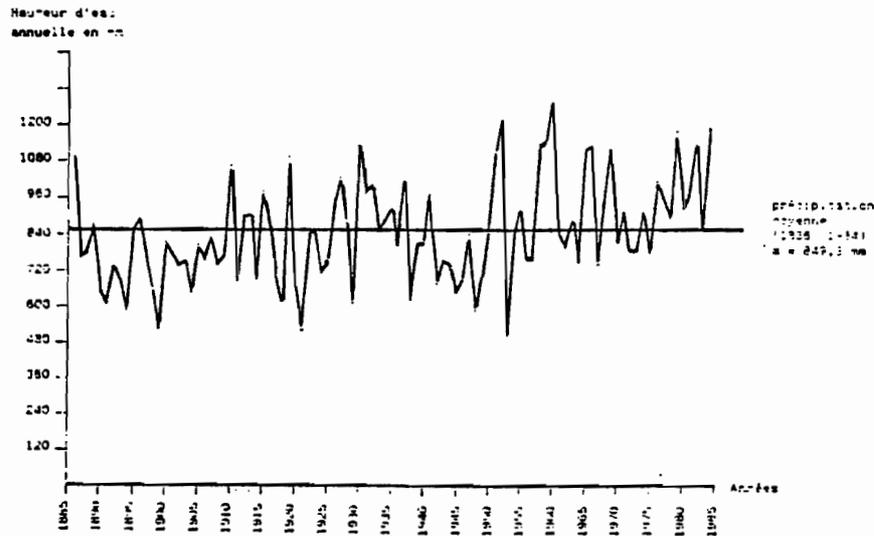


Figure 7 : Evolution des précipitations moyennes annuelles (stations de Floirac de 1886 à 1940, de Villenave d'Ornon de 1941 à 1950 et de Bordeaux Mérignac de 1950 à 1984).

3.3. Recrutement

Le laboratoire effectue depuis 1929 (Chaux-Thévenin, 1929) des numérations de larves d'huîtres présentes au-dessus des zones de captage avec un suivi hebdomadaire voire bihebdomadaire en période estivale. A partir de ces données d'abondances larvaires et du suivi du captage, il est mis en évidence chez *Crassostrea angulata* que deux années successives 1934 et 1935 ont présenté un fort déficit de recrutement.

De même pour *Crassostrea gigas* les années 1972 et 1981 sont caractérisées par un captage irrégulier, très faible, ou nul dans certains secteurs.

Il est généralement considéré que la température, chez les mollusques, présente une action directe sur les géniteurs en jouant sur la vitesse de la gamétogénèse (Lubet, 1980). Ainsi la somme des degrés-jour, c'est à dire la quantité de chaleur nécessaire pour le développement de la gamétogénèse est mise en relation, mois par mois, avec la date de ponte pendant la période concernée par le cycle d'élevage de *Crassostrea gigas* (1971-1984) (tableau 2). La date de ponte est déterminée par la détection des premières émissions larvaires abondantes du bassin.

	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin
r	0,135	0,028	0,041	- 0,011	- 0,263	- 0,485	-0,202	0,192	-0,152	- 0,472

Tableau 2 : Coefficients de corrélations entre la date de ponte et la somme des degrés-jour de chaque mois pour l'huître *Crassostrea gigas* (1971-1984) r à 95 % = 0,532.

Les coefficients des mois de septembre, octobre, novembre sont très faibles et de signe contraire signifiant ainsi une indépendance de la gamétogénèse vis à vis des températures automnales. Il en est de même pour les mois de mars et avril. Par contre, la somme des degrés-jour du mois de février et celle du mois de juin sont assez fortement corrélées avec la date de ponte ainsi les températures du mois de février joueraient un rôle de déclenchement de la gamétogénèse et celles du mois de juin, supérieures à 15°C agiraient sur la vitesse de la gamétogénèse. La variable expliquée dans la régression multilinéaire est la date de ponte et les variables explicatives sont les sommes de degrés-jour de chaque mois, sélectionnées par ordre de coefficient de corrélation décroissant selon la méthode de Blanc et Leveau (1973). Le test F est appliqué à chaque variable pour vérifier sa significativité et voir le gain de variance extrait par le paramètre supplémentaire, entraînant ainsi une diminution significative de l'erreur résiduelle.

$$y = 297,7 - 0,13 T \text{ fév.} - 0,11 T \text{ juin} \quad r = 0,71$$

La durée de la gamétogénèse et la date de ponte sont expliquées avec 51% de variance pour les sommes des températures des mois de février et juin. L'adjonction de mois supplémentaires n'entraîne qu'un faible gain de variance. Il semble donc que d'autres facteurs que la somme des degrés-jour influent sur la gamétogénèse avec un poids non négligeable. Le cumul de la somme des degrés-jour de chaque mois de février à la date de ponte est calculé pour chaque année (tableau 3). La valeur moyenne (2390° jours) est du même ordre de grandeur que celle trouvée par Muranata et Lannan (1984) pour *Crassostrea gigas* conditionnée à des températures de 18 à 22° C pour des salinités de 20 à 30‰.

année	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	\bar{m}	σ
jour de ponte	224	212	207	205	210	196	216	220	222	207	234	200	212	214	213	70
° jour	2510	2277	2179	2186	2362	2267	2459	2452	2541	2185	2898	2281	2472	2349	2387	184

Tableau 3 : Date de ponte et somme des degrés-jour de février à la date de ponte pour l'huître *Crassostrea gigas* (1971-1984).

La date de ponte est comprise à 95 % entre le 193ème jour et le 233ème jour soit un écart de 40 jours, trop grand pour pouvoir assurer une prédiction précise. Comme la gamétogénèse est dépendante à la fois de la température et du temps d'exposition à la température, la notion de degrés-jour a été développée. Ainsi Mann (1979) étudie les besoins en degrés-jour pour atteindre la ponte chez *Crassostrea gigas* en utilisant la formule suivante :

$$D = d (t - t_0) \quad (1)$$

où D est le besoin en degrés-jour, d est le nombre de jours de maturation nécessaires pour atteindre le stade de ponte, t est la température moyenne à laquelle les huîtres sont exposées et t_0 est la température en dessous de laquelle il n'est pas constaté de développement des gonades. La résolution de (1) donne $t_0 = 10,55$ et $D = 592$ jours. De même Devergee (in Lubet, 1980) d'après les travaux menés dans l'écloserie commerciale de la Satmar sur la durée du conditionnement d'huîtres *Crassostrea gigas* trouve que pour une huître du milieu naturel, prélevée au début du

mois de février, il lui faut 748° jours avant de pouvoir déclencher une ponte. Dans le bassin de Marennes-Oléron, comme les températures de février sont corrélées avec la date de ponte, le nombre de jours de maturation (d) est calculé à partir du 1er février, la température moyenne (t) est de 12° C. La résolution de l'équation (1) avec D de Devergee donne t_0 égal à 8,6°C et avec D de Mann t_0 est égal à 9,5°C. Ces températures correspondent à celles de fin février début mars. Le premier développement observable des gonades débuterait à cette période ce qui n'exclut pas une influence des températures antérieures sur les mécanismes de déclenchement de la gamétogénèse.

Par l'examen des caractéristiques thermiques des années présentant un défaut de recrutement et par calcul des écarts thermiques par rapport à la moyenne (1885-1984), les anomalies thermiques sont mises en évidence (fig. 8). L'année 1934 est caractérisée par des températures inférieures à la normale pendant toute la phase de développement des gamètes d'avril à juillet. En 1934-1935, il apparaît un déficit thermique important en décembre et en juin-juillet. Par contre, pour 1972, le seul déficit notable est en février-mars et en 1981 en mars et avril.

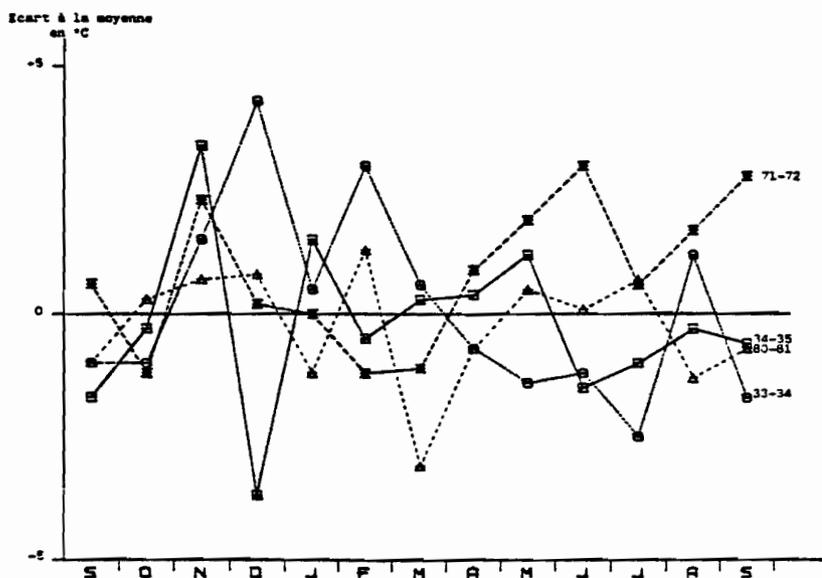


Figure 8 : Ecart thermique par rapport à la moyenne pour les années 1933-34 (■), 1934-35 (□), 1971-72 (x), 1980-81 (Δ)

S'il existe un minimum de degrés-jour nécessaire pour la gamétogénèse, la ponte et la survie larvaire nécessitent une température de l'eau élevée supérieure à 16°C pour *C. angulata* (Marteil, 1976) et supérieure à 18° C pour *C. gigas* (Mann, 1979). Les conditions optimales des températures pour assurer la meilleure croissance des larves étant de l'ordre de 22° C pour *C. angulata* et de 23°C pour *C. gigas* (Marteil, 1976). Ceci explique la non reproduction régulière de *Crassostrea gigas* en France au Nord de la Rochelle. Pour *C. angulata*, en 1934 et 1935, les températures des mois de juillet, août et septembre sont particulièrement basses, de même au mois d'août et septembre en 1981 pour *C. gigas*.

L'impact des défauts de recrutement sur la production (fig. 1) n'est guère sensible après 1934-1935, les ostréiculteurs ont pallié à ce déficit par l'importation de jeunes huîtres du Portugal. Cependant ces deux déficits ont un effet sur l'évolution du stock qui présente un épaulement marqué en liaison avec ce défaut de recrutement (fig. 2). En 1972, le non captage de *Crassostrea gigas* ne modifie guère l'évolution des courbes de production et de stock, l'importation massive de naissain du Japon pour la reconstitution du cheptel comblant le non recrutement. Par contre en 1981, le défaut de captage induit une baisse de production 3 ans après, liée au temps de croissance, avec un effet cependant moins marqué sur les stocks, la classe d'âge suivante (1982) étant très abondante.

4. Production.

La mise en relation des productions annuelles commercialisées de l'ensemble des années avec la température de l'année de production (n) montre une liaison significative à 95 %. La production étant dépendante du niveau d'exploitation du bassin, elle est séparée en 4 périodes caractéristiques de l'état des cultures pour mettre en évidence si un de ces états est plus dépendant des facteurs climatiques : cueillette et début de l'ostréiculture (1886-1923), augmentation rapide des stocks (1924-1944), production maximale de *Crassostrea angulata* (1945-1969), production maximale de *Crassostrea gigas* (1974-1984). Aucun de ces résultats n'est significatif pour la température et pour la pluviométrie (tableau 4).

Production	Prod n 1885-1984	Prod. n 1886-1923	Prod n 1924-1944	Prod n 1945-1969	Prod n 1974-1984
T^n	<u>0,251</u>	0,163	0,222	0,083	- 0,284
T^{n-1}	0,190	0,059	0,102	- 0,133	- 0,264
T^{n-2}	0,134	- 0,037	- 0,285	- 0,146	- 0,107
T^{n-3}	0,162	- 0,058	- 0,234	- 0,091	- 0,156
T^{n+n-3}	<u>0,273</u>	0,017	- 0,248	- 0,010	- 0,423
P_n	<u>0,297</u>	0,097	- 0,423	0,066	- 0,252
P^{n-1}	0,277	- 0,027	- 0,120	- 0,053	0,286
P^{n-2}	<u>0,279</u>	<u>0,365</u>	0,079	- 0,330	- 0,308
P^{n-3}	<u>0,235</u>	0,213	0,207	- 0,347	- 0,322
P^{n+n-3}	<u>0,476</u>	<u>0,493</u>	- 0,381	- 0,433	- 0,482
r 95 %	0,205	0,326	0,423	0,368	0,602
r 99 %	0,267	0,418	0,537	0,496	0,735

Tableau 4 : Coefficients de corrélations entre les variables météorologiques annuelles et la production d'huîtres avec un décalage de temps variable de 1 à 4 ans.

Comme la température et la pluviométrie peuvent jouer sur le recrutement mais aussi sur la vitesse de croissance, des corrélations décalées sur 4 ans (n à n-3) sont établies ainsi que l'action cumulée de la température sur la croissance pendant les 4 années. Il n'apparaît pas de

résultats significatifs pour la température exception faite de la température cumulée.

Par contre, pour la pluviométrie, des corrélations significatives à 99 % sont trouvées pour l'ensemble des années, pour l'année n-2, n-3 et pour le cumul des 4 années ($r = 0,478$). Les relations ont lieu lors du début de l'ostréiculture de *Crassostrea angulata* (1886-1923) en particulier pour l'année (n-2) c'est à dire l'année du recrutement. On peut avancer l'hypothèse d'une relation entre l'abondance du recrutement et les fortes pluviométries, relation qui n'est plus mise en évidence lorsque la culture se développe avec une maîtrise plus grande du captage.

L'analyse des moyennes des températures annuelles et des précipitations totales annuelles peut être non discriminante comme Héral et Lemonnier (1977) l'ont mis en évidence, il peut être nécessaire dans le cadre de relations entre analyse météorologique et production de descendre plus loin dans l'analyse des séquences et retenir les variations saisonnières voire mensuelles.

P	année n				année n-1				année n-2				année n-3			
	Printemps	Ete	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver
1890-1923	- 0,214	- 0,073	0,071	0,273	- 0,030	0,066	0,158	0,174	- 0,206	0,040	0,142	0,151	0,237	- 0,228	- 0,179	0,066
1924-1944	0,534	0,192	- 0,090	- 0,232	0,532	0,207	- 0,021	- 0,304	0,124	- 0,091	0,020	0,024	- 0,221	- 0,275	0,024	0,357
1945-1969	0,251	0,077	- 0,316	0,020	- 0,166	0,015	- 0,162	- 0,094	- 0,033	- 0,098	0,219	- 0,059	0,018	0,130	0,020	0,165
1974-1984	- 0,547	- 0,149	- 0,004	- 0,154	- 0,244	- 0,381	0,214	0,407	0,579	- 0,116	0,181	- 0,163	0,632	0,397	- 0,048	0,093
1980-1984	0,146	- 0,069	0,096	0,194	0,142	- 0,070	0,062	0,160	0,140	- 0,111	0,027	0,156	0,177	- 0,130	0,047	0,232

Tableau 5 : Coefficients de corrélations entre les températures saisonnières et la production d'huîtres avec leur décalage de temps de 1 à 4 ans.

Les corrélations entre les températures saisonnières et les productions des différentes périodes concernées avec un décalage variable de 1 à 4 ans (tableau 5) mettent en évidence :

- pour l'année n : une corrélation positive pour la température du printemps pendant la période 1924-1944.

- pour l'année n-1 : une corrélation positive pour la température de printemps pendant la période 1924-1944.

- pour l'année n-2 : le coefficient de corrélation le plus élevé est celui du printemps pour la période 1974-1984.

- pour l'année n-3 : le coefficient de corrélation le plus élevé est celui du printemps pour la période 1974-1984.

Il apparaît ainsi qu'il semble exister une tendance, quoique non constante selon les périodes entre la température du printemps (mars à juin) et le volume annuel d'huîtres adultes commercialisées.

5. Biomasse

La biomasse totale d'huîtres d'élevage est indépendante de la moyenne de la température annuelle pour l'année n, n-1, n-2 et n-3, comme pour la production annuelle, et n'est corrélée

qu'avec la température cumulée 4 années antérieures négativement de 1924 à 1944 et positivement pour *Crassostrea gigas* de 1974 à 1983. Comme pour la production, la pluviométrie est en liaison étroite avec les stocks du début de la période de l'ostréiculture (1886-1923) et plus particulièrement en liaison avec le recrutement (n-2) (tableau 6).

Biomasse	Stock n 1885-1984	Stock n 1866-1923	Stock n 1924-1944	Stock n 1945-1969	Stock n 1974-1983
T ⁿ	0,150	0,169	- 0,194	- 0,146	0,138
T ⁿ⁻¹	0,150	0,044	- 0,171	- 0,174	0,384
T ⁿ⁻²	0,164	- 0,013	- 0,273	0,040	0,415
T ⁿ⁻³	0,174	- 0,028	- 0,057	- 0,091	0,306
T ^{n+...n-3}	<u>0,242</u>	0,029	<u>- 0,788</u>	-0,099	<u>0,759</u>
P ⁿ	<u>0,263</u>	0,091	- 0,291	- 0,001	0,545
P ⁿ⁻¹	<u>0,237</u>	0,075	- 0,046	0,028	- 0,111
P ⁿ⁻²	<u>0,210</u>	<u>0,358</u>	- 0,113	0,042	0,019
P ⁿ⁻³	0,203	0,159	- 0,095	- 0,010	- 0,016
P ^{n+...n-3}	<u>0,402</u>	<u>0,538</u>	<u>-0,454</u>	- 0,092	- 0,127
r 95 %	0,205	0,325	0,425	0,388	0,707
r 99 %	0,267	0,418	0,637	0,496	0,834

Tableau 6 : Coefficients de corrélations entre les variables météorologiques annuelles et le stock d'huîtres avec un décalage de variable de 1 à 4 ans.

La décomposition par séquences caractéristiques met en évidence des liaisons significatives :

- pour l'année n-2 avec la température du printemps pour toutes les années
- pour l'année n-3 avec la température du printemps pour toutes les années avec une sensibilité plus importante pour *Crassostrea gigas* (tableau 7).

B	année n				année n - 1				année n-2				année n-3			
	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver
1890-1923	- 0,205	- 0,076	0,072	0,315	- 0,067	0,024	0,073	0,167	- 0,134	0,062	0,169	0,190	0,236	- 0,211	- 0,133	0,119
1924-1944	0,383	0,033	- 0,295	- 0,228	0,414	- 0,087	- 0,115	- 0,021	0,179	- 0,016	0,184	- 0,012	- 0,006	- 0,018	0,137	0,160
1945-1969	- 0,091	- 0,082	- 0,396	0,104	- 0,098	- 0,230	- 0,191	0,144	- 0,077	- 0,113	- 0,165	0,139	- 0,113	- 0,230	- 0,124	0,171
1974-1984	- 0,129	- 0,652	- 0,177	- 0,020	- 0,051	- 0,435	- 0,120	- 0,451	- 0,193	- 0,169	- 0,273	0,344	0,554	0,366	- 0,152	0,218
1980-1984	0,151	- 0,126	0,079	0,126	0,187	- 0,111	0,068	0,107	- 0,228	- 0,105	0,033	0,135	0,267	- 0,064	0,065	0,079

Tableau 7 : Coefficients de corrélations entre les températures saisonnières et les biomasses totales en élevage avec un décalage de temps de 1 à 4 ans

Les relations mises en évidence entre les variables météorologiques et la biomasse sont les mêmes que celles qui agissent sur la production :

- action de la pluviométrie sur le recrutement pour les stocks sauvages de *Crassostrea angulata*.
- tendance à une liaison entre les températures printanières élevées et l'augmentation des stocks, en particulier pour *Crassostrea gigas*.

6. Discussion

L'étude de l'influence de la température sur la reproduction de *Crassostrea gigas* met en évidence un effet sur la durée de la gamétogénèse avec de fortes corrélations entre la date de ponte et les sommes des degrés-jour des mois de février et de juin expliquant à eux seuls 51 % de la variance de la date de ponte. La somme des degrés-jour en utilisant les résultats de Mann (1979) et de Devergee (in Lubet, 1980), permet de préciser en liaison avec la période de maturation que la température de début de la phase active de la gamétogénèse varie entre 8,6°C et 9,5°C. Ces résultats sont en accord avec les observations de Lubet (1980) qui signale chez *Crassostrea gigas* une quasi indépendance vis à vis de la température hivernale. Devergee montre qu'il n'existe pas de période de repos sexuel pour cette huître. Auger (1976) constate que la gamétogénèse débute chez cette espèce à 7-8°C et Lubet (1980) rappelle que la reprise de l'activité génitale coïncide avec les plus basses températures hivernales (8-9°C), alors que Mann calcule que le début de la gamétogénèse active est à 10,55°C. Par ailleurs, Marteil (1960 in Marteil, 1976) et Le Dantec (1968) ont montré qu'un hiver doux et un réchauffement printanier raccourcissent la période de gamétogénèse pour *Ostrea edulis* et *Crassostrea angulata*. L'étude détaillée des années de non recrutement montre un déficit notable soit en période de début de gamétogénèse (1972, 1981) soit en fin de maturation (1934-1935). Par ailleurs, les températures estivales des années (1934-1935 et 1981) sont particulièrement basses ne permettant pas une survie larvaire optimale. Cependant il faut rappeler que la température n'est pas le seul facteur qui joue sur la gamétogénèse. Ainsi Ranson (1936) constate un développement moindre des gonades en 1934 et en 1935, cet auteur l'explique par un déficit nutritionnel des huîtres adultes. De même Deslous-Paoli et al. (1981) mettent en évidence, par rapport à une année de reproduction normale, une baisse notable de la teneur en glucides et en lipides chez les mâles comme chez les femelles adultes de *Crassostrea gigas*. Cette baisse de qualité biochimique des gamètes est mise en relation avec le déficit de nourriture particulière détritique ou phytoplanctonique qui pourrait être induit par les anomalies thermiques de 1981. Ceci rejoint les travaux de Muranate et Lannan (1984) qui montrent l'influence de la nutrition des géniteurs lors du conditionnement sur le développement des gonades de *Crassostrea gigas*.

La pluviométrie et donc inversement la salinité sont en relation avec l'abondance du recrutement de *Crassostrea angulata* de 1885 à 1924, période intermédiaire entre la pêche et la culture. Ceci rejoint les travaux de Le Dantec (1968) qui met en évidence que la durée de la gamétogénèse, fonction de la température est aussi influencée par la salinité, 28‰ paraît être la salinité optimale pour l'évolution des larves de *Crassostrea angulata*. De même Walne (1974) confirme pour *Crassostrea gigas* que les conditions optimales d'évolution larvaire sont réunies pour une température élevée

correspondant à des salinités de 30 à 32 ‰. Cependant pour la période de culture intensive de l'huître portugaise, comme pour celle de l'huître japonaise, aucune relation entre la pluviométrie et le recrutement n'est mise en évidence, ce qui laisse supposer que l'abondance du captage est contrôlée par d'autres facteurs.

La température, en particulier celle du printemps semble jouer sur l'augmentation des productions annuelles et des biomasses d'huîtres en élevage. Ceci rejoint les travaux de nombreux auteurs sur l'observation de la simultanéité entre les phases de croissance des mollusques et l'augmentation de la température permettant de modéliser les fluctuations saisonnières de la croissance linéaire des mollusques (Bodoy, 1982; Hamon, 1983; Bachelet, 1984; Rodhouse et al., 1984). La croissance de la chair étant due principalement aux conditions nutritives alors que la température agit directement sur la croissance de la coquille des huîtres comme Héral et al. (1984) l'ont mis en évidence dans le bassin de Marennes-Oléron.

Les travaux sur les populations de mollusques non cultivés ont montré une dépendance étroite entre facteurs climatiques et abondance des stocks (Dow, 1983). L'influence est due à une variabilité du recrutement liée principalement à la température, en particulier pour les espèces à la limite de leur aire de répartition. Pour la population d'huîtres cultivées du bassin de Marennes-Oléron une relation de même nature n'est pas mise en évidence pour plusieurs raisons principales :

- l'huître portugaise et l'huître japonaise quoique transplantées dans cet écosystème sont des exemples d'implantations réussies car n'étant pas à la limite de leurs extrêmes thermiques, elles assurent un recrutement régulier présentant une moindre sensibilité aux variations du climat, contrairement aux populations de ces deux mêmes espèces implantées au Nord de la Charente-Maritime.

- dans ces populations cultivées, le recrutement est placé sous le contrôle d'une activité humaine. L'abondance du recrutement dépend principalement du nombre de collecteurs posés par les ostréiculteurs, activité régie par des critères sociaux-économiques plutôt que par des variables biologiques ou climatiques contrairement aux populations naturelles.

- l'action de l'homme qui pratique une culture se traduit par ailleurs par une importation massive de juvéniles de secteurs voisins ou de pays étrangers pour pallier aux défauts du recrutement, régulant ainsi les populations commercialisées actuellement.

BIBLIOGRAPHIE.

- ANGOT, A., 1895. Premier catalogue des observations météorologiques faites en France, depuis l'origine jusqu'en 1850. *Annales du Bureau Central météorologique de France*, 89 p.
- AUGER, C., 1976. Etude de deux variétés de *Crassostrea gigas* Thunberg; leur acclimatation en rivière d'Étel (Morbihan). Thèse doct. sp. Paris VI, 80 p.
- BACHELET, G., 1981. Application de l'équation de Von Bertalanffy à la croissance du bivalve *Scrobicularia plana*. *Cahiers de Biologie Marine*, 22 : 291-311.
- BLANC, F., LEVEAU, M., 1973. Plancton et eutrophie. Aire d'épandage rhodanienne et Golfe de Fos (traitement mathématique des données). Thèse Etat Sci. nat., Univ. Aix-Marseille II, 161 p.

- BODOY, A., 1982. Croissance saisonnière du bivalve *Donax trunculus* (L.) en Méditerranée Nord-Occidentale (France). *Malacologia*, 22 (1-2) : 353-358.
- CHAUX-THEVENIN, H., 1929. Observation sur la reproduction des huîtres portugaises dans la région de Marennes. *Rev. Trav. Off. Pêches*, 2 (1) : 103.
- DESLOUS-PAOLI, J.M., HERAL, M., BERTHOME, J.P., RAZET, D., GARNIER, J., 1981. Reproduction naturelle de *Crassostrea gigas* Thunberg dans le bassin de Marennes-Oléron en 1979 et 1981 : aspects biochimiques et énergétiques. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 45 (4) : 319-327
- DOW, R.L., 1972. Fluctuations in gulf of Maine sea temperature and specific molluscan abundance. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 34 (3) : 532-534.
- DOW, R.L., 1981. Influence of sea temperature cycles on the abundance and availability of marine and estuarine species of commerce. *Oceans 81 conference record, Boston, Vol. 2* : 775-779.
- DOW, R.L., 1983. Sea temperature and ocean fish abundance cycles *Marine Technology Society Journal*, 17 (1) : 42-44.
- HAMON, P.Y., 1983. Croissance de la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) dans l'étang de Thau : estimation des stocks de mollusques en élevage. Thèse d'Etat Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 331 p.
- HERAL, M., LEMONNIER, P., 1977. Météorologie et production de sel dans les marais salants de Guérande : application de l'analyse factorielle des correspondances. *Bulletin de la Fédération thermique et climatique de Bretagne*, 35 p.
- HERAL, M., RAZET, D., DESLOUS-PAOLI, J.M., MANAUD, F., TRUQUET, I., GARNIER, J., 1984. Hydrobiologie du bassin de Marennes-Oléron : Résultats du réseau national d'observation : 1977-1981. *Ann. Soc. Sci. Nat. Charente-Maritime*, 7 (2) : 259-277.
- HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., RAZET, D., PROU, J., 1984. Essai de mise en évidence *in situ* de paramètres biotiques et abiotiques de l'eau et de l'interface eau-sédiment intervenant dans la production de l'huître *Crassostrea gigas*. *Océanis*, Vol. 10 (4) : 465-475
- HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., PROU, J., 1986. Analyse historique de la production conchylicole du bassin de Marennes-Oléron (France). 4ème colloque scientifique interdisciplinaire Franco-Japonais Océanographie (sous presse (10 p.)).
- HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., PROU, J., 1986. Estimation of the optimal production of oysters for the bay of Marennes-Oléron (à paraître).
- LE ROY LARUDIE, E., 1983. Histoire du climat depuis l'an mil. édit : Champs Flammarion, Paris (Vol. 1), 287 p.
- LE DANTEC, J., 1968. Ecologie et reproduction de l'huître portugaise (*Crassostrea angulata*, Lamarck) dans le bassin d'Arcachon et sur la rive gauche de la Gironde. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 32 (3) : 237-362.
- LUBET, P.E., 1980. Influence des facteurs externes sur la reproduction des mollusques lamellibranches *Oceanis*, 6 (5) : 469-489.
- MANN, R., 1979. Some biochemical and physiological aspect of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 59 : 95-110.
- MARTEIL, L., 1976. Biologie de l'huître et de la moule. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 40 (2) : 149-346
- MURANAKA, M.S., LANNAN, J.E., 1984. Broodstock management of *Crassostrea gigas* : environmental influences an broodstock conditioning. *Aquaculture*, 39 : 217-228.
- RANSON, G., 1936. L'absence de naissain d'huîtres portugaises en 1934 et 1935 dans la région de Marennes. Causes et conséquences. *Rev. Trav. Off. Pêches*, 9 (1) : 67.
- RODHOUSE, P.G., RODEN, C.M., HENSEY, M.P., RYAN, T.H., 1984. Resource allocation in *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture. *Mar. Biol.*, 84 : 27-34.

- LANOWICZ, R.E., ALI, M.L., VIVIAN, A., HEINLE, D.R., RICHKUS, W.A., SUMMERS, J.K., 1982. Identifying climatic factors influencing commercial fish and shellfish landings in Maryland. *Fishery Bulletin*, 80 (3) : 611-619.
- WALNE, P.R., 1974. Culture of bivalve molluscs : 50 years experience at Conway. Buckland Foundation book ed. : 173 p.
