

Conseil International pour
l'Exploration de la Mer

C.M. 1981 / K : 31
Comité des mollusques et crustacés

Anomalies de croissance de la coquille de
Crassostrea gigas dans le bassin de Marennes-
Oléron. Bilan de trois années d'observation

par

HERAL M*, BERTHOME J.P.*, POLANCO TORRES E**, ALZIEU C.***,
DESLOUS-PAOLI J.M.*, RAZET D.*, GARNIER J.*

RESUME : L'apparition et l'évolution des poches gélatineuses de la coquille de l'huître sont suivies depuis 1979. L'accroissement de l'épaisseur provoquant la pousse en "boulet" est expliquée par une surproduction de gel. Les différents facteurs du milieu qui peuvent intervenir dans la sécrétion du gel sont successivement examinés.

ABSTRACT : The formation and the development of chambers with jelly of the shell of Japanese oysters are studied since 1979. The growth in thickness, responsible for the stunted aspect is explained by an overproduction of jelly. The different hydrological factors which can act in the production of the jelly are successively studied.

- * Laboratoire cultures marines I.S.T.P.M. 17390 La Tremblade France
- ** Université Saint-Jacques de Compostelle. Département technologique des pêches. Espagne.
- *** Département environnement I.S.T.P.M. Nantes

Une anomalie de la calcification de l'huître Crassostrea gigas existe depuis l'implantation en 1968 de ce mollusque sur les côtes françaises. Elle est caractérisée par l'hypersecretion d'un gel, à l'intérieur de la coquille, à la place du dépôt calcique de remplissage de la valve supérieure et plus exceptionnellement de la valve inférieure de l'huître. Ce dérèglement semble être présent au Japon (WADA, com. pers.) et s'est généralisé en France. Dès 1974, DELTREIL note que ce phénomène s'accroît dans le bassin d'Arcachon (80 à 100 % d'huîtres chambrées) alors que dans le même temps les chambres gélatineuses ne se développent pas dans les autres centres conchylicoles. Depuis 1979, cette anomalie est quasiment présente dans l'ensemble des bassins français et en particulier à Marennes-Oléron. La gelée est assez rapidement recouverte d'une fine pellicule de calcaire, englobant le gel dans une poche. Néanmoins, la couche calcique cède à l'ouverture de l'huître et l'odeur putride qui s'en dégage est une gêne pour la commercialisation du produit.

En outre, il semble que cette anomalie puisse être la prémice de perturbations plus importantes de la calcification avec augmentation conséquente de l'épaisseur de la coquille d'huître, par superposition de poches gélatineuses et de feuilletés légèrement calcifiés formant ainsi des huîtres en "boulets". Ce phénomène à tendance à s'étendre. Présent dès 1970 dans certaines rivières bretonnes, il se développe à Arcachon depuis 1975 et depuis 1979 à proximité d'installations portuaires, en particulier dans le secteur des Sables d'Olonne, de La Rochelle et dans certaines parties du bassin de Marennes-Oléron. De même, KEY et al. (1976) décrivent cette anomalie de croissance dans certains estuaires anglais.

Période d'apparition du gel

Le phénomène est rapide, synchrone entre des populations d'huîtres de plusieurs âges et de modes de cultures différents (sur le sol et en surélévé). En 1979, 1980, 1981, l'apparition de poches gélatineuses s'effectue pendant l'été.

L'hypersécrétion de gel débute en juillet. Elle atteint, au centre du bassin, sur des individus de deux ans présentant le même potentiel de croissance, 75 % des huîtres en 1979 et 60 % en 1980 (fig. 1).

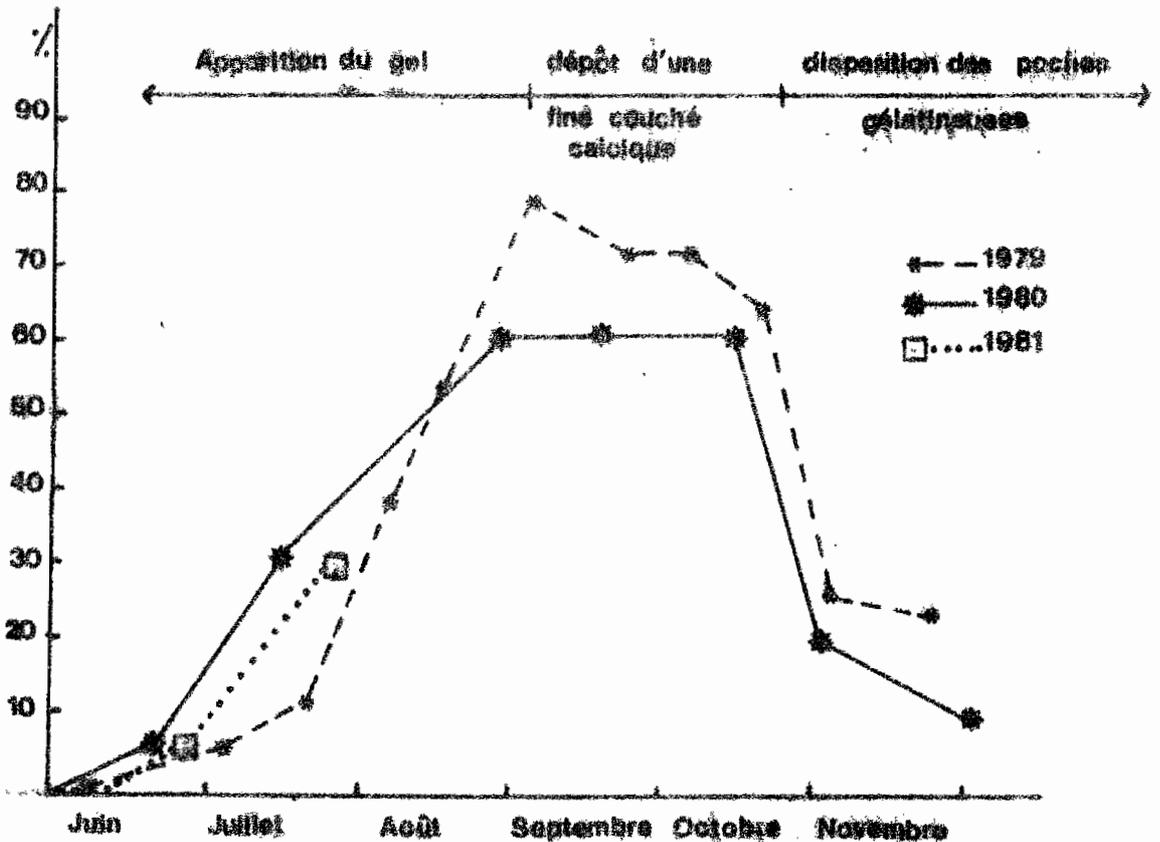


Fig. 1 : Cinétique de l'évolution des poches gélatineuses de la valve supérieure d'huîtres âgées de deux ans en élevage dans le milieu du bassin de Marennes-Oléron.

De plus, par des observations en un même lieu, on constate que plus une huître a poussé, plus elle présente de gélatine.

Le dépôt d'une fine couche calcique qui englobe le gel dans une poche est sécrété très rapidement de l'ordre de 15 jours après l'apparition du gel (fig. 2).

% d'huîtres
présentant
des anomalies

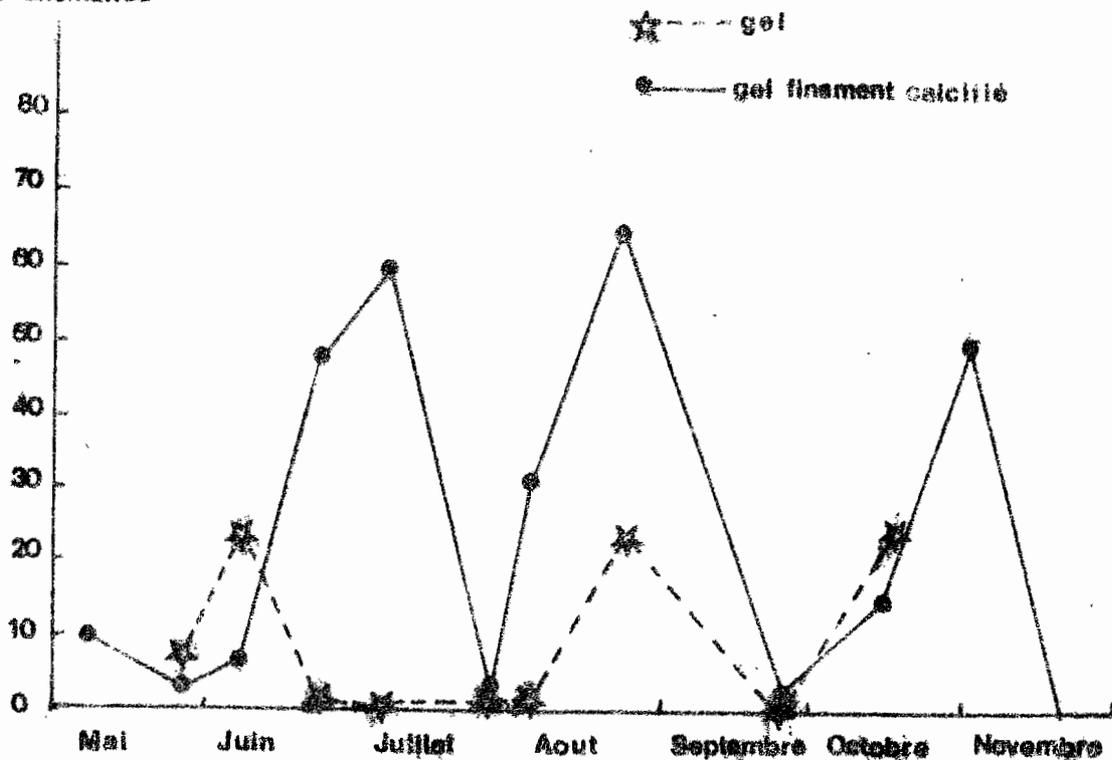


Fig. 2 : Relation entre les phases d'apparition du gel et du dépôt de la fine couche calcique dans un secteur présentant de fortes anomalies (Boyardville).

Pousse en épaisseur :

Dans certains secteurs, la prolifération de poches gélatineuses semble influencer sur la croissance. On constate une augmentation notable de l'épaisseur de la coquille. Elle correspond aux zones où la fréquence d'apparition des poches gélatineuses est la plus élevée (fig. 1).

% d huîtres
présentant des
poches gélatineuses

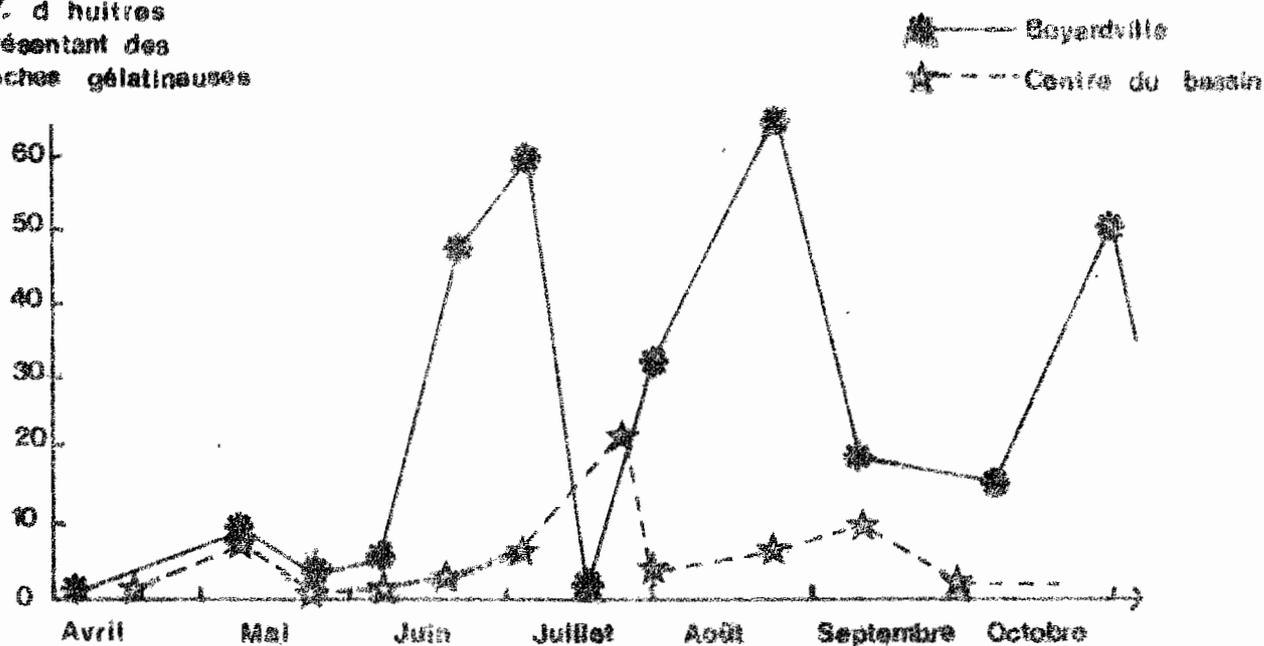


Fig. 3 : Période d'apparition de poches gélatineuses récemment formées sur des huîtres identiques provenant du centre du bassin et d'un secteur portuaire (Boyardville).

Ainsi, contrairement aux observations de KEY et al. (1976), il ne semble pas qu'il y ait un retard important de la pousse en longueur mais principalement pousse en épaisseur anormale comme l'indique la figure 4.

Le rapport longueur/épaisseur de la coquille qui est normalement voisin de 3,5 est proche, dans le cas de cette anomalie, de 2. La valve supérieure, qui normalement est 3 fois moins épaisse que la valve inférieure, devient d'une épaisseur égale, voir supérieure à celle de la valve inférieure.

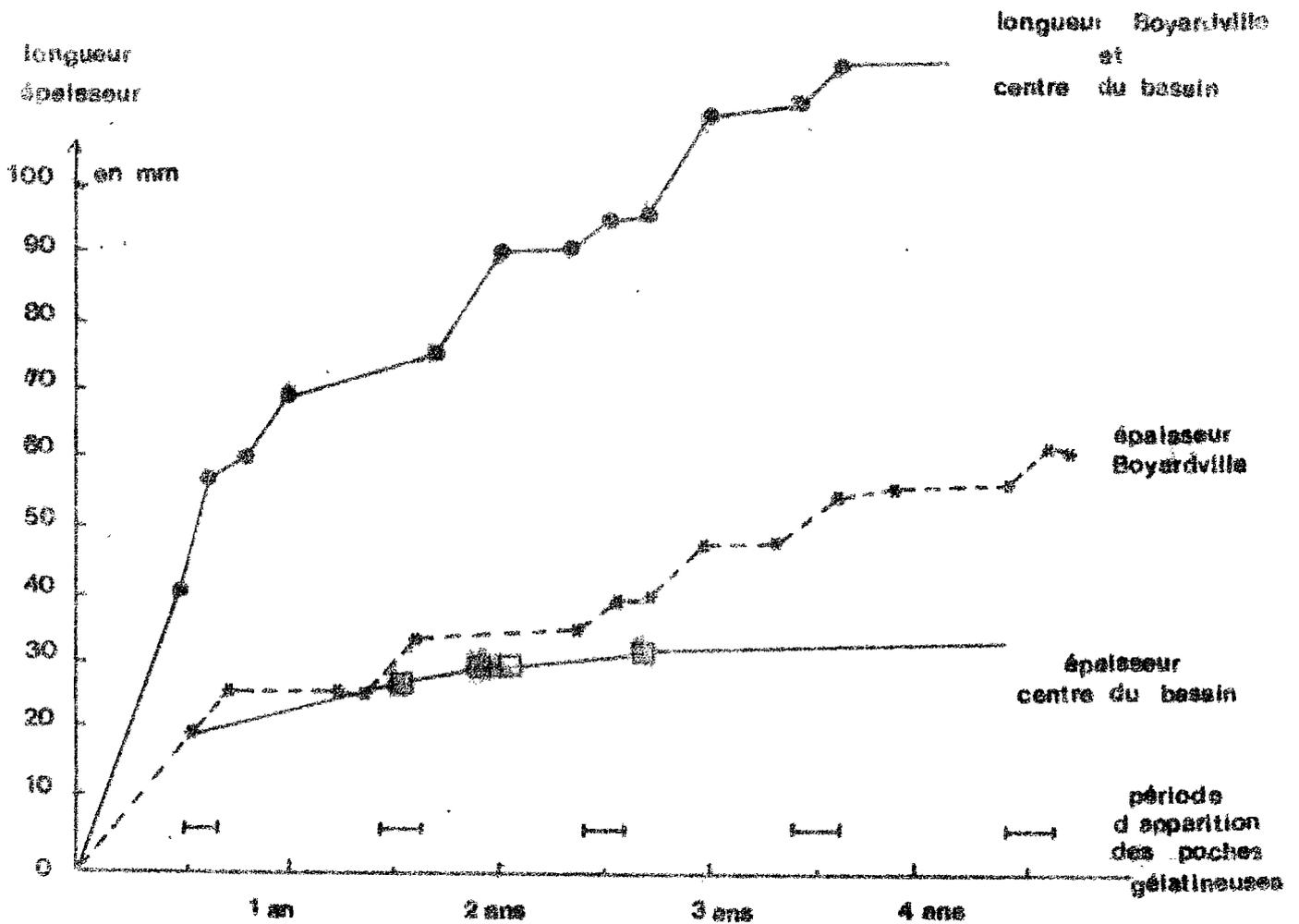


Fig. 4 : Croissance schématique de deux lots d'huîtres de même origine, présentant l'un une croissance normale malgré la présence de poches gélatineuses et l'autre une croissance modifiée en "boulet".

Ce phénomène peut s'expliquer lorsque l'on effectue des coupes longitudinales de la coquille.

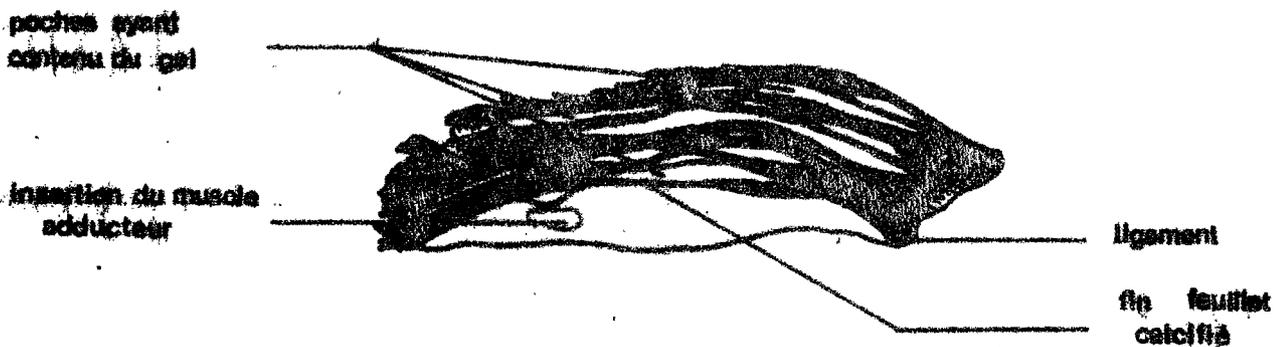


Fig. 5 : coupe longitudinale d'une valve supérieure d'huître en "boulet".

Ainsi, on constate que la valve supérieure est constituée d'un empilement successif de poches et de cloisons formant une structure feuilletée. On peut penser que l'épaississement de la coquille est dû à la surproduction de gel, l'huître sécrétant rapidement une fine couche de calcaire pour se défendre de ce corps étranger en contact direct avec le manteau.

Répartition géographique des huîtres présentant des poches gélatineuses et une anomalie de croissance en épaisseur (fig. 6)

Les huîtres avec du gel sont présentes dans tous les secteurs du bassin : secteur océanique, centre et estuaires où la gélatine semble apparaître plus tardivement.

L'épaississement anormal de la coquille est constaté à Boyardville, dans le chenal de Marennes et de nombreux autres chenaux ainsi qu'en haut de Seudre sur le gisement naturel de Mouillelande.

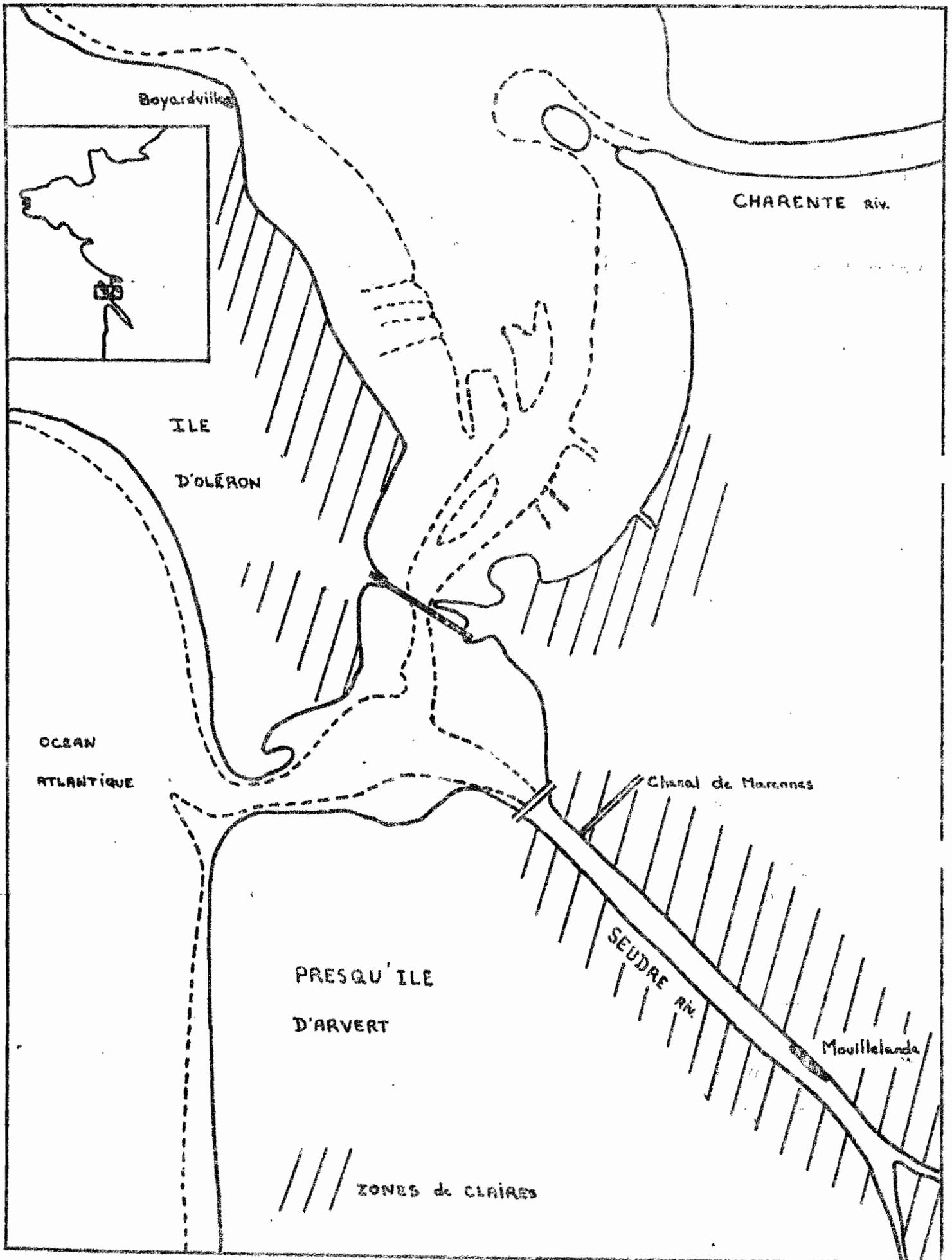


Fig. 6 ; carte du bassin de Marennes-Oléron

Par contre, dans les claires de la Soudre et de l'île d'Oléron il ne se produit qu'exceptionnellement de la gelée et le pourcentage d'huîtres touchées ne dépasse jamais 4 % même dans le cas d'huîtres élevées à forte densité.

Il apparaît donc que la production de gelée est propre au bassin tandis que les claires en sont exemptes. Les secteurs où se développe l'anomalie de pousse en épaisseur correspondent à des zones où les installations portuaires (plaisance ou ostréiculture) sont concentrées.

Discussion :

Cette anomalie nécessite de se pencher sur les mécanismes mis en oeuvre dans le processus de calcification afin d'en voir les dérèglements possibles.

Toute calcification biologique est constituée d'une imbrication entre une trame organique et des sels minéraux cristallisés. Cette matrice organique des mollusques est constituée, en grande partie, de protéines et de glycoprotéines (WILBUR, 1972). Les analyses d'acides aminés de la fraction soluble de la glycoprotéine (CRENSHAW, 1972) ont révélé de fortes teneurs en acide aspartique et glycine qui se lient spécifiquement au calcium. De même KRAMPITZ (1977) a isolé une protéine qui présente des teneurs relativement fortes en glycine, sérine, alanine, acide glutamique et aspartique. Ainsi l'acide aspartique, la sérine et la glycine peuvent contribuer et se lier au calcium pour servir de trame initiateur de la minéralisation. Le calcium, le bicarbonate et le gaz carbonique traversent l'épithélium du manteau et pénètrent dans le fluide extrapalléal où est déjà excrétée la matière organique.

Les analyses du gel produit par Crassostrea gigas ont montré qu'outre les teneurs en calcium, cuivre, zinc et fer (THIBAUT, 1981) il contient une abondante matrice organique. KRAMPITZ (1980) a mis en évidence que la protéine de ce gel est très riche en thréonine mais

contient des teneurs relativement basses en sérine, glycine, acide aspartique et glutamique. Cette protéine ne présente aucune capacité pour établir des liaisons calciques. Elle peut soit être étrangère à la calcification, soit en être issue mais avec une profonde modification de la structure de la protéine de calcification. Ainsi comme le métabolisme des acides aminés nécessaires pour établir les liaisons calciques pouvait être perturbé, et en particulier les mécanismes qui sont en jeu lors de l'élaboration des peptides, nous avons travaillé sur les vitamines K, vitamines de calcification. En effet, elles interviennent à plusieurs niveaux en particulier en agissant comme catalyseur pour établir les liaisons calciques avec l'acide glutamique. De même la nature quinonique de la vitamine K qui permet de jouer un rôle actif dans le transport d'électrons dans la phosphorylation participant au déroulement du cycle de KREBS qui intervient dans la formation de la coquille en apportant le CO_2 nécessaire pour former le CaCO_3 . Ces vitamines peuvent ainsi jouer un rôle dans la régulation de nombreuses activités enzymatiques en agissant dans la synthèse des protéines des enzymes. Il est aussi supposé que cette vitamine pourrait intervenir au niveau génétique en stimulant la formation d'un ARN messager nécessaire pour synthétiser la protéine de calcification.

Il apparaît que les huîtres présentant des poches gélatineuses ont significativement 45 % à 50 % de naphtoquinone de moins que chez les huîtres saines, pour tous les échantillons analysés. Par ailleurs, il semble que toutes les naphtoquinones jouent un rôle identique à celui des vitamines K.

Si une huître est changée d'un milieu où elle présente des anomalies vers un milieu exempt de dérèglement, comme les claires ostréicoles, la sécrétion de gel s'arrête. En conséquence, on constate que le dérèglement n'est pas immuable et qu'il est sous le contrôle des facteurs du milieu. Ces paramètres du milieu peuvent être des constituants nécessaires à la calcification qui seraient déjà consommés par la croissance ou au contraire des inhibiteurs de certaines réactions, ou des catalyseurs de réactions parallèles. Ainsi nous avons successivement examinés:

Les teneurs en calcium de l'eau : en effet BEVELANDER (1952), puis de nombreux auteurs dont WHEELER (1975) ont montré que chez l'huître, le calcium dissous est directement assimilé. Le suivi de la concentration en calcium des eaux a montré qu'en 1980 leur teneur au printemps, période de forte calcification ne s'est guère éloignée de 380 mg.l^{-1} , alors qu'en 1979 nous avons trouvé des déficits calciques de 30 %. Il ne semble exister aucune relation entre ces baisses de calcium et l'abondance des poches gélatineuses.

Les teneurs en phosphore de l'eau : le rôle de cet élément est mal connu, mais POMEROY et HASKIN (1951) ont montré que le phosphore 32 est assimilé lentement par l'huître. BEVELANDER et BENZER (1948) et LOVE et FROMMHAGEN (1953) ont montré que les premiers cristaux déposés lors de la calcification étaient du phosphate de calcium. Cependant, WATABE (1961) a mis en évidence, que la première déposition de cristaux est du carbonate plutôt que du phosphate. Mais KADO (1960), en utilisant des inhibiteurs des phosphatases, met en évidence une absorption normale de calcium mais une quasi absence de minéralisation. Enfin, le phosphore est stocké dans l'organisme sous forme d'ATP qui est un catalyseur énergétique de toutes les biosynthèses des acides aminés et des protéines et qui régule le cycle de KREBS. Dans le bassin de Marennes-Oléron, le phosphore provient principalement de la Charente (HERAL et al., 1978). L'évolution annuelle montre une abondance en hiver ($2 \text{ à } 3 \mu\text{gatPl}^{-1}$), un épuisement quasi total fin juin, début juillet ($0,1 \mu\text{gatPl}^{-1}$) et une augmentation progressive jusqu'à l'automne avec des valeurs proches de $1 \mu\text{gatPl}^{-1}$. Par ailleurs, dans les claires, il semble, qu'en été, il n'y ait jamais épuisement de phosphore grâce au relargage permanent du sol (ZANETTE 1980). Il apparaît donc qu'il puisse exister une corrélation positive entre très faible teneur en phosphore et apparition de poches gélatineuses. Mais seule une approche expérimentale permettrait d'avancer une quelconque hypothèse.

Les détergents : L'anhydrase carbonique catalyse le CO_2 en bicarbonate et carbonate dans le manteau de l'huître (WILBUR, 1976) et WHEELER (1975) a mis en évidence chez Crassostrea virginica un flux netif

de bicarbonate dû principalement à l'anhydrase carbonique qui accélère la minéralisation en rendant possible le déplacement des protons. Les sulfonamides issus d'acides sulfoniques sont les inhibiteurs largement employés de l'anhydrase carbonique. Or ces mêmes acides serviraient de base tensio-active dans de nombreux détergents actuellement utilisés. NIELSON et FRIEDEN (1972) estiment que chez l'huître, des concentrations très faibles de l'ordre de 10^{-6} moles d'acétazolamide réduisent l'activité de l'enzyme et de la calcification à 90 %.

Les teneurs en détergents anioniques de l'eau de mer oscillent autour de $40 \mu\text{g.l}^{-1}$. Les apports de la Soudre sont les plus forts, avec des valeurs moyennes de $60 \mu\text{g.l}^{-1}$. Néanmoins, en l'absence de dosages de ces radicaux sulfonates des détergents il semble délicat d'apporter une quelconque conclusion tant que l'on connaît pas leur processus de captation et dégradation en milieu marin.

Pesticides : BUTLER et al. (1960) ont montré que des huîtres exposées à des concentrations de 1 à 2 ppb de DDT peuvent concentrer ce pesticide dans leur tissu plusieurs dizaines de milliers de fois en fonction de la température, du temps d'exposition, de la concentration du polluant et de l'état physiologique du mollusque. Ces résidus de pesticides sont éliminés plus ou moins rapidement, en fonction des concentrations, par les huîtres lorsqu'elles sont replacées dans des eaux non contaminées. De plus BUTLER (1965) obtient des perturbations et des blocages de la croissance de la coquille d'huître Crassostrea virginica à partir de concentrations de 1 à 500 ppb suivant le composé organochloré testé. De même PORTER et WIEMEYER (1969) ont confirmé l'influence du DDT sur le dépôt du calcium dans la coquille d'oiseaux et PEAKALL (1970) a mis en évidence que les insecticides organochlorés stimulent, chez les oiseaux, la synthèse de nombreux enzymes qui provoquent des perturbations physiologiques importantes, en particulier au niveau hormonal. De même PEAKALL (1969) indique que certains organochlorés comme le DDE peuvent inhiber la formation d'anhydrase carbonique de la glande coquillière des oiseaux, ayant pour conséquence une réduction notable de l'épaisseur de la coquille des oeufs. Par ailleurs l'action des PCB est mal connue, mais il semble qu'ils aient une action peu dif-

férente de celle des pesticides. Dans le bassin de Marennes-Oléron, les teneurs de l'eau en aldrine, DDT et ses métabolites DDE et DDD sont généralement inférieures au seuil de détection des moyens analytiques mis en oeuvre. Par contre les teneurs moyennes en lindane oscillent entre 3 et 6 ng.l^{-1} et celles en PCB sont inférieures à 10 ng.l^{-1} . Dans les analyses sur les mollusques, la contamination par les organochlorés est générale. Elle est plus forte pour les PCB que pour le DDT. Les secteurs où les teneurs en PCB sont les plus élevées, correspondent aux zones estuariennes où se trouvent des équipements nautiques. Dans l'ensemble du bassin, les teneurs sont proches de 0,3 mg Kg^{-1} de poids sec pour les PCB et de 0,03 mg Kg^{-1} de poids sec pour le DDT. Par contre, en Sudre les teneurs en PCB sont voisines de 0,8 mg Kg^{-1} de poids sec et, sur le gisement de Mouillelande, supérieures à 1,5 mg Kg^{-1} de poids sec avec des teneurs en DDT qui restent à 0,02 mg Kg^{-1} de poids sec. Il apparaît donc possible qu'il existe une corrélation positive entre malformation de la coquille et teneurs élevées en PCB chez le mollusque, mais il reste à mettre en évidence expérimentalement que les PCB peuvent être le facteur déclenchant de la surproduction de gel à des teneurs ^{de l'ordre} de l'ordre de 1 mg/kg de poids sec.

Les métaux : Les métaux ont été accusés d'être les responsables de ces malformations car l'utilisation des substances antifouling entraîne à proximité des installations portuaires une auréole de pollution métallique (ALZIEU et al., 1981).

Le zinc : COOMBS (1972) a montré que chez l'huître, le zinc est un compétiteur du calcium. Sa charge ionique lui permettant d'occuper les mêmes sites dans les membranes cellulaires des mollusques, il est absorbé au même titre que le calcium. Ce métal intervient dans le métabolisme de la calcification de la coquille par son rôle enzymatique car l'anhydrase carbonique et la phosphatase alcaline sont des métallo-enzymes avec le zinc comme métal associé. COLEMAN (1967) a montré que le remplacement du zinc actif par un autre métal entraîne une inactivation de l'anhydrase carbonique. Les résultats d'analyse d'eau brute montrent qu'il ne semble pas y avoir de corrélation entre les teneurs en zinc dans l'eau et dans les mollusques, et l'abondance des poches gélatineuses.

- KEY D., NUNNY R.S., DAVIDSON P.E., LEONARD M.A. Abnormal shell growth in the pacific oyster (Crassostrea gigas) : some preliminary results from experiments in 1975. Note au CIEM com. pers.
- KRAMPITZ G. ENGELS J., CAZAUX C., 1976.- Biochemical studies on water-soluble proteins and related components of gastropod shells.- In : the mechanisms of mineralisation in the Invertebrate and plants. Ed. by N. Watabe et K.M. Wilbur.
- KRAMPITZ, 1980 - 1981.- Rapports d'études sur les anomalies de la calcification de l'huîtres creuses Crassostrea gigas. com. pers.
- LOVE R., FROMMELT L., 1953.- Histochemical studies on the clam Macoma solidissima. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 83, p. 838-844.
- NIELSON S.A., FRIEDEN E., 1972.- Carbonic anhydrase activity in molluscs. Comp. Biochem. Physiol. 41 B, p. 461 - 468.
- PEAKALL D.B., 1969.- Effect of DDT on calcium uptake and vitamine D metabolism in birds. Nature 224 - 5225, P; 1219 - 1220.
- PEAKALL D.B., 1970.- Pesticides and the reproduction of birds. Sci. An. p. 73-78.
- PORTER R.D., WIEMEYER S.W., 1969.- Dieldrin and DDT : effects on sparrow hawk eggshells and reproduction. Science- 165, p. 199 - 200.
- THIBAUT Y., 1981.- quelques résultats d'analyses de Ca, Mg, Cu, Zn et Fe effectuées sur des huîtres présentant des anomalies de croissance et de calcification, rapport ISTPM 11 pages.
- WATABE N., WILBUR K.M., 1961.- Studies on shell formation IX. An electron microscope study of crystal layer formation in the oyster. J. Biophys. Biochem. Cytol. 9, p. 761 - 772.

- WHEELER A.P., BLACKWELDER P.L., WILBUR K.M., 1975.- Shell growth in the scallop Argopecten irradians. I. Isotope incorporation with reference to diurnal growth. Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole 148, p. 472 - 482.
- WILBUR K.M., 1972.- Shell formation in mollusks. In : chemical zoology VII. Molluscs, ed by Flor and Schaar pp. 103 - 145.
- WILBUR K.M., 1976.- Recent studies of invertebrate mineralization. In : the mechanisms of mineralisation in the invertebrate and plants. ed. by N. Watabe et K.M. Wilbur.
- ZANETTE Y., 1980.- Intervention de quelques facteurs dans l'évolution de la biomasse des claires de Marennes-Oléron. Note au CIEM comité de l'océanographie biologique C.M. 1980/L : 45.

