

DÉVELOPPEMENT DES VÉLIGÈRES DE *CRASSOSTREA GIGAS* DANS LE BASSIN D'ARCACHON ÉTUDES SUR LES MORTALITÉS LARVAIRES

Edouard HIS et René ROBERT⁽¹⁾

IFREMER - Station d'Arcachon, 63, bd Déganne,
33130 Arcachon, France.

Abstract

DEVELOPMENT OF *CRASSOSTREA GIGAS* LARVAE IN THE BAY OF ARCACHON.

The Japanese oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) was introduced in the Bay of Arcachon since 1971 where suitable conditions occurred for its propagation. The Bay of Arcachon swiftly became an important spat productive center for most of the French oyster growing areas. Up to 1976 commercial set generally occurred when water temperature was about 22° C, but when non commercial set took place development of oyster larvae with reduced growth could be noted. For five years on end (1977-1981) spatfalls did not occur : abnormalities in the first stages in development of oyster larvae were found. Experiments in the hatchery rearing of *Crassostrea gigas* larvae showed that :

- the antifouling paints, especially those with tributyletin oxide represent a real danger for spatting areas ;
- the larvae of Arcachon breeding stocks, grown in the seawater taken from the Bay, develop normally in the laboratory ;
- the growth of the larvae, collected from the Bay of Arcachon and reared in hatchery at 18° C confirms that the last summer temperature regimes could not explain the abnormalities ; it also confirms the good quality of the seawater of the Bay for *C. gigas* reproduction. On the other hand, larval digestive troubles due to nanoplankton perturbations have been suspected.

Résumé

L'huître japonaise, *Crassostrea gigas* (Thunberg), a été introduite dans le bassin d'Arcachon surtout à partir de 1971 ; très rapidement le bassin est devenu un centre de production de naissain pour les régions conchylicoles françaises où cette huître ne se reproduit pas. Certaines années ont été particulièrement favorables au développement des larves. En général les conditions de milieu sont satisfaisantes quand la température de l'eau est égale ou supérieure à 22° C ; toutefois, en dessous de cette valeur, l'évolution des véligères peut être observée, mais la croissance larvaire étant retardée, le captage est peu important. Pendant cinq années consécutives (1977 à 1981) le captage a été pratiquement inexistant ; des anomalies affectant les premiers stades de la vie pélagique des larves ont été mises en évidence.

Des expériences de reproduction de *C. gigas* en milieu contrôlé ont permis de dégager les points suivants :

- l'utilisation des peintures antisalissures à base de sels organométalliques de l'étain a constitué un danger pour les zones conchylicoles qui ont vocation de centre de captage ; les sels organostanniques sont beaucoup plus toxiques que les sels cuivriques généralement utilisés ;
- les géniteurs du bassin d'Arcachon et l'eau de la baie permettent d'obtenir en laboratoire des larves qui se développent normalement ;
- la mise en élevage de véligères prélevées dans le milieu naturel et soumises à une basse température, permet de constater que les mauvaises conditions climatiques de ces dernières années ne peuvent expliquer les phénomènes observés ; elle confirme la bonne qualité de l'eau du bassin pour la reproduction de *Crassostrea gigas*.

Aussi est-il émis l'hypothèse d'une perturbation du régime trophique des véligères liée à des anomalies au niveau du nanoplankton de la baie.

(1) Nous remercions J.-L. LABORDE qui a exécuté les dessins.

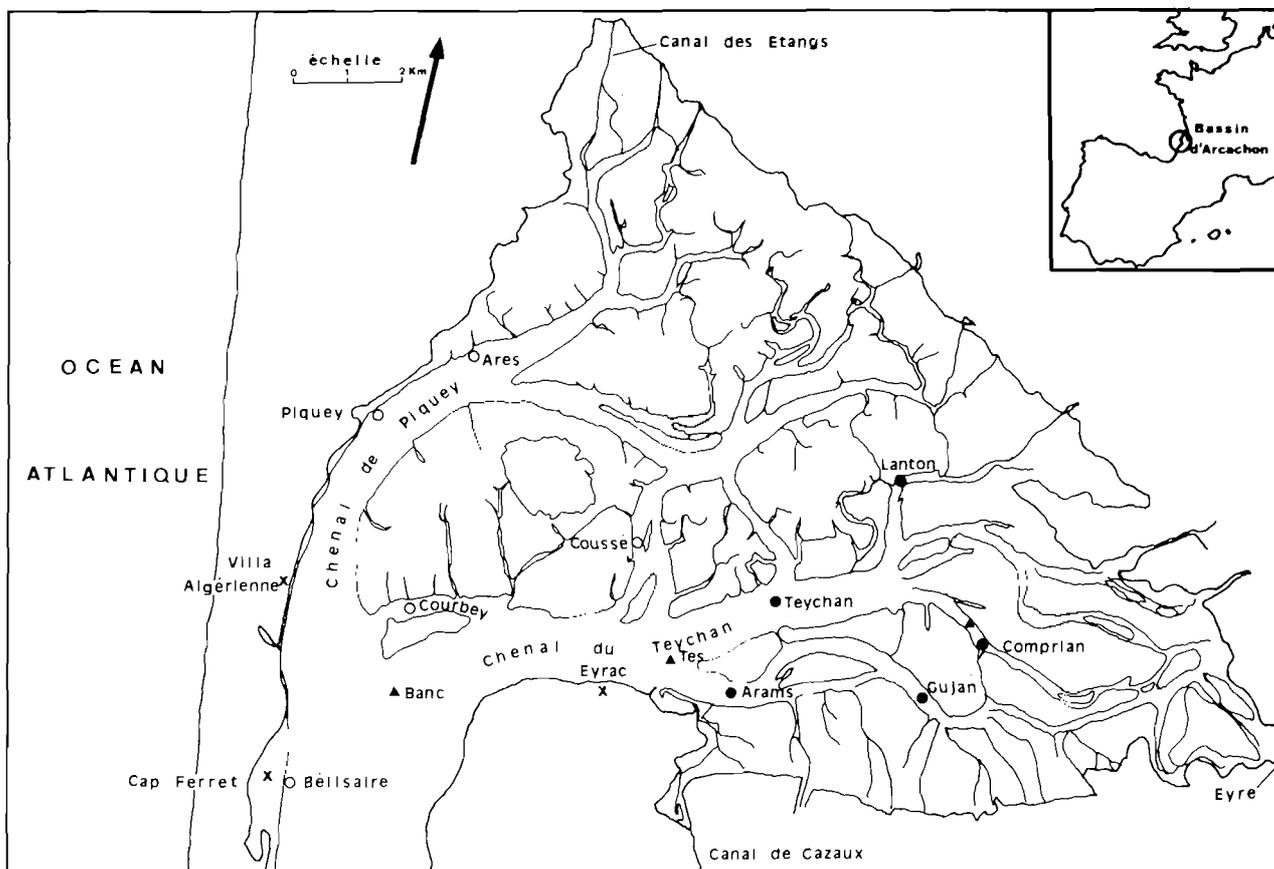


FIG. 1. — Carte générale du bassin d'Arcachon : lieux de pêche de plancton pour les numérations de larves de *Crassostrea gigas* (o secteur océanique ; • secteur continental) ; x lieux de prélèvement des géniteurs ; ▲ lieux de prélèvement d'eau pour les élevages larvaires.

The map of the Bay of Arcachon showing the stations where plankton samples were taken (o oceanic area ; • continental area) ; where adults were collected (x) and where seawater used for rearing larvae was pumped (▲).

Introduction.

Le bassin d'Arcachon peut être considéré comme le lieu de naissance de l'ostréiculture française. C'est en effet vers la moitié du 19^e siècle que COSTE y développe les premiers parcs à huîtres et que MICHELET met au point la technique du chaulage des collecteurs rendant possible l'obtention des juvéniles nécessaires à toutes formes d'aquaculture (LATÉOULE, 1967). Jusqu'en 1920, l'huître indigène, *Ostrea edulis*, fait la prospérité de la baie. A la suite de mortalités massives, l'huître portugaise *Crassostrea angulata* la remplace jusqu'en 1971 où cette espèce est à son tour anéantie. La relève est assurée par l'huître japonaise, *Crassostrea gigas*, qui est toujours exploitée. Les conditions climatiques qui règnent sur la baie et les caractéristiques hydrologiques du plan d'eau sont une des originalités de ce centre conchylicole. Il présente des conditions de milieu favorables à la fois à la reproduction de l'huître plate et des deux espèces d'huîtres creuses.

Traditionnellement le bassin d'Arcachon est un centre producteur de naissain qui approvisionne aussi bien les centres conchylicoles français où l'huître ne se reproduit pas, que l'étranger, Espagne et Afrique du Nord notamment. Le nombre de tuiles immergées chaque année s'élevait à 20 millions au cours de la précédente décennie (LATÉOULE, 1967). Pendant les années de reproduction favorable, les ostréiculteurs

récoltent plus de 250 juvéniles par collecteur au détroquage. 5 milliards de naissains représentent donc le potentiel de captage du bassin d'Arcachon, ce qui correspond à la production de plus de 30 écloséries de type industriel si l'on se réfère aux données de LELARGE (1980). Le captage sur tuile chaulée permet, au détroquage, l'obtention de jeunes individus d'un poids unitaire élevé (2,5 à 5 g), au moins égal à celui obtenu en éclosérie et nourricerie. Ce potentiel peut être encore augmenté sur le plan qualitatif et quantitatif par l'obtention de naissain « un à un » à l'aide de collecteurs plastiques chaulés et détroqués de façon précoce (HIS, 1978).

A côté des activités de demi-élevage et d'élevage, le captage représente donc une source de revenus non négligeable pour les 1 500 exploitations conchylicoles que comptait le bassin d'Arcachon jusqu'à ces dix dernières années. Certes, comme le souligne BORDE (1937), l'intensité du captage dans le bassin d'Arcachon est plus ou moins élevée selon les années. Une récolte abondante permet néanmoins la garniture des parcs pendant deux ou trois ans, en cas de pénurie passagère.

De 1977 à 1981, des perturbations dans le déroulement de la vie pélagique des larves de *C. gigas* ont réduit pratiquement à néant la récolte de naissain pendant cinq années consécutives. Ces échecs ont grandement contribué au déclin récent des activités conchylicoles dans le bassin d'Arcachon et se sont traduits par la disparition de la moitié des exploitations.

Seule baie du littoral atlantique entre l'estuaire de la Gironde et la Bidassoa, le bassin d'Arcachon présente une forme triangulaire dont la côte sud constitue la base (fig. 1). La superficie des terres immergées est de 15 000 ha à marée haute et 4 900 ha à basse mer. Ses eaux sont à la fois d'origine océanique et continentale. La communication avec l'océan s'effectue par les passes d'environ 6 km de long qui se rétrécissent jusqu'à 2,5 km de large ; elles sont encombrées de bancs de sable instables. Les eaux douces sont apportées par le canal des Etangs au nord, l'Eyre au sud-est, le canal de Cazaux au sud et par de nombreux ruisseaux, les « crastes ». Le chenal de Teychan joue le rôle de chenal principal (BOUCHET, 1968) ; un lacis de chenaux secondaires délimite à marée basse des étendues vaso-sableuses, les « crassats », souvent creusés de multiples « esteys ». Les parcs ostréicoles sont situés sur les « crassats », en bordure des chenaux.

De nombreuses villes s'étendent sur le pourtour du bassin, avec un accroissement considérable de la population estivale. Par son caractère abrité, la baie constitue un plan d'eau attractif pour les activités nautiques qui se sont fortement développées ces dernières années. Enfin des nuisances potentielles d'origine agricole, liées à la sylviculture et à la culture du maïs sont à mentionner. Les facteurs anthropiques peuvent donc avoir un impact sur le plan d'eau et par suite sur le développement des larves de *C. gigas*.

Développement larvaire de C. gigas dans le bassin d'Arcachon, mise en évidence des anomalies constatées.

Reproduction : maturité sexuelle et ponte.

L'huître japonaise *Crassostrea gigas* a été introduite dans le bassin d'Arcachon sous deux formes : du naissain à partir des centres conchylicoles japonais (baie de Sendai) et de Colombie Britannique (Pendrell Sound) et des individus adultes, qualifiés d'« huîtres mères » (Pendrell Sound). Dans le premier cas, les importations sont passées de quelques centaines de kilogrammes (1968 à 1970) à plusieurs centaines de tonnes par an (1971 à 1976). Il s'agissait essentiellement de jeunes individus fixés sur coquilles collectrices de *Pecten* ou d'huîtres. Dans le second cas, à la suite des mortalités de masse qui avaient affecté la population de *Crassostrea angulata* dès le premier trimestre de 1971, la décision a été prise de renforcer rapidement le stock de *C. gigas* afin d'assurer une récolte de naissain et de permettre la reconstitution des gisements naturels anéantis. C'est ainsi que 52 puis 60 t d'adultes ont été immergées dans différents secteurs du bassin d'Arcachon en 1971 et 1972.

Au cours d'observations réalisées de 1970 à 1974, les grandes lignes de l'évolution de la maturation sexuelle et de la ponte de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon ont été dégagées (HIS, 1973, 1975). Les études du cycle sexuel chez les lamellibranches comportent des observations sur l'évolution de la gonade

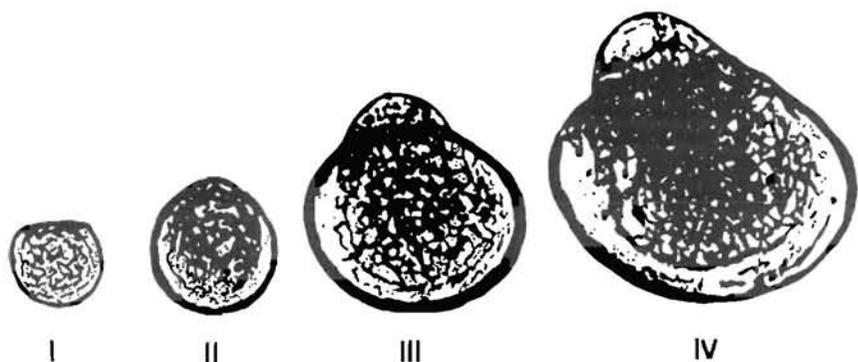


FIG. 2. — Les quatre stades de développement des larves d'huîtres creuses, selon MEDCOF (1961) ; le stade I est divisé en deux par les biologistes conchylicoles français : « grises » (larves âgées au plus de 24 h) et « larves en évolution » (very early umbo de QUAYLE, 1969).

The four stages in development of cupped oyster larvae, according to MEDCOF (1961) ; French oyster biologists divide the stage I into two : the straight hinged stage (24 h old larvae) and the very early umbo stage described by QUAYLE (1969).

Jours après la fécondation	Appellations des malacologistes	Hauteur (μm)	Stades des biologistes conchylicoles	Hauteur (μm)
1 - 6	Véligères larves D	57-105	Petites dont : • grises (âge 24 heures) • en évolution	57-105
6 à 18	Véligères umbonées	105-260	Evoluées Moyennes Grosses	105-150 150-235 235-260
18 à 22	Véligères œillées	260-280	Oeillées	260
22 à 24	Pédivéligères	280-300		
> 24	Plantigrades	> 300	Naissains	> 300

TABL. 1. — Stades employés par les biologistes conchylicoles pour décrire le développement larvaire de *Crassostrea gigas* et leurs équivalences avec les appellations des malacologistes. The stages in the development of the larvae of the Japanese oyster *Crassostrea gigas* as described by oyster biologists and malacologists.

Année	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
1974 (ponte du 21/6)		(23/6) 67,02 $\pm 0,90$		(25/6) 76,36 $\pm 0,85$		(27/6) 91,15 $\pm 1,42$	(28/6) 93,58 $\pm 2,04$		
1975 (ponte du 30/7)	(31/7) 70,21 $\pm 1,14$	(1/8) 81,58 $\pm 1,85$			(4/8) 97,15 $\pm 2,58$		(7/8) 120,04 $\pm 8,75$		
1979 (ponte du 27/7)		(29/7) 66,64 $\pm 0,80$	(30/7) 70,02 $\pm 1,90$			(2/8) 75,73 $\pm 0,95$			(5/8) 75,45 $\pm 2,57$
1983 (ponte du 10/7)	(11/7) 67,22 $\pm 1,15$	(12/7) 79,58 $\pm 1,79$		(14/7) 85,34 $\pm 1,63$	(15/7) 95,65 $\pm 2,83$			(18/7) 135,10 $\pm 8,56$	

TABL. 2. — Variations des hauteurs moyennes (μm avec intervalle de confiance au seuil de sécurité de 95 %) des véligères du bassin d'Arcachon en fonction du temps, J1, J2, etc., indiquent l'âge des larves : 1 jour, 2 jours ; la date des observations est portée entre parenthèses. 1975 et 1983 : années favorables au développement des véligères ; 1974 : développement larvaire sous des conditions thermiques peu favorables ; 1979 : année pendant laquelle les anomalies se sont manifestées.

The mean size ($\mu\text{m} \pm 95\%$ confidence interval) of the *Crassostrea gigas* larvae in the Bay of Arcachon during 1975 and 1983 (favorable conditions), 1974 (low summer temperatures), 1979 (abnormality) and in brackets the sampling dates.

dans le but de déterminer les « dates probables de pontes ». Sur le plan de la gamétogénèse, les premiers stades apparaissent au cours des processus printaniers en mars et avril. La maturité sexuelle est à son maximum au cours de la période mai-juillet avec atteinte fin juin de la « phase instable » définie par GALTISOFF (1964) au cours de laquelle les huîtres sont sensibles aux stimuli qui peuvent déclencher le frai. La maturité est suivie de l'émission des gamètes qui peut être partielle ou totale. Puis la gonade est le siège de phénomènes de restauration qui précèdent les nouvelles périodes de frai pendant la saison estivale. A l'automne, les huîtres entrent en phase de repos sexuel.

L'activité valvaire particulière qui accompagne la ponte chez les huîtres du genre *Crassostrea* et son enregistrement dans le milieu naturel permettent de déceler le frai, d'en déterminer la date exacte, la fréquence et la durée (HIS, 1975). Couplé avec les études relatives aux observations macroscopiques de la gonade (LE DANTEC, 1968) et avec les observations sur les numérations de larves dans le plancton décrites ultérieurement, l'enregistrement de l'activité valvaire a permis de préciser les modalités de la reproduction de *C. gigas* dans le bassin d'Arcachon.

Le frai est un phénomène collectif affectant la majorité des sujets pour une population d'huîtres donnée ; les pontes les plus importantes se produisent avant la fin du mois de juillet ; les restaurations de la gonade ne sont que partielles à partir de ce moment-là. En ce qui concerne l'étalement de la saison de reproduction, les dates limites des premières et des dernières pontes enregistrées dans le bassin de 1973 à 1979 se situent du 3 juin (1977) au 11 septembre (1978). Les frais peuvent être massifs, affectant l'ensemble des huîtres du bassin (1971, 1973, 1983), ou au contraire diffus, les différentes populations frayant les unes après les autres, le phénomène s'étalant sur toute la saison estivale (1972, 1977 et 1982).

Les mollusques dont l'activité valvaire a été suivie, ont frayé de quatre à neuf fois dans le milieu naturel au cours d'une même saison de reproduction. Le frai peut se produire aussi bien en morte eau qu'en vive eau, mais fréquence et durée sont généralement plus importantes en période de fort coefficient. Ce phénomène s'explique par la plus grande instabilité du milieu à ce moment-là (HIS, 1976).

Vie pélagique et développement des larves.

La méthode utilisée pour la recherche des larves d'huîtres creuses dans le plancton a été mise au point par BOURY (1928). Cinq stations dans le secteur océanique et cinq autres dans le secteur continental sont prospectées alternativement (fig. 1) au cours de quatre sorties hebdomadaires. L'ensemble du bassin est couvert deux fois par semaine. A chaque station, des pêches de plancton sont effectuées en surface et à un mètre de profondeur à l'aide de filets de vide de maille choisis en fonction de la taille des larves : 72 μm pour les jeunes véligères (recherche des émissions), 130 μm pour les larves plus âgées (suivi du développement des larves). Chaque trait de filet permet de filtrer environ 1,5 m³ d'eau. Le nombre de larves par prélèvement est évalué par comptage au microscope. L'établissement des tableaux présentés en annexe est basé sur la moyenne des comptages effectués à chaque date.

La hauteur (distance du sommet de l'umbo au bord ventral de la coquille) et la morphologie générale des véligères sont les critères retenus pour décrire le développement ou « évolution larvaire ». Les véligères sont classées par les biologistes français en différents stades (fig. 2) inspirés de ceux de MEDCOF (1961) et de QUAYLE (1969). L'équivalence de cette classification avec celle des malacologistes (LUCAS, 1982) est donnée dans le tableau 1. On distingue les larves :

- « petites », dont la hauteur h est inférieure ou égale à 105 μm ; on peut y reconnaître les « grises » âgées au plus de 24 heures, en forme de D majuscule, leur charnière est droite, la coquille ou prodissoconque I est de nature cuticulaire (LE PENNEC, 1970) et permet d'observer par transparence une masse viscérale qui n'est pas encore colorée par l'ingestion de nourriture, la coloration gris perle est caractéristique ; celles « en évolution » sont des « petites » (taille inférieure à 105 μm) dont la charnière est nettement bombée (stade II de QUAYLE, 1969) ;
- « évoluées » : hauteur h ; 105 < h < 150 μm ;
- « moyennes » : 150 < h < 235 μm ;
- « grosses » : h > 235 μm .

Ces trois stades ultérieurs sont franchement umbonés.

Lorsque les pontes sont bien individualisées (présence de larves « grises » pendant les seules premières 24 h qui suivent un frai massif), il est possible de suivre la croissance larvaire dans le milieu naturel. La hauteur d'une centaine d'individus est mesurée au microscope sur échantillon formolé à l'aide d'un micromètre oculaire étalonné.

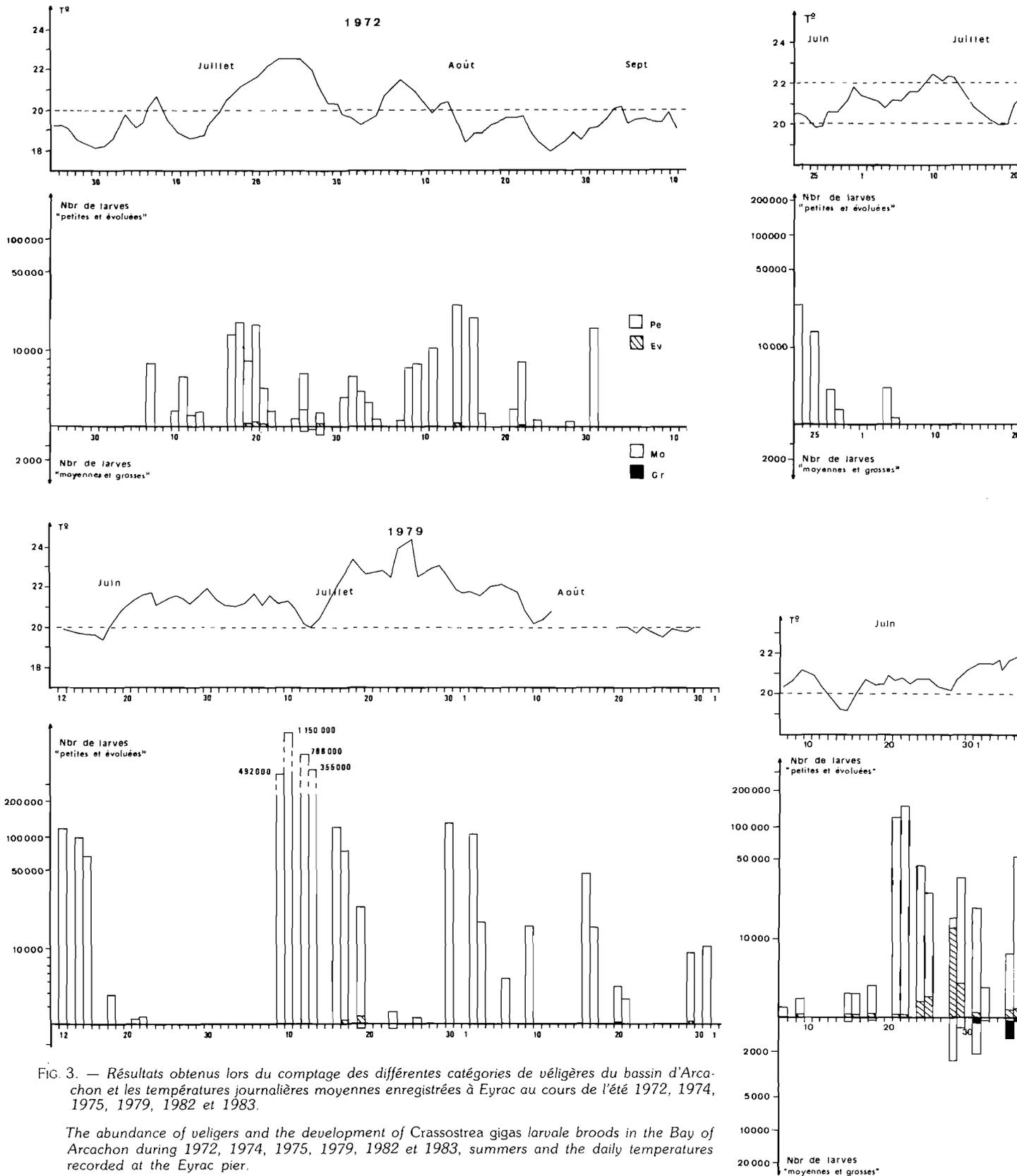
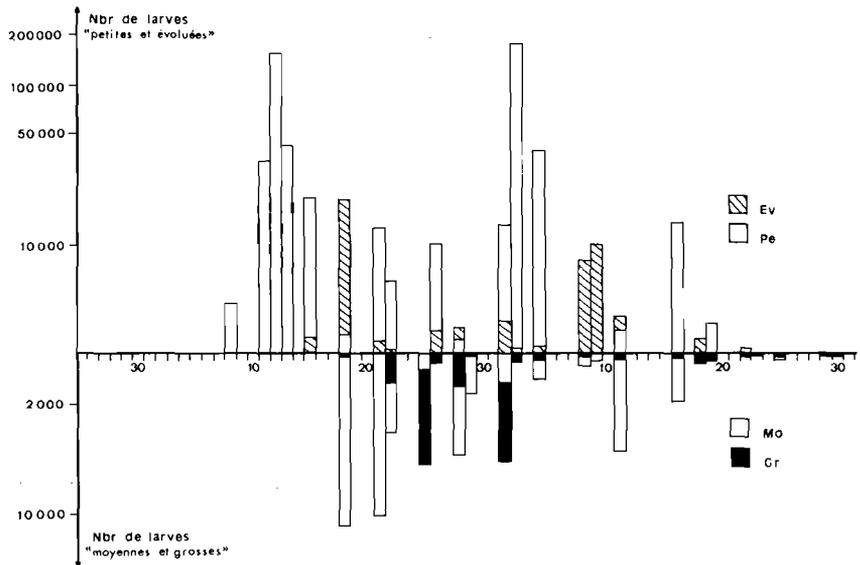
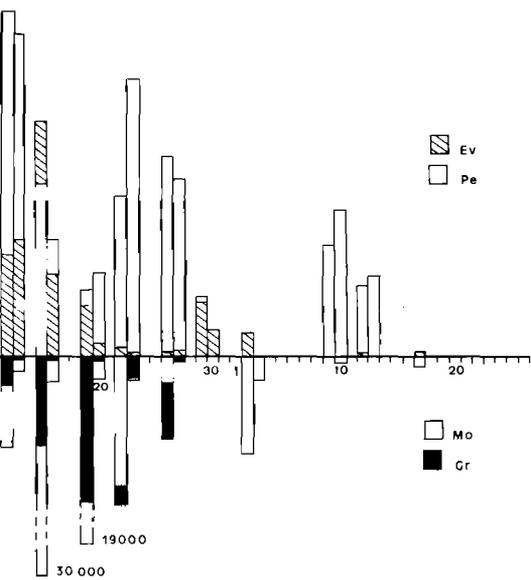
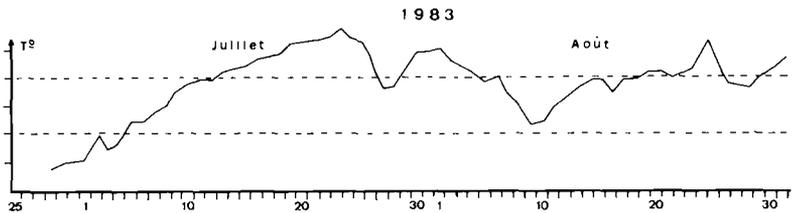
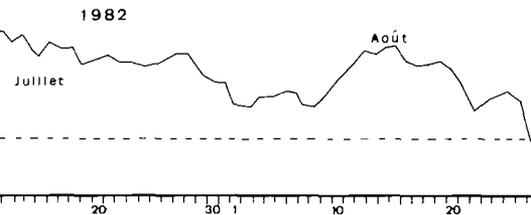
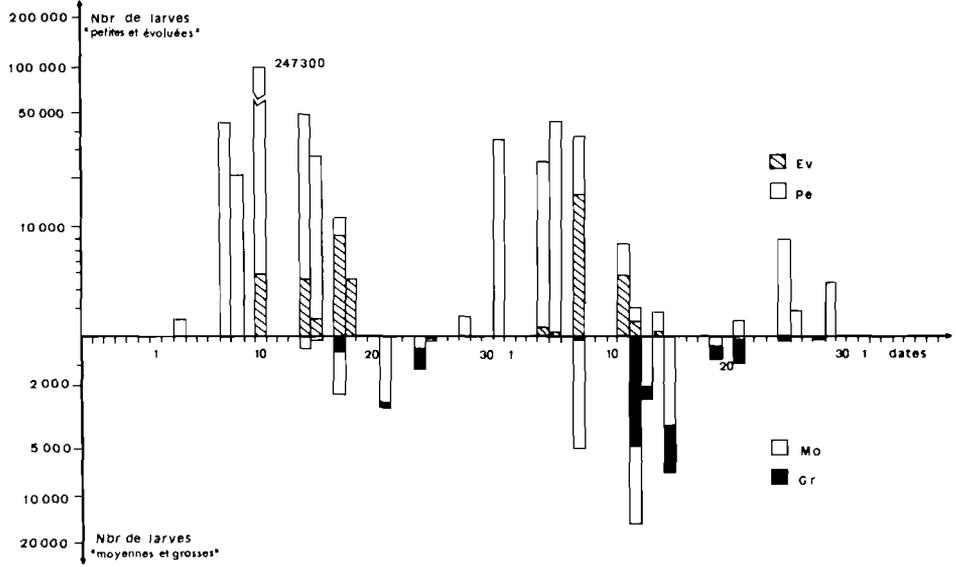
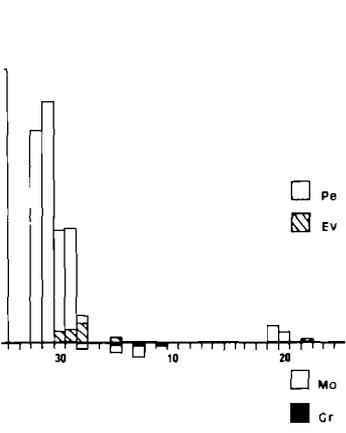
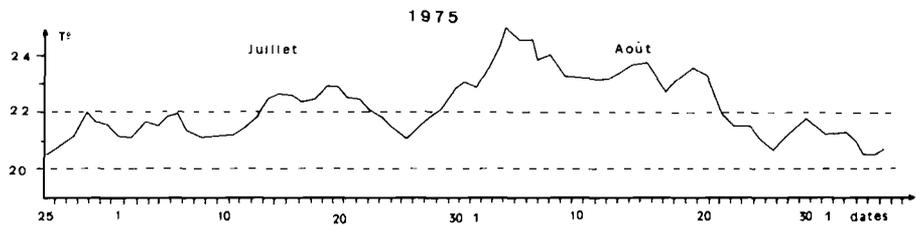
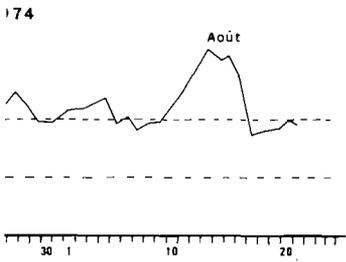


FIG. 3. — Résultats obtenus lors du comptage des différentes catégories de véligères du bassin d'Arcachon et les températures journalières moyennes enregistrées à Eyrac au cours de l'été 1972, 1974, 1975, 1979, 1982 et 1983.

The abundance of veligers and the development of *Crassostrea gigas* larvale broods in the Bay of Arcachon during 1972, 1974, 1975, 1979, 1982 et 1983, summers and the daily temperatures recorded at the Eyrac pier.



Depuis l'introduction de *C. gigas*, certaines années seulement ont été favorables à l'évolution larvaire et au captage (1971, 1973, 1975, 1976, enfin 1981 et 1983). Par années favorables, on entend celles où les collecteurs sur l'ensemble de la baie sont garnis de naissains fin septembre (plusieurs centaines à plusieurs milliers par tuile). A l'inverse, les années défavorables (1972, 1974, puis cinq années consécutives de 1977 à 1981), sont celles où sont observées sur toute ou partie de la baie, de quelques dizaines à moins de 200 jeunes huîtres par collecteur ; ce dernier chiffre correspond à la limite de rentabilité de la pose des tuiles chaulées par les ostréiculteurs.

En dehors même de la notion de captage, il faut considérer aussi la façon dont la vie pélagique des larves se déroule dans la baie. Les résultats obtenus pour les numérations de larves dans le plancton aux différentes dates et les températures moyennes de l'eau de mer enregistrées à l'aide d'un thermographe à sonde à la jetée d'Eyrac (en bordure du chenal principal) ont été utilisés pour l'élaboration des diagrammes présentés.

Année	1971	72	73	74	75	76 *	77 *	78 *	79 *	1980 *	81 *	82	83
Reproduction	+	-	+	-	+	+	-	-	-	irrég.	-	+	+

(+ bonne ; - mauvaise ; * anormale)

Années favorables au développement des véligères de *C. gigas* (fig. 3 et tabl. annexes).

Les années 1975 et 1983 sont décrites. Seules quelques observations effectuées en 1982 sont mentionnées.

Saison de reproduction 1975.

L'activité sexuelle des *Crassostrea gigas* a été particulièrement intense. Les données de l'ostréographie et les observations relatives à l'état de la gonade des huîtres ont permis d'individualiser quatre périodes de pontes : fin juin, du 4 au 7 juillet, du 29 au 31 juillet et enfin du 7 à la fin août.

La première correspond à un frai préliminaire de faible importance. Seules 9 000 « petites » sont dénombrées le 30 juin.

La deuxième, étalée sur quatre jours, permet d'observer un maximum de 247 000 jeunes larves le 10 juillet. 5 000 larves « évoluées » sont également dénombrées à cette date. Les « moyennes » apparaissent le 14 juillet et les premières « grosses » sont notées le 17 juillet. Le développement larvaire est donc rapide puisque les différents stades sont atteints en 6 jours (évoluées), 10 j (moyennes) et 13 j (grosses) après le commencement du frai. La température moyenne de l'eau de la baie pendant les premières phases de déroulement de la vie pélagique est inférieure à 22° C (20°50 à 21°80 du 4 juillet au 13 juillet) tandis que le passage aux catégories « moyennes » et « grosses » s'effectue progressivement sous des conditions thermiques plus favorables.

L'intensité de la 3^e séquence de pontes est moins importante puisque seulement 34 400 « petites » sont dénombrées le 31 juillet. Les « évoluées » apparaissent le 4 août et quelques « moyennes » le 7 août, soit respectivement 5 j et 8 j après le commencement du frai. Le frai, bien individualisé, a permis l'étude de la croissance moyenne des véligères pendant la première semaine (tabl 2 et fig. 4) : les hauteurs larvaires passent de $70,21 \pm 1,14 \mu\text{m}$ le premier jour à $120,04 \pm 8,75 \mu\text{m}$ le 8^e jour, confirmant ainsi la rapidité du développement larvaire. La température de l'eau de la baie pendant toute l'évolution larvaire a été très satisfaisante puisqu'elle avoisine 24° C.

Enfin, la dernière séquence de reproduction s'étale du 7 à la fin août, avec des pontes qui s'accompagnent de la déplétion totale de la gonade des *Crassostrea gigas*, dans les différents secteurs ; son évolution est moins favorable, bien que la présence des différentes catégories de véligères umbonées soit constatée jusqu'aux premiers jours de septembre. La température de l'eau est très satisfaisante si ce n'est à la fin du mois d'août où des valeurs de 21° C sont enregistrées.

Saison de reproduction 1982.

Les pontes sont très précoces, début juin ; elles s'échelonnent jusqu'à la mi-août et il est impossible de distinguer avec précision les différentes périodes de frai. Seules les premières séquences de la reproduc-

tion sont étudiées. Des pontes peu intenses (de 1 500 à 3 900 larves D, du 7 au 18 juin) permettent d'observer l'apparition progressive de tous les stades umbonés, malgré des températures comprises entre 19°25 et 20°75 seulement. Les frais plus massifs de la fin juin (156 000 « petites » le 22) sont suivis par l'apparition de 12 870 « évoluées » et 1 500 « moyennes » le 28 juin pour des températures comprises entre 20°25 et 20°90 ; enfin 1 500 « grosses » sont dénombrées le 5 juillet alors que les 22° ne sont pas atteints (maximum de 21°80).

Saison de reproduction 1983.

L'été 1983 se caractérise également par une intense activité sexuelle des huîtres. Des émissions ininterrompues pendant les mois de juillet et août sont observées. Il est donc plus délicat d'analyser dans le détail les données mentionnées. Toutefois on peut reconnaître trois périodes privilégiées dans l'apparition des jeunes véligères avec des valeurs voisines élevées les 12 juillet et 2 août (150 000 et 173 000 « petites ») et plus faibles le 16 août (14 200 « petites »). Une approche de l'évolution larvaire peut être obtenue sur la ponte du 10 juillet, en comparant les nombres maximums des véligères dénombrées dans les différentes catégories.

Le maximum de « petites » dénombrées le 12 juillet est suivi du maximum d'« évoluées » le 18 juillet (soit 6 j plus tard), du maximum de « moyennes » le 21 juillet (soit 9 j plus tard) et du maximum de « grosses » le 25 juillet (soit 13 j plus tard).

Sur cette même ponte du 10 juillet, la croissance des véligères a été suivie pendant la première semaine. La hauteur moyenne des larves passe de $67,22 \pm 1,15 \mu\text{m}$ le premier jour, à $135,10 \pm 8,56 \mu\text{m}$ le 8^e jour. Là encore la croissance larvaire est rapide. La température de l'eau du bassin est supérieure ou égale à 22° C du 11 juillet au 7 août.

Au cours de ces trois saisons favorables au développement des véligères de *C. gigas* la température moyenne de l'eau de la baie est généralement supérieure ou égale à 22° C. Cependant une évolution larvaire satisfaisante a pu être observée en dessous de cette valeur.

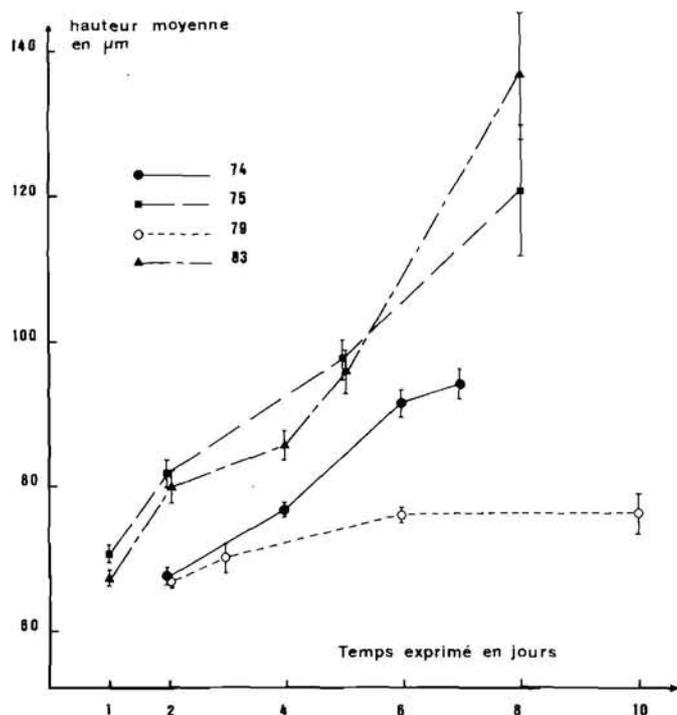


FIG. 4. — Croissance des véligères de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon :

- 1975 et 1983, années favorables au développement larvaire ;
- 1974, année peu favorable ;
- 1979, année au cours de laquelle les anomalies ont été observées.

The growth of *Crassostrea gigas* larvae in the Bay of Arcachon during 1975 and 1983 (favorable conditions), 1974 (low summer temperatures) and 1979 (abnormality) ; with 95 % confidence limits of mean sizes.

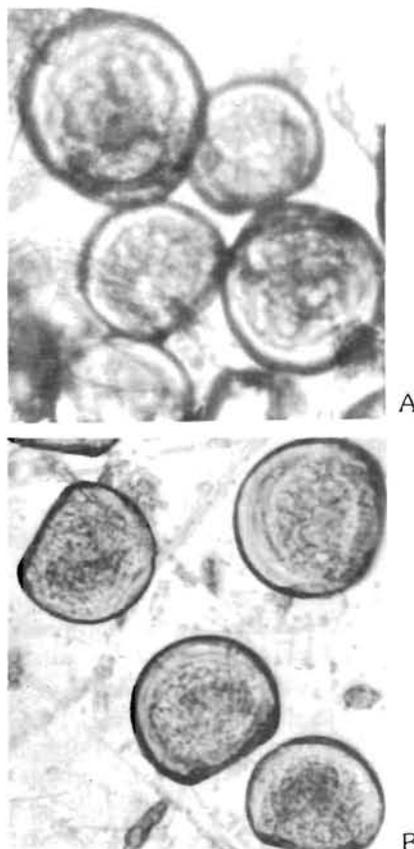


FIG. 5. — Aspect des véligères du bassin six jours après les pontes en 1975 (A) et en 1979 (B) ; noter la différence de taille pour des larves du même âge (0 — 50 µm).

Années défavorables au développement des véligères de *C. gigas* (fig. 3 et 5 et tabl. annexes).

Tout au long de la saison estivale on ne dénombre que quelques dizaines de larves « grosses » et non plusieurs milliers comme dans le cas précédent. Il en résulte un captage peu abondant (en 1974, moins de 200 jeunes huîtres par tuile arcachonnaise) ou même dérisoire (quelques naissains seulement par collecteur, en 1972).

Saison de reproduction 1972.

Les observations relatives à la gamétogénèse et la détection des pontes dans le milieu naturel permettent de situer les premières émissions au 5 juillet (HIS, 1976). Les pontes ont été diffusées, aucun frai important n'a été décelé, ce qui se traduit par la persistance de larves « petites » en nombre restreint pendant toute la saison de reproduction. Une faible évolution larvaire est constatée. L'observation des véligères permet de noter une croissance avec bombement de la charnière (larve en « évolution ») même si le stade évolué est peu représenté (moins de 2 000). La température de l'eau de la baie est comprise entre 18° et 22° C, avec une moyenne de 19°85 C.

Saison de reproduction 1974.

Cinq périodes de pontes ont été mises en évidence : 21 juin, 3 au 7 juillet, 21 au 25 juillet, 2 au 16 août et enfin début septembre.

Le premier frai, bien individualisé dans le secteur continental du bassin, permet de dénombrer 23 000 « petites ». Le stade des véligères en évolution est atteint rapidement, mais aucune larve évoluée n'est dénombrée dans les jours qui suivent. L'étude de la croissance moyenne des véligères a été réalisée (tabl. 2, fig. 4). Les hauteurs larvaires passent de $67,02 \pm 0,90 \mu\text{m}$ le 2^e jour à $93,58 \pm 2,04 \mu\text{m}$ le 7^e jour. On observe donc une légère croissance. Des températures comprises entre 19°85 et 20°60 sont enregistrées à cette période.

Le 2^e frai est plus diffus et le 3^e affecte l'ensemble du bassin et permet de dénombrer 117 000 « petites » le 26 juillet ; l'évolution est lente. Enfin, les dernières émissions correspondent à la fin de l'activité sexuelle des huîtres et ne donnent que quelques milliers de larves.

Au cours des saisons estivales où s'observent des conditions thermiques moins favorables au développement des véligères, on remarque cependant une légère croissance pendant les premiers jours de leur vie pélagique et le stade des larves en évolution est généralement atteint.

Premières anomalies du développement larvaire.

Au cours de l'été 1976, un frai massif dans le secteur continental du bassin (590 000 « petites ») disparaît en quelques jours sans qu'une évolution marquée des véligères soit observée. Seules quelques centaines de larves évoluées sont dénombrées. La température de l'eau est pourtant supérieure à 23° C. Une faible coloration des véligères est observée (couleur jaune délavée et non rouille comme les années précédentes). Aucune anomalie morphologique au niveau de la véliconche n'est notée. Dès l'été 1977, le phénomène se généralise à l'ensemble du bassin ; il se manifeste chaque année jusqu'en 1981. Au cours de ces cinq années consécutives, la saison de reproduction de 1979 est caractéristique des anomalies constatées.

Les examens de maturité sexuelle et les données de l'ostréographie permettent de distinguer cinq périodes de pontes en 1979.

La première a lieu dans le secteur continental les 11 et 12 juin ; on note 110 000 larves « grises ». Leur nombre décroît au fil des jours sans que l'on observe de bombement au niveau de la charnière : le stade « évolué » n'est pas atteint. La température de l'eau varie de 18°60 à 20°70 jusqu'au 19 juin.

La 2^e ponte se produit les 7 et 8 juillet et intéresse la plupart des secteurs. Le 10 juillet, 1 150 000 « petites » sont observées et seules 1 200 « évoluées » sont dénombrées le 19 juillet, quantité dérisoire par rapport à l'importance du frai. Pourtant la température de l'eau est supérieure ou égale à 21° C les quatre premiers jours qui suivent les pontes.

La 3^e ponte, plus modeste, s'est étalée du 26 au 30 juillet : 126 000 « petites », ont été dénombrées le 30 juillet, à partir desquelles on n'a observé que 125 « évoluées » une semaine plus tard. La croissance des véligères a été étudiée (tabl. 2, fig. 4) ; la hauteur moyenne passe de $66,64 \pm 0,80 \mu\text{m}$ le 2^e jour

à $75,45 \pm 2,57 \mu\text{m}$ le 9^e jour. La croissance est donc très faible, malgré les températures supérieures à 21°65 et dépassant même 23° C.

Au cours du 4^e frai, du 7 au 13 août, seules 140 « évoluées » sont dénombrées sur les 41 400 « petites » observées 12 jours avant. La 5^e ponte fin août correspond à des pontes résiduelles.

Années	Nbre maximum de larves « petites »	Nbre maximum de larves « évoluées » correspondants	Températures limites dans les 12 jours qui ont suivi l'émission
1977	67 000	720	21°95 à 22°65
	393 000	0	18°85 à 21°70
	22 000	250	20°70 à 22°90
	116 000	120	19°80 à 21°55
1978	57 000	0	18°50 à 19°90
	341 000	700	20°65 à 23°55
	15 800	250	21°05 à 23°90
	184 000	150	20°75 à 22°90
	14 250	20	21°60 à 24°10
1979	110 000	0	18°60 à 21°75
	1 150 000	1 200	20°05 à 23°10
	126 000	150	10°30 à 22°65
	15 000	15	—
	41 400	140	—
1980	85 000	0	18°35 à 20°
	1 080 000	0	18° à 20°10
	145 000	100	21°85 à 23°40
	75 200	0	21°85 à 23°35
1981	552 000	110	19°90 à 21°45
	40 300	0	19°65 à 21°45
	18 000	80	21°80 à 22°50

TABLE 3. — Nombres maximums de larves « petites » et « évoluées » dénombrées dans le plancton du bassin d'Arcachon pendant les années où les anomalies du développement larvaire ont été observées et températures enregistrées à Eyrac pendant les douze jours qui ont suivi les pontes.

The optimum numbers of straight hinged and early umbo larvae of Crassostrea gigas found in the Bay of Arcachon during « abnormal years » and the daily temperatures recorded at the Eyrac pier in the first 12 days after spawning.

La voie expérimentale a été choisie pour tenter d'expliquer les anomalies constatées, une attention particulière étant portée au développement des larves pendant les premiers jours de leur vie pélagique.

Etudes expérimentales sur les causes des perturbations de la reproduction et du développement larvaire de *C. gigas*.

Les échecs répétés de la reproduction ont amené à suspecter une dégradation des conditions de milieu liée au développement des activités anthropiques sur le bassin lui-même et sur son pourtour. Les causes possibles invoquées sont les suivantes :

- des déversements accidentels ou clandestins d'eaux usées d'une usine de pâte à papier ;
- les eaux de ruissellement susceptibles de drainer vers le plan d'eau pesticides ou herbicides répandus lors des campagnes d'échenillage menées en vue de limiter dans le massif forestier la prolifération des chenilles processionnaires du pin, et les produits phytosanitaires utilisés en agriculture à la suite du développement récent de la culture du maïs à proximité du bassin d'Arcachon ;

L'examen au microscope ne révèle pas d'anomalies sur le plan morphologique des larves D ou des véligères plus âgées ; cependant ces dernières se caractérisent par le faible bombement de la charnière et la faible pigmentation de la glande digestive (fig. 5). La comparaison des courbes de la figure 4 permet de distinguer une croissance larvaire retardée (1974) d'une absence presque totale de croissance, anomalie du développement (1979).

Ces phénomènes, observés pour la première fois en 1976 dans le secteur continental, se sont généralisés à l'ensemble du bassin en 1977 et ont persisté jusqu'en 1981. Le tableau 3 regroupe les quantités de larves « petites » et « évoluées » lors des principales émissions pendant ces cinq années, ainsi que les températures limites de l'eau pendant les douze jours qui suivent la détection du frai. Il met en évidence d'une part le blocage qui existe au niveau du passage au stade umboné et l'absence de relation du phénomène avec le facteur thermique.

• mais surtout sont incriminées les nuisances liées aux activités nautiques qui se sont fortement développées sur le bassin ces dernières années. Le zinc provenant en partie des anodes consommables servant à la protection des parties métalliques immergées et les sels organo-métalliques de l'étain contenus dans les peintures antisalissures qui recouvrent les carènes des navires, peuvent être responsables des mortalités larvaires.

Compte tenu de ces éléments, nous avons retenu trois hypothèses pour expliquer les phénomènes :

- la mauvaise qualité des géniteurs du bassin d'Arcachon. En effet, les huîtres organismes filtreurs, sont connues pour accumuler et concentrer, entre autres au niveau de la gonade, les micropolluants se trouvant dans l'eau de mer. Les œufs peuvent donc inclure des métalloprotéines toxiques, rendant non viables les larves issues de ces gamètes. De plus, des perturbations subies par les bivalves adultes affectent la viabilité des larves (BAYNE, 1976) ;
- la mauvaise qualité de l'eau du bassin. Celle-ci peut contenir une (ou plusieurs) substance toxique qui sans atteindre des concentrations suffisantes pour perturber l'embryogénèse et la formation des larves D, a une action marquée sur la croissance des véligères, et les rend plus sensibles à des conditions adverses de milieu (MAC INNES *et al.*, 1979) ;
- les mortalités peuvent s'expliquer aussi par une perturbation du régime trophique des véligères, ainsi que le suggère la faible pigmentation de leur tractus digestif.

Seules les techniques de reproduction en milieu contrôlé permettent de vérifier ces hypothèses (LUCAS, 1975, 1980). Une unité d'écophysiologie larvaire a donc été mise en place (ROBERT *et al.*, 1982).

Obtention et élevage des larves en milieu contrôlé.

Le laboratoire ne dispose pas d'eau de mer courante. Elle est donc prélevée en bonbonne de 20 litres puis stockée au laboratoire où elle n'est utilisée qu'après filtration sur cartouche de type industriel et sur membrane de porosité 0,2 μm .

Les géniteurs dont le cycle sexuel est amorcé dans le milieu naturel sont « maturés » en circuit fermé à la température de $20 \pm 1^\circ\text{C}$; ils sont alimentés à l'aide de cultures de *Platymonas suesica* et de *Skeletonema costatum*. Les gamètes sont obtenus par chocs thermiques (passages successifs de 28 à 15°C en eau de mer filtrée à 0,2 μm). Les œufs sont passés à travers un tamis stérile de 100 μm (rétention des débris et pseudofèces) et retenus sur un autre tamis de 32 μm . Ils sont comptés et répartis à raison de 30/ml d'eau de mer et fécondés dans la demi-heure qui suit, à l'aide d'une suspension dense de sperme fraîchement émis (1,5 ml.l^{-1}).

Les élevages, en double exemplaire, sont effectués dans les bocaux en pyrex de 2 litres stériles, à la température de $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Les larves D (ou « grises ») sont obtenues 24 h après les fécondations. Elles sont réparties à raison de 8 par ml en eau de mer fraîchement filtrée et changée tous les deux jours. Aucune aération n'est nécessaire dans les faibles volumes utilisés (HELM et SPENCER, 1972). Dès l'âge de 24 h, les véligères sont alimentées à raison de 50 $\text{cell.}\mu\text{l}^{-1}$ d'*Isoschrysis galbana* et de 50 $\text{cell.}\mu\text{l}^{-1}$ de *Chaetoceros calcitrans*. A partir du 8^e jour, le mélange de 33 $\text{cell.}\mu\text{l}^{-1}$ d'*I. galbana*, de 33 $\text{cell.}\mu\text{l}^{-1}$ de *C. calcitrans* et de 3,3 $\text{cell.}\mu\text{l}^{-1}$ de *P. suesica* est utilisé (HELM et MILLICAN, 1977).

Les observations effectuées chaque fois sur 200 « individus » portent sur les points suivants : dans les premières 24 h, pourcentages d'œufs fécondés, segmentés, de larves D obtenues ; puis pourcentages de larves anormales (CALABRÈSE *et al.*, 1977 ; LE PENNEC et LE ROUX, 1979) et de mortalités larvaires.

La croissance moyenne est établie par mensuration à 1,5 μm près sur cliché photographique de 50 larves par élevage ; la hauteur moyenne est calculée avec intervalle de confiance au seuil de sécurité de 95 %. Les anomalies affectent les véligères du milieu naturel entre le 6^e et le 8^e jour de leur vie pélagique ; les expériences en laboratoire n'ont donc pas été poursuivies au-delà des 10 à 12 premiers jours. Exceptionnellement certains élevages ont été conduits jusqu'à l'obtention des pédivéligères et du naissain.

Mise en élevage en milieu contrôlé de véligères récoltées dans le milieu naturel.

Les résultats obtenus progressivement au fil des expériences d'élevages larvaires en milieu contrôlé ont été vérifiés et précisés à l'aide de véligères prélevées dans le milieu naturel et placées elles aussi en élevage.

Une technique a été mise au point afin de récolter et d'isoler des véligères parfaitement viables. Dès qu'un frai est décelé (plusieurs milliers de larves D/ m^3), des pêches de plancton sont effectuées à pleine mer à l'aide du filet à plancton de 72 μm . Le plancton est récupéré dans des erlenmeyers stériles de 250 ml, contenant de l'eau de mer filtrée à 0,2 μm , et rapporté dans l'heure au laboratoire. Il est déversé sur une

colonne de tamis de 100, 60 et 40 μm . Le premier permet d'éliminer les éléments de grande taille (débris, éléments volumineux du zooplancton). Les larves sont retenues sur le tamis de « porosité » 60 μm (« petites ») ou 40 μm (« grises »). La plupart des éléments du phytoplancton sont éliminés à travers ce dernier. Ne persistent que les végétaux mélangés essentiellement à du seston (fèces et pseudofèces, abondants dans les eaux du bassin).

L'élimination de la partie restante du phytoplancton et du seston est obtenue par lavages successifs à l'eau de mer filtrée à 0,2 μm . Par agitation à la main à l'aide de mouvements semi-rotatifs du tamis maintenu incliné, seston et végétaux se regroupent sous forme d'une lentille plus ou moins volumineuse. Les végétaux, plus denses, formant un amas grisâtre ou jaune pâle, sont entassés contre la soie à bluter. Le tamis est immobilisé. Seston et phytoplancton glissent au-dessus des végétaux et sont éliminés à la pipette d'Ependorf. Puis les larves sont dispersées, rincées et regroupées sur le bord du tamis pour une nouvelle élimination du seston. L'opération est renouvelée trois ou quatre fois jusqu'à ce que ne subsistent que les végétaux de *C. gigas* accompagnées parfois de quelques larves de *Tapes* sp. qu'il est impossible d'éliminer (fig. 10) ; elles sont comptées et réparties en élevage à raison de 8/ml.

Toxicité des métaux, consécutifs aux activités nautiques, sur les végétaux de *C. gigas*.

Zinc.

Des teneurs élevées en zinc avaient été signalées dans le bassin au cours de l'été 1978, avec des valeurs comprises entre 126 et 132 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Anonyme, 1979). Ultérieurement ALZIEU *et al.* (1980) rapportent des teneurs inférieures ou égales à 33 $\mu\text{g.l}^{-1}$, au cours de la saison estivale de 1980.

L'action du zinc sur le développement des larves de bivalves a été étudiée (LE PENNEC, 1970 ; WALNE,

1970 ; CALABRÈSE *et al.*, 1973). En ce qui concerne *C. gigas* les travaux de BRERETON *et al.*, (1973), de BOYDEN *et al.* (1975), précisent sa toxicité sur les quatre stades de la reproduction de l'huître japonaise : fécondation, vie larvaire, passage à la vie benthique et jeune naissain. Les œufs embryonnés de *C. gigas* ne sont pas affectés par les concentrations de 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$; on observe toutefois quelques larves qui présentent des mouvements de nage anormaux et qui meurent au bout de six jours d'exposition. Le seuil de sensibilité des jeunes larves D se situe à 100 $\mu\text{g.l}^{-1}$; à partir de cette valeur apparaissent des anomalies morphologiques et fonctionnelles. Ces dernières se confirment à 125 $\mu\text{g.l}^{-1}$: l'umbo, qui se forme le 6^e jour chez les larves des élevages témoins, n'apparaît que le 8^e jour (BRERETON *et al.*, 1973). On notera donc que les valeurs observées au cours de la saison estivale de 1980 sont inférieures au seuil de toxicité précisé par ces auteurs.

Sels organostanniques.

L'action des organostanniques a été étudiée chez les poissons (ALABASTER, 1969 ; CHLIAMOVITCH *et al.*, 1977) mais, à notre connaissance, leurs effets sur les larves de mollusques bivalves n'étaient pas connus. Au cours de travaux préliminaires (HIS *et al.*, 1980) nous avons démontré le danger que constitue leur utilisation en zone conchylicole (action sur les larves de *C. gigas*). Ultérieurement les observations sur l'embryogénèse et le développement larvaire de l'huître japonaise ont été précisées (ROBERT *et al.*, 1981 ;

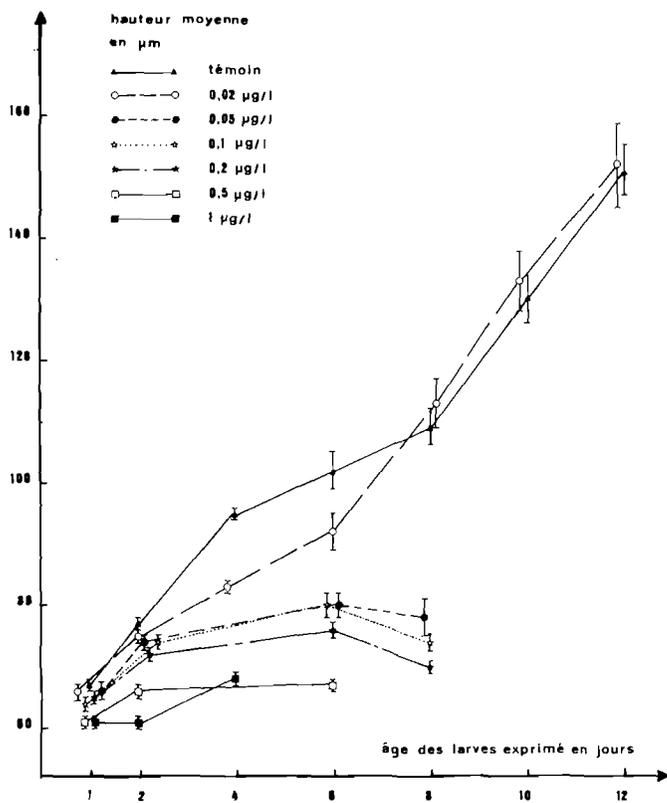


FIG. 6. — Croissance des larves de *C. gigas* formées et maintenues à des teneurs croissantes en acétate de tributylétain comprises entre 0 (témoins) et 1 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

The effect of various concentrations of T.B.T.O. up to 1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ *C. gigas* larval growth in a 12 days period (95 % confidence limits of mean sizes).

HIS *et al.*, 1982) ; elles concernent l'action du produit à douze concentrations en acétate de tributylétain comprises entre $100 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $0,02 \mu\text{g.l}^{-1}$. Les observations sur la croissance des véligères à différentes concentrations permettent de constater qu'il faut descendre à des valeurs aussi basses que $0,02 \mu\text{g.l}^{-1}$ pour qu'il n'y ait plus d'action du produit (fig. 6 et tabl. 4).

Chlorure cuivrique.

Les composés organométalliques de l'étain ont récemment remplacé l'oxyde cuivreux utilisé dans les peintures antisalissures. Aussi, semble-t-il intéressant de comparer la toxicité des deux produits sur les véligères de *C. gigas*. Ces travaux ont déjà fait l'objet d'une publication (HIS et ROBERT, 1981) ; nous n'en rappellerons que les grandes lignes. L'action du chlorure cuivrique (CuCl_2) sur l'embryogénèse de *Crassostrea gigas* se traduit par : un blocage de la segmentation dès la valeur de $100 \mu\text{g.l}^{-1}$; un retard de la segmentation et la formation de larves D anormales à $50 \mu\text{g.l}^{-1}$ et un pourcentage de larves anormales encore élevé à $25 \mu\text{g.l}^{-1}$. Son action sur le développement larvaire se traduit par : une mortalité massive des élevages pour des concentrations supérieures ou égales à $50 \mu\text{g.l}^{-1}$ et un ralentissement très marqué de la croissance larvaire jusqu'à la teneur de $10 \mu\text{g.l}^{-1}$. Le seuil de sensibilité des œufs et des larves de *C. gigas* au chlorure cuivrique se situe donc à $10 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Concentrations ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Action sur la reproduction de <i>Crassostrea gigas</i> .
100	Inhibition de la fécondation.
50	Inhibition de la segmentation.
25	Inhibition partielle de la segmentation (40 %).
10	Absence de formation des trochophores.
3 et 5	Pas de véligères - Trochophores monstrueuses.
1	Véligères anormales - Mortalité totale en 6 jours.
0,5	Nombreuses larves anormales - Mortalité totale en 8 jours. Perturbation du régime trophique, s'accroissant du 4 ^e au 8 ^e jour. Croissance très réduite.
0,2	Pourcentage des larves D anormales moins élevé. Perturbation du régime trophique dès le 4 ^e jour. Mortalités progressives ; totales le 12 ^e jour. Croissance faible.
0,1	Larves D en majorité normales. Perturbation marquée du régime trophique dès le 6 ^e jour. Croissance faible jusqu'au 6 ^e jour. Mortalité subtotale le 12 ^e jour.
0,05	Larves D normales. Perturbation du régime trophique marquée le 8 ^e jour. Mortalités importantes à partir du 10 ^e jour. Croissance réduite.
0,02	Larves D normales. Mortalités réduites. Bonne croissance. Pas d'action du produit.

TABL. 4. — Echelle d'action de l'acétate de tributylétain sur l'embryogénèse et le développement des larves de *C. gigas*.
T.B.T.O. scale upon the embryonic and larval developments of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*.

La comparaison des toxicités du chlorure cuivrique (CuCl_2) et de l'oxyde de tributylétain (T.B.T.O.) permet de dégager les points suivants :

- à la valeur de $100 \mu\text{g.l}^{-1}$, le chlorure cuivrique inhibe la segmentation de 65 % des ovules ; le T.B.T.O. inhibe totalement la fécondation ;
- à une concentration de $50 \mu\text{g.l}^{-1}$ la perturbation sur la segmentation provoquée par le chlorure cuivrique conduit à la naissance de véligères anormales. A cette même concentration un traitement des ovules par le T.B.T.O. pendant une demi-heure inhibe la segmentation ;

- aux teneurs inférieures, 25 et 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$, le CuCl_2 n'empêche pas la formation de larves D mais la croissance larvaire est affectée. A ces concentrations en T.B.T.O., le stade véligère n'est jamais atteint ; les larves D de 24 h, quoique plus résistantes, sont rapidement tuées.

L'utilisation des peintures antisalissures à base d'organostanniques constitue donc un danger pour les zones conchylicoles à vocation de centre de captage. Les possibilités analytiques disponibles jusqu'en 1981 ne permettaient pas de doser le produit aux très faibles teneurs qui affectent le développement larvaire. Seule la technique des « bio-essais » permettait de savoir si ces produits pouvaient être responsables des anomalies constatées (WOELKE, 1967).

Etudes expérimentales sur les géniteurs du bassin d'Arcachon.

Les expériences ont lieu en 1981, année pendant laquelle les anomalies de la reproduction sont particulièrement marquées. Il s'agit de savoir si les *Crassostrea gigas* du bassin d'Arcachon constituent un stock de géniteurs de bonne qualité ou si au contraire les gamètes « maturés » dans la baie donnent naissance à des larves non viables.

Le bassin d'Arcachon approvisionnant en huîtres d'élevage les centres conchylicoles bretons, les développements de larves issues de différents lots de *C. gigas*, originaires du bassin d'Arcachon sont comparés ; de ces lots :

- les uns ont été placés en élevage dès l'âge d'un an à Cancale (Bretagne) ; les géniteurs âgés de cinq ans lors de leur utilisation, ont donc « maturé » leurs produits sexuels hors du bassin ; ils sont nommés géniteurs « maturés » à l'extérieur ;
- les autres, du même âge, ont effectué leur cycle sexuel dans le bassin d'Arcachon ; ils sont appelés géniteurs « maturés » à Arcachon.

Dans les deux cas, la « phase instable » qui caractérise la maturité physiologique des huîtres et au cours de laquelle l'émission des gamètes peut être obtenue en soumettant les bivalves à un choc thermique, a été atteinte par conditionnement en circuit fermé. Pontes, développements embryonnaire et larvaire sont effectués dans de l'eau prélevée au large du Cap-Ferret (océan).

Géniteurs «maturés» hors du bassin d'Arcachon.

Deux lots de géniteurs ont été utilisés au cours de deux séries d'expériences (Cancale 1 et Cancale 2). Les pourcentages de larves anormales sont restés faibles (5 et 8 % le douzième jour) ainsi que les pourcentages de mortalités (7 et 2 % en fin d'observation). L'étude des courbes de croissance permet de constater que dans les deux cas les véligères se sont développées, la croissance étant meilleure dans la première série (Cancale 1) dont 84 % des larves sont umbonées dès le 6^e jour, contre 11 % dans la seconde (fig. 7). Sans que les observations sur la croissance aient été poursuivies avec précision au-delà du douzième jour, les élevages ont été maintenus jusqu'à l'obtention des stades pédiveligères et plantigrades (Cancale 2).

Géniteurs «maturés» dans le bassin d'Arcachon.

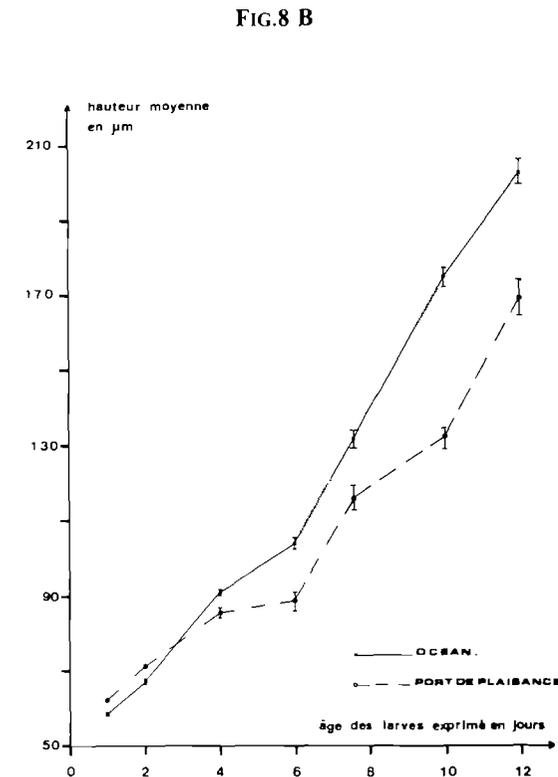
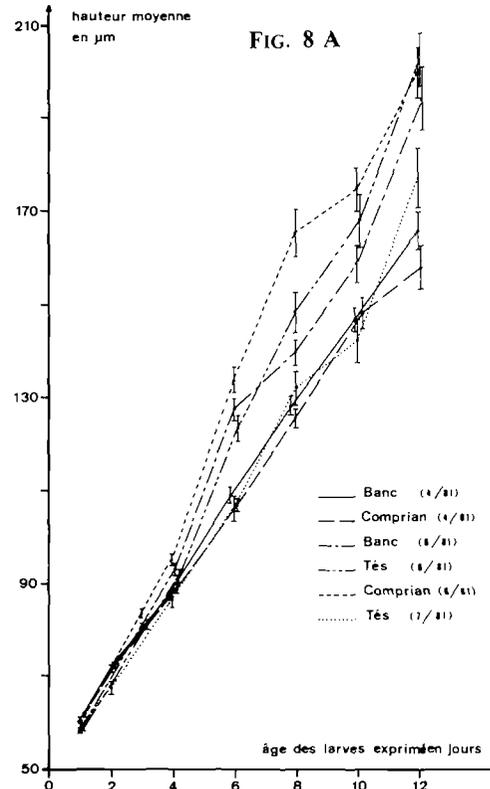
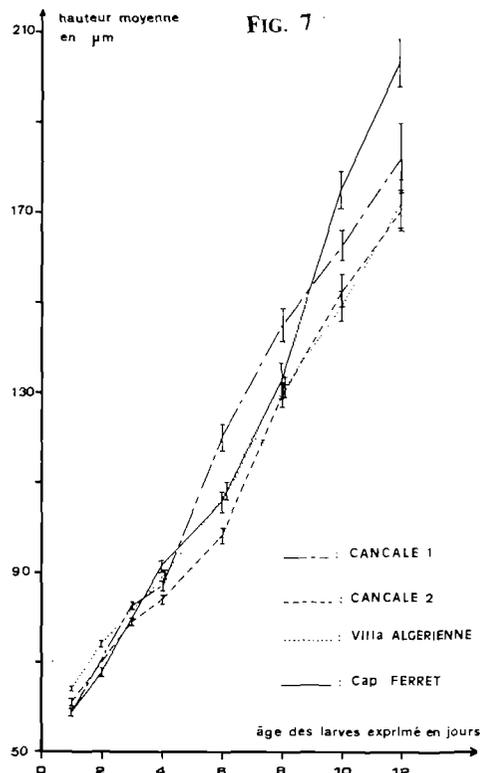
Comme précédemment deux séries d'observations ont été effectuées à l'aide de géniteurs prélevés au Cap-Ferret et à la Villa Algérienne (fig. 1 et 7). Avec le premier lot de géniteurs, les pourcentages de larves anormales dès les premières 24 heures sont plus élevés et atteignent 15 % ; ils ne sont que de 2 % avec le second. De même les mortalités affectent progressivement les larves anormales et sont au total de 15 % (Cap-Ferret) et 2 % (Villa Algérienne) en fin d'expériences. Il n'existe aucun ralentissement de la croissance larvaire ; dès le sixième jour, les élevages comportent des pourcentages voisins d'« évoluées » : 52 et 59 % avec les géniteurs du Cap-Ferret et de la Villa Algérienne respectivement. Enfin, toutes les larves sont umbonées en fin d'expériences.

Les géniteurs du bassin d'Arcachon, maturés ou non dans la baie permettent d'obtenir des larves viables, dont le développement larvaire est satisfaisant : le blocage qui existe lors du passage aux stades umbonés dans le milieu naturel n'est pas retrouvé, puisque dès le huitième jour les hauteurs moyennes dans les élevages sont franchement supérieures à la limite des 105 μm , avec une valeur minimum de $129,8 \pm 2,8 \mu\text{m}$; de plus, les véligères présentent des croissances similaires quel que soit le lieu de maturation des huîtres. La qualité des géniteurs du bassin ne peut donc être suspectée.

Age des larves (jour)	LIEUX ET DATES DE PRÉLÈVEMENT DE L'EAU							
	BANC avril	COMPRIAN avril	BANC juin	TÈS juin	COMPRIAN juin	TÈS juillet	OcéAN juillet	PORT DE PLAISANCE juillet
1	60,42 ± 0,35	61,42 ± 0,31	57,98 ± 0,36	58,91 ± 0,62	59,17 ± 0,47	58,70 ± 0,88	58,70 ± 0,88	62,65 ± 0,68
2	71,76 ± 0,59	72,26 ± 0,63	80,54 ± 0,84	80,82 ± 1,03	83,48 ± 0,84	67,39 ± 1,15	67,27 ± 0,99	71,88 ± 0,80
4	87,22 ± 0,94	88,76 ± 1,07	92,81 ± 1,22	91,27 ± 1,60	94,94 ± 1,27	86,45 ± 1,91	91,12 ± 1,44	85,21 ± 1,74
6	108,60 ± 1,59	106,06 ± 1,50	127,00 ± 2,27	123,48 ± 2,78	133,66 ± 2,65	105,79 ± 2,69	105,45 ± 2,44	88,33 ± 3,74
8	127,68 ± 1,95	125,19 ± 2,12	139,51 ± 2,61	148,29 ± 4,35	165,34 ± 4,99	132,16 ± 3,60	132,41 ± 3,95	116,71 ± 5,16
10	146,49 ± 2,59	147,90 ± 3,21	158,47 ± 3,88	168,03 ± 5,78	174,55 ± 4,64	142,18 ± 4,54	174,51 ± 4,08	132,58 ± 4,71
12	165,80 ± 4,17	158,31 ± 5,07	194,33 ± 6,69	202,49 ± 5,58	199,88 ± 5,51	177,21 ± 6,21	202,83 ± 5,21	169,13 ± 7,57

TABL. 5. — Hauteurs moyennes (μm avec intervalle de confiance au seuil de sécurité de 95 %) des végigères de *C. gigas* élevées en eau du bassin prélevée dans différents secteurs et à différentes périodes, et en eau prélevée au large du Cap-Ferret (Océan) en 1981.

The mean shell widths ($\mu\text{m} \pm 95\%$ confidence interval) of *Crassostrea gigas* larvae grown in the seawater of the Bay of Arcachon taken monthly at different stations and in the ocean seawater.



Qualité biologique de l'eau du bassin d'Arcachon.

Nous avons vu précédemment que l'action des micropolluants présents dans l'eau des élevages freine ou inhibe la croissance des véligères et entraîne des mortalités larvaires. Par « qualité biologique de l'eau » on entend l'aptitude ou non de celle-ci à permettre le développement embryonnaire et larvaire de *C. gigas*.

L'eau a été prélevée pendant les premières heures du reflux. C'est à ce moment-là que se produisent les pontes les plus importantes et par suite les fécondations (HIS, 1976) :

- dans le chenal du Teychan (Banc, Tès et Comprian, fig. 1) en avril, juin et juillet 1981 ; à cette dernière date un frai massif, dont les larves ne se développent pas, vient de se produire ;
- dans le port de plaisance d'Arcachon ;
- dans l'océan, à 5 milles au large du Cap-Ferret, pour y placer les témoins devant permettre la comparaison des données obtenues dans les deux autres élevages.

Pour les six séries d'élevages en eau du Teychan les pourcentages d'anomalies et de mortalités sont inférieurs à 5 % pendant la durée des observations, à l'exception des élevages du mois de juillet (Tès) où la valeur de 10 % est atteinte. Les hauteurs moyennes des véligères sont comprises entre $158,31 \pm 5,07 \mu\text{m}$ et $202,49 \pm 5,58 \mu\text{m}$ le douzième jour (tabl. 5) ; il n'y a donc pas retard de la croissance (fig. 8 A). Le 6^e jour, les larves « évoluées » constituent 96 % (Tès, juin 1981) à 46 % (Tès, juillet 1981) des élevages. Toutes les véligères sont umbonnées en fin d'observations. De plus les élevages du mois de juin ont été poursuivis jusqu'au stade pédivéligère et plantigrade. En laboratoire, les larves se développent donc normalement ; dans le milieu, avec la même eau (juillet 1981), leur croissance est inhibée.

Dans le cas des élevages effectués en eau du port de plaisance, les véligères sont obtenues en 24 h comme dans les témoins ; cependant les pourcentages d'anomalies s'élèvent à 40 % (15 % dans les témoins). Des mortalités interviennent ; restant inférieures à 15 % jusqu'au 10^e jour, elles sont de 40 % en fin d'observation et affectent plus particulièrement les larves anormales. La croissance est nettement retardée par rapport à celle des témoins (fig. 8 B). Le 10^e jour, la diminution du taux de croissance est de 40 %, pour des pourcentages de mortalités voisins (14 % en eau du port et 8 % dans les témoins). Ultérieurement les mortalités qui affectent plus particulièrement les véligères les plus petites, enlèvent toute signification à une comparaison des hauteurs moyennes.

Si l'on considère la répartition des véligères en fonction de la taille (fig. 9) on constate, en eau du port, l'existence de deux populations distinctes dès le 6^e jour : la première présente une taille franchement réduite par rapport à celle des témoins (26 % des individus) ; la seconde présente une taille comparable à celle des témoins. Le phénomène s'accroît le 8^e jour (la moitié de la population) ; ultérieurement il est estompé par les mortalités.

Au cours de l'été 1981, l'eau prélevée en différents points du chenal principal a permis en laboratoire le développement des véligères de *C. gigas*. Les mortalités ont été faibles. Aucune inhibition ou ralentissement de croissance n'a été observé. Le 8^e jour plus de 90 % de la population atteignent le stade « évoluées » ; des élevages ont pu être menés jusqu'à la métamorphose. La qualité biologique de l'eau du bassin d'Arcachon est donc suffisante pour permettre un développement larvaire normal.

En résumé, l'utilisation de l'eau du port de plaisance prélevée au mois de juillet 1981 pour effectuer des élevages larvaires chez *C. gigas* se traduit par : des perturbations au niveau de la segmentation aboutis-

FIG. 7. — Croissance des véligères de *C. gigas* élevées en eau de mer prélevée au large du Cap-Ferret (Océan) et issues de : géniteurs maturés à l'extérieur du bassin (Cancale 1 et Cancale 2) ; géniteurs maturés dans le bassin (Cap Ferret et Villa Algérienne).

The growth of *C. gigas* larvae grown in ocean seawater, from adults bred outside the Bay (Cancale 1 and Cancale 2) and in the Bay of Arcachon (Cap-Ferret and Villa Algérienne).

FIG. 8. — Croissance des véligères de *C. gigas* élevées en eau prélevée ;

A : dans le chenal du Teychan (Banc, Tès et Comprian), en avril, juin et juillet 1981 ;

B : au large du Cap Ferret (Océan) et en eau prélevée dans le port de plaisance d'Arcachon au mois de juillet 1981.

The growth of *C. gigas* larvae, from adults bred A :

outside the Bay, grown in the seawater of the Bay of Arcachon taken in the main fairway at different stations (Banc, Tès and Comprian) in April, June and July 1981 ;

B : in seawater taken in the ocean and in the marina of Arcachon in July 1981.

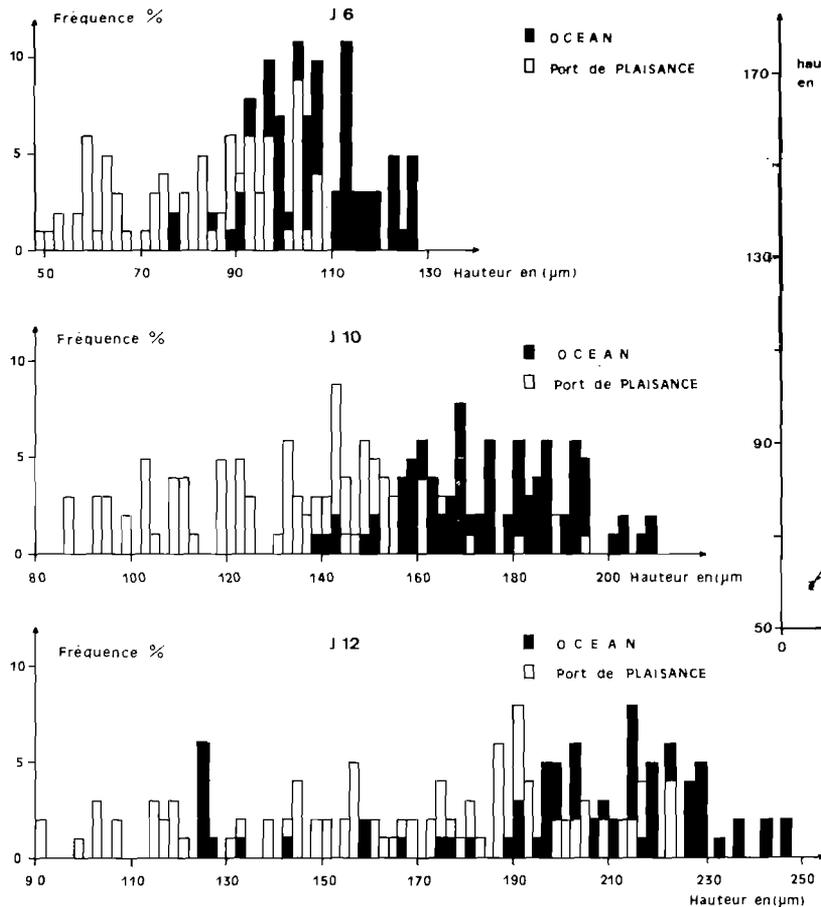


FIG 9. — Répartition en fonction de leur taille, les sixième (J6), dixième (J10) et douzième (J12) jours des véligères de *C. gigas* élevées :
 — en eau prélevée au large du Cap Ferret (Océan) ;
 — en eau prélevée dans le port de plaisance d'Arcachon au mois de juillet 1981.

The size distribution of 6 days, 10 days and 12 days old *C. gigas* larvae, in width shell groups, grown in seawater taken in the ocean and in the marina of Arcachon in July 1981.

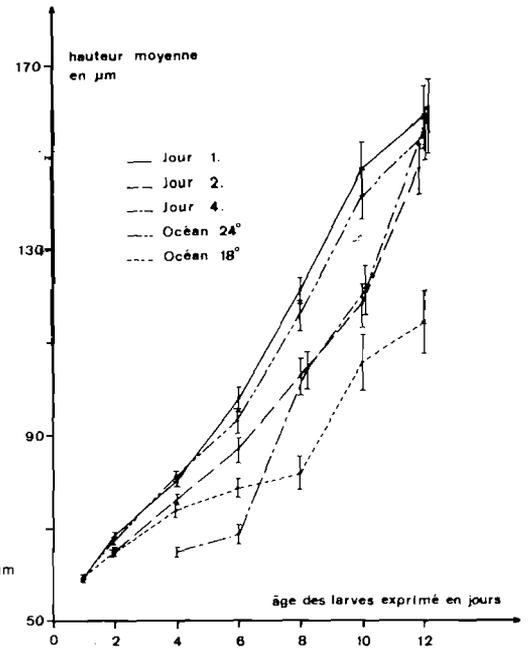


FIG 10. — Croissance des véligères de *C. gigas* prélevées dans le bassin d'Arcachon (ponte du 30/7/81) et mises en élevage à différents âges : 24 heures ; 2 jours ; 4 jours.

La température d'élevage est de $24 \pm 1^\circ \text{C}$. Et croissance de véligères prélevées à l'âge de un jour en eau prélevée au large du Cap Ferret (Océan) aux températures de $24 \pm 1^\circ \text{C}$ (océan 24°) et $18 \pm 1^\circ \text{C}$ (océan 18°).

The growth of *C. gigas* larvae collected in the Bay of Arcachon, 1, 2 and 4 days after fertilization (30/7/81 spawning) grown in the laboratory at $24 \pm 1^\circ \text{C}$ in seawater of the Bay and growth of 24 h collected larvae at 24°C and 18°C in ocean water.

sant à la formation de larves D anormales (en aucun cas, il n'y a blocage de la fécondation ou de la segmentation) ; une mortalité sélective non négligeable qui affecte principalement les véligères anormales et petites et enfin un ralentissement sensible de la croissance et la présence de deux populations larvaires distinctes en ce qui concerne leur distribution de tailles. Ce dernier phénomène caractérise un milieu pollué (HIS et ROBERT 1982).

Si la teneur moyenne de l'eau du bassin d'Arcachon en organostanniques dus à la lixiviation des peintures antisalissures était responsable des anomalies de la reproduction, ces dernières auraient dû être mieux caractérisées dans l'eau du port de plaisance où la concentration en bateaux est la plus importante. Or si la qualité de l'eau du port ne permet pas un développement larvaire normal (concentrations en sels organostanniques vraisemblablement élevées), en aucun cas les phénomènes observés ne correspondent à ceux qui se sont manifestés dans le bassin de 1977 à 1981. Rappelons que durant cette période les larves du milieu naturel ne présentent pas d'anomalies sur le plan morphologique (6 % au maximum) ; elles sont peu colorées et ne poussent pratiquement pas. Dans l'eau de port de plaisance, une forte proportion des larves est anormale ; cependant les véligères atteignent le stade « évoluées » dès le 6^e j et 66 % de « moyennes » sont dénombrées le 12^e j. Il semble difficile, dans ces conditions, d'imputer aux éléments toxiques dissous liés aux activités de plaisance, une responsabilité dans les phénomènes observés, par action directe sur les larves elles-mêmes.

Les élevages en milieu contrôlé ont permis de soumettre des larves de *C. gigas* à différentes conditions expérimentales. Il a été démontré que : les huîtres du bassin d'Arcachon, dont le cycle sexuel se déroule dans la baie, constituent un stock de géniteurs tout à fait capables de donner naissance à des véligères viables ; la qualité biologique de l'eau du bassin d'Arcachon permet un développement larvaire satisfaisant.

Seule l'hypothèse d'une perturbation du régime trophique des véligères, suggérée par la faible coloration de leur tractus digestif, n'a pas été abordée. Des larves D du milieu naturel ont donc été placées en expérience ; nous avons vérifié, d'une part leur comportement aux basses températures (influence du facteur thermique), d'autre part leur comportement alimentaire (rôle du facteur trophique).

Véligères prélevées dans le milieu naturel.

Influence du facteur thermique.

Des véligères âgées de 24 h (larves « grises ») ont été élevées en eau de l'océan à la température de 18° C et à la salinité de 33,3 ‰. Une valeur aussi basse de la température n'a jamais été observée, ni en 1979 par exemple pendant les émissions larvaires, ni en 1981, année de nos expériences. Les données obtenues sont comparées à celles d'élevages effectués avec les mêmes larves à 24° C (fig. 10). Aux basses températures, les mortalités sont peu importantes puisqu'elles se stabilisent à la valeur de 5 % à partir du 6^e jour. Aucune anomalie morphologique des véligères en cours d'élevage n'a été observée (2 % lors de la récolte dans le milieu). Le ralentissement de croissance résulte du maintien des véligères à 18° C. Ainsi la croissance du premier au 12^e jour n'est que de 58 % de celle qui est observée dans les véligères témoins. 2 % seulement des larves franchissent le cap des « évoluées » le 8^e jour. Par contre en fin d'observation, 60 % de la population dépasse cette limite dès 105 µm, 8 % est même au stade « moyennes ».

Bien qu'un ralentissement du développement larvaire soit observé lorsque les élevages sont soumis à la température de 18° C, des véligères de *C. gigas* sont susceptibles de se développer. Les mortalités larvaires sont faibles. Les résultats confirment ceux avancés par d'autres auteurs (HELM et MILLICAN, 1977 ; LUCAS, 1980). Les basses températures ne peuvent donc expliquer les anomalies de la reproduction qui ont été mises en évidence.

Influence du facteur trophique.

Les larves proviennent de la ponte de faible intensité du 29 juillet 1981. Des élevages ont été effectués avec des larves prélevées le 30 juillet, le 31 juillet et le 2 août. Les véligères sont donc âgées respectivement de 1, 2 et 4 jours. La faible importance de l'émission au départ, et la dispersion progressive des véligères dans le bassin, au cours du temps, n'ont permis de récolter qu'un nombre restreint de larves le 4^e jour. La densité d'élevage est donc de 4 000 par litre et non de 8 000 selon la méthode habituellement adoptée.

Les expériences ont été réalisées en eau du bassin (salinité entre 32,1 et 32,8 ‰) prélevée à la pointe du Tès, en même temps que les véligères. Il existe une légère augmentation de leur hauteur moyenne pendant les premières 48 h puis la hauteur est stationnaire. Ces résultats sont identiques à ceux qui ont été présentés pour l'été 1979 (tabl. 2, fig. 4 et 10). Les taux d'anomalie et de mortalité sont restés faibles, respectivement 2 et 5 % le 12^e j en ce qui concerne les véligères récupérées à l'âge de 1 j.

Pour les véligères prélevées à l'âge de *un jour* : 35 % des larves sont « évoluées » le 6^e j, 85 % le 8^e j. Le 12^e j, 96 % des larves sont umbonées, dont 31 % « évoluées » et 65 % « moyennes ».

La population prélevée à l'âge de *2 jours* présente au moment de la récolte de faibles taux d'anomalie et de mortalité, 2 et 3 % respectivement ; la mortalité atteint 6 % en fin d'expériences. Le 6^e j, 12 % des larves sont « évoluées », 8^e j 46 %. Le 12^e j 95 % des larves sont umbonées dont 60 % « évoluées » et 35 % « moyennes ».

La mortalité des véligères récoltées à l'âge de *4 jours* est de 6 % au moment du prélèvement et atteint 26 % en fin d'expériences ; elle affecte principalement les larves qui ont peu poussé. Aucune larve n'est évoluée le 6^e jour (2 j de croissance au laboratoire). Par contre dès le 8^e j, 56 % des véligères atteignent ce stade. 92 % des larves sont umbonées le 12^e j. La population est alors composée de 40 % d'« évoluées » et 52 % de « moyennes ».

Les larves prélevées dans le bassin d'Arcachon à différents âges évoluent donc normalement en laboratoire. Dès leur mise en élevage, on observe au microscope photonique une coloration de leur masse viscérale qui n'existe pas dans le milieu naturel (fig. 11) et qui traduit la prise en charge immédiate de la nourriture mise à leur disposition.

Discussion.

Dans le bassin d'Arcachon le facteur thermique joue un rôle important sur le déroulement de la vie pélagique des larves de *Crassostrea gigas*. Des températures égales ou supérieures à 22° C s'accompagnent généralement de conditions de milieu favorables à leur évolution. Les larves D se forment 24 h après le frai, les « évoluées » apparaissent au bout de 6 à 7 j, les « moyennes » vers le 9^e et les « grosses » vers le 13^e j. Toutefois des conditions favorables à la croissance des véligères peuvent exister en dessous de

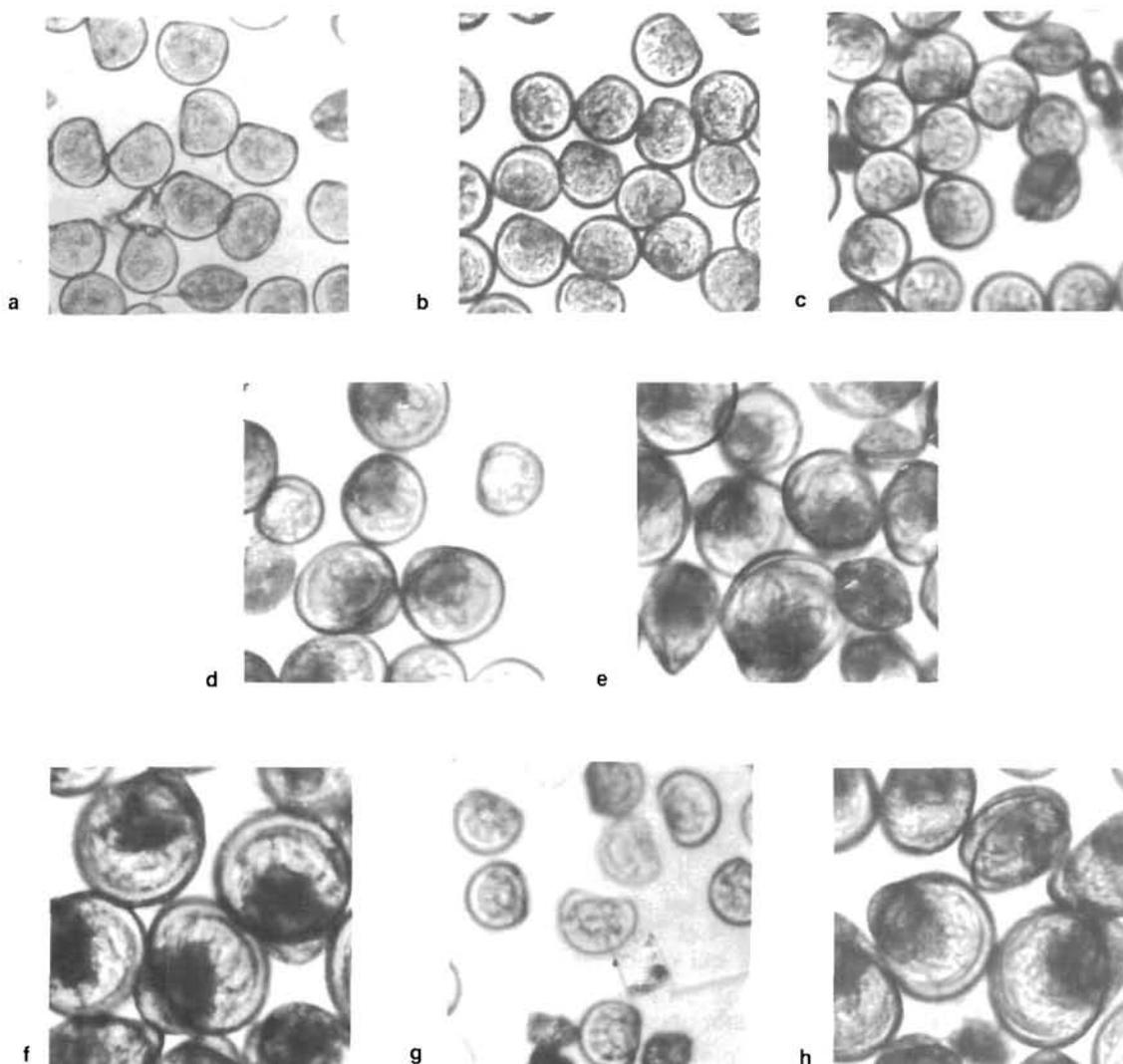


FIG. 11. — Comparaison de la taille des véligères de *C. gigas* prélevées au cours de la ponte du 30-7-81 et mises en élevage à 24° ± 1° C.

a : larves de 24 h lors de la mise en élevage ; b, c, d, e, f : les mêmes larves en élevage âgées respectivement de 2, 4, 6, 8 et 12 jours ; g : larves prélevées à 4 jours (comparer aux larves du même âge en élevage en « c ») et mises en élevage ; h : âgées de 12 j. The development of *C. gigas* larvae collected after spawning on July the 30th 1981 and grown in the laboratory at 24 ± 1° C. Compare the size of the larvae.

a : one day old larvae when collected ; b, c, d, e, f : the same larvae reared in the laboratory 2, 4, 6, 8 and 12 days old respectively ; g : larvae collected on the 4 days after spawning in the Bay ; compare with c ; h : 12 days old larvae, collected in the Bay on the 4th day after spawning.

la limite des 22° C. Inversement des anomalies du développement larvaire ont été notées lorsque les conditions thermiques règnant sur la baie étaient favorables. On peut admettre que le régime des températures observées au cours des saisons estivales de 1977 à 1981 a pu expliquer en partie une insuffisance du captage ; il n'explique pas la faible croissance des véligères pendant les premiers jours de leur vie pélagique ainsi que leur mortalité. La croissance des véligères est ralentie lorsqu'elles sont soumises expérimentalement à la température peu élevée de 18° C, mais les larves atteignent le stade « umbonée » et assimilent la nourriture qui leur est apportée.

Les élevages en milieu contrôlé permettent de constater que les *C. gigas* de la baie conservent intact leur potentiel de reproducteurs. Ces huîtres permettent l'obtention de larves D qui se développent normalement, sous des conditions expérimentales, en eau de la baie. De même, les véligères prélevées dans le milieu ne présentent aucune anomalie de comportement quand elles sont élevées au laboratoire, en eau du bassin prélevée au moment où la même cohorte n'évolue pas *in situ*. Ceci amène à penser que les perturbations du développement larvaire dans le milieu se situent au niveau trophique puisqu'en laboratoire les véligères se développent en présence d'une nourriture adaptée.

Parmi les facteurs susceptibles d'être à la base de ces perturbations trophiques, les activités nautiques peuvent être suspectées et en particulier l'utilisation des peintures antisalissures à base de sels organométalliques de l'étain. Toutefois les données expérimentales acquises permettent d'affirmer qu'il n'y a pas d'action directe sur les larves elles-mêmes. S'il en était ainsi, des élevages pratiqués en eau de mer prélevée dans le port de plaisance permettraient d'obtenir plus particulièrement la reconstitution des anomalies signalées ; or, il n'en est rien.

La technique des élevages en milieu contrôlé implique la filtration de l'eau de mer utilisée. Se pose donc le problème de savoir si ce traitement ne supprime pas le ou les éléments toxiques. Le principe d'action des peintures antisalissures est de libérer des sels solubles qui, à partir des surfaces traitées, diffusent dans le milieu environnant ; or, des anomalies du tractus génital chez les mollusques gastéropodes (*Nassarius obsoletus* SAY) ont été décelées près des ports de plaisance, et induites au laboratoire par les sels organométalliques de l'étain (SMITH, 1981). Ainsi FÉRAL (1982) provoque ces mêmes anomalies chez *Nucella lapidus* (L.), *Nassarius reticulatus* (L.) et *Ocenabra erinacea* (L.) en utilisant de l'eau prélevée à proximité du port de plaisance d'Arcachon, filtrée sur membrane de porosité 0,22 µm. L'eau conserve donc toute sa toxicité, l'élément responsable figurant dans la fraction dissoute. Si l'on considère les résultats concernant l'action des composés actifs des peintures antisalissures aux teneurs les plus faibles, il existe tout d'abord une action sur la croissance larvaire qui va de pair avec une perturbation du régime trophique ; puis, quand les teneurs augmentent, apparaissent les anomalies morphologiques et les mortalités précoces (tabl. 4).

En ce qui concerne les véligères du milieu naturel, les anomalies morphologiques sont exceptionnelles (maximum 3 à 6 % à l'âge de 24 h). Par contre, l'absence de coloration du tractus digestif traduit une perturbation du régime trophique. Cependant, les larves mises en présence de nourriture ingèrent et assimilent cette nourriture. A l'inverse, la perturbation du régime trophique des véligères, par les organométalliques de l'étain induit une mauvaise prise en charge de la nourriture présente dans les élevages.

Les anomalies de croissance constatées dans le bassin ne sont donc pas imputables à l'action directe sur les larves de micropolluants présents dans l'eau. La qualité biologique de l'eau du bassin est suffisante pour permettre des développements embryonnaire et larvaire satisfaisants.

Il existe une légère augmentation de la taille des véligères pendant les premiers jours de la vie pélagique. La hauteur moyenne passe, par exemple en 1979, de 66,64 µm à l'âge de 48 h à 75,45 µm le 6^e j (tabl. 2, fig. 4). De même les véligères pêchées à l'âge de 24 h, fin juillet 1981, ont une hauteur moyenne de 59,43 µm et le 4^e j 64 µm. Il est possible d'expliquer cette faible croissance par les faits suivants.

- Tout d'abord, comme le rappellent PAVILLON (1981) et WILSON (1978), au cours de la vie larvaire existe une phase endotrophe (ou lécitrophe) pendant laquelle il y a croissance aux dépens des réserves vitellines, mais aussi possibilité d'absorption des matières organiques dissoutes. Cette dernière possibilité est maintenue pendant la phase exotrophe comme le montrent MASSON (1977) chez les larves de *Mytilus galloprovincialis* et plus récemment MANAHAN et CRISP (1982), et MANAHAN (1983) chez celles de *Mytilus edulis* et *Crassostrea gigas*.
- De plus les véligères ingèrent aussi bien les particules inertes (tripton) que vivantes (plancton) (LUCAS, 1982).
- Enfin MARTIN et MENGUS (1977), MENGUS (1978) et PRIEUR (1982) démontrent qu'elles sont susceptibles d'ingérer et de digérer les bactéries présentes dans l'eau de mer.

Le nanoplancton végétal constitue l'essentiel de leur nourriture et les larves doivent être nourries de façon très régulière car le jeûne leur est fatal (LUCAS, 1975 et 1982). Le phytoplancton contient les pigments nécessaires à la photosynthèse ; cette propriété permet d'observer le bol alimentaire contenu dans

la glande digestive (MASSON, 1975 ; LUCAS et RANGEL, 1981). La dépigmentation caractérisant les anomalies constatées à Arcachon et la nature trophique des phénomènes amènent à penser que la cause directe se situe au niveau d'une perturbation du nanoplancton lui-même. Les véligères ne semblent pas avoir à leur disposition une nourriture qu'elles peuvent ingérer.

De nombreux travaux ont été consacrés à la nutrition des larves de bivalves. La solution de ces problèmes a conditionné la réussite de la reproduction des mollusques en milieu contrôlé (LOOSANOFF et DAVIS, 1963 ; DAVIS et GUILLARD, 1958 ; WALNE, 1966). Comme le souligne UKELES (1980) : « On sait très bien que certains flagellés nus constituent la meilleure source de nourriture pour les jeunes larves de *Crassostrea virginica*. La taille des algues est une caractéristique essentielle qui rend de nombreuses espèces inutilisables, en particulier pour les larves D qui ne mesurent que 65 à 70 μm , avec un diamètre buccal relativement étroit ». L'auteur rappelle que les exigences nutritionnelles des jeunes stades larvaires sont bien spécifiques et que, si elles ne sont pas satisfaisantes, il y a arrêt de croissance et mort. Ceci semble correspondre aux phénomènes observés à Arcachon ces dernières années.

Conclusions.

Deux conditions sont nécessaires pour que le développement et la croissance larvaire se déroulent de façon satisfaisante en zone conchylicole : thermiques et nutritionnelles permettant de satisfaire les besoins alimentaires des véligères. Lorsqu'elles ne sont pas remplies en même temps, il y a échec de la reproduction (PERSOONE *et al.*, 1980). C'est ce qui a dû se produire, dans le bassin d'Arcachon, au cours de la période 1977 à 1981.

Le retour à une évolution larvaire normale, à la suite des mesures restrictives relatives à l'utilisation des peintures antisalissures à base d'organostanniques au printemps de 1982, amène à penser que ces toxiques, sans avoir exercé une action directe sur les larves D, ont pu être responsables de perturbations du milieu. Ces perturbations ont pu avoir pour conséquence la disparition d'éléments du nanoplancton spécifiques de la nutrition des jeunes larves D. Nous n'avons abordé ici ni le problème des eaux de ruissellement, avec l'apport éventuel d'éléments toxiques liés aux différentes activités humaines exercées sur le pourtour du bassin, ni le piégeage éventuel de ces micropolluants par les sédiments de la baie.

En tout état de cause, les résultats obtenus démontrent l'intérêt que présenteraient des recherches relatives à la nutrition des larves dans le milieu naturel, que ce soit sur le plan descriptif (études qualitatives et quantitatives) ou sur le plan expérimental (essais d'isolement, de mise en culture et d'utilisation pour les élevages des espèces spécifiques au bassin d'Arcachon). Les données qui seraient acquises dépasseraient le seul cadre de la reproduction ; les formes nanoplanctoniques généralement utilisées par les véligères peuvent l'être pour leur nutrition par les formes post-planctoniques des bivalves.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 1979. — R.N.O. (Réseau national d'observation de la qualité des eaux), résultats bruts du 3^e trimestre 1978 : sels nutritifs. — Bulletin trimestriel n° 11, pollution marine CNEXO Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, Brest 1979.
- ALABASTER (S.), 1969. — Survival of fish in 164 herbicides, insecticides, fungicides, wetting agents and miscellaneous substances. — *Int. Pest. Control*, **11** : 29-35.
- ALZIEU (C.), THIBAUD (Y.), HÉRAL (M.) et BOUTIER (B.), 1980 (1982). — Evaluation des risques dus à l'emploi des peintures antisalissures dans les zones conchylicoles. — *Rev. trav. Inst. Pêches marit.*, **44** (4) : 301-348.
- BAYNE (B.L.), 1965. — Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). — *Ophelia*, **2** : 1-47.
- 1976. — Aspects of reproduction in bivalve molluscs. — *Estuarine Processes*, Martin Wiley Edit., **1** : 432-448.
- BAYNE (B.L.) et THOMPSON (R.J.), 1970. — Some physiological consequences of keeping *Mytilus edulis* in the laboratory. — *Helgol. Wiss. Meeresunters*, **20** : 526-552.
- BORDE (F.), 1937. — Observations sur la production de naissain dans le bassin d'Arcachon en 1936. — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.*, **10** (1) : 75-79.
- BOUCHET (J.-M.), 1968. — Etude océanographique des chenaux du bassin d'Arcachon. — Thèse Doctorat d'Etat, Bordeaux 2^e tr.
- BOURY (M.), 1928. — Etude de la reproduction des huîtres. — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.*, **1** (2) : 87-98.
- BRERETON (A.), LORD (H.), THORNTON (I.) et WEBB (J.S.), 1973. — Effect of zinc on growth and development of larvae of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. — *Mar. Biol.*, **19** : 96-101.

- BOYDEN (C.R.), WATLING (H.) et THORNTON (I.), 1975. — Effect of zinc on the settlement of the oyster *Crassostrea gigas*. — *Mar. Biol.* **31** : 227-234.
- CALABRÈSE (A.), COLLIER (R.S.), NELSON (D.A.) et MAC INNES (J.R.), 1973. — The toxicity of heavy metals to embryos of the American oyster *Crassostrea virginica*. — *Mar. Biol.*, **18** : 162-166.
- CALABRÈSE (A.), MAC INNES (J.R.), NELSON (D.A.) et MILLER (J.E.), 1977. — Survival and growth of bivalve larvae under heavy metal stress. — *Mar. Biol.*, **41** : 179-183.
- CHLIAMOVITCH (Y.P.) et KUHN (C.), 1977. — Behavioural haematological and histological studies on acute toxicity of bis (tri-n-butyltin) oxyde on *Salmo gairdneri* Richardson and *Tilapia rendalli* Boulenger. — *J. Fish. Biol.*, **10** : 575-585.
- DAVIS (H.C.) et GUILLARD (R.R.), 1958. — Relative value of ten genera of Microorganisms as foods for oyster and clam larvae. — *U.S. Fish Wildlife Serv., Fish. Bull.*, **58** : 293-304.
- FÉRAL (C.), 1982. — Etude expérimentale des mécanismes assurant l'apparition, le maintien et le cycle d'un tractus génital mâles externe chez les femelles de *Nucella Lapillus* (L.), *Nassarius reticulatus* (L.), *Ocenebra erinacea* (L.). Mollusques néogastéropodes gonochoriques. — Thèse de Sci. Nat., 183 p.
- GALTSOFF (P.S.), 1964. — The American oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin. — *U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull.*, **64** : 480.
- HELM (M.M.) et SPENCER (B.E.), 1972. — The importance of the rate of aeration in hatchery cultures of the larvae of *Ostrea edulis* L. — *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **34** : 244-255.
- HELM (M.M.) et MILLICAN (P.F.), 1977. — Experiments in the hatchery of Pacific oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). — *Aquaculture* **11** : 1-12.
- HIS (E.), 1973. — La reproduction de *Crassostrea gigas* Thunberg dans le bassin d'Arcachon : bilan de deux années d'observations. — CIEM Comité des crustacés, coquillages et benthos. CM/K : 17.
- HIS (E.), 1975. — La détection des pontes dans le milieu naturel : application de l'ostréographie à l'étude de la reproduction des huîtres. — *Haliotis*, **5** : 206-213.
- HIS (E.), 1976. — Contribution à l'étude biologique de l'huître dans le bassin d'Arcachon. Activité valvaire de *Crassostrea gigas*, application à l'étude de la reproduction de l'huître japonaise. — Thèse 3^e cycle Bordeaux I, 63 p.
- HIS (E.), 1978. — Une expérience de production de « Naissain un à un ». Sa croissance dans le bassin d'Arcachon. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 280 : 1-12.
- HIS (E.) et ROBERT (R.), 1980. — Action d'un sel organo-métallique l'acétate de tributylétain sur les œufs et les larves D de *Crassostrea gigas* (Thunberg). — CIEM, CM 1980/F : 27, 10 p.
- HIS (E.) et ROBERT (R.), 1981. — Effects of copper chloride on the eggs and D larvae of *Crassostrea gigas* (Thunberg) Preliminary results. — CIEM Mariculture Committee, CM/F : 43, 14 p.
- HIS (E.) et ROBERT (R.), 1981 (1982). — Le danger des traitements par le sulfate de cuivre en zone conchylicole : toxicité vis-à-vis des œufs et des jeunes larves de *Crassostrea gigas*. — *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, **45** (2) :
- HIS (E.), MAURER (D.) et ROBERT (R.), 1983 (1985). — Estimation de la teneur en acétate de tributylétain dans l'eau de mer, par une méthode biologique. — *Journal of Molluscan Studies Supplément 12a*, sous presse.
- LATÉOULE (R.), 1967. — L'ostréiculture dans le bassin d'Arcachon. *Diplôme d'Et. Sup. de Géographie, Bordeaux*, 143 p.
- LE DANTEC (J.), 1968. — Ecologie et reproduction de l'huître portugaise, *Crassostrea angulata* Lmk dans le bassin d'Arcachon et sur la rive gauche de la Gironde. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **32** (3) : 327-362.
- LELARGE (S.), 1980. — L'aquaculture n'est pas une île. — Publication de l'Association pour le Développement de l'Aquaculture n° 8, 179 p.
- LE PENNEC (S.), 1970. — Elevage au laboratoire de Mollusques bivalves : morphogénèse de la coquille des Veneridae. — Thèse 3^e cycle, Paris : 95 p.
- LE PENNEC (M.) et LE ROUX (S.), 1979. — Effet d'un pétrole brut sur la formation de la coquille de *Mytilus edulis* (L.) (Mytilidae, Bivalvia). — *Rev. Int. Océanogr. Med.*, **55** : 49-55.
- LOOSANOFF (V.L.) et DAVIS (H.C.), 1963. — Rearing of bivalve molluscs. — *Advances in Marine Biology*, F.S. Russel Ed., Academic Press Inc., London, **1** : 1-136.
- LUCAS (A.), 1975. — Les écloséries de Mollusques Bivalves. — *Haliotis* **5** : 14-34.
- LUCAS (A.), 1975. — Remarques méthodologiques sur l'emploi des larves de moules comme tests biologiques. — *Haliotis*, **5** : 126-132.
- LUCAS (A.), 1980. — Problèmes de génétique, d'écophysiologie et de pathologie dans les écloséries de bivalves. — *Oceanis*, **5** : 1-23.
- LUCAS (A.), 1982. — La nutrition des larves de bivalves. — *Oceanis*, **8** (5) : 363-388.
- LUCAS (A.) et RANGEL (C.), 1981. — Vitesses d'ingestion et de digestion du phytoplancton observées au microscope à épifluorescence chez les larves de *Mytilus edulis* (L.) (Bivalvia Mollusca). — *Haliotis*, **11** : 171-180.
- MAC INNES (J.R.) et CALABRÈSE (A.), 1979. — Combined effects of salinity, temperature and copper on embryos and early larvae of the American oyster, *Crassostrea virginica*. — *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, **8** : 553-562.
- MANAHAN (D.T.), 1983. — The uptake and metabolism of dissolved amino acids by bivalve larvae. — *Biol. Bull.*, **164** (2) : 236-250.
- MANAHAN (D.T.) et CRISP (D.J.), 1982. — The role of dissolved organic material in the nutrition of pelagic larvae : amino acid uptake by bivalve veligers. — *Am. Zool.*, **29** (3) : 635-646.
- MARTIN (Y.) et MENGUS (B.), 1977. — Utilisation de souches bactériennes sélectionnées dans l'alimentation des larves de *Mytilus galloprovincialis* Lmk (Mollusque Bivalve) en élevages expérimentaux. — *Aquaculture*, **10** : 253-262.
- MASSON (M.), 1977. — Observations sur la nutrition des larves de *Mytilus galloprovincialis* avec des aliments inertes. — *Marine Biology*, **40** : 157-164.
- MEDCOF (J.C.), 1961. — Oyster farming in the maritimes. — *Bull. Fish. Res. Board. Can.*, **131** : 154 p.
- MENGUS (B.), 1978. — Rôle des bactéries dans l'alimentation de larves de Mollusques bivalves marins en élevages expérimentaux. — Thèse 3^e cycle Marseille, 135 p.

- PAVILLON (J.-F.), 1981. — Importance écologique du substrat organique dissous pour les larves d'invertébrés marins. — *Océanis*, **7** (1) : 79-96.
- PERSOONE (G.) et CLAUS (C.), 1980. — Mass culture of algae : a bottleneck in the nursery culturing of molluscs, in *Algae Biomass, production and use* G. Shelef and C.J. Soeder, Ed., Elsevier, North Holland Biomedical Press : 266-285.
- PRIEUR (D.), 1982. — Les bactéries hétérotrophes dans les élevages expérimentaux et industriels de larves de bivalves marins. — *Océanis*, **8** (8) : 437-457.
- ROBERT (R.), 1983. — Etudes sur les causes de la perturbation de la reproduction et du développement larvaire de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon. — Thèse 3^e cycle, Brest, 169 p.
- ROBERT (R.) et HIS (E.), 1981. — Action de l'acétate de tributyle étain sur les œufs et les larves D de deux mollusques d'intérêt commercial : *Crassostrea gigas* (Thunberg) et *Mytilus galloprovincialis* (Lmk.). — CIEM, CM 42.
- ROBERT (R.), HIS (E.) et MAURER (D.), 1981 (1982). — L'unité d'écophysiologie et de molysmologie larvaire des bivalves d'intérêt commercial du laboratoire I.S.T.P.M. d'Arcachon. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **45** (3) : 197-209.
- SMITH (B.S.), 1981. — Tributyltin compounds induce male characteristics on female mud snails *Nassarius obsoletus* : *Ilyanassa obsoleta*. — *J. Appl. Toxicol.* **1** (3) : 141-144.
- QUAYLE (D.B.), 1969. — Pacific oyster culture in British Columbia. — *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, **169** : 192 p.
- UKELES (R.), 1980. — American experience in the mass culture of micro-algae for feeding larvae of the American oyster, *Crassostrea virginica*, in *Algae biomass, production and use* G. Shelef et C.J. Soeder, Edit., Elsevier/North-Holland Biomedical Press : 287-306.
- WALNE (P.R.), 1966. — Experiments in the large-scale culture of the larvae of *Ostrea edulis* L. — *Fishery Invest. Lond.*, Ser. 2, **25**.
- WALNE (P.R.), 1970. — Present problems in the culture of the larvae of *Ostrea edulis*. — *Helgoländer Wiss. Meeresunters* **20** : 514-524.
- WILSON (J.H.), 1978. — The food value of *Phaeodactylum tricoratum* Bohlin to the larvae of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg. — *Aquaculture*, **13** : 313-323.
- WILSON (J.), 1981. — Hatchery rearing of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. — *Aquaculture Techn. Bull.*, **4** : 1-34.
- WOELKE (C.E.), 1967. — Measurement of water quality with the Pacific Oyster Embryo Bioassay Water Quality criteria, ASTM STP 416, Am. Soc. Testing Mats : 112-120.

Manuscrit soumis le 4 juin 1984, accepté le 14 février 1985.

ANNEXE

1974

1975

L A R V E S					
date:	P	E	M	G	T°
23/6:	23.075:				20°20
25/6:	13.925:				20°60
26/6:					20°40
27/6:	4.080:				19°85
28/6:	2.600:				19°95
29/6:					20°65
30/6:					20°60

1/7:					21°15
2/7:					21°80
3/7:					21°45
4/7:	4.600:				21°30
5/7:	1.530:				21°15
6/7:					20°85
7/7:					21°20
8/7:					21°20
9/7:					21°40
10/7:					21°60
11/7:					22°10
12/7:					22°50
13/7:					22°15
14/7:					22°40
15/7:					22°30
16/7:					21°55
17/7:					20°85
18/7:					20°70
19/7:					20°30
20/7:					20°
21/7:					20°
22/7:					21°
23/7:					21°40
24/7:	78.500:				21°30
25/7:					21°75
26/7:	117.000:				21°80
27/7:					22°05
28/7:					22°50
29/7:	<u>47.200*</u>				23°05
30/7:	<u>68.500*</u>				22°55
31/7:	11.500:	900:			21°95

1/8:	<u>11.900*</u>	700:			21°95
2/8:	<u>3.700*</u>	1.800:	150:		22°05
3/8:					22°40
4/8:					22°45
5/8:		360:	450:	40:	22°60
6/8:					22°85
7/8:			960:	150:	21°90
8/8:					22°10
9/8:		150:	340:	220:	21°65
10/8:					21°80
11/8:					21°90
12/8:					22°50
13/8:					23°
14/8:					23°70
15/8:					24°50
16/8:					24°15
17/8:					24°25
18/8:					23°40
19/8:	2.750:			30:	21°50
20/8:	1.840:			30:	21°60
21/8:					21°60
22/8:	590*	450:	15:	15:	22°
23/8:		70:			21°80

L A R V E S					
date:	P	E	M	G	T°
25/6:					20°45
26/6:					20°80
27/6:					21°10
28/6:					21°05
29/6:					21°65
30/6:	9.000:				21°50

1/7:					21°10
2/7:					21°05
3/7:	2.630:	110:			20°60
4/7:					20°50
5/7:					20°75
6/7:					20°85
7/7:	47.600:	100:			21°35
8/7:	20.800:	140:			21°15
9/7:					21°10
10/7:	247.300:	5.000:			21°10
11/7:					21°15
12/7:					21°50
13/7:					21°80
14/7:	<u>49.260*</u>	4.400:	500:		22°50
15/7:	<u>27.470*</u>	1.460:	110:		22°60
16/7:					22°55
17/7:	<u>11.200*</u>	8.720:	2.400:	620:	22°35
18/7:	<u>1.600*</u>	4.260:	210:	10:	22°40
19/7:					22°90
20/7:					22°85
21/7:		810:	2.620:	2.770:	22°50
22/7:					22°40
23/7:					22°
24/7:			630:	1.570:	21°75
25/7:			300:	190:	21°40
26/7:					21°05
27/7:					21°40
28/7:			180:	870:	21°75
29/7:	2.280:		20:	100:	22°10
30/7:					22°80
31/7:	34.300:			120:	23°

1/8:					22°85
2/8:					23°60
3/8:					24°35
4/8:	27.000:	1.300:	60:	40:	24°95
5/8:	42.600:	800:			24°50
6/8:					24°50
7/8:	<u>36.400*</u>	15.700:	4.500:	170:	23°85
8/8:					24°
9/8:					23°50
10/8:					23°20
11/8:	7.300:	4.900:	14.800:	4.800:	23°15
12/8:	3.000:	1.800:	2.050:	2.400:	23°15
13/8:					23°20
14/8:	2.600:	820:	3.750:	6.400:	23°35
15/8:					23°65
16/8:					23°70
17/8:					23°25
18/8:					22°70
19/8:	320:	120:	490:	900:	23°05
20/8:					23°50
21/8:	1.800:	150:	100:	1.040:	23°25
22/8:					22°45
23/8:					21°85
24/8:					21°50
25/8:	8.200:	70:	70:	290:	21°50
26/8:	2.800:	50:	0:	90:	21°05
27/8:					20°75
28/8:					21°25
29/8:	4.440:	210:	60:	200:	21°45
30/8:					21°75
31/8:					21°55

1/9:		400:	310:	75:	21°35
2/9:	80:	350:	30:	40:	21°25

Comptage de larves *C. gigas* et températures journalières relevées à Eyrac (les valeurs soulignées indiquent le stade « en évolution ») en 1974 : conditions thermiques peu favorables ; en 1975 et 1982 : bon développement larvaire.

1982

L A R V E S						L A R V E S					
date:	P	E	M	G	T°	date:	P	E	M	G	T°
7/6:	1.500:	:	:	:	20°30	1/8:	:	:	:	:	21°15
8/6:	:	:	:	:	20°60	2/8:	320:	2.000:	4.000:	130:	21°15
9/6:	2.860:	175:	:	:	21°15	3/8:	400:	670:	1.450:	120:	21°50
10/6:	:	:	:	:	21°05	4/8:	:	:	:	:	21°50
11/6:	:	:	:	:	20°90	5/8:	:	50:	850:	190:	21°70
12/6:	:	:	:	:	20°15	6/8:	:	:	:	:	21°70
13/6:	:	:	:	:	19°65	7/8:	:	:	:	:	21°35
14/6:	:	:	:	:	19°35	8/8:	:	:	:	:	21°15
15/6:	3.300:	180:	120:	:	19°25	9/8:	10.000:	:	70:	250:	21°50
16/6:	3.300:	150:	:	:	20°	10/8:	17.700:	400:	470:	:	22°15
17/6:	:	:	:	:	20°80	11/8:	:	:	:	:	22°60
18/6:	3.900:	450:	75:	:	20°50	12/8:	5.600:	150:	50:	170:	23°15
19/6:	:	:	:	:	20°50	13/8:	6.400:	:	60:	260:	23°05
20/6:	:	:	:	:	20°90	14/8:	:	:	:	:	23°20
21/6:	125.000:	340:	:	20:	20°75	15/8:	:	:	:	:	23°30
22/6:	156.000*	450:	:	:	20°90	16/8:	:	:	:	:	22°80
23/6:	:	:	:	:	20°55	17/8:	:	620:	300:	20:	22°65
24/6:	45.500*	2.100:	40:	:	20°75	18/8:	:	:	:	:	22°65
25/6:	26.000*	3.000:	50:	:	20°80	19/8:	:	:	:	:	22°75
26/6:	:	:	:	:	20°40	20/8:	:	:	:	:	22°50
27/6:	:	:	:	:	20°30	21/8:	:	:	:	:	22°
28/6:	15.300:	12.870:	2.500:	75:	20°25	22/8:	:	:	:	:	21°
29/6:	36.000:	4.000:	750:	:	20°80	23/8:	:	:	:	:	21°50
30/6:	:	:	:	:	21°30	24/8:	:	:	:	:	21°50
					25/8:						21°65
1/7:	18.000:	900:	2.300:	600:	21°55	26/8:	:	:	:	:	21°30
2/7:	8.300:	80:	300:	60:	21°55	27/8:	:	:	:	:	20°90
3/7:	:	:	:	:	21°80	28/8:	:	:	:	:	21°15
4/7:	:	:	:	:	21°25	29/8:	:	:	:	:	21°25
5/7:	7.700:	800:	400:	1.500:	21°80	30/8:	:	:	:	:	21°35
6/7:	53.000:	1.100:	110:	370:	21°95	31/8:	:	:	:	:	21°10
7/7:	:	:	:	:	22°95	:	:	:	:	:	:
8/7:	175.000:	1.700:	2.700:	1.400:	23°50	:	:	:	:	:	:
9/7:	407.000:	740:	460:	150:	23°75	:	:	:	:	:	:
10/7:	:	:	:	:	23°85	:	:	:	:	:	:
11/7:	:	:	:	:	23°90	:	:	:	:	:	:
12/7:	260.000:	8.800:	3.750:	1.500:	23°45	:	:	:	:	:	:
13/7:	215.000:	10.100:	800:	280:	23°50	:	:	:	:	:	:
14/7:	:	:	:	:	23°20	:	:	:	:	:	:
15/7:	25.700*	60.000:	30.000:	3.420:	23°	:	:	:	:	:	:
16/7:	12.000:	6.700:	1.300:	620:	23°40	:	:	:	:	:	:
17/7:	:	:	:	:	23°25	:	:	:	:	:	:
18/7:	:	:	:	:	23°25	:	:	:	:	:	:
19/7:	5.300:	4.200:	18.000:	7.500:	22°70	:	:	:	:	:	:
20/7:	6.740:	1.040:	1.500:	800:	22°75	:	:	:	:	:	:
21/7:	:	:	:	:	22°95	:	:	:	:	:	:
22/7:	20.000:	1.040:	6.650:	9.520:	22°70	:	:	:	:	:	:
23/7:	102.000:	440:	1.410:	1.330:	22°70	:	:	:	:	:	:
24/7:	:	:	:	:	22°55	:	:	:	:	:	:
25/7:	:	:	:	:	22°70	:	:	:	:	:	:
26/7:	35.000:	430:	1.500:	3.940:	22°80	:	:	:	:	:	:
27/7:	25.000:	675:	280:	700:	23°	:	:	:	:	:	:
28/7:	:	:	:	:	23°	:	:	:	:	:	:
29/7:	4.700:	4.300:	370:	730:	22°40	:	:	:	:	:	:
30/7:	2.500:	2.400:	100:	180:	22°	:	:	:	:	:	:
31/7:	:	:	:	:	22°05	:	:	:	:	:	:

P : larves véligères petites
 E : larves véligères évoluées
 M : larves véligères moyennes
 G : larves véligères grosses