

ALIMENTATION ET CROISSANCE DE BIVALVES FILTREURS

EN BASSIN AMENAGE

par

A. RIVA * et P. LELONG *

* Fondation scientifique Ricard - Observatoire de la mer
Ile des Embiez - Le Brus. 83140 SIX FOURS LES PLAGES.

R E S U M E

La lagune du Brus située sur la côte méditerranéenne (Var-France) est soumise à des conditions écologiques et climatiques particulières. La pauvreté de l'ensemble des eaux de la lagune en sels minéraux dissous et par conséquent, en phytoplancton, se traduit par des taux assez faibles de pigments photosynthétiques (chl. a correspondant à une moyenne annuelle de $0,42 \text{ mg.m}^{-3}$).

Les premiers essais d'élevage ont été entrepris sur Cerastoderma glaucum et Venerupis semidecussata : espèces implantées sur le milieu lagunaire et en parallèle, dans un bassin creusé, à proximité, dans d'anciens salins. Dans le bassin aménagé, soumis aux conditions climatiques naturelles, les deux espèces ont eu une bonne croissance. Elle apparaît meilleure que dans la lagune où les variations du milieu sont pourtant moins marquées.

La biomasse phytoplanctonique est très importante dans le milieu relativement fermé que constitue ce bassin. Le taux de chl. a atteint 20 mg.m^{-3} en hiver, mais devient toutefois très faible en été avec $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$. Ce paramètre, associé à des conditions hydrologiques estivales très dures (T° ; S ‰), a imposé l'arrêt de l'élevage dans le bassin.

De nouvelles installations ont permis, par la suite, d'enrichir l'eau oligotrophe de la lagune alimentant les bassins d'élevage, par addition de sels nutritifs sous forme d'engrais. Le taux moyen de chlorophylle a obtenu sur une période de 6 mois était de 17 mg.m^{-3} avec un maximum de 71 mg.m^{-3} .

Lorsque Venerupis semidecussata était placé en contact permanent avec cette production planctonique continue, les taux de croissance pondérale, rapportés au mois, ont atteint des valeurs comprises entre 40 et 150 %. Dans un nouveau bassin où la production primaire du système artificiel est diluée ainsi qu'en milieu lagunaire, la croissance des bivalves était, par contre, pratiquement nulle. La densité des individus en culture semble également jouer un rôle très important sur la croissance.

M O T S - C L E S : Lagune méditerranéenne, Production primaire, bivalves, croissance.

K E Y W O R D S : Mediterranean Lagoon, primary production, bivalves, growth.

A B S T R A C T

The lagoon of Brusç located on the Mediterranean coast (Var-France) is subjected to climatic and hydrologic particular conditions. The low values observed for nutrient into the sea water affect the evolution of phytoplankton. Thus chlorophyll concentration measured in the lagoon give an annual average of 0.42 mg. m^{-3} .

The growth of two bivalves species : Cerastoderma glaucum and Venerupis semidecussata was compared between two stations where one population of each species are implanted. The culture of this molluscs is made in the lagoon and in outdoor pound dug on the old salt-pan near at hand. In the pound, subjected to natural climatic conditions, a great growth is noted for this two species. The growth rate appear better than the populations of the lagoon.

In the closed pound, the phytoplankton biomass is more important, and chlorophyll concentration measurements varied from 20 mg. m^{-3} in winter to 0.5 mg. m^{-3} in summer. This parameter, associated with the hight temperature and salinity during the summer, has stopped the culture of bivalves in the pound.

News installations have permitted to enrich the oligotroph lagoon sea water, by a continuous addition of nutrient like chemical fertilizer. The average rate of chlorophyll gives on period of six months 17 mg. m^{-3} , with a maximum value at 71 mg. m^{-3} .

When Venerupis semidecussata was stocked in permanent water flow from the outdoor continuous culture, the weight growth rates according to period of 30 days have reached values between 40 and 150 %. In a new pound where the primary production of artificial system is diluted and in the lagoon, the growth rate of bivalves was near zero. The population density in culture are also important for the growth.

INTRODUCTION

De tous temps, les étangs littoraux et les lagunes ont constitué des lieux propices à la mise en place de culture d'animaux marins, tels que les coquillages. La lagune du Brusç, située au sud-ouest de Toulon, délimitée par quatre îles appartenant à l'archipel des Embiez, échappe à la règle du fait de sa faible profondeur. Elle représente cependant un plan d'eau susceptible d'alimenter, par pompage, des bassins expérimentaux destinés à l'élevage de mollusques bivalves.

De nombreuses études écologiques, biocoenotiques (R. MOLINIER, 1961 - F. DEGUEN et R. MOLINIER, 1961 - M. DUFOUR et R. MOLINIER, 1961 - M. LEDOYER, 1962), microbiologiques (R. BAULAIGUE, 1969) et hydrologiques (PELLEGRINI et PELLEGRINI, 1969 et 1970) ont été réalisées dans ce milieu mais aucune étude n'a été, jusque là, effectuée sur la production primaire et son éventuelle utilisation par des animaux herbivores. Les premiers travaux entrepris par

RIVA, 1976 - LELONG et RIVA, 1976 - LELONG, 1977 ont permis de montrer le caractère oligotrophes des eaux lagunaires. La quantité et la diversité du phytoplancton dépendent des modifications qui affectent les caractéristiques de l'eau et par voie de conséquence, sont déterminantes pour la croissance des mollusques filtreurs. Les premiers résultats obtenus sur les coquillages, en 1976, n'ont pas été très satisfaisants.

Dans le but d'améliorer la production primaire, a été envisagé un enrichissement de l'eau de mer circulant à faible débit (variable suivant les saisons), à travers un bassin en béton d'une capacité de 35 m³. L'utilisation d'effluents domestiques comme source éventuelle d'éléments nutritifs, suivant le système d'aquaculture élaboré par RYTHER et al. (1975), a posé de nombreux problèmes : transport, qualité de l'effluent, le plus important étant, sans aucun doute, la possibilité d'accumulation dans les coquillages, de bactéries pathogènes humaines apportées au milieu par l'effluent. Les engrais agricoles (nitrate d'ammoniac : 33,5 % d'azote et superphosphate de chaux 18 %) ont donc été choisis. L'enrichissement est réalisé à partir d'un bac contenant la solution d'engrais. Les concentrations des engrais ont été calculées en fonction des volumes, débits, et de la concentration finale désirée dans le bassin :

. pour la période du 24.10.1977 au 23.03.1978 :

100 μ atg. L⁻¹ N

6.25 μ atg. L⁻¹ P

16 N/P

. pour la période du 30.03.1978 au 12.06.1978 :

30 μ atg. L⁻¹ N

2 μ atg. L⁻¹ P

16 N/P

1. MATERIEL ET METHODES

Mesures physiques, chimiques et biologiques

. Les facteurs climatiques : températures, précipitations, ensoleillement, sont donnés par la station météorologique de Toulon.

. Les facteurs hydrologiques : la température est mesurée par un thermomètre à mercure au ½ degré celsius. La salinité est obtenue par la méthode de Mohr; l'oxygène dissous est mesuré par un oxymètre portable, Y.S.I. modèle 57 (étalonné par rapport à l'air), le Ph à l'aide d'un appareil portatif.

. Les sels minéraux : phosphates, nitrates, nitrites, silicates. D'octobre 1975 à septembre 1976, selon les méthodes proposées par STRICKLAND et PARSONS (1972). De novembre 1977 à juin 1978, selon les méthodes d'analyse automatique sur chaîne technicon (étude séparée et effectuée par la station zoologique de Villefranche sur mer).

. Le phytoplancton : son évolution est suivie par deux méthodes :

Analyse spectrophotométrique (sur Beckman Mod. 26) de la concentration en chlorophylle a. La méthode utilisée est basée sur celles de RICHARDS et THOMPSON (1952), CREITZ et RICHARDS (1955). Le calcul des concentrations pigmentaires est fait suivant la méthode préconisée par le groupe de travail du SCOR-UNESCO (anonyme, 1966).

Analyse quantitative et qualitative des différentes espèces par la méthode de sédimentation d'UTERMÖHL (UTERMÖHL, 1958). Les échantillons fixés au lugol, de novembre 1977 à juin 1978, n'ont pu être examinés.

2. STATIONS D'ETUDES

Les stations sont représentées sur la figure 1 et les détails sur l'aménagement ont été donnés par A. RIVA et N. VICENTE (1978)

2.1. Premier essai Octobre 1975 - Juin 1976

Comparaison de la croissance des bivalves implantés dans la zone Ouest de la lagune (hauteur d'eau entre 0,30 et 0,60 m) et dans un bassin expérimental d'environ 150 m² et de profondeur moyenne égale à 0,80 m. L'eau du bassin n'est pas renouvelée, ou très peu. Les espèces concernées par cette étude ont été placées dans des conditions quelque peu différentes.

Dans le bassin, les animaux ont été maintenus en pleine eau grâce à des filets plastiques en forme de lanterne pyramidale (surface \approx 0,25 m²), accrochés sur des cordes tendues entre deux piquets de bois.

L'élevage en pleine eau dans la lagune n'étant pas possible, les juvéniles sont été placés dans des casiers en PVC ajourés (surface \approx 0,24 m²). Ceux-ci sont posés sur le fond constitué d'un herbier à cymodocées et maintenus à l'aide de poids. Par précaution, l'ensemble des casiers est recouvert d'un enclos grillagé, fait d'un cadre de bois, sur lequel est fixé un grillage plastique à mailles fines (2 mm).

2.2. Deuxième essai Octobre 1977 - Juin 1978

Un nouvel essai de grossissement du jeune naissain a été mené dans un second bassin (2) réalisé dans la partie E des salins (surface \approx 200 m² pour un volume \approx 150 m³). Le renouvellement de l'eau et le maintien du niveau sont assurés par pompage dans la lagune. En fonction des pertes de charge, le débit est situé aux environs de 5 m³/heure. Ce second bassin reçoit également la surverse d'un bassin à production phyto-planctonique en continu, dont le débit est réglé à 0,5 m³/heure, du 30.10.1977 au 23.03.1978 (période d'hiver) et à 1 m³/heure, du 30.03.1978 au 12.06.1978 (période printanière). Ainsi, il y a dilution de la production primaire par apport d'eau de la lagune. Le naissain est placé dans des casiers ajourés (\approx 0,18 m²) et fermés par un couvercle afin d'éviter la croissance des algues filamenteuses épiphytes.

Emplacements des zones d'élevage

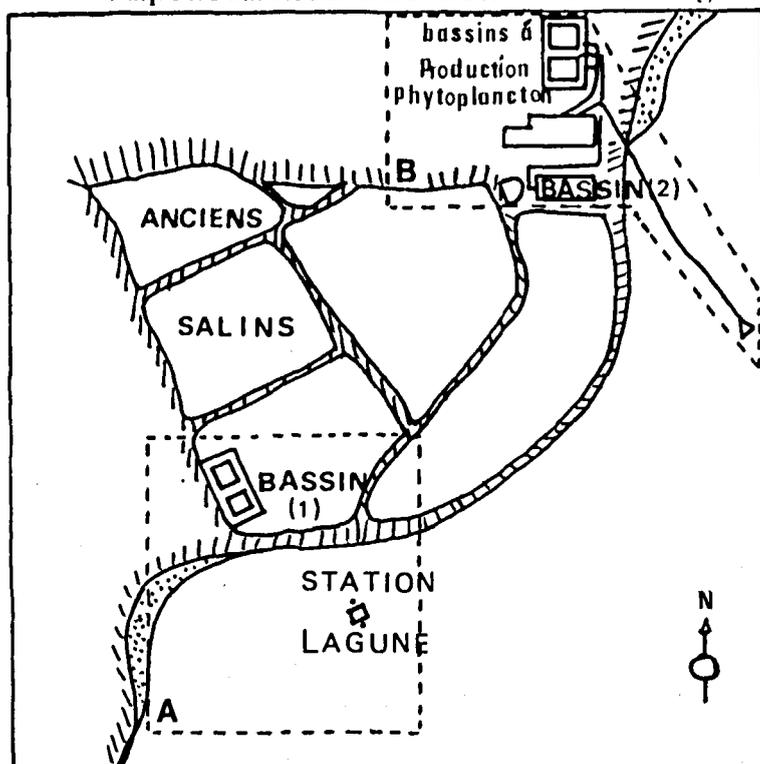


FIGURE 1 A - 1^{er} essai
B - 2^e essai

3. ANIMAUX D'EXPERIENCES.

En octobre 1975, les espèces Crassostrea gigas et Mercenaria mercenaria ont été implantées dans le milieu naturel. La forte mortalité constatée en deux mois n'a pas permis de continuer l'étude de ces mollusques bivalves. Les essais ont donc été effectués essentiellement, sur Cerastoderma glaucum, récolté localement et Venerupis semidecussata, fourni par l'écloserie de la SATMAR, (50760) BARFLEUR. Ces espèces sont particulièrement résistantes aux conditions du milieu et considérées comme très euryhalines et eurythermes.

3.1. D'octobre 1975 à Juin 1976

L'étude de la croissance de ces deux espèces a porté sur des lots d'individus de densité relativement faible.

Dans le premier bassin, ont été placés dans les filets suspendus, trois populations de Venerupis semidecussata de densité différente (500, 1000 et 2000 individus; taille moyenne 7,6 mm) et une population de Cerastoderma glaucum (298 individus de taille moyenne 17,5 mm).

Pour la station lagune, la population de chaque espèce est respectivement de 2000 (7,6 mm) et de 198 individus (14,8 mm).

3.2. D'octobre 1977 à juin 1978

Dans le bassin (2), seule l'espèce Venerupis semidecussata a été étudiée.

La répartition en différents lots s'est effectuée après pesée par rapport au poids de 500 individus.

Quatre casiers comportant $\approx 10^4$ individus (taille moyenne 6,9 mm), ont été placés en deux zones distinctes :

- trois à l'entrée du bassin (deux en surélevé et un sur le fond);
- un à la sortie du bassin.

Un lot témoin de $5 \cdot 10^3$ individus a également été placé dans la lagune, à proximité du lieu de pompage.

A partir du mois de février, les lots situés à même le fond du bassin ont dû être abandonnés : forte mortalité, sédiment présentant un aspect noirâtre, très réducteur.

Deux périodes ont été distinguées. Des variations importantes du niveau de l'eau dans la lagune et la constatation d'un faible grossissement dans le bassin, ont obligé à placer le lot lagune et un des lots bassin (2) dans un bac recevant uniquement la production phytoplanctonique. Celui-ci, alimenté par le fond, se déverse dans le bassin (2).

De la fin Décembre au début du mois de Juin, un petit lot d'individus a été placé, de façon permanente, en contact direct avec la production phytoplanctonique.

4. ECHANTILLONNAGE ET ETUDE DE LA CROISSANCE.

Au moment de chaque prélèvement, les animaux sont rassemblés au centre des filets ou des paniers. Un prélèvement est effectué au hasard, comportant individus vivants et morts. Lors des premiers essais, la mortalité (nombre de coquilles vides/nombre total de coquilles x 100) est calculée et la croissance linéaire (Lm en mm) est mesurée (μ mètre oculaire et pied à coulisse) sur un échantillon d'au moins 100 coquillages. Les croissances pondérales sont exprimées en mg; les poids secs (WSm) à 100°C, les poids frais (WFm) et les poids de la coquille (WCm) sont faits sur des échantillons de 30 à 60 individus. Pour Cerastoderma glaucum, un indice de condition, Ci (poids sec/poids de valves x 100) a été calculé.

Lors des essais suivants, 500 individus de Venerupis semi-decussata ont été séchés et pesés (W en gr.) et la longueur (Lm) (mesure antero-postérieure) a été relevée sur au moins 200 individus. La mortalité est calculée sur plus de 500 individus, en pourcentage, de la même façon que précédemment. Un taux de croissance (G 30) est déterminé en période (2) et correspond au pourcentage d'augmentation du poids total, ramené à une unité de temps de 30 jours.

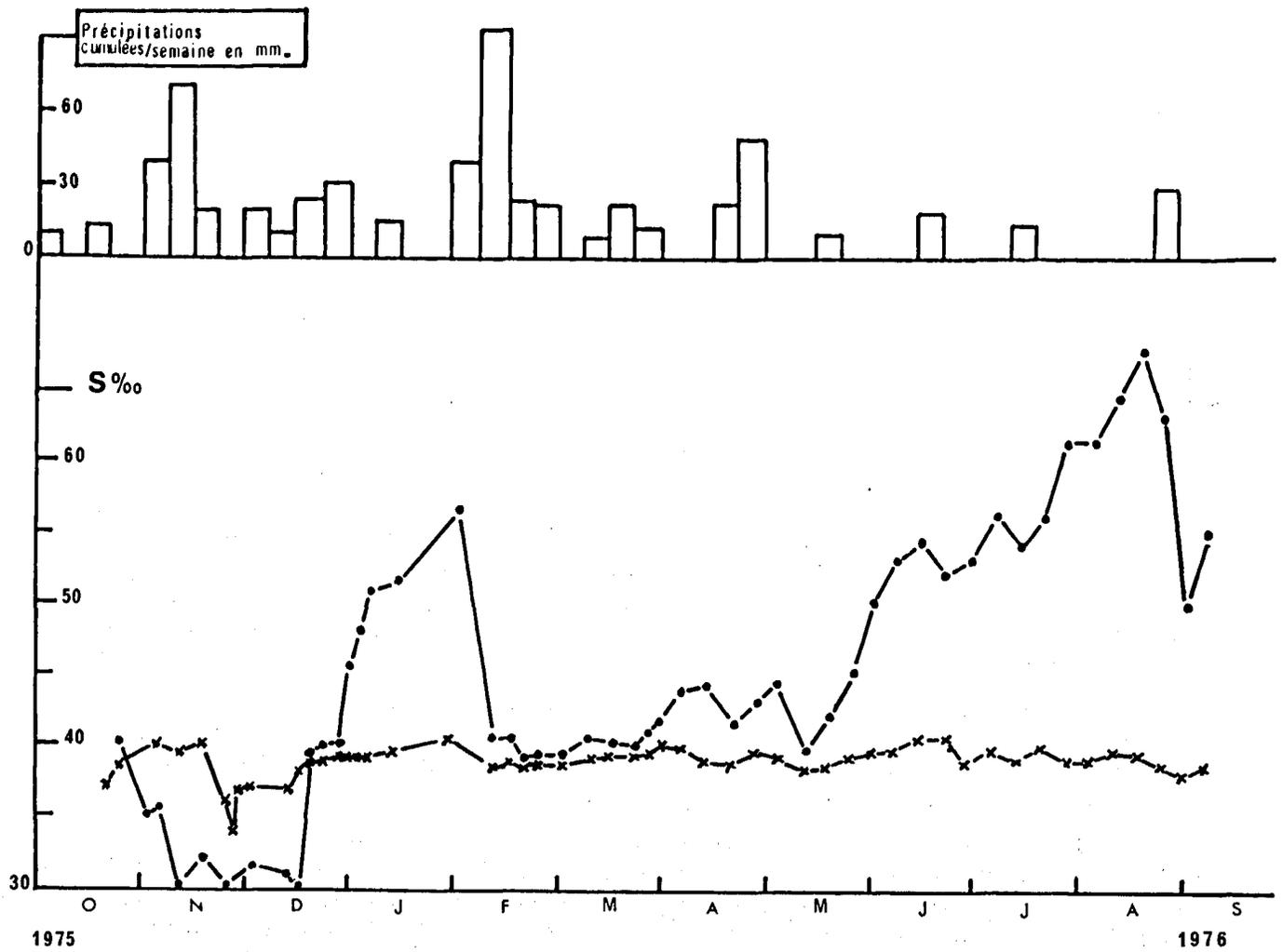
5. RESULTATS ET DISCUSSION

ANNEE 1975-1976

- Evolution annuelle du milieu naturel (Lagune) (Fig. 2 et 3)

En milieu lagunaire, plus qu'en milieu exclusivement marin, les eaux peu profondes vont être soumises aux fluctuations des conditions atmosphériques. L'influence de ces conditions est d'autant plus sensible que l'épaisseur de la tranche d'eau et

SALINITE ET TEMPERATURES



x — x LAGUNE

• — • BASSIN

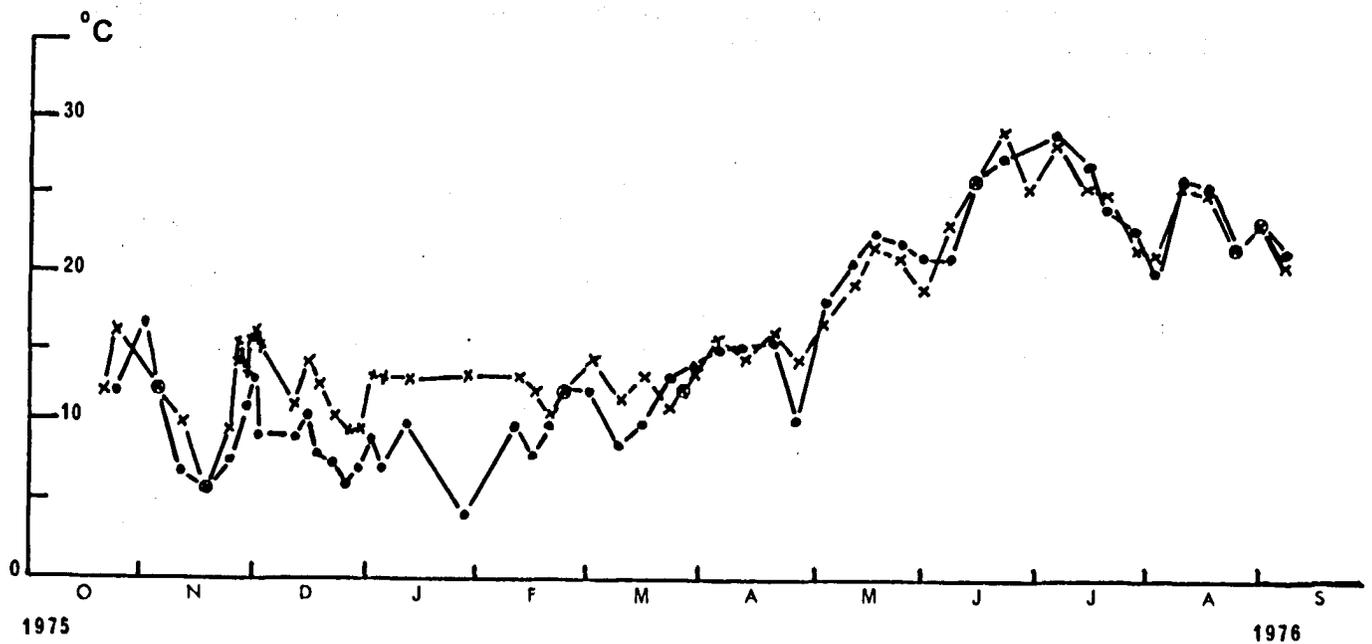


FIGURE 2

son volume sont moins importants. La faible hauteur de l'eau dans la lagune du Brusca va permettre une action prépondérante de ces facteurs, comme l'ont montré certains auteurs : VACELET (1969), CHRETIENNOT (1971) dans les flaques supralittorales; GUERLOGUET et MICHEL (1976) pour les milieux lagunaires.

Les Paramètres du milieu :

=====

. La température de l'eau présente une corrélation hautement significative ($r = 0.90$, $n = 48$) avec la température extérieure. La température maximale observée est de 29°C et la minimale de 5°C . L'écart annuel de 23.5°C est évidemment inférieur à l'écart maximal de la température extérieure (35°C).

Il n'y a pas d'autre corrélation significative des variations de température (ΔT) avec les facteurs climatiques comme les vents dominants (Mistral et vent d'Est). L'action de ces derniers, sporadique et masquée à long terme, est cependant indéniable.

Le régime des courants, dans la lagune, permet un renouvellement rapide de l'eau qui a déjà subi l'influence des conditions atmosphériques.

. La salinité subit des variations d'amplitude plus fortes qu'en mer, les mesures variant de 37 ‰ à 40.8 ‰. Ces variations dépendent essentiellement du régime des courants et des vents, liés aux précipitations.

. Les sels minéraux ont des teneurs très faibles : $0.07 \mu\text{atg.L}^{-1}$ N- NO_2 , $0,86 \mu\text{atg.L}^{-1}$ N- NO_3 , $0.14 \mu\text{atg.L}^{-1}$ P- PO_4 en moyenne. Pour les silicates, on observe un maximum au mois d'août avec $45 \mu\text{atg.L}^{-1}$ Si- SiO_3 . Les valeurs les plus basses se situent au printemps. Il existe une corrélation positive, ($r = 0.35$, $n = 41$) avec la température de l'eau. Lorsque la lagune se réchauffe, la teneur en silicate augmente.

La pauvreté en sels minéraux peut s'expliquer par la très grande densité de phanérogames marines (Posidonies, Zostères et Cymodocées) et des algues benthiques qui peuplent la lagune. L'échange d'éléments nutritifs entre le sédiment et l'eau ainsi que l'apport extérieur est très réduit.

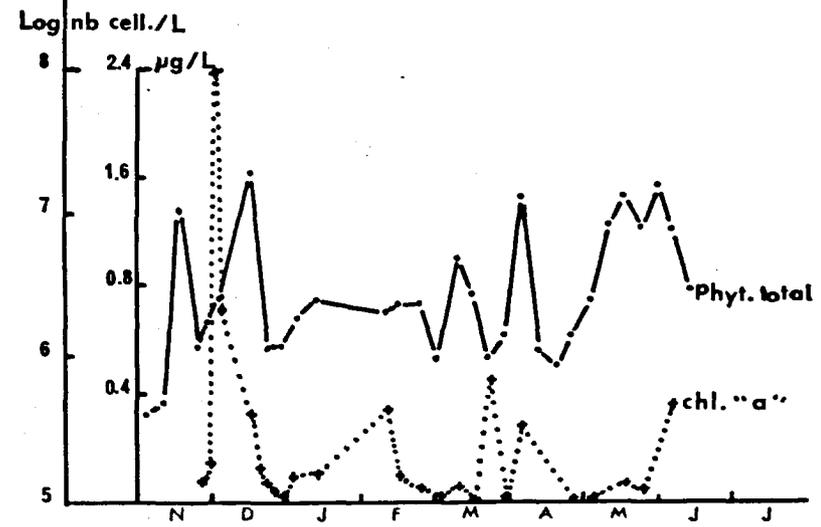
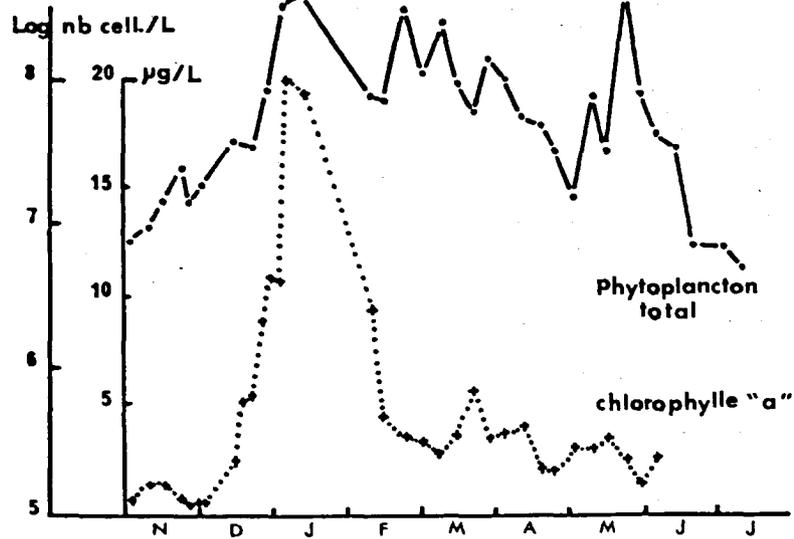
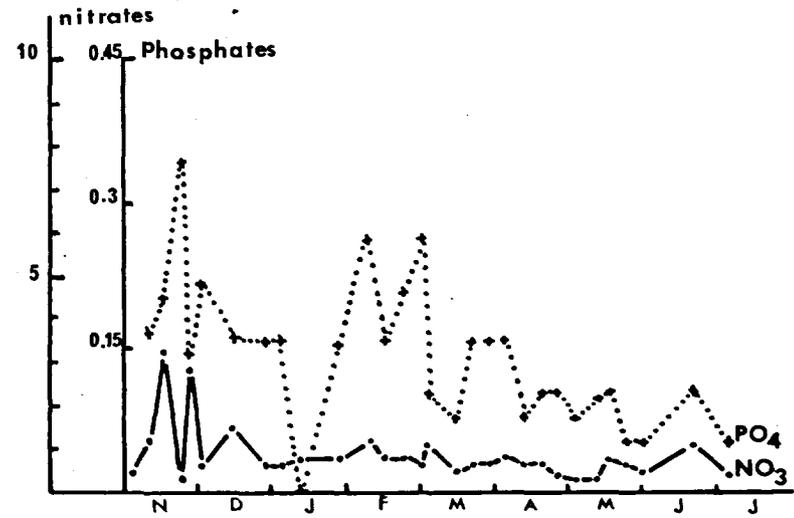
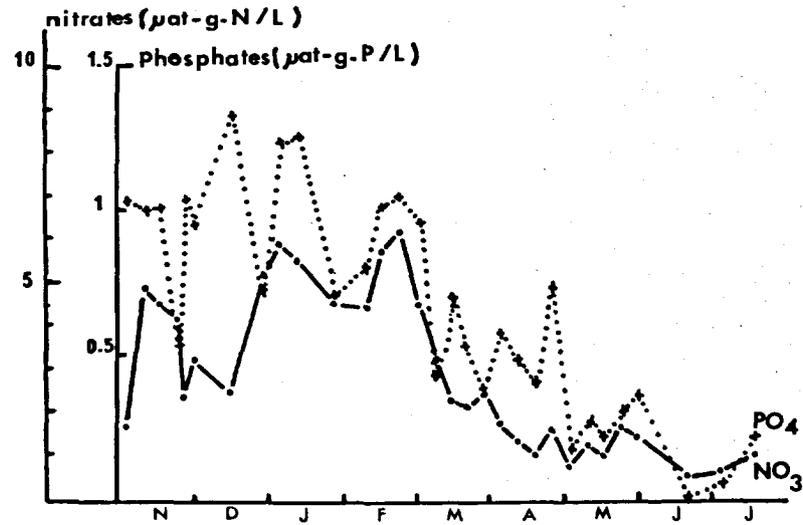
L'évolution du phytoplancton total :

=====

Elle présente de fortes variations au cours de l'année. Les variations les plus fortes sont atteintes pendant la période automnale de septembre à décembre, avec un maximum de $3 \text{ mm}^3/\text{L}$ pour 22.10^6 cellules/L. Après le minimum du mois de Janvier ($35.10^{-3} \text{ mm}^3/\text{L}$ pour $1,1.10^6$ cellules/L.) les valeurs augmentent progressivement jusqu'au " bloom " automnal, lié vraisemblablement au cycle saisonnier des herbiers de phanérogames marines, la chute des feuilles apportant de la matière organique au milieu.

La biomasse phytoplanctonique est constituée essentiellement des trois groupes : nanoplancton, diatomées, dinoflagellés. Le nanoplancton, composé en grande partie, de petits flagellés, de taille généralement inférieure à $5 \mu\text{m}$, montre une nette dominance par rapport aux diatomées (essentiellement de type benthique) et aux dinoflagellés. Ces derniers ne représentent qu'une faible part du phytoplancton, excepté pendant le mois de juillet, mois le plus chaud, où les petites formes occupent la place libérée par les diatomées. Comme pour les sels minéraux, les variations et les

FIGURE 3

BASSINLAGUNE

SELS MINERAUX

PHYTOPLANKTON

évolutions des différentes espèces sont irrégulières et très brusques. Les mouvements des masses d'eau, courants liés aux vents et, en particulier, les phénomènes de marée, en sont probablement la cause.

L'évolution des taux de chlorophylle a est marquée par des valeurs assez faibles. La plus forte valeur mesurée est de $4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ pour une moyenne annuelle de $0.42 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. D'après LELONG (1977), la courbe générale présente des variations parallèles à celles du phytoplancton total et des trois groupes d'organismes. Le nanoplancton, abondant toute l'année, fournit une grande partie de la chlorophylle a dosée.

Evolution du premier bassin aménagé (zone W des salines)

Ce milieu relativement fermé, est plus influencé que celui de la lagune par les variations climatiques.

Les Paramètres du milieu : =====

. La température suit assez fidèlement la température extérieure. Les variations annuelles présentent une corrélation très significative ($r = 0.93$, $n = 48$). L'eau du bassin atteint son minimum fin Janvier avec 4°C et son maximum, fin juillet avec 29°C . L'écart maximal annuel (25°C) est légèrement supérieur à celui de la lagune. Le refroidissement de l'eau, sous l'action du mistral, est significatif ($r = 0.32$, $n = 47$).

. La salinité va subir des variations importantes puisqu'il n'y a pas d'apport d'eau du large. Les valeurs enregistrées vont de 30 ‰ à 68 ‰ en fonction des facteurs température, vents et précipitations. C'est la balance entre ces facteurs qui conditionne la salinité de l'eau du bassin.

. Les sels minéraux ont des teneurs beaucoup plus élevées qu'en milieu lagunaire. Les plus fortes valeurs sont observées en hiver : $1.28 \mu \text{atg} \cdot \text{L}^{-1} \text{N-NO}_2$, $6.1 \mu \text{atg} \cdot \text{L}^{-1} \text{N-NO}_3$ et $1.32 \mu \text{atg} \cdot \text{L}^{-1} \text{P-PO}_4$. Les plus basses valeurs sont enregistrées au printemps et en été. Il n'y a aucune corrélation entre l'évolution des sels nutritifs dans la lagune et dans le bassin.

La Biomasse totale du Phytoplancton : =====

Elle approche en janvier, de la valeur de $36 \text{ mm}^3/\text{L}$, pour une population de $320 \cdot 10^6$ cellules végétales. Après ce maximum, une baisse graduelle est enregistrée jusqu'en juin avec 1 et $2 \text{ mm}^3/\text{L}$.

La biomasse se répartit surtout entre les dinoflagellés et le nanoplancton. La participation à la biomasse des diatomées reste négligeable sur une grande partie de l'année.

La courbe des variations de la concentration en chlorophylle a montre une augmentation très rapide jusqu'au début du mois de janvier ($20 \mu \text{g}/\text{L}$), puis une baisse, jusqu'à 0.2 et $0.5 \mu \text{g}/\text{L}$. A titre d'information, les principales espèces observées dans le milieu sont reportées dans la figure 4.

	LAGUNE	BASSIN
Nanoplancton 5µm	88 000 000	520 000 000
5-10µm	930 000	86 000 000
10µm	32 500	2 250 000
Rhodomonas pusilla ?	610 000	800 000
Coccolithophoride 1	35 400	44 700 000
" " 2	-	5 000 000
<u>Diatomées</u>		
Amphora hyalina	4 400	258 000
A. ostrearia	1 220	+
A. spp.	75 000	1 200 000
Chaetoceros spp.	93 500	103 000
Cocconeis quarnerensis	255 000	90 000
Coscinodiscus sp.	-	8 400
Cyclophora tenuis	320	+
Fragilaria spp.	62 000	122 000
Grammatophora spp.	7 100	16 800
Leptocylindrus danicus	660	-
Licmophora spp.	51 000	+
Navicula hyalina	580	-
Navicula spp.	864 000	3 900 000
Nitzschia closterium	122 000	780 000
N. longissima	30 000	16 800
N. seriata	6 100	36 200
Pleurosigma spp.	5 500	440
Raphoneis spp.	320	-
Rhabdonema musculus	75 000	+
Rhizosolenia spp.	160	-
Skeletonema costatum	7 160	-
Striatella unipunctata	500	-
Thalassionema nitzschioides	23 000	13 000
Thalassiosira hyalina	710	+
<u>Dinoflagellés</u>		
Amphidinium spp.	+	85 000
Diplopsalis orbicularis	+	63 000
Dinothrix paradoxa ?	-	+
Gymnodinium spp.	125 000	1 500 000
Oxyrrhis marina	162 000	760 000
Peridinium spp.	9 700	35 000
Prorocentrum lima	2 500	3 940
P. micans	800	5 900

Maxima des principaux organismes phytoplanctoniques rencontrés dans les deux milieux. (nombre de cellules/L)

FIGURE 4

- Croissance des espèces implantées (Tableau 1)

En milieu lagunaire, les deux espèces de bivalves vont avoir un comportement assez semblable. La mortalité augmente régulièrement jusqu'à 31 % chez Venerupis semidecussata et atteint 100 % chez Cerastoderma glaucum en mai-juin. Les croissances linéaires ne sont significatives qu'entre Mars et Avril pour la première espèce et Janvier-Février pour la seconde. Les valeurs restent stables pour les deux espèces.

Les lots placés dans le bassin présentent une très faible mortalité pendant la période étudiée. Par la suite (en juillet-août), les espèces n'ont pas résisté à la salinité croissante et à l'élévation de la température.

Chez Venerupis semidecussata la croissance linéaire est significative pour tous les prélèvements, sauf en Janvier-Février où les conditions hydrologiques étaient rigoureuses (4°C et 56 ‰) l'évolution a été semblable pour chacun des trois lots de densité inégale (500 - 1000 - 2000).

Chez Cerastoderma glaucum, la croissance ne marque pas d'arrêt et est significative à tous les prélèvements. L'indice de condition est maximum en Février et correspond à la maturation des gonades qui a conduit à l'ensemencement de la totalité des salins.

D'une manière générale, le développement des populations placées dans le bassin, est bien meilleur, comparé à l'évolution qu'ont suivi les populations de la lagune.

Les deux espèces supportent bien les grands écarts de température et de salinité à condition que la nourriture disponible soit suffisamment importante.

ANNEE 1977-1978

- Bassin d'élevage relié à un système de Production phytoplanc-
tonique : Bassin (2) - Zone E des salins.

Ce bassin alimenté par l'eau de la lagune va subir, pour une grande part, les variations de cette dernière.

Les paramètres du milieu :
=====

. La température du bassin pendant l'élevage a oscillé entre 8°C et 24°C. Il existe un léger décalage de quelques dixièmes de degré avec la température de l'eau pompée qui alimente le bassin. Il y a peu de variation entre l'eau d'entrée et l'eau de sortie. Les températures les plus basses sont observées au mois de Février, mois le plus froid de l'année.

. La salinité subit quelques variations de 35.2 ‰ à 38.2 ‰, identiques à celles de la lagune.

. La concentration en oxygène varie entre 5.70 et 9.00 ppm (mg/L) Elle descend rarement en dessous du 100 % de saturation.

. Le pH est situé entre 7.75 et 8.35.

. Les sels minéraux ont été dosés dans le bassin pour vérifier si la quantité rejetée par le système d'enrichissement n'était pas trop élevée.

TABLEAU 1 Croissance de *Cerastoderma glaucum* et *Venerupis semidecussata* (bassin saline 1 et lagune) pendant la période décembre 1975-Juin 1976. WHm, moyenne du poids humide des parties molles; WSm, moyenne du poids sec de la matière coquillière; Ci, index de condition par rapport à la coquille; Lm, moyenne de la mesure antéro-postérieure; σ , écart-type de l'échantillon; M(%), mortalité en pourcentage. Les valeurs initiales de *C. glaucum* (21.12.1975) de WHm, WSm, Wcm, Ci, Lm, σ pour le bassin étaient respectivement 274.9 mg, 50.4 mg, 411.1 mg, 67, 17.54 mm, 0.83. Les valeurs correspondantes pour la lagune étaient 140.7 mg, 27.1 mg, 260 mg, 10, 14.79 mm, 1.76. Les valeurs initiales de *V. semidecussata* (16.12.1975) de WHm, WSm, Wcm, Lm, σ , pour les deux lots issus d'une même population étaient respectivement 9.7 mg, 2.3 mg, 33.7 mg, 7.58 mm, 0.94. (WSm, moyenne du poids sec des parties molles).

La différence de croissance entre les lots lagune et bassin est significative. N indique la densité des individus au départ.

DATE	WHm	WSm	Wcm	Ci	Lm	$\pm \sigma$	M		WHm	WSm	Wcm	Ci	Lm	$\pm \sigma$	M	
	MG	MG	MG		MM		%		MG	MG	MG		MM		%	
20.01.76	412.4	87.9	423.5	97	18.16	0.69	0.0	862 = N	137.8	26.3	254.8	10	14.95	1.37	0.8	862 = N
24.02.76	788.7	145.0	585.7	135	19.69	0.96	1.4		92.7	14.9	269.4	6	15.66	1.26	1.0	
4.04.76	704.1	134.1	832.4	85	21.45	1.10	1.8		120.4	20.7	255.7	8	15.43	2.14	1.2	
11.05.76	667.6	139.9	958.1	70	22.05	1.21	1.8		-	-	-	-	15.52	1.40	16.4	
7.06.76	-	-	-	-	22.81	1.49	0.0		-	-	-	-	-	-	100.0	
CERASTODERMA GLAUCUM								C. GLAUCUM								
BASSIN								LAGUNE								
VENERUPIS SEMIDECUSSATA								V. SEMIDECUSSATA								
15.01.76	15.3	3.9	53.4	-	7.91	1.14	1.2	2000 = N	11.1	2.8	53.3	-	7.70	0.95	0.0	2000 = N
24.02.76	17.3	4.0	52.5	-	7.99	1.13	1.7		11.3	3.0	49.8	-	7.66	0.97	1.1	
1.04.76	24.0	5.6	87.6	-	9.21	1.36	1.2		12.0	2.8	59.3	-	8.17	0.82	3.3	
5.05.76	33.4	8.1	105.2	-	9.69	1.68	3.1		9.7	2.2	59.9	-	8.12	1.23	14.5	
7.06.76	-	-	-	-	10.56	1.60	3.1		-	-	-	-	7.90	1.22	31.5	

Du 30.10.1977 au 23.03.1978, à l'entrée du bassin, les valeurs en nitrate étaient comprises entre $0.25 \mu\text{atg.L}^{-1}$ et $15.48 \mu\text{atg.L}^{-1}$ N. et les valeurs en phosphates, entre $0.05 \mu\text{atg.L}^{-1}$ et $0.94 \mu\text{atg.L}^{-1}$ P. A la sortie les valeurs de ces deux éléments étaient du même ordre, ce qui, comparativement aux teneurs relevées dans la lagune, est quand même très important.

Evolution du taux de Chlorophylle a :

=====

La production phytoplanctonique en grand volume a été interrompue du 23.03 au 30.03.1978 pour permettre le nettoyage du bassin et commencer une nouvelle étude. Les conditions d'expérimentation pendant ces deux phases, sont différentes. La figure 4 représente l'évolution du taux de chlorophylle a dans les divers points du système (lagune, bassin à production phytoplanctonique, bassin d'élevage : entrée et sortie).

. La lagune.

Elle a un taux de chlorophylle a inférieur à 1 mg.m^{-3} excepté en Février-Mars (4 mg.m^{-3}). Cette forte valeur correspond certainement aux dosages de pigments non dégradés provenant de débris végétaux mis en suspension par l'agitation de l'eau, fréquente à cette époque de l'année.

. Le Bassin à production d'algues.

=====

L'addition d'engrais entraîne immédiatement une augmentation du taux de chlorophylle qui passe rapidement de la valeur faible de la lagune, ($\approx 0.5 \text{ mg.m}^{-3}$) à plus de 15 mg.m^{-3} .

Le taux maximum n'est jamais maintenu, mais le système permet d'obtenir des valeurs supérieures à celles de la lagune.

Les concentrations en chlorophylle oscillent entre $3,45 \text{ mg.m}^{-3}$ et $71,11 \text{ mg.m}^{-3}$ dans la première phase et entre $2,69 \text{ mg.m}^{-3}$ et $45,71 \text{ mg.m}^{-3}$ dans la seconde phase, avec une moyenne sur l'ensemble des mesures de l'ordre de 17 mg.m^{-3} .

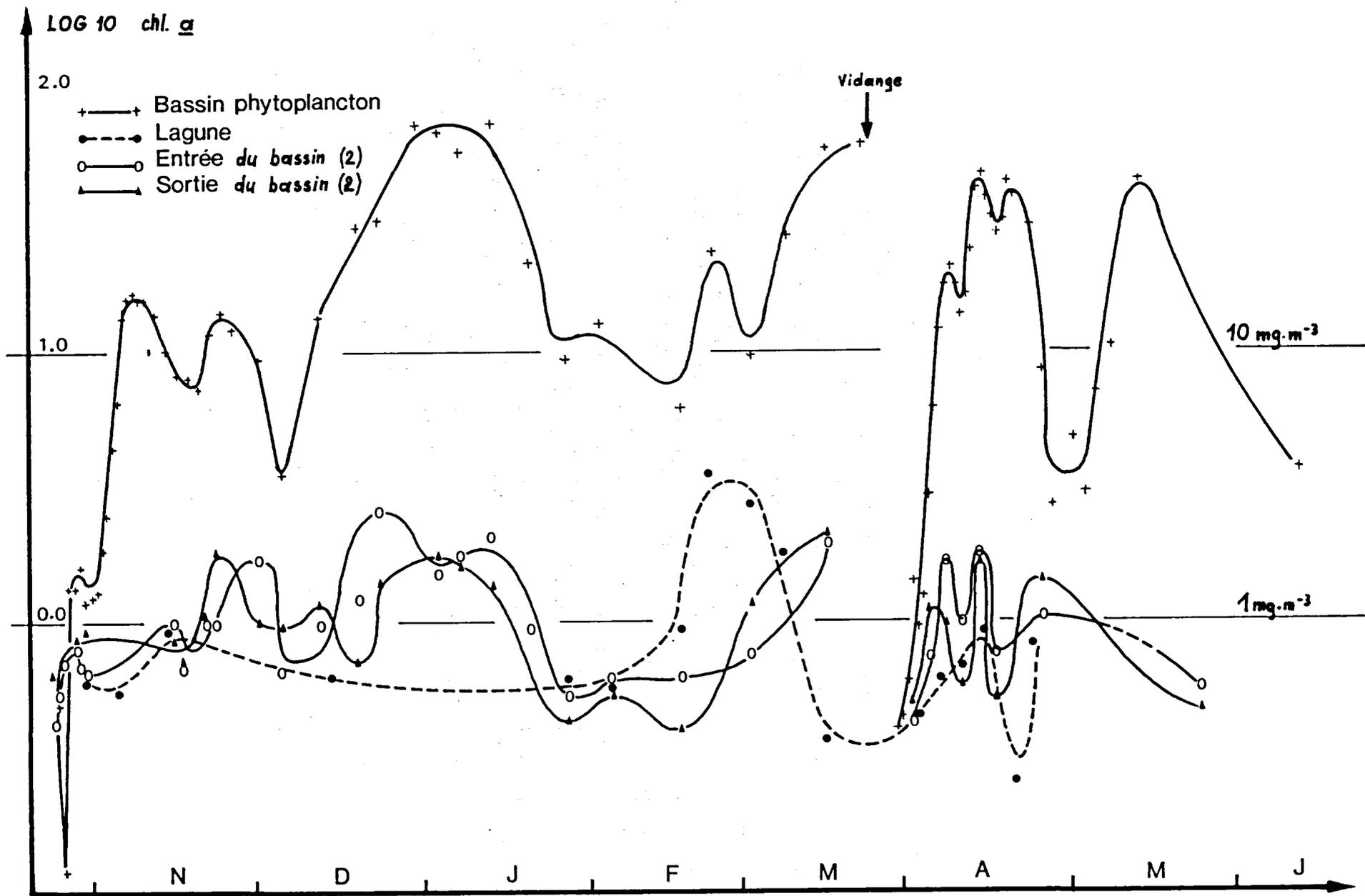
La quantité de chlorophylle peut être transformée en quantité de carbone organique ($\text{mgC} = F \times \text{mg chl. a}$) à l'aide d'un facteur de correction. Dans le cas présent, la valeur approchée de ce facteur a été déterminée à partir du carbone organique et varie entre 28 et 67 pendant la première phase de production planctonique.

HUGUES-GAMES (1977) estime qu'il est difficile d'apprécier la qualité alimentaire qui peut être utilisable par les mollusques bivalves à partir des mesures de la chlorophylle. De plus, la concentration en chlorophylle ne donne aucune indication sur les autres sources possibles de matière organique, comme bactéries et détritus qui ne sont pas à négliger dans un milieu eutrophisé artificiellement et où il y a des phénomènes bactériens considérables.

Par contre, si la concentration de la chlorophylle est reliée à celle de la matière organique sèche à l'aide d'une équivalence, (MARGALEFF et VIVES, 1967) 5.6 mg.m^{-3} environ de matière organique sont obtenus, matière utilisable par les herbivores, à la sortie de ce système à production fourragère.

Les principaux genres d'algues rencontrés au moment des fortes productions sont Skeletonema et Chaetoceros. Le pic de Janvier est surtout dû à des chlorophycés.

Figure 4 : Evolution du taux de chlorophylle



. Le Bassin (2).

=====

A la sortie et à l'entrée du bassin (2), l'évolution des taux de chlorophylle est marquée par les variations de la production phytoplanctonique. Les valeurs sont cependant beaucoup plus faibles, de l'ordre de 8 à 30 fois.

La courbe tracée à partir des taux mesurés à la sortie du bassin est moins importante et décalée par rapport à celle des taux mesurés à l'entrée (trajet à travers le bassin : dilution et broutage par les herbivores). Il apparaît qu'à certains moments, le bassin a sa propre production phytoplanctonique, production relativement faible.

Croissance de Venerupis semidecussata. (Tableau 2)

=====

. Croissance pondérale :

La production planctonique apparaît trop diluée dans le bassin d'élevage et la croissance des individus y est pratiquement nulle, (à peine 1 % de taux de croissance) sur une période d'environ 6 mois^{1/2}. Cependant, il existe dans le bassin des compétiteurs vis-à-vis des coquillages (Ascidies, Copépodes ...) et la circulation de l'eau à travers les casiers n'est peut-être pas idéale.

Il faut pourtant reconnaître que le nombre d'animaux, à densité certes faible, soumis au régime de la production primaire sans dilution, a eu des taux de croissance d'hiver de l'ordre de 50 % et un taux de 150 % en Avril qui peut être relié à la poussée de diatomées du genre *Chaetoceros*.

Dans le milieu naturel non enrichi, il n'y a pas eu de croissance d'hiver, alors que pour le lot alimenté uniquement par l'eau du bassin à production phytoplanctonique, des taux de croissance pondérale de 50 % ont été observés, la température avoisinant 8°C.

Début avril, (Période 2) les animaux des deux casiers placés directement dans un bac recevant la production primaire en continu ont montré des taux de croissance assez élevés alors que ceux des casiers restés dans le bassin n'ont pratiquement pas évolué. Le lot lagune (Lot I) d'une densité d'individus inférieure à 15 000 présente une croissance meilleure que celle du bassin (Lot II), d'une densité d'individus inférieure à 45 000. Ces densités ont été rapportées au m² et sont fonction de la mortalité constatée lors du changement de milieu d'élevage.

LUCAS (1977) a souligné de nombreux points dans l'élevage en nurserie, du naissain de Venerupis semidecussata, notamment que la faible densité d'individus et l'addition de nourriture en continu, améliore la croissance. Dans notre cas, l'optimal de densité est difficile à déterminer, d'autant plus que celui-ci varie avec l'âge des individus.

Si on considère uniquement l'élevage de coquillages, la quantité d'algues produite en continu peut donner une indication quant au nombre d'individus susceptible d'être alimenté par cette production. Ce qui amène une question importante : Combien d'organismes, le système d'enrichissement permet-il de nourrir convenablement ?

TABLEAU 2 Croissance de *Venerupis semidecussata* (bassin aménagé et lagune) pendant la période Octobre 1977-Juin 1978. W, poids humide total correspondant à 500 individus; W_m, poids unitaire; G₃₀, taux relatif de l'augmentation du poids calculé en unité de temps de 30 jours et en pourcentage; L_m, moyenne de la mesure antéro-postérieure; σ, écart-type de l'échantillon; N, nombre d'individus mesurés; E, étendue des mesures; M(%), mortalité en pourcentage. Les valeurs initiales (27.10.77) de W, W_m, L_m, σ, N, E_{min}, E_{max}, pour les lots I-II-III étaient respectivement 35.95 g, 71.9 mg, 6.9 mm, 0.7, 536, 5.6 mm, 9.4 mm. Le lot IV mis en suspension est alimenté uniquement par l'eau du bassin à production phytoplanctonique, pendant la période Décembre 1977-Juin 1978 (avec une interruption de 15 jours entre le 23.03 et le 8.04). Les valeurs initiales (24.12.77) sur l'ensemble du lot étaient respectivement 4.04 g, 72.14 mg, 7.50 mm, 0.97, 56, 6.20, 9.86 mm.

DATE	W _g	W _m mg	G ₃₀ %	L _m mm	+ σ	N	E		M %		W _g	W _m mg	G ₃₀ %	L _m mm	+ σ	N	E		M %	
							min	max									min	max		
Période 1 24.11.77 20.01.78 9.03.78	36.84	73.68	-	6.9	0.7	190	5.6	9.1	4.4	Lagune	37.14	74.28	-	7.0	0.7	199	5.7	9.1	4.6	Bassin 2
	35.86	71.72	-	6.9	0.7	215	5.6	8.8	19.7	Lagune	35.56	71.12	-	6.9	0.7	211	5.6	9.4	3.4	Bassin 2
	37.75	75.50	-	7.0	0.8	205	5.7	8.9	46.0	Lagune	36.75	73.50	-	6.9	0.7	215	5.7	9.4	17.3	Bassin 2
Période 2 8.04.78 10.05.78 12.06.78	37.56	75.12	-	7.0	0.8	200	5.7	8.6	44.0	Bac	37.00	74.00	-	7.0	0.8	203	5.7	9.2	18.0	Bac
	53.84	107.68	40.6	7.7	1.4	211	5.6	12.4	12.0	Bac	47.66	95.32	27.0	7.9	1.3	197	5.9	11.1	18.2	Bac
	137.50	275.00	141.3	11.9	2.9	210	5.7	18.4	5.4	Bac	83.30	166.60	68.0	8.4	3.0	203	5.7	18.3	16.4	Bac
LOT I (N = 5000)										LOT II (N = 10.000)										
LOT III (N = 10.000)										LOT IV (N = 56)										
24.11.77	36.04	72.08	-	6.9	0.7	200	5.6	9.5	2.2	Bassin 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.01.78	36.16	72.32	-	6.9	0.7	204	5.6	9.5	26.0	Bassin 2	6.88	122.86	55.5	8.1	1.1	56	6.2	10.8	-	B Pk
9.03.78	36.58	73.16	-	6.9	0.7	202	5.7	9.4	22.0	Bassin 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.03.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.80	246.43	51.1	10.5	1.4	56	7.9	13.4	-	B Pk
8.04.78	36.60	73.20	-	6.8	0.7	200	5.6	9.4	30.0	Bassin 2	18.40	328.57	52.6	11.7	1.5	56	8.6	14.5	-	B Pk
10.05.78	36.80	73.60	-	6.9	0.6	195	5.7	9.2	28.0	Bassin 2	48.33	863.04	152.5	16.1	1.9	56	12.2	20.4	-	B Pk
12.06.78	37.33	74.66	-	6.8	0.6	179	5.6	8.7	40.0	Bassin 2	72.00	1309.09	46.9	19.5	2.4	56	13.8	23.6	-	B Pk

Le bassin aménagé(2) reçoit un mélange d'eau lagunaire et d'eau de mer provenant du bassin à production phytoplanctonique dans un rapport qui varie de 1/10 à 1/16. Le bac reçoit uniquement la surverse du bassin à production phytoplanctonique.

Actuellement, le module d'étude est trop récent pour pouvoir donner une conclusion réaliste; on ne peut que constater une excellente croissance des individus soumis à la production phytoplanctonique artificielle comparée à la faible croissance en milieu naturel non enrichi.

. Croissance linéaire.

En deux mois $\frac{1}{2}$, la croissance linéaire est importante dans le lot I avec un ΔL moyen de 4.9 mm, comparativement à celle du lot II, dont le ΔL moyen est de 1.4 mm. Pour le petit lot (IV), sur environ 6 mois, le ΔL moyen est de 11.38 mm, alors qu'il n'était que de 3 mm sur 174 jours, lors des premiers essais en bassin fermé.

L'étendue des mesures indique qu'il existe dans les lots, des coquilles boudeuses. Le pourcentage de ces coquilles est assez élevé dans le lot II, ce qui entraîne des valeurs pondérales faibles et des longueurs moyennes plus petites. Il semble que lorsque des individus, préalablement placés dans des conditions défavorables sont remis dans des conditions favorables, la reprise de la croissance, soit quelquefois très lente.

. Mortalité.

Le pourcentage de mortalité du lot III placé dans le bassin, est en augmentation constante depuis le début de l'étude.

Le lot I du milieu lagunaire, a subi de nombreuses pertes (46%). Ce lot, remis dans de nouvelles conditions (période 2), montre une diminution du pourcentage de mortalité. Du fait de la croissance rapide de certains individus, la méthode d'échantillonnage devient plus sélective.

Le lot II présente le même phénomène mais le taux de mortalité reste stable (croissance moins rapide).

Les populations qui ont été installées dans des conditions de nutrition plus intéressantes ont donc vu leur mortalité stoppée.

CONCLUSION

En système non enrichi, seule l'espèce Cerastoderma glaucum, bien adaptée aux conditions du milieu, accuse une croissance qui n'est toutefois pas maximale.

Venerupis semidecussata, est pour sa part, beaucoup trop sensible aux écarts thermiques. Elle se comporte de façon beaucoup plus satisfaisante en milieu enrichi, mais reste toujours sensible à l'influence du facteur température.

La mise au point d'un système de capteur solaire pourrait permettre d'atténuer les trop grands écarts thermiques influençant la production des algues et la croissance des coquillages.

Après les essais entrepris en milieu naturel non enrichi pour amener des bivalves filtreurs à une croissance effective, les expériences menées en milieu enrichi font apparaître que le développement et la survie des espèces cultivées dans la zone choisie, ne sont réalisables qu'en présence d'un système de production phytoplanctonique.

En milieu extérieur, l'utilisation d'engrais pour obtenir une culture phytoplanctonique paraît plus rentable que l'application des procédés de culture algale généralement retenus en éclosérie et nurserie (milieu de Walne, 1966...).

La préparation du milieu est plus simple à réaliser et le prix de revient, en fonction des concentrations en sels nutritifs, est assez faible.

Il reste à déterminer si l'enrichissement effectué peut permettre l'amélioration d'une production secondaire sur une plus grande échelle.

Il serait nécessaire de préciser si la production algale obtenue apporte la valeur nutritive maximale pour la croissance des bivalves. Toutefois, il n'est pas certain qu'une fois ce point établi, le système soit adaptable indifféremment à toutes sortes de milieux (il est indispensable de tenir compte des espèces existantes).

D'autre part, le problème important, c'est celui de la quantité d'algues produites par m³ de milieu pouvant nourrir un certain contingent de filtreurs, en tenant compte du débit imposé qui se situe dans une fourchette de 0,5 à 1 m³ actuellement, pour obtenir une production algale correcte.

Deux problèmes restent enfin à résoudre au niveau de la culture phytoplanctonique : la régularité de la production et, si possible, l'élimination des compétiteurs vis-à-vis des sels nutritifs (phytobenthos).

Dans le système mis en place, la culture a l'avantage d'être plurispécifique. Elle permet la croissance d'algues unicellulaires existantes dans le milieu avec possibilité de sélection de souches particulières en fonction des saisons.

L'utilisation de blooms successifs d'algues et le repiquage des différentes souches représentant un gros travail, l'association à une nurserie d'une structure intégrant ce système pourrait être envisagée.

BIBLIOGRAPHIE.

- ANONYME (1966) - Determination of photosynthetic pigments (Report of Scor Unesco Mongr. Oceanogr. Methodol. 1 (determination of photosynthetic pigments in sea water) : 9 - 18.
- BAULAIGUE R., 1969 - Contribution à l'étude des interrelations existant entre les bactéries du cycle du soufre dans les sédiments d'un herbier de phanérogames marines (Cymodocées) de la lagune du Brusuc (Var). D.E.S. Microbiologie. Faculté des Sciences de Marseille.
- CHRETIENNOT M.J., 1971 - Etude systématique et évolution des populations nanoplanctoniques de flaques supralittorales de la région marseillaise. Thèse Doct. Océanogr., Aix-Marseille II : 118 pp., 48 pl.
- CREITZ G.I., RICHARDS F.A., 1955 - The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. 3. A note on the use of " millipore " membrane filters in the estimation of plankton pigments. J. mar. Res., 14 (3) : 211 - 216.

- DEGUEN F. et MOLINIER R., 1961 - Etudes écologiques et biocénologiques dans la baie du Brusc. Bull. Inst. Océanogr. Monaco Fasc. I n° 1197.
- DUFOUR M. et MOLINIER R., 1961 - Etudes écologiques et biocénologiques dans la baie du Brusc (Var). Fasc. 2 : Eléments de pédologie dans le port du Brusc. Bull. Inst. Océanogr. Monaco, n° 1199 - p. 1 -27.
- GUELORGUET D. et MICHEL P., 1976 - Recherches écologiques sur une lagune saumâtre méditerranéenne : l'Etang du Prévost (Hérault) I. Le milieu. Thèse Doct. Ecol., Univ. Sci. Techn. Languedoc : 95 pp.
- HUGUES-GAMES W.L., 1977 - Growing the Japanese oyster Crassostrea gigas in subtropical sea water fish ponds. I. growth rate, survival and quality index. Aquaculture, 11 : 217 - 229.
- LEDOYER M., 1962 - Etude de la faune vagile des herbiers superficiels de zostéracées et de quelques biotopes d'algues littorales. Thèse de 3ème cycle Rec. Trav. St. Mar. Endoume, 25 (39) : 117 - 235.
- LELONG P., 1977 - Etude comparée des populations microplanctoniques Bassins fermés et lagune du Brusc (Var). Thèse Doct. Océanog., Univ. Sci. Marseille II : 65 pp, 49 pl.
- LELONG P. et RIVA A., 1976 - Relations entre croissance de bivalves et phytoplancton en lagune et bassin fermé. Haliotis, vol. 7
- LUCAS A., 1977 - Culture of the manila clam Venerupis semidecussata (Reeve) from hatchery-reared spat. Actes de Colloques du C.N.E.X.O., 4 : 317 - 330.
- MARGALEF R. et VIVES F. - 1967 - La vida suspendida en las aguas. In Ecologia marina. Monografia n° 14, Fund. la salle de Ciencias Naturales, Caracas, 493 - 562.
- MOLINIER R., 1961 - Etudes écologiques et biocénologiques dans la baie du Brusc (Var). Généralités. But des recherches. Bull. Océanogr. Monaco, n° 1194, p. 1 - 8.
- PELLEGRINI L. et PELLEGRINI M., 1970 - Observations sur la teneur en oxygène dissous des eaux de la lagune du Brusc. Bull. Inst. Océanogr. Monaco, n° 1405
- RIVA A., 1976 - Croissance de mollusques bivalves. Etude comparée en milieu lagunaire et en bassin aménagé. Thèse Doct. Ecole appl., Univ. Sci. et Tech. Aix-Marseille III : 162 pp
- RYTHER J.H., 1975 - Preliminary results with a pilot plant waste recycling marine aquaculture system. Technical report. Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts.
- STRICKLAND I.D.H. et PARSONS T.R., 1972 - Pratical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Board Can : 310 pp.
- UTERMOHL, 1958 - Zur Vervollkommung der Quantitativem Phytoplankton Methodik. Comm. Ass. Int. Limnol. Theor. Appl., 9 : 38.
- VACELET E., 1969 - Rôle des populations phytoplanctoniques et bactériennes dans le cycle du phosphore et de l'azote en mer et dans les flaques supralittorales du golfe de Marseille. Thétys 1 (1) : 5 - 118.

COLLOQUE ECOTRON DISCUSSION

Communication : A. RIVA & P. LELONG . Alimentation et croissance de bivalves filtreurs en bassins aménagés.

Q: LUCAS : Les températures élevées sont défavorables à la croissance de la palourde. A 18°C on observe généralement une chute de la croissance. Au contraire, une température de 8°C permet une bonne croissance. Qu'avez-vous observé au moment du maximum thermique ?

R: RIVA : La période critique n'a pas encore été atteinte. Cependant, le taux de croissance était plus élevé entre mai et juin qu'entre avril et mai, alors que la température dépassait 20°C.

R: LE BORGNE: Autour de 20°C on obtient de bonnes croissances si la nourriture est assez abondante pour suivre l'augmentation du métabolisme causée par l'élévation de température.

Q: MASSE : Pensez-vous que cette espèce soit bien choisie pour la zone méditerranéenne compte tenu de sa réponse à la température ? Ne devrait-on pas s'orienter vers le Venerupis decussatus qui prolifère naturellement dans l'étang de Thau ?

R: LUCAS : En laboratoire, la croissance est identique à 8°C et à 15°C quand la nourriture est distribuée en quantité suffisante et égale dans les deux cas. Au-dessus de 18°C on commence à observer un ralentissement de croissance et une diminution du taux respiratoire.

R: BODOY : Les travaux de Conway ont montré que le vrai problème est celui de la nourriture. Des maximums de croissance peuvent être obtenus à 28°C avec une nourriture suffisamment abondante.

Q: LABOURG : L'arrêt de croissance hivernale chez Cerastoderma glaucum est-il marqué par une strie sur la coquille ?

R: RIVA : Cela est difficile à déterminer car la croissance se fait par étapes qui sont toutes marquées par une strie qui apparaît dès que les conditions sont défavorables, même en été.