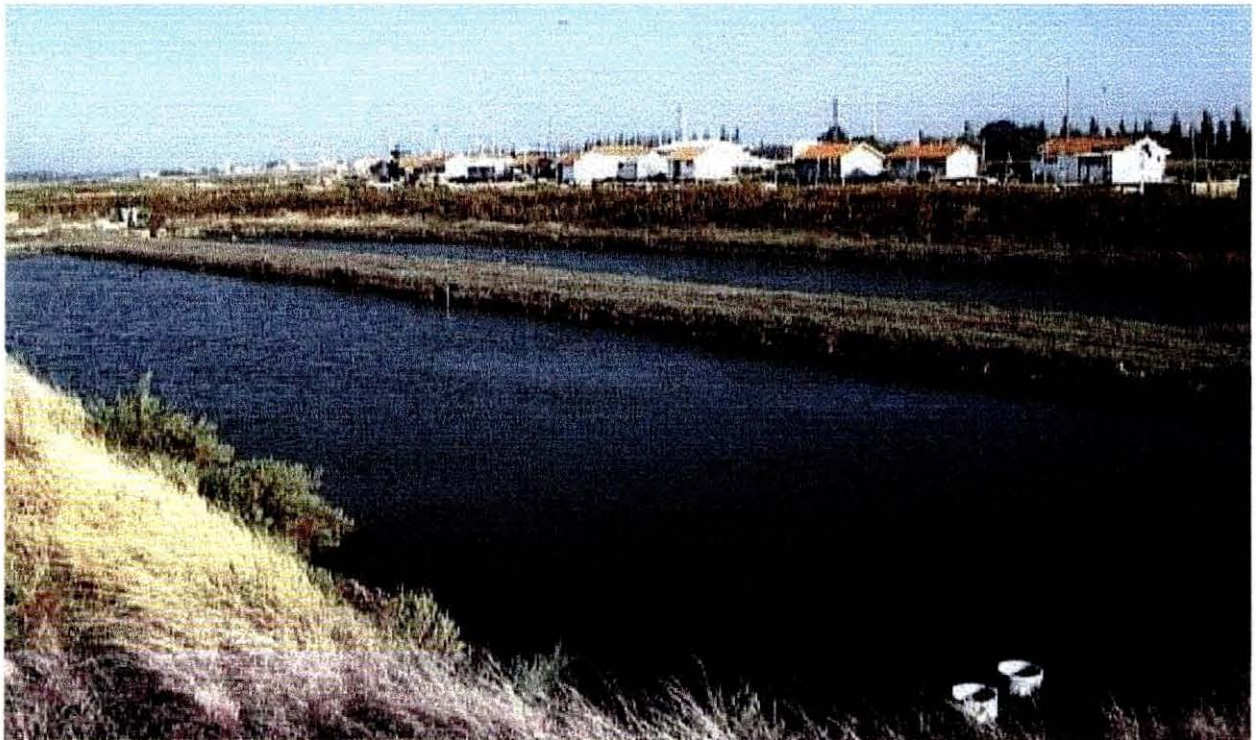


Université Bordeaux I
DEUG Sciences de la Vie
Stage SG4 (février-juin 2000)

64652
F400. S43. E
OURLÉO.

IFREMER
BIBLIOTHEQUE
LA TREMBLADE

Etude de la dynamique des populations zooplanctoniques au sein d'une claire ostréicole



Par
Marie-Céline Sajus

Laboratoire d'Océanographie Biologique
2, rue du Professeur Jolyet
33120 Arcachon

Laboratoire de Génétique et de Pathologie
BP 133
17390 La Tremblade



IFREMER Bibliothèque de la Tremblade
OLR 01160

RESUME

Marteilia refringens est un protozoaire parasite de l'huître plate *Ostrea edulis*, à l'origine de mortalités dramatiques en élevage depuis les années 1970.

En zone endémique, le seul moyen de contrôle de la marteiliose, est une gestion du risque de contamination. Dans ce cadre, la connaissance du cycle parasitaire de *Marteilia refringens* est primordiale. Les travaux réalisés à ce sujet ont permis de poser l'hypothèse d'un cycle hétéroxène.

Le parasite a été détecté par PCR puis localisé au sein des tissus par hybridation *in situ* au sein d'une espèce de copépode Calanoïde prélevée dans une claire ostréicole. A ce stade, cette espèce peut être considéré comme un hôte de *Marteilia refringens*.

Notre étude consistait à mettre en évidence la dynamique des populations zooplanctoniques et plus particulièrement, suivre la dynamique des espèces de Calanoïdes au sein de la claire ostréicole, dans le cadre de l'étude de la stratégie du parasite.

Dans cet écosystème, le volume réduit des bassins et le renouvellement d'eau de mer limité aux périodes de grandes marées sont à l'origine les variations importantes des paramètres environnementaux (température et salinité), qui limitent le nombre d'espèces pouvant survivre. Les copépodes représentent une grande partie des populations zooplanctoniques de la claire. Des espèces pélagiques ont été observées comme *Acartia bifilosa*, *Acartia clausi* *Acartia discaudata* ou bien *Euterpina acutifrons* mais leur abondance est faible par rapport au copépode Calanoïde *Acartia grani*. Cette espèce est donc adaptée à ce type d'écosystème confiné. La dynamique temporelle des espèces planctoniques apparaît fortement influencée par la gestion de l'eau des claires.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Messieurs A. Gérard et J-P. Flassch pour m'avoir accueillie au sein du laboratoire IFREMER GAP de la Tremblade.

Je remercie mon maître de stage Monsieur Benoît Sautour pour m'avoir permis de découvrir le monde du zooplancton et pour son aide.

Un grand merci à toute l' « équipe Marteilia » :

Monsieur Franck Berthe pour son aide et pour sa bonne humeur.

Mademoiselle Corinne Audemard pour m'avoir soutenu, aidé et supporté durant ces quatre mois.

Monsieur Pierre-Guy Sauriau pour ses connaissances ainsi que pour sa patience et sa disponibilité.

Mademoiselle Frédérique Le Roux pour son enthousiasme et ses conseils sur ce sujet.

Merci enfin aux autres stagiaires, chercheurs, techniciens, thésards, secrétaire et comptable pour leur aide et pour m'avoir fait passer ces quelques mois dans une ambiance toujours agréable.

SOMMAIRE

PRESENTATION DE L'IFREMER	1
1.1. L'IFREMER en France.....	1
1.2. La station de Ronce-les-Bains.....	1
II. INTRODUCTION	3
III. MATERIEL ET METHODES	5
1. Présentation du site : la claire ostréicole.....	5
1.1. Gestion de la claire ostréicole.....	6
1.2. Paramètres physiques.....	7
2. Principe d'échantillonnage.....	7
3. Traitement des échantillons en laboratoire.....	7
3.1. Préparations des échantillons.....	7
3.2. Détermination et abondance relative des différentes espèces.....	7
IV. RESULTATS	8
1. Modèle d'étude.....	8
2. Liste faunistique.....	9
3. Analyse de la diversité spécifique.....	11
3.1. Indices de Shannon-Weaver et de régularité.....	11
3.2. Diagrammes rang-fréquence.....	13
a) Printemps.....	13
b) Eté.....	14
c) Automne.....	15
4. Evolution et caractéristiques annuelles des populations zooplanctoniques.....	15
4.1. Variations temporelles des copépodes totaux et du zooplancton total.....	15
4.2. Effet des paramètres physiques sur l'évolution des populations zooplanctoniques.....	16
a) Température et salinité.....	16
b) Renouvellement d'eau et dynamique des espèces.....	17
c) Dynamique de l'espèce <i>Acartia grani</i>	18
V. DISCUSSION	21
1. Biodiversité des espèces présentes dans la claire.....	21
1.1. Effet des vidanges sur la dynamique des populations zooplanctoniques.....	21
1.2. Effets du renouvellement de l'eau et de la température.....	22

2. Cas de l'espèce <i>Acartia grani</i>	23
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.	24
LES APPORTS DU STAGE	25
BIBLIOGRAPHIE	26
Annexe 1 (Tableau des abondances)	

LISTE DES ABREVIATIONS

Signification des abréviations pour identifier les différents taxons pris en compte :

AB :	<i>Acartia biflosa</i>
AC :	<i>Acartia clausi</i>
AD :	<i>Acartia discaudata</i>
AG :	<i>Acartia grani</i>
ER :	<i>Eurytemora pacifica</i>
TE :	<i>Temora longicornis</i>
CH :	<i>Centropages hamatus</i>
CP :	<i>Canuella perplexa</i>
EU :	<i>Euterpina acutifrons</i>
HA :	Harpacticoïdes
CY :	Cyclopoïdes
OT :	Ostracodes
FO :	Foraminifères
GA :	Gastéropodes
RO :	Rotifères
NE :	Nématodes
PL :	Larves d'annélides polychètes
CE :	<i>Cereus pedunculatus</i>
ZD :	Zoés de décapodes
OI :	<i>Oikopleura sp</i>
TN :	Nauplii totaux
TC :	Copépodes totaux
TT :	Total zooplanctonique

PRESENTATION DE L'IFREMER

1. L'IFREMER en France

L'IFREMER gère un budget de près d'un milliard de francs, dont l'origine provient en majeure partie de la subvention que lui verse l'Etat et à laquelle s'ajoutent des ressources propres que son statut d'EPIC (Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial) lui permet de développer.

Un peu plus de 1200 ingénieurs, chercheurs, techniciens et administratifs participent aux multiples missions de l'IFREMER. Ces personnels travaillent au siège social à Issy-les-Moulineaux, dans cinq centres (Boulogne-sur-Mer, Brest, Nantes, Toulon, Tahiti) ainsi que dans les stations réparties le long du littoral français et des délégations d'Outre-mer.

Mais l'IFREMER, c'est aussi un groupe : en effet à ces 1200 personnes, il faut ajouter environ 600 personnes qui travaillent dans les filiales pour valoriser la politique de recherche de l'Institut auprès notamment, des professionnels de la mer et gérer les moyens de la flotte océanique.

2. La station de Ronce- les- Bains.

Le laboratoire de Génétique et de Pathologie (LGP) de Ronce-les-Bains a été créé fin 1994, suite à une réorganisation de l'ancien laboratoire des Ressources Aquacoles de La Tremblade, puis remanié en 1996.

La direction de ce laboratoire a été confiée à André Gérard. Les principaux objectifs du LGP visent essentiellement à développer des programmes sur les mollusques bivalves, dans le domaine de :

- la pathologie : surveillance des ressources conchylicoles, identification des agents pathogènes, description de leur cycle de développement, mise au point des techniques de reproduction expérimentale de maladies, développement d'outils performants de diagnostic utilisables à des fins de recherche ou de contrôle, étude de l'impact de ces maladies et de leur évolution géographique et temporelle, étude des mécanismes cellulaires de défense mis en jeu par les mollusques dans certaines maladies.

- la génétique : obtention de souches résistantes ou tolérantes aux maladies pour essayer d'apporter des réponses aux épizooties qui remettent en cause les productions ; création de

souches ou de lignées présentant de meilleures performances de croissance, de qualité de chair, une meilleure adaptation aux conditions de milieu d'élevage ou éventuellement de faibles besoins métaboliques.

La station emploie une trentaine de personnes dont les cadres, les techniciens, les doctorants, les post-doctorants et le personnel administratif et logistique. Elle accueille également beaucoup de stagiaires tout au long de l'année.

Le laboratoire LGP est réparti sur deux bâtiments. Le premier est principalement constitué de :

- 6 salles de laboratoire (1 salle des centrifugeuses, 1 salle d'histologie, 1 salle de préparation des échantillons pour la microscopie électronique, 1 salle de cultures cellulaires, 1 salle de bactériologie / électrophorèse et 2 salles réservées à la biologie moléculaire).
- 1 salle de manipulation de radioéléments.
- 1 salle climatisée pour le microscope électronique à transmission.
- 1 laboratoire photo, 1 salle de rangement des produits, 1 laverie.
- 8 bureaux, 1 salle de réunion et 1 bibliothèque.

Le deuxième bâtiment de 1200 m², est principalement constitué de :

- 7 salles humides.
- 2 salles de production de phytoplancton et une laverie.
- 1 laboratoire de biométrie et 1 salle informatique.
- 1 laboratoire de physiologie pour le CREMA l'Houmeau et l'URAPC.
- 8 annexes techniques.

Le laboratoire a également en charge la gestion de l'entretien de tout le circuit hydraulique qui se compose de :

- 4 bassins de 300 m³ de réserve d'eau de mer.
- 23 pompes de 10 à 300 m³ /h.
- plusieurs kilomètres de tuyauterie.
- 1 station de stérilisation au chlore des eaux de rejet.
- 4 bassins de 20 m³ pour la production en masse de phytoplancton.

I. INTRODUCTION

Marteilia refringens (Grizel et al. , 1974) est un protozoaire, parasite de l'huître plate *Ostrea edulis* (Linné, 1758), ayant entraîné des mortalités dramatiques au sein des élevages ostréicoles. Il est responsable de la maladie des Abers ou marteiliose, apparue en 1967 dans l'estuaire de l'Aber Wrach, au Nord de la Bretagne (Alderman, 1979). Cette maladie s'est propagée rapidement sur la côte atlantique française, du Nord de la Bretagne jusqu'à Arcachon (Comps, 1970 ; Grizel et Tigé, 1977). La maladie sévit de façon endémique dans les baies, les estuaires mais ne semble pas affecter les huîtres plates élevées en eau profonde.

En 1979, l'apparition de *Bonamia ostreae*, parasite des hémocytes d'*Ostrea edulis*, accentue l'effondrement de la production d'huîtres plates françaises, qui n'est plus que de 1500 tonnes par an actuellement contre 15000 tonnes en 1960 (Héral et al. , 1989).

L'ostréiculture de l'huître plate est donc un élevage très fragile vis-à-vis des agents pathogènes d'autant que la lutte contre les maladies infectieuses chez les bivalves marins rencontre certaines difficultés :

- d'une part, c'est une culture en milieu ouvert donc l'utilisation de substances anti-parasitaires est difficilement envisageable aussi bien d'un point de vue écologique que financier (dispersion des produits),

- d'autre part, l'absence de réactions immunitaires classiques (type anticorps) chez les bivalves, ne permet pas d'envisager la protection de ces animaux par la vaccination.

La lutte contre la marteiliose se limite donc à la gestion du risque de contamination via le contrôle des transferts de mollusques ainsi qu'au choix du lieu de l'élevage. Dans cette approche, la connaissance du cycle du parasite est essentielle. Les études faites à ce sujet privilégient les hypothèses d'un cycle hétéroxène où interviennent un ou plusieurs hôtes et/ou l'existence d'une phase libre du parasite plutôt qu'une transmission horizontale directe (Berthe et al., 1998).

L'un des sujets de recherche du laboratoire IFREMER concerne l'étude du cycle parasitaire de *Marteilia refringens* avec pour objectif de mettre en évidence la stratégie de ce parasite pour assurer son cycle biologique.

Il s'agit de tester l'hypothèse d'un cycle hétéroxène en recherchant le parasite dans d'autres espèces animales. Le sujet bénéficie de deux atouts :

1. La biologie du parasite est étudiée dans un écosystème situé en zone endémique semi-fermé, de type claire ostréicole car il présente plusieurs avantages : le cycle parasitaire de *Marteilia refringens* est fonctionnel. De plus, c'est un biotope sélectif vis-à-vis des biocénoses marines. En effet, la claire est soumise à des variations thermiques et halines qui sélectionnent les espèces avec un facteur 10 de réduction du nombre d'espèces vis-à-vis des estrans ouverts.

2. L'utilisation d'outils de détection du parasite spécifiques et sensibles : des outils de biologie moléculaire.

Jusqu'à ces dernières années, l'étude des maladies chez les bivalves marins disposait de techniques peu sensibles et peu spécifiques (morphologie prise par *Marteilia refringens* dans le(s) hôte(s) intermédiaire(s) inconnue) : l'histologie et l'immunodétection.

Ces outils ont pour cible l'ADN du parasite c'est-à-dire une molécule dont les caractéristiques se conservent quel que soit le stade du parasite et l'hôte parasité. La détection de l'ADN du parasite est réalisée en polymérisation enzymatique en chaîne (PCR), méthode qui permet l'amplification d'un fragment connu du génome recherché. La localisation du parasite au sein des coupes de tissus est réalisable grâce à la technique de l'hybridation *in situ*.

La recherche par PCR de l'ADN de *Marteilia refringens* au sein des espèces présentes dans la claire ostréicole en 1998 a permis de mettre en évidence la présence du parasite chez une espèce de copépodes Calanoides. Le tri des espèces de ce groupe a permis de détecter l'ADN de *Marteilia refringens* chez une espèce en particulier.

Cette espèce peut donc être considérée comme un hôte potentiel de *Marteilia refringens*. La PCR permet la détection du parasite mais ne donne aucune information sur sa localisation. Une analyse par hybridation *in situ* est nécessaire. Trois cas sont à envisager :

- soit *Marteilia refringens* a été ingéré par le copépode,
- soit *Marteilia refringens* est « accroché » au copépode, dans les soies par exemple,
- soit il s'agit de parasitisme vrai.

L'hybridation *in situ* a révélé que la sonde ADN spécifique de *Marteilia refringens* s'hybride sur des coupes du copépode au niveau tissulaire, hors du tractus digestif : il s'agit donc de parasitisme.

Ce travail a pour but d'étudier la dynamique des populations zooplanctoniques, au cours de l'année 1998, et notamment de suivre la dynamique des espèces de copépodes Calanoides au sein de la claire ostréicole, dans le cadre de l'étude de la stratégie du parasite.

Pour cette étude le cycle de vie d'un copépode est à connaître. Le passage de l'œuf à l'adulte se déroule en 3 étapes constituées chacune de plusieurs stades :

- 6 stades *nauplii* qui correspondent aux jeunes stades,
- 5 stades *copépodites* représentant les juvéniles (la différenciation sexuelle ayant lieu au stade C3),
- le stade adulte.

La connaissance du cycle biologique du copépode est importante afin de détecter les éventuelles variations (durée du cycle complet, des différentes étapes...) liées au parasitisme du copépode considéré.

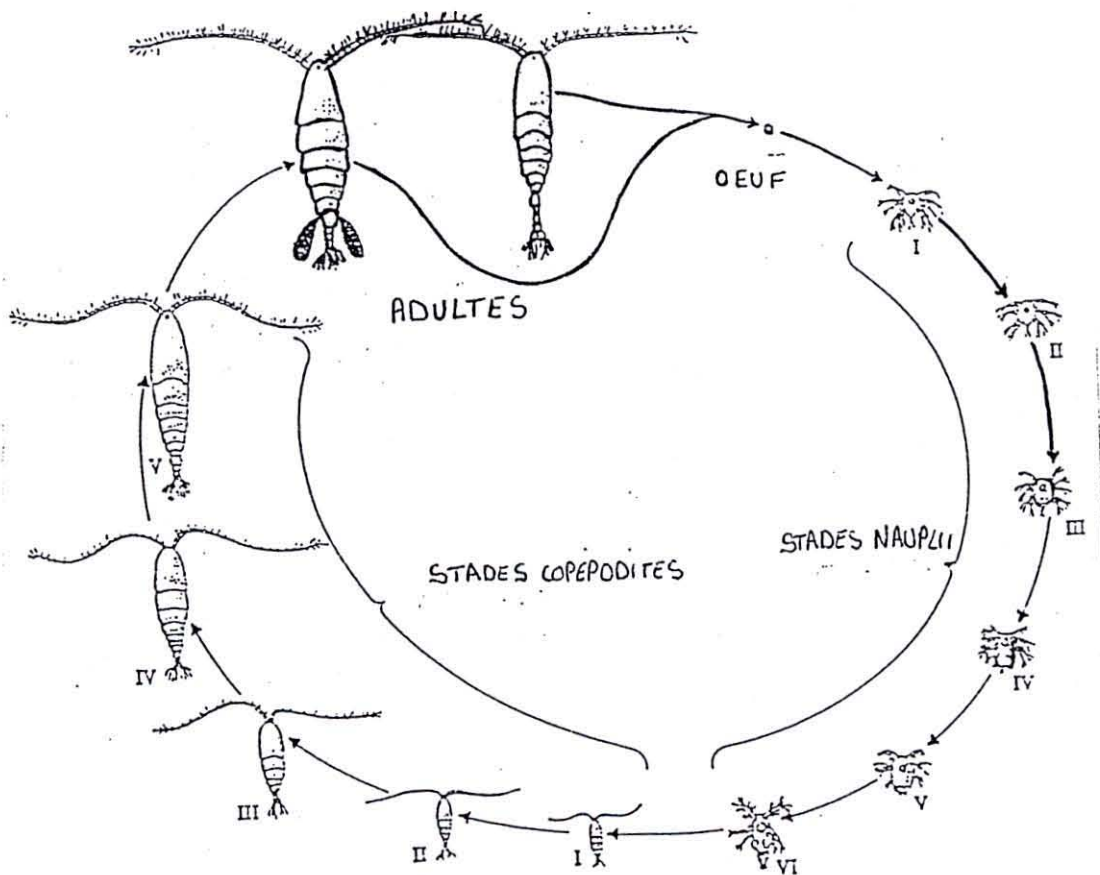


Figure 1: Représentation du cycle de vie d'un copépode.

II. MATERIEL ET METHODES.

1. Présentation du site : la claire ostréicole

Les claires ostréicoles sont situées au sud-est de l'île d'Oléron (fig.2) dans les marais expérimentaux du CREAA (Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole).

Ce sont des bassins artificiels à fond naturel en terre, d'environ 1 m de profondeur, traditionnellement utilisés à des fins ostréicoles pour l'affinage des huîtres.

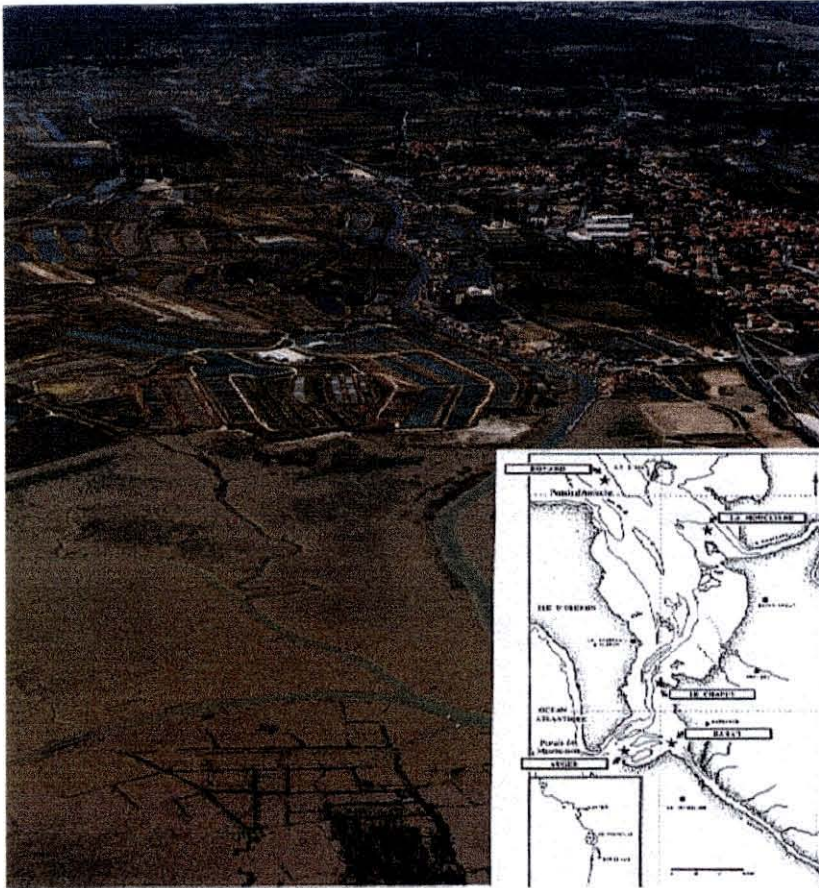


Figure 2: Site d'échantillonnage en claires ostréicoles, marais du CREA Oléron. Photo société Sphair, Toulouse, juillet 1995.

1.1. Gestion de la claire ostréicole

Les claires sont alimentées en eau par le chenal d'Ors et le renouvellement de l'eau est contrôlé par un système d'écluses et n'est possible qu'à partir d'un coefficient d'environ 80. En conséquence, les claires sont soumises en alternance à 2 situations :

- lorsque les coefficients de marées sont supérieurs à 80 pendant environ 1 semaine, les claires fonctionnent en système ouvert et l'eau de la claire est renouvelée pour partie à chaque marée haute par apport d'eau du bassin de Marennes-Oléron.
- lorsque les coefficients sont inférieurs à 80 c'est-à-dire la semaine suivante, les claires fonctionnent en système fermé.

En cours d'étude, environ une fois par mois, la claire a été vidangée complètement lors d'échantillonnage de la macrofaune mais toujours en période de renouvellement.

1.2. Paramètres physiques

La température de l'eau des claires a été mesurée en continu (avec un pas de temps de 15 minutes) à l'aide d'une sonde étanche de marque Onset placée au milieu de la claire à 10 cm du sédiment.

La salinité était mesurée 1 fois par semaine au moment des prélèvements de zooplancton.

2. Principe d'échantillonnage

Des prélèvements quantitatifs de 400 litres ont été réalisés hebdomadairement du 17.02 au 11.11.1998, le pas d'échantillonnage étant adapté au cycle de vie des espèces. Le matériel récupéré est tamisé sur une maille de 100 micromètres puis, immédiatement stocké dans de l'alcool absolu (99%).

3. Traitement des échantillons en laboratoire

3.1. Préparation des échantillons

Les échantillons sont rincés sur 2 tamis superposés de mailles respectives de 200 micromètres et de 63 micromètres. Les fractions sont récupérées dans des béciers puis homogénéisées dans un volume d'eau de mer, défini selon la quantité d'organismes présents. Pour chaque échantillon homogénéisé, un volume, déterminé en fonction de la quantité d'individus, est prélevé à l'aide d'une pipette puis trié sous loupe binoculaire. A l'issue du tri, les deux sous-échantillons sont à nouveau tamisés et conservés dans de l'alcool absolu pour une éventuelle analyse ultérieure.

3.2. Détermination et abondance relative des espèces

Pour que le comptage de l'espèce dominante soit considéré comme représentatif, il est nécessaire de dénombrer un minimum de 200 individus dans le volume prélevé. Cependant, à certaines périodes de l'année, le nombre d'espèces étant limité (par les facteurs climatiques le plus souvent), ce nombre ne peut être atteint. Les planctontes seront groupés par espèce par genre ou par famille selon la difficulté d'identification. Les planctontes, placés dans une cuve de Dolphus de 200 cases, sont triés sous loupe binoculaire. L'utilisation du microscope a été indispensable pour la détermination de certaines espèces. Pour ce faire, l'individu est prélevé à l'aide d'une pince fine ou aspiré grâce à une pipette puis, il est placé sur une lame porte-

objet c'est-à-dire une lame creuse sur laquelle on a préalablement déposé quelques gouttes d'acide lactique et le tout est recouvert d'une lamelle. L'acide lactique rend l'individu transparent et permet donc une meilleure vision microscopique.

L'abondance correspond à la densité d'individus par m³ ; elle est calculée à l'aide de la formule ci- dessous :

$$A = [N * (\text{nb cases} / 200) * (V_p / V_b)] / V$$

Avec : A : abondance d'une espèce par m³

N : nombre d'individus dans le volume prélevé (V_p)

nb cases : nombre de cases comptées dans la cuve.

V_b : volume du bécher et V : volume en m³ (0,4 m³)

III. RESULTATS

1. Modèle d'étude

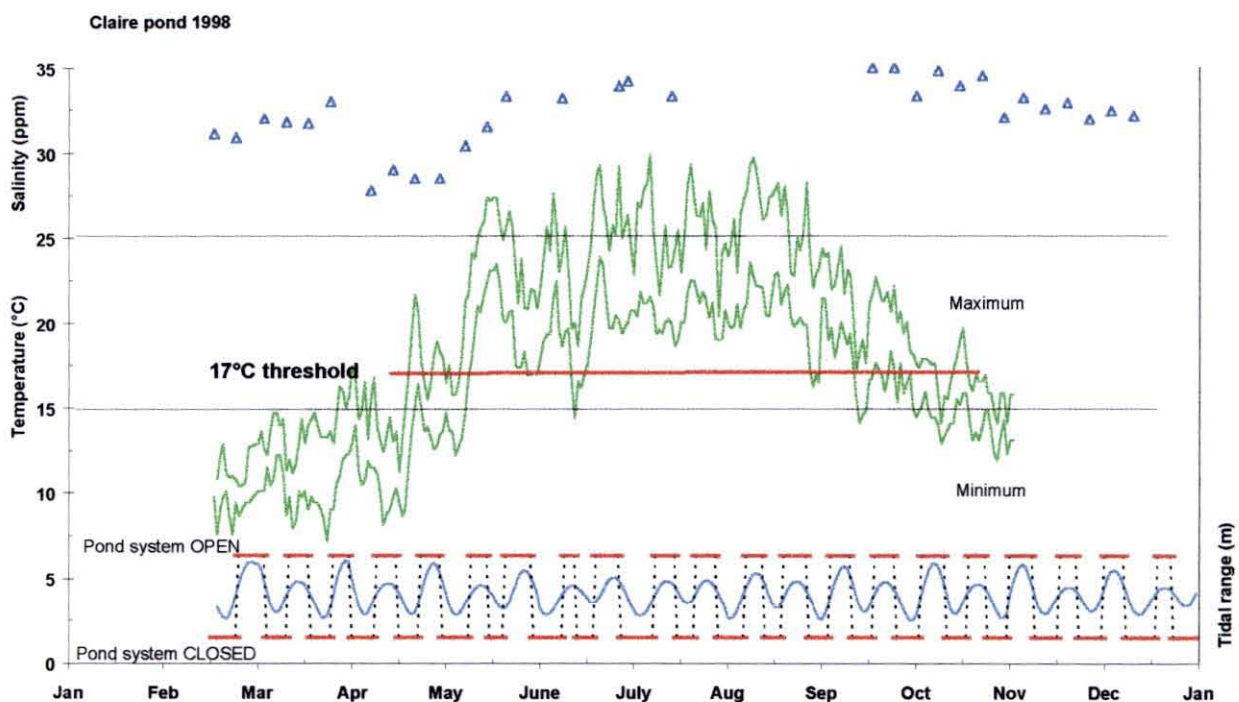


Figure 3 : Paramètres environnementaux de la claire du 17/02 au 11/11/1998.(La salinité est représentée par des triangles bleus, la courbe verte est la courbe thermique et le fonctionnement de la claire (ouvert/fermé) est indiqué en bas).

Sur la période d'étude du 17 février au 11 novembre 1998, les salinités ont varié de 28 ppm en avril à 37 ppm en août. La salinité augmente parallèlement à la température en période estivale suite aux dessalures du printemps.

D'une manière générale, les températures ont varié de 7,5°C fin avril à 29°C début juillet. Le cycle thermique des eaux de la claire se caractérise par une phase ascendante en début d'année avec des températures augmentant de 13°C en février à 27,5°C en avril.

A partir du 15 mai, une phase stationnaire où les températures oscillent autour de 25°C.

En fin d'année, les températures passent de 28,5°C au mois de septembre à 12°C fin novembre. Les températures commencent à chuter alors que la salinité est toujours stationnaire. Le seuil des 17°C, défini vis-à-vis du développement de *Marteilia refringens*, est franchi pour la première fois le 21 avril 1998 puis la température restera stationnaire au-dessus du seuil tout l'été. C'est au cours de cette période que le parasite *Marteilia refringens* peut infester les huîtres plates.

1. Liste faunistique

La liste ci-dessous comprend des groupes taxonomiques pélagiques mais aussi benthiques présents dans la colonne d'eau, à certaines périodes de l'année. En effet, le niveau d'eau de la claire étant faible, de nombreux organismes benthiques sont remis en suspension lors des prélèvements. En face de chaque groupe est indiquée la fréquence relative (F) des différents taxons :

$$F=(n/N)*100$$

Avec: n: le nombre d'échantillons dans lesquels le groupe est présent
N: le nombre total de prélèvements effectués dans la claire.

Les espèces sont ensuite classées suivant cinq ensembles :

- constantes : représentativité supérieure à 75% (A)
- très fréquentes : fréquence comprise entre 50 et 74% (B)
- communes : fréquence comprise entre 25 et 49% (C)
- accessoires : fréquence comprise entre 10 et 24% (D)
- accidentelles : présentes dans moins de 10% des prélèvements. (E)

LISTE FAUNISTIQUE

Embranchement des Cnidaires	C
-Classe des Zoantharia	
- <i>Cereus pedunculatus</i>	
Embranchement des Rotifères	C
Embranchement des Némathelminthes	
- Classe des Nématodes	B
Embranchement des Annélides	
- Classe des Polychètes	B
Embranchement des Mollusques	
- Classe des Gastéropodes	
- Larves	A
Embranchement des Arthropodes	
- Classe des Crustacés : Entomostracés	
- Sous-classe des Ostracodes	A
- Sous-classe des Copépodes	
- Ordre des Calanoides	
- <i>nauplii</i>	A
- <i>copépodites</i>	A
- <i>Temora longicornis</i>	D
- <i>Eurytemora pacifica</i>	D
- <i>Acartia clausi</i>	D
- <i>Acartia discaudata</i>	D
- <i>Acartia bifilosa</i>	E
- <i>Acartia grani</i>	B
- Ordre des Cyclopoides	B
- Ordre des Harpacticoides	A
- <i>nauplii</i>	A
- <i>Euterpina acutifrons</i>	B

- *Canuella perplexa* A
- Sous-classe des Cirripèdes
 - Larves «Nauplii » B
- Classe des Crustacés : Malacostracés
 - Sous-classe des Eucarides
 - Ordre des Décapodes
 - Tous stades larvaires C

Embranchement des Tuniciers

- Classe des Appendiculaires
 - *Oikopleura sp* C

La communauté zooplanctonique, au sein de la claire ostréicole, est dominée par le groupe des copépodes aussi bien en nombre d'organismes qu'en variété d'espèces, pendant la période d'étude de février à novembre 1998. Plusieurs espèces de copépodes ont été identifiées pendant cette étude. Leur abondance relative est indiquée dans le tableau 1 en annexe . Les nauplii et copépodites des différents ordres des copépodes n'ont pas été identifiées. Les valeurs calculées ont permis de représenter les principales variations saisonnières et d'obtenir une vue globale de l'évolution annuelle des communautés zooplanctoniques. Au sein de cette communauté se trouvent également de nombreux organismes méroplanctoniques tels que des nauplii de cirripèdes, des zoés de Décapodes, des Gastéropodes et des Ostracodes. A certaines périodes de l'année, plus précisément en été, ces organismes sont abondants.

1. Analyse de la diversité spécifique

La diversité spécifique des prélèvements peut être décrite par un indice numérique de diversité (indice de Shannon- Weaver et indice de régularité), ou encore avec plus de détail, par un diagramme rang- fréquence.

3.1. Indices de Shannon-Weaver et de régularité.

- L'indice de Shannon- Weaver caractérise la distribution des espèces dans les échantillons.

$$H' = -\sum_{i=1}^s f_i \cdot \log_2 f_i = -\sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \cdot \log_2 \frac{N_i}{N}$$

Avec : N_i :abondance de l'espèce i

N :total des abondances des espèces présentes et f_i la fréquence de l'espèce i dans les échantillons.

- La régularité représente la façon plus ou moins égale ou inégale selon laquelle les individus se répartissent entre les espèces (Frontier, 1990).

$$R=H'/H'_{\max}=H'/\log_2 S$$

Avec : S : nombre d'espèces présentes.

H'_{\max} : entropie maximale réalisée si les taxons sont équifréquents dans l'échantillon.

Les deux indices évoluent parallèlement, donc seul l'indice de Shannon a été représenté graphiquement. Sur la figure 4, on constate qu'au printemps, l'indice de Shannon varie indépendamment de la gestion de la claire (système ouvert/fermé) avec cependant une tendance à une baisse de l'indice en période de fermeture (4 cas sur 5). La répartition des espèces est plus ou moins homogène selon les périodes. Lorsque l'indice de Shannon est élevé, il s'établit un équilibre dans la distribution des espèces et lorsqu'il est faible, une espèce devient dominante et la répartition est hétérogène.

En période estivale c'est-à-dire de juin à août, deux situations apparaissent :

- en système ouvert, l'indice de Shannon est élevé et atteint un maximum le 27/07 avec une valeur de 3,12. La distribution des espèces est de plus équitable : l'indice de régularité est égal à 0,73.

- en système fermé, l'indice de Shannon est extrêmement faible : il est de 0,04 le 19/06. Ceci est lié à la dominance d'une espèce ,qui est ici représentée par les nauplii de Calanoides.

En automne, on observe à nouveau une situation mixte mais plutôt opposée à celle du printemps avec, en période de fermeture, un effet d'augmentation sur l'indice de diversité (3 cas sur 3).

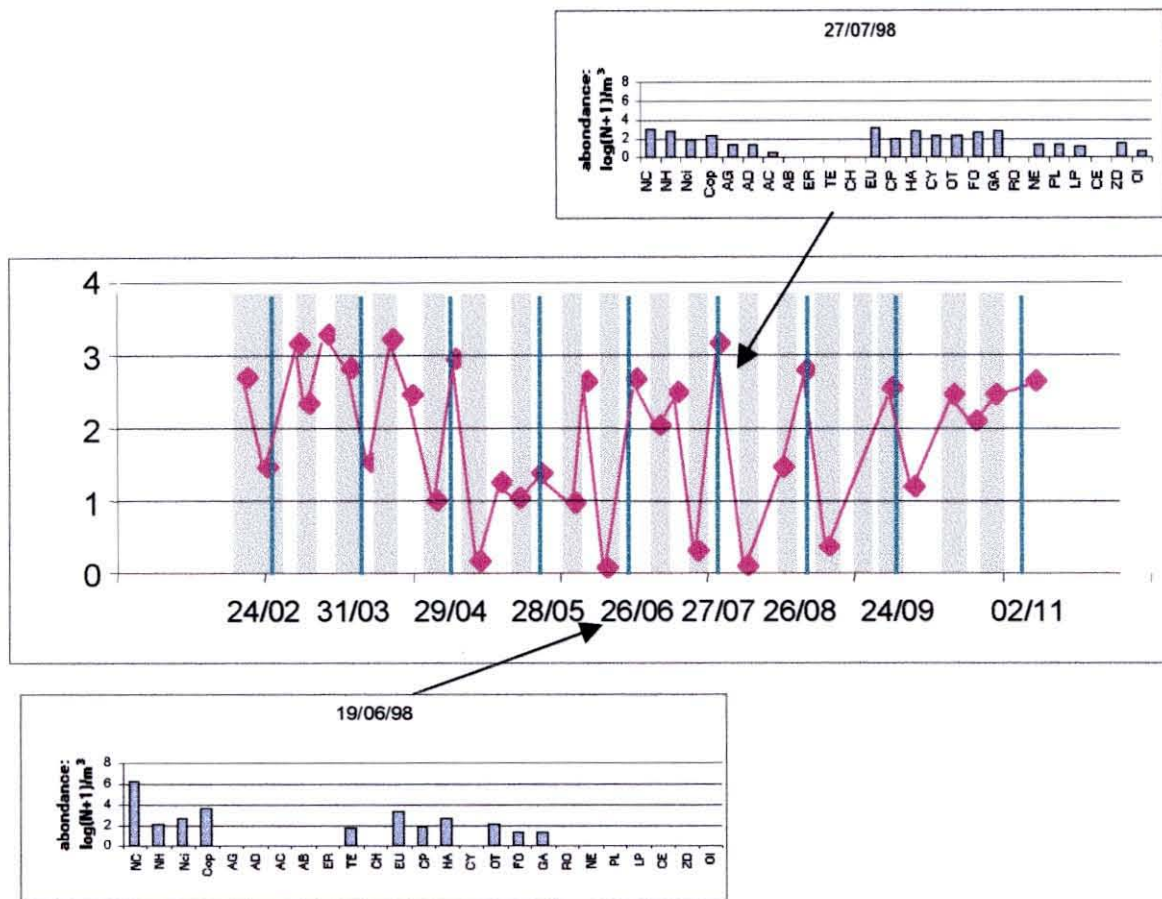


Figure 4: Représentation de l'indice de Shannon-Weacer. (Les zones grises correspondent à la fermeture de la claire et les zones blanches à l'ouverture. Les traits verticaux caractérisent les dates de vidanges notées en abscisse).

2. Diagrammes rang- fréquence

Ils permettent de visualiser la répartition des espèces par dates de prélèvement selon leur abondance ou leur rareté. (Frontier, 1990).

Les deux composantes de la diversité c'est-à-dire le nombre d'espèces et la régularité sont visibles sur le graphique : le nombre d'espèces se voit à l'extension de la courbe sur la droite; la régularité se voit à l'allure plus ou moins concave ou convexe de la courbe.

Toutes les courbes sont à la même échelle pour faciliter leur comparaison.

a) Printemps

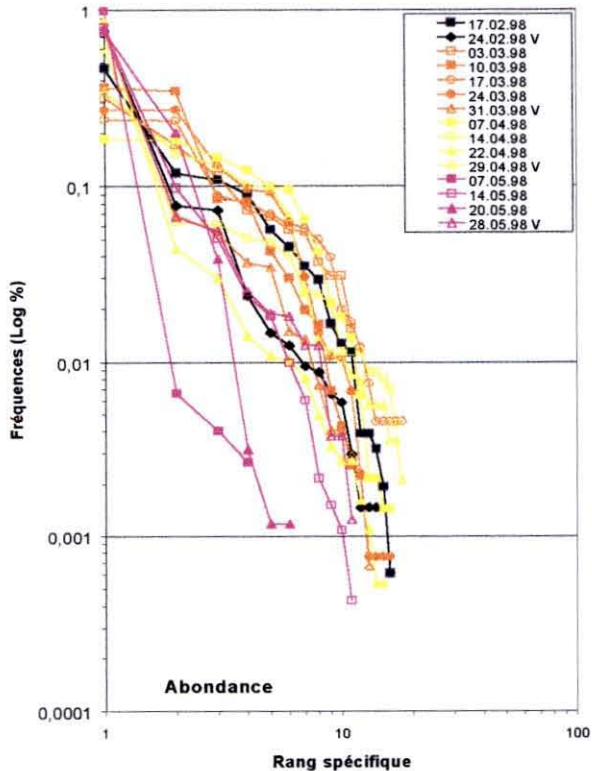


Figure 5a: diagramme rang-fréquence pour les espèces zooplanctoniques échantillonnées au printemps. (Un symbole plein signifie que la claire est fermée et un symbole vide représente une claire ouverte).

Du 17/02 au 28/05 (fig.5a), les courbes sont à peu près similaires que la claire soit en système ouvert ou fermé : le diagramme est plus ou moins rectiligne et une convexité apparaît. Cet aspect rectiligne en début de courbe se traduit par la dominance d'une espèce qui change au cours du temps : ce sont les nauplii d'Harpacticoides le 17/02 et le 28/05, les rotifères le 24/02, les gastéropodes le 03/03, les copépodites le 17/03, les foraminifères le 29/04 et les nauplii de Calanoides qui prédominent aux dates restantes. On observe un nombre d'espèces important de moyenne abondance, qui s'équilibrent, sans espèce fortement dominante.

Cependant, le 07/05 et le 20/05, la courbe a une allure rectiligne voire concave traduisant une hiérarchisation des espèces avec dominance forte d'un seul taxon : les nauplii de Calanoides. La richesse spécifique est faible et la répartition des individus au sein des espèces est hétérogène.

b) Eté

Du 08/06 au 26/08 (fig.5b), deux situations différentes sont mises en évidence :

- pour les dates où la claire est en système ouvert, les courbes sont convexes avec une richesse spécifique importante et une répartition homogène des individus entre les espèces.
- pour les dates où la claire est en système fermé, l'allure des courbes est variable.

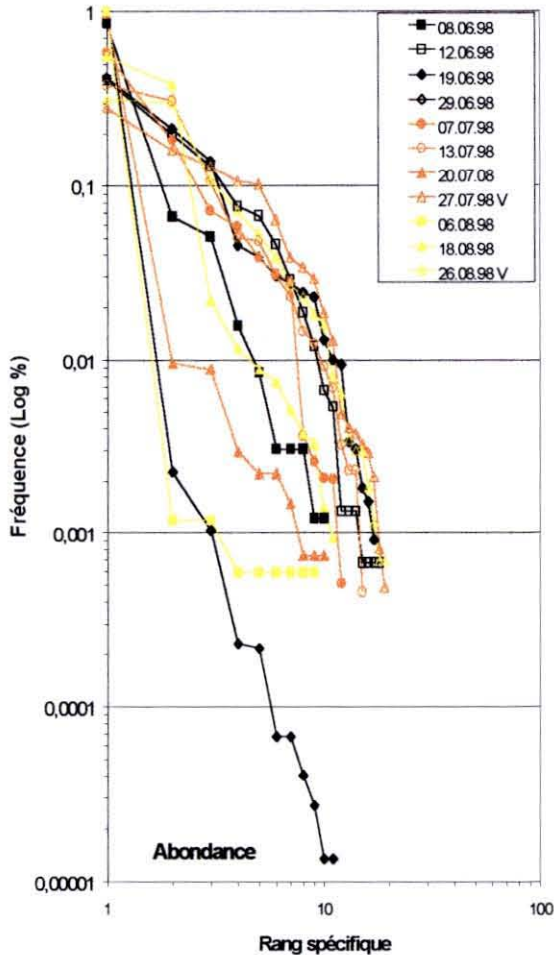


Figure 5b : diagramme rang-fréquence pour les espèces zooplanctoniques échantillonnées en été. (Un symbole plein signifie que la claire est fermée et un symbole vide représente une claire ouverte).

Elle est :

- plus ou moins convexe. C'est le cas le 08/06, le 07/07 et le 18/08. Le milieu est diversifié et la répartition entre les taxons est équilibrée.
- rectiligne puis plus ou moins concave. Les nauplii de Calanoides sont fortement dominants dans les trois cas c'est-à-dire le 19/06, le 20/07 et le 06/08. Pour la courbe du 19/06, plusieurs espèces rares sont observées avec des fréquences inférieures à 1/10000, elles sont certainement sous-représentées.

c) Automne

Du 02/09 au 24/09 (fig.5c), toutes les courbes sont semblables et ont une allure plus ou moins rectiligne puis en partie, concave. La situation de la claire, ouverte ou fermée, n'a que peu d'influence. Plusieurs espèces dominent à des dates différentes : les nauplii de Calanoides

le 02/09, le 01/10 et le 22/10 ; les Harpacticoides le 29/10 et le 15/10 ; les foraminifères le 24/09 et le 11/11. De plus, la courbe du 11/11 ressemble aux graphes du printemps, indiquant un plus grand nombre d'espèces et une répartition des individus entre les espèces plus homogène.

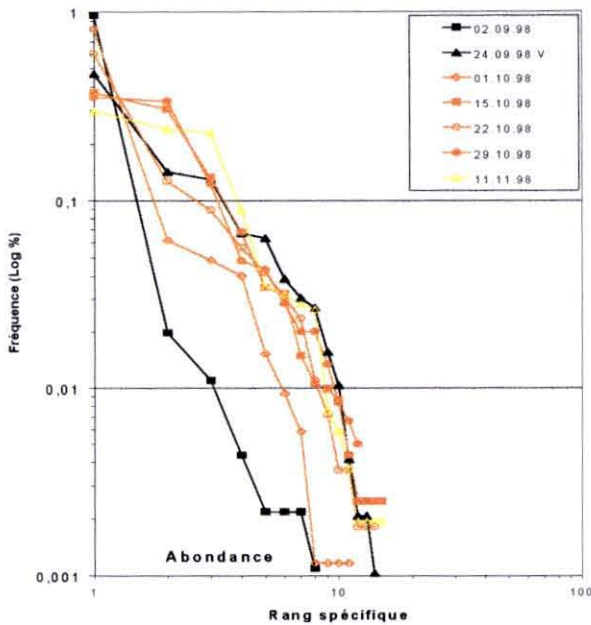


Figure 5c : diagramme rang-fréquence pour les espèces zooplanctoniques échantillonnées en automne. (Un symbole plein signifie que la claire est fermée et un symbole vide représente une claire ouverte).

4. Evolution et caractéristiques annuelles des populations zooplanctoniques

4.1. Variations temporelles des copépodes totaux et du zooplancton total

Les populations zooplanctoniques sont dominées par le groupe des copépodes au sein desquels les *nauplii* représentent le taxon dominant (fig. 6).

Le zooplancton total comprend tous les organismes présents dans les échantillons c'est-à-dire aussi bien les organismes benthiques que pélagiques. De même, les copépodes totaux sont constitués de copépodes adultes de Calanoides, d'Harpacticoides et de Cyclopoïdes, auxquels il faut ajouter les nauplii et les copépodites. Les *nauplii* comprennent les *nauplii* d'Harpacticoides et ceux de Calanoides.

Trois pics sont observés respectivement le 07/05, le 19/06 et le 06/08, lorsque la claire ostréicole est en système fermé et pour une température dépassant les 15°C. A ces dates, on note que le pic de copépodes totaux est en partie dû à une augmentation importante des copépodes totaux et plus précisément des nauplii.

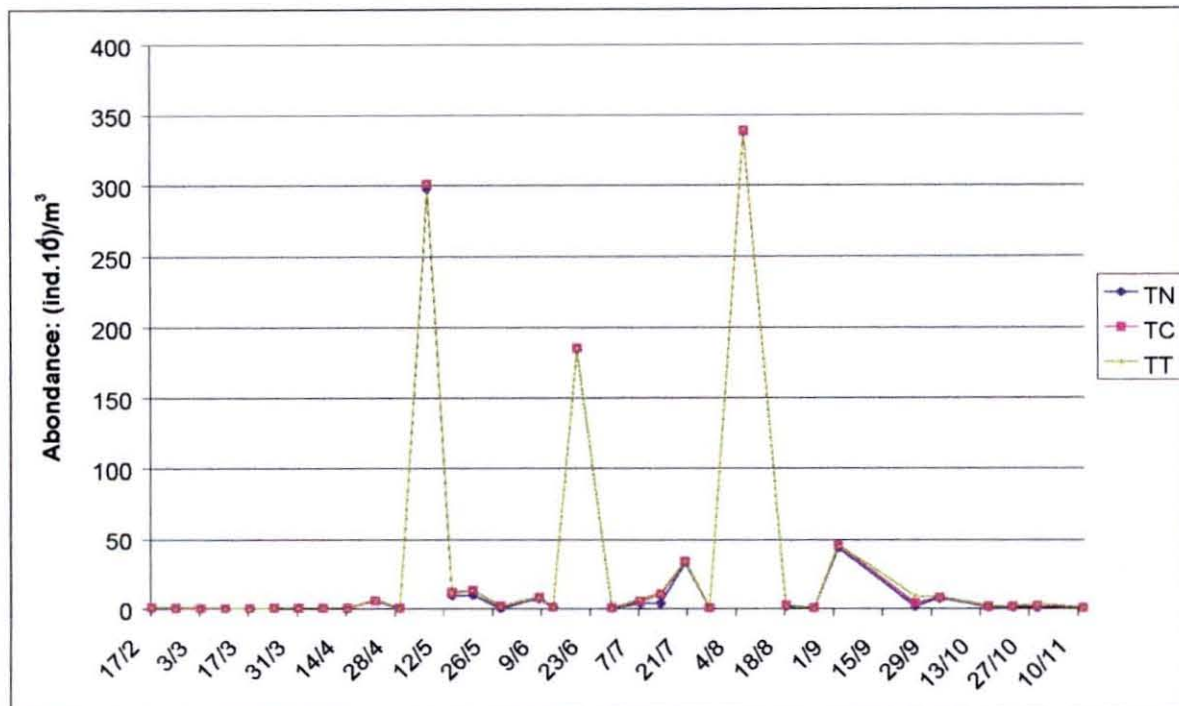


Figure 6 : Variations mensuelles de l'abondance du zooplancton total (TT) et de ces principaux taxons : copépodes (TC) et nauplii (TN).

De plus, on compte seulement huit espèces de copépodes pélagiques, à ceci il faut ajouter les Harpacticoides et les Cyclopoïdes mais les différentes espèces de ces groupes n'ont pas été identifiées. La communauté de copépodes au sein de la claire ostréicole a une faible diversité.

4.2. Effet des paramètres physiques sur l'évolution des populations zooplanctoniques

a) Température et salinité

Seul l'effet de la température est ici étudié.

Au cours de l'hiver, la température n'excède pas 15°C. Au sein des copépodes Calanoides, seules les espèces *Eurytemora pacifica*, *Centropages hamatus* et *Temora longicornis* sont présentes mais leur abondance relative est très faible. Parmi les Harpacticoides, plusieurs espèces ont été observées mais seules deux espèces ont été quantifiées et triées spécifiquement : un copépode pélagique *Euterpina acutifrons* et un copépode benthique *Canuella perplexa*. Ces deux espèces sont intéressantes car, d'une manière générale, elles sont présentes toute l'année. Leur abondance est également faible pendant cette saison.

Au printemps, on observe cinq pics avec une température supérieure à 20°C, les populations apparaissent en masse de sorte que les abondances sont élevées. Les espèces *Acartia grani*, *Acartia discaudata* et *Acartia clausi* viennent s'ajouter aux espèces déjà présentes.

En été, la température est relativement stable, comprise entre 25°C et 30°C, ce qui permet à la fois un développement des planctons encore plus important et une sélection au sein des espèces.

La chute de température en septembre provoque la disparition d'un certain nombre d'espèces et un retour progressif aux abondances observées en hiver. Cependant, on note l'apparition soudaine de l'espèce *Acartia bifilosa*, non observée jusqu'alors.

Par conséquent, les abondances sont maximales au printemps et en été lorsque la température et la salinité sont élevées. La richesse spécifique est également plus élevée pendant ces saisons.

b) Renouvellement d'eau et dynamique des espèces

En début d'année, deux espèces apparaissent en système ouvert : *Euterpina acutifrons* et *Eurytemora pacifica* qui sont observées en février.

Puis, plusieurs espèces apparaissent successivement : *Temora longicornis* et *Centropages hamatus* le 17/03/98 puis *Acartia discaudata* et *Acartia clausi* le 31/03/98.

En fin d'année, l'espèce *Acartia bifilosa* fait son apparition.

En système fermé, seules trois espèces apparaissent et se retrouvent toute l'année : deux copépodes pélagiques, *Acartia grani* et *Euterpina acutifrons* ainsi qu'un copépode benthique : *Canuella perplexa*.

Les espèces représentées sur la figure 7 sont importantes car elles peuvent être considérées comme des marqueurs de masses d'eau de particularités définies :

- *Acartia clausi* est une espèce néritique. Elle est présente en grande quantité le 31/03 en système ouvert et son abondance chute progressivement lorsque la claire se ferme. Ensuite, on observe des pics réguliers de cette espèce en système ouvert : le 29/04, le 28/05, le 29/06 et le 27/07.

- *Acartia bifilosa* est une espèce estuarienne présente le 22/10 en système ouvert et également le 11/11.

- *Acartia discaudata* est une espèce intermédiaire. Elle apparaît le 31/03 en système ouvert puis son abondance chute brutalement, le 07/04 en système fermé. Ensuite, elle apparaît périodiquement le 29/06, le 26/08 et le 01/10 puis disparaît brutalement en système fermé sauf le 13/07. A cette date, elle apparaît en système ouvert et reste présente en système fermé.

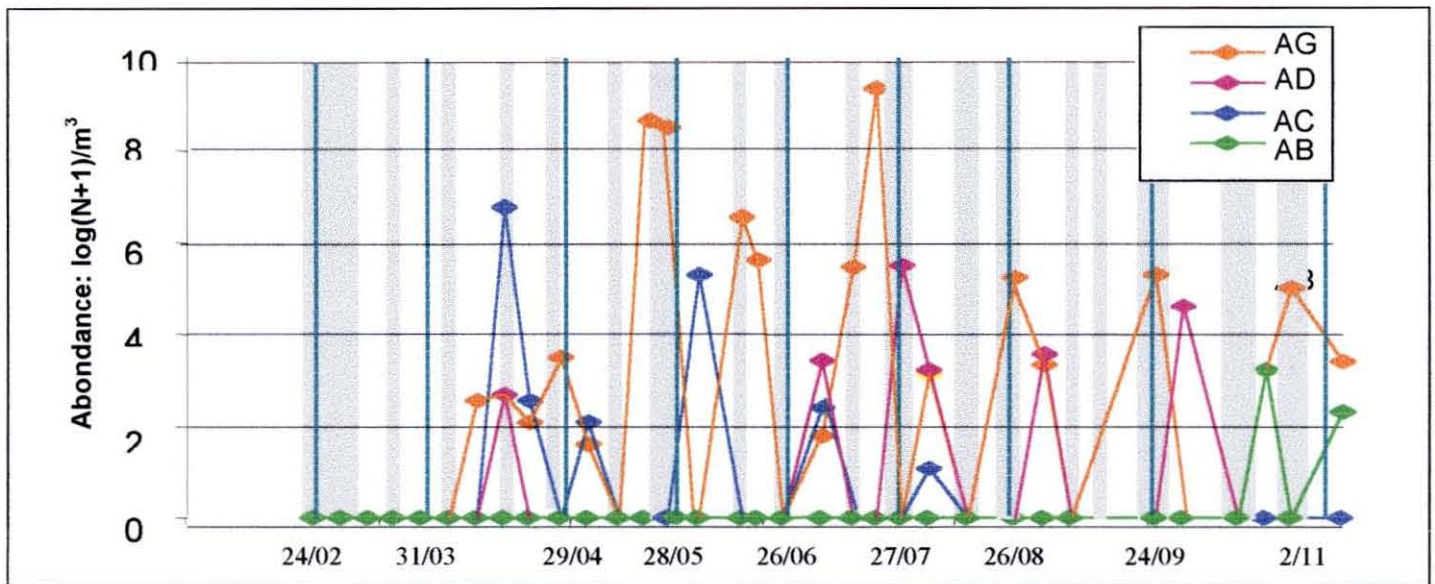


Figure 7: dynamique des Acartidae dans la claire ostréicole: *Acartia grani* (AG), *Acartia bifilosa* (AB), *Acartia discaudata* (AD) et *Acartia clausi* (AC). (Les zones grises caractérisent une claire fermée, les zones blanches une claire ouverte. Les traits verticaux représentent les dates de vidange notées en abscisse).

- *Acartia grani* est une espèce tempérée chaude. Elle est présente à partir du 31/03 en système ouvert et elle continue de se développer le 22/04 en système fermé même si son abondance chute légèrement. Elle est donc présente plus longtemps au sein de la claire et elle est caractérisées par de fortes abondances plus particulièrement en été et en automne.

c) Dynamique de l'espèce *Acartia grani*

De part la dominance de l'espèce *Acartia grani* au sein de la claire ostréicole, la dynamique de cette population a été étudiée. Elle apparaît au début du printemps, plus précisément le 31 mars 1998. Les différentes classes d'âge apparaissent afin de suivre le cycle de vie de l'espèce.

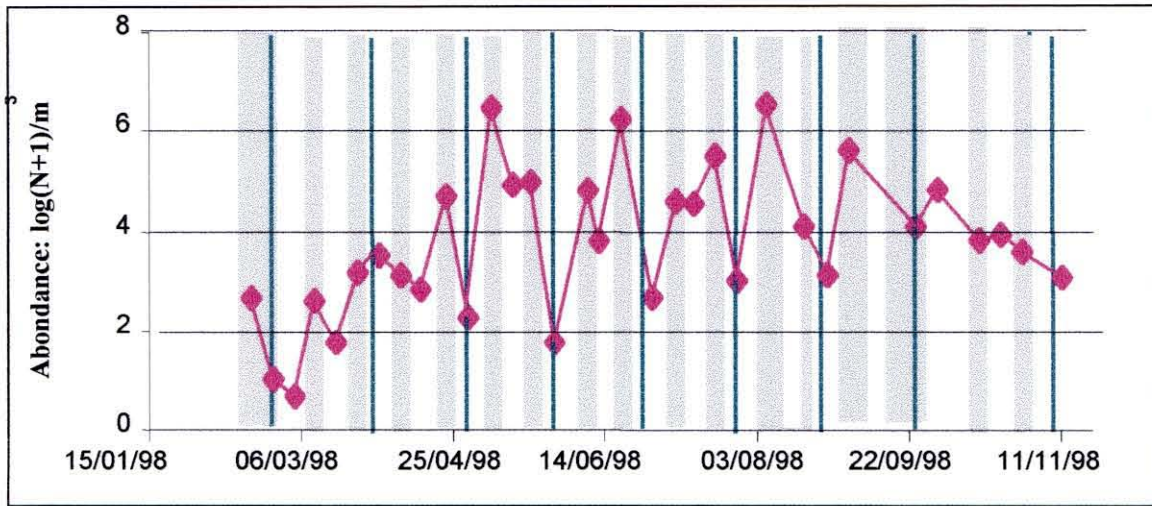


Figure 8a : Dynamique des nauplii de copépodes Calanoides. Les zones grises caractérisent une claire fermée, les zones blanches une claire ouverte et les traits verticaux représentent les vidanges

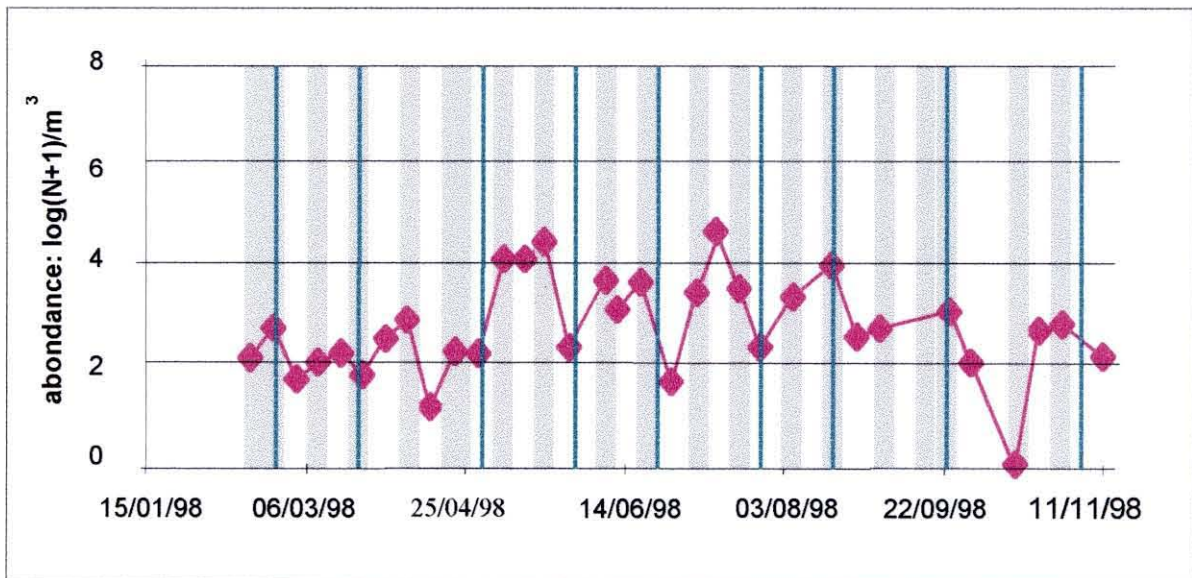


Figure 8b : Dynamique des copépodites. Les zones grises caractérisent une claire fermée, les zones blanches une claire ouverte et les traits verticaux représentent les vidanges

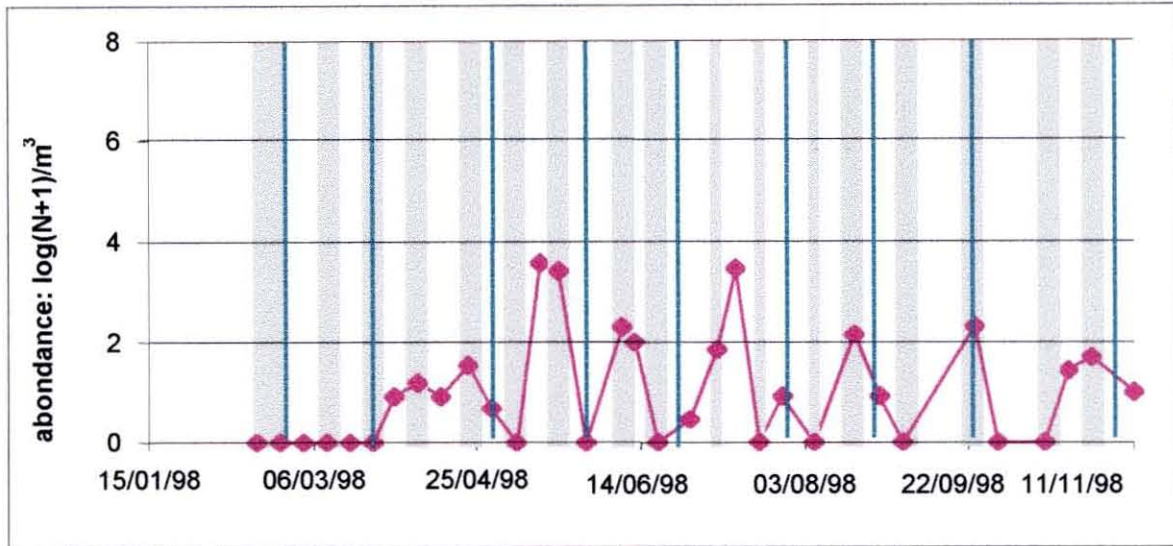


Figure 8c : Dynamique de la population d'*Acartia grani* femelles. Les zones grises caractérisent une claire fermée, les zones blanches une claire ouverte et les traits verticaux représentent les vidanges.

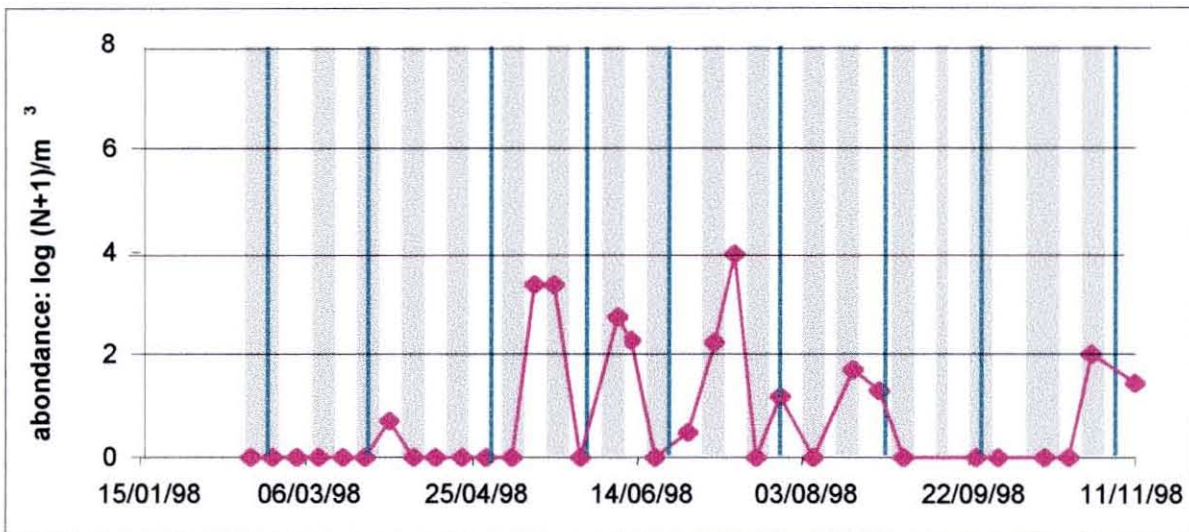


Figure 8d : Dynamique de la population d' *Acartia grani* mâles. Les zones grises caractérisent une claire fermée, les zones blanches une claire ouverte et les traits verticaux représentent les vidanges.

- Il existe un parallélisme entre les courbes avec un décalage dans le temps c'est-à-dire qu'on passe successivement des *nauplii* aux adultes .
 - Les chutes simultanées des *nauplii* (NC) et des copépodites (Cop) sont dues à des vidanges de la claire ostréicole. Ces vidanges ont été pratiquées tous les mois en 1998 afin d'échantillonner la macrofaune. Les vidanges consistent à vider entièrement l'eau de la claire en période de grande marée et à récupérer les organismes encore présents dans le sédiment.
 - La courbe représentant les adultes chute au moment de la vidange ou peu avant comme le 19/06/98 ou le 20/07/98 .
 - Les *Acartia grani* adultes, mâles (AGm) et femelles (AGf), évoluent parallèlement. Toutefois, on note la présence de deux périodes où la proportion d'*Acartia grani* mâle est extrêmement faible par rapport aux femelles.
- De plus, le passage des *nauplii* aux adultes est d'autant plus rapide que la température est importante. Le cycle de vie de l'espèce est donc plus court en été, ce qui favorise le turn-over et l'accroissement du nombre d'individus à cette période.

VI. DISCUSSION

1. Biodiversité des espèces présentes dans la claire

Au printemps, les eaux qui alimentent la claire ostréicole présentent un peuplement zooplanctonique équilibré provenant du bassin de Marennes-Oléron. Ce peuplement se modifie dans la claire et très vite une sélection des espèces a lieu. Par exemple, le 07/05 et le 20/05, les conditions thermiques sont pré-estivales avec une température qui dépasse les 15°C et seulement quelques espèces résistent à ces conditions écologiques. C'est le cas des copépodes Calanoides.

En été, les espèces adaptées aux conditions thermiques confinées de la claire forme un bloom. Le peuplement est juvénile et les *nauplii* de Calanoides sont dominants. En période de renouvellement d'eau, un peuplement différent et plus mature rentre avec les eaux du bassin. Il se met en place un équilibre trophique au sein de ce peuplement.

En automne, la diversité et la structure des peuplements zooplanctoniques des eaux introduites sont similaires à celles des peuplements déjà présents dans la claire. La gestion de la claire ne semble pas intervenir dans les résultats obtenus.

Dans la claire ostréicole, 8 espèces de copépodes pélagiques ont été déterminés ; *Acartia bifilosa*, *A. clausi*, *A. discaudata*, *A. grani*, *Temora longicornis*, *Centropages hamatus*, *Eurytemora pacifica* et *Euterpina acutifrons*. A ceux-ci il faut ajouter les Cyclopoïdes dont les espèces n'ont pas été déterminées. La richesse spécifique est faible comparée à d'autres écosystèmes comme le bassin d'Arcachon (Castel et Courties, 1982) ou le bassin de Marennes-Oléron (Sautour, 1991) où une trentaine de copépodes planctoniques ont été recensés

La claire ostréicole est donc un écosystème confiné notamment au cours de l'été de part des conditions de température et de salinité particulièrement sélectives. Ces conditions écologiques provoquent une sélection des espèces introduites par les eaux du bassin de sorte que le nombre d'espèces adaptées et donc présentes dans la claire est limité.

1.1. Effets des vidanges sur la dynamique des populations zooplanctoniques

Des vidanges ont été pratiquées tous les mois en 1998 afin d'échantillonner la macrofaune. Elles ont pour effet de renouveler complètement les populations zooplanctoniques de la colonne d'eau et de freiner l'établissement dans la claire d'une population autochtone. Les peuplements zooplanctoniques doivent se reconstituer à chaque renouvellement d'eau.

Malgré cela, certaines espèces ont un développement continu dans la claire comme les copépodes Calanoides.

1.2. Effets du renouvellement de l'eau et de la température

Du fait de la gestion de l'eau de la claire, il existe de nombreux échanges entre les communautés zooplanctoniques du bassin de Marennes-Oléron et celles de la claire ostréicole.

Dans le bassin de Marennes-Oléron, il existe trois types de communautés zooplanctoniques (Sautour, 1991) que l'on retrouve à différentes périodes de l'année :

- une communauté estuarienne avec les espèces *Acartia bifilosa* et *Eurytemora affinis*. Elle est présente en hiver.
- une néritique : *Acartia clausi*, *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* et les copépodes benthiques. Elle est présente au printemps et en été.
- une intermédiaire avec *Acartia discaudata*, *Euterpina acutifrons* et le méroplancton. Elle est également présente au printemps et en été.

Ces différentes espèces se retrouvent dans la claire à certaines périodes de l'année sauf *Eurytemora affinis*, peut-être présente sous la forme de copépodites mais non identifiés à l'âge adulte. Seule l'espèce *Eurytemora pacifica* a pu être déterminé. Cette espèce a également été observé dans le bassin de Marennes-Oléron, plus précisément à la station estuarienne de «La Mouclière» mais en faible quantité. Il faut noter que la présence du copépode *Eurytemora pacifica* est liée à l'introduction de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* (huître creuse) dans les années 1970, seule solution suite à la chute de la production française des huîtres creuses portugaises *Crassostrea angulata*. A marée haute, lorsque la claire fonctionne en système ouvert, un nombre d'espèces côtières entrent dans la claire. C'est le cas d'espèces néritiques externes telles que *Temora longicornis* et *Centropages hamatus* en hiver ainsi qu'*Acartia clausi* au printemps.

Lorsque la claire est en système ouvert, les deux espèces *Acartia clausi* et *Acartia discaudata* entrent dans la claire. Elles sont représentatives des eaux du Bassin. L'espèce *Acartia grani* est une espèce tempérée chaude. Elle est présente dès le 31/03 avec une température supérieure à 15°C. Le 07/04, les trois espèces sont présentes ce qui indique que les conditions de fermeture de la claire sont favorables au développement des trois espèces. Cependant, le 22/04, seule l'espèce *Acartia grani* se développe alors que l'espèce *Acartia clausi* disparaît, suggérant que la fermeture est ici favorable uniquement à *Acartia grani*. Il est possible aussi que les deux espèces entrent en compétition. Par la suite, les espèces *Acartia clausi*, *Acartia discaudata* et *Acartia bifilosa* rentrent dans la claire simultanément ou successivement dès que la claire fonctionne en système ouvert.

Pour résumer, en système fermé, les peuplements zooplanctoniques de la claire sont peu diversifiés mais les espèces sont très abondantes. En système ouvert, l'abondance des organismes zooplanctoniques est faible mais les peuplements sont plus diversifiés : l'entrée d'eau du bassin entraîne l'arrivée d'organismes zooplanctoniques dans la claire mais elles disparaissent rapidement, car elles ne sont pas adaptées à ces conditions trop limitantes.

2. Cas de l'espèce *Acartia grani*

L'espèce *Acartia grani* est présente dans la claire ostréicole à partir du mois de mars. Deux possibilités sont à envisager pour expliquer cette arrivée soudaine :

- soit cette espèce rentre dans la claire au moment du renouvellement d'eau et lorsque l'espèce *Eurytemora pacifica* disparaît.

- soit elle subsiste l'hiver sous forme d'œufs de durée. Ces œufs de résistance sont benthiques et se déposent sur le fond, dans le sédiment. La production d'œufs de diapause serait induite par une diminution des températures et dans une moindre mesure, par une variation de la photopériode et ils seraient majoritairement produits en fin de période hivernale et automnale, avec des abondances comprises entre $0,19 \times 10^6$ œufs en mai et $6,6 \times 10^6$ œufs/m² en septembre- octobre. (Guerrero, 1998).

dans le port de Malaga, au Sud-Est de l'Espagne,

La durée de vie d'un copépode *Acartia grani* adulte est d'environ trois semaines. En effet, la période entre l'augmentation et la chute du nombre d'adultes avant les vidanges, représente probablement la durée de vie d'une cohorte d'individus. On considère qu'il existe une synchronisation des populations provoquée par les vidanges.

A certaines périodes, le taux d'*Acartia grani* femelles est élevé et le taux de mâles est faible, ceci peut être dû à une stratégie de ponte particulière : une reproduction de type «r» par exemple (Alcaraz, 1983). De plus, la durée de vie d'un mâle représente un tiers de la durée de vie d'une femelle. Par conséquent, *Acartia grani* est une espèce dominant le peuplement de la claire ostréicole en période estivale : elle peut représenter jusqu'à 100% de l'abondance des autres copépodes présents.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La dynamique des populations zooplanctoniques a été étudiée au sein de l'écosystème claire ostréicole. La claire ostréicole est un écosystème confiné, à tendance estuarienne et ces conditions écologiques limitantes provoquent une sélection des espèces venant du bassin de Marennes-Oléron. Le nombre d'espèces présent dans la claire est restreint et nettement inférieur à celui du bassin de Marennes-Oléron et à celui du bassin d'Arcachon.

De plus, les vidanges mensuelles et le passage système ouvert/système fermé ont eu un effet important sur la dynamique des populations zooplanctoniques. En effet, à chaque vidange la population doit se remettre en place, ce qui modifie son évolution naturelle. Par conséquent, la dynamique des populations est liée à la gestion anthropique de la claire.

Cependant, une espèce, *Acartia grani*, est bien adaptée à ce type d'écosystème confiné notamment en période estivale où son abondance peut représenter 100% de celle des autres copépodes.

Ultérieurement, il serait intéressant de comparer ces résultats avec une étude de dynamique des populations zooplanctoniques, réalisée également au sein d'une claire ostréicole mais sans que l'écosystème ne soit modifié par des vidanges.

Les apports du stage

N'ayant aucune expérience ni dans le domaine de l'océanographie ni dans la recherche en général, ce stage m'a permis de découvrir et d'apprécier ces deux mondes très intéressants à plusieurs niveaux.

Au cours de ces quatre mois, j'ai pu mettre en pratique de nombreuses techniques :

- Le tri du zooplancton.
- Les méthodes histologiques : dégrossissement et coupe des blocs de paraffine, préparation et lecture des lames sous microscope.

D'une part, j'ai pu me rendre compte du quotidien d'un laboratoire ainsi que de son organisation et j'ai pu m'y adapter facilement.

D'autre part, j'ai eu le privilège d'être au contact de gens expérimentés qui m'ont, facilement, intégré dans leur équipe et qui m'ont beaucoup aidé par leur disponibilité, leur écoute et leurs conseils. J'ai pu, grâce à leur soutien, prendre confiance en moi d'un point de vue scientifique et en mes résultats. Assez vite, je suis devenue, en partie autonome face aux responsabilités qui m'étaient confiés.

De plus, j'ai eu l'occasion d'assister à des réunions hebdomadaires, très instructives, qui m'ont énormément aidé pour ma propre soutenance orale.

Par conséquent, ce stage m'a beaucoup plu car on m'a confié un sujet grâce auquel j'ai acquis de nombreuses techniques qui m'ont permis d'obtenir des résultats intéressants et j'ai également appris à rédiger un rapport ainsi qu'à créer un poster.

Ce stage a eu pour effet, à plus long terme, de confirmer mon désir de continuer dans le domaine de la recherche et plus précisément dans la voie de l'océanographie biologique. J'espère avoir l'occasion de retourner dans ce laboratoire lors de mes prochains stages car l'ambiance est à la fois studieuse et motivante et l'équipe est très agréable.