

MASTER SET

Sciences de l'Environnement Terrestre

Master 2 Recherche | Parcours Biodiversité et Ecologie (BIOECO)

Année 2011-2012

Structure d'une population d'huîtres (*Crassostrea gasar*) et des communautés phytoplanctoniques associées en Guyane française : rivière de Montsinéry



Présenté par **Magali GUIRAUD**

Drs Daniel GUIRAL et Stéphanie FAYOLLE, Directeurs de stage

A mon petit frère et ma petite sœur, Jean-Sébastien et Lorène, pour qu'ils croient en eux et se donnent les moyens de réaliser leurs rêves.

Remerciements



J'adresse en premier lieu toute ma gratitude à mes maîtres de stage, Stéphanie FAYOLLE et Daniel GUIRAL, grâce à qui le monde de la recherche m'est plus familier aujourd'hui. Merci d'avoir partagé votre savoir et votre expérience et merci pour votre confiance et vos conseils avisés. Ça a été pour moi une expérience des plus enrichissantes.

J'adresse aussi un grand merci au personnel du centre IRD de Cayenne, en particulier aux membres du LAMA : merci Max, Ginette et André pour votre disponibilité, votre implication dans l'étude et votre perpétuelle bonne humeur. Merci aussi à vous Alain et Michel pour m'avoir accompagné sur le terrain.

Je tiens à remercier la Mairie de Montsinéry, qui a majoritairement financé cette étude et tout particulièrement Patrick LECANTE, Maire de Montsinéry, pour sa curiosité et son investissement dans la valorisation de son patrimoine naturel.

Merci mille fois à toi Annie, souvent dans l'ombre mais dont la présence est ô combien appréciée.

Je remercie également toute l'équipe d'écologie des eaux continentales méditerranéennes pour m'avoir chaleureusement accueillie : merci à Evelyne FRANQUET, Céline BERTRAND, Cécile CLARET, Nicolas KALDONSKI et Robert GARNIER. Je tiens aussi à remercier tout particulièrement Julia VERGALLI, Stéphane CHARPENTIER et Camille ROUMIEUX, auprès de qui j'ai toujours trouvé une oreille attentive.

Je remercie au même titre toute l'équipe d'écologie microbienne, fournisseuse officielle de Haribo pendant toute la durée de mon stage. Un grand merci à Mathieu LUGLIA pour avoir pris le temps et la patience de m'aider à faire les calculs statistiques.

Je remercie aussi très chaleureusement toute la promotion du master 2 BioEco.

Enfin, je remercie tous mes proches pour avoir porté autant d'intérêt à mon travail et pour avoir cru en moi. Merci à toi ma keupine adorée (et nugget bien sûr) pour ta présence et ton soutien inébranlable, dans les moments de doute comme dans les instants de joie. Tu sais que ce mémoire c'est aussi un peu le tien.

Table des matières

I. INTRODUCTION	1
II. MATERIEL	4
II.1. Site d'étude	4
II.2. <i>Crassostrea gasar</i>	5
II.3. Le phytoplancton	6
III. METHODES	7
III.1. Stratégie d'échantillonnage	7
III.2. Analyses physicochimiques	7
III.3. Etude du phytoplancton	7
III.4. Détermination de l'indice de condition des huîtres	8
III.5. Mise en stabulation des huîtres et alimentation	9
III.6. Analyses statistiques	10
IV. RESULTATS	11
IV.1. Caractérisation des sites	11
IV.1.1. Hydrochimie	11
IV.1.1.1. Paramètres physicochimiques <i>in situ</i>	11
IV.1.1.2. Matières en suspension (MES)	11
IV.1.1.3. Sels nutritifs, phosphore et azote organique dissous (POD et NOD)	12
IV.1.2. Traits foliaires de la ripisylve	13
IV.1.3. Structure des communautés phytoplanctoniques	13
IV.1.3.1. Estimation des biomasses pigmentaires	13
IV.1.3.2. Densités et biovolumes	14
IV.1.3.3. Liste floristique	14
IV. 1.3.4. Diversité et similitude	15
IV.2. Les huîtres de Montsinéry	16
IV.2.1. Structure pondérale de la population	16
IV.2.2. Indices de condition (IC)	18
IV.3. Physiologie et alimentation de <i>C. gasar</i>	19
IV.3.1. 1 ^{ère} expérimentation : à la salinité du milieu	19
IV.3.2. 2 ^{ème} expérimentation : à différentes salinités	21
V. DISCUSSION	21
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	30
Références bibliographiques	
Tables des annexes	

Table des figures

Figure 1 : Localisation du site de Montsinéry en Guyane française (Sources : guyane.eelv.fr et Lemoine et Rose (1977), modifié).	4
Figure 2 : MES organiques et minérales (%) par station.	12
Figure 3 : MES (mg.l ⁻¹) par classes de tailles (µm) par station.	12
Figure 4 : Concentrations en Chla (µg.l ⁻¹), Phaeo (µg.l ⁻¹) et indice de vitalité par station.	13
Figure 5 : Chla et Phaeo (%) par classes de tailles (µm) par zone.	14
Figure 6 : Densité cellulaire (cellule.l ⁻¹) et biovolume (µm ³ .l ⁻¹) par zone.	14
Figure 7 : Abondance relative (%) des individus des différents groupes par zone.	15
Figure 8 : Indice de Shannon (H'), équitabilité (J') et richesse spécifique par station.	15
Figure 9 : Distribution des individus (%) par classes de poids (g) dans la population de <i>C. gasar</i> de Montsinéry (toutes zones confondues, n=1865).	16
Figure 10 : Droite de régression du nombre d'individus par classe de poids (g) de la population de <i>C. gasar</i> de Montsinéry (toutes zones confondues, n= 1865).	17
Figure 11 : Distribution rectifiée des individus (%) par classes de poids (g). Le pourcentage d'individus <1 g est extrapolé à partir des paramètres de la droite de régression (Figure 10).	17
Figure 12 : Distribution des individus (%) par classe de poids (g) par station.	17
Figure 13 : Poids frais moyen (g) d'un individu par zone.	18
Figure 14 : Respiration d'oxygène et concentrations en nitrates des huîtres de la zone 1 à la fin de l'expérimentation. Le bac 4 est le témoin (sans huîtres) et le bac 5 n'est pas pris en compte du fait de la mort d'un des individus pendant l'expérimentation.	20
Figure 15 : Différence de biomasse pigmentaire entre le témoins (sans huîtres) et le bac avec les huîtres, à quatre salinités (5, 10, 15 et 20).	21

Table des tableaux

Tableau I : Données hydrochimiques par station.	11
Tableau II : Concentrations en sels nutritifs, POD et NOD par station. L'indice de Redfield est calculé par le rapport des concentrations en azote et en phosphore : Redfield minéral = $[N-(NO_2 + NO_3)] + [N-NH_4]/[P-PO_4]$; Redfield organique = $[NOD]/[POD]$.	
Tableau III : Liste floristique des taxa phytoplanctoniques identifiés.	14
Tableau IV : Indice de Sørensen (β), similitude entre les stations d'une même zone.	16
Tableau V : Indice de Sørensen (β), similitude entre les zones.	16
Tableau VI : Répartition du poids sec (g) par station.	18
Tableau VII : Indices de condition (IC) calculés par station.	18
Tableau VIII : Indices de condition (IC), écart-type (σ) et coefficient de variation (c.v.) par zone.	19
Tableau IX : Caractéristiques pondérales moyennes des 5 individus par bac (bac T = bac témoin).	19
Tableau X : Biomasse pigmentaire consommée à la salinité du milieu.	20

I. Introduction

Souvent considérée comme un simple écotone entre les domaines continentaux et océaniques, la mangrove est une formation végétale arborée qui se développe dans la zone intertidale (de balancement des marées) des littoraux intertropicaux [Kathiresan et Bingham, 2001]. Elle constitue en réalité un écosystème spécifique caractérisé par la dominance des « palétuviers », terme générique qui regroupe diverses espèces végétales ligneuses sans lien phylogénétique et strictement adaptées à la mangrove [Thevand, 2007]. Cadamuro (1999) propose la définition suivante : « La mangrove est une formation végétale forestière formée de palétuviers qui se développe dans la zone de balancement des marées, en région tropicale et subtropicale. Ce terme sert également à désigner l'écosystème dans lequel vivent les palétuviers ». La mangrove couvre l'essentiel du littoral des régions tropicales en colonisant près de 75 % des côtes et deltas, sur une surface estimée à 182 000 km² [Spalding *et al.*, 1997].

En Guyane française, on estime que la mangrove occupe une surface comprise entre 55 000 ha [FAO, 2007] et 70 000 ha [Fromard *et al.*, 2004], soit environ 1,2 % des mangroves d'Amérique et 90 % des mangroves françaises [Roussel, 2010]. La mangrove guyanaise, comme toutes les autres mangroves, est soumise à de fortes contraintes environnementales [Lescure et Tostain, 1989] : inondation et exondation en fonction du régime des précipitations et des cycles de marées, salinité variable, hypoxie racinaire et forte turbidité liée aux actions de la houle, des courants littoraux et de marée [BRGM, 2009]. Cependant, en Guyane française, la principale spécificité de la mangrove est son contexte hydro-sédimentaire très instable, lié au transit le long de la côte des sédiments déversés dans l'océan Atlantique par l'Amazone [Baltzer *et al.*, 2004]. Chaque année, c'est environ 3,15 millions de tonnes de sédiments qui sont ainsi concernés [Guiral, 2003], dont 20 % sont charriés le long des côtes guyanaises [Charles-Dominique, 2011].

Outre ses sédiments, l'Amazone déverse également en moyenne dans l'océan 180 000 m³.s⁻¹ d'eau riche en substances nutritives, essentielles pour la croissance du phytoplancton [Guiral et Le Guen, 2012]. Deux fois par jour, les courants de marée déplacent ces masses d'eau riche et salée à l'intérieur des terres, enrichissant ainsi les eaux douces des rivières et des fleuves côtiers [Guiral et Le Guen, 2012]. Les turbulences générées par le conflit entre ces deux masses d'eau entraînent une remise en suspension du phytobenthos qui –

paradoxalement – peut contribuer transitoirement à enrichir les communautés phytoplanctoniques de la colonne d'eau [Paulmier, 1993].

En tant que producteurs primaires, les organismes phytoplanctoniques jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement de la composante aquatique des mangroves car ils contribuent à l'oxygénation de la masse d'eau et produisent du carbone organique à partir de carbone minéral [Köhler, 1995]. Ils participent aussi, en complément des apports de litière issus de la productivité des palétuviers, à l'alimentation de l'ensemble des communautés hétérotrophes de la mangrove [Do Rosario Marinho Jaussaud, 2007]. En outre, cette biomasse phytoplanctonique est au plan nutritionnel d'une bien meilleure qualité que celle issue de la minéralisation de la litière, ce qui confère au phytoplancton un rôle trophique crucial dans le fonctionnement général de l'écosystème [Alongi, 1998].

Parmi les organismes hétérotrophes consommateurs de phytoplancton, on recense des mollusques bivalves filtreurs tels que les huîtres. *Crassostrea gasar* est la seule espèce d'huître présente en Guyane française [Bonnet *et al.*, 1975]. Elle n'a à ce jour colonisé qu'un seul hydrosystème en Guyane française : le bassin de la rivière de Montsinéry. Après une phase larvaire planctonique, *C. gasar* vit fixé aux racines des palétuviers qui peuplent les berges de la rivière [Lemoine et Rose, 1977]. *C. gasar* est une espèce originaire d'Afrique de l'Ouest, où plusieurs études ont été menées sur sa biologie et son élevage [Dioh, 1976; Gilles et Le Pennec, 1992; Diadhiou, 1995; Leung Tack et Pages, 1999; IDEE, 2005; Sidoumou *et al.*, 2005; Thiam *et al.*, 2011]. Néanmoins, bien que *C. gasar* ait colonisé la Guyane française depuis probablement plusieurs siècles [Lapègue *et al.*, 2002] et que son ostréiculture ait été sérieusement envisagée à Montsinéry et en mer au large de la presqu'île de Cayenne il y a une quarantaine d'années [Bonnet *et al.*, 1975; Lemoine et Rose, 1977], aucune étude n'a encore été réalisée sur son alimentation.

L'alimentation est à la base de la croissance et du développement de tous les êtres vivants mais aussi de la pérennité de leur population car elle permet de subvenir aux besoins énergétiques nécessaires à leur métabolisme et à leur reproduction [Berg et Newell, 1986]. La question des besoins alimentaires est d'autant plus cruciale lorsque l'organisme considéré est élevé ou produit à des fins de commercialisation [Quayle, 1980]. Ainsi, de nombreuses études dans le monde ont été consacrées à la caractérisation du régime alimentaire et dans les processus impliqués dans l'alimentation des diverses espèces d'huîtres, en particulier dans le cadre d'élevages ostréicoles [annexe 1].

Une conséquence du mode de vie des organismes aquatiques tels que les huîtres qui, durant la majeure partie de leur cycle biologique sont sessiles, est que leur alimentation est étroitement liée à la composition chimique de la masse d'eau [Marteil, 1976]. Elle détermine en effet la quantité (richesse trophique) [Héral, 1991] et la qualité de la nourriture disponible. En effet, une huître a besoin d'une certaine quantité de phytoplancton pour son alimentation mais elle ne peut pas consommer toutes les espèces présentes car les branchies, les palpes labiaux et la glande digestive agissent comme un filtre sélectif à l'égard des particules présentes dans l'eau [De Crignis, 2007]. Pour le phytoplancton, ce tri s'effectue principalement selon sa taille et son ornementation [Riisgard, 1988; Barille *et al.*, 1993; MacDonald et Ward, 1994; Cognie *et al.*, 2001; Rico-Villa *et al.*, 2006] avec des implications pouvant être importantes pour l'échelon trophique primaire. Courties *et al.* (1994) ont par exemple mis en évidence que les huîtres de l'étang de Thau (*Crassostrea gigas*) ne retenaient que des cellules micro- et méso-phytoplanctoniques avec comme conséquence de favoriser le développement du pico-phytoplancton non-consommé.

Peu d'inventaires floristiques ont été menés sur le phytoplancton en Guyane française. On peut signaler cependant pour les eaux douces les travaux de Bourrely et Couté (1982), Thézérien (1985), Vaquer (2000) et Maia de Oliveira (2000) ; et pour les eaux de transition et marines, ceux de Nogues (1984), Paulmier (1993) et Do Rosario Marinho Jaussaud (2007). Paulmier a mis en évidence que quelle que soit la saison, les assemblages phytoplanctoniques de la rivière de Montsinéry sont dominés par des Diatomophycées, des algues à test siliceux dont la forme et l'ornementation sont caractéristiques des espèces. Néanmoins, ces observations n'ont pas pris en compte les éventuelles incidences de l'alimentation de *C. gasar* sur les communautés phytoplanctoniques de l'estuaire de Cayenne et réciproquement, un rôle possible des quantités et qualités des biomasses phytoplanctoniques sur la distribution et la croissance de *C. gasar*.

Les objectifs du travail de recherche présentés dans ce mémoire sont de fournir une caractérisation des communautés phytoplanctoniques de la rivière de Montsinéry au cours de la saison des pluies, avec une double finalité : écologique, et à la demande de la Mairie de Montsinéry, appliquée. La stratégie adoptée repose sur une confrontation des observations *in natura* et obtenues en contexte expérimental en vue de la caractérisation de l'alimentation de *Crassostrea gasar*. Plusieurs questionnements sont ainsi posés :

1. L'extension de la population de *C. gasar* de Montsinéry a-t-elle évolué depuis le dernier inventaire datant des travaux de Lemoine et Rose (1977)? Avec comme objectif premier de délimiter l'extension de son aire de répartition actuelle au stade fixé (sessile). En outre, alors que des observations non attestées scientifiquement indiquent des évolutions quantitatives et qualitatives récessives de cette population, il sera réalisé en divers sites de cette aire de répartition, des évaluations de la structure dimensionnelle et de l'état de santé de cette population ce qui nécessitera au préalable la définition d'un indice de condition.

2. Quelles sont les caractéristiques populationnelles et structurales des communautés phytoplanctoniques de la rivière de Montsinéry au cours de la saison des pluies ? A cet effet les communautés phytoplanctoniques de diverses stations de la rivière seront comparées entre elles en termes de composition, densité, structure, taille, biovolume et biomasse pigmentaire.

3. Quelles sont les conditions de salinité optimales pour l'alimentation des huîtres de Montsinéry ? Cette question sera abordée *ex situ*. Après mise en stabulation et acclimatation de *C. gasar*, l'ensemble des communautés phytoplanctoniques du milieu naturel lui sera proposé, à différentes conditions de salinité.

4. Les zones actuellement colonisées par *C. gasar* présentent-elles toutes les mêmes potentialités pour son alimentation naturelle ? A cet effet, la quantité et la qualité des espèces phytoplanctoniques seront estimées en diverses zones de la rivière et comparées à la structure démographique et à l'état physiologique des huîtres de ces mêmes zones.

II. MATERIEL

II.1. Site d'étude

La rivière de Montsinéry est l'un des affluents de la Rivière de Cayenne et se situe à 20 km à l'ouest de la presqu'île de Cayenne (Guyane française) (Figure 1).

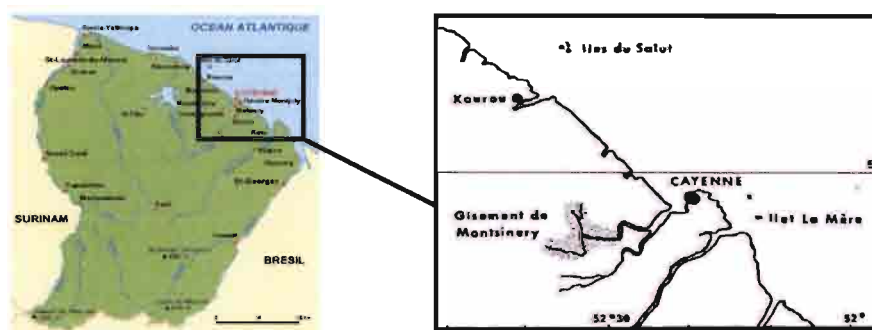


Figure 1 : Localisation du site de Montsinéry en Guyane française.

La rivière de Montsinéry draine environ 200 km² de forêt basse et de savane humide. Elle est bordée de palétuviers rouges (*Rhizophora mangle*) sur tout son cours estuarien ainsi que sur celui de ses nombreux affluents. La température moyenne de l'eau de 28,1 °C ($\sigma=1,14$) et les concentrations en oxygène de l'ordre de 155 $\mu\text{M.kg}^{-1}$ en moyenne ($\sigma=0,18$) sont pratiquement constantes tout au long de l'année [Lemoine et Rose, 1977]. Les influences marines affectent la totalité du bas cours de la rivière de Montsinéry, dont les salinités dépendent de la distance à l'estuaire de la Rivière de Cayenne, de l'amplitude des marées et du régime des précipitations. Le régime de précipitations, caractéristique du climat équatorial humide, permet d'identifier deux saisons bien distinctes : une saison des pluies (de janvier à juin) et une saison sèche (de juillet à décembre) [Do Rosario Marinho Jaussaud, 2007]. Les salinités sont ainsi voisines de zéro en saison humide, c'est-à-dire pendant les périodes de crues, et atteignent ou dépassent 25 au cours de l'étiage en saison sèche [Paulmier, 1993] (annexe 2).

II.2. *Crassostrea gasar*

Crassostrea gasar est un invertébré marin de l'embranchement des Mollusques et de la classe des Bivalves [Marteil, 1976]. Le genre *Crassostrea* regroupe plusieurs espèces communément appelées « huîtres creuses », par opposition aux « huîtres plates » du genre *Ostrea*. Sans analyse biomoléculaire, les différentes espèces du genre *Crassostrea* sont très difficiles à identifier du fait de la grande plasticité phénotypique de leur coquille et de leur morphologie interne [Lapègue *et al.*, 2002], qui se modifient en fonction des conditions du milieu et de leur âge [Verdon, 2000]. *C. gasar* vit essentiellement en zone d'estuaire, où elle est parfaitement adaptée à la zone de balancement des marées. Les individus forment des grappes sur les racines échasses des palétuviers *Rhizophora* (annexe 3), souvent seuls substrats durs au sein des mangroves. Lorsque d'autres substrats durs (pierres, piquets, appontements) existent, leur colonisation est aussi possible avec un mode de vie partiellement ou continuellement immergé [Gilles et Le Pennec, 1992].

On a longtemps pensé et publié que les huîtres du gisement de Guyane française appartenaient à l'espèce *Crassostrea rhizophorae* [Bonnet *et al.*, 1975; Lemoine et Rose, 1977; Boudry *et al.*, 1999]. C'est en 2000, grâce à des études génétiques sur des marqueurs moléculaires, qu'a pu être révélée la véritable identité taxonomique de la population de Montsinéry, qui appartient en réalité à l'espèce *C. gasar* [Verdon, 2000; Lapègue *et al.*, 2000, 2002; Moreau, 2001; Heurtebise *et al.*, 2001], décrite en 1757 sur les côtes Ouest africaines par Adanson [Adanson, 1757]. *C. gasar* est originaire de la zone intertropicale ouest africaine,

présente de la Mauritanie jusqu'au sud de l'Angola [Diadhiou, 1995]. Une récente étude génétique [Costa de Melo *et al.*, 2010] a mis en évidence que certaines populations d'huître des palétuviers du Brésil jusque-là identifiées comme appartenant à l'espèce *Crassostrea brasiliensis* étaient en fait des populations de *C. gasar*. Le Brésil et la Guyane française sont ainsi pour l'instant les deux seuls pays du continent américain où cette espèce africaine est avérée. En Guyane, sa présence est si remarquable qu'elle apparaît sur les armoiries de la commune de Montsinéry-Tonnegrande et que Ranson (1967) avait proposé de la distinguer en la nommant *Crassostrea guyanensis* [Marteil, 1976].

II.3. Le phytoplancton

Au sein des eaux estuariennes guyanaises, caractérisées par des charges en suspension en moyenne très élevées et des salinités souvent faibles, le phytoplancton constitue un ensemble hétérogène où l'on retrouve aussi bien des communautés pélagiques (de pleine eau) que des communautés benthiques (résultant de leur remise en suspension lors du flot). Selon les saisons et en particulier le régime de précipitations qui conditionne les débits fluviaux, les assemblages phytoplanctoniques sont dominés par des espèces différentes. En saison des pluies, ce sont les espèces à affinité continentale (d'eau douce) qui dominent alors qu'en saison sèche, où la salinité des eaux du milieu est plus élevée, ce sont les espèces à affinité marine telles que l'on observe majoritairement. [Paulmier, 1993]

Les premiers inventaires des espèces phytoplanctoniques pour les eaux estuariennes et marines de la plateforme continentale de Guyane française ont été réalisés entre 1976 à 1979 par Paulmier, qui a publié un catalogue des espèces de diatomées des eaux marines et saumâtres de Guyane [Paulmier, 1993]. Paulmier a choisi le bassin de Montsinéry pour étudier les communautés phytoplanctoniques estuariennes et y a prospecté trois stations : la crique Thoulouse, la crique Konse et la crique Sable (annexe 4). L'auteur précise que ce choix n'a pas été fait au hasard, car ces trois stations font partie des quatre stations indiquées par Lemoine et Rose (1977) comme particulièrement denses en huîtres des palétuviers. Paulmier (1993) a mis en évidence que quelle que soit la saison, les assemblages phytoplanctoniques de la rivière de Montsinéry sont dominés par des Diatomophycées. Ce sont plus particulièrement les Diatomophycées benthiques (dominance des formes pennées) qui, d'après Paulmier (1993), représentent le mieux la biocénose estuarienne. La période de mars à mai est peu productive. Les *maxima* phytoplanctoniques sont observées durant les périodes de transition saisonnières en juin-juillet (début de saison sèche) et en septembre-novembre (fin de saison sèche).

III. METHODES

III.1. Stratégie d'échantillonnage

La distribution spatiale de *C. gasar* au sein de l'estuaire de la rivière de Montsinéry est très hétérogène et agrégative alors que ses berges sont uniformément colonisées par des palétuviers. Trois zones de la rivière de Montsinéry ont été échantillonnées en mars 2012, à raison de trois stations par zones (annexe 4). Les stations d'une même zone sont peu éloignées entre elles (environ 150 m) et doivent probablement être soumises à un même fonctionnement hydrodynamique, c'est pourquoi la fixation des larves devrait y être équiprobable. Les trois stations sont ainsi supposées être représentatives de la variabilité intra-zone. En revanche, les zones correspondent à des hydrosystèmes différents : cours principal de la rivière (zone 3), bras secondaire très proche (zone 2), bras secondaire très distant (zone 1). De plus, ces zones sont relativement distantes (> 4 km) et sont supposées être représentatives de la diversité des secteurs de la rivière de Montsinéry colonisés par *C. gasar*. Pour chaque station et en vue d'obtenir une image la plus fidèle possible de la structure en poids des huîtres, entre 200 et 300 huîtres ont été systématiquement détachées des racines échasses des *Rhizophora*. Un prélèvement de 20 litres d'eau brute a été effectué un milieu du chenal, à proximité immédiate des huîtres pour les analyses physicochimiques et pour l'analyse du phytoplancton. Les températures et les concentrations en oxygène dissous en subsurface ont été mesurées *in situ*.

III.2. Analyses physicochimiques

Au laboratoire, le pH, la salinité, la conductivité et la néphélométrie ont été mesurés sur l'eau dans les plus brefs délais. Les concentrations ions chlorures, en sels nutritifs (N- $(\text{NO}_2 + \text{NO}_3)$, N- NH_4 , P- PO_4 , silicates), en azote et phosphore organiques dissous (NOD et POD) ont été dosées par analyse colorimétrique en flux continu au Technicon II.

III.3. Etude du phytoplancton

1. Méthode indirecte : dosage des pigments chlorophylliens

Les biomasses phytoplanctoniques totales et par classe de taille ($T > 40 \mu\text{m}$, $40 > T > 10 \mu\text{m}$, $10 > T > 3 \mu\text{m}$ et $3 > T > 0,7 \mu\text{m}$) ont été estimées par dosage fluorimétrique (fluorimètre Turner TD700 calibré avec de la chlorophylle pure Sigma) de la chlorophylle a (Chla, pigment photosynthétique dominant du phytoplancton) et des phéopigments (Phaeo, pigment caractéristique de la matière végétale dégradée). Les concentrations de Chla et de Phaeo ont permis de calculer indice de vitalité (rapport entre Chla et Phaeo), indicateur de la richesse biotique de l'eau [GIP Loire Estuaire, 2005].

2. Méthode directe : comptage au microscope

Au laboratoire 2,5 litres d'eau brute après filtration à 200 µm (élimination du zooplancton et de débris terrigènes) ont été concentrés cinq fois par filtration inverse à travers un tamis de 40 µm (élimination d'une fraction importante des argiles en suspension). Un sous-échantillon de 115 ml est fixé avec 5 ml d'une solution de lugol formolée. Les communautés phytoplanctoniques ont ensuite été étudiées à Marseille. Après sédimentation dans une cuve de 25 ml, les comptages ont été réalisés à l'aide d'un microscope inversé (Olympus) comme décrit par Uthermöhl (1958). L'identification a été réalisée aux grossissements 40x10 et 60x10 à l'aide de l'ouvrage de Paulmier (1993). Une liste floristique a ainsi été constituée. Les résultats ont ensuite été exprimés en nombre d'individus et en biovolumes totaux par unité de volume pour les divers prélèvements [AFNOR, 2006], comme suit :

$$\text{Biovolume total } (\mu\text{m}^3 \cdot \text{l}^{-1}) = \sum N_i \times \text{biovolume espèce } i$$

Où N_i = nombre d'individus par litre de l'espèce i et biovolume espèce i = le volume (μm^3) de l'espèce i directement estimé ou en recourant aux données de l'INRA.

III.4. Détermination de l'indice de condition des huîtres

L'impact des conditions environnementales sur la biologie et la physiologie des huîtres se traduit par des variations de la quantité de leurs tissus organiques résultant de l'équilibre dynamique entre stockage et mobilisation des ressources énergétiques. Un indice de condition (IC) est en général la valeur de la pente d'une droite de régression entre deux variables mesurées chez un nombre significatif d'individus (exemple de construction d'un IC en annexe 6).

Les 200-300 individus recueillis par station ont été triés par classes de poids frais (pesées au trébuchet au g près) selon une suite géométrique de raison 2 à partir de 2 g. Parmi ces individus, 50 individus ont été échantillonnés sur la base de leur poids frais. A cet effet, les pourcentages d'individus appartenant aux six classes de poids (2-4 g, 4-8 g, 8-16 g, 16-32 g, 32-64 g et >64 g) ont été estimés et extrapolés à 50 individus de manière à obtenir un sous-échantillon représentatif de la population initiale. Les poids frais individuels après lavage, de la coquille (somme des deux valves), de la chair et par différence de pesée du liquide intervalvaire ont été déterminés. Après séchage à poids constant (étuve ventilée à 60 °C), les poids sec de la coquille, de la chair et du liquide intervalvaire ont été évalués. En outre, après calcination à 55 °C pendant 3h, le poids de cendre de la chair sèche et par différence les biomasses individuelles ont été estimées.

Ces différentes mesures ont été effectuées car dans la littérature de nombreux indices de condition reposent sur différentes combinaisons de ces paramètres pour le genre *Crassostrea*, mais aucun d'entre eux n'est préconisé pour l'espèce *C. gasar*. Afin de définir le plus adapté pour *C. gasar*, neuf de ces indices de condition ont été testés (annexe 5) principalement basés sur l'utilisation du poids sec correspondant à une valeur standard [Bodoy *et al.*, 1986].

III.5. Mise en stabulation des huîtres et alimentation

Sur l'ensemble des trois stations d'une même zone, un lot composite d'huîtres de poids supérieur à 25 g a été constitué. Ces individus ont été mis en stabulation pour définir au laboratoire et en conditions contrôlées leurs préférences alimentaires.

1^{ère} expérimentation : à la salinité du milieu naturel.

Les huîtres d'une même zone sont stockées en immersion permanente dans des bacs d'acclimatation 5 jours avant l'expérimentation. L'eau enrichie en oxygène par un bulleur correspondait à celle du milieu d'origine des huîtres après élimination des particules de taille supérieure à 200 μm . Les huîtres ont été mises à jeûner 3 jours avant le début de l'expérience de manière à vider leur contenu stomacal. Cinq huîtres étaient ensuite placées dans un bac de 5,5 litres, à température ambiante (28 °C), à l'obscurité, avec un apport continu en oxygène fourni par un bulleur (Rena®). L'expérimentation a duré 48 h pour conserver les algues dans un bon état physiologique. Pour chaque zone, quatre répliques ont été réalisées ainsi qu'un témoin, sans huîtres. Les concentrations pigmentaires et les communautés phytoplanctoniques ont été analysées au début et à la fin de l'expérimentation. La respiration et l'excrétion des huîtres ont également été mesurées.

2^{ème} expérimentation : à salinité variable

L'eau d'alimentation des huîtres est issue d'un mélange en proportion variable d'eau de la rivière de Montsinéry et d'eau océanique prélevée au large (20 km) de la presqu'île de Cayenne. Les mélanges de salinité croissante (5, 10, 15 et 20) avaient été préalablement (une semaine avant l'expérimentation) enrichis en N et P (dans une proportion de 16 $\mu\text{M.l}^{-1}$ de N pour 1 $\mu\text{M.l}^{-1}$ P, respectant ainsi le rapport de Redfield [Dufour et Berland., 1999]). L'acclimatation des huîtres de Montsinéry dans des eaux de plus en plus salées et sans phytoplancton s'est faite progressivement sur 10 jours à raison de 2 jours par salinité. A la différence de la première expérimentation, le nombre d'huîtres par bac était de 7, sur 5 jours d'expérimentation en respectant le cycle nycthéral naturel. A l'intérieur de chaque bac, un

erlenmeyer témoin (sans huîtres) de 150 ml d'eau initiale était disposé pour suivre les évolutions des biomasses phytoplanctoniques en absence d'influence des huîtres (consommation et excrétion).

III.6. Analyses statistiques

L'indice de Shannon (H') permet d'exprimer la diversité en prenant en compte l'abondance des individus par espèces. Il est a été calculé pour chaque station par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i$$

Où : p_i = abondance relative de l'espèce i : $p_i = n_i / N$;

n_i = nombre d'individus de l'espèce i dans l'échantillon ;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

L'indice d'équitabilité de Pielou (J') traduit la répartition des abondances des espèces dans le peuplement. Il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques et il est minimal quand une seule espèce domine le peuplement. Il est donné par la formule suivante :

$$J' = H' / H'_{\max}$$

Où : $H'_{\max} = \log S$;

S = nombre total d'espèces.

Pour comparer les similitudes entre stations et zones, l'indice de Sørensen (β) a été calculé selon la formule :

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

Où : S_1 = nombre total d'espèces dans la communauté 1

S_2 = le nombre total d'espèces dans la communauté 2

c = le nombre d'espèces communes aux deux communautés.

Les tests statistiques suivants ont été réalisés avec le logiciel Excel stat. Des analyses de variance (ANOVA, $\alpha=0,05$) à un facteur pour comparer les indices de conditions des palétuviers dans les différentes zones et à deux facteurs pour tester l'interaction entre les classes de poids et les stations d'une même zone. Un test de Kruskal Wallis (KW, $\alpha=0,05$) de comparaison multiple par paires avec correction de Bonferroni ($\alpha^*=0,167$), pour comparer les moyennes entre zones : des MES, des concentrations pigmentaires, de l'indice de Shannon, de l'équitabilité, de la richesse spécifique, des densités cellulaires phytoplanctoniques, des biovolumes et de la biomasse sans cendre des huîtres. Un test de Student bilatéral ($\alpha=0,05$) sur les pentes des droites de régression des indices de condition des huîtres, pour comparer les zones deux à deux après transformation $\log_{10}$.

IV. RESULTATS

IV.1. Caractérisation des sites

IV.1.1. Hydrochimie

IV.1.1.1. Paramètres physicochimiques *in situ*

Les coordonnées GPS des stations sont données dans l'annexe 4. Les températures, concentrations en oxygène dissous ($[O_2]_{\text{eau}}$), pH, saturations en oxygène, conductivités, salinités et néphélométries de l'eau mesurés en subsurface à marée basse pour chaque station sont présentés dans le Tableau I.

Station	ZONE 1			ZONE 2			ZONE 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Date	20/03	20/03	20/03	23/03	23/03	23/03	27/03	27/03	27/03
Heure	10h	10h30	11h15	11h30	12h30	13h15	12h45	13h45	14h20
Température eau (°C)	27,3	27,5	27,9	26,8	27,9	27,8	27,7	27,6	27,6
$[O_2]_{\text{eau}}(\text{mg.l}^{-1})$	4,22	4,57	4,67	4,23	4,18	4,99	5,17	5,68	5,15
pH	7.14	7.19	7.16	7.06	7.00	6.96	6.84	6.87	6.90
Saturation $O_2(\%)$	53	58	60	53	53	63	66	72	65
Conductivité ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	1513	1592	1256	1338	1130	831	707	664	667
Salinité	0,75	0,79	0,63	0,68	0,57	0,41	0,34	0,32	0,33
Néphélométrie (NTU)	50	70	105	110	55	110	50	40	45

Tableau I : Données hydrochimiques par station.

Les températures sont sensiblement les mêmes entre les 9 stations, comprises entre 26,8 °C (zone 2 station 1 ou 2-1) et 27,9 °C (1-3 et 2-2). Les concentrations moyennes en oxygène dissous sont identiques au sein des zones 1 (4,49 mg.l^{-1}) et 2 (4,47 mg.l^{-1}) alors qu'elles sont légèrement supérieures pour la zone 3 (5,33 mg.l^{-1}). Le pH varie très peu entre les stations et les zones, allant de 6,84 (3-1) à 7,19 (1-2). Les saturations en oxygène sont en moyenne de 57 % (zones 1 et 2) contre 68 % (zone 3). Les conductivités sont homogènes au sein des 3 stations de chacune des 3 zones. La conductivité moyenne est supérieure pour la zone 1 (1455 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), intermédiaire pour la zone 2 (1100 $\mu\text{S.cm}^{-1}$) et inférieure pour la zone 3 (680 $\mu\text{S.cm}^{-1}$). Les salinités sont de respectivement 0,38, 1,60 et 0,81 en moyenne pour les zones 1, 2 et 3. Les néphélométries sont comprises entre 42 NTU (3-2) et 111 NTU (2-1). La néphélométrie est en moyenne de 75 NTU (zone 1), 92 NTU (zone 2) et 45 NTU (zone 3).

IV.1.1.2. Matières en suspension (MES)

Les MES totales sont en moyenne de 97 mg.l^{-1} (zone 1), 122 mg.l^{-1} (zone 2) et 61 mg.l^{-1} (zone 3). Elles ne sont pas significativement différentes entre les zones (KW, $p=0,079$). La fraction minérale (65 % des MES totales) est supérieure à la fraction organique (Figure 2).

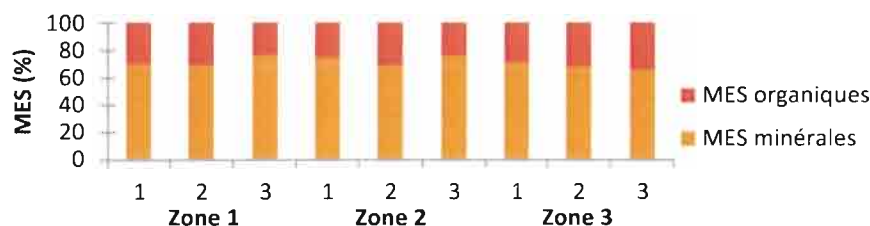


Figure 2 : MES organiques et minérales (%) par station.

Pour chacune des neuf stations, les MES comprises entre 40 μm et 10 μm représentent moins de 15 % des MES totales et les MES comprises entre 40 μm et 200 μm et supérieures à 200 μm représentent chacune moins de 10 % des MES totales. Ce sont les MES inférieures à 3 μm (Figure 3) qui dominent dans les zones 1 et 3, représentant respectivement en moyenne 57 % (53,8 mg.l^{-1}) et 50 % (30,4 mg.l^{-1}) des MES totales. Pour la zone 2, ce sont les MES comprises entre 3 μm et 10 μm qui sont majoritaires, représentant en moyenne 50 % (43,2 mg.l^{-1}) des MES totales.

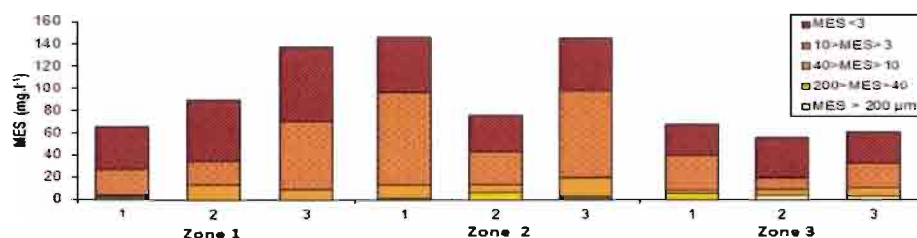


Figure 3 : MES (mg.l^{-1}) par classes de tailles (μm) par station.

IV.1.1.3. Sels nutritifs, phosphore et azote organiques dissous (POD et NOD)

Les sels nutritifs (nitrates ($\text{N}-(\text{NO}_2 + \text{NO}_3)$), ammoniacque ($\text{N}-\text{NH}_4$), phosphates ($\text{P}-\text{PO}_4$) et silicates (Si)) sont des éléments essentiels pour la croissance du phytoplancton. Les résultats des dosages des sels nutritifs, du POD et du NOD présents dans l'eau de chacune des stations sont présentés dans le Tableau II.

	ZONE 1			ZONE 2			ZONE 3		
Station	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\text{N}-(\text{NO}_2 + \text{NO}_3) (\mu\text{M.l}^{-1})$	0,19	0,00	0,82	0,13	0,06	0,06	0,08	0,06	0,04
$\text{N}-\text{NH}_4 (\mu\text{M.l}^{-1})$	0,00	1,22	0,38	0,00	2,89	1,31	0,31	0,00	0,00
$\text{P}-\text{PO}_4 (\mu\text{M.l}^{-1})$	0,47	0,46	0,39	0,45	0,45	0,32	0,22	0,24	0,27
Redfield _{minéral}	0,40	2,65	3,08	0,29	6,56	4,28	1,77	0,25	0,15
POD ($\mu\text{M.l}^{-1}$)	0,02	0,11	< 0,02	0,08	0,12	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02
NOD ($\mu\text{M.l}^{-1}$)	16,90	12,84	12,45	13,96	11,71	12,44	11,51	10,78	11,24
Redfield _{organique}	845	117	1245	175	98	311	1151	1078	1124
Si ($\mu\text{M.l}^{-1}$)	52,09	57,22	54,22	70,13	72,00	60,15	56,45	54,91	54,70

Tableau II : Concentrations en sels nutritifs, POD et NOD par station. L'indice de Redfield est calculé par le rapport des concentrations en azote et en phosphore :

$$\text{Redfield}_{\text{minéral}} = [\text{N}-(\text{NO}_2 + \text{NO}_3)] + [\text{N}-\text{NH}_4] / [\text{P}-\text{PO}_4] ; \text{Redfield}_{\text{organique}} = [\text{NOD}] / [\text{POD}].$$

Les concentrations en nitrates sont comprises entre $0,00 \mu\text{M.l}^{-1}$ (1-2) et $0,82 \mu\text{M.l}^{-1}$ (1-3) et en ammoniacque entre $0,00$ (1-1, 2-1, 3-2, 3-3) et $2,89 \mu\text{M.l}^{-1}$ (2-2). Les concentrations en phosphates sont très faibles, inférieures à $0,45 \mu\text{M.l}^{-1}$ (1-1). Les valeurs du rapport de $\text{Redfield}_{\text{minéral}}$ sont comprises entre $0,15$ (3-3) et $6,56$ (2-2). Les concentrations en POD sont inférieures à $0,15 \mu\text{M.l}^{-1}$ ($0,11 \mu\text{M.l}^{-1}$ (1-2)). Les concentrations en NOD sont comprises entre $10,78 \mu\text{M.l}^{-1}$ (3-2) et $16,90 \mu\text{M.l}^{-1}$ (1-1). Les valeurs du $\text{Redfield}_{\text{organique}}$ sont très élevées, comprises entre 98 (2-2) et 1245 (1-3). Les concentrations en silicates (Si) sont supérieures à $50 \mu\text{M.l}^{-1}$ (valeur minimale $52,09 \mu\text{M.l}^{-1}$ (1-1)).

IV.1.2. Traits foliaires de la ripisylve

Différents traits foliaires ont été retenus pour caractériser l'état physiologique des *Rhizophora mangle*, supports des huîtres à Montsinéry. Trois ont été retenus, la teneur en matière sèche (LDMC), la surface spécifique (SLA) et l'épaisseur des feuilles (LT) (pour détails voir Brunel (2012)). Il n'y a pas de différence significative entre les zones (SLA (ANOVA, $p=0.095$), LDCM (ANOVA, $p=0.144$) et LT (ANOVA, $p=0.487$)).

IV.1.3. Structure des communautés phytoplanctoniques

IV.1.3.1. Estimation des biomasses pigmentaires

Les concentrations en Chla et en Phaeo (Figure 4) sont des estimateurs de la biomasse pigmentaire. Elles sont en moyenne respectivement de $8,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $5,0 \mu\text{g.l}^{-1}$ (zone 1), $7,8 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $4,6 \mu\text{g.l}^{-1}$ (zone 2) et $3,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $2,6 \mu\text{g.l}^{-1}$ (zone 3). Il n'y a pas de différence significative entre les zones (KW, $p=0,65$). La Chla active est en moyenne de 62% (zones 1 et 2) et 57% (zone 3). La vitalité est en moyenne de $1,7$ (zones 1 et 2) et $1,3$ (zone 3).

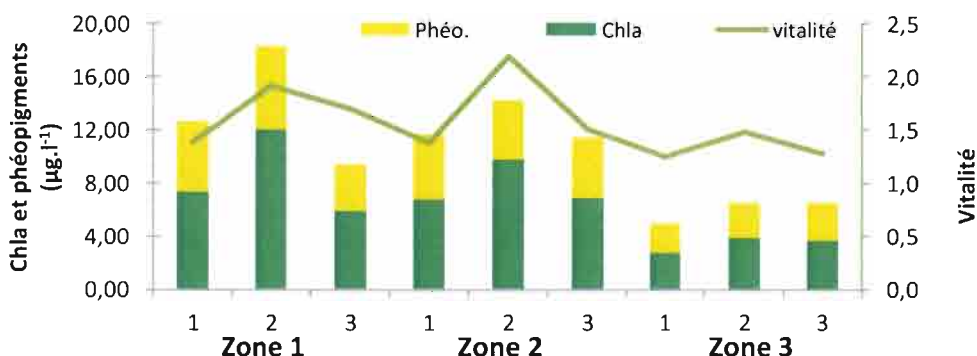


Figure 4 : Concentrations en Chla ($\mu\text{g.l}^{-1}$), en Phaeo ($\mu\text{g.l}^{-1}$) et indice de vitalité par station.

La répartition du phytoplancton par classes de tailles (Figure 5), quelle que soit la zone considérée, montre que la Chla et les Phaeo sont majoritairement contenues au sein de particules de taille comprise entre $3 \mu\text{m}$ et $10 \mu\text{m}$. En effet, les particules de cette classe de

taille représentent 53 % (zone 1), 47 % (zone 2) et 52 % (zone 3) de la Chla totale ainsi que 66 % (zone 1), 64 % (zone 2) et 53 % (zone 3) des Phaeo totaux de chaque zone.

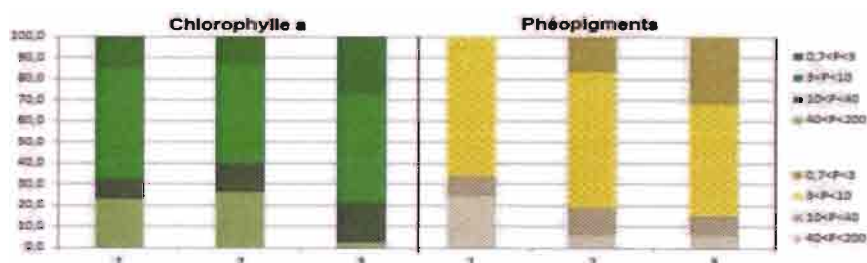


Figure 5 : Chla a et Phaeo (%) par classes de tailles (µm) par zone.

IV.1.3.2. Densités et biovolumes

Les densités cellulaires et les biovolumes moyens et leur écarts-types associés par zone sont présentés Figure 6. Il n'y a pas de différence significative entre les zones des densités cellulaires (KW, $p=0,061$) ni des biovolumes (KW, $p=0,113$).

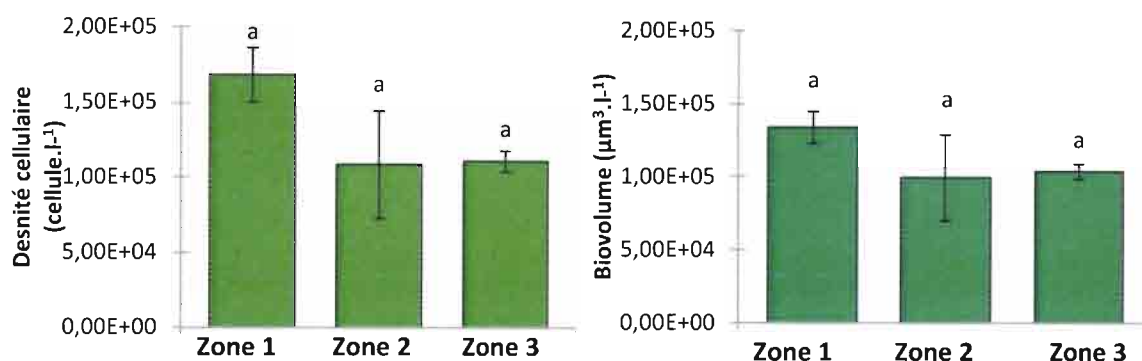


Figure 6 : Densité cellulaire (cellules.l⁻¹) et biovolume (µm³.l⁻¹) par zone.

IV.1.3.3. Liste floristique

Au total, 45 taxons ont été identifiés dont 41 Diatomophyceae, 2 Chlorophyceae, 1 Dinofagelleae et 1 Euglénophyteae (Tableau III).

Diatomophyceae	<i>Eunotiasp</i>	<i>Navicula marina</i>	<i>Pleurosigma brasiliensis</i>
<i>Amphora angusta</i>	<i>Frustulia interposita</i>	<i>Navicula sp</i>	<i>Pleurosigma decorum</i>
<i>Amphora decussata</i>	<i>Frustulia rhomboides</i>	<i>Nitzschia delicatissima</i>	<i>Rhaphoneis sp</i>
<i>Amphora aegregia</i>	<i>Gyrosigma/pleurosigma sp 1</i>	<i>Nitzschia fluminensis</i>	<i>Surirella sp</i>
<i>Ardissonia sp</i>	<i>Gyrosigma/pleurosigma sp 2</i>	<i>Nitzschia levidensis</i>	<i>Synedra laevigata</i>
<i>Caloneis sp</i>	<i>Gyrosigma/pleurosigma sp 3</i>	<i>Nitzschia longissima</i>	Chlorophyceae
<i>Coscinodiscus sp</i>	<i>Gyrosigma/pleurosigma sp 4</i>	<i>Nitzschia obtusa</i>	<i>Chlorella sp</i>
<i>Cyclotella sp</i>	<i>Gyrosigma/pleurosigma sp 5</i>	<i>Nitzschia panduriformis</i>	<i>Closterium sp</i>
<i>Diploneis crabro</i>	<i>Mastogloia pusilla</i>	<i>Nitzschia pungens</i>	Dinoflagelleae
<i>Diploneis elliptica</i>	<i>Mastogloia rostrata</i>	<i>Nitzschia sigma</i>	<i>Peridinium sp</i>
<i>Diploneis gruendleri</i>	<i>Mastogloia sp</i>	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	Euglénophyteae
<i>Epithemia sp</i>	<i>Mastogloia subaffirmata</i>	<i>Nitzschia sp</i>	<i>Trachelomonas sp</i>

Tableau III : Liste floristique des taxa phytoplanctoniques identifiés.

La répartition des individus dans ces différents taxa au sein des trois zones est représentée (Figure 7).

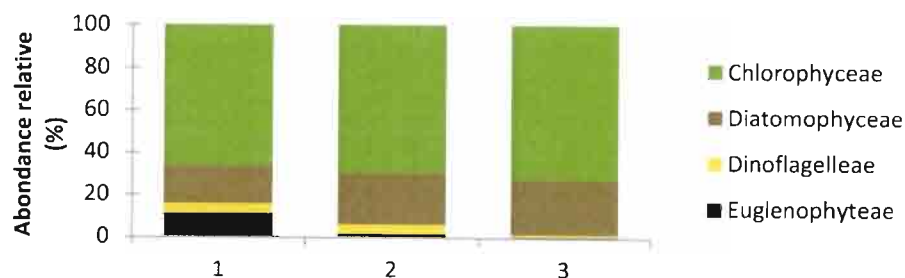


Figure 7 : Abondance relative (%) des individus des différents groupes par zone.

En termes d'abondance, c'est le genre *Chlorella* appartenant au groupe des Chlorophyceae qui domine, avec une abondance relative moyenne de 66 % (zone 1), 70 % (zone 2) et 73 % (zone 3). L'abondance relative moyenne du groupe des Diatomophyceae est de 18 % (zone 1), 24 % (zone 2) et 26 % (zone 3). Quelle que soit la zone considérée, les groupes des Euglénophyteae et des Dinoflagelleae ne dépassent respectivement pas 11 % et 5 % de leur abondance relative moyenne.

IV.1.3.4. Diversité et similitude

Les richesses spécifiques (Figure 8) sont comprises entre 14 (1-3) et 24 (2-2). Elles sont en moyenne de 17 (zone 1), 22 (zone 2) et 19 (zone 3) et ne sont pas significativement différentes entre les zones (KW, $p=0,202$). Les indices de Shannon (H') sont compris entre 1,19 (3-1) et 2,09 (2-2). Ils sont en moyenne de 1,73 (zone 1), 1,89 (zone 2) et 1,40 (zone 3) et ne sont pas significativement différents entre les zones (KW, $p=0,202$). Les équitabilités (J') sont très faibles, comprises entre 0,29 (3-1) et 0,46 (2-2). Elles sont en moyenne de 0,40 (zone 1), 0,43 (zone 2) et 0,33 (zone 3) et ne sont pas significativement différentes entre les zones (KW, $p=0,079$).

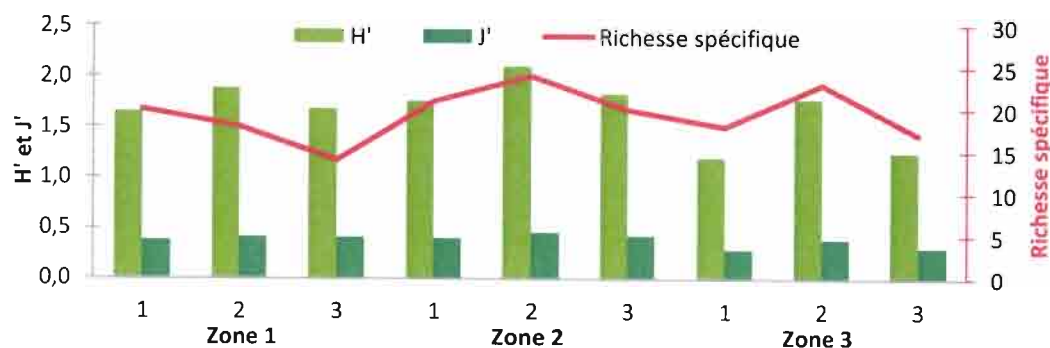


Figure 8 : Indice de Shannon (H'), équitabilité (J') et richesse spécifique par station.

Les valeurs des indices de Sørensen (β), mesurant la similitude entre les 3 stations d'une même zone (Tableau IV), varient de 0.53 (1-1 vs 1-2) à 0.77 (2-2 vs 2-3). Les stations des zones 1 et 2 présentent un indice relativement faible, alors que les stations de la zone 3 présentent plus de similitude entre elles.

	Zone 1			Zone 2			Zone 3		
Stations	1 vs 2	1 vs 3	2 vs 3	1 vs 2	1 vs 3	2 vs 3	1 vs 2	1 vs 3	2 vs 3
β	0.53	0.71	0.63	0.59	0.56	0.77	0.73	0.69	0.70

Tableau IV : Indice de Sørensen (β), similitude entre les stations d'une même zone.

L'indice de Sørensen a également été calculé pour comparer la similitude entre les 3 zones. Les communautés phytoplanctoniques des zones 1 et 2 sont les plus semblables (Tableau V).

	Zone 1 vs Zone 2	Zone 1 vs Zone 3	Zone 2 vs Zone 3
β	0,72	0,66	0,68

Tableau V : Indice de Sørensen (β), similitude entre les zones.

IV.2. Les huîtres de Montsinéry

IV.2.1. Structure pondérale de la population

Les individus dont le poids frais est inférieur ou égal à 50 g représentent 99% des individus totaux (Figure 9). Le plus gros individu a été observé dans la station 2 de la zone 3. Il pesait 119 g, soit compte tenu des relations poids frais/pois sec déterminées pour cette station, un poids de coquille de l'ordre de 80 g et des poids de chair fraîche et sèche respectivement de 17 g et 2,7 g. En outre, des individus de taille plus importante ont été observés mais non prélevés dans le cadre de la stratégie d'échantillonnage adoptée.

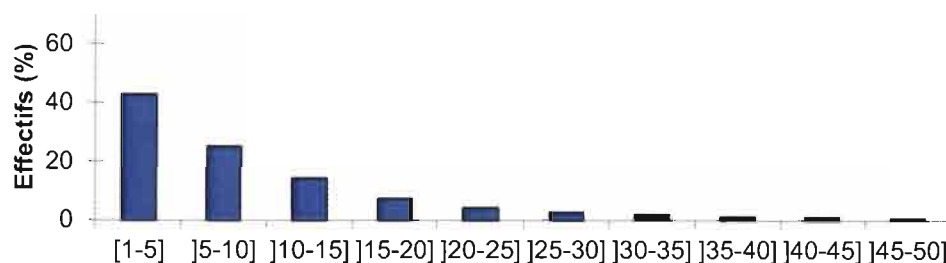


Figure 9 : Distribution des individus (%) par classes de poids (g) dans la population de *C. gasar* de Montsinéry (toutes zones confondues, $n=1865$).

La classe de poids dominante (43 % des effectifs totaux) est celle correspondant aux individus dont le poids frais est le plus faible, compris entre 1 g et 5 g. La courbe est uniformément décroissante et donc sans identification de cohorte. La décroissance

logarithmique en poids frais de la population d'huîtres de Montsinéry peut être modélisée par deux équations, selon que les individus ont un poids inférieur ou supérieur à 25 g (Figure 10).

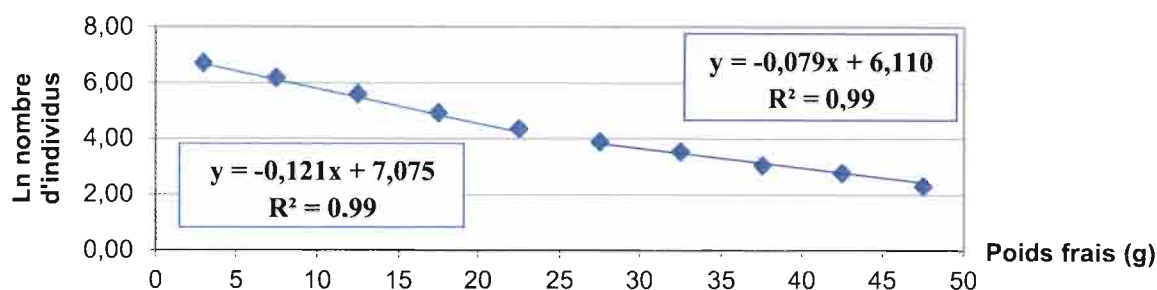


Figure 10 : Droite de régression du nombre d'individus par classe de poids (g) de la population de *C. gasar* de Montsinéry (toutes zones confondues, $n=1865$).

Cette modélisation permet d'extrapoler les effectifs de la classe de poids comprise entre 0 g et 1 g, que nous n'avons pas pu prélever sur le terrain en raison de la fragilité de leur coquille qui ne peut être détachée sans endommagement. Après extrapolation et ajout des effectifs de la classe de poids comprise entre 0 g et 1 g, on obtient une nouvelle distribution en poids frais (Figure 11).

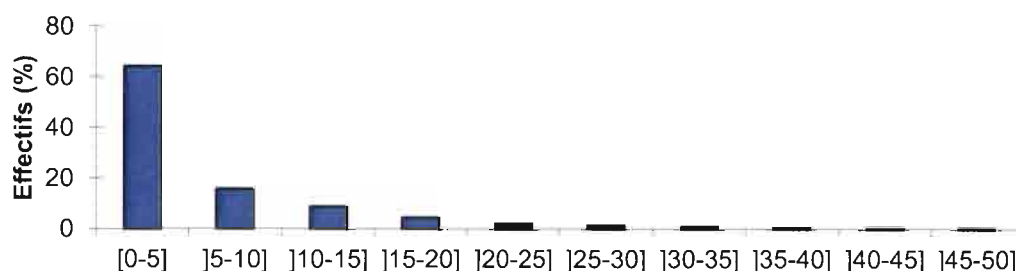


Figure 11 : Distribution rectifiée des individus (%) par classes de poids (g). Le pourcentage d'individus <1 g est extrapolé à partir des paramètres de la droite de régression (Figure 10).

La distribution du poids frais (Figure 12) n'est pas significativement différente entre les 3 stations d'une même zone (ANOVA, $p>0,05$) ni entre les zones (ANOVA, $p>0,05$).

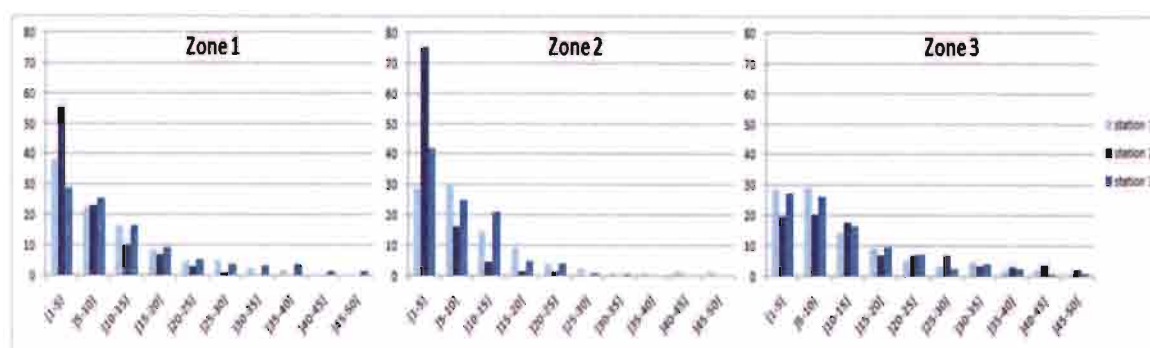


Figure 12 : Distribution des individus (%) par classe de poids (g) par station.

Le poids frais moyen d'un individu est de 6,4 g (zone 1), 5,6 g (zone 2) et 9,7 g (zone 3) (Figure 13).

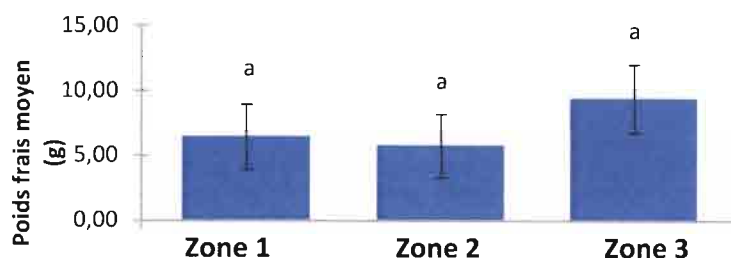


Figure 13 : Poids frais moyen (g) d'un individu par zone.

Le poids sec moyen d'un individu (Tableau VI) est compris entre 3,55 g (2-2) et 14,36 g (3-2). Quelle que soit la station considérée, la coquille représente entre 96 % et 97 % du poids sec total contre moins de 0,5 % pour le liquide intervalvaire. La chair contribue à entre 2,3 % et 3,9 % du poids sec total dont la matière organique représente en moyenne 90 %.

Zone	station	Poids sec (g)	Ecart type	% coquille	% liquide intervalvaire	% chair	% M.O. chair
1	1	7,97	6,18	96	0,4	3,5	90
	2	5,80	4,89	96	0,4	3,9	90
	3	10,45	8,25	96	0,3	3,5	92
2	1	8,34	6,99	96	0,4	3,9	92
	2	3,55	2,83	96	0,4	3,7	89
	3	5,99	3,42	96	0,5	3,1	93
3	1	9,83	11,36	97	0,3	2,3	93
	2	14,36	13,35	97	0,3	3,0	89
	3	9,25	7,02	97	0,4	2,7	89

Tableau VI : Répartition du poids sec (g) par station.

La biomasse sans cendre moyenne des individus est de 2,25 (zone 1), 2,12 g (zone 2) et 1,65 g (zone 3). Elle n'est pas significativement différente entre les zones (ANOVA, $p=0,099$).

IV.2.2. Indices de condition (IC)

Les valeurs des IC basés sur des mesures de poids sec sont présentées (Tableau VII).

	Station	ZONE 1			ZONE 2			ZONE 3		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
IC 1	Pente	38.21	43.00	34.72	54.61	38.31	36.62	22.02	32.57	32.85
	R ²	0.86	0.95	0.73	0.85	0.92	0.76	0.83	0.81	0.88
IC 2	Pente	4.0	4.7	3.4	4.3	4.6	4.9	2.6	3.4	3.9
	R ²	0.89	0.93	0.90	0.83	0.88	0.83	0.82	0.86	0.80
IC 3	Pente	11.82	11.72	10.86	9.49	11.98	13.92	12.56	12.01	12.92
	R ²	0.85	0.86	0.75	0.77	0.88	0.71	0.65	0.89	0.75
IC 4	Pente	11.03	10.89	10.06	7.8	10.85	14.00	11.95	10.87	11.66
	R ²	0.88	0.88	0.75	0.63	0.88	0.66	0.68	0.90	0.75

Tableau VII : Indices de condition (IC) calculés par station.

La comparaison statistique des valeurs des pentes des droites de régression des quatre IC montre que quel que soit l'IC, les valeurs de pentes sont significativement différentes entre chacune des trois zones (Test de Student, $p < 0.001$ pour tous les IC et entre chaque zone). Parmi les 4 IC, ceux dont l'écart-type et le coefficient de variation sont en moyenne les plus faibles pour les diverses stations d'une même zone sont l'IC 3 et l'IC 4 (Tableau VIII). L'IC 3 et l'IC 4 ont ainsi été retenus pour estimer spatialement et au cours de notre étude (saison des pluies) la condition des huîtres à Montsinéry.

	Zone 1			Zone 2			Zone 3		
	pen	σ	c.v	pen	σ	c.v	pen	σ	c.v
IC 1	38,64	4,16	10,77	43,18	9,93	23,00	29,15	6,17	21,19
IC 2	4,03	0,65	16,13	4,60	0,30	6,52	3,30	0,66	19,87
IC 3	11,47	0,53	4,60	11,80	2,22	18,82	12,50	0,46	3,67
IC 4	10,66	0,52	4,92	10,88	3,10	28,49	11,49	0,56	4,86

Tableau VIII : Indices de condition (IC), écart-type (σ) et coefficient de variation (c.v.) par zone.

Sur cette base, la zone où les individus ont la moins bonne condition est la zone 3. Parmi l'ensemble des stations, celle dont les IC sont les meilleurs est la station 1 de la zone 2.

IV.3. Physiologie et alimentation de *C. gasar*

IV.3.1. 1^{ère} expérimentation : à la salinité du milieu

Les poids frais des individus mis en stabulation sont présentés (Tableau IX).

Zone	N° bac	Poids sec moyen (g)	σ	% coquille	% liquide intervalvaire	% chair	% M.O. chair	Biomasse sans cendre cumulée (g)
1	1	29,37	6,28	96	0,29	3,31	96	4,69
	2	28,35	5,71	97	0,30	2,67	91	3,44
	3	29,50	8,79	97	0,35	2,79	92	3,81
	T	-	-	-	-	-	-	-
	5	29,39	6,44	97	0,35	2,92	86	3,71
2	1	28,37	10,63	96	0,42	3,10	90	3,17
	2	33,98	7,19	94	0,32	2,38	93	3,78
	T	-	-	-	-	-	-	-
	4	29,72	9,54	97	0,36	2,95	94	4,12
	5	26,04	8,66	97	0,41	2,84	89	2,63
3	1	41,43	26,33	97	0,36	2,56	93	4,96
	T	-	-	-	-	-	-	-
	3	35,73	11,41	97	0,29	3,20	95	5,43
	4	39,61	19,96	98	0,26	2,11	94	3,92
	5	35,01	9,30	97	0,28	2,80	91	3,55

Tableau IX : Caractéristiques pondérales moyennes des 5 individus par bac (bac T = bac témoin).

Les poids sec moyens des individus des bacs d'une même zone sont comparables. Quelle que soit la zone, un individu moyen est composé des mêmes proportions de coquille (en moyenne 97 % du poids total), de chair (2,80 % dont en moyenne 92% de matière organique) et de liquide intervalvaire (0,20 %).

Les concentrations en oxygène et en nitrates (Figure 14) montrent des différences significatives entre le témoin et les bacs avec les huîtres.

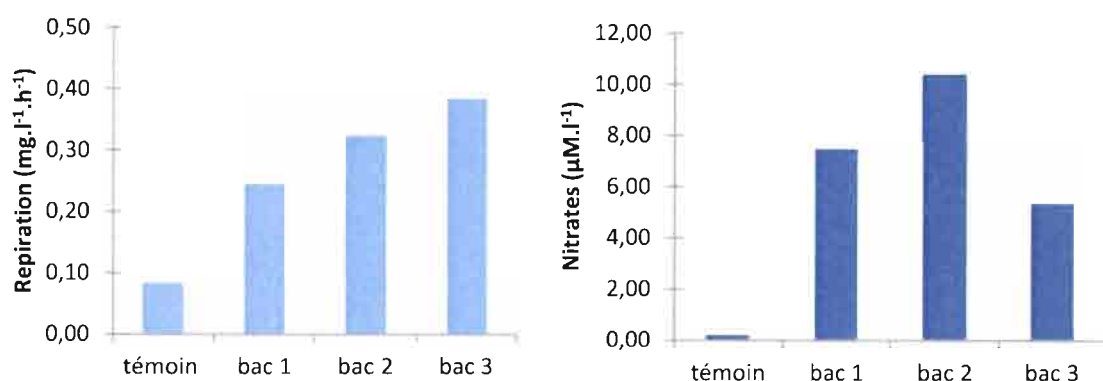


Figure 14 : *Respiration d'oxygène et concentrations en nitrates des huîtres de la zone 1 à la fin de l'expérimentation. Le bac 4 est le témoin (sans huîtres) et le bac 5 n'est pas pris en compte du fait de la mort d'un des individus pendant l'expérimentation.*

L'excrétion azotée des huîtres est mise en évidence par des concentrations élevées en nitrates, résultant de la nitrification de l'ammoniaque excrété par les huîtres et rendu possible par la très bonne oxygénation de l'eau et l'absence de lumière des bacs d'expérimentation.

Les concentrations pigmentaires ont été mesurées initialement et à la fin de l'expérimentation (Tableau X).

	Biomasse pigmentaire (Chla + Phaeo) (μg.l ⁻¹)		Biomasse pigmentaire consommée (Huîtres – Témoin) (μg.l ⁻¹)
	Témoin	Huîtres (moyenne)	
Zone 1	5,23	4,42	-0,81
Zone 2	17,68	14,02	-3,66
Zone 3	15,88	11,89	-3,99

Tableau X : *Biomasse pigmentaire consommée à la salinité du milieu.*

Les différences en fin d'expérimentation entre le témoin et les bacs avec les huîtres sont relativement faibles, respectivement de l'ordre de 15 %, 20 % et 25 % pour les zones 1, 2 et 3. Les huîtres se sont ainsi faiblement alimentées au cours des 48 h de l'expérimentation à la salinité du milieu.

IV.3.2. 2^{ème} expérimentation : à différentes salinités

Les concentrations pigmentaires montrent que la biomasse phytoplanctonique a significativement diminué par rapport aux témoins pour les expérimentations réalisées aux salinités de 10 et 15 (Figure 15). A la salinité de 15, la différence de concentration à la fin de l'expérimentation entre le témoin et le bac avec les huîtres est de $120 \mu\text{g.l}^{-1}$ à la fin de l'expérimentation. Pour les salinités de 5 et 20, il y a plus de biomasse phytoplanctonique dans les bacs avec les huîtres que dans les bacs témoins sans huîtres.

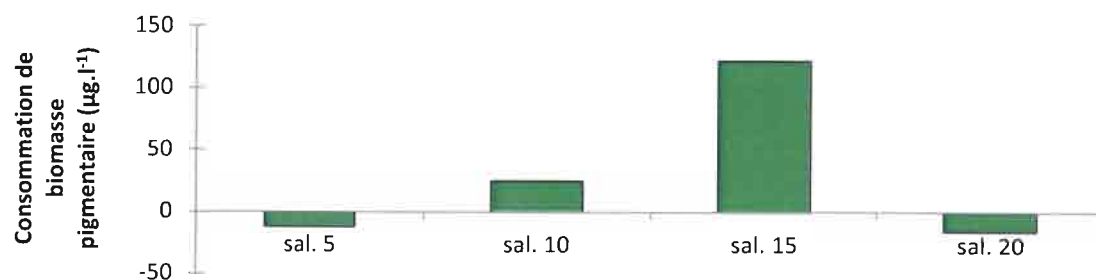


Figure 15 : Différences de biomasse pigmentaire entre les témoins (sans huîtres) et le bac avec les huîtres, à quatre salinités (5, 10, 15 et 20).

V. DISCUSSION

Au sein des écosystèmes estuariens, l'énergie lumineuse et les sels nutritifs stimulent le développement des autotrophes planctoniques (phytoplancton) et benthiques (phytobenthos). Le phytoplancton (composé de Chlorophycées et Diatomophycées pour l'essentiel) et le phytobenthos transitoirement en suspension au sein de la colonne d'eau sont consommés par des organismes herbivores comme les huîtres, qui sont à leur tour la proie, en particulier au stade larvaire, de consommateurs secondaires comme des poissons. L'étude réalisée a permis de décrire une partie du biotope que constitue l'hydrosystème de la rivière de Montsinéry au cours de la saison des pluies et trois acteurs constitutifs de sa biocénose que sont le phytoplancton (producteur primaire), les huîtres (consommatrices du phytoplancton) et les palétuviers (supports de fixation des huîtres). De par leur position intermédiaire au sein du réseau trophique, l'état physiologique des huîtres (appréhendé par le recours à un indice de condition adéquat) intègre les interactions avec ces différents acteurs de l'écosystème.

Dans cette structuration trophique hiérarchique, les composantes physico-chimiques ont un rôle majeur : les concentrations en sels nutritifs déterminent la fertilité potentielle des eaux en contrôlant les cinétiques de croissance des autotrophes alors que les charges en MES en limitent l'activité et les rendements photosynthétiques [CSEEL, 1983]. D'un point de vue géomorphologique et hydrologique, les trois zones échantillonnées sont distinctes et ces

différences ont nécessairement des incidences sur la variabilité de leurs caractéristiques hydrochimiques. La zone 1, située en amont d'un bras secondaire, très en retrait du cours principal de la rivière de Montsinéry, draine un réseau dense de nombreux petits tributaires ; la zone 2 est située dans un bras secondaire à proximité du cours principal de la rivière ; la zone 3 est directement située sur l'une des rives du cours principal de la rivière. Les trois zones se positionnent ainsi selon un degré de connectivité décroissant par rapport au chenal principal mais aussi en fonction de leur distance respective à l'estuaire de la rivière de Cayenne et à l'océan. Dans cette structuration hydrographique, la zone 3, la plus en aval, semble être la plus marquée par les influences continentales (pH relativement plus acide et salinité plus faible). En effet, cette zone est située à proximité immédiate d'affluents qui transfèrent dans la rivière des eaux douces issues du bassin versant. Cependant, quelle que soit la station considérée, la salinité reste très basse (inférieure à 2), comme déjà constaté par Lemoine et Rose (1977) et Paulmier (1993) à cette époque de l'année (saison des pluies).

Bien que les MES (principalement issues des eaux océaniques d'origine amazonienne pénétrant par l'estuaire de la rivière de Cayenne) ne soient pas significativement différentes entre les zones, la néphélométrie est plus faible dans la zone 3, car plus profonde et plus large et donc moins soumise aux remises en suspension intra-estuariennes occasionnées par les cycles de marée. D'après Wood (1966), la turbidité a un impact sur la productivité primaire, ce qui expliquerait que le phytoplancton soit moins abondant dans les secteurs hautement turbides de l'Amazonie. Dans la rivière de Montsinéry, la proportion élevée de MES minérales au sein des MES totales suggère que la productivité phytoplanctonique du milieu doit être faible et ce d'autant plus pour les petits chenaux où la ripisylve des palétuviers crée en outre un ombrage très important. Que ce soit pour les MES ou pour les particules chlorophylliennes, les classes de tailles inférieures à 10 μm sont majoritaires. La dominance des algues de petite taille - contrairement aux eaux côtières où la classe de taille majoritaire était comprise entre 10 et 40 μm - peut traduire des conditions de croissance et de développement limitées pour le phytoplancton dans les eaux de la rivière de Montsinéry, caractérisée par des concentrations absolues et relatives (en référence au P) excessivement faibles en azote minéral. Les concentrations en Chla, mesurées inférieures à 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$, sont relativement basses si on les compare aux moyennes annuelles obtenues par Maia de Oliveira (2000) pour deux autres fleuves guyanais, l'Iracoubo (14,9 $\mu\text{g.l}^{-1}$) et le Sinnamary (14,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$) qui ont sensiblement la même taille de bassin versant que la Rivière de Cayenne. Il a aussi mis en évidence une corrélation négative entre la concentration en Chla et la pluviométrie. La

variabilité saisonnière pourrait expliquer que la concentration en Chla soit ainsi plus basse en mars/avril (saison des pluies) à Montsinéry. La vitalité calculée pour chaque station est toujours légèrement supérieure à 1, ce qui est caractéristique d'eaux douces fluviales [GIP Loire Estuaire, 2005] et qui confirme donc la forte influence des eaux continentales à cette période de l'année à Montsinéry.

Une biomasse phytoplanctonique faible, des conditions d'éclairement médiocres et une forte demande chimique d'oxygène pour la ré-oxydation des composés réduits sédimentaires peuvent expliquer les très faibles valeurs (de l'ordre de 60 %) de saturation en oxygène estimées pour les eaux de surface. En effet, les réactions d'oxydo-réduction, consommatrices d'oxygène, sont particulièrement importantes en zone de mangrove. La température élevée (climat équatorial) et la saturation prolongée des sédiments à granulométrie fine favorisent au sein des dépôts les processus de minéralisation anaérobie de la matière organique. Ainsi, la sulfato-réduction qui transforme les sulfates en sulfures est très intense dans les sédiments de mangroves. La réoxydation chimique et organique des sulfures (sulfo-oxydation) et des ions métalliques réduits (Fe et Mn) et la nitrification transformant l'ammoniaque en nitrite puis en nitrate, comptent parmi les processus les plus actifs en tant que consommateurs d'oxygène dissous [Foussard et Etcheber, 2011].

D'après Tett et Walne (1995), le phytoplancton peut être limité par la disponibilité en sels nutritifs dans les eaux côtières ouvertes. Les concentrations en sels nutritifs mesurées dans la rivière de Montsinéry montrent dans un premier temps que les silicates - essentiels aux Diatomophycées - sont toujours présents et ne sont pas limitant. A l'opposé et comme déjà indiqué, les concentrations en azote minéral sont très faibles. En effet, le phytoplancton non carencé a une composition interne équilibrée moyenne N/P de 16 at/at [Dufour et Berland., 1999], il faut donc 16 fois plus d'azote que de phosphore au phytoplancton pour se développer. Ce rapport entre les concentrations en azote et en phosphore est donné par l'indice de Redfield. La station qui présente le $\text{Redfield}_{\text{minéral}}$ le plus fort n'a que 6 fois plus d'azote que de phosphore. Pourtant, l'azote est présent dans le milieu mais sous forme organique dissoute (NOD), comme en témoigne le $\text{Redfield}_{\text{organique}}$ dont la valeur la plus élevée montre qu'il y a 1245 fois plus de NOD que de POD. Il n'y a donc non pas une carence en azote dans le milieu, mais bien un déficit en azote minéral assimilable pour permettre la croissance du phytoplancton. C'est pour cette raison que dans le cadre de la seconde expérimentation au cours de la mise en stabulation des huîtres, un enrichissement préalable en azote et en phosphore de l'eau d'alimentation des huîtres a été réalisé pour augmenter les densités et les biomasses algales.

L'étude du phytoplancton des eaux de la rivière de Montsinéry a été réalisée en mars-avril. D'après Paulmier (1993), cette période est la moins productive de l'année comme plus généralement pour l'ensemble des eaux estuariennes de Guyane [Lam Hoai *et al.*, 2006]. Des dénombrements de Diatomophycées dans la rivière de Montsinéry réalisés par Lemoine et Rose (1977) indiquent aussi des effectifs particulièrement faibles en mars et avril. Paulmier a relevé les *maxima* phytoplanctoniques en juin-juillet (respectivement $2,4.10^3$ cellules.l⁻¹ et $3,2.10^3$ cellules.l⁻¹) et de septembre à novembre ($2,7.10^3$ cellules.l⁻¹ à $4,7.10^3$ cellules.l⁻¹), avec une moyenne annuelle de $8,6.10^2$ cellules.l⁻¹. Les densités cellulaires mesurées dans notre étude ($1,29.10^5$ cellules.l⁻¹ en moyenne) sont supérieures aux *maximas* estimées pour les Diatomophycées par Paulmier. Cet écart de deux puissances de 10 peut s'expliquer par le fait que nos dénombrements ont pris en compte l'ensemble de la communauté phytoplanctonique. En termes d'abondance, l'écrasante majorité (70 % en moyenne) des individus est de taille inférieure à 10 µm et est identifiée comme appartenant au genre *Chlorella* (Chlorophyceae). Les individus appartenant au genre *Cyclotella* (Diatomophyceae) sont eux aussi de densité élevée et souvent de taille inférieure à 4 µm. Cette composition est cohérente avec les classes de taille de la biomasse pigmentaire dominées par des cellules de taille inférieure à 10 µm. Le genre *Chlorella* n'est pas mentionné dans les travaux portant sur le phytoplancton de Guyane française tels que ceux de Paulmier, Do Rosario Marinho Jaussaud et de Maia de Oliveira. De même, Paulmier dit avoir observé des Cyanophycées appartenant aux genres *Lyngbya* et *Oscillatoria*. Au cours de notre étude, nous avons recensé au moins 4 genres de Cyanophycées (*Oscillatoria*, *Planktolyngbya*, *Leptolyngbya* et *Pseudoanabaena*) mais il nous a été impossible de les compter du fait de l'importance des MES sédimentées au fond de la cuve.

Plus généralement, les études de Paulmier, Do Rosario Marinho Jaussaud et de Maia de Oliveira mettent en évidence une dominance de la famille des Diatomophycées. Dans les travaux de Do Rosario Marinho Jaussaud et de Maia de Oliveira, c'est plus de 80 % des individus observés qui appartiennent à cette famille. Parmi les Diatomophycées identifiées par Paulmier, les genres les plus représentés appartiennent aux familles des Naviculacées et des Nitzschiées. Dans notre étude, le genre dominant est *Cyclotella*, mais les Naviculacées et les Nitzschiées sont néanmoins bien représentées. Plusieurs des espèces que nous avons identifiées en mars-avril ont été relevées par Maia de Oliveira uniquement en saison des pluies : *Cyclotella comta*, *Gyrosigma* sp, *Gyrosigma exoticum*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia obtusa* et *Nitzschia sigma* dans le fleuve Sinnamary et *Peridinium* sp, *Trachelomona sarmata* et *Diploneis* sp dans le fleuve Iracoubo. Maia de Oliveira indique que

Cyclotella stylum est l'espèce la plus abondante à cette saison ($1,6.10^3$ cellule.l⁻¹). Le genre de Diatomophycées le plus abondant que nous ayons observé en mars-avril à Montsinéry est également *Cyclotella*. Cependant, les études de Paulmier, Maia de Oliveira et Do Rosario Marinho Jaussaud révèlent que *Skeletonema tropicum* est en moyenne l'espèce la plus abondante sur l'année (toutes saisons confondues). Une espèce que nous n'avons cependant pas observée en mars-avril à Montsinéry (alors qu'elle était effectivement présente dans des prélèvements d'eau de Montsinéry recueillis en Décembre 2011 dans le cadre d'une première familiarisation avec les techniques d'observation et de dénombrement des diverses espèces phytoplanctoniques de Guyane française). L'écologie des espèces observées révèle la présence d'espèces pélagiques (*Coscinodiscus* par exemple) et benthiques (*Pleurosigma* et *Gyrosigma*). Le genre de Diatomophycées le plus représenté (*Cyclotella*) est d'affinité continentale, ce qui est cohérent avec les faibles mesures de salinité observés. On retrouve néanmoins des espèces marines, appartenant au genre *Diploneis* par exemple.

L'indice de diversité (indice de Shannon) calculé est en moyenne inférieur à 2, traduisant la forte dominance du genre *Chlorella* au sein des prélèvements. Le fait que de nombreuses espèces ne soient pas représentées que par un seul individu contribue également à l'observation d'un indice de Shannon minimal. La valeur de l'indice de Shannon calculée sur les seules Diatomophycées par Paulmier est comprise entre 1,8 et 2,1 en mars-avril, ce qui corrobore nos résultats. A titre de comparaison, l'indice de Shannon dans l'Iracoubo et le Sinnamary [Maia de Oliveira, 2000] est en moyenne supérieur à 4 au cours de l'année. L'indice de Shannon en général faible pour les eaux de transition comme les lagunes, deltas ou estuaires, même lorsqu'elles ne sont pas perturbées [Grall et Coïc, 2005]. Il est difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu à moins de déterminer au préalable des valeurs seuil pour chaque type d'habitat et pour une surface échantillonnée donnée, ainsi que l'ont proposé Simboura et Zenetos (2002). D'après ces auteurs, un indice de Shannon compris entre 1,5 et 3,0 dans un habitat sableux/vaseux tel que la mangrove correspondrait à un état écologique médiocre. Les équitabilités sont inférieures à 0,5, quelle que soit la station. Daget (1976) considère que des valeurs de l'indice d'équitabilité inférieures à 0,8 traduisent un état d'instabilité du peuplement révélateur dans notre cas de l'instabilité hydrologique et hydrochimique des eaux estuariennes à cette période de l'année.

Les indices de Sørensen, calculés entre les stations ou entre les zones, sont compris entre 0,5 et 0,7. Au vu de l'échelle spatiale considérée, notamment entre les 3 stations d'une même zone, on envisagerait a priori des degrés de similitude plus élevés. En réalité, la structure des communautés phytoplanctoniques est très intimement liée à la fréquence des

intrusions marines et des décharges continentales qui apportent respectivement leur propre lot d'espèces phytoplanctoniques. Ils mettent également en évidence une relative plus grande homogénéité au sein de la zone 3. Cette observation est cohérente avec les faibles différences qui physicochimiques et hydrodynamiques déjà constatées pour cette zone et qui peuvent résulter de sa position le plus en aval sur le cours principal et dont les eaux sont plus aisément brassées par le vent et les courants de marée.

Tout comme les variables physicochimiques et les communautés phytoplanctoniques, la variabilité importante des distributions en poids frais total des huîtres pour les 3 stations d'une même zone ne permet pas d'observer de différence significative. D'après Bonnet *et al.* (1975), la maturité sexuelle de *C. gasar* à Montsinéry débute après la saison des pluies (juillet) et prend fin en octobre avec un maximum d'émission des gamètes en septembre. La reproduction serait ainsi annuelle et marquée en outre par des faibles fluctuations temporelles au cours de leurs 4 années d'étude. Cette régularité suggère un déterminisme hydrochimique dans le déclenchement du processus de maturation des gonades. Si tel est le cas, on s'attendrait à observer un signal de cohorte dans la distribution des poids, avec une courbe plurimodale dont chaque pic correspondrait à une génération. En effet, les huîtres de Montsinéry grossissent de 15,8 g en 17 mois, soit une croissance pondérale annuelle de l'ordre de 12 g [Bonnet *et al.*, 1975]. La distribution du poids devrait donc théoriquement être plurimodale, avec des pics espacés d'une différence de poids supérieure à 10 g (soit 2 classes de poids), ce qui n'est pas le cas. Il est donc probable que le signal de cohorte soit en réalité masqué par une mortalité importante très des stades jeunes. L'étude de Bonnet *et al.* (1975) a également mis en évidence que des huîtres prélevées dans la rivière de Montsinéry et transplantées en mer avaient une croissance bien supérieure. En effet, en mer les huîtres grossissent annuellement de 65,6 g soit 5 fois plus que dans la rivière. Les auteurs expliquent qu'en rivière, pendant toute la durée de la saison des pluies (de janvier à juillet), la croissance des huîtres est nulle, avec une perte de poids d'1 g en moyenne. Le poids de la coquille ne pouvant diminuer, cet amaigrissement ne peut résulter que d'une diminution du poids de chair non compensée par un accroissement du volume (et donc du poids) de liquide intervalvaire. En effet, notre étude a montré que le poids de la chair sèche représente en moyenne 4 % du poids total des individus prélevés dans la rivière, contre 8 % à 12 % pour les huîtres élevées en mer dans l'étude de Bonnet *et al.*

La quantité de chair d'une huître est dépendante de l'abondance et de la richesse de son alimentation. Les différences de poids de chair observées entre les huîtres élevées en mer et en rivière peuvent s'expliquer par deux raisons majeures : les huîtres mangent plus en

quantité ou en durée à salinité élevée, ou bien les huîtres disposent d'une ressource à plus haute valeur nutritionnelle en mer. La salinité de la rivière de Montsinéry varie de 1 à 20 selon les saisons hydroclimatiques. En mer, les huîtres ont été transplantées sur deux îles dont la salinité des eaux varie entre 20 et 35 pour les îles du Salut et entre 15 et 30 pour l'îlet la Mère. La mise en stabulation réalisée aux salinités de 1, 5, 10, 15 et 20 a montré qu'à biomasse et communautés phytoplanctoniques équivalentes, les huîtres s'alimentent différemment. Aux salinités extrêmes (1, 5 et 20) les huîtres s'alimentent peu. En revanche, aux salinités intermédiaires (10 et 15), la consommation de biomasse pigmentaire est effective, avec un *optimum* pour la salinité de 15 (soit environ un mélange de 40 % d'eau océanique pour 60 % d'eau douce). Les mesures de respiration et d'excrétion réalisées à la salinité de la rivière de Montsinéry (inférieure à 1) montrent que même si leur alimentation est faible, les huîtres maintiennent néanmoins leurs activités respiratoires et d'excrétion. Cette excrétion azotée explique qu'aux salinités extrêmes et à la lumière on observe en fin d'expérimentation et en absence de consommation significative des huîtres une plus grande quantité de biomasse pigmentaire dans les bacs avec les huîtres que dans les témoins.

Cette observation confirme que le phytoplancton de la rivière de Montsinéry est limité par les concentrations et la biodisponibilité des sels nutritifs autres que les silicates. A l'opposé et en absence d'ombrage des palétuviers, les sels nutritifs sont plus abondants en mer et permettent une plus forte productivité et biomasse de nature à favoriser la croissance pondérale des huîtres. Les salinités au large de la presqu'île de Cayenne à proximité de l'îlet à la Mère sont en général supérieures à 15 et les transplantations d'huîtres qui y ont été réalisées par Bonnet *et al.* dans l'optique de la création d'une filière ostréicole en Guyane, se sont révélées être plus prometteuses qu'aux îles du Salut, situées à plus grande distance de la côte et moins influencées par le passage des eaux douces amazoniennes. Il est ainsi probable que les îles situées au large atteignent des valeurs néfastes à l'alimentation et à la croissance des adultes, voire létales pour les larves comme semble l'indiquer l'étude de Bonnet *et al.*, qui notent une mort du naissain émis en mer par les huîtres implantées aux îles du Salut (contexte océanique marqué) alors qu'il peut survivre à l'îlet à la Mère (contexte plus littoral).

La détermination et le recours à un indice de condition a permis de mettre en évidence des impacts spatialement différenciés selon les stations et les zones des contraintes environnementales auxquelles les huîtres de Montsinéry sont soumises au cours de leur vie fixée. Un indice de condition présente en effet l'avantage de fournir une image synthétique de l'état physiologique des individus sans avoir à effectuer de suivis environnementaux longs ou d'analyses histologiques ou biochimiques (des dosages lipides par exemple) coûteuses. Les

paramètres utilisés dans le calcul des quatre indices de condition retenus dans ce rapport (poids sec de la chair, poids sec de la coquille, poids sec du liquide intervalvaire et poids sec de la matière organique sans cendre) sont en outre simples et relativement rapides d'obtention mais reposent sur le sacrifice des individus (méthode destructrice). Les zones présentant des valeurs d'indice de condition faibles sont *a priori* moins favorables, soit en l'occurrence la zone 3 qui s'oppose aux zones 1 et 2 (plus favorables). Ainsi, ces indices de condition ne sont pas corrélés à la qualité ou quantité du phytoplancton au cours de la saison des pluies, ni à l'état des palétuviers, non significativement différents pour les trois zones. Enfin, *C. gasar* présente une coquille extrêmement polymorphe en étroite relation avec les conditions environnementales (salinité notamment) et l'espace disponible sur ses supports de fixation (généralement des racines de palétuviers) [Bonnet *et al.*, 1975; Lemoine et Rose, 1977]. Le poids relatif (en référence au poids total d'un individu) de cette coquille est de l'ordre de 96 % pour *C. gasar* à Montsinéry contre 60 % à 70 % pour *Crassostrea gigas* [Bodoy *et al.*, 1986]. Aussi, il semble souhaitable de ne pas privilégier les indices de condition dont le calcul repose sur de poids la coquille (comme les IC 1 et 2 par exemple). Parmi les IC dont le calcul ne prend pas en compte la coquille (IC 3 et 4), l'IC 3 présente les écarts-types et les coefficients de variation moyens par zone les plus faibles. Sur la base de ces critères de dispersion statistique, nous recommandons l'usage de l'IC 3 (poids sec du liquide intervalvaire / poids sec de la matière organique sans cendre) pour les futurs suivis scientifiques de cette population.

La structure pondérale de la population d'huîtres de Montsinéry est caractérisée par une majorité d'individus de masse réduite (99 % des individus ont un poids frais inférieur à 50 g). La décroissance du nombre d'individus en fonction de leur taille suit une fonction logarithmique traduisant un taux de mortalité d'autant plus élevé que les individus sont petits et/ou jeunes. Cette modélisation a permis d'estimer les effectifs des individus de poids compris entre 0 g et 1 g. D'après cette extrapolation, les individus dont le poids frais est compris entre 0 g et 5 g représenteraient plus de 60 % de la population. L'allure de la distribution est similaire à celle de la survie des arbres en forêt, où la compétition pour la lumière détermine en majeure partie les taux de mortalité. La rivière de Montsinéry est aussi le siège d'une compétition intense pour la recherche d'un lieu de fixation optimum (annexe 7), garant de leur survie. En effet, une fois fixée l'huître ne peut plus se déplacer, alors que la rivière de Montsinéry est caractérisée par les instabilités quotidienne (marée) et saisonnière (climat) de son milieu. L'affouillement cyclique des berges vaseuses et fond vaseux, les dessalures importantes et prolongées et des durées variables de phases d'exondation en sont

les principales caractéristiques. A ces facteurs abiotiques viennent s'ajouter des interactions interspécifiques telles que la destruction des supports de fixation par un Téréridé (mollusque bivalve qui creuse des galeries dans les racines échasses des palétuviers) ou la compétition avec des balanes qui utilisent les huîtres comme support de fixation. De plus, la prédation par des bigorneaux perceurs (*Thais haemastoma*) provoque la destruction souvent totale des huîtres sur de vastes zones, qui ne sont repeuplées que très lentement (plus de 4ans après d'après Lemoine et Rose). La hauteur de fixation des huîtres résulte ainsi d'un compromis entre : une hauteur basse en immersion longue favorable à l'alimentation et à la croissance mais susceptible de connaître un taux de prédation élevé et une hauteur élevée où la prédation est moindre mais avec une alimentation épisodique et des risques de dessiccation à marée basse. A cet égard, IDEE (1995) fait mention d'un possible chimiotactisme exercé par les adultes pour attirer les larves vers un lieu de fixation déjà peuplé et donc a priori plus favorable. Cette stratégie associée aux différentes contraintes déjà citées expliquerait la structure localement très agrégative des huîtres fixées sur les racines échasses des palétuviers.

En considérant une échelle spatiale plus vaste, soit la matrice écopaysagère de la rivière de Montsinéry, la distribution spatiale des huîtres est aussi très agrégative avec en outre, et en référence aux travaux antérieurs, une forte dynamique d'apparition et de déclin de ses différents patchs. Une telle structuration évoque celle d'une métapopulation. Les adultes seraient ainsi distribués en sous-population sources (telle que la sous-population aujourd'hui observée dans la zone 3 et décrite comme éteinte depuis 1973 par Lemoine et Rose) et puits (comme les importantes sous-populations décrites par Lemoine et Rose dans les criques Thoulouse et Sable (annexe 4) aujourd'hui disparues). La connectivité et les éventuels flux géniques entre les différentes sous-populations se réaliseraient essentiellement au cours de l'écophase planctonique, lorsque les larves trochophores sont transportées par les courants oscillants de marée. En effet, en raison de l'éloignement entre les diverses zones colonisées les gamètes d'un patch ne peuvent probablement pas survivre assez longtemps au cours de leur transport fluvial pour avoir la possibilité de s'hybrider avec les gamètes émis depuis un autre patch. Si la capacité de dispersion s'avère être insuffisante et que les flux de gènes n'ont donc pas lieu, la connectivité entre les patchs est nulle et la population des huîtres de Montsinéry tend à se fragmenter en diverses sous-populations évoluant en situation de quasi-isolat géographique. Aucune étude n'a à ce jour été réalisée sur la dispersion des larves d'huîtres à Montsinéry, mais des études génétiques ont révélé l'existence d'au moins deux haplotypes au sein de la population d'adultes (Guiral, résultats non publiés) suggérant que certains patchs de cette population fragmentée seraient en cours de différenciation.

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

D'un point de vue hydrodynamique et hydrochimique, l'estuaire de la rivière de Montsinéry est similaire à beaucoup d'autres en Guyane française. En mars-avril (saison des pluies), il est caractérisé par des salinités très basses (inférieures à 1) résultant d'apports d'eau douce continentale importants faisant barrage à d'éventuelles intrusions marines par les courants de marée. Cette rivière est néanmoins remarquable par la présence d'une huître, *C. gasar*, d'origine africaine, fixée aux racines échasses des palétuviers colonisant ses berges. Cette huître présente une distribution très agrégative et un taux de mortalité des jeunes stades très élevé. Sa mise en stabulation a révélé que les salinités intermédiaires (10 et 15) étaient les plus favorables à son alimentation.

L'un de nos objectifs était de définir un indice de condition avec pour but d'expliquer la distribution spatiale très hétérogène et par patchs des huîtres. Nous avons constaté que les différences physicochimiques au sein de la rivière de Montsinéry sont très faibles, du fait de l'hydrodynamisme estuarien guyanais très actif. Les larves planctoniques, soumises aux courants de marée, peuvent potentiellement se fixer en tout point de l'estuaire de la rivière, ou tout au moins en amont et en aval d'une zone déjà colonisée par des huîtres sexuellement matures. Cette homogénéité devrait donner lieu à une colonisation progressive de proche en proche et non pas à des patchs relativement denses et espacés par des zones où *C. gasar* n'est pas (ou plus) présente. Nous expliquons ce paradoxe par la structure démographique de la population d'huîtres, qui ne dépendrait que peu de l'état de santé des adultes mais essentiellement du contexte environnemental lors du passage de l'écophase larvaire planctonique au stade adulte sessile, impliquant l'existence d'une fenêtre environnementale écologiquement propice et temporellement bornée. Il est en effet probable que les secteurs de la rivière actuellement non colonisés soient favorables à la survie du stade adultes sessile et donc potentiellement colonisables, mais que les conditions environnementales de survie et/ou de fixation des larves lors de leur présence saisonnière ne soient pas réunies.

S'il est intéressant de poursuivre l'étude en cours sur l'alimentation des huîtres au stade adulte – selon la stratégie mise en œuvre dans le cadre de la seconde expérimentation – il nous semble tout aussi prioritaire de mener une étude autoécologique des stades larvaires dont les exigences écologiques sont probablement différentes de celles du stade adulte. Ces connaissances permettraient d'expliquer la distribution du stade adulte fixé mais aussi de comprendre pourquoi les huîtres n'ont pas naturellement colonisé l'ensemble des estuaires de Guyane française et les îlots rocheux situés le long du littoral, à proximité de la mangrove, et

dont les conditions environnementales semblent a priori préférables (en particulier en terme de salinité). De même, les mécanismes induisant le comportement de fixation des larves demeurent pour l'instant encore peu étudiés et n'ont jamais été abordés dans le cadre de la population de *C. gasar* en Guyane française. Des études expérimentales et comportementales des larves ainsi que des évaluations spatialisées de leur abondance devront être entreprises. En outre, pour statuer sur le degré de connectivité des différents patchs de la population, le recours à des études génétiques devra être généralisé au sein d'un même patch pour des individus de taille différente et entre patchs pour des individus de même taille (et donc a priori d'âge comparable). Enfin, cette approche génétique descriptive devait être complétée par une modélisation de la dispersion des larves en saison sèche reposant sur le couplage entre les facteurs biologiques (déterminant les conditions d'éclosion et de survie des larves) et les contextes hydrochimique et hydrodynamique, comme cela a déjà été réalisé chez d'autres espèces [*Ophiothrix fragilis*, Lefebvre *et al.* (2003); *Crepidula fornicata*, Viard *et al.* (2006)].

Références bibliographiques

- Adanson M.**, 1757. *Histoire naturelle du Sénégal. Coquillages. Avec la relation abrégée d'un voyage fait en ce pays pendant les années 1749, 50, 51, 52 & 53. Ouvrage orné de figures.* 590 pp.
- AFNOR**, 2006. Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl) – NF EN 15204. 39 pp.
- Alongi D. M.**, 1998. *Coastal ecosystem processes.* CRC Marine Science Series. Florida, 419 pp.
- Baltzer F., Allison M. et Fromard F.**, 2004. Material exchange between the continental shelf and mangrove-fringed coasts with special reference to the Amazon-Guianas coast. *Marine Geology*, 208, 115-126.
- Barille L., Prou J. et Bougrier S.**, 1993. No influence of food quality, but ration-dependent retention efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 171, 91–106.
- Berg J. A. et Newell R. I. E.**, 1986. Temporal and spatial variations in the composition of seston available to the suspension feeder *Crassostrea virginica*. *Estuarine coastal and shelf Science*, 2, 375–386.
- Bonnet M., Lemoine M. et Rose J.**, 1975. Une ouverture nouvelle pour les cultures marines : l'ostréiculture en Guyane. *Science et pêche*, 249, 12 pp.
- Bodoy A., Prou J. et Berthome J.-P.**, 1986. Etude comparative de différents indices de condition chez l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). *Haliotis*, 15, 173-182.
- Boudry P., Heurtebise S., Huvet A., Lapèque S., Lеду C., Phélipot P. et Gérard A.**, 1999. Acclimatation de nouvelles espèces d'huîtres creuses du genre *Crassostrea* : hybridation et conservatoire de souches. Rapport de contrat Région Poitou-Charentes, Convention 99 RPC-A-203 « Génétique », 25 pp.
- Bourrely P. et Couté A.**, 1982. Quelques algues d'eau douce de la Guyane française. *Amazoniana*, VII , 221-292.
- BRGM**, 2009. *Synthèse bibliographique sur les zones humides en Guyane*, 140 pp.
- Brunel, C.**, 2012. *Facteur structurant des communautés microbiennes de la phyllosphère des mangroves de Guyane française.* Mémoire de master 2, Université d'Aix-Marseille, 46 pp.
- Cadamuro L.**, 2009. *Structure et dynamique des écosystèmes inondables (forêt marécageuse, mangrove) du bassin du Sinnamary (Guyane française).* Thèse Université de Toulouse III, Paul Sabatier, 228 pp.
- Charles-Dominique P.**, 2011. *Guyane : milieux, faune et flore.* CNRS éditions, Paris, 219 pp.
- Cognie B., Barrille L., et Rince Y.**, 2001. Selective Feeding of the Oyster *Crassostrea gigas* Fed on a Natural Microphytobenthos Assemblage. *Estuaries*, 24, 1, 126–131.
- Costa de Melo A.G., Varela E.S., Beasley C.R., Schneider H., Sampaio I., Gaffney P.M., Reece K.S., et Tagliaro C.H.**, 2010. Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). *General Molecular Biology*. 33, 564-572.
- Courties C., Vaquer A., Trousselier M., Lautier J., Chretiennot-Dinet M.J., Neveux J., Machado C. et Claustre H.**, 1994. Smallest eukaryotic organism. *Nature* 370, 255.
- CSEEL**, 1983. Synthèse des études 1981-82 sur la qualité des eaux et le milieu vivant de l'estuaire de la Loire. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes. 116 pp.
- Daget J.**, 1976. *Les modèles mathématiques en écologie.* Masson éditions, Collection d'écologie, 8 :172pp.

- De Crignis M.**, 2007. *Sources de nourriture et bio-énergétique de l'huître creuse (Crassostrea gigas) : les nanoflagellés et les ciliés jouent-ils un rôle dans le budget d'énergie dynamique d'huîtres élevées en claire ?* Mémoire de master 2, Université de La Rochelle, Ifremer, 41 pp.
- Diadhiou H. D.**, 1995. *Biologie de l'huître de palétuvier Crassostreagasar (Dautzenberg) dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal) : reproduction, larves et captage du naissain.* Thèse Université de Bretagne occidentale, 97 pp.
- Dioh B. C.**, 1976. *L'ostréiculture au Sénégal.* Thèse Ecole inter-états des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar, 107 pp.
- Do Rosario Marinho Jaussaud, I.**, 2007. *Caractérisation et dynamique comparée du phytoplancton et du bactérioplancton en eaux côtières équatoriales (Guyane française).* Thèse Université du Littoral Côte d'Opale, 183 pp.
- Dufour P. et Berland B.** (1999). Nutrient control of phytoplanktonic biomass in atoll lagoons and Pacific ocean waters: studies with factorial enrichment bioassays. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 234, 2, 147-166.
- FAO**, 2007. The world's mangroves 1980-2005. *FAO Forestry Paper*, 153. Food and Agriculture Organisation in the UN, Rome, 77 pp.
- Foussard V. et Etcheber H.**, 2011. Proposition d'une stratégie de surveillance des paramètres physico-chimiques pour les estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde. 70 pp.
- Fromard F., Vega C. et Proisy C.**, 2004. Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys, *Marine Geology*, 208(2-4), 265-280.
- Gilles S. et Le Pennec M.**, 1992. Aquaculture trials of the tropical oyster *Crassostreagasar* in Basse Casamance (Sénégal). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 7, 157-164.
- GIP Loire Estuaire**, 2005. L'eau support de vie - Vitalité du plancton végétal. Cahier indicateur n°1, fiche L2 A4, 6 pp.
- Grall, J. et Coïc, N.** (2005). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Editions Ifremer, 89 pp.
- Guiral D.**, 2003. Les côtes de Guyane, une extension du delta de l'Amazone. *Géologues*, 139, 116-122.
- Guiral D. et Le Guen R.**, 2012. *Guyane Océane.* Editions Roger Le Guen et IRD éditions, 466 pp.
- Héral M.**, 1991. Approches de la capacité trophique des écosystèmes conchylicoles : synthèse bibliographique. *ICES mar. Sci. Symp.*, 192, 48-62.
- Heurtebise S., Boutet I., Verden B., Lapègue S., Leitao A., Thiriot-Quievreux C., Garica P. et Boudry P.**, 2001. Phylogéographie des huîtres de mangrove de l'Océan Atlantique Sud : *C. gasar* et *C. rhizophorae*. Journées Conchylicoles, Ifremer.
- IDEE Casamance**, 2005. *Vade-mecum de l'élevage de l'huître Crassostrea gasar en Casamance*, 24 pp.
- Kathiresan K. et Bingham B. L.**, 2001. Biology of mangrove and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81-251.
- Köhler J.**, 1995. Growth, production and losses of phytoplankton in the lowland river Spree : carbon balance. *Freshwater Biology.*, 34, 501-512.
- Lam Hoai T., Guiral D., Rougier C.**, 2006. Seasonal fluctuation of community structure and size spectra of zooplankton in the Kaw River (French Guiana). *Estuarine coastal and shelf Science*; 68, 1-2, 47-61.

- Lapègue S., Boutet I., Leitao A., Thiriot-Quiévreux C., Heurtebise S., Garcia P. et Boudry P., 2000. Phylogéographie of mangrove oysters from the southern Atlantic Ocean : *Crassostrea gasar* and *Crassostrea rhizophorae*. World Aquaculture Society, poster.
- Lapègue S., Boutet I., Leitao A., Thiriot-Quiévreux C., Heurtebise S., Garcia P. et Boudry P., 2002. Trans-Atlantic distribution of a mangrove oyster species revealed by 16S mtDNA and karyological analyses. *Biological Bulletin*, 202(3), 232-242
- Lefebvre A., Ellien C., Davault D., Thiébaud E. et Salomon J. C., 2003. Pelagic dispersal of the brittle-star *Ophithrix fragilis* larvae in a megatidal area (English Channel, France) examined using an advection/diffusion model. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 421-433.
- Lemoine M. et Rose J., 1977. Possibilités d'ostréiculture en Guyane. *Science et pêche*, 272, 15-30.
- Lescure J.-P., Tostain O., 1989. Les mangroves guyanaïses. *Bois et Forêts des Tropiques*, 220, 8 pp.
- MacDonald B. A. et Ward J.E., 1994. Variation in food quality and particle selectivity in the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia). *Marine Ecology Progress Series*, 108, 251-264.
- Maia de Oliveira C., 2000. *Le phytoplancton estuarien de deux fleuves de Guyane française (l'Iracoubo et le Sinnamary) : caractérisation du milieu, composition et diversité spécifique*. Thèse Université de Paris 6, 259 pp.
- Marteil L., 1976. La conchyliculture française, 2^{ème} partie : Biologie de l'huître et de la moule. *Revue des travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 40(2), 149-346.
- Moreau D., 2001. *Etude de génétique des populations sur l'huître creuse de mangrove, Crassostrea gasar (Adanson, 1757), par l'apport du marqueur ITS₂*. Rapport de stage, Université des Sciences de La Rochelle, 31 pp.
- Nogues J. L., 1984. *Etude de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary (Guyane française). Dynamique, hydrochimie, phytoplancton*. Mémoire de DEA, Université de Provence, St Charles, ORSTOM, 45 pp.
- Paulmier, G. 1993. *Microplancton des eaux marines et saumâtres de la Guyane et des Antilles françaises*. Editions de l'ORSTOM, institut français de recherche scientifique pour le développement en
- Quayle D. B., 1980. *Tropical Oysters : Culture and Methods*. Ottawa, Ontario, IDRC.
- Ranson G., 1967. Les espèces d'huîtres vivant actuellement dans le monde, définies par leurs coquilles larvaires ou prodossoconques. Etude des collections des grands Musées d'Histoire Naturelle. *Revue des travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 40(2) et (3) : 128-199 et 205-274.
- Rico-Villa B., Le Coz J. R., Mingant C. et Robert R., 2006. Influence of phytoplankton diet mixtures on microalgae consumption, larval development and settlement of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, 256, 377-388.
- Riisgard H. U., 1988. Efficiency of particle retention and filtration rate in 6 species of Northeast American bivalves. *Marine Ecology Progress Series*, 45, 217-223.
- Sidoumou Z., Gnassia-Barelli M., Siau Y., Morton V. et Roméo M., 2005. Heavy metal concentrations in molluscs from the Senegal coast. *Environment International*, 32, 384-387.
- Simboura N. et Zenetos A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index *Mediterranean Marine Science*, 3(2), 77-111.
- Spalding M. D., Blasco F. et Fields C.D., 1997. *World mangrove atlas*. The international Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, 178 pp.
- Tett P. et Walne A., 1995. Observations and simulations of hydrography, nutrients and plankton in the southern North Sea. *Ophelia*, 42, 371-416.

- Thevand A.**, 2007. *Dynamique des mangroves en contexte amazonien : de la veille mondiale au suivi des phénomènes de colonisation et de régénération, étude par télédétection et analyse in situ*. Thèse Université de Toulouse III, Paul Sabatier, 177 pp.
- Thézérien Y.**, 1985. Contribution à l'étude des algues d'eau douce de la Guyane, à l'exclusion des diatomées. *Bibliotheca Phycologica*, Cramer, 275 pp.
- Thiam N., Clotilde Ba F. L. et Sy M. D.**, 2011. Inventaire, étude biométrique et variabilité de l'abondance locale de *Crassostrea gasar* (Adanson, 1891) dans deux sites de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum. *Journal des Sciences Halieutique et Aquatique*, 4, 134-142.
- Uthermöhl M.**, 1958. Über das umgekehrte Mikroskop. *Archiv. Fur. Hydrobiologie Beihefte Ergebnisse Plankton*, 22, 643-645.
- Vaquier A.**, 2000. Communautés planctoniques des vasières et des mangroves : le phytoplancton. *Bilan des opérations de recherche 1999-2000 du Programme National Environnement Côtier Chantier Guyane, dynamique des apports amazoniens*, IRD Cayenne, Guyane française, 14-15.
- Verdon B.**, 2000. *Phylogéographie des huîtres creuses de mangroves de l'Atlantique sud par l'apport des marqueurs moléculaires*. Mémoire de maîtrise, Université de La Rochelle, 27 pp.
- Viard F., Ellien C. et Dupont L.**, 2006. Dispersal ability and invasion success of *Crepidula fornicata* in a single gulf : insights from genetic markers and larval-dispersal model. *Helgoland Marine Research*, 60, 144-152.
- Wood E. F. J.**, 1966. A phytoplankton study of the Amazon region. *Bulletin of Marine Science*, 16, 1, 102-124.

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Synthèse bibliographique d'études menées sur l'alimentation d'huîtres.

Annexe 2 : Valeurs moyennes mensuelles de la salinité et de la température des eaux du bassin de Montsinéry et précipitations totales par mois (la zone sombre réunit les mois de saison sèche).

Annexe 3 : Photos de C. gasar dans la rivière de Montsinéry (photo pers.). Fixation en grappe sur les racines échasses des palétuviers.

Annexe 4 : Carte de la rivière de Montsinéry, d'après Lemoine et Rose 1977 (modifié).

Annexe 5 : Les neuf indices de condition (IC) retenus, d'après Bodoy et al. (1986).

Annexe 6 : Construction d'un indice de condition : exemple de l'IC 3.

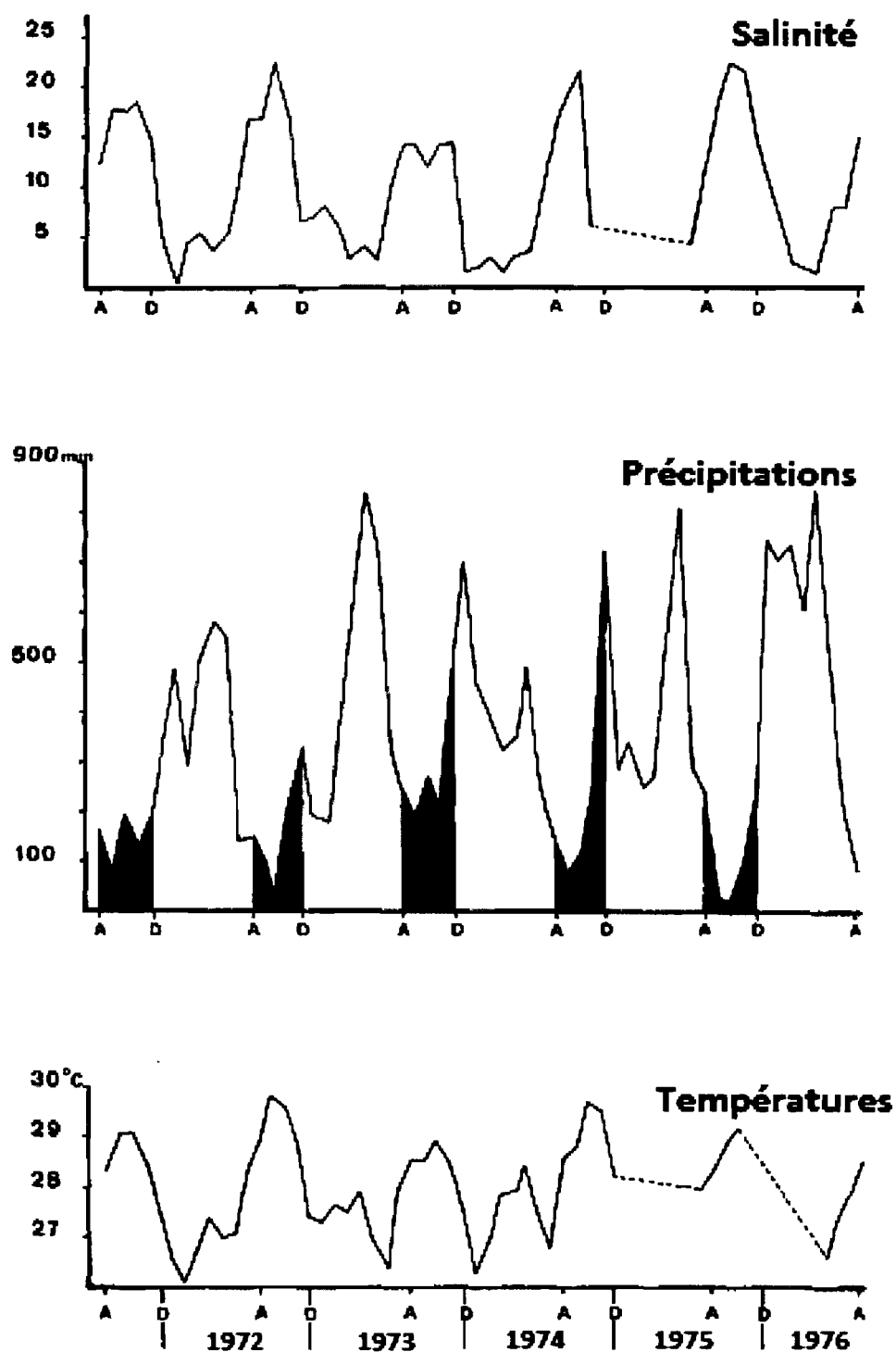
Annexe 7 : Schéma des contraintes naturelles des stades sessiles (d'après Lemoine et Rose (1977), modifié).

Annexe 1 : Synthèse bibliographique d'études menées sur l'alimentation d'huîtres.

Auteurs	Année	Espèce(s) d'huître(s)	Lieu	Espèce(s) algale(s) consommée(s)	autres	exp	Commentaires
Barille <i>et al.</i>	2003	<i>Crassostrea gigas</i> (adultes)	France	<i>Nitzschia acicularis</i> , <i>Nitzschia closterium</i> , <i>Nitzschia gandersheimiensis</i> (= <i>Nitzschia tubicola</i>)	M.O.	labo	But: remplacer <i>Skeletomena costatum</i> . Algues collectées <i>in natura</i> .
Bayne <i>et al.</i>	1999	<i>Crassostrea gigas</i> (tous stades)	USA	<i>Isochrysis sp.</i>	M.O.	labo	Hybridations. Hybrides ont taux et efficacité d'alimentation supérieurs.
Bayne et Svensson	2006	<i>Saccostrea glomerata</i> (adultes)	Australie	Non précisées	Seston et M.O.	<i>in situ</i>	Mesure excrétion azote, respiration et C/N des fèces et pseudofèces.
Brown <i>et al.</i>	1998	<i>Crassostrea gigas</i> (adultes)	Australie	<i>Pavlova pinguis</i> , <i>Rhodomonas salina</i> , <i>Tetraselmis sp.</i> , <i>Nannochloropsis sp.</i> et <i>Isochrysis sp.</i>	-	labo	Etude croissance huître selon type d'alimentation.
Brown et Robert	2002	<i>Crassostrea gigas</i> (larves et juvéniles)	France	<i>Chaetoceros calcitrans</i> , <i>C. calcitrans forma pumilum</i> , <i>C. muelleri</i> , <i>Chaetoceros sp.</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Pavlova lutheri</i> et <i>Isochrysis aff. galbana</i>	-	labo	Résultat : <i>C. calcitrans forma pumilum</i> est l'espèce la plus intéressante de toutes pour l'alimentation des larves et adultes.
Caers <i>et al.</i>	2000	<i>Crassostrea gigas</i> (juvéniles)	Belgique	<i>Tetraselmis suecica</i>	Lipides	labo	Etude impact alimentation et jeûne sur teneur en lipides des huîtres.
Cognie <i>et al.</i>	2001	<i>Crassostrea gigas</i> (adultes)	France	<i>Navicula amorphila</i> , <i>Navicula rostellata</i> , <i>Plagiotropis lepidoptera</i> et <i>Stauraphora amphioxys</i>	-	labo	Phytoplancton collecté <i>in natura</i> . Espèces la plus petite (22 µm) et la plus grande (60 µm) le plus consommées.
Dunphy <i>et al.</i>	2006	<i>Ostrea chilensis</i> (larves et adultes)	Nouvelle Zélande	<i>Synechococcus spp</i>	Polystyrène, bactéries	labo	Résultat : particules de 20–75 µm de diamètre les plus sélectionnées par larves et adultes.
Dupuy <i>et al.</i>	2000	<i>Crassostrea gigas</i> (adultes)	France	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros sp</i> + autres diatomées	Flagellés, microphyto- plancton, dinoflagellés, ciliés et zooplancton	labo	Nourriture collectée <i>in natura</i> . Résultat original : organismes >5 µm mieux retenus que ceux <5 µm.
Espinosa <i>et al.</i>	2009	<i>Crassostrea virginica</i> (juvéniles et adultes)	USA	<i>Nitzschia closterium</i> (17–20 µm) <i>Isochrysis sp.</i> (5–6 µm) <i>Tetraselmis maculata</i> (10–18 µm)	-	labo	Etude <i>in vivo</i> et <i>in vitro</i> . Etude sur enzymes impliquées dans la filtration sélective.

Haure <i>et al.</i>	2003	<i>Crassostrea gigas</i> et <i>C. angulata</i> (même espèce !) (tous les stades)	France	<i>Skeletonema costatum</i>	-	labo	Etude sur alimentation et respiration des hybrides.
Hégaret <i>et al.</i>	2004	<i>Crassostrea virginica</i> (adultes)	USA	<i>Tetraselmis chui</i> <i>Skeletonema costatum</i>	-	labo	2 alimentations : une espèce seule ou 50/50.
Kesarcodi-Watson <i>et al.</i>	2001	<i>Saccostrea commercialis</i> (juvéniles et adultes)	Australie	<i>Nannochloropsis</i> sp. <i>Spongiococcum excentricum</i>	M.O.	labo	Flow through system.
Knuckey <i>et al.</i>	2002	<i>Crassostrea gigas</i> (juvéniles)	Australie	<i>Papilio cellulus simplex</i> , <i>Nitzschia cf paleacea</i> , <i>Atteya septentrionalis</i> , <i>Entomoneis cf punctulata</i> , <i>Extubocellulus spinifera</i> et <i>Thalassiosira oceanica</i>	-	labo	Résultat : <i>E. cf punctulata</i> et <i>A. septentrionalis</i> , diatomées indigènes, très consommées. Choix corrélé à teneur en protéines des diatomées.
Le Borgne-David	1972	<i>Crassostrea angulata</i> (= <i>gigas</i>) (adultes)	France	-	Tetramin	labo	Etude sur taux filtration.
Pouvreau <i>et al.</i>	2000	<i>Pinctada margaritifera</i> (adultes)	Polynésie française	Non précisées	M.O, cyanobactéries bactéries.	<i>in situ</i>	Mesures poids sec coquille et chair.
Rico-Villa <i>et al.</i>	2006	<i>Crassostrea gigas</i> (larves)	France	<i>Chaetoceros calcitrans forma pumilum</i> , <i>Chaetoceros gracilis</i> , <i>Skeletonema costatum</i> <i>Isochrysis affinis galbana</i> et <i>Pavlova lutheri</i>	-	labo	Relation entre alimentation et métamorphose larves.
Rico-Villa <i>et al.</i>	2009	<i>Crassostrea gigas</i> (larves)	France	<i>Chaetoceros calcitrans</i> form. <i>pumilum</i> , <i>C. gracilis</i> et <i>Isochrysis affinis galbana</i>	-	labo	3 densités phyto: 12, 20 et 40 cell. μl^{-1} 5 températures: 17, 22, 25, 27 et 32°C
Riisgard	1988	<i>Crassostrea virginica</i> (adultes)	USA	<i>Isochrysis galbana</i> (3-4 μm) <i>Cryptomonas</i> sp. (5-9 μm)	Bactéries, petites particules (2-3 μm)	labo	Etude sur rétention particules et taux de filtration.
Robert <i>et al.</i>	1995	<i>Pinctada margaritifera</i> (adultes)	France	<i>Chaetoceros calcitrans</i> (9-10 μm) <i>Isochrysis aff. galbana</i> (8-10 μm)	-	labo et <i>in situ</i>	Etude respiration/filtration.
Ward <i>et al.</i>	1994	<i>Crassostrea virginica</i> (adultes)	USA	<i>Chaetoceros muelleri</i>	-	labo	Etude <i>in vivo</i> par endoscopie.

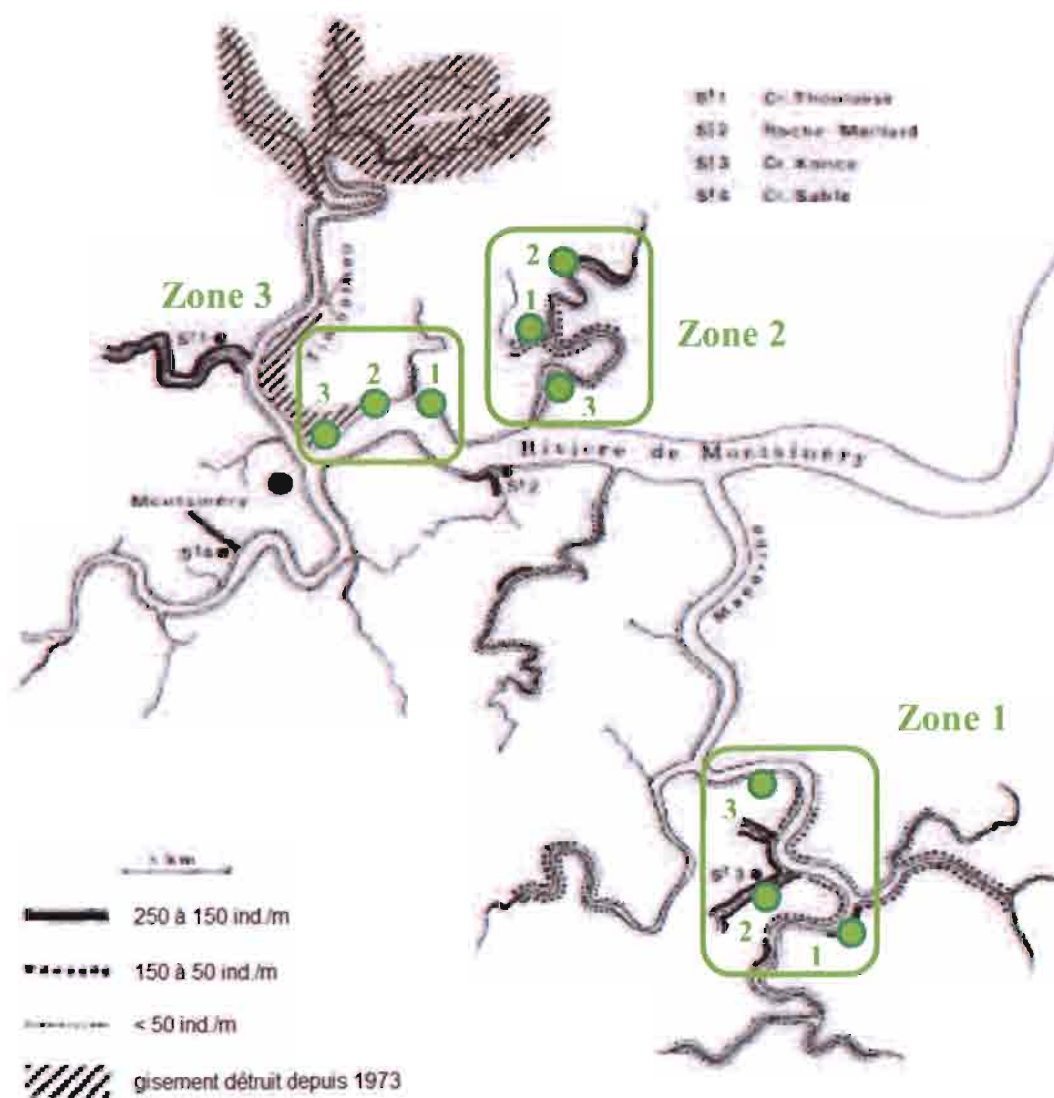
Annexe 2 : Valeurs moyennes mensuelles de la salinité et de la température des eaux du bassin de Montsinéry et précipitations totales par mois (la zone sombre réunit les mois de saison sèche).



Annexe 3 : Photos de *C. gasar* dans la rivière de Montsinéry (photo pers.). Fixation en grappe sur les racines échasses des palétuviers.



Annexe 4 : Carte de la rivière de Montsinéry, d'après Lemoine et Rose 1977 (modifié)

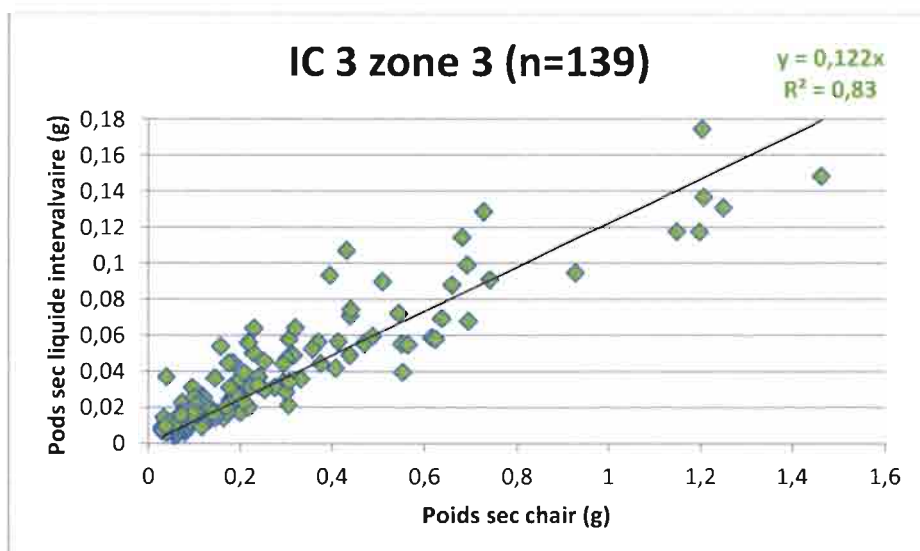
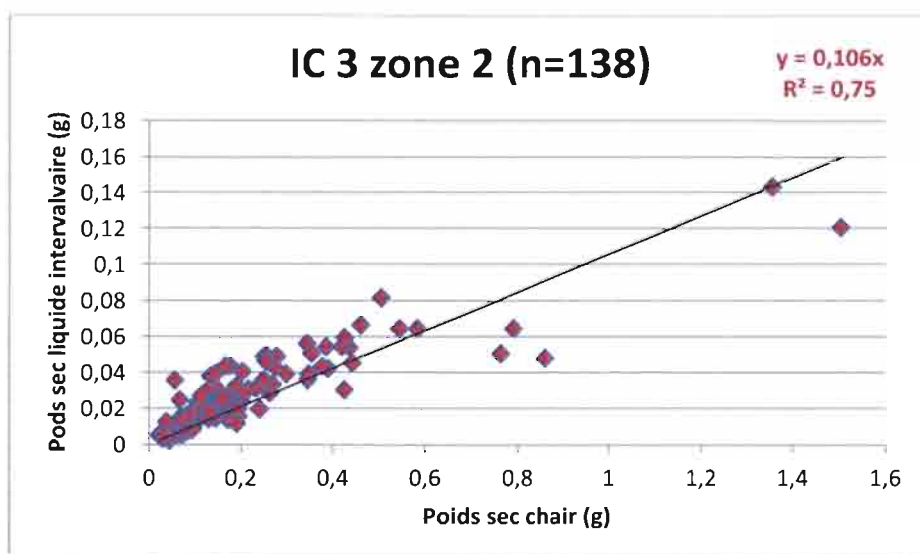
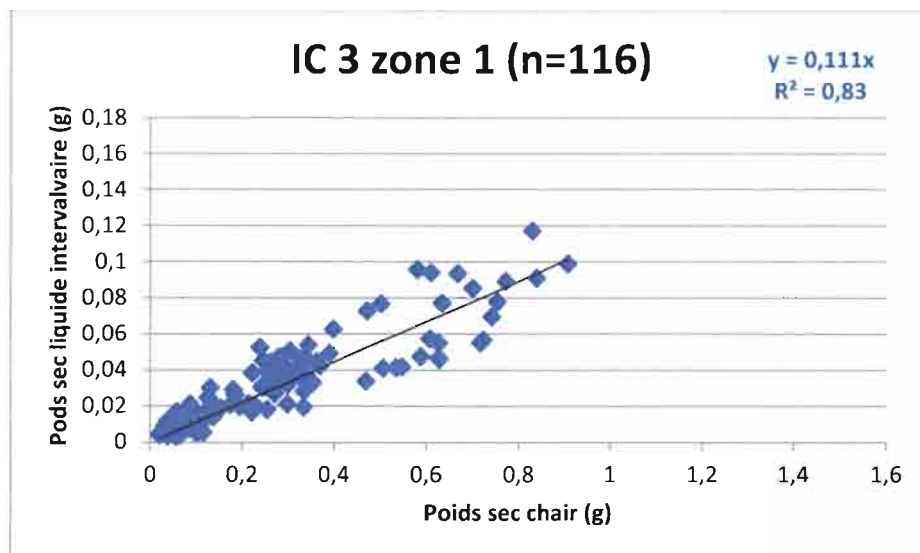


Zone	Station	Coordonnées GPS (UTM)
1	1	339611 E - 0535893 N
	2	399199 E - 0536440 N
	3	338368 E - 0537533 N
2	1	336892 E - 0542315 N
	2	337269 E - 0542836 N
	3	336880 E - 0541904 N
3	1	335692 E - 0541525 N
	2	335228 E - 0541471 N
	3	334813 E - 0541162 N

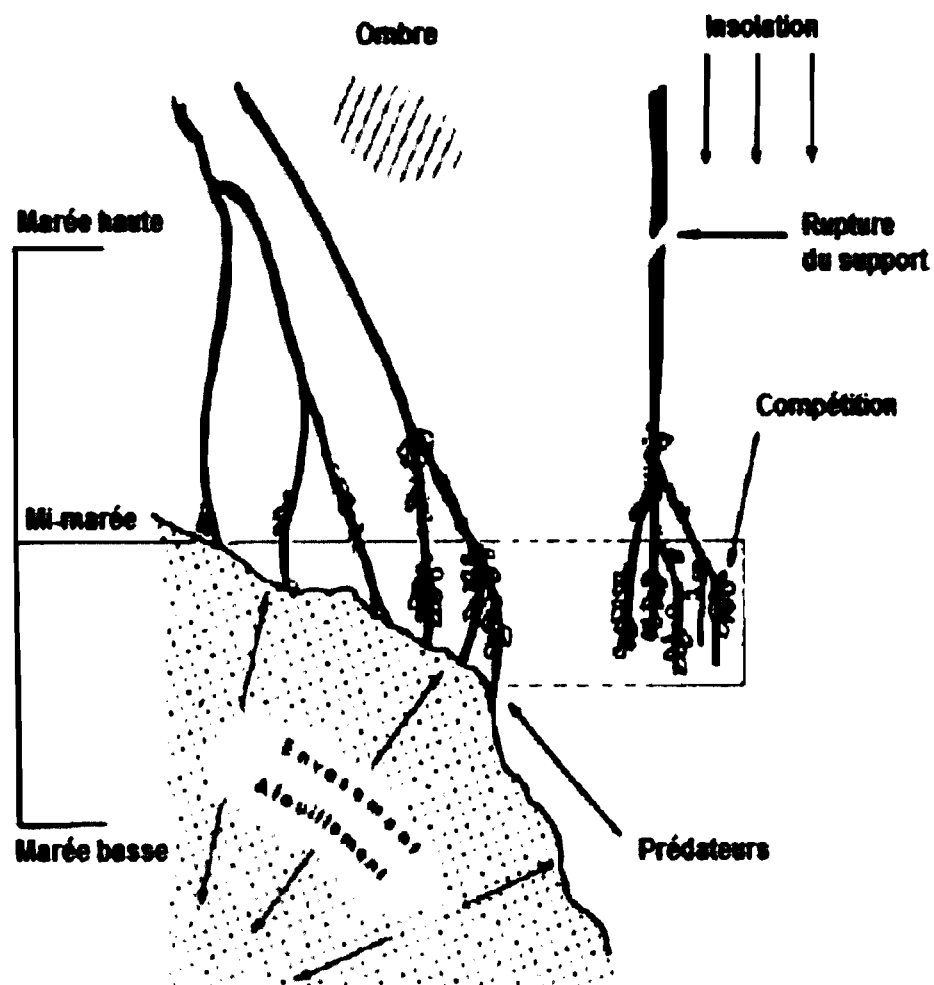
Annexe 5: Les neufs indices de condition (IC) retenus, d'après Bodoy *et al.* (1986).

IC 1	Poids sec chair/Poids sec coquille x1000
IC 2	Poids sec liquide intervalvaire/Poids sec coquille x1000
IC 3	Poids sec liquide intervalvaire/Biomasse sèche sans cendres x100
IC 4	Poids sec liquide intervalvaire/Poids sec chair x100
IC 5	Poids frais chair/Poids frais total
IC 6	Poids sec chair/Poids frais total
IC 7	Poids sec coquille/Poids frais total
IC 8	Poids frais chair/Poids sec coquille
IC 9	Poids frais chair/(Poids frais total – Poids sec coquille)

Annexe 6 : Construction d'un indice de condition : exemple de l'IC 3.



Annexe 7 : Schéma contraintes naturelles des stades sessiles (d'après Lemoine et Rose (1977), modifié)



Résumé

La rivière de Montsinéry (Guyane française) est remarquable car elle est colonisée par *Crassostrea gasar*, la seule espèce d'huître en Guyane, qui vit fixée aux racines échasses des palétuviers et qu'on ne retrouve nul part ailleurs sur le territoire guyanais. Les écosystèmes estuariens tels que ceux de la rivière de Montsinéry sont caractérisés par de fortes instabilités hydrologiques et hydrochimiques (notamment la salinité) en relation étroite avec le régime des précipitations local. La productivité et la richesse spécifique phytoplanctoniques y sont relativement faibles, en particulier au cours de la saison des pluies. Le phytoplancton (de l'ordre de 10^5 cellules.l⁻¹ pour un biovolume de 10^5 µm³.l⁻¹) est principalement constitué de Chlorophyceae et de Diatomophyceae. La population de *C. gasar* de Montsinéry a une distribution spatiale hétérogène et très agrégative, principalement déterminée lors de la fixation des larves planctoniques. L'indice de condition le plus adapté à *C. gasar* prend en compte le poids sec du liquide intervalvaire et le poids sec de biomasse sans cendre. *In natura*, les huîtres présentent un indice de condition variable selon les zones. En laboratoire, elles montrent un *preferendum* alimentaire à la salinité de 15.

Abstract

Montsinéry river (French Guiana) is remarkable because it is colonized by *Crassostrea gasar*, the only French Guiana oyster species, which lives attached to mangals aerial prop roots and which isn't found anywhere else on Guiana territory. Estuarine ecosystems such as Montsinery river ones are characterized by strong hydrochemical and hydrological instabilities (in particular salinity) linked to local precipitation system. Productivity and phytoplanktonic specific richness are relatively low, particularly during rainy season. Phytoplankton (reaching approximately 10^5 cells.l⁻¹ for 10^5 µm³.l⁻¹ biovolume) is mainly composed of Chlorophyceae and Diatomophyceae. Montsinery *C. gasar* population has a heterogeneous and aggregative distribution, mostly determined by planktonic larvae settlement. The condition index that best fits to *C. gasar* is based on dry cavity liquid weight and dry ashless biomass weight. *In natura*, oysters condition index differs between zones. At the laboratory, oysters feeding is maximal at salinity 15.

Mots clés : *Crassostrea gasar*, Guyane française, phytoplancton, chaîne trophique, indice de condition.