

Croissance et variations saisonnières de la composition en acides gras de l'huître *Crassostrea gigas* cultivée dans la lagune de Bizerte, Tunisie

Salwa Dridi^{a,b*}, Mohamed Salah Romdhane^b & M'hamed El Cafsi^a

^a Faculté des Sciences de Tunis, Département de Biologie, Unité de Physiologie et d'Ecophysiologie des Organismes Aquatiques, Campus Universitaire, 2092, El Manar II, Tunis, Tunisia.

^b Institut National Agronomique de Tunisie, Département des Sciences de la Production Animale et de la Pêche, Unité d'écosystèmes et ressources aquatiques, 43 Av. Charles Nicole, 1082 Tunis, Tunisia.

Corresponding author : * salwadridi@yahoo.fr

RÉSUMÉ. Ce travail, réalisé de janvier 2002 à janvier 2003, a pour principal objectif de suivre la croissance d'une population de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans la lagune de Bizerte en parallèle à, d'une part, la détermination de la composition en acides gras de l'ensemble gonade-glande digestive de chaque individu et, d'autre part, l'analyse des paramètres physiques du milieu d'échantillonnage. La séparation entre les individus en périodes d'activité gonadique (de mars à septembre) et les individus en repos sexuel (novembre à février) déduite d'une étude parallèle sur *C. gigas* de la lagune de Bizerte, nous a permis d'observer l'effet du cycle sexuel sur la croissance linéaire et pondérale. Ainsi, nous avons remarqué que durant le repos sexuel, la corrélation entre les différents paramètres des modèles de croissance est plus étroite que celle correspondant au reste du cycle. L'accélération de la croissance durant la phase d'inactivité sexuelle, est démontrée par l'augmentation de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur de la coquille, respectivement de 2.04cm±0.18; 0.58cm±0.08 et 0.9cm±0.06 de janvier 02 à février 02 et 1.25cm±0.33; 0.65cm±0.11 et 0.28cm±0.07 de novembre 02 à janvier 03. L'accélération de la croissance durant le repos sexuel est également déduite du profil d'acide gras déterminé sur l'ensemble gonade-glande digestive. Ce dernier montre des teneurs maximales en acides gras totaux (7.97±1.31% de chair sèche) en automne. De plus, les acides gras saturés (représentés majoritairement par C16:0), monoinsaturés [représentés majoritairement par C16:1(n-7), C18:1(n-7) et C20:1(n-7)] et polyinsaturés [représentés majoritairement par C20:5 (n-3) et C22:6 (n-3)] montrent des valeurs maximales durant le repos sexuel du bivalve (automne et hiver) dont les valeurs sont respectivement de 26.38%±1.78; 15.84%±0.56 et 65.22%±15.49 des acides gras totaux. Ces acides gras essentiels représentent dans ce cas une source d'énergie majeure pour le bivalve lui permettant une croissance remarquable des valves en longueur, largeur et épaisseur durant cette phase du cycle sexuel. L'augmentation des teneurs en acides gras durant le repos sexuel de *C. gigas* est favorisée par l'élévation de la production photosynthétique automnale (1.2µg/L).

MOTS CLÉS : *Crassostrea gigas*, croissance, acides gras, chlorophylle a, cycle sexuel.

Growth and seasonal variations of fatty acid composition of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* from the Bizert lagoon, Tunisia

ABSTRACT. Growth and fatty acid composition of the gonad-digestive gland of the oyster *Crassostrea gigas* was studied from January 2002 to January 2003. Different measurements of oyster shell length and weight were discussed in relation to the environmental conditions, especially food availability. Separation between oysters in the two phases of the gametogenic cycle demonstrated that during sexual resting, the correlation between the various growth parameters is higher than those obtained during the gonadal activity, including ripeness and spawning. The total lipids and seasonal variations in the fatty acids of the gonad-visceral mass of the cupped oyster suggests a cycle of energy storage and utilization in the Bizert lagoon. Total fatty acid content (7.97±1.31–4.87±1.60% of dry tissue) varied significantly during the year, reaching the highest value in autumn in coincidence with the increase of nutrient availability demonstrated by the elevation in Chlorophyll a level in November. However the lowest values of total fatty acids occurred in summer which corresponded to the intense gametogenic activity and the decrease of the correlations observed. The 16:0, 18:1(n-7), 18:2(n-6), 18:3(n-3), 20:5(n-3) and 22:6(n-3) fatty acids predominated and presented maximal levels during winter and autumn (sexual resting stage) and contributed to the increasing shell length, width and thickness (2.04±0.18cm; 0.58±0.08cm and 0.90±0.06cm from January 02 to February 02 and 1.25±0.33cm; 0.65±0.11cm and 0.28±0.07cm from November 02 to January 03, respectively). *Crassostrea gigas* was characterized by a relatively high n-3/n-6 PUFA ratio (2.45–3.15) which was particularly high in winter. Fluctuations in the fatty acid composition of oysters between seasons are dependent upon the gonadic stages, temperature and the dietary resources available in their immediate habitat.

KEY WORDS : *Crassostrea gigas*, growth, fatty acids, chlorophyll a, gametogenic cycle.

INTRODUCTION

L'ostréiculture en Tunisie est une activité récente. L'huître creuse *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) est exploitée dans la lagune de Bizerte depuis 1972 suite à l'importation de naissains du Japon puis de France (MEDHIOUB, 1993). La production d'huîtres en Tunisie a augmenté durant ces dernières années: elle est passée d'une tonne en 2000 à deux tonnes en 2001 et 16 tonnes en 2003 représentant ainsi 0.14% de la production totale des mollusques en Tunisie (FAO, 2006). L'ostréiculture tunisienne dépend, jusqu'à nos jours, de l'importation de naissains de l'étranger, ce qui représente un handicap économique majeur. Ce travail constitue une première contribution à l'étude de la croissance de *C. gigas* en fonction des variations saisonnières de ses teneurs en acides gras et de son cycle sexuel, afin de cibler les périodes durant lesquelles *C. gigas* de la lagune de Bizerte est vulnérable et sa résistance aux stress environnementaux plus limitée.

GIESE (1969), BAYNE (1976) et SASTRY (1979) ont montré que le stockage et l'utilisation des réserves lipidiques varient selon les espèces mais aussi selon les individus d'une même espèce. Par ailleurs, GABBOTT (1983); RUIZ et al. (1992); PAZOS et al. (1997); BERTHELIN et al. (2000) et OJEA et al. (2004) ont précisé que ces variations résultent des interactions complexes entre les conditions du milieu (notamment sa richesse trophique) et la physiologie des bivalves (notamment la croissance et la reproduction).

Considérant ces paramètres, nous nous sommes attachés, dans ce travail, à suivre la croissance de l'huître *C. gigas* en parallèle avec le suivi saisonnier de la composition en acides gras de l'ensemble gonade-glande digestive

des individus analysés. Cette étude a été complétée par la détermination du cycle gamétogénique des huîtres et des paramètres physiques du milieu d'élevage.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Site et stratégie de prélèvement

Le site d'étude est localisé dans la lagune de Bizerte, située au nord de la Tunisie (Fig. 1). Les échantillons d'huîtres, cultivées en suspension dans la colonne d'eau, sont prélevés (N=40) mensuellement durant la période allant de janvier 2002 à janvier 2003, sur des cordes suspendues dans la ferme marine de Bizerte (FMB; 37° 09.38' N et 9° 53.55' E) (Fig. 1). Au début de l'expérimentation les huîtres âgées de 12 mois mesuraient $6.69\text{cm} \pm 0.75$ (longueur antéro-postérieure) et pesaient $30.94\text{g} \pm 10.82$.

2. Paramètres physico-chimiques

Les mesures de température et de salinité sont effectuées *in situ* tous les mois, à 1 mètre de profondeur dans le milieu d'échantillonnage des huîtres, respectivement à l'aide d'un thermomètre électronique de précision graduée à $1/10^{\text{ème}}\text{°C}$ et d'un salinomètre du type WTW.LF 191 préalablement étalonné à l'eau de mer standard. Les mesures de la chlorophylle a sont réalisées tous les mois selon la méthode fluorimétrique qui consiste à mesurer la fluorescence avant (F_0) et après acidification (F_a) d'un extrait méthanolique du pigment (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

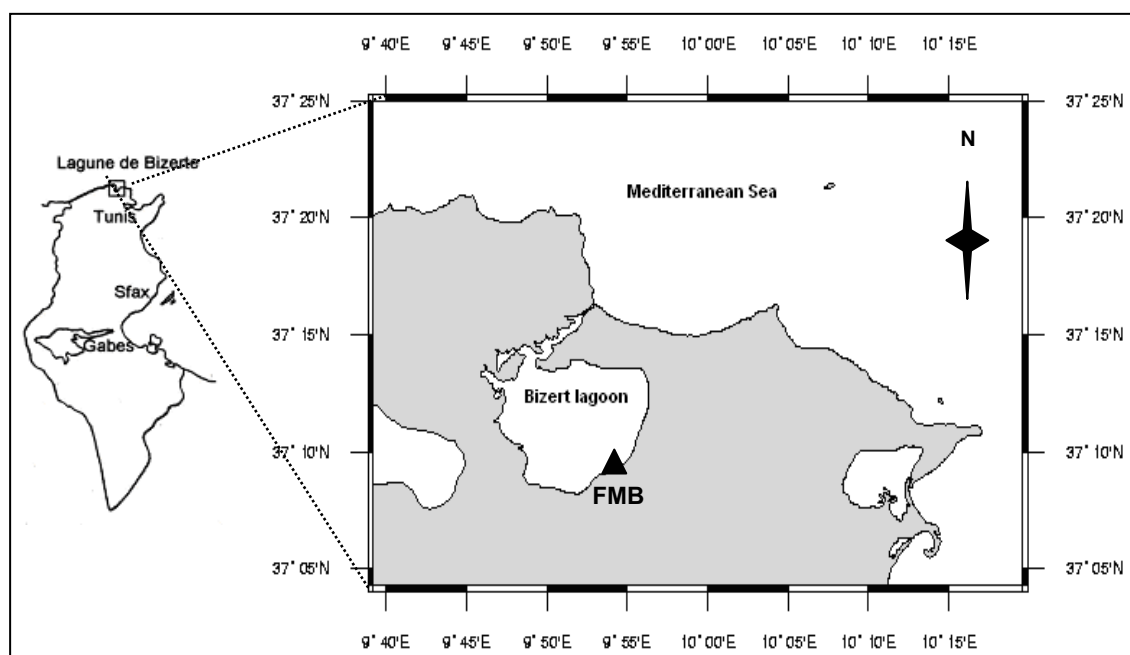


Fig. 1. – Localisation géographique du site d'étude (Ferme Marine de Bizerte, FMB) dans la lagune de Bizerte (▲).

3. Étude de la croissance

Les différentes mesures de taille ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse avec une précision de 1/100^{ème}cm, et les pesées au moyen d'une balance électronique de précision à 0.001g près.

Cette étude ayant pour objectif d'établir les relations allométriques liant les paramètres métriques et pondéraux, les paramètres suivants ont été déterminés pour chaque individu:

- Longueur (L): Dimension séparant le bord antérieur du bord postérieur.
- Largeur (l): Dimension séparant le bord dorsal du bord ventral.
- Epaisseur (E): Dimension donnée par la convexité des deux valves réunies.
- Masse totale fraîche (Ptot): Masse de l'individu entier dont la coquille a été débarrassée des sédiments et des organismes épibiontes.
- Masse de la chair fraîche (Pchf): Masse viscérale fraîche égouttée pendant au moins 30 minutes sur papier filtre.
- Masse de la chair sèche (Pchs): Masse viscérale après dessiccation pendant 72 heures à l'étuve à 60°C.
- Masse de la coquille sèche (Pcoqs): Masse de la coquille séchée (60°C pendant 72h).

Les relations allométriques obtenues ont obéi à la loi d'allométrie suivante:

$$Y=aX^b$$

Où:

- Y est la variable aléatoire dépendante représentant la dimension ou le poids d'une partie ou de la totalité du corps.
- X est la variable dépendante représentant le paramètre de référence.
- a est une constante caractéristique de l'espèce représentant l'indice de l'origine ou coefficient de condition c'est-à-dire la valeur de Y quand X=1.
- b est un coefficient d'allométrie ou coefficient de croissance. Il représente la pente dans la forme linéarisée de l'équation.

Cette équation est une fonction curviligne, pour la rendre linéaire nous la transformons en une relation logarithmique qui s'écrit sous la forme:

$$\text{Log } Y = \text{Log } a + b \text{ Log } X$$

4. Composition en acides gras

La composition en acides gras a été étudiée trimestriellement (n=6). Après dissection des huîtres et isolement de l'ensemble gonade-glande digestive, nous avons réalisé l'extraction des lipides totaux de ces tissus selon la méthode de FOLCH et al. (1957), modifiée par BLIGH & DYER (1959). L'obtention des esters méthyliques d'acides gras a été effectuée selon le protocole de METCALFE et al. (1966). Les esters méthyliques sont analysés par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un chromatographe HP modèle 4890 D équipé d'une colonne capillaire HP Innowax de 30m X 0.25mm de diamètre interne et dont

l'épaisseur du filon est de 0.25µm. L'étalon interne utilisé est un acide gras à nombre impair de carbones absent dans nos échantillons. L'identité de chaque acide gras représenté par un pic sur les chromatogrammes expérimentaux est obtenue par comparaison avec une analyse dans les mêmes conditions d'un mélange témoin d'acides gras (esters méthyliques standard PUFA (n-1) de SUPELCO).

5. Analyses statistiques

Des données obtenues à partir des mesures de coquille ont été employées pour déterminer des rapports morphométriques des axes de croissance de la coquille en longueur, en largeur et en épaisseur dont les mesures ont subi une transformation logarithmique. Pour les rapports allométriques, nous avons utilisé les tests de régression linéaire pour l'obtention d'équations descriptives et la qualité de l'ajustement a été évaluée par le coefficient de corrélation (r). Les rapports de croissance allométriques entre d'une part la longueur, l'épaisseur et la largeur et d'autre part le poids total frais ont été estimés en utilisant la régression linéaire. La qualité de l'ajustement a été décrite en utilisant le coefficient de corrélation (r), (SOKAL & ROHLF, 1969). Le test t de Student et les tests de comparaisons multiples de Duncan à P<0.05 ont été utilisés pour la comparaison des pentes des régressions linéaires.

Pour les données d'acides gras, les analyses de variance à deux facteurs ont permis de tester l'effet de la saison sur l'élévation ou la diminution des teneurs moyennes en acides gras. Ces dernières ont été comparées à l'aide du test de Duncan à p<0.05. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA 6.0.

RÉSULTATS

Pendant la période d'étude, la température de l'eau mesurée dans le milieu d'élevage des huîtres varie entre un minimum de 10.9°C enregistré au mois de janvier et un maximum de 28°C (août) (Fig. 2). La température moyenne relevée s'établit à 19.7°C±5.8°C et les mesures de salinité oscillent entre 38‰ et 33‰. La salinité atteint son maximum suite aux évaporations estivales causées par l'accroissement thermique, puis la salinité diminue dès l'arrivée de la saison pluviale. La détermination de la concentration du milieu en chlorophylle a, a mis en évidence deux pics de production photosynthétique, un printanier au mois de mai (2.4µg/L) et un moins important automnal au mois de novembre (1.2µg/L). La moyenne calculée des douze mois de l'étude est de 0.7µg/L±0.6.

La croissance des huîtres a été étudiée en fonction du cycle sexuel de *C. gigas* qui, selon DRIDI et al. (2006), est composé de 6 stades sur l'échelle de LUBET (1959). Ce cycle a commencé par le stade 0 (repos sexuel) qui s'est étendu de novembre à février, suivi du stade I (mars-avril 2002). La croissance des gamètes a été observée essentiellement en avril et la maturation gonadique, qui se compose des stades III A et III B, a débuté pour les huîtres de la lagune de Bizerte au mois de mai et s'est poursuivie jusqu'en août. Les émissions des gamètes (stade III D) ont été partielles au mois de Juin et totales au mois de septembre.

Les moyennes des mesures de tailles de *C. gigas* (longueur, largeur, épaisseur et poids total frais), ont varié considérablement durant la période de l'étude, allant de janvier 2002 à janvier 2003. Les différences de tailles calculées selon les différentes phases du cycle sexuel sont illustrées dans le Tableau 1. Nous avons observé deux diminutions remarquables du poids total frais aux mois de juin et septembre qui correspondent selon DRIDI et al. (2006) aux émissions gamétiques (Fig. 3).

Des relations allométriques significatives ont été mises en évidence pour les trois paramètres linéaires mesurés sur l'ensemble de la période d'étude (cycle annuel) (Tableau 2). En effet, les valeurs des coefficients de corrélation r de la période annuelle qui relient les différentes variables linéaires de l'huître sont comprises entre 0.57 ($p < 0.05$) et 0.75 ($p < 0.05$) témoignant d'une corrélation significative entre la longueur et la largeur, la longueur et l'épaisseur ainsi que la largeur et l'épaisseur. Pendant la phase d'activité sexuelle, les valeurs du coefficient de corrélation r calculées pour chaque modèle de croissance linéaire varient entre 0.10 (NS) et 0.22 ($p < 0.05$) alors que durant le repos sexuel les valeurs de r augmentent et sont comprises entre 0.64 ($p < 0.05$) et 0.82 ($p < 0.05$).

Quelle que soit la période de l'année considérée, les relations allométriques reliant les différentes variables pondérales du bivalve à la longueur de la coquille (considérée comme taille de référence) se sont révélées significatives (Tableau 3). La séparation entre les individus en activité sexuelle et les individus au repos sexuel permet de comprendre l'effet du cycle sexuel sur les équations pondérales durant l'année de l'étude qui révèle des coefficients de corrélation r intermédiaires. Au repos sexuel, les valeurs de r sont maximales [0.65 ($p < 0.05$) à 0.88 ($p < 0.05$)] alors que durant l'activité sexuelle, ces valeurs diminuent notablement, de 0.15 ($p < 0.05$) à 0.47 ($p < 0.05$).

L'évolution saisonnière des acides gras totaux (% de la masse de la chair sèche) a montré des valeurs maximales enregistrées en automne (7.97±1.31) (Fig. 4). Le printemps est caractérisé par l'élévation du pourcentage des acides gras totaux dans le tissu sec de l'ensemble

gonade-glande digestive (7.33±1.78) qui a diminué significativement ($p < 0.05$) en été (4.87±1.60) (Fig. 4).

La dominance des acides gras polyinsaturés (AGPI, 57.93-65.22% des aides gras totaux) sur les acides gras saturés (AGS, 23.13-26.38% des aides gras totaux) et monoinsaturés (AGMI, 12.35-15.84% des aides gras totaux) a été mise en évidence durant l'année de l'étude (Fig. 5). Les variations des AGS ne se sont pas révélées significatives ($p < 0.05$) durant la période d'étude. Les AGMI ont varié significativement ($p < 0.05$) de l'été à l'automne et les AGPI du printemps à l'été ($p < 0.05$).

Les acides gras polyinsaturés du type (n-3) constituent le groupe le plus important parmi les polyinsaturés dominés par l'acide eicosapentaénoïque (20:5 n-3, 10.68-12.15% des acides gras totaux) et l'acide docosapentaénoïque (22:6 n-3, 17.33-21.94% des acides gras totaux). Les acides gras saturés, essentiellement représentés par l'acide palmitique (16:0, 19.77-20.84% des acides gras totaux), constituent le deuxième groupe d'acides gras alors que l'ensemble des acides gras monoinsaturés, majoritairement représentés par 16:1(n-7), 18:1(n-7) et 20:1(n-7), n'ont pas représenté plus de 15.84% des acides gras (en automne).

Les valeurs maximales de l'acide palmitique sont enregistrées au printemps (20.84%±1.17 des acides gras totaux) et en automne (20.80%±3.95). La valeur maximale de C20:5 (n-3) est enregistrée en hiver (12.15±1.71% des acides gras totaux). Le pourcentage de l'acide docosahexaénoïque C22:6 (n-3) parmi les acides gras totaux a été maximale au printemps (21.94±1.73). Cet acide gras a diminué significativement ($p < 0.05$) en été et a montré une augmentation significative ($p < 0.05$) de nouveau en automne (21.22±1.10% des acides gras totaux) durant lequel les huîtres sont au repos sexuel. Les AGPI ont présenté les pourcentages maximums en hiver (65.22%±15.49 des acides gras totaux) et minimums en été (57.93%±13.69 des acides gras totaux). Le rapport AGPI (n-3)/AGPI (n-6) dans la chair de *C. gigas* ont présenté une valeur maximale en hiver (3.15) et minimale en été (2.45) (Tableau 4).

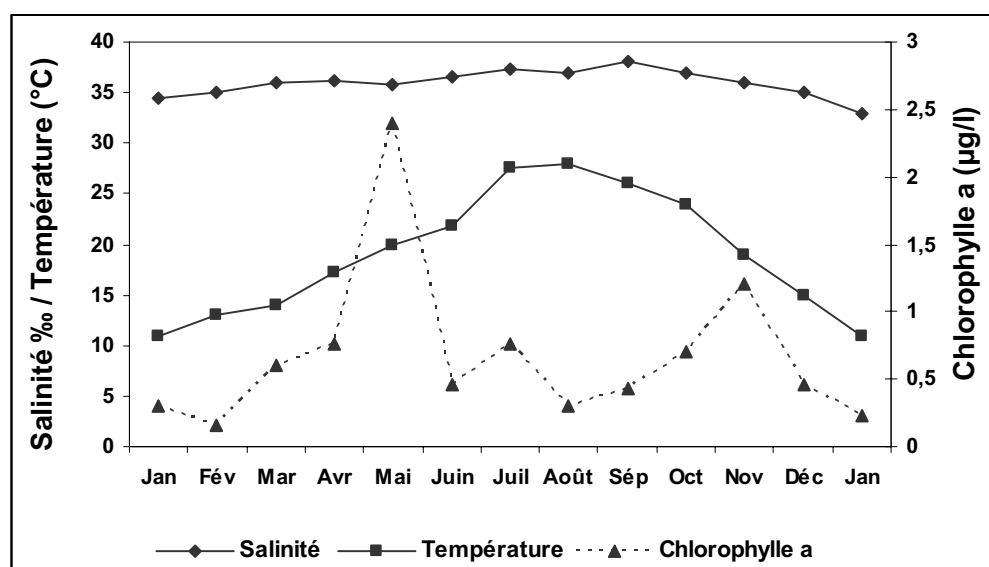
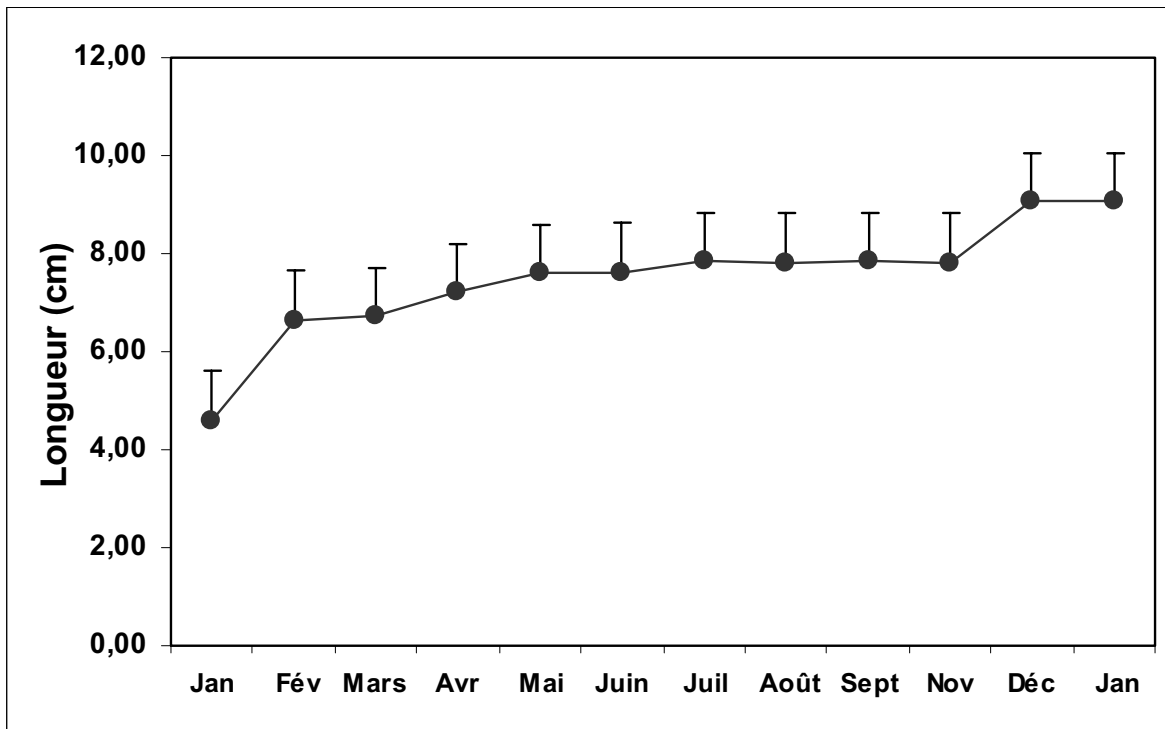
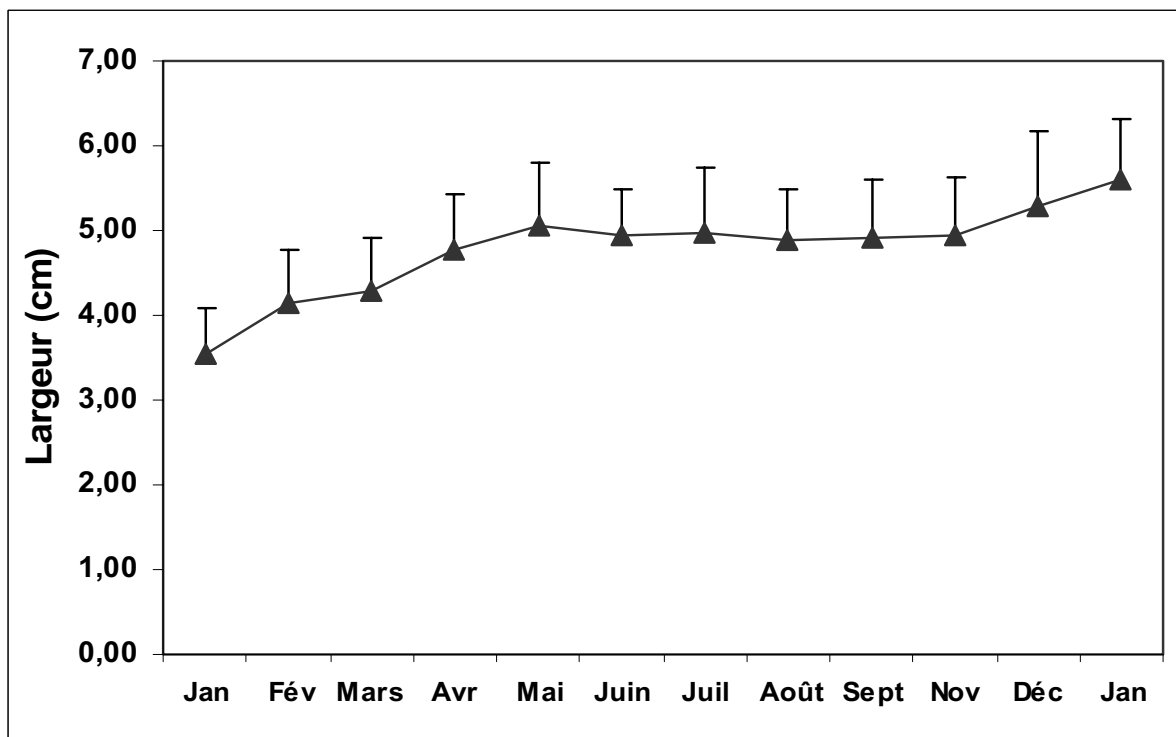


Fig. 2. – Variation mensuelle de la température (°C), salinité (‰) et chlorophylle a (µg/L) de janvier 2002 à janvier 2003.



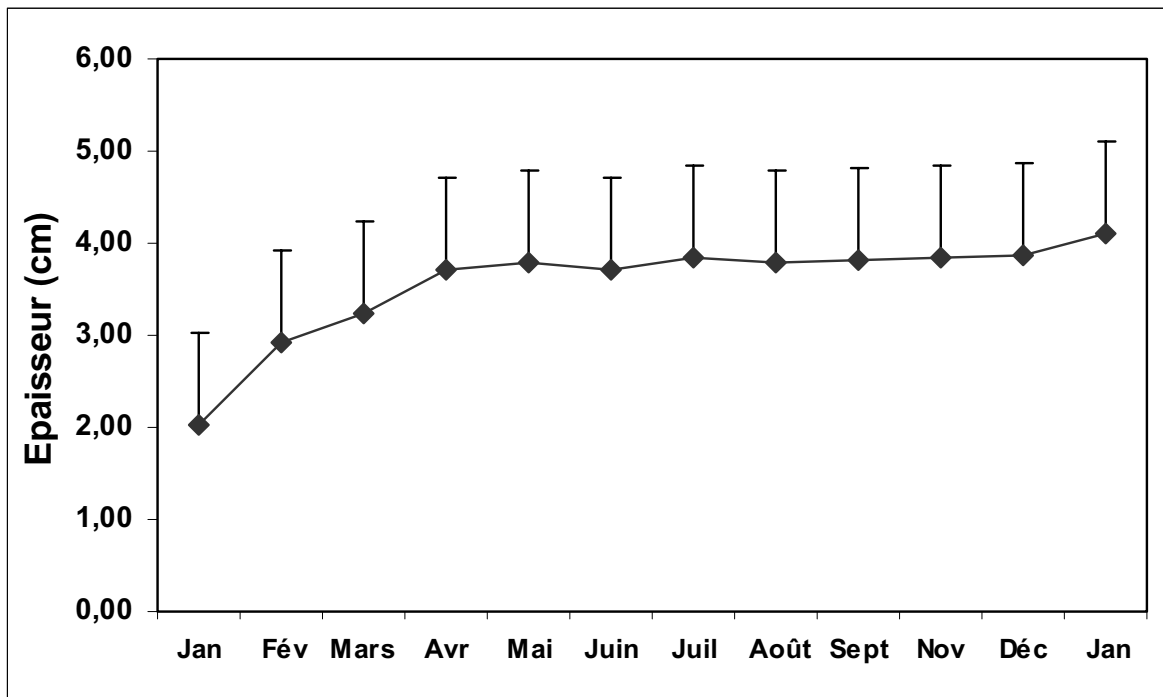
a

Fig. 3a. – Courbe de la croissance en longueur des huîtres de la station FMB de janvier 2002 à janvier 2003.



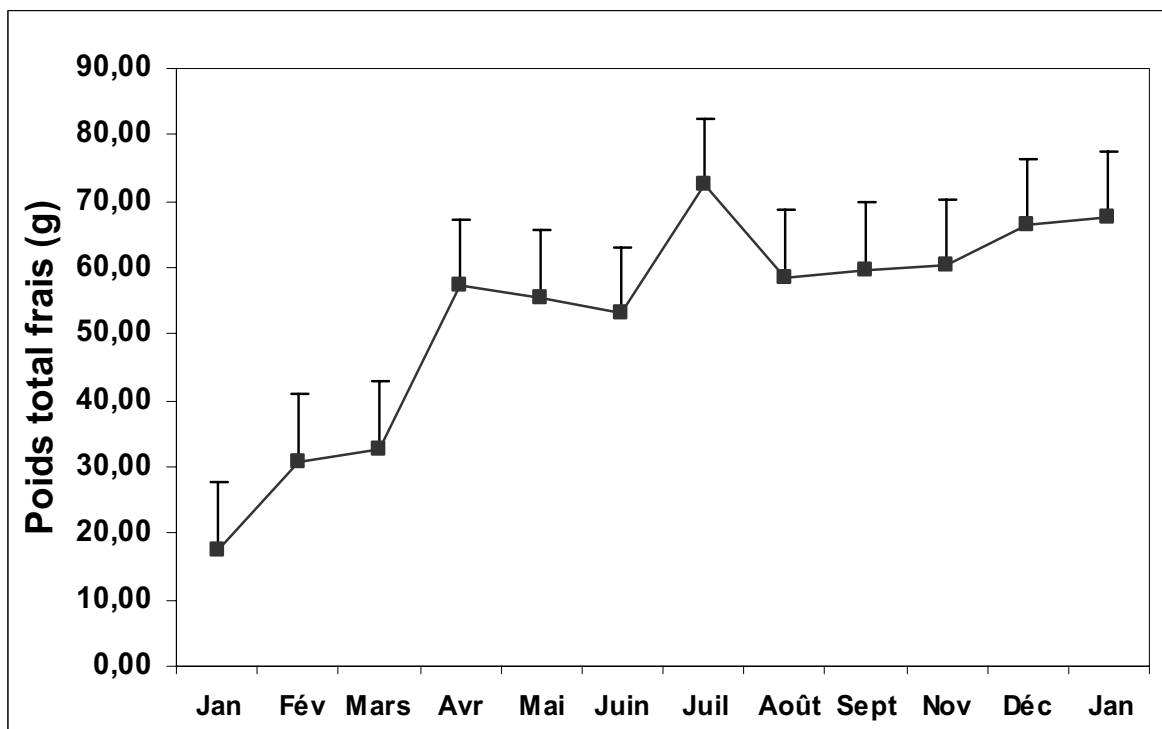
b

Fig. 3b. – Courbe de la croissance en largeur des huîtres de la station FMB de janvier 2002 à janvier 2003.



c

Fig. 3c. – Courbe de la croissance en épaisseur des huîtres de la station FMB de janvier 2002 à janvier 2003.



d

Fig. 3d. – Courbe de la croissance en poids total frais des huîtres de la station FMB de janvier 2002 à janvier 2003.

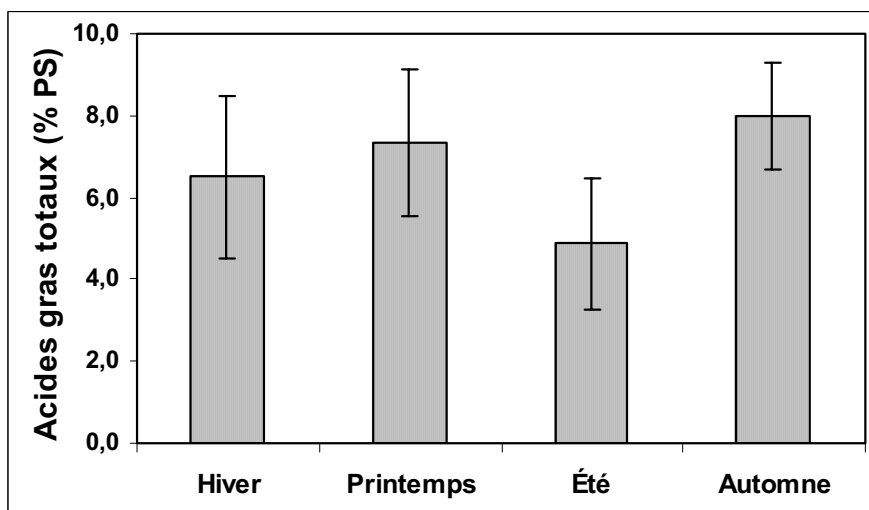


Fig. 4. – Variation saisonnière de la teneur en acides gras totaux (% du poids de chair sèche) chez *Crassostrea gigas* durant l'année de l'étude (2002) (moyenne ± DS).

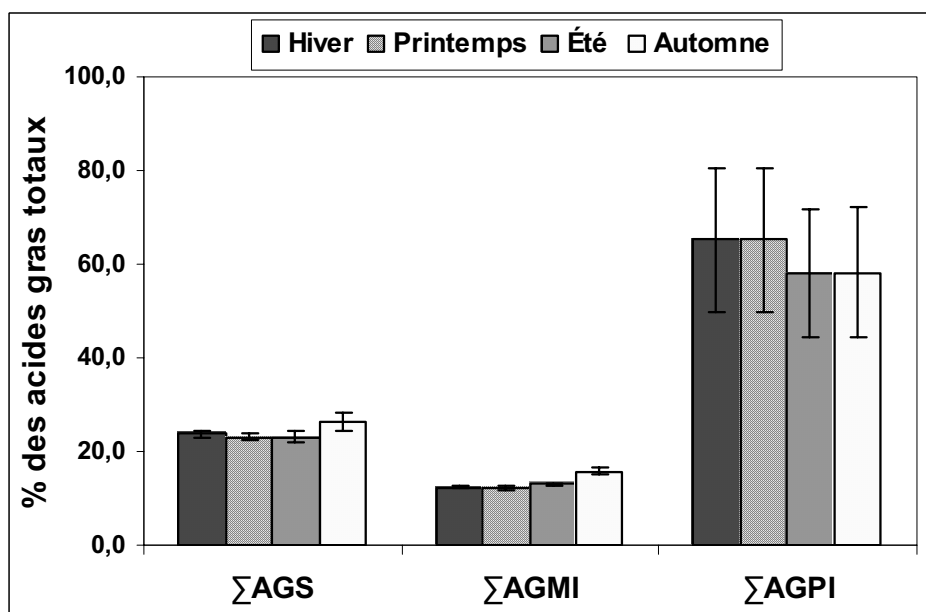


Fig. 5. – Variation saisonnière des acides gras saturés (AGS), acides gras monoinsaturés (AGMI) et acides gras polyinsaturés (AGPI) chez *Crassostrea gigas* durant l'année de l'étude (2002) (moyenne ± DS).

TABEAU 1

Augmentations moyennes de tailles en longueur, largeur et épaisseur calculées selon les différentes phases du cycle sexuel de *Crassostrea gigas* dans la lagune de Bizerte.

	Janvier 02 – Février 02 (Repos sexuel)	Mars 02 – Septembre 02 (Activité sexuelle)	Novembre 02 – Janvier 03 (Repos sexuel)
Longueur	2.04±0.18	1.12±0.08	1.25±0.33
Largeur	0.58±0.08	0.64±0.08	0.65±0.11
Épaisseur	0.90±0.06	0.57±0.12	0.28±0.07

TABLEAU 2

Relations allométriques liant les paramètres de la croissance linéaire (L=Longueur, l=largueur, E=épaisseur) N: Nombre d'individus

Phases	Equations de régression	N	r	t
Cycle annuel	Log l=0.426+0.550 Log L	487	0.58	**
	Log E=-0.601+0.919 Log L	487	0.75	**
	Log E=0.075+0.744 Log l	487	0.57	**
Activité gamétogénique	Log l=0.888+0.326 Log L	282	0.22	**
	Log E=1.027+0.133 Log L	282	0.10	NS
	Log E=1.091+0.132 Log l	282	0.14	**
Repos sexuel	Log l=0.400+0.555 Log L	205	0.64	**
	Log E=-0.686+0.933 Log L	205	0.82	**
	Log E=-0.172+0.852 Log l	205	0.64	**

r: Coefficient de corrélation des équations de régression

** : Test Student significatif ($t > 1.96$; $p < 0.05$); NS=Non significatif

TABLEAU 3

Relations allométriques liant les paramètres de la croissance pondérale à la longueur de la coquille.

Phases	Equations de régression	N	R	t
Cycle annuel	Log Ptot=-0.154+2.025 Log L	487	0.83	**
	Log Pchf=-2.135+1.833 Log L	330	0.52	**
	Log Pchs=-3.190+1.661 Log L	330	0.44	**
	Log Pcoqs=0.268+1.584 Log L	330	0.56	**
Activité gamétogénique	Log Ptot=1.185+1.390 Log L	282	0.47	**
	Log Pchf=0.029+0.713 Log L	210	0.21	**
	Log Pchs=-1.078+0.575 Log L	210	0.15	**
	Log Pcoqs=1.140+1.166 Log L	210	0.42	**
Repos sexuel	Log Ptot=-0.128+1.967 Log L	205	0.88	**
	Log Pchf=-3.260+2.456 Log L	120	0.73	**
	Log Pchs=-4.384+2.306 Log L	120	0.65	**
	Log Pcoqs=-0.739+2.048 Log L	120	0.69	**

TABLEAU 4

Variation saisonnière de la composition en acides gras de l'ensemble gonade-glande digestive de *Crassostrea gigas* dans la lagune de Bizerte. Les résultats sont exprimés en pourcentages des acides gras totaux (moyenne±ET, n=6).

Acides gras	Hiver	Printemps	Été	Automne
	Moy±ET	Moy±ET	Moy±ET	Moy±ET
14:0	2.55±1.87	1.15±1.28	1.22±0.64	2.46±0.27
15:0	0.42±0.21	0.28±0.14	0.51±0.30	0.72±0.11
16:0	19.77±1.41	20.84±1.17	20.05±3.29	20.80±3.95
18:0	0.91±0.13	0.85±0.05	1.33±0.71	2.32±1.18
ΣAGS	23.66±0.86	23.14±0.65	23.13±1.38	26.38±1.78
16:1(n-9)	0.21±0.19	0.33±0.30	0.45±0.33	0.49±0.15
16:1(n-7)	1.83±0.74	1.57±1.75	1.17±0.97	1.67±0.78
18:1(n-9)	1.78±0.89	1.57±0.36	2.23±0.84	2.26±1.81
18:1(n-7)	3.47±0.44	3.69±0.71	3.72±1.06	5.26±1.20
20:1(n-9)	1.91±0.12	1.94±0.76	1.88±0.56	2.66±0.54
20:1(n-7)	2.01±0.21	2.09±0.25	2.93±0.96	3.00±0.94
20:1(n-11)	1.19±0.17	1.14±0.12	0.61±0.51	0.48±0.31
ΣAGMI	12.40±0.31	12.35±0.55	12.93±0.26	15.84±0.56
18:2(n-6)	10.64±0.96	11.93±3.52	10.01±3.50	7.47±2.96
18:3(n-6)	0.17±0.06	0.16±0.07	0.14±0.09	1.14±0.55
20:2(n-6)	0.39±0.91	0.26±0.04	0.22±0.05	0.80±0.46
20:3(n-6)	0.18±0.18	0.13±0.12	0.20±0.12	0.12±0.12
20:4(n-6)	1.32±0.16	1.27±0.39	1.98±0.56	2.22±0.10
22:5(n-6)	0.51±0.04	0.47±0.15	0.53±0.30	0.82±0.10
22:4(n-6)	1.64±0.24	2.26±0.75	2.43±0.55	1.96±0.78
ΣAGPI(n-6)	14.86±0.32	16.50±0.27	15.53±1.23	14.55±0.28

TABLEAU 4

Variation saisonnière de la composition en acides gras de l'ensemble gonade-glande digestive de *Crassostrea gigas* dans la lagune de Bizerte. Les résultats sont exprimés en pourcentages des acides gras totaux (moyenne±ET, n=6).

Acides gras	Hiver	Printemps	Été	Automne
	Moy±ET	Moy±ET	Moy±ET	Moy±ET
18:3(n-3)	4.38±0.95	4.00±0.82	3.39±0.89	3.12±1.11
18:4(n-3)	7.88±1.42	5.89±1.33	4.18±1.57	3.27±0.52
20:4(n-3)	1.04±0.25	0.73±0.06	0.62±0.22	0.73±0.24
20:5(n-3)	12.15±1.71	11.00±1.49	10.68±1.18	11.43±1.61
22:5(n-3)	0.74±0.18	0.81±0.26	1.19±0.23	0.77±0.25
22:6(n-3)	20.40±0.57	21.94±1.73	17.73±2.48	21.22±1.10
21:5(n-3)	0.32±0.28	0.24±0.26	0.33±0.29	0.69±0.43
ΣAGPI(n-3)	46.94±0.61	44.63±0.67	38.15±0.84	41.25±0.52
22:2i	0.15±0.13	0.67±0.33	0.80±0.14	0.05±0.05
22:2j	0.60±0.52	0.38±0.45	0.65±0.55	0.07±0.06
18:2(n-4)	2.66±0.33	2.95±1.08	2.78±0.98	2.16±0.16
ΣAGPI	65.22±15.49	65.15±15.55	57.93±13.69	58.09±13.93
(n-3)/(n-6)	3.15	2.70	2.45	2.83

DISCUSSION

L'étude de la croissance chez *C. gigas* permet de suivre l'évolution des caractères morphologiques des différentes parties du corps de l'animal au cours de son cycle biologique annuel. Il apparaît que le cycle sexuel influence clairement la régression linéaire entre la longueur et la largeur, la longueur et l'épaisseur et l'épaisseur et la largeur. Ces variables linéaires sont différemment liées entre elles suivant la phase d'activité sexuelle de *C. gigas*, en relation probablement avec les gains et les pertes de poids dus à la genèse ou l'émission des gamètes. Selon BERTHELIN et al. (2000), chez les huîtres comme chez les autres espèces de bivalves, le stockage de métabolites est intimement lié aux stades du cycle sexuel. Le tissu de réserve (cellules vésiculeuses) représente un important réservoir énergétique qui s'épuise au moment de l'activité sexuelle de l'animal.

Par contre, au repos sexuel, les valeurs de r augmentent, ce qui signifie que les différentes variables étudiées sont plus fortement liées entre elles. Cette période (automne) correspond également à une élévation de la concentration du milieu en chlorophylle a traduisant l'augmentation de la richesse nutritive du milieu. Celle-ci favorise, dans les tissus de l'huître, l'accumulation de réserves énergétiques, nécessaire à la croissance du tissu somatique et à la synthèse de CaCO_3 pour la croissance coquillière (SATO, 1994). Cette constatation corrobore celle de BROWN (1988) en montrant une corrélation positive entre la vitesse de croissance de *C. gigas* et, essentiellement, la chlorophylle a mais aussi la température.

Les valeurs de b calculées indiquent qu'il s'agit d'une allométrie majorante si $b > 1$ ou minorante si $b < 1$ (isométrie dans le cas où $b = 1$). Les valeurs de b calculées pour la population de *C. gigas* de la lagune de Bizerte (< 1) montrent qu'il s'agit d'une croissance plus rapide en longueur et en largeur plus qu'en épaisseur. Cela explique la forme allongée de la coquille selon l'axe antéro-postérieur.

Les relations qui relient les différentes variables pondérales du bivalve à la longueur de la coquille (considérée comme taille de référence) indiquent, qu'au cours de la phase d'activité sexuelle, les variations interindividuelles sont importantes. Elles sont probablement générées par des changements d'ordre physiologique en rapport avec la gamétogenèse et l'émission des gamètes. Cette situation engendre la réduction de la corrélation entre les deux variables étudiées démontrées par les faibles valeurs de l'indice de corrélation r . Par ailleurs, le coefficient d'allométrie b montre une valeur inférieure à 3 pour tous les modèles liant la longueur aux différentes variables pondérales. Il s'agit donc d'une allométrie minorante dans sa tendance générale. Nous supposons que la vitesse de croissance en longueur est plus rapide que la vitesse de la croissance pondérale.

Plusieurs facteurs influencent la vitesse de croissance linéaire et pondérale chez les bivalves tel que l'état physique et nutritionnel du milieu (ASKEW, 1972; UTTING, 1986) en plus des paramètres physiologiques (BAYNE et al., 1999) et génétiques des bivalves (NEWKIRK, 1980; GAFFNEY, 1988; HEDGECOCK et al., 1996). URRUTIA et al., 1999, ont montré qu'en présence d'un milieu trophique riche, le surplus d'énergie peut être partagé à la fois entre la croissance somatique des tissus et le développement gonadique du bivalve. LUBET (1991) a précisé que la croissance pondérale est influencée, entre autres facteurs, par la température qui a une action directe sur la cinétique de la gamétogenèse dont la résultante est la compétition entre les compartiments somatiques et germinaux induisant ainsi une croissance pondérale importante. Cet auteur a aussi montré que la température agit sur la croissance indirectement en agissant sur la productivité primaire du milieu et la disponibilité de la nourriture et, par conséquent, sur la nutrition du bivalve. Selon TOCHER & HARVIE (1988); WHYTE et al. (1990), la croissance pondérale résulte de l'accumulation des lipides en quantité absolue dans les tissus des bivalves, engendrée par le processus de gamétogenèse, essentiellement chez les femelles. Ceci nous a incités à étudier la composition en acides gras chez

C. gigas et à relier cette composition à la croissance pondérale des huîtres.

L'évolution saisonnière des acides gras totaux (% de la masse de chair sèche) montre des valeurs maximales enregistrées en automne (8 ± 1.3) qui correspondent d'une part au repos sexuel du bivalve (DRIDI et al., 2006) et d'autre part à l'élévation photosynthétique primaire ($1.2 \mu\text{g/L}$) du mois de novembre dans la lagune de Bizerte. Selon JARZEBSKI et al. (1986), il existe une corrélation positive entre la disponibilité des aliments dans le milieu et la composition en acides gras chez le bivalve *Macoma balthica*. En hiver, la moyenne des teneurs en acides gras totaux (% de la masse de chair sèche) montre une diminution non significative qui peut être due au déclenchement de la gamétogenèse (DRIDI et al., 2006) et à la diminution de la concentration en chlorophylle a dans le milieu d'élevage des huîtres. Le printemps est caractérisé par l'élévation du pourcentage des acides gras totaux dans les tissus secs de l'ensemble gonade-glande digestive (7.3 ± 1.8) qui diminue significativement ($p < 0.05$) en été (4.9 ± 1.6). En effet, le printemps correspond à la maturité sexuelle des huîtres de la lagune de Bizerte (DRIDI et al., 2006) et à l'élévation de la concentration du milieu en chlorophylle a ($2.4 \mu\text{g/L}$). L'été est marqué par l'émission primaire des gamètes (juin) et le début de l'émission totale des gamètes du mois d'août (DRIDI et al., 2006). Cette émission des gamètes représente une perte de matière organique qui induit la diminution de la concentration des acides gras totaux dans le poids sec de l'ensemble gonade-glande digestive. Dans le présent travail un suivi journalier ou même hebdomadaire de la concentration du milieu en chlorophylle a, aurait permis une évaluation plus précise de la richesse nutritionnelle du milieu d'élevage des huîtres dans la lagune de Bizerte.

La dominance des acides gras polyinsaturés (AGPI, 58-65.2% des acides gras totaux) sur les acides gras saturés (AGS, 23-26.3%) et monoinsaturés (AGMI, 12.3-16%) a été mise en évidence durant l'année d'étude. La prédominance des AGPI a également été observée chez des huîtres, des moules et des seiches de différents sites de la Méditerranée (ORBAN et al., 2002; 2004; OZYURT et al., 2006). Nous n'avons pas observé de variations significatives des AGS durant la période d'étude, quant aux AGMI ils varient significativement ($p < 0.05$) de l'été à l'automne et les AGPI varient significativement ($p < 0.05$) du printemps à l'été.

Les acides gras polyinsaturés du type (n-3) constituent le groupe le plus important parmi les polyinsaturés (dominé par l'acide eicosapentaénoïque et l'acide docosapentaénoïque), suivi des acides gras saturés (essentiellement représenté par l'acide palmitique) et en dernier lieu les acides gras monoinsaturés.

Les valeurs maximales de C16:0 sont enregistrées au printemps (21 ± 1.2 des acides gras totaux) et en automne (21 ± 4) qui correspondent aux productions primaires maximales printanière et automnale. Selon THOMPSON et al. (1996), la présence de C16:0 dans les aliments ingérés par les huîtres leur assure une croissance plus rapide et diminue le taux de mortalité, essentiellement chez les juvéniles. Cela rappelle l'élévation des valeurs de C16:0 en automne notée dans la présente étude simultanément avec la croissance de la coquille en lon-

gueur ($1.1 \pm 0.3 \text{cm}$), largeur ($0.7 \pm 0.1 \text{cm}$) et épaisseur ($0.3 \pm 0.1 \text{cm}$) de novembre 02 à janvier 03 (Fig. 3). Selon VON ELERT (2004), l'élévation des pourcentages de 18:3 (n-3) et 18:4 (n-3) indique une meilleure assimilation de ces acides gras par *Daphnia galeata* se traduisant par une augmentation de la vitesse de croissance chez ce crustacé. Dans la présente étude, ces deux acides gras atteignent en hiver leurs valeurs maximales qui sont respectivement de 4.38 ± 0.95 et 7.88 ± 1.42 des acides gras totaux, sachant que cette saison de l'année correspond au repos sexuel du bivalve dans la lagune de Bizerte durant lequel nous avons observé une croissance meilleure en longueur, largeur et épaisseur de novembre 02 à janvier 03.

D'après WEBB & CHU (1983); WHYTE et al., 1990; CAREAS et al., 2002, les acides gras à 20 et 22 atomes de carbones sont essentiels pour la survie et la croissance des mollusques. Dans le même contexte, LANGDON & WALDOCK (1981) et ENRIGHT et al. (1986) associent l'abondance de C20:5 et C22:6 dans les nutriments à l'élévation de la vitesse de croissance chez les naissains de *Crassostrea gigas* et *Ostrea edulis*.

Les résultats de ce travail, sont en accord avec ces dernières constatations. En effet, la valeur maximale de C20:5 (n-3) est enregistrée en hiver ($12.1 \pm 2\%$ des acides gras totaux) qui coïncide avec le repos sexuel et une croissance meilleure des coquilles des huîtres en longueur, largeur et épaisseur de janvier 02 à février 02 et de novembre 02 à janvier 03. Mais ce résultat est contradictoire avec les constatations de THOMPSON et al. (1996) qui ont montré une corrélation négative entre la teneur de C20:5 (n-3) dans l'aliment ingéré par les huîtres et l'accélération de la vitesse de croissance chez les larves de *C. gigas*. Le pourcentage d'acide docosahexaénoïque C22:6 (n-3) parmi les acides gras totaux est maximal au printemps (22 ± 1.7) et correspond à la concentration maximale de chlorophylle a dans le milieu d'élevage des huîtres. Cet acide gras diminue significativement $p < 0.05$ en été et montre une augmentation significative $p < 0.05$ de nouveau en automne ($21 \pm 1\%$ des acides gras totaux) période durant laquelle les huîtres sont au repos sexuel, ce qui se traduit par l'accélération de la croissance du bivalve (exprimée par l'augmentation des moyennes de longueurs, largeurs et épaisseurs des coquilles des huîtres). Selon BELL et al. (1986), la diminution de la température induit généralement à l'augmentation des teneurs en AGPI dans les tissus des bivalves permettant de maintenir la souplesse des membranes, ce qui expliquerait dans notre cas les valeurs élevées des AGPI en hiver (65 ± 15.5 des acides gras totaux) et leur diminution en été (58 ± 13.7 des acides gras totaux). La qualité et la quantité des aliments ingérés par les bivalves contribuent considérablement au changement du profil des acides gras dans la chair (BENNINGER & STEPHAN, 1985; NAPOLITANO & AKMAN, 1993). La température et la nourriture pourraient agir en synergie sur la composition en acides gras dans la mesure où l'élévation de la concentration du milieu en chlorophylle a coïncide avec l'élévation de la température de l'eau. Ainsi les valeurs maximales de l'acide docosapentaénoïque au printemps pourraient être dues à la richesse nutritive du milieu.

Le calcul du rapport AGPI (n-3)/AGPI (n-6) dans la chair de *C. gigas* confirme davantage le rôle important

que joue la composition en acide gras dans le processus de croissance. Ce rapport est maximal en hiver (3.15) qui correspond au repos sexuel de l'huître et à l'élévation des moyennes de longueurs, largeurs et épaisseurs des coquilles de *C. gigas*. Selon SARGENT et al. (1993), la nécessité de maintenir un rapport élevé AGPI (n-3)/AGPI (n-6) dans la chair des organismes aquatiques est essentielle pour leur survie et leur croissance.

CONCLUSION

Selon BÉJAOUÏ (1998), BEN NAKHLA (2002) et DRIDI et al. (2006), la lagune de Bizerte est un milieu favorable à la reproduction et à la croissance des mollusques bivalves grâce à son faible hydrodynamisme, ses eaux tempérées et sa richesse phytoplanctonique. Ces auteurs ont tiré cette conclusion suites à leurs études respectives sur *Mytilus galloprovincialis*, *Flexopecten glaber* et *Crassostrea gigas*.

L'étude biométrique présentée dans ce travail, a permis de décrire la croissance, linéaire et pondérale de *Crassostrea gigas*. Les moyennes des mesures de la longueur, largeur et épaisseur des coquilles et les coefficients de corrélation r calculés à partir des modèles de croissances, ont montré des variations saisonnières en rapport direct avec le cycle sexuel du bivalve déterminé selon DRIDI et al. (2006) et la composition de ses tissus en acides gras. La présente étude a montré que l'accumulation et la diminution des réserves lipidiques au niveau des chairs des huîtres influencent la cinétique de croissance des huîtres. En outre, la variation des teneurs en acides gras dans les tissus des huîtres, sont tributaires de leurs stades sexuels et de la richesse du milieu en chlorophylle a (qui représente pour *C. gigas* la source nutritionnelle majeure, à son tour influencée par la température de l'eau).

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dr Slim Tritar gérant de la Ferme Marine de Bizerte (FMB) pour la fourniture des échantillons d'huîtres nécessaires à la réalisation de cette étude.

RÉFÉRENCES

- AMINOT A & CHAUSSEPIED M (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans. CENEXO: 395 pp.
- ASKEW CG (1972). The growth of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Ensworth Harbour. *Aquaculture*, 1:237-259.
- BAYNE BL (1976). Aspects of reproduction in bivalve molluscs. In: VIELEY ML (ed), Estuarine processes. Academic press, New York: 432-448.
- BAYNE BL, SVENSSON S & NELL JA (1999). The physiological basis for faster growth in the Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis*. *Biology Bulletin*, 197(3): 377-387.
- BÉJAOUÏ N (1998). Écobiologie de la population de moules *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) du lac de Bizerte. Thèse de Doctorat. Faculté des sciences de Tunis: 259 p.
- BELL MV, HENDERSON RJ & SARGENT JR (1986). The role of polyunsaturated fatty acids in fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 83B: 711-719.
- BEN NAKHLA L (2002). Contribution à l'étude biologique et à la valorisation du pétoncle *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758) dans la lagune de Bizerte. DEA. Institut National Agronomique de Tunis: 73 p.
- BENNINGER PG & STEPHAN G (1985). Seasonal variations in the fatty acids of the triacylglycerols and phospholipids of two populations of adult clam (*Tapes decussatus* L. and *T. philippinarum*) reared in a common habitat. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 81B: 591-601.
- BERTHELIN C, KELLNER K & MATHIEU M (2000). Storage metabolism in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in relation to summer mortalities and reproductive cycle (West Coast of France). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 125B: 359-369.
- BLIGH EG & DYER WJ (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry*, 37: 911-917.
- BROWN JR (1988). Multivariate analysis of the role of environmental factors in seasonal and site-related growth variation in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Ecology Progress Series*, 45: 225-236.
- CAREAS M, UTTING SD, COUTTEAU P, MILLICAN PF & SORGELOOS P (2002). Impact of the supplementation of a docosahexanoic acid-rich emulsion on the reproductive output of oyster broodstock, *Crassostrea gigas*. *Marine Biology*, 140: 1157-1166.
- DRIDI S, ROMDHANE MS & EL CAFSI M (2006). Evidence of *Crassostrea gigas* reproduction in the Bizert lagoon, Tunisia. *Journal of Biological Research*, 5: 35-45.
- ENRIGHT CT, NEWKIRK GF, CRAIGIE JS & CASTELL JD (1986). Growth of juvenile *Ostrea edulis* L. fed *Chaetoceros gracilis* Schutt of varied chemical composition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 96: 15-26.
- FOLCH J, LEES M & SLOANE STANLEY GH (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 266: 497-509.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). July, 2006. Available from <ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/default.htm#capture>
- FRISONI GF, GUELORQET O & PETHUISOT JP (1986). Evaluation des potentialités aquacoles du lac de Bizerte. Rapport FAO/MEDRAP, Tunis, 79 pp.
- GABBOTT PA (1983). Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. In: HOCHACHKA PW (ed), The Mollusca Vol (2). Environmental Biochemistry and Physiology, Academic Press, New York: 165-217.
- GAFFNEY PM (1988). Genetic improvement of cultured bivalve species. *Journal of Shellfish Research*, 7: 158-159.
- GIESE AC (1969). A new approach to the biochemical composition of the mollusc body. *Oceanography and Marine Biology*, 7: 175-229.
- HEDGECCOCK D, MCGOLDRICK DJ, MANAHAN DT, VAVZA J, APPELMANS N & BAYNE BL (1996). Quantitative and molecular genetic analyses of heterosis in bivalve molluscs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 203: 49-59.
- JARZEBSKI A, POLAK L, WENNE R & FALKOWSKI L (1986). Microgeographic differentiation in the lipid composition of the bivalve *Macoma baltica* from the Gulf of Gdansk (southern Baltic). *Marine Biology*, 91: 27-31.
- LANGDON CJ & WALDOCK MJ (1981). The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* spat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 61: 431-448.
- LUBET P (1959). Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les mytilidés et les pectinidés (mollusques bivalves). *Revue des travaux de l'institut des pêches maritimes*, 23: 387-542.

- LUBET P (1991). Bases biologiques de la culture des mollusques. In: BARNABÉ G (ed), Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture: 99-210.
- MEDHIOUB MN (1993). Aperçu sur la conchyliculture en Tunisie point de situation et réflexions. Revue de l'Institut National Agronomique de Tunisie, 8(2): 19-26.
- METCALFE D, SCHMITZ A & PELKA JR (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Analytical Chemistry, 38: 524-535.
- NAPOLITANO GE & AKMAN RG (1993). Fatty acid dynamics in sea scallop *Plactopecten magellanicus* (Gmelin, 1791) from Georges Bank, Nova Scotia. Journal of Shellfish Research, 12: 267-277.
- NEWKIRK GF (1980). Review of the genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalve. Aquaculture, 19: 209-228.
- OJEA J, PAZOS AJ, MARTINEZ D, NOVOA S, SANCHEZ JL & ABAD M (2004). Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. Aquaculture, 238: 451-468.
- ORBAN E, DI LENA G, MASCI M, NEVIGATO T, CASINI I & CAPRONI R (2004). Growth, nutritional quality and safety of oysters (*Crassostrea gigas*) cultured in the lagoon of Venice (Italy). Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 1929-1938.
- ORBAN E, DI LENA G, NEVIGATO T, CASINI I, MARZETTI A & CAPRONI R (2002). Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites. Food Chemistry, 77: 57-65.
- OZYURT G, DUYSAK O, AKAMCA E & TURELI C (2006). Seasonal changes of fatty acids of cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda) in the north eastern Mediterranean sea. Food Chemistry, 95: 382-385.
- PAZOS AJ, ROMAN G, ACOSTA CP, SANCHEZ JL & ABAD M (1997). Lipid classes and fatty acid composition in the female gonad of *Pecten maximus* in relation to reproductive cycle and environmental variables. Comparative Biochemistry and Physiology, 117B: 393-402.
- RUIZ C, ABAD M, SENADO F, GARCIA-MARTIN LO & SANCHEZ LOPEZ JL (1992). Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in suspended culture in EL Grove, Galicia, Spain. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 155: 249-262.
- SARGENT JR, BELL JG, BELL MV, HENDERSON RJ & TOCHER DR (1993). The metabolism phospholipids and polyunsaturated fatty acids in fish. In: LAHLOU B & VITIELLO P (eds), Aquaculture: Fundamental and applied Research, Vol. 43. Washington DC: Coastal and Estuarine Studies American Geophysical Union: 103-24.
- SASTRY AN (1979). Pelecypoda (excl. Ostreidae). In: GIESE AC et al. (eds), Reproduction of marine invertebrates, New York: Academic Press 5: 113-292.
- SATO S (1994). Analysis of the relationship between growth and sexual maturation in *Phacosoma japonicum* (Bivalvia veneridae). Marine Biology, 118: 663-672.
- SOKAL R & ROHLF J (1969). Biometry. FREEMAN WH and Company, San Francisco, CA, USA.
- TOCHER DR & HARVIE DG (1988). Fatty acid composition of the major phosphoglycerides from fish natural tissues; (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acids in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and cod (*Gadus morhua*) brains and retinas. Fish Physiology and Biochemistry, 5: 229-39.
- TOMPSON PA, GUO MX & HARRISON PJ (1996). Nutritional value of diets that vary in fatty acid composition for larval Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). Aquaculture, 143: 379-391.
- URRUTIA MB, IBARROLA I, EGLISIAS JIP & NAVARRO E (1999). Energetics of growth and reproduction in a high-tidal population of the clam *Ruditapes decussatus* from Urdabai Estuary (Basque Country, N. Spain). Journal of Sea Research, 42: 35-48.
- UTTING SD (1986). A preliminary study on growth of *Crassostrea gigas* larvae and spat in relation to dietary protein. Aquaculture, 56: 123-138.
- VON ELERT E (2004). Food quality constraints in *Daphnia*: interspecific differences in the response to the absence of a long chain polyunsaturated fatty acid in the food source. Hydrobiologia, 526: 187-196.
- WEBB KL & CHU FL (1983). Phytoplankton as a food source for bivalve larvae. In: PRUDER G D, LANGDON C & CONKLIN D (eds), Proceedings of the second International Conference on Aquaculture Nutrition Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition. Louisiana State University Press, Baton Rouge, LA: 272-291.
- WHYTE JNC, BOURNE N & HODGSON CA (1990). Nutritional condition of rock scallop, *Crassadoma gigantean* (Gray), Larvae fed mixed algal diets. Aquaculture, 86: 25-40.

Received: June 20, 2007

Accepted: April 16, 2008