

## COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES DIFFERENTS ORGANES DU PETONCLE *FLEXOPECTEN GLABER* (PECTINIDAE) DANS LA LAGUNE DE BIZERTE (TUNISIE)

Khaoula TELAHIGUE<sup>1</sup>, I. RABEH<sup>1</sup>, I. CHETOU<sup>1</sup>, M. S. ROMDHANE<sup>2</sup> et M. EL CAFSI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>:Unité de Recherche de Physiologie et d'Ecophysiologie des Organismes Aquatiques, Département de Biologie, Faculté des Sciences de Tunis, Université Tunis El Manar, Campus universitaire 2092 Tunis, Tunisie.

<sup>2</sup>: Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Av. Charles Nicolle 1082 Tunis, Tunisie.

E-mail : k\_telahigue@yahoo.fr

### ملخص

تركيبية الأحماض الدهنية عند الرخوية فليكسوبكتين قلابير (*Flexopecten glaber*) في بحيرة بنزرت (تونس) : قمنا بدراسة الأحماض الدهنية لدى الرخوية فليكسوبكتين قلابير (*Flexopecten glaber*) التي تنتمي إلى عائلة المحار المروحية الشكل و قد جمعنا العينات من بحيرة بنزرت خلال شهر ماي 2007. كما قمنا باحتساب نسب مختلف مجموعات الأحماض الدهنية التي تم استخراجها من مختلف أعضاء الرخوية (العضلة، الغدة التناسلية، الخيشوم، البرنس، الغدة الهضمية). و تمكنا بواسطة الكروماتوغراف الغازي من ايجاد نسب عالية من الأحماض الدهنية C20:5n-3 و C14:0 كما وجدنا أن نسبة الكسر DHA/EPA أقل من 1 بالغدة الهضمية. و يدل ذلك على أن النظام الغذائي للرخوية يعتمد أساسا على الدياتوم. و تدل النسب العالية للأحماض الدهنية الغير مشبعة في المبيض على أنه تم تحويلها لهذا العضو لكي ينمو وينضج. كما تدل النسبة العالية من EPA و DHA على وفرة و جودة مرعى هذا المحار.

**الكلمات المفاتيح:** الأحماض الدهنية، فليكسوبكتين قلابير، مختلف الأعضاء، بحيرة بنزرت.

### RESUME

Dans le présent travail, les profils lipidiques des acides gras du pétoncle *Flexopecten glaber* récolté dans la lagune de Bizerte pendant le mois de mai 2007 ont été déterminés. Les pourcentages des différents groupes d'acides gras dans les organes (manteau, muscle adducteur, gonade, branchies et glande digestive) ont été calculés. Les résultats de la chromatographie en phase gazeuse ont révélé des pourcentages élevés en C20:5n-3 et en C14:0 et le rapport C22:6n-3/C20:5n-3 (DHA/EPA) est inférieur à 1, au niveau de la glande digestive du bivalve. Ceux-ci nous ont permis d'en déduire que le régime alimentaire de ce bivalve est essentiellement basé sur les diatomées. Les pourcentages les plus élevés des acides gras polyinsaturés de la série n-3 (EPA et DHA essentiellement) ont été enregistrés au niveau de la gonade et la glande digestive, ce qui correspond à la période de maturation gonadique et témoigne de la richesse nutritionnelle du milieu environnant dans lequel vit le pétoncle.

**Mots clés :** Acides gras, *Flexopecten glaber*, différents organes, Lagune de Bizerte.

### ABSTRACT

**Composition in fatty acids of different organs of *Flexopecten glaber* (Pectinidae) in Bizerta lagoon.** : This paper describes the percentages and the distribution of fatty acids in different organs (adductor muscle, gill, mantle, digestive gland and gonad) of *Flexopecten glaber* collected from the Bizerte lagoon during May 2007. High levels of C20:5n-3 and C14:0 in addition with the DHA/EPA ratio (<1) recorded in the digestive gland suggesting a diet mainly based on diatoms. The highest levels of n-3 polyunsaturated fatty acids (mainly EPA and DHA) were recorded in the gonad and digestive gland. Those results will be in relation with gonad maturation and good nutritional conditions.

**Keywords:** Fatty acids, *Flexopecten glaber*, organs, Bizerta lagoon.

### INTRODUCTION

Les lipides jouent un rôle nutritionnel et physiologique important chez les bivalves marins en fournissant une source d'énergie et d'acides gras essentiels (Waldock & Holland, 1984 ; Napolitano *et al.*, 1992 ; Nevejan *et al.*, 2003 ). D'après Teshima *et al.* (1988), la distribution des lipides dans les

différents organes et tissus est tributaire des aspects du métabolisme lipidique (digestion, absorption, modification, transport et stockage). Le profil lipidique en acides gras dans les organes a été étudié chez plusieurs espèces de bivalves : *Argopecten purpuratus* (Caers *et al.*, 1999), *Macra chinensis* (Teshima *et al.*, 1988), *Megangulus venulosus* et *Megangulus zyonoensis* (Kawashima & Ohnishi,

2003), *Mya truncata* (Birkely *et al.*, 2003), *Laternula elliptica* (In-Young *et al.*, 1999), *Nodipecten subnodosus* (Palacios *et al.*, 2005), *Calyptogena pacifica* (Allen *et al.*, 2001) et *Crassostrea gigas* (Soudant *et al.*, 1999 ; Dridi *et al.*, 2007).

En Tunisie, le pétoncle *Flexopecten glaber* constitue une espèce candidate pour la conchyliculture, cependant les données bibliographiques relatives à ce bivalve sont insuffisantes. Nous avons alors jugé utile de contribuer à l'enrichissement des connaissances relatives à cette espèce. Dans ce contexte, nous nous sommes fixés comme objectif la détermination du profil lipidique dans les différents organes (manteau, muscle adducteur, branchies, gonade et glande digestive) de l'espèce. En effet, le présent travail se propose de caractériser les besoins du pétoncle en acides gras et ce pour comprendre le rôle spécifique joué par les différents organes dans les différentes fonctions tels que la reproduction et l'approvisionnement en énergie ainsi qu'en acides gras essentiels.

**MATERIEL ET METHODES**

Des spécimens mûres de *Flexopecten glaber* ont été récoltés dans la lagune de Bizerte (Menzel Abderrahman) au cours du mois de Mai 2007 (Fig.1). Les individus matures présentent des gonades développées avec une coloration rouge orange pour le territoire ovarien et une coloration blanchâtre pour le territoire testiculaire. Les spécimens dont les gonades ternes et non gravides ont été écartés des lots examinés. Les bivalves collectés ont été sacrifiés, les différents organes ont été séparés. Les lipides totaux ont été extraits à partir de la chair fraîche avec le

mélange du solvant chloroforme-méthanol (2:1, v/v) avec 0,01% d'antioxydant (BHT) selon la méthode de Folch *et al.* (1957). Après évaporation à sec, les extraits lipidiques ont été méthylés selon la méthode de Cecchi *et al.* (1985). L'acide nonadécanoïque C19:0 (Sigma), absent de nos échantillons, a été utilisé comme standard interne. Par la suite, les lipides totaux ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un chromatogramme HP 6890. L'identification des esters méthyliques a été effectuée par la comparaison de leurs temps de rétention avec ceux du standard (SUPELCO PUFA-3). L'intégration et l'analyse des pics des acides gras ont été réalisées par le logiciel «HP chemstation software».

Pour chaque organe étudié, nous avons effectué six répétitions et les résultats ont été présentés sous forme de pourcentages moyens.

L'analyse statistique des données obtenues a été effectuée par le logiciel Statistica 6.0. A cet égard, nous avons utilisé la méthode d'analyse des variations (ANOVA) et le test de Duncan au seuil de 5%.

**RESULTATS**

D'après la figure 2, résumant les pourcentages des différents groupes d'acides gras au niveau des différents organes, nous constatons que les acides gras saturés (AGS) constituent le groupe majoritaire au niveau du manteau (74,32%), du muscle (65,45%), de la glande digestive (57,57%) et de la gonade (47,09%), viennent par la suite les acides gras polyinsaturés (AGPI) (respectivement 19,5%,

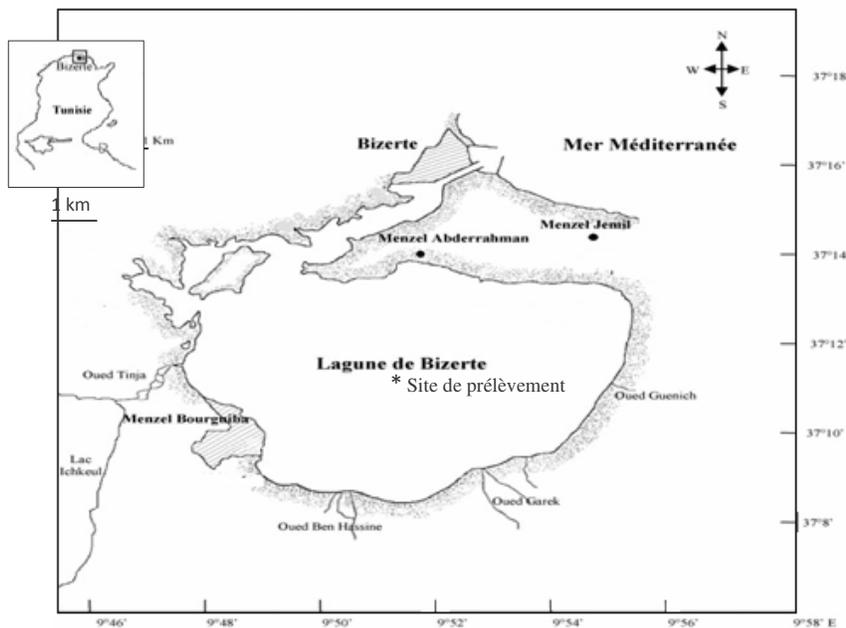


Fig.1. La lagune de Bizerte : Site d'échantillonnage du pétoncle *F. glaber*.

20,58%, 27,08% et 36,16%) et les acides gras monoinsaturés (AGMI) (6,18%, 13,97%, 15,35% et 16,75% respectivement). Par contre au niveau des branchies, le groupe dominant est celui des acides gras polyinsaturés (AGPI) (37,82%) suivi par les AGS (35,78%) et les AGMI (26,40%).

D'après les résultats obtenus, les organes les plus riches en acides gras polyinsaturés de la série n-3 sont la gonade (25,03%) et la glande digestive (17,16%). Les plus faibles pourcentages sont enregistrés au niveau des branchies (6,97 %) (Fig. 3).

La composition en acides gras des différents organes étudiés du pétoncle *F. glaber* est reportée dans le tableau 1. Au total, 31 acides gras ont été identifiés au niveau du muscle adducteur, de la gonade, du manteau et de la glande digestive contre 28 acides gras au niveau des branchies.

Les acides gras saturés les plus abondants sont l'acide stéarique (C18:0) et l'acide palmitique (C16:0) au niveau du muscle adducteur (30,24% et 25,49%) et du manteau (41,69% et 24,63%). Au niveau de la gonade et la glande digestive, l'acide myristique (C14:0), l'acide palmitique (C16:0) et l'acide stéarique (C18:0) présentent les pourcentages les plus élevés (8,53 - 26,78 et 8,58 % ; 14,58 - 21,06 et 13,5 % respectivement) alors qu'au niveau des branchies,

en plus du C16:0 (6,86 %) et du C18:0 (13,91 %), nous avons enregistré un pourcentage de 8,09 % pour l'acide pentadécyclique (C15:0).

Concernant les acides gras monoinsaturés, l'acide palmitoléique (C16:1) et l'acide oléique (C18:1) sont les plus dominants au niveau des organes étudiés. Ces deux acides sont présents avec des pourcentages similaires ( $p > 0,05$ ) à l'exception des branchies pour lesquelles nous avons enregistré des différences significatives ( $p < 0,05$ ). En outre, l'acide gadoléique (C20:1) est présent au niveau du muscle adducteur, des branchies et du manteau avec des pourcentages semblables à ceux du C16:1 et du C18:1 ( $p > 0,05$ ).

Quant aux acides gras polyinsaturés, l'EPA (C20:5n-3) et le DHA (C22:6n-3) se sont avérés majoritaires au niveau du muscle adducteur (3,29% et 3,64%) et de la glande digestive (7,66% et 3,97%). L'EPA, le DHA et l'acide stéaridonique (C18:4n-3) sont les acides gras dominants dans la gonade (8,98-7,78 et 5,16% respectivement). Les branchies se distinguent par la dominance de l'acide linoléique C18:2n-6 (18,71%) et du C22:2i (3,87%) alors que le manteau se caractérise par le pourcentage dominant (8,24%) de l'acide  $\alpha$ -linoléique C18:3n-3.

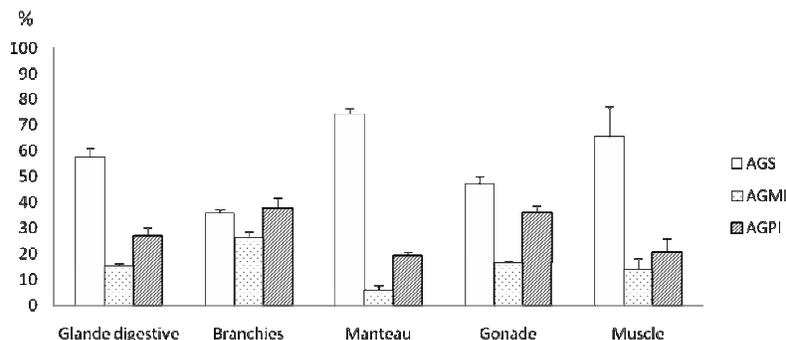


Fig.2. Pourcentages moyens des différents groupes d'acides gras dans les différents organes de *F. glaber* (n=6, la barre verticale au dessus des histogrammes représente l'écart-type).

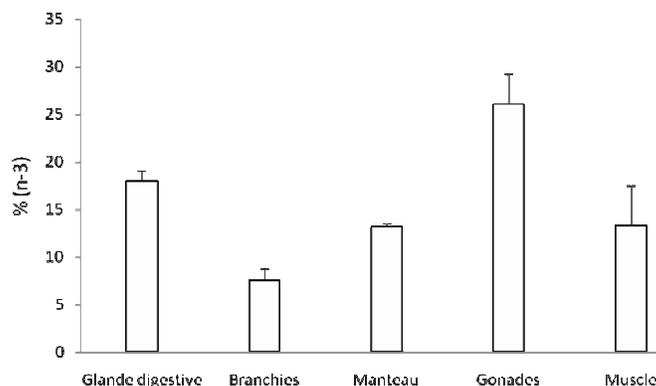


Fig.3. Pourcentages moyens des acides gras polyinsaturés de la série n-3 au niveau des différents organes de *F. glaber* (n=6, la barre verticale au dessus des histogrammes représente l'écart-type).

Tab.I. Composition en acides gras des différents organes de *F. glaber* (les résultats sont exprimés en % moyens par rapport aux acides gras totaux avec n=6).

Acides gras	Muscle	Gonade	Branchies	Manteau	Glande digestive
C14:0	4,45±0,41	8,53±0,41	1,77±0,45	3,33±0,63	14,58±6,57
C14:1	0,30±0,03	0,02±0,03	0,30±0,12	0,09±0,06	0,32±0,06
C15:0	0,75±0,25	0,32±0,13	8,09±1,26	0,83±0,34	4,17±1,94
C15:1	1,16±0,28	0,96±0,19	0,89±0,23	0,97±0,14	1,26±0,03
C16:0	25,49±2,98	26,78±0,38	6,86±1,46	24,63±0,59	21,06±3,67
C16:1	3,10±1,09	6,46±0,73	11,78±1,98	1,24±0,06	5,48±2,86
C16:2	0,54±0,12	0,28±0,08	1,40±0,98	0,32±0,03	0,28±0,18
C17:0	1,36±0,78	0,62±0,10	1,71±0,59	1,66±0,22	1,21±0,30
C16:3	2,25±0,45	1,78±0,16	0,67±0,11	1,46±0,14	0,91±0,14
C16:4	0,79±0,31	0,32±0,08	0,16±0,03	1,36±0,13	0,33±0,14
C18:0	30,24±12,96	8,58±2,16	13,91±1,36	41,69±3,07	13,50±4,38
C18:1	5,63±2,41	7,28±0,52	5,64±1,57	1,74±0,40	5,35±1,04
C18:2n-6	0,75±0,14	2,41±0,38	18,71±2,31	0,65±0,14	0,91±0,08
C18:3n-3	1,62±1,18	2,35±0,48	-	8,24±0,28	1,54±0,88
C18:4n-3	2,66±1,25	5,16±1,03	1,60±0,98	2,45±0,19	2,32±0,70
C20:0	0,27±0,14	0,19±0,02	0,77±0,21	0,32±0,09	0,58±0,14
C20:1	3,16±0,81	1,36±0,40	5,83±1,53	1,81±0,13	2,06±0,80
C20:2n-6	0,12±0,12	0,26±0,01	0,12±0,01	0,04±0,07	0,04±0,06
C20:3n-6	0,03±0,02	0,28±0,05	0,08±0,01	-	0,19±0,01
C20:4n-6	0,70±0,19	2,04±0,57	2,33±0,54	0,74±0,37	2,07±0,27
C20:3n-3	0,25±0,25	0,07±0,04	-	-	0,02±0,03
C20:4n-3	0,23±0,19	0,25±0,09	-	0,06±0,05	1,22±1,60
C20:5n-3	3,29±0,62	8,98±0,18	2,21±0,56	0,85±0,41	7,66±1,28
C22:0	0,03±0,03	0,28±0,15	0,15±0,02	0,06±0,01	0,03±0,04
C21:5	0,05±0,03	0,07±0,01	0,31±0,05	0,54±0,10	0,86±0,09
C22:2n-6	0,09±0,02	0,27±0,09	-	0,06±0,01	0,27±0,03
C22:2i	0,79±0,33	1,50±0,40	3,87±1,32	0,94±0,27	1,87±0,94
C22:2j	0,86±0,61	0,56±0,05	0,53±0,21	0,09±0,05	1,03±0,74
C22:3n-3	0,48±0,34	-	0,14±0,04	-	-
C22:5n-3	0,55±0,46	0,44±0,03	0,15±0,02	0,08±0,02	0,43±0,04
C22:6n-3	3,64±0,77	7,78±1,40	2,87±0,33	1,18±0,21	3,97±0,77
C24 :0	-	-	-	0,03±0,05	-
C24:1	-	0,04±0,00	0,09±0,01	0,18±0,04	0,23±0,06

N.B. Seuls les acides gras dont le pourcentage est > 0,01 ont été pris en considération

## DISCUSSION

Chez *F. glaber*, les acides gras saturés constituent le groupe majoritaire. Ce résultat s'oppose à d'autres travaux qui ont ciblé d'autres espèces de Pectinidés, telles que : *Argopecten purpuratus* (Caers *et al.*, 1999) et *Nodipecten subnodosus* (Palacios *et al.*, 2005), chez lesquelles des pourcentages plus élevés en acides gras polyinsaturés ont été enregistrés. Nous pensons que les pourcentages élevés en acides gras

saturés enregistrés sont probablement en relation avec plusieurs paramètres dont la richesse du milieu en détritux organiques qui constitue une importante source de C14:0, C15:0, C16:0 et C18:0 comme l'ont mentionné Freites *et al.*, (2002), le stade de développement et l'état physiologique.

Plusieurs auteurs (Napolitano *et al.*, 1997; Budge & Parrish 1998; Pazos *et al.*, 2003; Silina & Zhukova, 2007 et Xu & Yang, 2007) ont rapporté que le profil lipidique de la glande digestive peut renseigner sur la

nature du régime alimentaire ainsi que sur la richesse du milieu en aliments. Ainsi les pourcentages élevés du C20:5n-3, du C14:0 et le rapport DHA/EPA < 1 enregistrés au niveau de la glande digestive de *F. glaber* nous indiquent que le régime alimentaire de ce bivalve est basé essentiellement sur les diatomées. Les valeurs assez élevées des acides gras saturés C16:0 et C18:0 montrent que les détritiques et les bactéries constituent également une importante source nutritionnelle. D'après Dridi *et al.* (2007), le bloom phytoplanctonique dans la lagune de Bizerte est observé durant le mois de mai, période durant laquelle a été effectuée la collecte des échantillons; ce qui explique vraisemblablement le pourcentage élevé en acides gras polyinsaturés enregistré au niveau de la glande digestive.

Il est bien connu que les mollusques bivalves ont une capacité réduite, voire inexistante, de l'élongation et de la désaturation des acides gras polyinsaturés à 20 et 22 atomes de carbone (Waldock & Holland, 1984 ; Delaunay *et al.*, 1993). Ces acides gras, dits essentiels, sont issus du milieu environnant et jouent un rôle majeur dans la croissance et la survie des bivalves. Cependant, plusieurs auteurs (Zhukova, 1986 ; Zhukova, 1991 ; Marty *et al.*, 1999 ; Kawashima & Ohnishi, 2004 ; Gilles, 2009) ont signalé chez les mollusques bivalves la capacité de synthétiser des acides gras polyinsaturés indéterminés nommés C22:2i et C22:2j. Dans la présente étude, les pourcentages les plus élevés de ces acides gras ont été enregistrés au niveau des branchies de *F. glaber* (4,4%). Des résultats similaires ont été observés chez les bivalves *Mercenaria mercenaria* (Klingensmith, 1982) et *Argopecten purpuratus* (Caers *et al.*, 1999). D'après plusieurs auteurs, ces acides gras (C22:2i et C22:2j) sont impliqués dans les mécanismes de la fluidité, de l'intégrité et de la structuration de la membrane (Irazu *et al.*, 1984 ; Kraffe *et al.*, 2004 ; Gilles, 2009). Au niveau des branchies du pétoncle *F. glaber*, organes en contact direct avec l'eau, l'abondance enregistrée des acides gras C22:2i et C22:2j confère au bivalve une protection contre les altérations membranaires dues aux variations physicochimiques du milieu environnant.

Le manteau et le muscle adducteur sont particulièrement riches en acides gras saturés (essentiellement le C18:0 et le C16:0) dont le rôle énergétique est nécessaire. En effet, grâce au muscle adducteur et au manteau, les Pectinidés sont capables de se déplacer relativement vite sur de courtes distances en claquant leurs valves et en expulsant rapidement l'eau. Cette activité, à coût énergétique élevé, mobilise essentiellement les carbohydrates et les lipides (De Zwaan *et al.*, 1980).

Chez les Pectinidés, la gonade se distingue par un degré élevé d'insaturation des acides gras (Napolitano & Ackman, 1993 ; Soudant *et al.*, 1996 ; Palacios *et al.*, 2005). Chez *F. glaber*, la gonade est l'organe le

plus riche en EPA et DHA et par conséquent en AGPI de la série n-3.

D'après Ben Nakhla (2002), la maturation de la gonade de *Flexopecten glaber*, dans la lagune de Bizerte, a lieu durant la période s'étalant de mars à août. Or, nous avons effectué nos échantillonnages durant cette période. Ceci explique les pourcentages élevés des acides gras polyinsaturés au niveau de la gonade.

Ces acides gras (AGPI) jouent un rôle capital dans le processus de la reproduction (Soudant *et al.*, 1996 ; Utting & Millican, 1998 ; Palacios *et al.*, 2005). D'après Soudant *et al.* (1996), l'EPA chez *Pecten maximus* est impliqué dans l'embryogenèse alors que le DHA joue un rôle déterminant dans la structuration et le fonctionnement des cellules membranaires impliquées dans l'ovogenèse et l'embryogenèse.

Toutefois, la mobilisation des acides gras de la glande digestive vers la gonade durant la période du développement gonadique a été signalée chez *Chlamys hericia* (Vassallo, 1973), *Chlamys opercularis* (Taylor & Venn, 1979), *Placopecten magellanicus* (Napolitano *et al.*, 1992), *Argopecten purpuratus* (Caers *et al.*, 1999), *Pecten maximus* (Le Pennec *et al.*, 2001 ; Pazos *et al.*, 2003) et *Nodipecten subnodosus* (Palacios *et al.*, 2005).

## CONCLUSION

Chez *F. glaber*, les acides gras saturés constituent le groupe majoritaire en raison de la richesse du milieu en détritiques organiques qui constituent une importante source de C14:0, C15:0, C16:0 et C18:0. Les pourcentages élevés du C20:5n-3 et du C14:0 et le rapport DHA/EPA < 1 enregistrés au niveau de la glande digestive de *F. glaber* nous a permis d'en déduire le régime alimentaire de cette espèce basé essentiellement sur les diatomées.

Au printemps (mois de mai), la gonade s'est avérée l'organe le plus riche en EPA et DHA et par conséquent en AGPI de la série n-3. Cette richesse provient de la mobilisation de ces acides gras de la glande digestive pour subvenir au besoin de la maturation gonadique.

## BIBLIOGRAPHIE

- Allen, C. E., Tyler, P. A. & Van Dover, C. L., 2001. Lipid composition of the hydrothermal vent clam *Calyptogena pacifica* (Mollusca: Bivalvia) as a trophic indicator. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* (8):817-821.
- Ben Nakhla L., 2002. Contribution à l'étude biologique et la valorisation du pétoncle, *Flexopecten glaber* (L., 1758) dans la lagune de Bizerte. DEA, Institut National Agronomique de Tunisie, 73p.

- Birkely, S. R., Grahl-Nielsen, O. & Gulliksen, B., 2003. Temporal variations and anatomical distributions of fatty acids in the bivalve *Mya truncata*, L. 1758, from Isfjorden, Spitsbergen. *Polar. Biol.* (26):83–92.
- Budge, S. M. & Parrish, C. C., 1998. Lipid biogeochemistry of plankton, settling matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. II. Fatty acids. *Org. Geochem.* (29): 1547–1559.
- Caers, M., Coutteau, P., Cure, K., Morales, V., Gajardo, G. & Sorgeloos, P., 1999. The Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). I. Fatty acid composition and lipid content of six organs. *Comp. Biochem. Physiol.* (123B): 89–96.
- Cecchi, G., Basini, S. & Castano, C., 1985. Méthanolyse rapide des huiles en solvant. *Revue française des corps gras n4*.
- De Zwaan, A., Thompson, R.J., Livingstone. D.R., 1980. Physiological and biochemical aspects of the valve snap and valve closure responses in the giant scallop *Placopecten magellanicus*. II. Biochemifiry. *J. comp. Physiol.* (137): 105–114.
- Delaunay, F., Marty, J., Moal, J. & Samain, J. F., 1993. The effect of monospecific algal diets on growth and fatty acid composition of *Pecten maximus* (L.) larvae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (173):163–179.
- Dridi, S., Romdhane, M. S. & El Cafsi, M., 2007. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia. *Aquaculture* (263):238–248.
- Folch, J., Lees, M. & Sloane Stanley, G. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* (266):497–509.
- Freites, L., Fernandez-Reiriz, M. J. & Labarta, U., 2002. Fatty acid profiles of *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) mussel of subtidal and rocky shore origin. *Comp. Biochem. Physiol.* (132 B): 453–461.
- Gilles, B., 2009. Non-methylene-interrupted fatty acids from marine invertebrates: Occurrence, characterization and biological properties. *Biochimie* (91):671–678.
- In-Young, A., Ki-Woong, C., Kwang-Sik, C., Youngwan, S & Jongheon, S., 1999. Lipid content and composition of the Antarctic lamellibranch, *Laternula elliptica* (King & Broderip) (Anomalodesmata: Laternulidae), in King George Island during an austral summer. *Polar. Biol.* (23):24–33.
- Irazu, C. E., Pollero, R. J. & Brenner, R. R., 1984. Occurrence of a 22:2 Nonmethylene Interrupted Dienoic Fatty Acid and Its seasonal distribution among lipids and tissues of the Fresh Water Bivalve *Diplodon delodontus* From an Isolated Environment. *Lipids* (19):649–655.
- Kawashima, H. & Ohnishi, M., 2003. Fatty acid compositions of various tissue lipids in the marine bivalves, *Megangulus venulosus* and *Megangulus zyoensis*, from coastal waters of Hokkaido, Northern Japan. *Journal of Oleo Science* (52):309–315.
- Kawashima, H. & Ohnishi, M., 2004. Identification of Minor Fatty Acids and Various Nonmethylene- interrupted Diene Isomers in Mantle, Muscle, and Viscera of the Marine Bivalve *Megangulus zyoensis*. *Lipids* (39): 265–271.
- Klingensmith, J. S., 1982. Distribution of methylene and non methyleneinterrupted dienoic fatty acids in polar lipids and triacylglycerols of selected tissue of the hardshell clam (*Mercanaria mercenaria*). *Lipids* (17):976–981.
- Kraffe, E., Soudant, P. & Marty, Y., 2004. Fatty acid composition of serine, ethanolamine and choline plasmalogens in some marine bivalves. *Lipids* (39):59–66.
- Le Penneec, G., Le Penneec, M., & Beninger, P. G., 2001. Seasonal digestive gland dynamics of the scallop *Pecten maximus* in the bay of Brest (France). *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* (81):663–671.
- Marty, Y., Soudant, P., Perrotte, S., Moal, J., Dussauze, J. & Samain, J. F., 1999. Identification and occurrence of a novel cis-4,7,10,trans-13-docosatetraenoic fatty acid in the scallop *Pecten maximus* (L.). *Journal of Chromatography* (839 A): 119–127.
- Napolitano, G. E. & Ackman, R. G., 1993. Fatty acid dynamics in sea scallops *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791) from Georges Bank, Nova Scotia. *Journal of Shellfish Research* (12): 267–277.
- Napolitano, G. E., MacDonald, B. A., Thompson, R. J. & Ackman, R. G., 1992. Lipid composition of eggs and adductor muscle in giant scallops (*Placopecten magellanicus*) from different habitats. *Mar. Biol.* (113):71– 76.
- Napolitano, G. E., Pollero, R. J., Gayoso, A. N., MacDonald, B. A., & Thompson, R. J., 1997. Fatty acids as trophic markers of phytoplankton blooms in the Bahia Blanca estuary (Buenos Aires, Argentina) and in Trinity Bay (Newfoundland, Canada). *Biochem. Syst. Ecol.* (25):739–755.
- Nevejan, N., Saeza, I., Gajardoa, G. & Sorgeloos, P., 2003. Energy vs. essential fatty acids: what do scallop larvae (*Argopecten purpuratus*) need

- most. *Comp. Biochem. Physiol.* (134 B):599-613.
- Palacios E., Racotta, I. S., Kraffeb, E., Martyb, Y., Moalc, J. & Samain J. F., 2005. Lipid composition of the giant lion's-paw scallop (*Nodipecten subnodosus*) in relation to gametogenesis: I. Fatty acids. *Aquaculture* (250):270-282.
- Pazos, A. J., Sanchez, J. L., Roman, G., Pérez-Prallé, M. L., & Abad, M., 2003. Seasonal changes in lipid classes and fatty acid composition in the digestive gland of *Pecten maximus*. *Comp. Biochem. Physiol.* (134 B):367-380.
- Silina, A. V. & Zhukova, N. V., 2007. Growth variability and feeding of scallop *Patinopecten yessoensis* on different bottom sediments: evidence from fatty acid analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (348):46-59.
- Soudant, F., Marty, Y., Moal, J. & Samain, J. F., 1996. Fatty acids and egg quality in great scallop. *Aquaculture International* (4): 191-200.
- Soudant, P., Ryckeghem, K. V., Marty, Y., Moal, J., Samain, J. F. et Sorgeloos, P., 1999. Comparison of the lipid class and fatty acid composition between a reproductive cycle in nature and a standard hatchery conditioning of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Comp. Biochem. Physiol.* (123 B) :209-222.
- Taylor, A. C. & Venn, T. J., 1979. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of the queen scallop, *Chlamys opercularis*, from the Clyde Sea area. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* (59):605-21.
- Teshima, S., Kanazawa, A. & Shimamoto, R., 1988. Anatomical distribution of sterols and fatty acids in the bivalve *Macra chinensis*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* (54):293-297.
- Utting, S. D & Millican, P. F., 1998. The role of diet in hatchery conditioning of *Pecten maximus* L.: a review. *Aquaculture* (165):167-178.
- Vassallo, M.T., 1973. Lipid storage and transfer in the scallop *Chlamys hericia* Gould. *Comp. Biochem. Physiol.* (44A):1169-75.
- Waldock, M. J. et Holland, D. L., 1984. Fatty acid metabolism in young oysters, *Crassostrea gigas*: polyunsaturated fatty acids. *Lipids* (19): 332-336.
- Xu, Q. & yang, H., 2007. Food sources of three bivalves living in two habitats of Jiaozhou bay (Qingdao, China): indicated by lipid biomarkers and stable isotope analysis. *Journal of Shellfish Research* 26(2):561-567.
- Zhukova, N.V., 1986. Biosynthesis of non-methylene-interrupted dienoic fatty acids from <sup>14</sup>C-acetate in mollusks. *Biochim. Biophys. Acta.* (878): 131-133.
- Zhukova, N. V., 1991. The pathway of the biosynthesis of nonmethylene- interrupted dienoic fatty acids in molluscs. *Com. Biochem. Physiol.* (100 B): 801-804.