# EVALUATION DE LA QUALITE BIOCHIMIQUE ET CHIMIQUE DE LA MASSE VISCERALE DE LA PALOURDE VENERUPIS DECUSSATA PROVENANT DE DIFFERENTES REGIONS DU LITTORAL TUNISIEN

# Lassaad CHOUBA<sup>1</sup>, KH. TELAHIGUE<sup>2</sup>, I. RABEH<sup>2</sup>, CH. TISSAOUI<sup>1</sup> et T. HAJJI<sup>3</sup>

- 1 : Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Laboratoire Milieu Marin, Port de pêche 2060 La Goulette, Tunis, Tunisie
- 2 : Université Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, Laboratoire d'Ecologie, Biologie et Physiologie d'Organismes Aquatiques, 1060 Tunis, Tunisie
  - 3 : Université de Manouba, Institut Supérieur de Biotechnologie de Sidi Tahabet, Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Géo-Ressources, 2020 Ariana, Tunisie

# الملخص

تقييم الجودة البيوكيميانية والكيميانية الكتلة الحشوية للقفالة (Venerupis decussata) المستغلة على السواحل التونسية: يعتبر المحار بصفة عامة والقفالة بصفة خاصة (Venerupis decussata (Linnaeus, 1758) من المحاريات ذات الصدفتين التي يتم استغلالها على نطاق واسع في البيئة الطبيعية. تتواجد القفالة على طول الساحل التونسي خاصة في الشمال والجنوب. وهي أكثر الأنواع الموجودة في تونس، وتستغل بكثرة مع بلح البحر. تهدف هذه الدراسة الى تقييم وتركيز المعادن الثقيلة السامة (الكادميوم والرصاص والزئيق) والأملاح المعدنية (الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والنحاس والزئك والحديد والمنكنيز) والدهون والأحماض الدهنية والبروتينات للقفالة. تم أخذ العينات من خمس مناطق (اثنتان في الشمال وثلاث في الجنوب). تم تحليل 80 عينة من كل منطقة خلال عامي 2016 و 2017. استعملنا طريقة الإمتصاص الذري لتحليل المعادن الثقيلة والأملاح المعدنية، والأحماض الدهنية بواسطة كروماتوغرافيا الغاز، والبروتينات بطريقة كجلدال. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود فروق اعتبارية بين محتويات الحديد والزنك والمنكنيز في الكتلة اللحمية للمحار. أظهرت المستويات المحسوبة للدهون والبروتينات وبين 3 و5.5٪ للأحماض الدهنية الأحادية غير المشبعة. وبين 13,0 و 17,5٪ للأحماض الدهنية المنطق، بنسب تتراوح بين 28 و5.5٪ للأحماض الدهنية الأحادية غير المشبعة. أظهرت نسبة أوميغا 6 / أوميغا 3 / التي تعتبر مؤشرا هاما في جودة الدهون الغذائية ، تباينًا وفقًا للمناطق، بقيم تتراوح بين 18 و 4.5.

الكلمات المفاتيح: قفالة، أحماض دهنية، أملاح معدنية، معادن ثقيلة.

#### RESUME

La palourde Venerupis decussata (Linnaeus, 1758) est un bivalve très exploité dans le milieu naturel. Elle est repartie le long du littoral tunisien avec une importante concentration au nord et au sud. Elle compte avec la moule parmi les espèces les plus disponibles en Tunisie. L'étude de la composition en métaux traces toxiques (Cd, Pb, et Hg), en oligo-éléments (Ca, K, Na, Mg, Cu, Zn, Fe et Mn), en lipides, en acides gras et en protéines de la masse molle de V. decussata provenant de différentes régions de la Tunisie a été réalisée dans ce travail. L'échantillonnage a été effectué au niveau de cinq zones (deux au nord et trois au sud). Au total, 80 spécimens ont été analysés de chaque zone durant les années 2016 et 2017. Les dosages des métaux ont été réalisés par spectrométrie d'absorption atomique, les acides gras par chromatographie en phase gazeuse et les protéines par la méthode de Kjeldahl. Les résultats obtenus ont révélé des différences significatives entre les teneurs en fer, en zinc et en manganèse (p < 0,05) dans la masse viscérale des palourdes en fonction des sites de prélèvement. Les taux calculés des lipides et des protéines ont montré des variations non significatives entre le nord et le sud. Les valeurs ont oscillé entre 48 et 58 % pour les protéines et entre 3 et 5 % pour les lipides. Le profil lipidique obtenu a permis l'identification de 15 acides gras avec des pourcentages variant entre 28 et 36,5 % pour les acides gras saturés (AGS), entre 29,6 et 35,6 % pour les acides gras monoinsaturés (AGMI) et entre 12,0 et 17,5 % pour les acides gras polyinsaturés (AGPI). Le rapport oméga6/oméga3, considéré comme un important indice dans la qualité nutritionnelle lipidique, a montré une variation selon les zones, avec des valeurs situées entre 1,8 et 4,3.

Mots-clés: Palourde, Venerupsis decussata, Acides gras, Oligoéléments, Eléments traces métalliques.

#### **ABSTRACT**

Assessment of the biochemical and chemical quality of the visceral mass of the clam *Venerupis decussata* from various regions along the Tunisian coast: The clam *Venerupis decussata* (Linnaeus, 1758) is a widely exploited bivalve in the natural environment. It is distributed along the Tunisian coast with a significant concentration in the north and south. It is, along with the mussel, one of the most widely available species in Tunisia. The analysis of toxic trace metals (Cd, Pb, and Hg), trace elements (Ca, K, Na, Mg, Cu, Zn, Fe and Mn), lipids, fatty acids and proteins soft mass of V. decussata from different regions of Tunisia was carried out in this work. Samples were collected from five zones (two in the north and three in the south). A total of 80 specimens were analyzed from each zone during the years 2016 and 2017. The assays for metals were carried out by atomic absorption spectrometry, fatty acids by gas chromatography and proteins by the Kjeldahl method. The

results revealed significant differences between the iron, zinc and manganese contents (p < 0.05) in the visceral mass of clams depending on the sampling sites. The calculated lipid and protein levels showed insignificant differences between the north and south. Proteins ranged between 48 and 58 %, while lipids ranged between 3 and 5 %. The obtained lipid profile allowed the identification of 15 fatty acids with percentages varying between 28.0 and 36.5 % for saturated fatty acids (SFA), between 29.6 and 35.6 % for monounsaturated fatty acids (MUFA) and between 12.0 and 17.5 % for polyunsaturated fatty acids (PUFA). The omega6/omega3 ratio, considered an important index in the nutritional lipid quality, showed a variation according to the study sites, with values between 1.8 and 4.3.

Keywords: Clam, Venerupis decussata, Fatty acids, Metallic trace elements.

#### INTRODUCTION

Les zones côtières possèdent une position écologique très fragile. Situés à la charnière entre terre et mer, elles sont soumises à un enrichissement par des éléments dissous et particulaires. Les sources les mieux identifiées d'enrichissement externes sont les fertilisants, les eaux urbaines et industrielles, la déposition atmosphérique et les flux sous terrains diffus. L'impact de ces sources d'enrichissement sur les zones côtières varie en fonction de la contribution relative de chacune d'elles tout le long du littoral. La pollution anthropogénique peut être transférée vers tous les maillons des réseaux trophiques pour finir chez les prédateurs occasionnels (omnivores) ou exclusifs (carnivores) (Richir et Gobert, 2014). L'incidence d'une contamination sur La qualité du milieu et les ressources marines vivantes tels que les mollusques bivalves est très importante. En effet, les études de la toxicité et de l'impact des polluants sur la faune et la flore marine ont été l'objet de plusieurs travaux (Chouba et Mzoughi 2006; et al., 2001; Khessiba et Aissa, 2002; Mzoughi et Chouba, 2005; Ennouri, 2012). La qualité des organismes marins, notamment les mollusques bivalves, dépend du milieu où ils vivent et de la disponibilité des éléments traces métalliques (ETM).

La palourde *Venerupis decussata* (Linnaeus, 1758) est un bivalve présent dans nombreux sites le long du littoral tunisien avec des abondances importantes au nord et au sud du pays. La production moyenne annuelle durant les 5 dernières années (environ 500 tonnes) montre l'importance de cette espèce dans l'économie nationale. Cette espèce est utilisée dans le cadre d'un réseau national de surveillance des Mollusques Bivalves Vivants (MBV) en Tunisie comme espèce indicatrice de la pollution (Chouba, 2009).

Dans le présent travail, nous nous proposons d'estimer le degré de pollution métallique de la glande digestive de la palourde *V. decussata* dans différentes régions tout le long du littoral tunisien et évaluer l'impact de la pollution sur la qualité biochimique de cette espèce.

# **MATERIEL ET METHODES**

#### Échantillonnage

Les échantillons de la palourde *V. decussata* ont été collectés durant les années 2016 et 2017 au niveau de

neuf zones, trois situées au nord et six au sud. Il s'agit de Bizerte (B1), Tunis (T) qui comporte deux stations (T1 et T2), Sfax (S) comporte trois stations (S1, S2, S5), Gabès (G1) et Médenine (M) avec deux stations (M1 et M2) (Figure 1).

Deux prélèvements, composés de quatre pools de 20 individus ont été collectés de chaque station. Les individus de chaque pool ont été triés selon la taille et la masse de façon à avoir des groupes d'animaux homogènes pour toutes les zones d'études. Les spécimens ont été mesurés, pesés et la totalité de la masse viscérale a été récupérée dans des flacons adéquats, après homogénéisation, égouttage. Les échantillons ont été ensuite conservés à -30°C.



**Fig 1 :** Zones de prélèvement des échantillons de la palourde *Venerupis decussata* le long du littoral tunisien.

# Détermination du taux d'humidité

Après tarage du papier aluminium ou du creuset, une quantité de l'échantillon frais de masse (m) est placée dans l'étuve à une température de 105°C pendant 24 h. Après refroidissement dans le dessiccateur, l'échantillon biologique a été pesé une deuxième fois. La différence de masse représente la quantité d'eau qui existe dans l'échantillon biologique. La détermination de la quantité d'eau a été calculée selon la formule suivante :

$$A\% = \frac{(Y - X) \times (Z - X)}{(Y - X)} \times 100$$

Avec A%: pourcentage de quantité d'eau, X: masse de la tare du creuset ou papier d'Aluminium (Al), Y: masse d'échantillon frais + tare (X) et Z: masse de l'échantillon sec + tare (X).

Le taux de l'humidité calculé permettra de déterminer la concentration du polluant par rapport au poids frais de l'échantillon et comparer ainsi le degré de la pollution par rapport aux normes usuelles et à celles de NOAA (Buchman, 2008; WHO/UNEP, 2012).

## Traitement et analyses des échantillons Minéralisation des échantillons

En raison de la sensibilité à l'augmentation de la température, tous les échantillons à analyser ont été lyophilisés pendant 72 h. Afin d'éliminer la matière organique et libérer les métaux sous forme ionique, nous avons procédé à une minéralisation par attaque acide. Pour cela, nous avons utilisé un digesteur à micro-ondes qui permet une dissolution rapide et offre une sécurité de manipulation et une réduction de perte des éléments volatils. Une masse de 0,300 g de l'échantillon lyophilisé a été dissoute par l'acide nitrique 65 % (Merck, supra pur) dans des réacteurs en téflon, après une digestion à température ambiante (24 h). Nous avons appliqué la métode de minéralisation par micro-onde (ETHOS, T) selon un programme spécifique de température et de pression. Après refroidissement, les minéralisats ont été transvasés dans des tubes jaugés de 50 ml et complétés par de l'eau Milli Q acidulée.

# Dosages des métaux traces, des lipides et des protéines

Le dosage des éléments traces métallique (ETM) a été effectué par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA, type Varian Spectra 220Z) selon la méthode de l'UNEP/IAEA (1994). Nous avons ciblé le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et des oligo-éléments, particulièrement le calcium (Ca), le potassium (K), le sodium (Na), le magnésium (Mg) et le manganèse (Mn). Pour le mercure (Hg), le dosage a été effectué par l'analyseur DMA 80 (Direct Mercury Analysis, Milestone) suivant la méthode de CEA Québec (2012).

Les lipides totaux ont été extraits selon la méthode de Folch et al. (1957), en utilisant du chloroforme/ méthanol (2/1). L'aliquote de l'extrait de couche de chloroforme a été évaporé à sec sous l'azote et les lipides ont été quantifiées par gravimétrie.

Les esters méthyliques d'acides gras (EMAG) ont été obtenus selon le procédé décrit par Metcalfe et al. (1966). Une fraction de l'extrait lipidique a été saponifiée avec NaOH 0,5 N dans le méthanol suivie par méthylation dans 14% de trifluorure de bore dans du méthanol (BF3/MeOH). L'échantillon a été ensuite méthylé avec 8 ml de n-hexane. Toutes ces réactions ont été réalisées en quadruplet pour chaque échantillon. Les esters méthyliques obtenus ont été

analysés à l'aide d'un chromatographe (Agilent Gaz système 6890N) équipé d'un détecteur à ionisation de flamme. Quant aux protéines, elles ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl.

#### Assurance qualité des analyses

Le contrôle de la qualité a été appliqué à toutes les analyses. Pour chaque élément analysé dans le tissu de la palourde, un blanc standard et un matériel de référence certifié (Nist 2976) ont été dosés avec chaque série analytique d'échantillons. Les échantillons de contrôle ont été traités dans les mêmes conditions analytiques que les échantillons bruts. La méthode de détermination des métaux est reproductible, le coefficient de variation des mesures trouvé est de 5 à 15% (UNEP/IOC/IAEA,1994). Les résultats obtenus ont été exprimés en µg/g et en mg/g de poids sec (PS) et de poids frais (PF).

#### Analyses statistiques des données

Les logiciels Microsoft Excel version 2016 et R version R4.1.0 (R Core Team, 2021) ont été utilisés pour le traitement des données. Afin de réaliser une ANOVA à un facteur, nous avons d'abord testé la normalité des données et l'homogénéité des variances. Pour cela, nous avons utilisé le test de Shapiro-Wilk et le test le test de Bartlett respectivement. L'ANOVA a été suivie par le test post-hoc de Tukey pour effectuer de multiples comparaisons par paires entre les valeurs moyennes en fonction des stations de prélèvement. En outre, nous avons réalisé des boites à moustaches et une analyse en composantes principales des paramètres étudiés.

#### RESULTS

Les tailles et les masses des palourdes étudiés dans ce travail ont été bien choisies de façon à ce que les deux facteurs n'aient pas une influence sur la teneur en éléments dosés (Tableau I).

**Tableau I :** Tailles et masse moyennes des palourdes collectées des différentes zones étudiées.

|        | Bizerte   | Tunis     | Sfax  | Mednine |
|--------|-----------|-----------|-------|---------|
| Taille | 35,0      | 35,0      | 36,5  | 35,5    |
| (mm)   | $\pm 3,1$ | $\pm 2,7$ | ± 3,3 | ± 2,9   |
| Masse  | 8,0       | 7,2       | 8,9   | 7,9     |
| (g)    | ± 1,1     | ± 0,9     | ± 1,3 | ± 1,0   |

La teneur moyenne en eau dans la masse viscérale des palourdes ne diffère pas significativement d'une zone à l'autre. Elle est de 28 ± 3%. Pour cette raison, nous avons pris en considération un taux d'humidité égal à 28 % pour les analyses antérieures. Les résultats des analyses des minéraux et des éléments en traces métalliques dans la masse viscérale de la palourde *V. decussata* sont illustrés par les figures 2a et 2b. Les teneurs enregistrées ont révélé des variations selon les sites d'échantillonnage. Les

métaux toxiques (Hg, Cd et Pb) sont inférieurs à celles mentionnées dans la norme usuelle (DGSV, 2008; n° 200/2039) pour le Cd (1,0 mg/kg), le Pb (1,5 mg/kg) et le Hg (0,5 mg/kg) par rapport au poids frais.

La masse molle des populations de palourdes de la zone sud a montré des teneurs en fer et en cuivre significativement plus élevées que celles enregistrées dans les zones nordiques (p < 0,05). La teneur maximale du zinc a été enregistrée au niveau du canal de Tunis, alors que celle du manganèse a été enregistrée dans la lagune de Bizerte. Le calcium a présenté des teneurs variables, les valeurs les plus faibles ont été noté aux niveaux des stations de Bizerte et de Gabès.

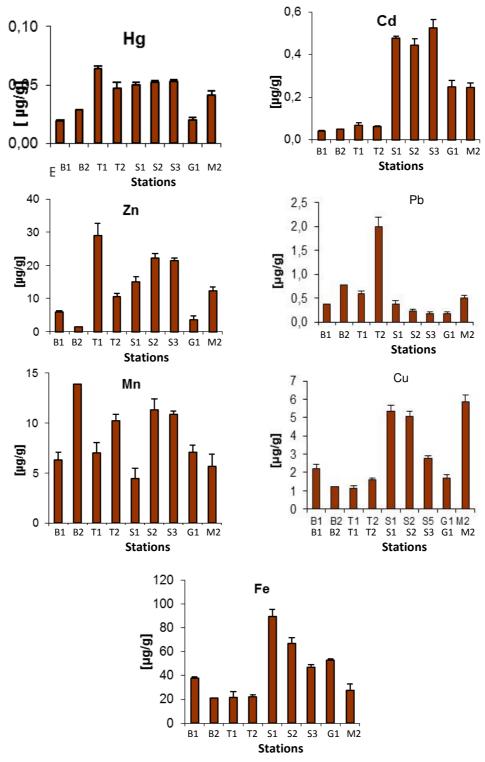


Fig 2 a : Teneurs en éléments traces (Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, Fe et Mn) en μg/g PF dans la masse viscérale de la palourde *Venerupis decussata* provenant des différentes stations du littoral Tunisien.

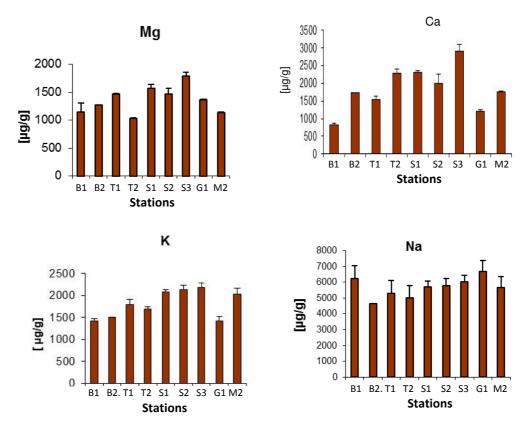


Fig 2 b : Teneurs en minéraux (Ca, Mg, Na et K) en μg/g PF dans la masse viscérale de la palourde *Venerupis* decussata en fonction des stations (voir légende dans la figure 1).

L'analyse a concerné également la détermination des teneurs en protéines. Ces dernières ont oscillé entre 48 à 58 %, toutefois, ces variations ne sont pas avérées significatives entre les zones (p<0,05). La teneur en lipides a montré des variations selon les zones de collecte allant de 3 à 5 % (Figure 3).

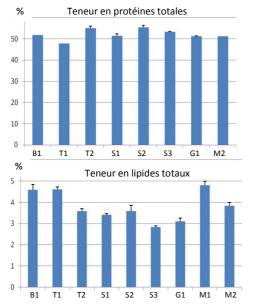


Fig 3: Teneurs en protéines et en lipides (en %) dans la masse viscérale de la palourde *Venerupis decussata* en fonction des stations (Légende des stations dans la figure 1)

Le profil lipidique a permis de déterminer des pourcentages variant de 28 à 36,5% d'acides gras saturés (AGS), de 29,6 à 35,6% d'acides gras monoinsaturés (AGMI) et de 12 à 17,5% d'acides gras polyinsaturés (Figure 4).

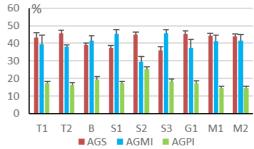


Fig 4: Pourcentages des acides gras saturés (AGS), monoinsaturés (AGMI) et polyinsaturés (AGPI) dans la masse viscérale de la palourde *Venerupis decussata* selon les stations (voir légende dans la figure 1).

La teneur en acide gras polyinsaturés des séries n-3 est nettement plus importante que n-6. Les résultats montrent que les teneurs enregistrées au niveau de T1 et T2 (Tunis) diffèrent significativement des autres zones (Figure 5). Le rapport oméga3/oméga6, considéré comme un important indice dans la qualité nutritionnelle lipidique, a montré une variation selon les zones, avec des valeurs situées entre 1,8 et 4,3 (Figure 5).

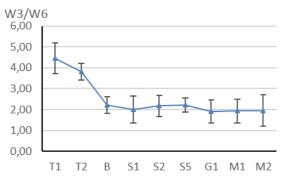


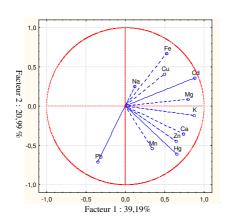
Fig 5: Rapport des acides gras oméga-3 sur oméga-6 dans la masse viscérale de la palourde *Venerupis decussata* en fonction des stations (voir légende dans la figure 1).

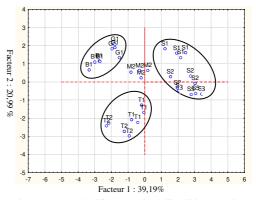
L'analyse en composantes principales (ACP) a montré en premier plan F1xF2 un pourcentage de 60,2% (Figure 6). Trois groupes ont été individualisés, les régions de Sfax et Médenine présentent une contamination plus importante que les autres groupes ceux de Tunis où la contamination par le Pb et plus importante et de

Bizerte où les éléments dosés sont faibles par rapport aux autres régions.

L'évaluation du degré de contamination par les micropolluants de la palourde tunisienne montre que les teneurs moyennes trouvées dans les différentes zones sont largement inférieures aux normes usuelles (1  $\mu$ g/g PF pour le Cd, 1,5  $\mu$ g/g PF pour le Pb et 0,5  $\mu$ g/g PF Hg).

La région sud présente les concentrations le plus élevées en oligoéléments dosés. Les teneurs en lipide enregistrées dans les stations de T, B et M diffèrent significativement des autres régions. Les teneurs en acide gras totaux ne diffèrent pas significativement d'une région à l'autre. En revanche, les acides gras saturés, insaturés et polyinsaturés présentent des taux plus importants dans les régions nord (Bizerte et Tunis) et les régions sud (Gabès et Médenine).





**Fig 6 :** Analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur les teneurs métalliques et les oligoéléments dans la masse molle de la palourde *Venerupis decussata* provenant de différentes zones du littoral tunisien (F1xF2 : une contribution de 60,18% des variables étudiées).

#### DISCUSSION

La qualité des organismes marins diffère selon plusieurs facteurs (nourritures, mode de vie, habitat etc.). A la différence des polluants organiques, les éléments traces ne font pas l'objet de dégradation biochimique et peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire (Richir et Gobert; 2014). Ce type de pollution peut avoir un effet toxique sur les organismes vivants et nuire au d'autoépuration de l'eau, ou/et causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, radioactivité...). Les organismes accumulent de nombreux contaminants provenant de leur environnement, à travers l'eau de mer, les particules en suspension, les sédiments et de la prise de nourriture. C'est un processus actif, qui s'applique mieux aux composés qui ne sont pas métabolisés par l'organisme. La bioaccumulation dépend de l'entrée des composées, essentiellement hydrophiles et lipophiles, accompagnées par un stockage à un taux qui dépasse celui présent dans la proie ou la nourriture (Sfriso et al., 2008; Ennouri et al., 2009). Les concentrations de contaminants dans certaines plantes et animaux marins reflètent les concentrations dans leur environnement et nous renseignent sur l'état écosystémique du milieu (Shulkin et al., 2003 ; 2004). Banaoui al., L'évaluation micropolluants est souvent réalisée dans la chair des coquillages en raison de leur position intermédiaire dans la chaîne alimentaire, de leur sédentarité et de leur activité de filtration. En effet, les corrélations entre le métal total et le métal dans les organismes vivants sont très faibles lorsque l'environnement géochimique diffère car il induit des modifications dans la répartition et la spéciation des métaux (Luoma, 1989).

**Tableau II :** Variations du profil d'acide gras (AG) dans la masse molle de la palourde de différentes zones du littoral tunisien (Légende des stations dans la figure 1). AGS : Acides gras saturés, AGMI : Acides gras monoinsaturés et AGPI : Acides gras polyinsatutrés.

| AG       | T1         | T2         | В          | S1         | S2         | S5         | G1         | M1         | M2         |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| C14:0    | 5,33±0,59  | 4,66±0,05  | 3,19±0,16  | 3,49±0,65  | 3,85±0,29  | 3,59±0,89  | 1,96±0,21  | 4,59±0,13  | 4,59±0,13  |
| C15:0    | 0,53±0,03  | 0,50±0,04  | 0,46±0,07  | 0,58±0,17  | 0,69±0,13  | 0,62±0,41  | 0,70±0,08  | 0,74±0,15  | 0,74±0,15  |
| C16:0    | 22,07±0,96 | 22,71±1,20 | 18,22±0,47 | 17,50±0,42 | 18,99±0,79 | 16,50±1,76 | 22,29±0,50 | 22,20±1,25 | 22,20±1,25 |
| C16:1 w7 | 17,17±3,96 | 14,27±0,60 | 11,51±2,11 | 14,17±0,75 | 12,99±1,78 | 14,65±0,83 | 10,67±3,55 | 15,36±1,93 | 15,36±1,93 |
| C18:0    | 7,67±1,30  | 8,66±0,67  | 8,21±0,66  | 7,56±0,31  | 7,70±0,55  | 7,45±1,31  | 11,16±1,10 | 8,41±0,54  | 8,41±0,54  |
| C18:1 w9 | 4,42±0,29  | 2,80±0,97  | 16,42±0,92 | 3,35±0,40  | 3,76±1,04  | 4,00±1,05  | 4,16±0,19  | 6,15±1,81  | 6,15±1,81  |
| C18:1 w7 | 7,88±1,40  | 9,85±0,66  | 0,00       | 14,54±2,12 | 0,00       | 13,94±0,06 | 10,35±1,56 | 8,32±3,55  | 8,32±3,55  |
| C18:2 w6 | 0,64±0,04  | 0,71±0,47  | 2,03±0,76  | 1,56±0,76  | 1,71±0,72  | 1,52±0,71  | 0,49±0,06  | 2,15±0,48  | 2,15±0,48  |
| C18:3 w3 | 0,86±0,09  | 0,63±0,03  | 1,18±0,10  | 0,94±0,13  | 1,28±0,08  | 1,04±0,09  | 0,67±0,02  | 1,02±0,02  | 1,02±0,02  |
| C18:4 w3 | 0,69±0,07  | 0,58±0,02  | 0,88±0,06  | 0,61±0,10  | 0,99±0,07  | 0,72±0,08  | 0,00       | 0,67±0,04  | 0,67±0,04  |
| C20:1 w9 | 3,11±0,37  | 3,42±0,29  | 4,21±0,33  | 3,18±0,12  | 3,71±0,30  | 3,03±0,53  | 4,48±0,32  | 3,79±0,22  | 3,79±0,22  |
| C20:4 w6 | 1,96±0,11  | 2,02±0,07  | 2,62±0,16  | 2,96±0,13  | 3,81±0,54  | 2,92±0,20  | 4,30±0,28  | 1,88±0,09  | 1,88±0,09  |
| C20:5 w3 | 4,09±0,28  | 3,67±0,12  | 2,84±0,11  | 3,25±0,14  | 3,78±0,54  | 3,55±0,35  | 2,73±0,13  | 1,44±0,02  | 1,44±0,02  |
| C22:5 w3 | 1,06±0,19  | 0,99±0,04  | 0,92±0,10  | 0,73±0,08  | 0,77±0,13  | 0,76±0,08  | 1,13±0,17  | 0,46±0,07  | 0,46±0,07  |
| C22:6 w3 | 4,88±0,61  | 4,51±0,35  | 4,50±0,27  | 3,53±0,30  | 5,15±0,85  | 3,74±0,41  | 4,58±0,58  | 4,16±0,38  | 4,16±0,38  |
| AGPI     | 14,18±1,02 | 12,86±1,06 | 14,98±0,32 | 13,57±0,37 | 17,50±1,46 | 14,25±0,50 | 13,90±1,23 | 11,78±0,09 | 11,78±0,09 |
| AGMI     | 32,58±4,93 | 30,34±1,18 | 32,14±2,52 | 35,24±2,46 | 32,62±2,86 | 35,62±2,01 | 29,66±4,98 | 33,62±3,48 | 33,62±3,48 |
| AGS      | 35,42±2,73 | 36,52±1,83 | 30,07±0,35 | 29,13±0,32 | 31,23±1,35 | 27,96±2,14 | 36,10±1,86 | 35,93±1,54 | 35,93±1,54 |

Il a été montré que l'accumulation et la toxicité des métaux toxiques peut dépendre de leur forme chimique mise en jeu dans le milieu (Martin, 1993) et pouvant être facilement ou difficilement assimilable par les organismes.

A partir de la chaîne trophique, les phytoplanctons vont être les premiers à être contaminés par les polluants présents dans le milieu, ensuite les coquillages, les crustacés et les poissons pour aboutir enfin à l'homme qui peut être contaminée dans sa totalité. Les métaux ont des effets néfastes multiples qui touchent aussi bien la santé humaine que la faune et la flore aquatiques.

Dans la présente étude, il ressort que la bioaccumulation des métaux traces dans la palourde varie en fonction des zones. Les faibles teneurs enregistrées dans certaines zones résultent essentiellement de la faible contamination du milieu par les éléments en traces. En effet, les travaux de Sfriso et al. (2008) et Ennouri et al. (2009) montrent que la bioaccumulation dépend des paramètres phycochimiques et de la disponibilité des métaux dans le milieu qui est lui-même tributaire des rejets anthropiques et industriels.

La région sud souffre encore d'une pollution chronique, les concentrations en métaux toxiques (Cd, Pb, Hg) auraient été considérablement réduites depuis les travaux de Trigui-El Menif (1995), et pour le nord surtout après la mise en service de la station d'épuration de Bizerte et la réglementation imposée par l'état pour les rejets industriels des usines situées le long de la frange côtière.

La palourde de la région sud, en particulier la zone (S) et (M), présente des concentrations plus importantes en cadmium, en fer et en cuivre par rapport aux autres zones des prélèvements. Pour le mercure, le manganèse et le zinc les teneurs trouvées varient d'une zone à l'autre. Le maximum est enregistré au niveau du canal de Tunis pour le Hg et le Zn alors que le Mn dans la lagune de Bizerte. Le calcium, élément essentiel pour l'espèce et pour l'être humain, a présenté des taux variables avec les teneurs les plus faibles aux niveaux des stations de Bizerte et de Gabès.

Cependant, les niveaux de contamination relevés pour le Hg, Cd et Pb dans les coquillages du littoral tunisien sont au-dessous des estimations trouvées pour les autres régions de la mer Méditerranée (WHO/UNEP, 1994).

Concernant les minéraux dosés les concentrations de Mg, K et Na ne différent pas significativement d'une zone à l'autre, alors que pour le Ca les zones de Bizerte (B) et de Gabès (G) présentent des teneurs faibles par rapport aux autres zones. Par contre, les teneurs en Mg, K et Na n'ont pas présenté de différences significatives en fonction des zones.

Nos résultats ont révélé que les teneurs en protéines totales ne diffèrent pas significativement (du nord au sud de la Tunisie alors que la teneur en lipides totaux varie selon les zones de collecte. En effet, dans la littérature, il est bien connu que les lipides des produits de la pêche (poissons, coquillages) varient en fonction de l'état physiologique de l'animal, de son habitat et de l'alimentation (Shirai et al., 2002; Simopoulos, 2008; Selmi et Sadok, 2010).

L'analyse du profil lipidique de la masse molle de la palourde provenant de différentes zones, montre un pourcentage élevé d'acide docosahexaénoïque (DHA) et d'acide eicosapentaéneoic (EPA) et de ce fait un rapport oméga3/oméga6 équilibré (1,8 - 4,3). En effet, selon les recommandations émises par l'AFSSA, un ratio proche de cinq doit idéalement être établi. Ceci signifie qu'un ratio oméga 3/oméga 6 compris entre 1/1 et 4/1 est bénéfique pour la santé (Kris-Etherton et al., 2002).

Par ailleurs, l'ACP a mis l'accent sur le fait que la qualité de la palourde dépend étroitement de la zone où elle vit et par conséquent de type de nourriture et de l'état de milieu environnent.

L'évaluation du degré de contamination par les micropolluants de la palourde tunisienne montre que les teneurs moyennes trouvées dans les différentes zones sont largement inférieures aux normes usuelles (1  $\mu$ g/g PF pour le Cd, 1,5  $\mu$ g/g PF pour le Pb et 0,5  $\mu$ g/g PF Hg).

La région sud présente les concentrations le plus élevées en oligoéléments dosés. La teneur en lipide trouvée dans les régions de T, B et M diffère significativement des autres régions. Les teneurs en acide gras totaux ne diffèrent pas significativement d'une région à l'autre, par contre les acides gras saturés, insaturés et polyinsaturés présentent des taux plus importants dans les régions nord (Bizerte et Tunis) et les régions sud (Gabès et Médenine).

# **CONCLUSION**

Les résultats obtenus nous ont permis d'avoir une vision de la qualité chimique du milieu étudié. Il est recommandé d'étudier la palourde V. decussata sur plusieurs années et l'utiliser comme indicateur de la qualité du milieu. A la lumière des paramètres analysés dans différentes régions du littoral tunisien, nous pouvons conclure que la qualité biochimique de la palourde est étroitement influencée par la nature des apports nutritifs et de l'état de santé du milieu environnant.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Banaoui, A., Chiffoleau, J.F., Moukrim, A., Burgeot, T., Kaaya, A., Auger, Dominique

- and Rozuel, E., 2004. Trace metal distribution in the mussel *Perna perna* along the Moroccan coast. Marine pollution bulletin. 48. 385-90.
- Buchman, M.F., 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables. Office of Response and Restoriation Division, Oceanic and Atmospheric Administration; Seattle, WA, USA: 1999. 34p. Disponible en ligne: https://response.restoration.noaa.gov/sites/def ault/files/SQuiRTs.pdf.
- Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Quebec (CEAEQ), 2012. Détermination du mercure dans les tissus biologiques et les sédiments par décomposition thermique : dosage par photométrie UV, MA. 207 Hg 2.0, Rév. 4, Ministère du développement durable, de l'environnement et des Parcs du Québec, 2012, 11p.
- Chouba, L. 2009. Bioevaluation et tendance temporelle des métaux traces (Cd, Pb, Hg) dans les sédiments et chez les mollusques bioindicateurs de la qualité du littoral tunisien. Thèse de doctorat. INAT. 180p
- Chouba, L. et M'Zoughi, N., 2006. Les métaux traces (Cd, Pb, Hg) et les hydrocarbures totaux dans les sédiments superficiels de la frange côtière du golfe de Gabès. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, vol. 33:93-131.
- Chouba, L., Amara, H. and El Abed, A., 2001. Heavy metals (Cd, Pb, Hg) in marine organisms from north Tunisian Coast. Proceeding of the Fifth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST, Vol.1-3, 523p.
- El Mnif-Trigui, N. 1995. La palourde Ruditapes decussatus (Linné, 1758) des côtes tunisiennes. Biométrie, reproduction et impact de l'environnement sur la bioaccumulation en métaux traces. Thèse Doct. Fac. Sci. Tunis, 261pp.
- Ennouri R., 2012. Suivi des éléments métalliques dans le golfe de Tunis : Evaluation au niveau des sediments et de deux espèces de poissons (le Rouget de vase : *Mullus barbatus* et la Sardinelle : *Sardinella aurita*). Thèse de doctorat des sciences biologiques, Faculté des Sciences de Bizerte, 212 p
- Ennouri, R. Chouba, L. Magni, P. Kraiem, M.M. 2009. Spatial distribution of trace metals (Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, Fe and Mn) and oligoelements (Mg, Ca, Na and K) in surface sediments of the Gulf of Tunis (Northern Tunisia). *Environ. Monit. Assess.* DOI 10.1007/s 10661-009-0829-5.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of

- total lipides from animal tissues. The Journal of Biological Chemistry 226: 497–509.
- IAEA/UNEP, 1996. Training workshop on the analysis of trace metals in biological and sediment sample, by atomic absorption spectrophotometer. *Reference Methods for Marine Pollution Studies*.
- Khessiba, A. et Aissa, P., 2002. Effet du lindane sur certains biomarqueurs de stress chez la moule (*Mytillus galloprovincialis*) originaire de la lagune de Bizerte (Tunisie). Actes des 5èmes Journées Tun. Scien. *Mer Bull. INSTM*, N° Spécial 7: 132-135.
- Kris-Etherton, P.M., Harris, W.S., Appel, L.J., 2002. For the American Heart Association Nutrition Committee. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation*, 106(21), 2747-2757.
- Luoma, S.N., 1989. Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements?. Hydrobiologia 176, 379–396.
- M'zoughi, N. et Chouba L., 2005. Etude des micropolluants organiques et inorganiques dans les se'diments et les organismes marins du large du Golfe de Gabe's. Phys Chem News 22:125–131.
- Martin, M., Mackie, G., Baker, M., 1993. Acute toxicity tests and pulsed-dose delayed mortality at 12 and 22°C in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 24. 389-398.
- Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A.and Pelka, J.R. 1966. Anal. Chem., 38, 514.
- R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <a href="https://www.R-project.org/">https://www.R-project.org/</a>.
- Richir, J. et Gobert, S., 2014. The effect of size, weight, body compartment, sex and reproductive status on the bioaccumulation of 19 trace elements in rope-grown *Mytilus galloprovincialis*. *Ecological Indicators* (36): 33–47.
- Selmi, S. and Sadok, S., 2010. The influence of season on lipid content and fatty acids profile of *euthynnus alletteratus* fillets and byproducts. *Journal of Muscle Foods* 21: 365–378.
- Sfriso, A. Argese, E. Bettiol, C. Facca, C., 2008. *Tapes philippinarum* seed exposure to metals in polluted reas of the Venice lagoon. *Estuarine Coastal and Shelf Service*. Vol. 79: 581-590.
- Shirai, N., Terayama, M. and Takeda, H., 2002. Effect of season on the fatty acid

- composition and free amino acid content of the sardine *Sardinops melanostictus*. *Comp. Biochem. Physiol. (Part B)* 131: 387–393.
- Shulkin, V., Presley, B., Kavun, V., 2003. Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. Environment international. 29. 493-502.
- Simopoulos A., 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. DOI:10.3181/0711-MR-311.
- UNEP/IOC/IAEA, 1994. Reference method 57: Quality assurance and good laboratory practice, UNEP.
- WHO/UNEP, 1995). World Health Organization. Division of Operational Support in Environmental Health, United Nations Environment Programme & Global Monitoring Environment System. GEMS/AIR methodology review handbook Health series. World Organization. https://apps.who.int/iris/ handle/10665/61890
- WHO/UNEP, 2012.World Health Organization /
  United Nations Environment Programme. In:
  Bergman, A., Heindel, J.J., Jobling, S., Kidd,
  K.A., Zoeller, R.T. (Eds.), State of the
  Science of Endocrine Disrupting Chemicals
  2012 Summary for Decision-Makers.
  Available at:
  <a href="http://www.who.int/ceh/publications/endocrine/en/index.html">http://www.who.int/ceh/publications/endocrine/en/index.html</a>