

EVALUATION DE LA QUALITE NUTRITIONNELLE DE LA SARDINELLE RONDE *SARDINELLA AURITA* (VALENCIENNES, 1847) DU GOLFE DE TUNIS

Rym ENNOURI ^{(1)*}, S. MILI ^(1, 2) et L. CHOUBA ⁽¹⁾

¹ Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, 28, Rue 2 Mars 1934, 2025 Salammbô, TUNISIE.

² Unité Exploitation des milieux aquatiques, Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte, BP 15, 7080 Menzel Jemil, TUNISIE.

* rymenvmarin@yahoo.fr

□ □ □

تقييم القيمة الغذائية لـ *Sardinella aurita* من خليج تونس : يعتبر خليج تونس من الأوساط البحرية الأكثر أهمية إذ يعيش فيه العديد من الأسماك ذات قيمة غذائية عالية. في هذه الدراسة قمنا بتقدير تركيز بعض المعادن (Na, K, Fe, Mn, Mg et Ca) في *Sardinella aurita* وتواجده في هذا الخليج كما قمنا كذلك بتقييم نسب الأحماض الدهنية في لحم هذه السمكة.

وقع جمع عينات اللاتشة بصفة شهرية عن طريق الصيد بالأضواء في منطقة غار الملح. لقد وقع اختيار هذه المنطقة نظرا لثرائها بالأسماك البحرية وسهولة الوصول إليها.

استعملنا طريقة الإمتصاص الذري لتحليل المعادن و الكروماتوغرافيا الغازية بالنسبة لتحليل الأحماض الدهنية في كل العينات.

بيّنت النتائج المتحصل عليها أن تركيز المعادن بالمبيض يتغير حسب الفصل مع وجود أعلى نسبة خلال فصل الصيف. كما لاحظنا أن المخ يمثل العضو المفضل لتجميع الكالسيوم (Ca) والسوديوم (Na). و أن الكبد يمثل المكان المفضل لتراكم الحديد (Fe) والمنغنيز (Mn) و المغنيزيوم (Mg).

أما بالنسبة لنتائج التحاليل البيوكيميائية أظهرت تقلبات موسمية في نسبة الدهون و الأحماض الدهنية وقد تم تسجيل المستويات القصوى من الدهون لسمكة اللاتشة خلال فصل الصيف. كما أظهرت النتائج أن الأحماض الدهنية الغير مشبعة تمثل الجزء الأهم من الأحماض الدهنية خلال فصل الربيع. مع وجود علاقة ترفاق في ارتفاع نسبة الأحماض الدهنية الغير مشبعة مع انخفاض نسبة الأحماض الدهنية المشبعة.

الكلمات المفتاحية : اللاتشة ، خليج تونس، المعادن، الأحماض الدهنية.

RESUME

L'allache ou sardinelle ronde (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) est une espèce de la famille des Clupeidae à affinité intertropicale. Cette espèce est la plus représentée dans les produits de la pêche en Tunisie.

Dans cette étude on a évalué la qualité nutritionnelle de ce poisson en évaluant sa richesse en oligo-éléments et en acides gras. Pour ce fait, on a suivi les concentrations saisonnières de ces éléments dans quatre organes dont certains sont les plus consommés à savoir la chair et les gonades. Par contre, d'autres sont facultativement consommés par les habitants de certaines régions de la Tunisie notamment le cerveau et le foie.

Les échantillons de la sardinelle ont été collectés mensuellement auprès des embarcations professionnelles utilisant une senne tournante (pêche au feu) à bord des barques de pêche professionnelles au niveau de la région côtière de Ghar El Melh. Cette région a été choisie en raison de sa richesse en ressources halieutiques et de son accessibilité. L'analyse des oligo-éléments (Ca, Na, K, Mg, Fe et Mn) a été réalisée à l'aide d'un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à flamme. L'analyse des acides gras a été effectuée par Chromatographie en Phase Gazeuse.

Les résultats obtenus ont montré que les concentrations de tous les oligo-éléments étudiés dans les gonades de la sardinelle suivent une variation saisonnière avec un pic en été (période de pré-ponte dont les gonades sont les plus développées). De plus, on a noté que le cerveau représente le site préférentiel d'accumulation du Ca et du Na et le foie pour le Fe, le Mn et Mg.

Les résultats des analyses biochimiques montrent une variabilité saisonnière remarquable au niveau de la composition lipidique et du profil en acides gras. Le taux maximal des lipides a été enregistré en été pour les sardinelles de la région nord. L'étude des différentes familles d'acides gras montre que les AGPI représentent la fraction majoritaire pendant la saison printanière. L'augmentation des AGPI est toujours accompagnée d'une diminution des AGS.

Mots clés: *Sardinella aurita*, oligo-éléments, lipides, Acides gras, golfe de Tunis.

ABSTRACT

Nutritional quality evaluation of the round sardinella (*Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) from the gulf of Tunis : The aim of this study is to evaluate the levels of oligo-elements (Mg, Ca, Na, K, Fe and Mn) and fatty acids in four tissues (muscle, liver, brain and gonads) of a pelagic teleost species, the Round Sardinella (*Sardinella aurita*). This pelagic fish is one of the most important landed species in gulf of Tunis. The specie is considered as a common species in this area throughout the all seasons. In this study, organotropism, and seasonal effect of oligo-elements and fatty acids accumulation was determined. The concentrations of Mg, Ca, Na, K, Fe and Mn were performed using Flame Atomic Absorption Spectrophotometry. Fatty acids were analysed by Gas Chromatography.

The results showed a seasonal variation in all elements in gonad with a peak in summer. Additionally, the brain is the preferential site for accumulation of Ca and Na and liver for Fe, Mg and Mn.

The results concerning fatty acids demonstrate that the levels of monounsaturated and saturated acids increase when the levels of polyunsaturated fatty acids decrease in all tissues of Round Sardinella. Lipid levels of displayed pronounced seasonal fluctuations, with the highest value in summer. In addition, the highest level of index n-3/n-6 was observed in flesh during spring season. It is concluded that the Round Sardinella is a particularly healthy item in the human diet during spring period, when balanced n-3/n-6 ratios and EPA and DHA levels are considered.

Key words: *Sardinella aurita*, oligo-elements, lipids, fatty acids, Gulf of Tunis.

INTRODUCTION

Le golfe de Tunis est considéré comme l'un des principaux golfes de la Tunisie grâce à sa richesse en ressources halieutiques très diversifiées (Azzouz, 1973; Zarrad, 2001). Les débarquements sont représentés essentiellement par les poissons benthiques. Cependant, le groupe des petits pélagiques représente une part considérable dans les captures au niveau de ce golfe (DGPA, 2012). La consommation de ces poissons bleus est très bénéfique pour la santé humaine en assurant la prévention contre les maladies cardiovasculaires (Selmi, 2006).

La sardinelle ronde ou allache, *Sardinella aurita* (valenciennes, 1847) est une espèce de Clupeidae à affinité intertropicale, en provenance de l'Atlantique, elle a colonisé la Méditerranée, et entre autres, les eaux tunisiennes. La sardinelle est l'une des espèces les plus représentées dans les produits de la pêche en Tunisie. De valeur commerciale relativement faible, à l'état frais ou en conserve, elle offre l'avantage d'être une source de protéines et de lipides appréciée à la portée de toutes les catégories sociales. Malgré les importances économique et sociale de cette espèce, les études antérieures portant sur la qualité nutritionnelle chimique et biochimique sont limitées. En plus, aucune étude n'a considérée l'influence des facteurs saison et organe sur l'accumulation des éléments chimiques chez la sardinelle ronde. Le but de cette étude est de déterminer, d'une part, la capacité de bioaccumulation des oligo-éléments en fonction des saisons et d'autre part d'étudier leur distribution inter-organe.

Pour ce fait on a suivi les concentrations des oligo-éléments (Ca, Mg, Na, K, Fe et Mn) en fonction des saisons dans quatre organes de l'allache à savoir la chair, les gonades, le cerveau et le foie.

En plus, on a établi une cartographie pour la détermination des lipides et leurs compositions en acides gras de la chair, qui constitue la partie essentiellement consommée, de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* du golfe de Tunis. Ces données, associées à ceux des concentrations des oligoéléments dans la chair de l'allache, peuvent nous donner une idée sur la composition biochimique de ce poisson et d'orienter le consommateur vers l'utilisation de ces organismes marins au moment où leur qualité nutritionnelle est la plus favorable. Jusqu'à ce jour, aucune étude similaire n'a été réalisée sur la variation saisonnière en oligo-éléments et en acides gras de cette espèce en Tunisie.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Le golfe de Tunis, situé sur la côte la plus urbanisée au nord-est de la Tunisie, entre 36°44'N-10°15'E et 37°N-11°05'E, s'étend sur une surface d'environ 2000 km² (Fig. 1). Il représente la limite sud du canal Siculo-Tunisien qui constitue une ligne de transit des navires entre les bassins occidental et oriental de la Méditerranée. Sur le plan physico-chimique, les eaux de surface du golfe de Tunis sont chaudes en été (25,5°C) et en automne (21,8°C) et froides en hiver (13,4°C) et au printemps (16,1°C) (Zarrad, 2007). La salinité moyenne des eaux de surface est de 37,3‰ en été, 37‰ en automne et au printemps et 36,2‰ en hiver. Les plus faibles concentrations en oxygène sont enregistrées pendant l'été (en moyenne 6,5 mg/l), les plus fortes en hiver (8,3 mg/l) et au printemps (8,0 mg/l). La valeur minimale du pH est de ~8,123 en hiver avec un maximum (8,265) en automne.

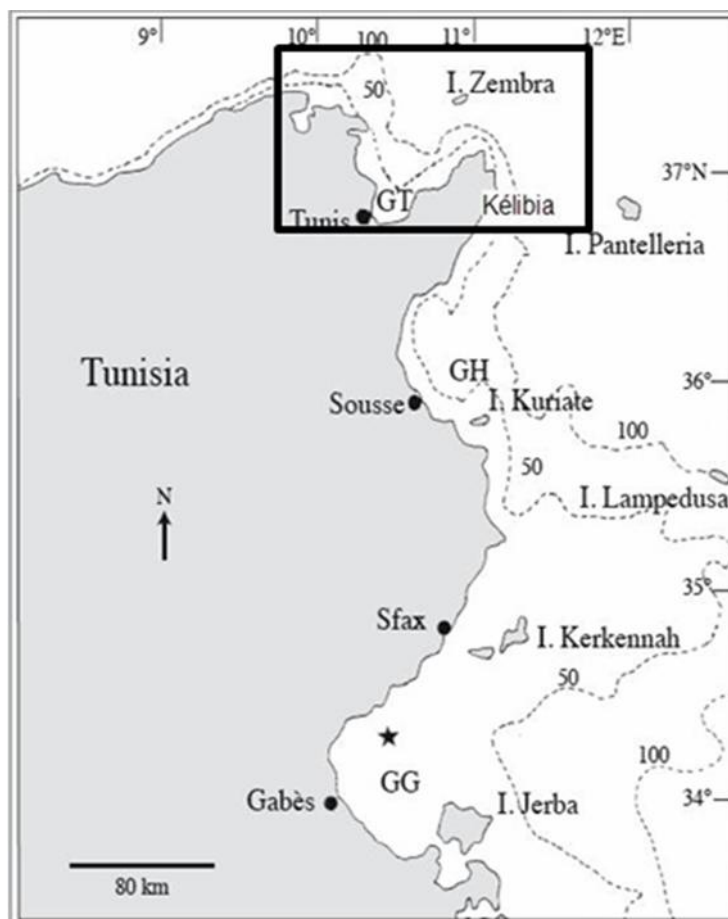


Figure 1: Carte bathymétrique de la Tunisie et situation géographique du golfe de Tunis (Mili et al., 2013).

Échantillonnage

Les échantillons de l'allache (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) ont été pêchés à l'aide de sennes tournantes coulissantes par des pêcheurs professionnels, les échantillons proviennent de la région en face de Ghar El Melh. Ce site a été choisi selon les données bibliographiques relatives à sa richesse en ressources halieutiques et son accessibilité relativement facile par les pêcheurs. L'échantillonnage a couvert la période de janvier 2006 à décembre 2006. Il est à noter que la collecte du matériel biologique a été réalisée au cours des deux premiers mois de chaque saison. Les spécimens ont été mesurés et on a gardé les individus dont la taille est comprise entre 14 et 19 cm pour l'analyse.

Traitement des échantillons

Les poissons ont été disséqués afin de prélever le foie, le cerveau, les gonades et des morceaux de la chair sur les flancs du côté dorsal pour l'analyse des oligo-éléments. Les organes ont été placés dans des récipients en verre pour éviter la contamination puis lyophilisés afin d'arrêter toute transformation chimique ou biologique. Par la suite, les lyophilisats ont été broyés et minéralisés dans des réacteurs en

téflon par micro-ondes après ajout de 5 ml d'acide nitrique. Les minéralisats ont été transvasés dans des tubes et ajustés jusqu'à 50 ml par de l'eau acidulée. Le dosage des oligo-éléments considérés a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme.

Pour l'analyse des lipides, l'extraction des lipides totaux de la chair de la sardinelle ronde a été réalisée selon la méthode de Bligh et 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 film est de 0,25µm. 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).

Analyses statistiques des données

Les analyses statistiques ont été effectuées par le logiciel Statistica 8. Après un test de la normalité (test de Kolmogorov-Smirnov et Liliefors) et de

l'homogénéité des variances (test de Levene) des tests paramétriques ont été utilisés: test de Student pour la comparaison des moyennes et test ANOVA pour déterminer l'effet des facteurs sur les variables. Le seuil de 95% a été adopté.

Les moyennes ont été comparées deux à deux selon le test Duncan.

RESULTATS

Concentrations des oligo-éléments étudiés

Les concentrations en oligo-éléments de la sardinelle du golfe de Tunis varient de 21 à 335 µg/g (du poids frais (PF)) pour le Fe ; de 0,37 à 16,32 en µg/g (PF) pour le Mn ; de 42,6 à 873 µg/g (PF) pour Mg ; 60 à 1792 µg/g (PF) pour Ca ; 35 à 4343 µg/g (PF) pour Na et de 148 à 4426 µg/g (PF) pour K.

Dans les tableaux I et II, on a établi la cartographie relative à la détermination des lipides totaux et de leur composition en acides gras de la chair de la sardinelle du golfe de Tunis.

Tableau I : Variation saisonnière des lipides totaux de la chair de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* du golfe de Tunis (g/100g poids frais)

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	AV
Chair %	2,26±0,44	4,17±0,63	5,92±0,18	3,43±0,31	**

Moyenne (n = 30) ; AV: Analyse de la variance; ** Significatif à 0,01.

Organotropisme

D'après les figures (2, 3, 4, 5, 6, 7) nous avons remarqué que le cerveau est le site préférentiel de l'accumulation du Na et du Ca. En ce qui concerne le K, il s'accumule d'avantage au niveau du muscle. Enfin, le Fe, le Mn et le Mg s'accumulent le plus au niveau du foie.

DISCUSSION

D'après les résultats obtenus, nous avons observé une variation saisonnière pour les concentrations de tous les éléments étudiés dans les gonades de la sardinelle. Le pic a été observé en été.

D'après Gaamour (1999), le rapport gonadosomatique (RGS) chez les mâles et les femelles atteint son maximum en été et en particulier en juillet. Ce rapport est le plus élevé pendant la période de ponte, de juillet à septembre (Gaamour, 1999). Ce qui explique les concentrations élevées des éléments étudiés dans les gonades en été.

Le suivi de la variation saisonnière des concentrations des différents éléments dans les autres organes de la sardinelle a montré que les teneurs les plus élevées dans le cerveau ont été enregistrées pour le Na au printemps, en hiver pour le K et en automne pour le Mn. Alors que dans le foie les concentrations

Variation saisonnière des oligo-éléments

Les teneurs en Fe suivent une variation saisonnière dans les organes de la sardinelle avec une différence significative dans le muscle (ANOVA, p=0) et les gonades avec des pics observés en été.

Les concentrations du Mn présentent une variation saisonnière uniquement dans le cerveau (p=0,017) et dans les gonades.

Pour les teneurs en Mg, les résultats ont montré qu'il existe une variation saisonnière dans le foie et dans les gonades. Les teneurs en Ca ne présentent une variation saisonnière qu'au niveau des gonades (p=0). En ce qui concerne le Na, les concentrations suivent une variation saisonnière au niveau cerveau (p=0,032) et des gonades avec un pic en été. Les concentrations du K présentent une variation saisonnière au niveau du cerveau et des gonades (p=0).

maximales du Mg ont été observées en été, dans le muscle le Fe présente les teneurs les plus élevées au printemps. Plusieurs facteurs comme l'activité biologique propre à chaque espèce et le métabolisme, qui contribuent activement au changement des taux d'incorporation des métaux toxiques et des éléments essentiels (Hamza-Chaffai, 1993) dans les différents tissus de l'organisme, pourraient expliquer ces différences. Toutefois, les concentrations des éléments chimiques dans les différents organes des poissons peuvent varier d'une saison à une autre. En effet, chaque métal a un comportement spécifique qui serait en relation avec la saison (Hamza-Chaffai et al., 1996).

Un site d'accumulation préférentiel a été mis en évidence pour chaque élément. En effet, les résultats relatives à l'organotropisme, ont montré une accumulation du Mg, du Fe et Mn dans le foie de la sardinelle.

Il a été démontré l'existence d'une protéine la métallothionéine MT au niveau de plusieurs animaux dont les poissons. Plusieurs auteurs l'ont trouvée dans le foie, les reins, les branchies et le muscle (Hogstrand et Haux, 1991 ; Hamza-Chaffai et al., 1995 ; Olson et al., 1996 ; De Boeck et al., 2003 ; Scudiero et al., 2005).

Tableau II : Profil des Acides Gras des lipides totaux de la chair de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* du golfe de Tunis (exprimé en g 100 g⁻¹ d'AG).
 Nombre de répétition (n = 30), AV: Analyse des Variances, NS: non significatif; * Significatif à 0,05; ** Significatif à 0,01; *** Significatif à 0,001 ; AGS : Acide Gras Saturé, AGMI : Acide Gras Mono-insaturé AGPI : Acide Gras Polyinsaturé.

AG	Hiver	Printemps	Eté	Automne	AV
C12:0	0,18±0,01	0,17±0,12	0,27±0,01	0,17±0,12	**
C14:0	8,53±0,05	6,47±0,07	9,28±0,04	4,39±0,09	**
C15 :0	0,9±0,01	1,05±0,01	1,81±0,01	0,51±0,03	**
C 16:0	29,11 ±0,11	16,67±0,10	26,32±0,08	33,23±0,59	***
C 18:0	5,54 ±0,04	3,44±0,01	6,31±0,09	4,0±0,03	**
AGS	44,26±0,22	27,80±0,31	43,99±0,23	42,30±0,86	***
C14 :1	0,18±0,01	0,21±0,05	0,66±0,01	0,16±0,03	**
C 16:1 n-7	4,26±0,09	5,25±0,08	6,95±0,21	0,97±0,01	***
C 17:1	0,29±0,02	0,65±0,14	0,9±0,03	0,59±0,12	*
C 18:1 n-9	8,46±0,39	6,87±0,17	8,97±0,14	9,5±0,27	*
C 18:1 n-7	1,09±0,24	1,23±0,03	1,48±0,02	1,47±0,05	NS
AGMI	14,28±0,75	14,21±0,47	18,96±0,41	12,69±0,48	**
C 18:2 n-6	1,37 ±0,03	2,84±0,44	2,82±0,02	2,15±0,08	*
C 18:3 n-3	1,02±0,04	1,77±0,03	2,10±0,01	1,64±0,03	*
C 18:4 n-3	0,26±0,02	0,59±0,01	0,49±0,01	0,64±0,05	*
C 20:4 n-6	0,72±0,03	1,47±0,08	0,48±0,03	0,93±0,03	**
C 20:5 n-3	11,82±0,25	6,73±0,05	2,44±0,02	3,62±0,01	***
C 22:5 n-3	0,31 ±0,02	0,36±0,02	0,10±0,01	0,22±0,01	*
C 22:6 n-3	13,42 ±0,09	35,60±0,19	24,87±0,68	15,70±0,03	***
AGPI	28,92 ±0,48	49,36±0,82	33,30±0,78	24,90±0,24	***

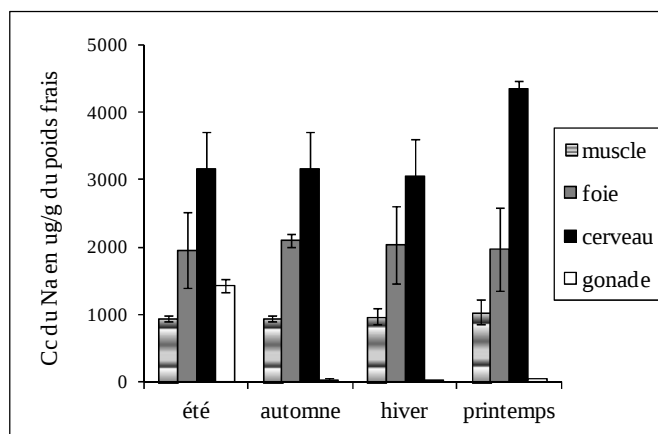


Figure 2 : Teneurs en Na de la Sardinelle en fonction des saisons (n = 30). Barres verticales: écart type.

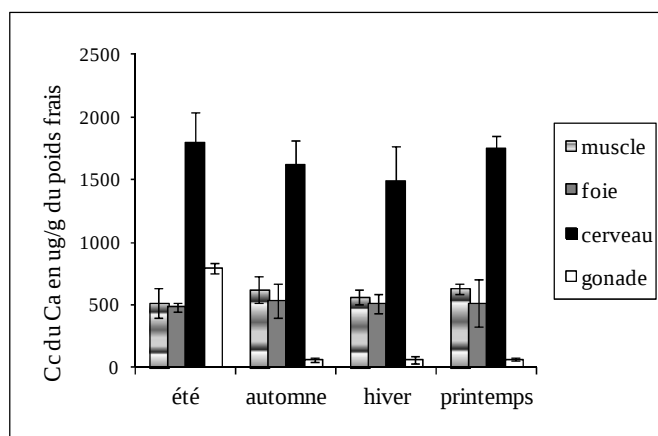


Figure 3 : Teneurs en Ca de la sardinelle en fonction des saisons (n = 30). Barres verticales: écart type.

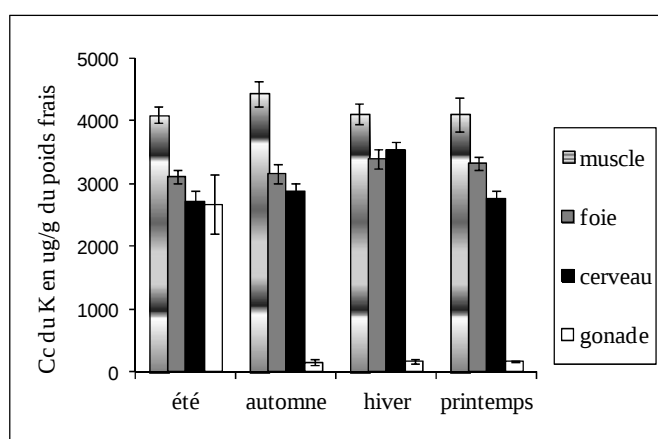


Figure 4 : Teneurs en K de la Sardinelle en fonction des saisons (n = 30). Barres verticales: écart type.

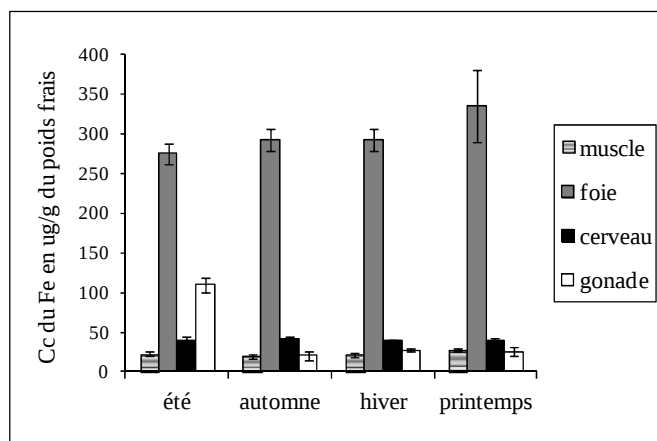


Figure 5 : Teneurs en Fe du rouget de vase en fonction des saisons (n = 30). Barres verticales: écart type.

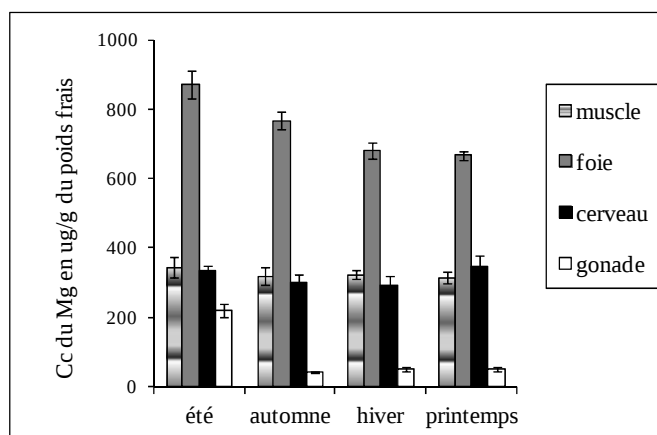


Figure 6 : Teneurs en Mg de la Sardinelle en fonction des saisons (n = 30). Barres verticales: écart type.

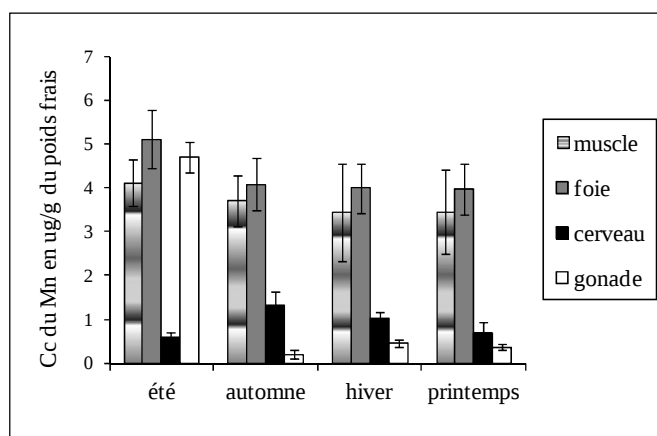


Figure 7 : Teneurs en Mn de la Sardinelle en fonction des saisons (n = 30). Barres verticales: écart type

La MT qui est une protéine à faible poids moléculaire, se concentre essentiellement dans le tissu hépatique chez les poissons. Elle est spécialisée dans la chélation des métaux et ont un rôle à jouer dans l'homéostasie des ions métalliques divalents (Hamza-Chaffai et al., 1995).

L'accumulation des métaux dans le foie peut être due aussi à la forte capacité de ces éléments de réagir avec l'oxygène carboxylé, le groupe amine, le

nitrogène et/ou le soufre, présents dans la métallothionéine, dont la concentration est élevée dans le foie (Al Youssuf et al., 2000).

En plus, les fortes concentrations du Fe dans le foie de la sardinelle, pourrait être expliqué par le fait que cet organe assure une fonction hématopoïétique et il est riche en sang (Blasco et al., 1998).

Le cerveau est le site préférentiel d'accumulation du Na et de Ca. Ceci pourrait être attribué au fait que le

Na a un rôle fonctionnel pour le transport du glucose dans le cerveau des poissons (Rosenkrantz et al., 1996 et Hylland et al., 1997).

Les résultats relatifs aux pourcentages des lipides au niveau de la chair de la *Sardinella aurita* montrent que les lipides totaux (exprimés en g/100 g de matière fraîche (MF)) subissent une variation saisonnière (Tab.I). Le taux maximum des lipides (5,92 g/100 g MF) a été enregistré en automne, et le minimum a été observé pendant la saison hivernale (2,26 g/100 g MF). Les valeurs obtenues sont comparables à celles des poissons pélagiques obtenue par Passi et al., (2002), qui a déterminé le taux de lipides dans différentes espèces pêchées sur la côte nord de la Méditerranée (*Sardina pilchardus* 4,81 g/100 g MF ; *Scomber scombrus* (5,83 g/100 g MF). De nombreux facteurs sont susceptibles de modifier qualitativement et quantitativement les lipides de la chair des poissons. La variation des lipides totaux est due essentiellement à l'alimentation, la température et la salinité du milieu et à la période de maturation (Zaboukas et al., 2006). Dans le golfe de Tunis, les variations saisonnières des facteurs environnementaux sont faibles (Ben ismail, 2010), ce qui favorise l'idée que la variation saisonnière des lipides totaux est essentiellement due au cycle biologique. En effet, pendant la période automnale et hivernale, on assiste chez *S. aurita* du golfe de Tunis à une accumulation des réserves lipidiques qui vont être à leur tour utilisées plus tard pendant la période de maturation des gonades (à partir du mois de juillet) (Gaamour, 1999), car les réserves lipidiques sont directement utilisées comme source d'énergie pour préparer la ponte, qui aura lieu à partir du mois de juin.

Selon les analyses effectuées par la chromatographie en phase gazeuse, une vingtaine d'acides gras ont été identifiés dans les lipides totaux de la *Sardinella aurita* (Tab. II). Les compositions en acides gras de ces extraits lipidiques sont en accord avec les compositions présentées dans d'autres études sur d'autre espèces de poissons et de crustacés (Bandarra et al., 1997 ; Passi et al., 2002 ; Osman et al., 2001; Mili et al., 2010 ; Mili et al., 2013).

L'étude détaillée des différentes familles d'acide gras montre que, parmi les AGS, l'acide palmitique C16:0 qui est le plus fréquent. Il est caractéristique des huiles extraites des produits de la mer et présente toujours des taux constants tout le long de l'année (Beltran & Moral, 1990). Parmi les AGMI, c'est l'acide oléique C18:1 qui est trouvé avec des concentrations très élevées. Ceci explique bien les faibles teneurs en acide α -linoléique C18:3n-3 et les fortes concentrations d'EPA (Acide eicosapentaénoïque) et de DHA (Acide docosahexaénoïque) des lipides de la sardinelle ronde.

Selon les analyses effectuées par chromatographie en phase gazeuse, les AGPI se composent essentiellement de l'acide docosahexaénoïque (C22:6n-3), de l'acide eicosapentaénoïque (C20:5n-3) et de l'acide linoléique (C18:2) (Tab. II). L'acide linoléique (C18:2) est le précurseur des AGPI, sa teneur dépend essentiellement de la salinité du milieu et montre des valeurs légèrement élevées pendant la saison estivale où la salinité de l'eau est de l'ordre de 37,3‰ (Ben ismail, 2010). En effet, la salinité de l'eau agit sur le métabolisme lipidique des poissons et des crustacés (Bell et al., 1994), par contre l'abaissement de la salinité du milieu provoque un changement du métabolisme lipidique des espèces (Mili et al., 2013).

L'étude des différentes familles d'acides gras exprimées en pourcentage des acides gras totaux (AGT) montre que les AGS et les AGMI subissent aussi une variation saisonnière. Les teneurs minimales pour ces familles d'acides gras sont enregistrées essentiellement au printemps (27,8 %) pour les AGS et en automne (12,69 %) pour les AGMI. Par contre, les taux élevés sont observés en hiver (44,26 %) pour les AGS et au cours de la saison estivale (18,96 %) pour les AGMI. Les AGPI représentent la fraction majoritaire (49,36 %) essentiellement pendant la saison printanière. L'augmentation des AGPI est toujours accompagnée d'une diminution des AGS.

Les pourcentages élevés d'EPA et de DHA ont été observés essentiellement au printemps, à l'exception du C20:5n-3, qui présente des valeurs élevées en hiver. Les teneurs d'EPA et de DHA sont dues essentiellement à leur abondance dans la chaîne alimentaire marine (Ando et al., 2003). Toutefois, le rapport EPA/DHA est considéré parmi les meilleurs critères d'évaluation de la qualité des AG (Saglik & Imre, 2001).

Sardinella aurita est une espèce qui se caractérise par une richesse en AGPI de la famille des oméga 3, essentiellement l'EPA et le DHA. Pendant la période d'abondance de l'alimentation, ces poissons bleus (pélagiques) accumulent préférentiellement des AGPI plutôt que des AGMI ou des AGS. Toutefois, la teneur en AGPI durant la saison printanière est supérieure à celle des autres saisons, afin d'activer le développement des gonades et préparer la ponte.

CONCLUSION

Ce travail nous a permis de conclure que les oligo-éléments dosés dans les gonades de la sardinelle présentent une variation saisonnière. Par contre pour presque la majorité des autres organes étudiés on n'a pas pu mettre en évidence une saison plus favorable pour leur accumulation.

Les taux des lipides ont montré des fluctuations saisonnières prononcées, avec des taux élevés en

AGPI au printemps, en AGMI en été et en hiver pour les AGS.

Les résultats de cette étude ont montré que l'augmentation des taux des acides gras polyinsaturés AGPI est accompagnée d'une baisse du taux des acides gras saturés AGS. Les acides gras majoritaires sont l'acide docosahexaénoïque (C22:6n-3) et l'acide eicosapentaénoïque (C20:5n-3).

Dans le but de recommander la consommation de la chair de la sardinelle ronde au moment où le profil en acides gras ainsi que les concentrations des oligo-éléments étudiés sont les plus favorables pour la santé humaine, nos résultats ont permis de mettre en évidence une meilleure richesse au printemps en AGPI n-3 et en Fe.

BIBLIOGRAPHIE

- Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S & Al-Ghais, S.M., 2000. -Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Sci. Total. Environ.* 256, 87-94.
- Ando, H. & Okamoto, H. 2003. -Practical procedures for ectopic induction of gene expression in zebrafish embryos using Bhc-diazo-caged mRNA. *Meth. Cell Sci.*, 25, 25-31.
- Azouz, A. 1973. Les fonds chálutables de la région nord de la Tunisie. 1. Cadre physique et biocénoses benthiques. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salammbô*, 2, 473-563.
- Bandarra, N.M., Batista, I., Nunes, M.L., Empis, J.M. & Christie, W.W. 1997.-Seasonal change in lipid composition of sardine (*Sardinapilchardus*). *J. Food. Sci.*, 62, 40-42.
- Bell, J.G., Tocher, D.R., Macdonald, F.M. & Sargent, J.R. 1994.-Effects of diets rich in linoleic and alphaslinolenic acids on growth, lipid class and fatty acid compositions and eicosanoid production in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*L.). *Fish Physiol. Biochem.*, 13, 105-118.
- Beltran, A. & Moral, A. 1990. -Estabilidad de los lípidos de la sardina de diferente contenido de grasa, durante su conservación a -18 °C. *Anal. Bromatol.*, 42, 167-175.
- Ben Ismail, S., Sammari, C., Beranger, K. & Lellouche, J.M. 2010.-Atlas des données hydrologiques des côtes tunisiennes. Document technique de l'Institut National des Sciences et Technologies et de la Mer (INSTM).1-169.
- Blasco J, Rubio JA, Forja J, Go'mez-Parra A & Establier R., 1998. -Heavy metals in some fishes of the mugilidae family from salt-ponds of Cadiz bay, SW Spain. *Ecotoxicol Environ Rest* 1, 71- 7.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. 1959. -A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can.J.Biochem.Phys.*37, 911-917.
- De Boeck, G., Ngo, T.T.H., Van Campenhout, K & Blust, R., 2003. -Differential metallothionein induction patterns in three freshwater fish during sublethal copper exposure. *Aquat. Toxicol.* 65, 413-424.
- Gaamour, A., 1999. -La Sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) dans les eaux tunisiennes: Reproduction, Croissance et pêche dans la région du Cap Bon. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne Occidentale. 246p.
- Hamza-Chaffai, A. 1993. -Etude de la bioaccumulation métallique et des metallothionéines chez des poissons de la côte de Sfax pour le Sud. Doctorat de l'Ecole National des Ingénieur Sfax. 157p.
- Hamza-Chaffai, A., Cosson, R.P., Amiard-Triquet, C & Abed, A. 1995. -Physico-chemical forms of storage of metals (Cd, Cu and Zn) and metallothionein-like proteins in gills and liver of marine fish from Tunisian coast: ecotoxicological consequences. *Comp. Biochem. Physiol.* 111C (2), 329-341.
- Hamza-Chaffai A, Romeo M & El Abed A. 1996. - Heavy metals in different fishes from the middle eastern coast of Tunisia. *Bull Environ Contam Toxicol.* 56, 766 -73.
- Hogstrand, C & Haux, C. 1991. -Binding and detoxification of heavy metals in lower vertebrates with reference to metallothionein. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* 100, 137-141.
- Hylland, P., Milton, S., Peck, M., Nilsson, G-E & Lutz, P.I. 1997. -Brain Na⁺/K⁺-ATP activity in two anoxia tolerant vertebrates Crucian carp and freshwater turtle. *Neurosci. Lett*, 235, 89-92.
- Metcalf, L.D., Schmitz, A, A & Pelka, J.R. 1966. - Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Analytical Chemistry*. Washington, V. 38, n. 3, p.514-515.
- Mili, S., Bouriga, N., Ennouri, R., Jarboui, O. & Missaoui, H. 2013.- Food and biochemical composition of the spot-tail mantis shrimp *Squilla mantis* caught in three Tunisian Gulfs: Tunis, Hammamet and Gabes. *Cah. Biol. Mar.*, 54, 271-280.
- Mili, S., Bouriga, N., Ennouri, R., Jarboui, O. & Missaoui, H. 2012. - Suivi du profil lipidique et variation saisonnière des acides gras de la squille *Squilla mantis* (Crustacea:

- Stomatopoda) du golfe de Tunis (Tunisie). Bull. Soc. zool. Fr., 137(1-4), 113-120.
- Mili, S., Bouriga, N., Ennouri, R., Jarboui, O. & Missaoui, H. 2013. – Suivi du profil lipidique et variation saisonnière des acides gras de la squille *Squilla mantis* (Crustacea: Stomatopoda) du golfe de Tunis (Tunisie).
- Olson, P.-E., Larsson, A & Haux, C., 1996. - Influence of seasonal changes in water temperature on cadmium inducibility of hepatic and renal metallothionein in rainbow trout. Mar. Environ. Res. 42, 41-44.
- OMS, 2002. -Rapport d'une consultation OMS/FAO d'experts sur le régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques. 142 p.
- Osman, N.H., Suriah, A.R. & Law, E.C. 2001. -Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. Food Chem., 73, 55-60.
- Passi, S., Cataudella, S., Di marco, P., De simone, F. & Rastrelli, L. 2002. -Fatty acid composition and antioxidant levels in muscle tissue of different Mediterranean marine species of fish and shellfish. J. Agric. Food Chem., 50, 7314-7322.
- Rosenkrantz, T-S., Kurbin, J., Mishna, O-P., Smith, D & Delivoria Papadopoulos, M., 1996. -Brain cell membrane Na^+ , K^+ -ATPase activity following severe hypoxic injury in the newborn piglet. Brain Res. 730, 52-57.
- Saglik, S. & Imre, S. 2001. -N-3-Fatty Acids in Some Fish Species from Turkey. J. Food Sci., 66,210-212.
- Scudiero, R., Temussi, P.A & Parisi, E., 2005. -Fish and mammalian metallothioneins: a comparative study. Gene 345, 21-26.
- Selmi S. & Sadok S. 2006.- Evaluation de la qualité sensorielle et biochimique de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* au cours du stockage dans l'eau de mer refroidie à la glace. Bull. Inst. Nat. Scien Tech. Mer Salammbô, 33, 101 - 106.
- Zaboukas, N., Miliou, H., Megalofonou, P., & Moraitou-Apostolopoulou, M. 2006. - Biochemical composition of the Atlantic bonito *Sarda sarda* from the Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea) in different stages of sexual maturity. J. Fish. Biol., 69, 347-362.
- Zarrad, R., 2007. -Distributions spatio-temporelles des œufs et des larves de l'anchois *Engraulis eucrasicholus*, de la Sardinelle *Sardinella aurita* et de la sardine *Sardina pilchardus* dans le golfe de Tunis et relations avec les paramètres environnementaux. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique de Tunisie. 253p.
- Zarrad, R., Gharbi, H & Missaoui, H. 2001. Détermination de l'effort optimal de chalutage benthique dans le golfe de Tunis. Bull. INSTM Salammbô, 28, p. 3-7