

Effets de la salinité et de la température du milieu sur le degré de saturation des acides gras et sur les différentes catégories lipidiques des alevins de *Mugil cephalus*.

Souhaïla Khériji¹, M. El Cafsi¹, W. Masmoudi¹ et M.S. Romdhane²

1-Faculté des Sciences de Tunis, Département de Biologie, Laboratoire physiologie de la Nutrition, Campus universitaire 1060 Tunis.

2-Institut National Agronomique de Tunisie, Laboratoire Aquaculture et Milieu, Agrocampus, 43 av Charles Nicolle 1082 Tunis.

ملخص

تأثير درجة حرارة و ملوحة الماء على درجة إشباع الحوامض الدهنية و على مختلف أنواع الدهون عند فرخ البوري (*Mugil cephalus*): يهدف هذا البحث إلى معرفة مدى تأثير تغير درجة حرارة و ملوحة الماء على التركيبية الدهنية لفرخ البوري (*Mugil cephalus*). ثبتت النتائج أن انخفاض ملوحة الماء من 35 إلى 0.5% مع درجة حرارة منخفضة (14°C) يؤدي إلى ارتفاع قدره 6.5% في نسبة الحوامض الدهنية غير المشبعة مقارنة بالحوامض الدهنية المشبعة. و لاحظنا من جهة أخرى, انخفاض كمية التريغليسيريد بقدر يساوي 65% أما بالنسبة لكمية الدهون القطبية فقد شهدت انخفاضا بنسبة 37%. أما في ما يخص انخفاض درجة حرارة الماء من 26°C إلى 14°C فقد أدى هذا الانخفاض إلى ارتفاع في نسبة الحوامض الدهنية غير المشبعة مقارنة بالحوامض الدهنية المشبعة, و لكن بصورة أكثر أهمية في المياه المالحة حيث يؤدي انخفاض درجة الحرارة أيضا إلى ارتفاع كميات التريغليسيريد و الدهون القطبية بنسبة 325% و 53%
المفاتيح : ملوحة الماء، الحوامض الدهنية، حرارة الماء، فرخ البوري

RESUME

Le suivi de l'évolution des lipides des alevins de *Mugil cephalus* en fonction de la salinité et de la température du milieu, montre qu'après acclimatation à 14°C, le rapport acides gras polyinsaturés/acides gras saturés, chez les alevins acclimatés à la basse salinité (0,5‰) augmente de 6,5%. D'autre part, nous avons noté une diminution de 65% de la masse des triacylglycérols et une augmentation de 37% de celle des lipides polaires. Par ailleurs, nous avons relevé que l'abaissement de la température du milieu de 26 à 14°C, entraîne une augmentation plus importante du rapport acides gras polyinsaturés/acides gras saturés à 0,5‰ qu'à 35‰. La diminution de la température du milieu provoque une augmentation respective de 365 et de 53%, de la masse des triacylglycérols et des lipides polaires à 35‰. Ces résultats mettent en évidence la modulation des lipides des alevins de *Mugil cephalus* en fonction de la salinité et de la température du milieu. La basse salinité semble diminuer les réserves lipidiques du poisson tandis que la basse température a tendance à les améliorer.
Mots clés : Alevins, *Mugil cephalus*, température, salinité, degré désaturation, catégories lipidiques.

ABSTRACT

Salinity and temperature effects on the fatty acid saturation and the lipid classes of *Mugil cephalus* fry : In this study changes in lipid composition of *Mugil cephalus* fry is measured according to salinity and temperature acclimation. At 14 °C , the acclimated fish to freshwater presents an increase of 6.5% in the polyunsaturated fatty acids/saturated fatty acids quotient compared to those acclimated to the seawater. Moreover, the low salinity involves a decrease of triacylglycerols and polar lipids (respectively 65 and 37%). The transition of the acclimation temperature from 26°C to 14 °C in seawater is followed by an increase of the polyunsaturated fatty acids/saturated fatty acids quotient. This variation is more important at 35‰ than at 0,5‰. The low temperature (14°C) involves also (at 35‰) an increase of the triacylglycerols and polar lipids by 356 and 53% respectively.

We conclude that the changes made in the salinity and temperature of acclimation, are followed by a quantitative and qualitative variation in the lipids of *Mugil cephalus* fry. The decrease of these two parameters offers an improvement of the synthesis of the polyunsaturated fatty acid from the essential ones in *Mugil cephalus* fry.

Key words: Fry, *Mugil cephalus*, temperature, salinity, unsaturation, lipid class.

INTRODUCTION

En Tunisie, *Mugil cephalus* (Bouri ou dorgal), est une espèce euryhaline et eurytherme qui présente la plus grande valeur marchande parmi les autres muges. L'élevage des alevins de ce poisson nécessite la connaissance approfondie des conditions optimales de pisciculture et en particulier la qualité nutritionnelle du futur poisson adulte. Il doit avoir un rapport équilibré entre les acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés. D'autre part, les réserves lipidiques du poisson qui se répartissent entre autres dans la partie consommable du poisson à savoir le muscle, sont essentiellement formées de triacylglycérols (Corraze et Kaushik, 1999).

Dans le but de rechercher les conditions optimales d'élevage des alevins de *Mugil cephalus*, nous avons suivi la variation des rapports acides gras monoinsaturés/acides gras saturés, acides gras polyinsaturés/acides gras saturés et acides gras insaturés/acides gras saturés en fonction de la salinité et de la température du milieu. Nous avons également suivi la variation des différentes catégories lipidiques (Triacylglycérols, Phospholipides, mono et diacylglycérols et acides gras libres) en fonction de ces deux paramètres cités.

MATERIEL ET METHODES

Matériel biologique : Les alevins de *Mugil cephalus* ont été capturés au niveau de l'embouchure de l'oued Khélij dans le golfe de Tunis. Les poissons sont âgés de deux mois environ, leur taille moyenne est de 1,8 cm. Les alevins sont transportés vivants au laboratoire où ils sont mis en élevage dans des aquariums exposés à une photopériode naturelle et dotés d'une filtration biologique et d'une aération avec un débit d'un litre par minute. La densité des aquariums est de l'ordre d'un poisson par 2,5 litres. Les variations de la salinité et de la température ont été réalisées d'une façon progressive. Après cinq mois d'élevage, les alevins ont atteint une taille de 25,3 mm, suffisante pour la suite de l'expérimentation. Les poissons ont été acclimatés pendant une et quatre semaines à deux salinités différentes (35 et 0,5 ‰) et à deux températures différentes (26 et 14°C). Durant l'acclimation, la quantité d'aliment fournie quotidiennement aux poissons représente 10 % de leurs masses.

Analyse des lipides : Après l'acclimation le poisson est prélevé délicatement hors de l'eau et broyé. L'extraction des lipides totaux est faite selon la méthode de Folch *et al.* (1957) modifiée par Bligh et Dyer (1959). Les acides gras après leur estérification selon la méthode de Metcalf *et al.* (1966) sont analysés par chromatographie en phase gazeuse (CPG) sur colonne capillaire HP 4890 D. La température de la colonne est de 210°C, celle du détecteur est de 250°C et celle de l'injecteur est de 220°C.

La séparation des catégories lipidiques est réalisée selon la méthode de Wood *et al.* (1969). Il s'agit d'une chromatographie unidimensionnelle ascendante sur plaque de verre recouverte d'une mince couche de gel de silice (silicagel G. Merck). L'extrait lipidique utilisé est un mélange de six parties aliquotes des extraits lipidiques obtenus à partir de six poissons traités et ce, pour chaque expérience.

Analyse statistique : Le nombre de répétitions effectuées est de six (n=6). L'échantillon est représenté par une moyenne \pm l'écart type. Les différentes moyennes sont comparées entre elles selon la méthode d'analyse de la variance (Anova) et le test de Duncan. Le logiciel utilisé est STATISTICA/97.

RESULTATS

1) Effet de la variation de la salinité du milieu sur les lipides des alevins de *Mugil cephalus* :

- **Variation du degré de saturation des acides gras :** A 14°C et après quatre semaines d'acclimation, le passage d'une salinité élevée (35‰) à une basse salinité (0,5‰) s'accompagne d'une diminution non significative du rapport acides gras monoinsaturés/acides gras saturés. Le rapport acides gras insaturés/acides gras saturés subit une augmentation également de manière non significative. Seul le rapport acides gras polyinsaturés/acides gras saturés augmente significativement de 6,5% suite à ce changement de la salinité du milieu. A 26°C, l'abaissement de la salinité s'accompagne d'une augmentation significative de 41,6% du rapport acides gras monoinsaturés/acides gras saturés contrairement à celui des acides gras polyinsaturés/acides gras saturés qui a diminué de manière non significative. Pour ce qui est du rapport acides gras insaturés/acides gras saturés, ce dernier a subit une augmentation significative de 16,1% en passant à la salinité 0,5‰ (Fig 1).

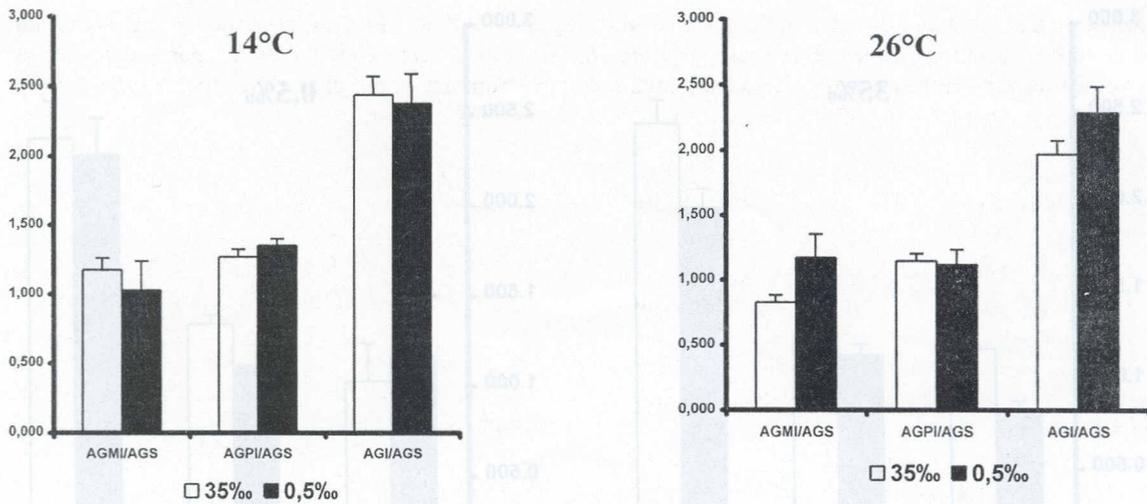


Figure 1 : Variation du degré de saturation des acides gras en fonction de la salinité du milieu, à 14 et 26°C et après quatre semaines d'acclimatation.

-Variation de la masse des catégories lipidiques :

Après quatre semaines d'acclimatation, nous remarquons que l'abaissement de la salinité du milieu jusqu'à 0,5‰ à basse température (14°C) entraîne une augmentation respective de 134% et de 58% de la masse des mono et diacylglycérols. Tandis que celle des lipides polaires, des acides gras libres et des triacylglycérols diminue respectivement de 37%, 21% et 65%. En revanche, à température élevée (26°C), nous notons une augmentation de la masse de toutes les catégories lipidiques à l'exception des monoacylglycérols. Ces derniers diminuent de 11%. Par contre, les lipides polaires, les diacylglycérols, les acides gras libres et les triacylglycérols, augmentent respectivement de 11%, 6%, 128% et 74% suite à l'abaissement de la salinité du milieu (Fig 2).

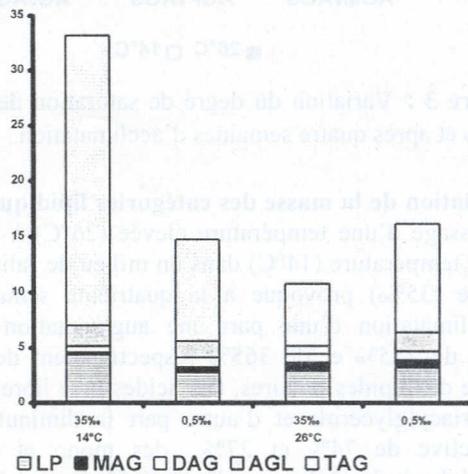


Figure 2 : Variation des catégories lipidiques en fonction de la salinité à 14 et 26°C et après quatre semaines d'acclimatation.

2) Effet de la variation de la température du milieu sur les lipides des alevins de *Mugil cephalus* :

-Variation du degré de saturation des acides gras : Dans un milieu de salinité élevée (35‰) et après quatre semaines d'acclimatation, l'abaissement de la température de 26 à 14°C, entraîne une augmentation significative des rapports acides gras monoinsaturés/acides gras saturés, acides gras polyinsaturés/acides gras saturés et acides gras insaturés/acides gras saturés.

Cette augmentation est respectivement de 42,1 ; 10,7 et de 23,9%. A basse salinité (0,5‰), nous remarquons que le passage à la basse température (14°C) s'accompagne d'une diminution non significative du rapport acides gras monoinsaturés/acides gras saturés. Tandis que le rapport acides gras polyinsaturés/acides gras saturés augmente significativement de 20,7% au bout de la quatrième semaine d'acclimatation. Quant au rapport acides gras insaturés/acides gras saturés, il augmente également mais de manière non significative (Fig 3).

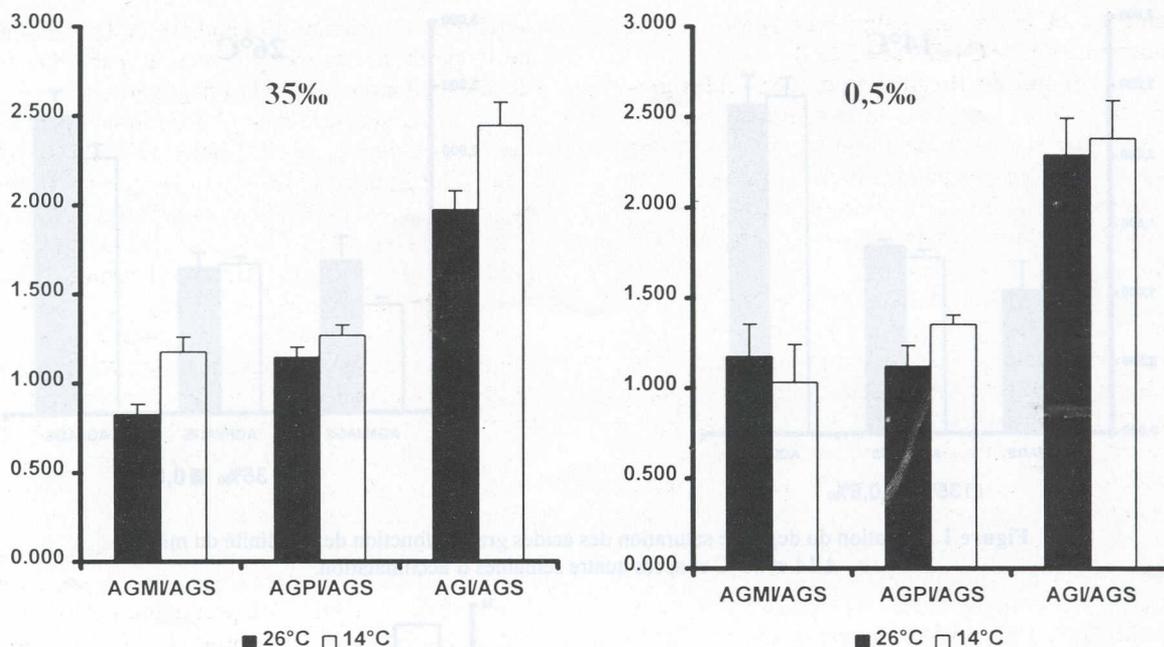


Figure 3 : Variation du degré de saturation des acides gras en fonction de la température du milieu, à 35 et 0,5‰ et après quatre semaines d'acclimatation.

-Variation de la masse des catégories lipidiques :

le passage d'une température élevée (26°C) à une basse température (14°C) dans un milieu de salinité élevée (35‰) provoque à la quatrième semaine d'acclimatation d'une part une augmentation de 53%, de 155% et de 365% respectivement de la masse des lipides polaires, des acides gras libres et des triacylglycérols et d'autre part la diminution respective de 74% et 27% des mono et des diacylglycérols. A basse salinité (0,5‰), ce même abaissement de la température entraîne la diminution des lipides polaires, des monoacylglycérols, des acides gras libres et des triacylglycérols. Cette diminution est respectivement de l'ordre de 13 %, 32 %, 12% et 6 %. Seuls les diacylglycérols subissent une augmentation de 9% (fig. 4).

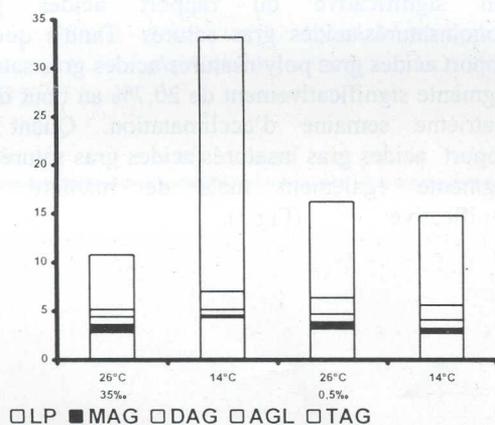


Figure 4 : Variation des catégories lipidiques en fonction de la température à 35 et 0,5‰ et après quatre semaines d'acclimatation.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'étude de l'évolution du degré de saturation des acides gras chez l'alevin de *Mugil cephalus*, montre que l'évolution des différents rapports en fonction de la salinité, varie en fonction de la température du milieu. En effet, à basse température (14°C), l'abaissement de la salinité de 35‰ à 0,5‰, ne provoque de variation significative que pour le rapport AGPI/AGS qui augmente de 6,5%, au bout de la quatrième semaine d'acclimatation. L'augmentation de ce rapport laisse supposer que dans ces conditions, l'alevin a tendance soit à synthétiser les acides gras polyinsaturés de manière importante, soit à utiliser ses acides gras saturés de façon accrue. Pour une température élevée (26°C), le passage de la salinité élevée à la basse salinité, provoque l'augmentation significative des rapports AGMI/AGS et AGI/AGS. L'augmentation de ces rapports indique également soit une biosynthèse importante des acides gras monoinsaturés et insaturés, soit une forte utilisation des acides gras saturés.

Dans tous les cas de figure, l'abaissement de la salinité, semble conduire vers une plus grande insaturation des acides gras.

Un résultat similaire a été mentionné par El Cafsi (1998) pour les muscles blanc et rouge de *Liza aurata*, chez qui, une augmentation des acides gras monoinsaturés est obtenue à une salinité de 5‰. Tandis que chez les alevins de *Mugil cephalus*, et après 24 heures d'incubation suite à l'injection de l'acétate marqué, il se produit une diminution du taux des acides gras saturés et di-insaturés alors que le taux des acides gras mono et polyinsaturés

augmente, et ce, à une salinité de 0,5‰ et une température de 20°C (El Cafsi 2000).

Au sud du Brésil, l'étude des acides gras de la série (n-3) des poissons d'eau douce montre que ces derniers constituent une importante source d'acides gras polyinsaturés de la série (n-3). Ils présentent, en effet, un rapport AGPI/AGS élevé puisqu'il est compris entre 0,17 et 1,18 (Andrade et al. 1995).

Ainsi, dans un milieu de basse salinité, l'alevin de *Mugil cephalus* semble synthétiser davantage d'acides gras polyinsaturés selon les processus d'élongation et de désaturation des acides gras essentiels, surtout quand la température de l'eau est basse. Quand la température de l'eau est élevée, les éventuelles perturbations physiologiques provoqué chez l'alevin par la diminution du taux d'oxygène dissous dans le milieu, le pousse probablement à consommer davantage ses acides gras saturés, dont la valeur calorique est élevée (Kaneko et al. 1967 ; Watanabe et al. 1989 et Saito et al. 1997) d'où l'augmentation significative des rapports AGMI/AGS et AGI/AGS.

L'étude de l'évolution des différentes catégories lipidiques en fonction de la salinité du milieu montre que l'action de cette dernière dépend de la température du milieu. A basse température (14°C) et au passage à l'eau douce, il se produit entre autre une diminution des triacylglycérols et des lipides polaires. Nous pouvons déduire que les alevins de *Mugil cephalus* acclimatés à l'eau douce, semblent utiliser leurs réserves lipidiques, et en particulier, les triacylglycérols, comme source d'énergie à fin de faire face à la variation des conditions osmotiques du milieu (Mourente et Tocher 1994). Ceci est confirmé par l'augmentation de la masse des intermédiaires métaboliques des TAG, à savoir, les MAG et les DAG. L'éventuelle invasion de l'eau dans le milieu intérieur de l'animal et la sortie de sel à partir de ce milieu suite à la variation de la pression osmotique, pourrait également entraîner des perturbations au niveau membranaire. Ces perturbations semblent être à l'origine de la diminution de la masse de phospholipides qui entrent dans la constitution des membranes cellulaires. La reconstitution membranaire qui pourrait s'installer pour faire face à ces perturbations, ferait également intervenir les TAG, à partir desquels il y aurait libération des acides gras qui vont se diriger vers les différentes membranes cellulaires (El Cafsi 2000). A température élevée (26°C), nous notons l'augmentation de la masse de toutes les catégories lipidiques à l'exception des monoacylglycérols. Ceci peut s'expliquer par l'augmentation de la prise alimentaire à température élevée qui pourrait aider l'animal à lutter contre ces conditions osmotiques. En ce sens, qu'il va utiliser plutôt les lipides alimentaires comme source d'énergie et préserver ses réserves lipidiques ou bien les

améliorer. Cependant, l'hypothèse de la stimulation de la synthèse des triacylglycérols, par l'élévation de la température n'est pas à négliger.

Ces résultats sont plus ou moins confirmés par les données bibliographiques. Ainsi chez l'anguille, Meister (1971) indique que l'eau douce ne provoque pas de variation des lipides polaires du poisson. D'un autre côté, une augmentation des lipides polaires et une diminution des diacylglycérols ont été décrites, au niveau du muscle rouge de *Liza aurata* traitée à une basse salinité. Tandis qu'au niveau du muscle blanc, les lipides polaires, les mono, les di et les triacylglycérols diminuent alors que les acides gras libres augmentent (El Cafsi 1991). Chez les alvins de *Mugil cephalus* acclimatés à l'eau douce et maintenus à une température de 20°C, les phospholipides présentent un marquage radioactif plus important par rapport à ceux acclimatés à l'eau de mer, alors que les TAG présentent par contre un taux de marquage plus important (El Cafsi 2000).

Par ailleurs, Les résultats de l'étude de l'évolution du degré de saturation des acides gras de *Mugil cephalus*, en fonction de la température montrent que la variation des différents rapports en fonction de la température, diffère selon que la salinité du milieu est basse ou élevée. Pour une salinité élevée (35‰), l'abaissement de la température provoque une augmentation significative de 42,1% du rapport AGMI/AGS à la quatrième semaine. Pour ce qui est du rapport AGPI/AGS, nous enregistrons une augmentation significative de 10,7 % de ce rapport. Une augmentation également significative du rapport AGI/AGS (23,9 %), est enregistrée après quatre semaines d'acclimatation. Pour une basse salinité (0,5‰), la seule variation significative enregistrée, est celle du rapport, AGPI/AGS, qui augmente de 20,7 % à la quatrième semaine.

Pour les deux salinités, nous avons obtenu une augmentation du rapport AGPI/AGS due à l'abaissement de la température. Cette augmentation indique soit une utilisation importante des acides gras saturés, soit une stimulation de la biosynthèse des acides gras polyinsaturés.

L'effet désaturant de la basse température, a été souvent mentionné dans la littérature. En effet, l'augmentation de la teneur en acides gras polyinsaturés au niveau des triacylglycérols des poissons dans les eaux froides, a été évoqué par Reiser et al. 1963 ; Sinclair et al. 1986 ; Armstrong et al. 1994 ; Nichols et al. 1994 ; Saito et al. 1997 et Nicolsi et al. 1997. Farkas et al. (1975), ont trouvé que chez la Carpe (*Cyprinus carpio* L.), le niveau des acides gras polyinsaturés des lipides totaux et des phospholipides, est plus élevé chez les poissons adaptés aux eaux froides que ceux qui sont adaptés aux eaux chaudes. Suite à un marquage radioactif, ils ont démontré qu'aux basses températures, le

poisson oriente son métabolisme lipidique vers une biosynthèse plus importante d'acides gras polyinsaturés, puisqu'ils ont trouvé un pourcentage de radioactivité plus élevé dans ces acides gras, à 5°C qu'à 22°C. Di Bella et al. (1994) indiquent que pour la sériole, *Seriola dumerili*, la variation de la température de l'eau de décembre en juillet, entraîne une modification de la composition lipidique du foie chez ce poisson : quand la température diminue le degré d'insaturation des lipides augmente. L'analyse des acides gras dans le muscle et le foie du Loup (*Dicentrarchus labrax*), montre qu'en passant de l'hiver vers le printemps, les acides gras saturés augmentent alors que les acides gras polyinsaturés diminuent (Delgado et al. 1994). Le même effet de la basse température est rencontré chez une algue unicellulaire, *Monochrysis lutheri*, utilisée dans l'alimentation larvaire, chez qui un abaissement de la température entraîne une augmentation du pourcentage des acides gras polyinsaturés de 5,1% à 20°C et de 10% à 10°C (Ackman et al. 1968).

Toutes ces références confirment bien les résultats que nous avons obtenus chez les alevins de *Mugil cephalus*, en ce sens que l'augmentation des acides gras polyinsaturés peut être une réponse à la diminution de la température de l'eau. Cette augmentation indique que les basses températures stimuleraient le fonctionnement des désaturases et des élongases qui interviennent dans la biosynthèse de ces acides gras. Ces changements dans la composition en acides gras, sont essentiellement en relation avec le maintien de la fluidité membranaire. En effet, la variation de la température détermine, non seulement quel type d'acides gras synthétisé, mais aussi les acides gras insérés dans les membranes cellulaires (Cowey et Sargent 1979).

De plus, l'abaissement de la température dans le milieu salé, a entraîné également, l'augmentation des acides gras monoinsaturés et des acides gras insaturés par rapport aux acides gras saturés. Cependant, l'augmentation des acides gras polyinsaturés dans ce milieu est de 10,7%. Tandis que pour le milieu de basse salinité, elle est de 20,7%. De ce fait, malgré que les trois rapports augmentent dans le milieu salé, le processus de désaturation semble être plus efficace dans l'eau douce, car une bonne partie des acides gras monoinsaturés, en particulier l'acide oléique C18 :1 et l'acide palmitoléique C16 :1, peut provenir de l'alimentation. Leur diminution en milieu de basse salinité pourrait être due à leur consommation énergétique pour la lutte contre les conditions osmotiques du milieu.

L'étude de l'influence de la température sur les différentes catégories lipidiques montre que l'effet de la température, varie en fonction de la salinité du milieu. En effet, l'abaissement de la température provoque, pour la salinité élevée, une

augmentation de la masse des LP, des AGL et des TAG et une diminution des MAG et des DAG. L'augmentation des réserves lipidiques de l'alevin semble être liée à la teneur en oxygène dissous du milieu qui diminue d'autant plus que la salinité et la température sont de plus en plus élevée. Ainsi, la diminution de la teneur en oxygène dissous à 26°C et 35‰ pourrait entraîner chez l'alevin des perturbations physiologiques dues probablement à une augmentation de la perméabilité du poisson au milieu extérieur comme c'est le cas de la truite en mer chaude (Bœuf 1988). L'alevin doit lutter contre ces perturbations en utilisant ses lipides d'où leur faible teneur à température élevée. D'un autre côté, une augmentation de la contribution des hydrates de carbone comme source d'énergie via la voie des pentoses phosphate et le cycle de Krebs a été signalée chez les poissons acclimatés au froid (Hochachka et Hayes 1962 ; Helly 1976 ; Guelderly et Gawlicka 1992 et Kieffer et al. 1998) ce qui préserverait les réserves lipidiques du poisson à basse température.

A basse salinité, les LP, les MAG, les AGL, et TAG subissent des diminutions. Les DAG quant à eux, augmentent. Toutefois, ces variations sont moins importantes que celles enregistrées à salinité élevée. Ceci pourrait être dû à une meilleure solubilité de l'oxygène dans le milieu, vu sa basse salinité qui amortirait le stress engendré par la température élevée.

Farkas et al. (1975) ont démontré que la Carpe (*Cyprinus carpio* L.) adaptée au froid (5°C), comparée à celle adaptée au chaud (25°C), incorpore moins de radioactivité dans ses phospholipides. Tandis que Bandarra et al. (1997) ont trouvé, chez la Sardine (*Sardina pilchardus*) un taux de lipides polaire plus élevé en hiver qu'en été.

La température semble agir et modifier surtout, la composition en acides gras des classes de lipides, et en particulier, les phospholipides (Corraze et Kaushik 1999). La basse température, entraînerait une élévation des acides gras polyinsaturés et une diminution des acides gras saturés (Hazel 1979). Ces modifications apportées à la composition en acides gras des lipides polaires, visent à maintenir la fluidité membranaire et le fonctionnement cellulaire à basse température (Bell et al. 1986).

En conclusion, cette étude a montré que l'abaissement de la salinité et de la température du milieu est suivi d'une augmentation du degré d'insaturation des acides gras de l'alevin de *Mugil cephalus*. Ce résultat est intéressant dans la mesure où nous visons la qualité nutritionnelle du futur poisson adulte dont l'une des composantes essentielles est constituée par les lipides vue leur richesse en acides gras polyinsaturés de la série (n-3) dont le rôle thérapeutique et préventif est de plus en plus évoqué. En effet, Fossati (1994) signale que l'intérêt des acides gras polyinsaturés

des poissons concerne surtout l'EPA (acide eicosapentaénoïque) et le DHA (acide docosahexaénoïque). Ces acides gras inhibent la transformation de l'acide arachidonique en thromboxane-A₂, ce dernier est susceptible d'activer la vasoconstriction, l'agrégation plaquettaire et favorise l'hypertension artérielle. Les réserves lipidiques ainsi que les lipides polaires sont également influencés par les variations de la salinité et de la température du milieu. Un abaissement de la salinité a tendance à les diminuer en particulier à basse température, tandis qu'un abaissement de la température provoque leur augmentation ou bien leur diminution suivant que la salinité du milieu est élevée ou non.

BIBLIOGRAPHIE

- Ackman R.G., Tocher C.S. and McLachlan J. 1968- Marine phytoplankton fatty acids. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25, (8): 1603-1620.
- Armstrong S.G., Wyllie S.G., & Leach D.N., 1994- Effects of season and location of catch on fatty acid compositions of some Australian fish species. *Food Chem.*, 51: 295-305.
- Andrade A.D., Rubira A.F., Matsushita M. and Souza N.E., 1995- 3 fatty acids in freshwater fish from south Brasil. *JAOCS*, 72: (10) 1207-1210.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917.
- Bell M.V., Henderson R.J. & Sargent G.R., 1986- The role of polyunsaturated fatty acids in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 83B:711-9.
- Boeuf G., 1988. Le facteur température et la physiologie des poissons. *La pisciculture française*, 91, 15-29.
- Bandarra N.M., Batista I., Nunes M.L., Empis J.M. and Christie W.W., 1997- Seasonal changes in lipid composition of Sardine (*Sardina pilchardus*). *Journal Of Food Science*, 62(1): 40-42.
- Cowey C.B. and Sargent J.R., 1979- Nutrition in fish physiology. *Bioenergetic and growth*. W.S. Hoar, D.J. Randall, J.R. Brett (Eds), Acad. Press:1-58.
- Corraze G., et Kaushik S., 1999. Les lipides des poissons marins et d'eau douce. *OCL* 6 (1) : 111-115.
- Di Bella G., Genovese L., Greco S. Dugo G., 1994- Fatty acid composition of the liver of the reared *Seriola dumerili* (Risso, 1810) in relation to two different diets and to the water temperature. *OEBALIA*.XX. 107-116.
- Delgado A., Estevez A., Hortelano P. and Alejandro M.J., 1994- Analysis of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Influence of temperature and fasting. *Comparative biochemistry and physiology. A Comparative physiology*, 108: (4), 673-680.
- El Cafsi M., 1998- Effet de la salinité du milieu sur les lipides des tissus musculaires de *Liza aurata* (Risso, 1810). *Ichthyophysiol. Acta*, 21 : 15-25.
- El Cafsi M., 2000 -Effet de la basse salinité du milieu sur le métabolisme lipidique du Muge. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tunis, Faculté des Sciences, 177p.
- 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.*, 226, 497-509.
- Farkas T., and Csengeri I., 1976- Biosynthesis of fatty acids by the Carp, *Cyprinus carpio* L., in relation to environmental temperature. *Lipids*, 11 : (5) 401-407.
- Fossati P., 1994- Les huiles de poisson : actualités scientifiques et médicales. *OCL* 1 : (8) 178-180.
- Guderley, H., Gawlicka, A., 1992. Qualitative modification of muscle metabolic organization with thermal acclimation in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* *Fish Physiol. Biochem.* 10, 123-132.
- Hazel J.R., 1979- Influence of thermal acclimation on membrane lipid composition of rainbow trout liver. *Am. J. Physiol.* 236(1): R91-101.
- Helly, J.J., 1976. The effect of temperature and thermal distribution on glycolysis in two rockfish species (Sebastes). *Mar. Biol.* 37, p.89.
- Hochachka, P. W., Hayes, F.R., 1962. The effect of temperature acclimation on pathways of glucose metabolism in the trout. *Can. J. Zool.*, 40, 261-270.
- Kaneko, G., Takeuchi, M., Ishii, S., Higashi, H., Kikuchi, T., 1967. Effect of dietary lipids on fish under cultivation-IV. Changes of fatty acid composition in flesh lipids of rainbow trout on non-feeding. *Bull. Jpn. Soc. Fish.* 33, 56-58.
- Kieffer, J.D., Alsop, D., Wood, C.M., 1998. A respirometric analysis of fuel use during aerobic swimming at different temperatures in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The journal of Experimental Biology*, 201, 3123-3133.
- Metcalf, L.D., Schmitz, A.A., Pelka, J.R., 1966. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Ann. Chem.* 38, 524-535.
- Mourente G. et Tocher D.R., 1994 -In vivo metabolism of (1-C14) linoleic acid (18:3(n-3)) and (1-C14) eicosapentaenoic acid (20:5(n-3)) in a marine fish : Time-

course of the desaturation/ elongation pathway. *Bioch. Biophys. Acta.* 1212 : 109-118.

Nichols D.S., Williams D., Dunstan G.A., Nichols P.D. & Volkman J.K., 1994- Fatty acid composition of Antarctic and temperate fish of commercial interest. *Comparative biochemistry and physiology. B Comparative biochemistry.* 107: (2).357-363.

Nicolosi Asmundo C., Scerre V., Cataldi Lupo M.C., Campisi S., Pulvirenti A., 1997- Chemical and feeding composition of breeding fish. Note II: The trout (*Oncorhynchus mykiss*). *La Rivista di scienza dell'alimentazione*, 26 (1):, 59-69.

Reiser R., Stevenson B., Kyama M., Choulhury R.B.R. & Hood D.W. 1963- The influence of dietary fatty acids and environmental temperature on fatty acid composition of teleost fish. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 40: 507-13.

Sinclair A.J., O'Dea K & Naughton J.M., 1986- Poly-insaturated fatty acid types in Australian fish. *Proc. Nutr. Soc. Aust.*, 25: 81-2

Saito, H., Ishihara, K., Teruaki, M., 1997- The fatty acid composition in Tuna (*Bonito, Euthynnus pelamis*) caught at three different localities from tropics to temperate. *J. Sci. Food Agric.* 73, 53-59.

Wood R., Baymann W.J., Snyder F. et Mangold H.K., 1969- Gas -liquid chromatography of dialkyl alkyl acyl and diacyl derivatives of glycerol. *J. Lipid Res.*, 10: 128-131.

Watanabe, T., Arakawa, T., Takeuchi, T., Sato, S., 1989- Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in juvenile striped jack *Pseudocaranx dentex*. *Nippon Suisan Gakkaishi.* 55, 1989-1995.

Arakawa T., Watanabe T., Saito H., 1994- Effects of season and location on the fatty acid composition of some Australian fish species. *Food Res. Int.* 27: 295-303.

Andrade A.D., Kubota A.F., Maranhão M. and Souza M.E. 1994- Fatty acids in freshwater fish from south Brazil. *ALOC* 75: (10) 120-126.

Bligh E.G., Dyer W.J. 1959- A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37: 911-917.

Bell M.V., Henderson K.J. & Sargent G.R. 1986- The role of polyunsaturated fatty acids in the cold. *Biochem. J.* 233: 211-9.

Booth G., 1958- The factors determining the physiology of the poisons. *Comp. Biochem. Physiol.* 9: 13-29.

Bandaru V.M., Bhatia J., Purohit M.L., Singh J.M. and Chandra W.W. 1997- Seasonal changes in lipid composition of bivalves (*Luxilus subquadratus*, *Saxidomus* sp. and *Saxidomus* sp.). *Indian J. Mar. Biol.* 26: 40-42.

Cowey C.B. and Sargent J.R. 1975- Nutrient in fish physiology. *Biochemistry and nutrition*. W.S. Hoar, D.J. Randall, J.R. Brett (eds). Acad. Press: 28.

Cortez G. et Knaak S. 1999- Les lipides des poissons marins et d'eau douce. *FAO* (11) 110.

De Bellis G., Sargent J., Myers P. 1994- Fatty acid composition of the liver of the reared *Saxidomus* (*Risso*, 1810) in relation to two different diets and to the water temperature. *OCEANOLOGIA* 36: 110.

Díaz A., Estévez A., Hortalano F. and Alvarado M.C. 1994- Analysis of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) influence