

VARIATIONS SAISONNIERES DES LIPIDES ET DES ACIDES GRAS CHEZ LES GENITEURS DE PERCHE (*Perca fluviatilis*) MAINTENUS EN CAPTIVITE

Reçu le 21/10/2003 – Accepté le 14/04/2004

Résumé

Ce travail expérimental traite de l'étude des lipides et des principaux acides gras saturés, mono-insaturés et poly-insaturés mobilisés et/ou utilisés à partir des principaux organes, à savoir l'ovaire, le foie, les muscles dorso-latéraux et la graisse péri-viscérale, au cours de la maturation ovarienne chez la perche Eurasiennne (*Perca fluviatilis*) maintenue en captivité. Durant la période qui s'étale entre le développement de l'ovaire et l'ovaire développé (de E-1 à E-2), nous assistons à la mobilisation des lipides et des acides gras hépatiques et, dans une moindre mesure, musculaires. Durant la période qui s'étale entre l'ovaire développé et post reproduction (de E-2 à E-3), les lipides et les acides gras sont utilisés à partir du foie et de la graisse péri-viscérale. Nous remarquons que le foie est mobilisé durant tout le processus de maturation, en raison de son rôle prédominant dans la synthèse de la vitellogénine.

Mots clés: acides gras, géniteurs, lipides, maturation ovarienne, *Perca fluviatilis*.

Abstract

This experimental study describes changes and/or dynamics of total lipid and fatty acids in ovary, liver, muscles and visceral fat during ovarian maturation in reared Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). Total lipid and fatty acids were alternatively mobilised from muscles (E-1 to E-2) and visceral fat (E-2 to E-3). However, liver was mobilised during the entire maturation period due to its important role in the biosynthesis of vitellogenin, the egg-specific lipoprotein.

Keywords: broodstocks, fatty acids, lipids, ovary maturation, *Perca fluviatilis*.

S.-M E.-A. ABI-AYAD

Laboratoire de Biologie et Pollution Marines
Département de Biologie
Faculté des Sciences
Université Es-Sénia d'Oran
Oran, Algérie

P. KESTEMONT

Unité de Recherches en Biologie des Organismes (U.R.B.O.)
Facultés Universitaires N.D. de la Paix
61, rue de Bruxelles
B-5000 Namur, Belgique

C. MÉLARD

Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture (L.D.P.A.)
Université de Liège
10, chemin de la justice
B-4500 Tihange, Belgique

ملخص

تصور هذه الدراسة التجريبية التغييرات و/أو الديناميكية في مجموع الدهون و الأحماض الدهنية في المبيض و الكبد و العضلات و كذلك دهون الأحشاء خلال النضج المبيضي عند سمك البيرش الأوروبية (*Perca fluviatilis*). خلال الفترة التي تتراوح ما بين نضج المبيض و المبيض الناضج (E1-E2) نشاهد استعمال مجموع الدهون و الأحماض الدهنية من الكبد و العضلات. لكن خلال الفترة ما بين المبيض الناضج و التكاثر (E2-E3), استعمال مجموع الدهون و الأحماض الدهنية يكون من الكبد و الأحشاء. نشاهد أن تحرك الكبد يكون خلال كل فترة النضج (E1-E3) و ذلك لضرورة وظيفة التكوين الحيوي لبروتين البيض و خاصة الدهون البروتينية (Lipoproteins).

الكلمات المفتاحية: النضج المبيضي, الأحماض الدهنية, مجموع الدهون.

Dans les régions tempérées, la croissance et la reproduction de la majorité des poissons téléostéens sont contrôlées par des cycles annuels environnementaux et endocriniens. Dans le milieu naturel, la reproduction (chez les poissons à reproduction printanière) précède une période durant laquelle certains facteurs du milieu, comme la disponibilité de la nourriture, sont favorables pour assurer la survie et la pérennité des espèces [10].

Le développement gonadique des poissons est un processus physiologique long, demandant la mobilisation, l'utilisation, la synthèse et le transfert d'importantes quantités de matériaux nécessaires à la gamétogenèse. Tous ces changements physiologiques préparent le poisson à la reproduction. La période de reproduction détermine dans une large mesure la période de la croissance somatique [32]. En effet, Woodhead [36] a montré une diminution, voire un arrêt complet de la croissance somatique lors du développement gonadique. La reproduction et la croissance somatique constituent donc une activité alternative chez les poissons et notamment chez la perche Eurasiennne (*Perca fluviatilis*) et la perchaude (*Perca flavescens*), espèces vicariantes [18, 25].

L'augmentation de la masse musculaire chez les poissons est le résultat d'une synthèse protéique. Toutefois, les lipides et les acides gras constituent le substrat énergétique de base à l'élaboration des produits sexuels [32]. Ces éléments énergétiques proviennent à la fois de la nourriture ingérée et des réserves constituées durant la période qui précède la maturation gonadique (période estivale).

De façon générale, la croissance corporelle chez la perche Eurasiennne et la perchaude commence à partir du mois de mai et se termine durant

	E-1	E-2	E-3
Poids initial (g) des femelles	318,0 ± 51,9	370,5 ± 63,3	165,5 ± 41,3
Longueur à la fourche (cm)	27,4 ± 1,2	29,1 ± 1,6	23,9 ± 1,3
Facteurs K/K ₁ (%)	1,5 ^a ± 0,1 / 1,4 ^a ± 0,1	1,5 ^a ± 0,1 / 1,2 ^b ± 0,1	1,2 ^b ± 0,1 / 1,1 ^b ± 0,1
R.G.S (%)	3,7 ^a ± 1,4	15,9 ^b ± 2,3	2,5 ^a ± 0,1
R.H.S/R.H.S ₁ (%)	2,3 ^a ± 0,8 / 2,4 ^a ± 0,9	3,6 ^b ± 1,1 / 4,3 ^b ± 1,3	1,6 ^a ± 0,2 / 1,6 ^a ± 0,2
Température (°C)	15,9 ^a ± 1,2	3,3 ^b ± 1,3	14,6 ^a ± 0,7
Photopériode (L/D)	11/13	10/14	16/8

Tableau 1: Evolution du poids, de la longueur à la fourche, des facteurs de condition K et K₁, du rapport gonado-somatique et des rapport hépato-somatiques (R.H.S et R.H.S₁) chez les géniteurs femelles de perche selon la période d'échantillonnage. Les valeurs correspondent aux moyennes ± erreur standard. Le nombre d'échantillons traités : 4. Les moyennes de la même ligne portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à 95%.

- Facteur de condition ou K (%) : $(P \times 100)/L^3$

- Facteur de condition modifié ou K₁ (%) : $(C \times 100)/L^3$

- Rapport gonado-somatique ou R.G.S. (%) : $(G \times 100)/P$

- Rapport hépato-somatique ou R.H.S. (%) : $(F \times 100)/P$

- Rapport hépato-somatique modifié ou R.H.S.₁ (%) : $(F \times 100)/(P-G)$

L : longueur totale du poisson (cm)

P : poids total du poisson (g)

C : poids de la carcasse du poisson (g)

G : poids total des gonades (g)

F : poids total du foie (g)

Protéines (%)	45,0	Acides palmitique 16:0 (%)	2,4
Lipides (%)	11,3	Acide palmitoléique 16:1 (%)	0,7
Cellulose (%)	2,0	Acide stéarique 18:0 (%)	0,8
Cendres (%)	10,0	Acide oléique 18:1 (%)	2,5
Humidité (%)	10,0	Acide linoléique 18:2n-6 (%)	1,1
Σ acides gras saturés (%)	4,0	Acide linoléique 18:3n-3 (%)	0,4
Σ acides gras mono-insaturés (%)	3,5	Acide timnodonique 20:5n-3 (%)	0,5
Σ acides gras poly-insaturés (%)	3,1	Acide cervonique 22:6n-3 (%)	0,9
Σ acides gras de la série n-3 (%)	2,0	Rapport acides gras (n-3)/(n-6)	1,8
Σ acides gras de la série n-6 (%)	1,1	DHA/EPA ou 22:6n-3/20:5n-3	1,8

mâles, sont maintenus dans des bassins d'élevage, d'un volume de 1,6 m³ et d'une surface de 4 m², alimentés en eau de Meuse (Tihange ; Belgique) et exposés aux conditions naturelles de température et de photopériode (Tab. 1). Les poissons sont nourris avec l'aliment de commerce TROUVIT 3 (société TROUW ; Gand, Belgique) enrichi à l'huile de menhaden (*Brevoortia tyrannus*) et à l'huile de lin (Tab. 2).

Tableau 2: Composition moyenne de l'aliment (principaux nutriments et acides gras exprimés en % de la matière sèche) distribué aux géniteurs de *Perca fluviatilis*.

Les échantillonnages sont effectués au stade de développement de l'ovaire 1 ou E-1, au stade de l'ovaire développé ou E-2 et enfin en

les mois de septembre et octobre, périodes qui correspondent respectivement à la fin de la reproduction et au début du développement gonadique [18, 20].

Le but de cette présente étude est de suivre l'évolution de la composition en lipides et en acides gras dans certains organes, à savoir, l'ovaire, le foie, les muscles dorso-latéraux et la graisse péri-viscérale, chez la perche (*P. fluviatilis*) maintenue en captivité et nourrie [1, 2] à la ration optimale [22]. De plus, cela permettra de déterminer :

- les acides gras mobilisés durant le développement ovarien et la reproduction,

- les principaux organes mis à contribution durant ce long processus physiologique saisonnier.

MATERIEL ET METHODES

Conditions de stockage, échantillonnage et nourrissage des géniteurs

Les perches utilisées dans cette étude expérimentale proviennent d'un élevage en conditions contrôlées (Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture ; Université de Liège ; Belgique) et sont issus de parents sauvages, capturés dans la rivière : la Meuse (Belgique) [22, 23]. Ces géniteurs sont âgés de 2 ans au moment de la reproduction et vont se reproduire pour la 1^{ère} fois. Les géniteurs, 20 femelles (Tab. 1) et 40

période post-reproduction ou E-3 [35]. A chaque stade, nous avons prélevé, du bassin de stabulation, 4 femelles que nous avons sacrifiées après anesthésie au sulfate de Quinaldine. Les poissons et les organes prélevés sont pesés (poids total en g ; précision 0,1 g) et mesurés (longueur à la fourche en cm ; précision 0,1 cm).

Dosage des lipides totaux et des acides gras

L'extraction (chloroforme/méthanol ; 2 : 1, v/v) et la quantification des lipides totaux sont réalisées selon la méthode décrite par Christie [7]. Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de lipides par rapport à la matière fraîche (% lip./M.F.).

Après lyophilisation des échantillons, sous vide et à - 40°C, les acides gras sont dosés par chromatographie en phase gazeuse. La méthodologie suivie pour l'extraction et la préparation des esters méthyliques d'acides gras (A.G.M.E.) est décrite par Kates [17]. Les A.G.M.E. dissous dans l'iso-octane sont ensuite injectés automatiquement dans une colonne capillaire, BPX 70 (longueur : 50 mètres, diamètre : 0,2 mm et épaisseur : 0,25 µm), d'un chromatographe Chrompack C.P. 9001. La nature des acides gras est déterminée en référence à un standard (NU-Check Prep). Les résultats, exprimés en milligrammes par gramme de matière sèche (mg g⁻¹/ M.S.), sont obtenus à l'aide du programme Maestro fourni par la firme Chrompack.

Analyse des résultats

Dans tous les cas, les statistiques descriptives (moyennes \pm déviation standard) sont utilisées pour décrire l'ensemble des résultats. Avant toute analyse statistique, l'homogénéité des variances est vérifiée par le test de Hartley (effectifs égaux).

Une analyse de la variance à un critère de classification ou Anova 1 (cas de variances homogènes) et une analyse de la variance non paramétrique de Kruskal-Wallis (cas de variances non homogènes) sont utilisées comme tests statistiques. Pour déterminer s'il existe des différences significatives entre les moyennes calculées, nous utilisons le test de Fisher (P.L.S.D.) dans le cas de l'Anova 1 et celui de Mann-Whitney dans le cas de l'analyse de la variance non paramétrique [8, 9].

RESULTATS

Paramètres morpho-physiologiques

Le rapport gonado-somatique (R.G.S.) évolue de façon inverse par rapport à la température du milieu (Tab. 1). En effet, la valeur maximale enregistrée pour le R.G.S. correspond au stade de maturation E-2 et où la température est la plus basse. Notons enfin que l'évolution temporelle du R.G.S. présente des variations significatives ($p < 0,0001$).

Les rapports hépto-somatiques (Tab. 1), R.H.S. et R.H.S.₁, présentent le même profil de variation ($p < 0,05$) que celui observé pour le R.G.S. En effet, durant le stade de l'ovaire développé (E-2), la valeur du R.H.S. et R.H.S.₁ est supérieure (respectivement 3,6 et 4,3%) à celle observée durant les stades du développement de l'ovaire (E-1) (respectivement 2,3 et 2,4%) et post-reproduction (E-3) (1,6%).

Lipides et acides gras

- Ovaire

Excepté l'acide gras stéarique 18:0, tous les acides gras (Tab. 3) présentant des variations significatives ($p < 0,01$ et $p < 0,05$), à savoir les acides gras palmitoléique 16:1, oléique 18:1, linoléique 18:2n-6 (LA) et cervonique 22:6n-3 (DHA), affichent des valeurs maximales, respectivement 18,9 ; 25,6 ; 11,9 ; 22,1mg g⁻¹, durant le stade E-2. Par ailleurs, le 18:0 reste stable durant ce stade, augmente, ensuite, ($p < 0,01$) pour atteindre sa valeur maximale (3,4 mg g⁻¹) durant le stade E-3 ou post-reproduction.

Les classes d'acides gras saturés, mono-insaturés, poly-insaturés, n-3 et n-6 présentent les mêmes variations que celles observées pour la majorité des acides gras ovariens (tableau 3). Leur concentration augmente et atteint un maximum durant le stade E-2 ($p < 0,01$ et $p < 0,05$) puis diminue durant le stade E-3. Par contre, la valeur du rapport

Acides gras ovariens / œufs fécondés (E)	E-1	E-2	E-3	E
14:0	1,7 ^a ±0,4	2,9 ^b ±0,7	0,9 ^a ±0,3	1,8±0,4
16:0	7,7±1,5	11,5±2,2	7,3±1,7	9,3±0,6
18:0	2,2 ^a ±0,5	1,9 ^a ±0,4	3,4 ^b ±0,2	1,6±0,2
16:1(n-7)	4,2 ^a ±1,4	18,9 ^b ±2,4	4,7 ^a ±1,7	15,2±2,5
18:1	8,6 ^a ±2,6	25,6 ^b ±3,1	13,2 ^a ±2,9	21,0±2,5
20:1(n-9)	0,6 ^a ±0,2	1,3 ^b ±0,4	0,7 ^a ±0,2	0,9±0,1
18:2(n-6)	2,5 ^a ±0,7	11,9 ^b ±2,0	6,5 ^c ±1,6	16,9±1,3
20:4(n-6)	0,8±0,3	1,1±0,6	1,7±0,4	1,4±0,1
18:3(n-3)	0,4±0,1	1,4±0,6	0,7±0,6	1,9±0,5
20:5(n-3)	2,3±0,7	3,9±1,7	1,9±0,3	5,5±1,0
22:6(n-3)	9,3 ^a ±1,4	22,1 ^b ±4,9	8,8 ^a ±1,9	35,0±4,8
Σ saturés	14,4 ^a ±0,9	18,4 ^b ±2,0	14,0 ^a ±1,9	13,8±1,1
Σ mono-insaturés	15,4 ^a ±5,6	47,6 ^b ±8,0	20,6 ^a ±6,3	40,1±5,7
Σ poly-insaturés	16,3 ^a ±1,7	43,0 ^b ±8,7	20,7 ^a ±5,0	66,0±6,0
Σ (n-3)	12,7 ^a ±2,1	29,4 ^b ±7,2	12,1 ^a ±3,4	45,0±5,8
Σ (n-6)	3,6 ^a ±0,4	13,6 ^b ±2,3	8,5 ^c ±1,7	21,0±1,4
Σ (n-3/n-6)	3,6 ^a ±1,0	2,1 ^b ±0,4	1,4 ^b ±0,1	2,1±0,3
DHA/EPA	4,1±0,8	6,1±1,7	4,7±0,4	6,4±0,7
% lipides/M.F.	0,8 ^a ±0,5	2,8 ^b ±0,6	1,1 ^a ±0,4	-

Tableau 3: Evolution saisonnière du taux des lipides totaux (moyenne \pm déviation standard exprimés en % des lipides/M.F.) et de la teneur en acides gras (moyenne \pm déviation standard exprimés en mg g⁻¹ de M.S.) dans l'ovaire (E-1, E-2 et E-3) et les œufs fécondés (E) chez *Perca fluviatilis*. Les moyennes de la même ligne (E-1, E-2 et E-3) ne portant pas la même lettre sont significativement différentes ($p < 0,01$ et $p < 0,05$).

Σ saturés : Total des acides gras saturés. Σ mono-insaturés : Total des acides gras mono-insaturés. Σ poly-insaturés : Total des acides gras poly-insaturés. Σ (n-3) et (n-6) : Total des acides gras de la série (n-3) et (n-6). Les acides gras : 12 :0, 15 :0, 17 :0, 14 :1(n-5), 15 :1(n-5), 17 :1(n-7), 20 :1(n-7), 24 :1(n-9), 18 :3(n-6), 20 :3(n-6), 22 :5(n-6), 22 :4(n-6), 18 :4(n-3), 20 :3(n-3), 20 :4(n-3), 21 :5(n-3) et 22 :5(n-3) ont été détectés à l'état de trace ou ne présentent pas de variations significatives.

(n-3/n-6) diminue ($p < 0,05$) dans le temps pour atteindre un minimum au stade E-3 (1,40 versus 3,60). La valeur du rapport des acides gras cervonique/timnodonique (22:6n-3/20:5n-3 ; DHA/EPA) ne présente pas de variation significative, malgré la plus forte valeur enregistrée durant le stade E-2. Enfin, le taux des lipides totaux augmente ($p < 0,01$) en E-2 (2,8 %) puis diminue fortement en E-3 (1,1 %).

Par rapport aux gonades, les œufs fécondés chez la perche sont plus riches en acides gras poly-insaturés. En effet, la teneur en LA, EPA et DHA est plus élevée dans les œufs (tableau 3) que dans les ovaires, et ce quelle que soit la période d'échantillonnage de ces derniers. Ceci se traduit par des concentrations plus élevées en acides gras de la série n-3 et n-6 dans les œufs fécondés.

- Foie

Au niveau hépatique (Tab. 4), seuls les acides gras palmitique 16:0, 16:1, 18:1, 20:1(n-9) et 22:6(n-3) présentent des variations temporelles significatives ($p < 0,05$ et $p < 0,01$). La concentration du 16:1(n-7) reste stable entre les stades E-1 et E-2 puis diminue pour atteindre un minimum au stade E-3. Par contre, la teneur en acides gras

Acides gras hépatiques	E-1	E-2	E-3
14:0	4,4±2,1	1,9±0,2	1,5±0,6
16:0	20,0 ^a ±3,5	12,4 ^b ±3,1	12,0 ^b ±2,3
18:0	4,7±1,4	3,6±1,7	5,0±1,0
16:1(n-7)	6,4 ^a ±1,7	4,9 ^a ±0,6	2,1 ^b ±0,3
18:1	15,9 ^a ±1,7	10,0 ^b ±0,7	7,2 ^b ±1,2
20:1(n-9)	2,5 ^a ±0,6	0,8 ^b ±0,3	0,6 ^b ±0,0
18:2(n-6)	2,9±0,9	2,6±0,7	2,8±0,3
20:4(n-6)	1,7±0,8	0,6±0,2	1,6±0,3
18:3(n-3)	0,5±0,2	0,5±0,1	0,6±0,3
20:5(n-3)	2,6±1,5	0,8±0,2	1,8±0,5
22:6(n-3)	9,4 ^a ±2,7	3,6 ^b ±0,8	8,2 ^a ±1,7
Σ saturés	31,4±7,3	18,9±5,3	20,4±2,6
Σ mono-insaturés	22,8±7,0	16,7±3,4	11,0±1,4
Σ poly-insaturés	18,0 ^a ±6,3	8,7 ^b ±0,6	16,0 ^a ±1,5
Σ (n-3)	13,2 ^a ±4,6	5,3 ^b ±1,0	11,3 ^a ±1,0
Σ (n-6)	4,8±1,7	3,4±0,5	4,8±0,6
Σ (n-3/n-6)	2,8 ^a ±0,1	1,6 ^b ±0,5	2,4 ^a ±0,2
DHA/EPA	4,2±1,7	4,5±0,2	5,2±2,9
% lipides/M.F.	4,2 ^a ±1,3	1,7 ^b ±1,1	0,4

Tableau 4: Evolution saisonnière du taux des lipides totaux (moyenne ± déviation standard exprimés en % des lipides/M.F.) et de la teneur en acides gras (moyenne ± déviation standard exprimés en mg g⁻¹ de M.S.) dans le foie chez *Perca fluviatilis*. Les moyennes de la même ligne ne portant pas la même lettre sont significativement différentes (p<0,01 et p<0,05).

Σ saturés : Total des acides gras saturés. Σ mono-insaturés : Total des acides gras mono-insaturés. Σ poly-insaturés : Total des acides gras poly-insaturés. Σ (n-3) et (n-6) : Total des acides gras de la série (n-3) et (n-6). Les acides gras : 12 :0, 15 :0, 17 :0, 14 :1(n-5), 15 :1(n-5), 17 :1(n-7), 20 :1(n-7), 24 :1(n-9), 18 :3(n-6), 20 :3(n-6), 22 :5(n-6), 22 :4(n-6), 18 :4(n-3), 20 :3(n-3), 20 :4(n-3), 21 :5(n-3) et 22 :5(n-3) ont été détectés à l'état de trace ou ne présentent pas de variations significatives.

16:0, 18:1 et 20:1 diminue entre les stades E-1 (respectivement 20,0 ; 15,9 et 2,5 mg g⁻¹) et E-2 (respectivement 12,4 ; 10,0 et 0,8 mg g⁻¹) puis se stabilise jusqu'au stade E-3. Concernant le DHA, sa concentration au niveau hépatique diminue et atteint un minimum en E-2 (3,6 mg g⁻¹) puis augmente en E-3 (8,2 mg g⁻¹) pour atteindre une valeur statistiquement comparable à celle observée durant le stade E-1 (9,4 mg g⁻¹). La concentration des acides gras poly-insaturés, celle de la série n-3 et la valeur du rapport (n-3/n-6) diminuent fortement (p < 0,05) entre E-1 et E-2 puis augmentent en E-3. Enfin, les lipides totaux hépatiques sont utilisés au fur et à mesure du développement ovarien, passant de 4,2 % en E-1 à 0,4 % de la matière fraîche (M.F.) en E-3.

- Muscles dorso-latéraux

Au niveau musculaire (Tab. 5), la concentration du 18:0 et des lipides totaux diminue (p < 0,05) entre les stades E-1 et E-2 puis se stabilise. Par contre, la teneur du DHA et la valeur du rapport (n-3/n-6) restent stables entre les stades E-1 et E-2 puis diminuent (p < 0,05) pour atteindre un minimum au stade E-3.

Acides gras musculaires	E-1	E-2	E-3
14:0	0,6±0,3	0,6±0,1	0,5±0,1
16:0	5,6±1,5	4,0±0,4	3,9±0,6
18:0	1,1 ^a ±0,3	0,5 ^b ±0,1	0,9 ^{ab} ±0,1
16:1(n-7)	1,2±0,6	1,0±0,1	0,8±0,2
18:1	2,8±0,9	2,4±0,2	2,5±0,5
20:1(n-9)	0,4±0,2	0,5±0,1	0,3±0,1
18:2(n-6)	0,8±0,3	0,8±0,1	1,1±0,1
20:4(n-6)	0,4±0,2	0,3±0,1	0,3±0,0
18:3(n-3)	0,2±0,1	0,1±0,1	0,2±0,0
20:5(n-3)	1,5±0,8	1,2±0,2	0,9±0,2
22:6(n-3)	5,9 ^a ±1,9	3,3 ^{ab} ±0,4	2,3 ^b ±1,1
Σ saturés	7,7±1,9	5,5±0,5	6,3±1,3
Σ mono-insaturés	4,8±1,9	4,1±0,3	3,7±0,8
Σ poly-insaturés	9,4±3,1	6,3±0,4	5,0±1,2
Σ (n-3)	8,1±2,8	5,0±0,4	3,5±1,3
Σ (n-6)	1,4±0,4	1,3±0,1	1,5±0,2
Σ (n-3/n-6)	5,7 ^a ±1,2	3,8 ^{ab} ±0,6	2,4 ^b ±1,2
DHA/EPA	4,5±1,5	2,7±0,5	2,5±0,7
% lipides/M.F.	1,5 ^a ±0,2	0,7 ^b ±0,2	0,9 ^b ±0,1

Tableau 5: Evolution saisonnière du taux des lipides totaux (moyenne ± déviation standard exprimés en % des lipides/M.F.) et de la teneur en acides gras (moyenne ± déviation standard exprimés en mg g⁻¹ de M.S.) dans les muscles dorso-latéraux chez *Perca fluviatilis*. Les moyennes de la même ligne ne portant pas la même lettre sont significativement différentes (p<0,01 et p<0,05).

Σ saturés : Total des acides gras saturés. Σ mono-insaturés : Total des acides gras mono-insaturés. Σ poly-insaturés : Total des acides gras poly-insaturés. Σ (n-3) et (n-6) : Total des acides gras de la série (n-3) et (n-6). Les acides gras : 12 :0, 15 :0, 17 :0, 14 :1(n-5), 15 :1(n-5), 17 :1(n-7), 20 :1(n-7), 24 :1(n-9), 18 :3(n-6), 20 :3(n-6), 22 :5(n-6), 22 :4(n-6), 18 :4(n-3), 20 :3(n-3), 20 :4(n-3), 21 :5(n-3) et 22 :5(n-3) ont été détectés à l'état de trace ou ne présentent pas de variations significatives.

- Graisse péri-viscérale

Dans la graisse péri-viscérale, tous les acides gras ainsi que les lipides totaux présentent des variations temporelles significatives (p < 0,0001 à 0,05). Il est à noter qu'au stade E-3, l'utilisation des lipides et des acides gras est totale (Tab. 6). La teneur en acides gras (environ 60 % des acides gras quantifiés), i.e. 16:0, 16:1, EPA et DHA, reste stable entre E-1 et E-2. Ces acides gras sont, ensuite, entièrement consommés (p < 0,01) durant le stade E-3. Par contre, la concentration d'autres acides gras, i.e. 18:1 et LA atteint un maximum en E-2 (respectivement 138,1 et 31,5 mg g⁻¹). En période post-reproduction (ou E-3), l'utilisation de ces acides gras est complète (p < 0,01).

DISCUSSION

Paramètres morpho-physiologiques

En accord avec les travaux de Ferroni [12], Jansen et Mac Kay [16], Nelson et Magnuson [27] et Rinchar [28], la valeur maximale du R.G.S. chez la perche (*P. fluviatilis*) durant la période E-2 traduit un stade de maturation ovocytaire et un développement ovarien très avancé. Après la reproduction, la chute brutale du R.G.S. correspond à

Acides gras de la graisse	E-1	E-2	E-3
14:0	27,4 ^a ±3,1	34,7 ^a ±6,0	0,0 ^b ±0,0
16:0	59,2 ^a ±7,0	68,8 ^a ±9,5	0,0 ^b ±0,0
18:0	5,2 ^a ±0,7	6,4 ^a ±1,6	0,0 ^b ±0,0
16:1(n-7)	51,0 ^a ±5,5	62,5 ^a ±10,8	0,0 ^b ±0,0
18:1	96,0 ^a ±8,9	138,1 ^b ±12,6	0,0 ^c ±0,0
20:1(n-9)	13,8 ^a ±2,3	19,2 ^b ±4,0	0,0 ^c ±0,0
18:2(n-6)	22,2 ^a ±1,2	31,5 ^b ±7,7	0,0 ^c ±0,0
20:4(n-6)	1,9 ^a ±0,2	2,4 ^a ±0,9	0,0 ^b ±0,0
18:3(n-3)	4,7 ^a ±0,2	6,1 ^a ±1,5	0,0 ^b ±0,0
20:5(n-3)	16,1 ^a ±1,6	18,3 ^a ±4,3	0,0 ^b ±0,0
22:6(n-3)	38,8 ^a ±3,5	48,5 ^a ±13,3	0,0 ^b ±0,0
Σ saturés	100,4 ^a ±9,8	117,5 ^a ±18,8	0,0 ^b ±0,0
Σ mono-insaturés	167,5 ^a ±14,5	229,1 ^a ±38,1	0,0 ^b ±0,0
Σ poly-insaturés	99,8 ^a ±6,3	127,0 ^a ±33,0	0,0 ^b ±0,0
Σ (n-3)	73,3 ^a ±5,6	89,4 ^a ±23,5	0,0 ^b ±0,0
Σ (n-6)	26,5 ^a ±1,3	37,6 ^a ±9,9	0,0 ^b ±0,0
Σ (n-3/n-6)	2,8 ^a ±0,2	2,4 ^a ±0,2	0,0 ^b ±0,0
DHA/EPA	2,4 ^a ±0,1	2,6 ^a ±0,4	0,0 ^b ±0,0
% lipides/M.F.	31,1 ^a ±0,7	39,9 ^a ±7,07	0,0 ^b ±0,0

Tableau 6 : Evolution saisonnière du taux des lipides totaux (moyenne ± déviation standard exprimés en % des lipides/M.F.) et de la teneur en acides gras (moyenne ± déviation standard exprimés en mg g⁻¹ de M.S.) dans la graisse péri-viscérale chez *Perca fluviatilis*. Les moyennes de la même ligne ne portant pas la même lettre sont significativement différentes (p<0,01 et p<0,05).

Σ saturés : Total des acides gras saturés. Σ mono-insaturés : Total des acides gras mono-insaturés. Σ poly-insaturés : Total des acides gras poly-insaturés. Σ (n-3) et (n-6) : Total des acides gras de la série (n-3) et (n-6). Les acides gras : 12 :0, 15 :0, 17 :0, 14 :1(n-5), 15 :1(n-5), 17 :1(n-7), 20 :1(n-7), 24 :1(n-9), 18 :3(n-6), 20 :3(n-6), 22 :5(n-6), 22 :4(n-6), 18 :4(n-3), 20 :3(n-3), 20 :4(n-3), 21 :5(n-3) et 22 :5(n-3) ont été détectés à l'état de trace ou ne présentent pas de variations significatives.

l'expulsion des ovules matures [33] et à la période d'inactivité ou repos gonadique. Cette diminution brutale du R.G.S s'explique chez les poissons qui ne se reproduisent qu'une seule fois durant l'année, par la concentration de tout leur potentiel reproductif sur cette unique ponte.

La valeur maximale du R.H.S. et du R.H.S.₁ chez la perche correspond à la période où le poids de l'ovaire et la valeur du R.G.S. sont au maximum (stade E-2). Durant ce stade, l'activité hépatique est très importante, se traduisant par la synthèse d'ARN et de protéines [5]. Ainsi, comme l'ont montré Capapé et Quignard [6] et Medford et Mac Kay [21] respectivement chez la plie (*Xviraja miraletus*) et le brochet (*Esox lucius*), le poids du foie de la perche (*P. fluviatilis*) est positivement corrélé à la recrudescence ovarienne. Par ailleurs, chez d'autres espèces telle que le black-bass à grande bouche (*Micropterus salmoides*), la masse hépatique est plutôt corrélée à l'intensité du nourrissage [14].

Lipides et acides gras

Chez la perche, la maturation ovarienne peut être divisée en 2 périodes. La période 1, se situant entre les stades E-1 et E-2, est caractérisée par la mobilisation et le transfert au niveau ovarien des lipides totaux à partir du foie, des muscles et de la nourriture ingérée. En effet, les travaux de Nelson et Magnuson [27], Singh et Singh [33] et Tanasichuk et Mac Kay [34] ont montré chez la perchaude (*Perca flavescens*) et le poisson chat (*Heteropneutes fossilis*) du milieu naturel, un transfert des lipides totaux hépatiques, musculaires et alimentaires vers les ovaires pour les besoins de la maturation. Durant la période 2, se situant entre les stades E-2 et E-3, nous assistons à la mobilisation des lipides totaux hépatiques, de la graisse péri-viscérale et de la nourriture ingérée.

Durant la période 1 et en ce qui concerne les acides gras, nous assistons à une importante mobilisation et un transfert des acides gras hépatiques vers l'ovaire de *Perca fluviatilis*. Ce transfert touche notamment les acides gras 22:6(n-3), 20:1 et 18:1. En effet, l'augmentation de la teneur de ces acides gras (45, 100 et 35 %) au niveau ovarien est suivie de leur diminution au niveau hépatique. Par contre, les acides gras 16:0 et 18:0 hépatiques et musculaires sont probablement utilisés comme source d'énergie métabolique. La diminution de leur teneur au niveau du foie et des muscles n'est pas suivie de leur augmentation au niveau ovarien.

Durant la maturation ovocytaire, les travaux de Agren et al [3], Henderson et al [15] et Muje et al [25], ont montré un transfert du 22:6(n-3) des muscles vers les ovaires du capelan (*Mallotus villosus*) et une diminution de la teneur des acides gras 16:1, 18:1, 20:1 et 22:6(n-3) musculaires et hépatiques chez le corégone (*Coregonus albula*) des lacs Kallavesi et Suvasvesi. La concentration élevée du reste des acides gras au niveau ovarien n'est pas suivie de leur diminution ni au niveau du foie, ni au niveau musculaires. Ces pics d'acides gras ont probablement une origine alimentaire. Parmi tous ces acides gras transférés ou métabolisés à partir du foie, des muscles ou de la nourriture ingérée, s'ajoutent la biosynthèse et la bioconversion des acides gras, principalement au niveau hépatique [13]. La quantification de ces nutriments n'a pas été réalisée.

Durant la période 2, la mobilisation de la majorité des acides gras destinés à l'élaboration et à la maturation des produits sexuels est réalisée à partir de la masse hépatique et surtout de la graisse péri-viscérale.

Considérée comme une réserve lipidique importante, la graisse péri-viscérale est riche en triglycérides [31]. Plus de 60% des acides gras saturés et mono-insaturés qui composent les triglycérides sont catabolisés durant la maturation en général et durant la biosynthèse de la vitellogénine en particulier. Par contre, les acides gras poly-insaturés, notamment l'acide cervonique ou DHA, sont préférentiellement incorporés dans les phospholipides et vont permettre la biosynthèse de la vitellogénine [30].

Nous remarquons que la mobilisation des lipides totaux et des acides gras musculaires et de la graisse péri-viscérale se fait de manière alternée. Par contre, le foie est mobilisé durant tout le processus de maturation. Cette importante activité hépatique, en comparaison aux autres organes

étudiés, est due au rôle essentiel du foie dans la biosynthèse de la vitellogénine, une lipoprotéine permettant la croissance ovocytaire. Un dysfonctionnement métabolique dans la biosynthèse de la vitellogénine limite donc la réussite de la reproduction chez les poissons [30].

La diminution de la teneur de la majorité des acides gras dans les ovaires durant le stade E-3, montre qu'ils ont été expulsés avec les ovules au cours de la reproduction. La concentration du 22:6(n-3) dans les œufs est élevée, en raison du rôle que joue cet élément au cours de l'élaboration de la majorité des organe, en général et celle du système nerveux en particulier, au cours du développement embryonnaire et larvaire [4, 11, 19, 24, 29]. Par ailleurs, l'augmentation ou la stabilité de la teneur de la majorité des acides gras hépatiques et musculaires après la reproduction, témoigne de la fin de l'activité ovarienne et du début de la reconstitution des réserves.

CONCLUSION

Le processus de maturation gonadique chez la perche (*P. fluviatilis*), entraîne une importante dynamique des acides gras de manière générale et des acides gras palmitique 16:0, oléique 18:1 et cervonique 22:6(n-3) en particulier. Ce dernier joue un rôle structural et fonctionnel très important au cours de la maturation finale et durant les développements embryonnaire et larvaire.

Remerciements

Ce programme de recherche a été subventionné par le Ministère de la Région Wallonne (DGNRE, Belgique) et par la Societas Internationalis of Limnologiae Theoreticae et Applicatae (S.I.L. à New York, U.S.A.). Nous remercions le Professeur R. Paquay et Mr. J.-Cl Bouchat de l'Unité de Physiologie Animale (Facultés Universitaires N.-D. de la Paix, Namur, Belgique) pour l'aide durant l'extraction et le dosage des acides gras.

REFERENCES

- [1]- Abi-ayad S.-M. E.-A., Mélard C. & Kestemont P., "Effect of n-3 fatty acid in European perch (*Perca fluviatilis*) broodstock diet on survival of larvae after stress tests", In: Lavens P., Jaspers E. & Roelants I. (Editors), *Fish and Shellfish Larviculture Symposium* (Larvi'95), September 3-7, 1995, Gent, Belgium. European Aquaculture Society, Special Publication, **24**, (1995), pp.12-15.
- [2]- Abi-ayad S.-M. E.-A., Mélard C. & Kestemont P., "Effects of n-3 fatty acids in Eurasian perch broodstock diet on egg fatty acid composition and larvae stress resistance", *Aquaculture International*, **5**, (1997), pp.161-168.
- [3]- Agren J., Al Hamad H. & Hanninen O., "Fatty acid content and composition of five fish species from the Persian Gulf", *Comparative Biochemistry and Physiology*, **100(2)**, (1991), pp.339-341.
- [4]- Bell M.V. & Dick J., "Molecular species composition of the major diacyl glycerophospholipids from muscle, liver, retina and brain of cod (*Gadus morhua*)", *Lipids*, **26**, (1991), pp.565-573.
- [5]- Caminade V., "Recherches sur l'état nutritionnel de deux espèces de poissons de la retenue de Pareloup (Aveyron): le gardon, *Leuciscus rutilus* L. et la perche, *Perca fluviatilis* L.", Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, I.N.P.T., Toulouse, (1986), 81pp.
- [6]- Capapé C. & Quignard J.-P., "Contribution à la biologie des Rajidae des côtes Tunisiennes *Xviraja Miraletus* : relation taille-poids des gonades, poids du corps-poids du foie, poids du corps-poids des gonades, coefficients de conditions, rapports hépato et gonado-somatique", *Ann. Ins. Michel Pacha*, **10**, (1977), pp.19-46.
- [7]- Christie W.W., "Lipid analysis. Isolation, separation, identification and structural analysis of lipids", Pergamon Press, Oxford, (1973).
- [8]- d'Hainaut L., "Concepts et méthodes de la statistique (tome 1)", Education 2000, Edition Labor, Bruxelles et Fernand Nathan, Paris, (1975a), 369p.
- [9]- d'Hainaut L., "Concepts et méthodes de la statistique (tome 2)", Education 2000, Edition Labor, Bruxelles et Fernand Nathan, Paris, (1975b), 384p.
- [10]- De Vlaming V.L., "Environmental and endocrine control of teleost reproduction", In: C.B. Schreck (Editor), *Control of sex in fish*. Blacksburg, Virginia, (1974), pp.13-83.
- [11]- Di Costanzo G., Duportail G., Florentz A., & Leray C., "The brush border membrane of trout intestine: influence of its lipid composition on ion permeability, enzyme activity and membrane fluidity", *Molecular Physiology*, **4**, (1983), pp.279-290.
- [12]- Ferroni J.-M., "Etat nutritionnel de la perche, *Perca fluviatilis* L. et du gardon, *Rutilus rutilus* L. capturés dans la retenue de Pareloup (Aveyron): évolution saisonnière de caractéristiques morphophysiologiques et de la composition corporelle", Mémoire de D.E.A., U.P. Sabatier, Toulouse, (1990), 50p.
- [13]- Greene D.H.S. & Selivonchick D.P., "Lipid metabolism in fish", *Progress in Lipid Resources*, n°26, (1987), pp.53-85.
- [14]- Heidinger R.C. & Crawford S.D., "Effect of temperature and feeding rate on the liver-somatic index of the largemouth bass (*Micropterus salmoides*)", *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **34**, (1977), pp.633-638.
- [15]- Henderson R.J., Sargent J.R. & Hopkins C.C.E., "Changes in the content and fatty acid composition of lipid in an isolated population of the capelin (*Mallotus villosus*) during sexual maturation and spawning", *Marine Biology*, **78**, (1984), pp.255-263.
- [16]- Jansen W.A. & Mac Kay W.C., "Body composition and reproductive investment of stunted yellow perch (*Perca flavescens*)", *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24**, (1991), pp.2356-2361.
- [17]- Kates M., "Techniques of lipidology: Isolation, Analysis and Identification of lipids", North Holland Publishing Company, Amsterdam. Oxford, American Elsevier Publishing Co., Inc., New York, (1975), 345p.
- [18]- Le Cren E.D., "The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch", *Journal of Animal Ecology*, **21**, (1951), pp.201-219.
- [19]- Lovell T., "Nutrition and feeding of fish", Auburn University, Auburn, Alabama, (1988), 260p.
- [20]- Makarova N.P., "Seasonal changes in some of the physiological characteristics of the perch (*Perca fluviatilis*) of Ivan'kova Reservoir", *J. Ikhtiol.*, **13**, (1973), pp.742-752.
- [21]- Medford B.A. & Mackay W.C., "Protein and lipid content of gonads, liver and muscle of northern pike (*Esox lucius*) in relation to gonad growth", *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **35**, (1978), pp.213-219.
- [22]- Mélard C., Abi-ayad S.-M. E.-A., Grignard J.C., Baras E., Paelink P., Kaiser L., Philippart J.-C., Kestemont P., Fiogbé E., Pirmez L. & Micha J.-C., "Mise au point de l'élevage intensif de cyprinidés et percidés", Rapport de recherche à la Région Wallonne, Université de Liège et Facultés Universitaires N. D. de la Paix à Namur, (1995), 58p.
- [23]- Mélard C., Grignard J.C., Abi-ayad S.-M. E.-A., Baras E., Paelink P., Kaiser L., Kestemont P., Fiogbé E., Pirmez L., Flahaux P., Vandeloise E. & Micha J.-C., "Mise au point et

- développement d'une technologie d'élevage intensif des percidés en Région Wallonne", Rapport de recherche à la Région Wallonne, Université de Liège et Facultés Universitaires N. D. de la Paix à Namur, (1996), 74p.
- [24]- Mourente G., Tocher D.R. & Sargent J.R., "Specific accumulation of docosahexaenoic acid (22:6n-3) in brain lipids during development of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.)", *Lipids*, **26**, (1991), pp.871-877.
- [25]- Muje P., Agren J.J., Lindqvist O.V. & Hanninen O., "Fatty acid composition of vendace (*Coregonus albula* L.) muscle and its plankton feed", *Comparative Biochemistry and Physiology*, **92(1)**, (1989), pp.75-79.
- [26]- Nakashima B.S. & Legett W.C., "Yellow perch (*Perca flavescens*) biomass responses to different levels of phytoplankton and benthic biomass in lake Memphremagog (Quebec) Vermont", *Journal of Fisheries Research. Board of Canada*, **32**, (1975), pp.1785-1797.
- [27]- Nelson J. A. & Magnuson J.J., "Metabolic stores of yellow perch (*Perca flavescens*): comparison of populations from an acidic, dystrophic lake and circumneutral lakes", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **49**, (1992), pp.2474-2482.
- [28]- Rinchar J., "Etude comparative de la reproduction chez les poissons à pontes unique et multiples", Thèse de Doctorat, FUNDP, Presses Universitaires de Namur, Namur, (1996), 389p.
- [29]- Sanderman H., "Regulation of membrane enzymes by lipids. *Biochemistry and Biophysics acta*, **515**, (1978), pp.209-237.
- [30]- Sargent J.R., "Origins and functions of egg lipids: Nutritional implications", In: N. R. Bromage & R. J. Roberts (Editors), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell Sciences Ltd., Oxford, (1995), pp.353-372.
- [31]- Sheridan A.A., "Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates", *Comparative Biochemistry and Physiology*, **107**, (1994), pp.495-508.
- [32]- Shul'man G.E., "Life cycles of fish", John Wiley and sons. New York and Toronto, (1974), 258p.
- [33]- Singh P.B. & Singh T.P., "Seasonal correlative changes between sex steroids and lipid levels in the freshwater female catfish (*Heteropneustes fossilis* B.)", *Journal of Fish Biology*, **37**, (1990), pp.793-802.
- [34]- Tanasichuk R.W. & Mackay W.C., "Quantitative and qualitative characteristics of somatic and gonadal growth of yellow perch (*Perca flavescens*) from Lac Ste Anne, Alberta", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **46**, (1989), pp.989-994.
- [35]- Treasurer J.W. & Holliday F.G.T., "Some aspects of the reproductive biology of perch *Perca fluviatilis* L. A histological description of the reproductive cycle", *Journal of Fish Biology*, **18**, (1981), pp.359-376.
- [36]- Woodhead A.V., "Nutrition and reproductive capacity in fish", *Nutri. Reproduction*, **19**, (1960), pp.23-27. □