

**MINISTERE DE LA REGION WALLONNE  
DIRECTION GENERALE DE LA TECHNOLOGIE, DE LA RECHERCHE ET DE  
L'ENERGIE**

**AMELIORATION TECHNOLOGIQUE DE  
L'AQUACULTURE DE LA PERCHE EN VUE DE LA  
CREATION D'UNE FILIERE DE PRODUCTION EN  
REGION WALLONNE**

**Conventions 981/3787 – 981/3788**

**Rapport final  
(Janvier 2001 – Avril 2002)**

**Centre de Formation et de Recherches en Aquaculture, Université de Liège, 10 Chemin de la Justice, B-4500 Tihange.**

**Unité de Recherches en Biologie des Organismes, Facultés Universitaires N.D. de la Paix, 61 Rue de Bruxelles, B-5000 Namur.**

**Promoteurs et directeurs scientifiques:**

Pour les FUNDP : Prof. P. Kestemont et Prof. J.C. Micha

Pour l'ULg : Dr. C. Mélard

Equipe de recherche

Pour les FUNDP : S.M.N. Mandiki, X. Xu, Blanchard G., A. Evrard, P. Fossion et T. Mayenne.

Pour l'ULg : C. Rougeot, E. Baras, M. Gielen, D. Jeandrain, L. Kaiser, Y. Neus et C. Prignon.

Rédaction du rapport de recherche

C. Rougeot, S.M.N. Mandiki et M. Gielen

**Comité d'accompagnement**

A. Bastiaens (DGTRE/MRW), C. Conjaerts (DGRNE/MRW), P. Gérard (DGRNE/MRW), C. Mélard (CEFRA, ULg), P. Kestemont (URBO, FUNDP)

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier la Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie (DGTRE) du Ministère de la Région Wallonne pour le soutien financier octroyé afin de la réalisation de ce programme de recherches sur le développement et le transfert d'une technologie d'élevage intensif des percidés en Région Wallonne. Nous tenons également à remercier Electrabel S.A. pour son soutien logistique et financier dans le cadre de certaines expériences.

Nous exprimons également nos remerciements aux membres du comité d'accompagnement de ce projet, plus particulièrement:

Madame A. Bastiaens, DGTRE, MRW

Madame C. Conjaerts, du Service de la Pêche (DGRNE, MRW),

Monsieur P. Gérard, du Centre de la Nature, de la Forêt et du Bois (DGRNE, MRW).

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Production optimisée de larves .....</b>	<b>6</b>
1.1. Gestion optimale du stock de reproducteurs: .....	6
<b>2. Améliorations génétiques.....</b>	<b>11</b>
2.1. Juvéniles issus des populations de perche sauvages ou captives.....	11
2.2. Juvéniles de perche d'origines géographiquement différentes : Pologne, Finlande et Belgique (Meuse).....	11
2.2.1. Matériel et méthodes.....	11
2.2.2. Résultats.....	11
2.3. Production de populations monosexes femelles.....	15
2.3.1. Reproduction avec des néomâles.....	15
2.3.1.1. Matériel et méthodes.....	15
2.3.1.2. Résultats.....	17
2.3.1.3. Discussion et conclusions.....	22
2.4. Production de perches stériles.....	22
2.5. Performances de croissance chez les hybrides <i>Perca fluviatilis</i> x <i>Perca flavescens</i> .....	22
2.5.1. Croissance chez les hybrides.....	22
2.5.1.1. Matériel et méthodes.....	22
2.5.1.2. Résultats.....	23
2.5.1.3. Discussion et conclusions.....	27
2.5.2. Croissance chez l'espèce pure perchaude.....	28
2.5.2.1. Matériel et méthodes.....	28
2.5.2.2. Résultats et discussion.....	28
<b>3. ALIMENTATION ET NUTRITION .....</b>	<b>31</b>
3.1. Mise au point d'un aliment perche.....	31
3.1.1. Introduction.....	31
3.1.2. Substitution partielle de l'huile de poisson par des huiles végétales.....	32
3.1.2.1. Matériel et méthodes.....	32
3.1.2.2. Résultats et discussion.....	32
3.2. Immunomodulation par la supplémentation alimentaire.....	34
3.2.1. Effets des immunostimulants sur la survie, la croissance et le système immunitaire.....	34
a. Introduction.....	34
b. Matériel et méthodes.....	35
c. Résultats et discussion.....	36
3.2.2. Effets de la lactoferrine sur la résistance aux maladies.....	38
a. Matériel et méthodes.....	38
b. Résultats et discussion.....	39
<b>4. conditions optimales de production et modélisation de la croissance.....</b>	<b>41</b>
4.1. Fréquence optimale de tri.....	41
<b>4. CONCLUSIONS GENERALES.....</b>	<b>47</b>

## **INTRODUCTION**

Ce rapport annuel 2001 présente les résultats obtenus au cours de la phase finale du programme de recherche financé par la DGTRE (conventions 981/3787 – 981/3788) afin d'améliorer la technologie de production de la perche en circuit fermé, en vue de la création d'une filière de production rentable de cette espèce en Région wallonne.

Les axes principaux de recherche directement liés à cette filière sont les suivants :

- sélection d'une souche de perche à croissance rapide et parfaitement adaptée aux conditions d'élevage intensif en circuit fermé;
- maîtrise des techniques de production de populations monosexes femelles et production de perches triploïdes stériles;
- alimentation spécifique répondant aux besoins nutritionnels de l'espèce et mode d'alimentation;
- amélioration de la résistance du poisson aux pathologies;
- optimisation des conditions physico-chimiques en circuit fermé et établissement d'un bilan bioénergétique global intégrant les différentes variables de production.

La plupart des résultats obtenus dans le cadre de ce projet ayant déjà été présentés dans les rapports annuels 1999-2000, ce rapport final ne décrit que les résultats des expériences réalisées en 2001.

## **1. PRODUCTION OPTIMISEE DE LARVES**

### **1.1. Gestion optimale du stock de reproducteurs:**

#### **1.1.2. Effet du type d'aliment distribué aux géniteurs sur la production et la qualité des œufs et des larves de perches.**

##### 1.1.2.1 Matériel et méthodes

Au début du mois de juillet 2000, des géniteurs ont été placés en bassin de 4m<sup>2</sup>/1,6 m<sup>3</sup>, à raison de 80 mâles et 40 femelles par bassin (les grosses perches ont été considérées comme étant des femelles, les plus petites comme des mâles; cfr dimorphisme sexuel de croissance en faveur des femelles). Afin de limiter les risques de pathologie et d'améliorer ainsi la survie des géniteurs (qui était relativement médiocre lors des expériences précédentes), les bassins ont été placés en circuit fermé avec apport d'eau de puits plutôt qu'en eau de Meuse. Un système d'échangeur thermique avec vanne et thermostat nous a permis de maintenir la température parallèle à l'évolution naturelle de la température de l'eau de la Meuse (vernalisation) tout en ne descendant pas en dessous de 4°C (pour limiter le stress thermique). La température a été contrôlée quotidiennement et enregistrée par un data logger placé dans le circuit. Des dosages d'ammonium et de nitrites ont également été effectués toutes les semaines afin de vérifier la bonne qualité de l'eau.

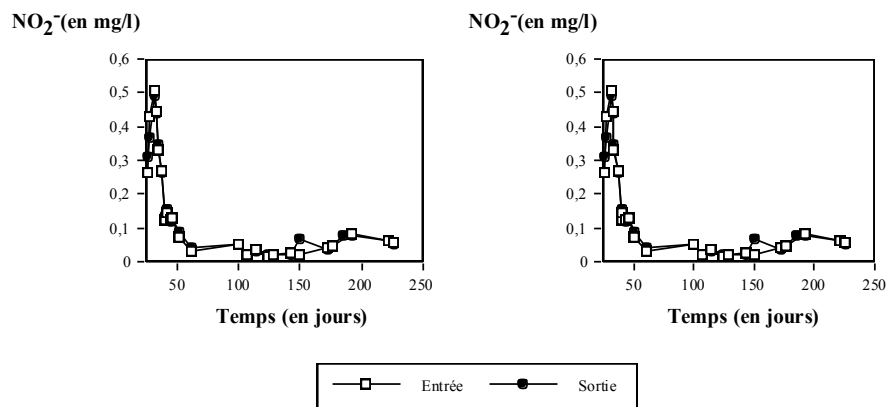
Différents aliments, dont la composition est reprise dans le tableau 1.1.1., ont été testés. Afin d'augmenter la signification des résultats, les expériences ont été menées en duplicats. D'autre part, en raison des résultats satisfaisants obtenus avec les géniteurs placés en étang en 1999-2000 et nourris avec des alevins, deux lots de géniteurs ont été alimentés exclusivement avec cette nourriture complétée par des vers de vase. Des géniteurs recevant le même type d'aliment ont été placés en étang afin de mesurer un effet éventuel des conditions de stockage (absence probable de confinement et densité de peuplement plus faible) sur les résultats. Des carpes herbivores ont également été placées dans l'étang afin d'éviter une prolifération des algues.

**Tableau 1.1.1:** Synthèse des conditions expérimentales de l'expérience sur l'effet du type d'aliment distribué aux géniteurs sur la production et la qualité des œufs et des larves de perches.

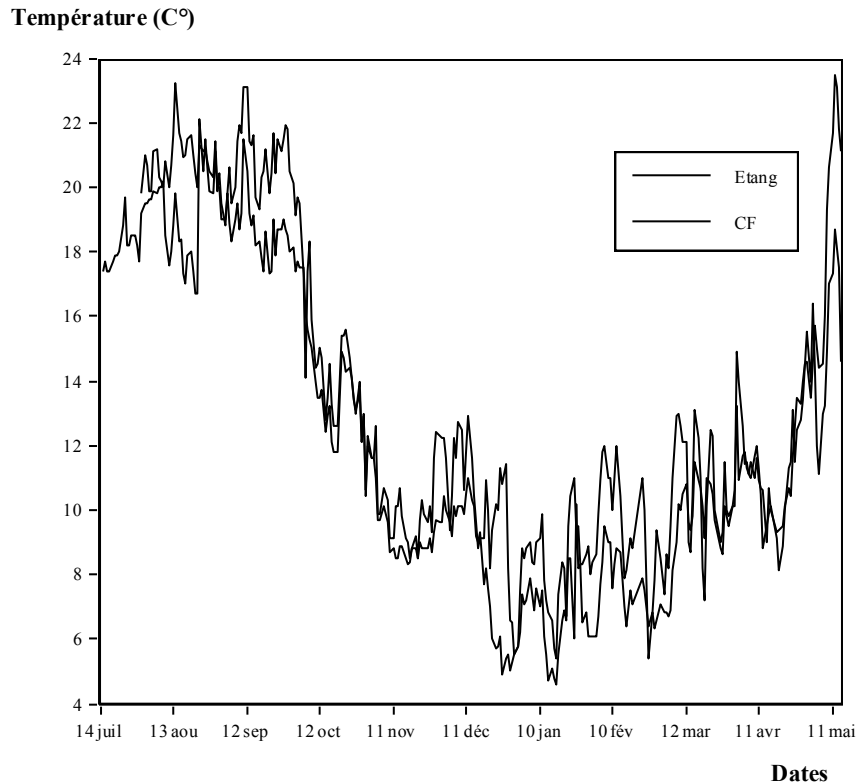
	Aliment 1	Aliment 2	Aliment 3	Aliment 4	Etang
Nombre de mâles	80	80	80	80	365
Nombre de femelles	40	40	40	40	180
Nombre total	120	120	120	120	545
Biomasse (en kg)	14,05	13,2	12,79	13,32	84,27
Poids moyen (en g)	114	110	107	111	177
Densité (ind.m <sup>3</sup> )	75	75	75	75	2,7
Type d'aliment distribué	Aqualim 17-3 complémenté en acides gras (n-3) + vit C	Aqualim 17-3 complémenté en acides gras (n-3) + vit E	Aqualim 17-3 complémenté en acides gras (n-3)	Aliment naturel (alevins et vers de vase)	Aliment naturel (alevins) + invertébrés
Nombre de lots	2	2	2	2	1
Volume (en m <sup>3</sup> )	1,6	1,6	1,6	1,6	200

### 1.1.2.2 Résultats

Comme l'indique la figure 1.1.1, les concentrations en ions ammonium et en nitrites se sont stabilisées après la mise en place du filtre bactérien, ne dépassant plus, à sa sortie, 0,1 mg/l dans les deux cas. Quant à la température, elle montre une évolution parallèle dans le circuit fermé et dans l'étang témoin alimenté en eau de Meuse. On note toutefois qu'en raison de la différence de volume, les variations de température extérieure ont eu un impact plus important sur le circuit fermé (figure 1.1.2).



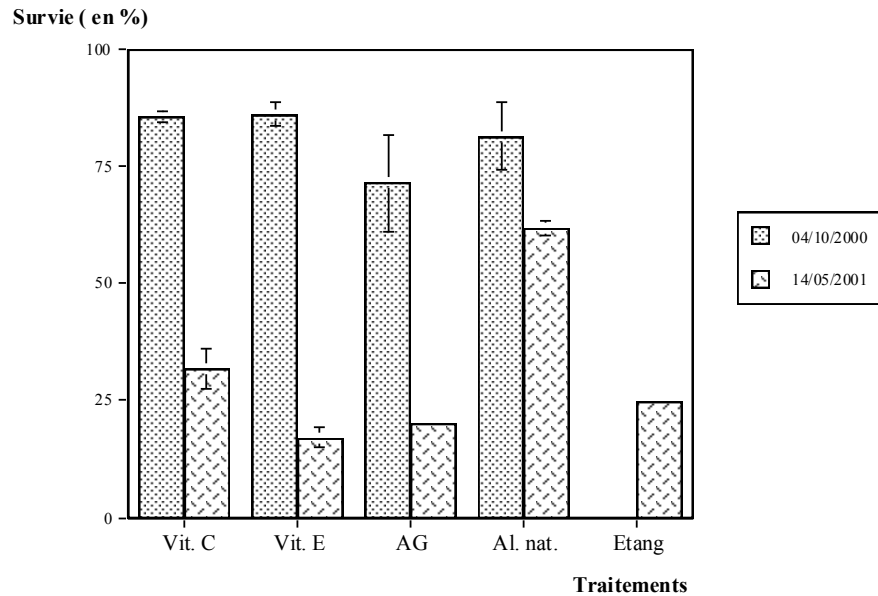
**Figure 1.1.1:** Evolution des concentrations en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) dans le système d'élevage des géniteurs en circuit fermé. Entrée = entrée du filtre bactérien; Sortie = sortie du filtre bactérien.



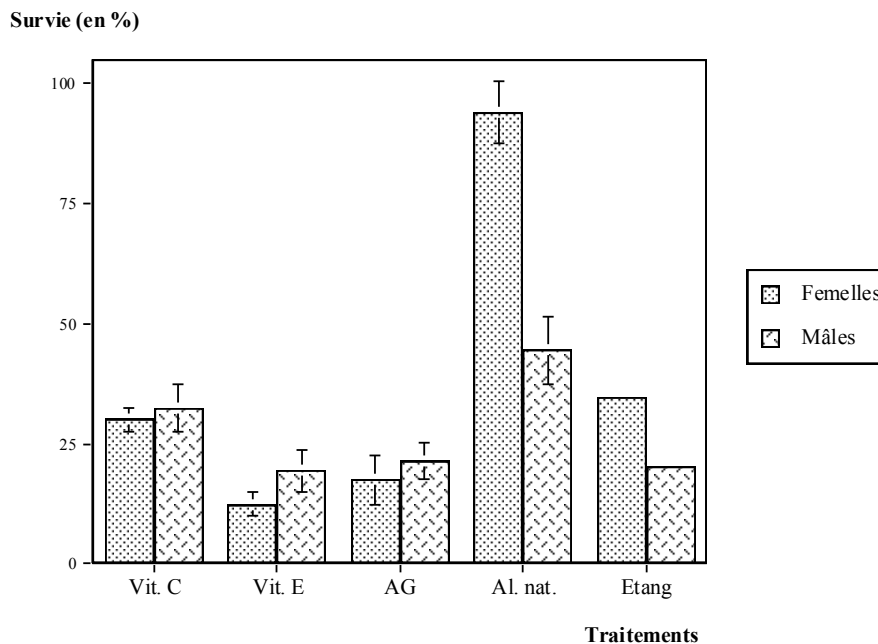
**Figure 1.1.2:** Evolution de la température dans le circuit fermé et dans l'étang témoin au cours de l'expérience.

L'utilisation d'un circuit fermé a permis d'augmenter les taux de survie des différents lots (figure 1.1.3), notamment pour les traitements à l'aliment naturel et enrichi en vitamine E (52,5% et 63,3 % respectivement pour la saison 1999-2000 contre 81,25% et 85,83% cette année). On observe cependant toujours une forte mortalité après la période de reproduction, surtout chez les femelles (76,3% en moyenne) (figure 1.1.4). Ceci ne s'applique toutefois pas aux lots ayant reçus de l'aliment naturel où la survie globale est nettement plus élevée que dans les autres lots et que les individus élevés en étang. De plus, le taux de survie des femelles est très supérieur à la moyenne des autres lots et de l'étang (93,8% contre 23,7%).





**Figure 1.1.3:** Effet de l'alimentation et des conditions de stockage sur les taux de survie (en %) de géniteurs de perche *Perca fluviatilis* avant (04/10/00) et après la période de ponte (14/05/01). N.B: Vit. C = aliment enrichi en vitamine C, Vit. E = aliment enrichi en vitamine E, AG = aliment enrichi en acides gras, Al. Nat. = alimentation naturelle et Etang = géniteurs élevés en étang.



**Figure 1.1.4:** Effet de l'alimentation et des conditions de stockage sur les taux de survie (en %) de géniteurs femelles et mâles de perche *Perca fluviatilis* après la période de ponte (14/05/01). N.B: Vit. C = aliment enrichi en vitamine C, Vit. E = aliment enrichi en vitamine E, AG = aliment enrichi en acides gras, Al. Nat. = alimentation naturelle et Etang = géniteurs élevés en étang.

En ce qui concerne les pontes, il n'y a aucune différence significative entre les traitements, que l'on considère le poids des pontes et le nombre d'œufs produits. Par contre, le pourcentage de ponte et la qualité des rubans sont nettement plus élevés pour les géniteurs ayant reçu de l'aliment

naturel. Comme l'année précédente, il semble que les principaux soient liés à la qualité des œufs et apparaissent au moment de la fécondation et à l'éclosion: en effet, seuls les œufs provenant des géniteurs nourris à l'aliment naturel ont été fécondés, mais ces taux sont pratiquement deux fois supérieurs pour les géniteurs élevés en étang en comparaison de ceux élevés en circuit fermé (42,9% et 24,4% respectivement). Il en va de même pour les taux d'éclosion (10,9% et 2,5% respectivement), mais ceux-ci restent relativement faibles.

Le poids des larves obtenues à partir des géniteurs élevés en étang est également deux fois plus élevé qu'en circuit fermé (1,036 mg et 0,512 mg respectivement). Quant à leur résistance, une différence apparaît seulement pour le choc osmotique.

**Tableau 1.1.2:** Synthèse des résultats obtenus lors de l'expérience sur l'effet du type d'aliment distribué aux géniteurs sur la production et la qualité des œufs et des larves de perches.

	Vitamine C	Vitamine E	Acides gras	Aliment naturel	Etang
Nombre de pontes	35	13	18	78	24
% de pontes	43,8 ± 1,25	16,3 ± 6,25	22,5 ± 10,0	97,5 ± 0	10,6
Poids des pontes (en g)	84,1 ± 24,2	57,7 ± 23,8	77,0 ± 9,3	111,0 ± 48,2	73,0 ± 35,3
Poids moyen des œufs (en mg)	5,9 ± 1,2	5,1 ± 1,9	6,5 ± 2,3	5,9 ± 1,2	5,5 ± 1,7
Nombre d'œufs	15298 ± 5625	13241 ± 620	14072 ± 3312	19224 ± 8560	14956 ± 9624
Taux de fécondation (en %)	0	0	0	24,4 ± 21,9	42,9 ± 41,0
Taux d'éclosion (en %)	-	-	-	2,5 ± 8,8	10,9 ± 21,9
Poids des larves (en mg)	-	-	-	0,512 ± 0,238	1,036 ± 0,213
Résistance au jeûne (en heures)	-	-	-	13	12
Résistance au choc osmotique (en minutes)	-	-	-	15	24

#### 1.1.2.4. Conclusion

L'utilisation d'un circuit fermé alimenté en eau de puit a permis de stocker les géniteurs dans de meilleures conditions qu'en circuit ouvert. Cependant, suite à l' "amorçage" du filtre via de l'eau de Meuse, des traitements antiparasitaires réguliers (au formol et au vers de malachite) ont dû être effectués sur tous les lots, exception faite des géniteurs ayant reçus l'aliment naturel où les poissons n'ont jamais présentés les signes d'infection (*Heteropolaria sp.* et saprolégniose) présents dans les autres lots. L'alimentation naturelle permettrait donc de maintenir les poissons dans un très bon état sanitaire et augmenterait donc les taux de survie. Il semble également que ce type d'aliment ait une influence positive sur les taux de fécondation et d'éclosion des œufs, en agissant directement sur la composition chimiques.

Le volume dans lequel sont stockés les géniteurs pourrait également jouer un rôle significatif en réduisant par exemple les interactions, ce qui diminuerait le stress au moment de la ponte et les risques de destruction des rubans (cfr taux d'éclosion plus élevés pour l'étang).

## **2. AMÉLIORATIONS GÉNÉTIQUES**

L'objectif général de cette partie du programme de recherche est d'augmenter les taux de croissance, les taux de survie et la qualité des poissons produits en jouant sur l'origine des souches, la sélection intra-souche, le sexe-ratio et la stérilité des poissons.

### **2.1. Juvéniles issus des populations de perche sauvages ou captives**

Tous les résultats obtenus ont été présentés dans le rapport annuel 2000.

### **2.2. Juvéniles de perche d'origines géographiquement différentes : Pologne, Finlande et Belgique (Meuse)**

Nos résultats antérieurs sur la comparaison des souches de perche d'origines géographiquement différentes ont montré qu'au début du stade juvénile, la souche polonaise avait une meilleure rusticité à basse température (15 – 17°C) et une vitesse de croissance élevée dans des conditions d'élevage entre 22-23°C comparativement aux populations nordique (Finlande) et celles de la Belgique.

Pour approfondir cette comparaison, la croissance des juvéniles issus de ces trois souches différentes a été suivie pendant une longue période, soit de février à octobre 2001.

#### **2.2.1. Matériel et méthodes**

Des juvéniles (7,33 g) issus des trois souches différentes ont été comparés : Finlande (F, Europe du Nord), Belgique (Meuse, M) et Pologne (Europe centrale, P). Au cours de leur premier stade de développement juvénile, ces poissons ont été élevés à basse température en vue d'étudier l'adaptabilité des trois populations à des variations de température (rapport annuel 2000).

L'expérience a été réalisée dans les installations expérimentales de l'Unité de Recherche en Biologie des Organismes (URBO, FUNDP) de Namur après trois semaines d'acclimatation au dispositif expérimental.

Ce dispositif était constitué d'une série de bassins en circuit fermé conçu pour maintenir des conditions physico-chimiques quasiment comparables pour tous les groupes expérimentaux. La température moyenne a été maintenue à  $23 \pm 0,8^\circ\text{C}$  et les teneurs moyennes en oxygène dissous étaient de  $7,1 \pm 1,0$  mg/l durant toute la période expérimentale.

Dans une première phase, la comparaison a été faite en triplicat de 28- 29 juvéniles par groupe dans des bassins de 40 litres ; par la suite l'élevage a été poursuivi dans des bassins plus larges de 120 litres en duplicat pour chaque souche.

Des contrôles de croissance (biomasse et nombre d'individus par bassin) ont été réalisés toutes les deux semaines. L'adaptation des rations alimentaires distribuées par un nourrisseur automatique a été réalisée le lendemain de chaque contrôle de croissance. Afin de déterminer le taux de survie, les poissons morts ont été relevés quotidiennement.

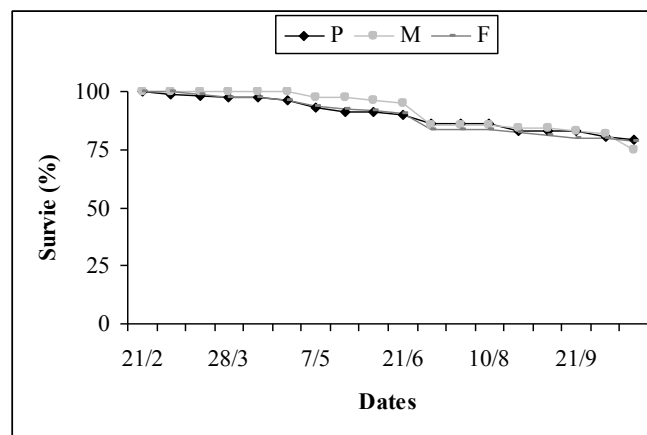
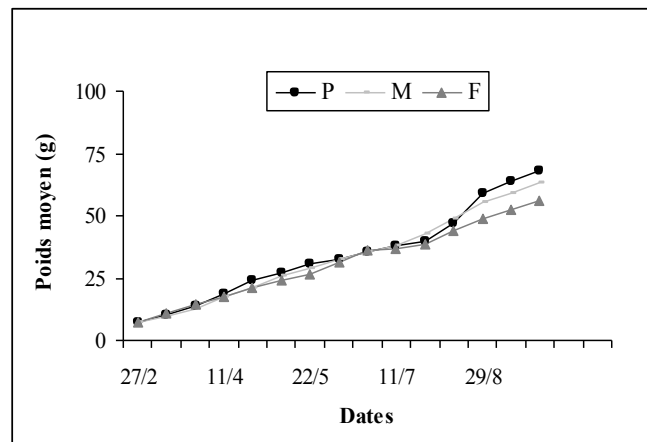
#### **2.2.2. Résultats**

Le tableau 2.2.1 et les figures 2.2.1-4 présentent la synthèse des données sur la survie, la croissance et l'efficacité alimentaire des juvéniles issus des trois souches.

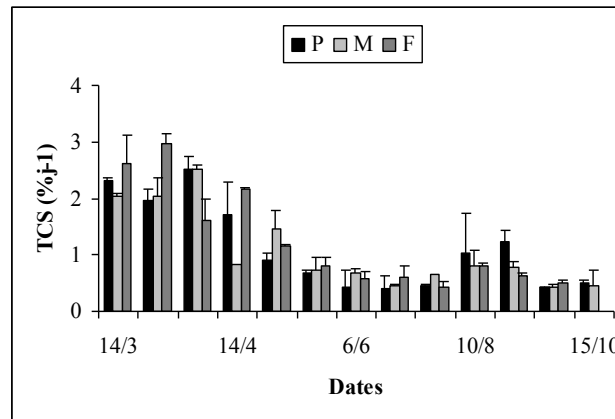
**Tableau 2.2.1 :** Croissance comparative des juvéniles issus de diverses populations de perche commune élevés en circuit fermé (23°C)

	Pologne (P)	Meuse (M)	Finlande (F)
N initial	84	84	86
N final	68	62	69
Taux moyen de survie (%)	89 ± 2	91 ± 4	89 ± 2
Poids moyen initial (g)	7,49 ± 0,36	7,07 ± 0,26	7,43 ± 0,93
Poids moyen final (g)	68,00 ± 0,24	62,97 ± 7,21	55,79 ± 4,93
CVinitial (%)	32 ± 2	37 ± 8	37 ± 4
CVfinal/ CVinitial	0,78	0,76	1,0
Gain de poids moyen (mgj <sup>-1</sup> )	279 ± 167	254 ± 101	245 ± 121
Taux de croissance spécifique (TCS %j <sup>-1</sup> )	1,12 ± 0,22	1,06 ± 0,17	1,24 ± 0,15
Efficiency de la conversion alimentaire (ECA)	0,64 ± 0,13	0,55 ± 0,17	0,62 ± 0,09
Durée	196	196	196

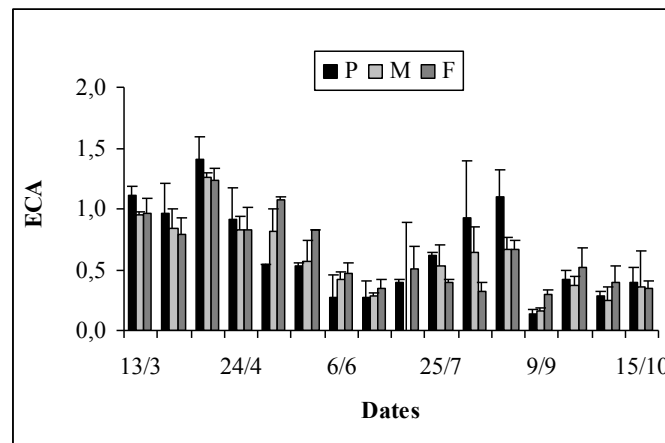
Pour tous les paramètres, les moyennes ne diffèrent pas statistiquement.

**Figure 2.2.1:** Evolution du taux de survie pour les juvéniles issus des trois souches élevées en circuit fermé à 23°C.

**Figure 2.2.2:** Evolution du poids vif moyen chez les juvéniles des trois souches élevées en circuit fermé à 23°.



**Figure 2.2.3:** Evolution du taux de croissance spécifique (TCS) chez les juvéniles des trois souches élevées en circuit fermé à 23°.



**Figure 2.2.4:** Evolution de l'efficacité de la conversion alimentaire (ECA) chez les juvéniles des trois souches élevées en circuit fermé à 23°.

Le taux de survie est légèrement plus élevé chez les juvéniles issus de la “ souche Belge ” comparée aux populations importées de la Finlande et de la Pologne mais les moyennes ne diffèrent pas statistiquement (Tab. 2.2.1 ; Fig. 2.2.1). Nos expériences antérieures réalisées au stade larvaire ont montré que la “ souche finlandaise ” avait une survie plus faible alors que les jeunes juvéniles importées de Pologne étaient plus rustiques comparativement à leurs homologues des “ souches belge ou finlandaise ”.

En ce qui concerne la croissance, le changement de bassins lors du passage du stade d'alevinage pour l'élevage juvénile a entraîné une chute de la vitesse de croissance pour l'ensemble des trois “ souches ” (Figures 2.2.2-3). Les valeurs relatives aux poids finaux ainsi qu'au gain de poids étaient plus élevées pour la “ souche ” polonaise comparativement aux deux autres avec des moyennes plus faibles pour la “ souche ” finlandaise. Néanmoins, l'analyse statistique n'a montré aucune différence significative entre les trois “ souches ” en ce qui concerne les performances de croissance. Il faut aussi souligner que vers la fin du stade juvénile, la vitesse de croissance était meilleure pour la “ souche belge ” comparativement à la “ souche finlandaise ” contrairement aux résultats obtenus l'année passée avec la même souche mais avec une autre famille. Notons enfin

que les valeurs obtenues pour l'utilisation alimentaire n'ont pas montré de différence significative en rapport avec les performances de croissance (Figure 2.2.4).

En conclusion, même si les performances de croissance ne diffèrent pas de manière significative entre les trois "souches", la population polonaise paraît être plus intéressante que la "souche" finlandaise car, en plus de sa meilleure vitesse de croissance, sa survie est meilleure à faible température (rapport annuel 2000).

## 2.3. Production de populations monosexes femelles

### 2.3.1. Reproduction avec des néomâles

#### 2.3.1.1. Matériel et méthodes

##### a. Fécondation artificielle et élevage larvaire

Deux pontes (femelles Meuse ou captives nourries à l'aliment naturel) ont été fécondées artificiellement avec du sperme provenant de 2 néomâles (voir rapport 2000). Avant la fécondation, les pontes sont pesées ( $\pm 1$  g) et un échantillon d'œufs est prélevé et pesé ( $\pm 0,1$  mg) afin d'évaluer le nombre d'œufs fécondés. Après la fécondation artificielle, les pontes monosexes femelles (nommées monosexe 1 et monosexe 2) sont placées dans l'écloserie (eau à 16-17°C) pendant 6 jours. Les 2 pontes témoins à sexe-ratio supposé équilibré (50 : 50, Robertville 1 et Robertville 2) proviennent du lac de Robertville.

L'élevage larvaire est réalisé en bassins préalablement fertilisés (eau de Meuse + 1,5 kg de fiente de poule en granulés par bassins) de 10 m<sup>2</sup> (5 m<sup>3</sup>), à une température de 17°C ( $O_2 > 6$ ppm). Les larves sont nourries à satiété selon le schéma de sevrage suivant :

- aliment vivant (phyto et zooplancton et artemias) pendant les 6 premiers jours.
- mélange d'aliment vivant et d'aliment sec artificiel (54,7 % de protéines et 8,5 % de matières grasses) du 7<sup>e</sup> au 21<sup>e</sup> jour.
- aliment sec artificiel seul du 22<sup>e</sup> au 44<sup>e</sup> jour.

Afin de suivre l'évolution de la croissance, le poids moyen ( $\pm 0,1$  mg) est évalué sur 30 larves de chaque lot à l'éclosion (J 0), J 2, J 4, J 7, puis tous les 7 jours.

##### b. Grossissement

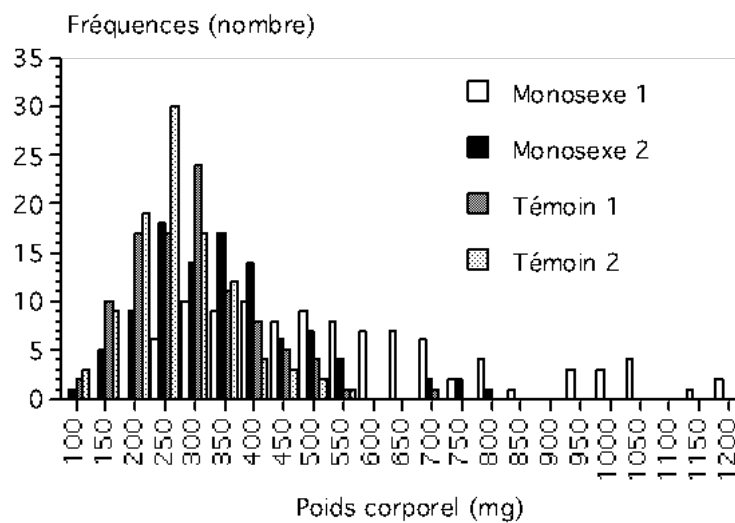
###### Période 1

Après 45 jours d'élevage, 4 lots de 700 juvéniles ont été constitués dans des bassins de grossissement de 0,5 m<sup>3</sup> (2 m<sup>2</sup>) alimentés en eau par un circuit fermé (22-23°C,  $O_2 > 6$ ppm) : 1 lot provenant de la ponte monosexe 1, 1 lot de la ponte monosexe 2 et 2 lots (témoin 1 et 2) de la ponte Robertville 2. L'aliment artificiel (50 % de protéines, 18 % de matières grasses) est distribué à la ration maximale à 23°C [ $R_{max} = 7,6 P(g)^{-0,31}$ ] à l'aide d'un nourrisseur à tapis. Les caractéristiques des lots et la distribution des poids à la mise en charge apparaissent respectivement dans le tableau 2.3.1 et la figure 2.3.1.

Au terme de cette première période d'élevage, un sexage est réalisé afin d'établir le sexe-ratio de chaque famille. Cent individus de chaque lot sont tués dans un bain de 2-phénoxy-éthanol et le sexe déterminé macroscopiquement : les femelles présentent une gonade unique et les mâles, 2 gonades.

**Tableau 2.3.1 :** Poids moyen  $\pm$  S.D et coefficient de variation (C.V) à la mise en charge des lots de juvéniles pour l'expérience de comparaison des performances de croissance de familles monosexes femelles et de familles à sexe ratio équilibré.

Familles	Poids moyen (mg) $\pm$ S.D.	Age (jours)	C.V (%)
Monosex femelle 1	580,6 $\pm$ 239,7	55	36,2
Monosex femelle 2	369,5 $\pm$ 133,6	48	41,3
Témoin 1	310,2 $\pm$ 106,5	50	34,3
Témoin 2	285,5 $\pm$ 85,4	50	29,9



**Figure 2.3.1 :** Distribution des poids corporels (mg) des familles monosexes 1 et 2 et des témoins 1 et 2 à la mise en charge de l'expérience de comparaison des performances de croissance.

### Période 2

Après le sexage, les lots ont été reconstitués en fonction des sexe-ratio obtenus. Deux lots (réplicats) de 200 individus issus des lots témoins (mélangés) et 2 lots de 200 individus issus de la famille monosex femelle 2 (100 % de femelles) ont été constitués dans des bassins de grossissement de 0,5 m<sup>3</sup> (2 m<sup>2</sup>) alimentés en eau par un circuit fermé (22-23°C, O<sub>2</sub> > 6ppm). L'aliment artificiel (50 % de protéines, 18 % de matières grasses) est distribué à la ration maximale à 23°C [ $R_{max} = 7,6 P(g)^{-0,31}$ ] à l'aide d'un nourrisseur à tapis. Un poids moyen sur 100 individus de chaque lot est réalisé tous les 14 jours et la ration alimentaire est adaptée à la nouvelle biomasse. Les caractéristiques des lots à la mise en charge de la deuxième période de grossissement sont reprises dans le tableau 2.3.2.



**Tableau 2.3.2** : Poids moyen, âge et origine des familles à la constitution des lots de juvéniles au début de la deuxième période de grossissement.

Familles	Origine	Poids moyen (g)	Age (jours)
Monosex femelle lot 1	Monosex femelle 2	21,41	145
Monosex femelle lot 1	Monosex femelle 2	21,38	145
Témoin lot 1	Mélange des 2 familles témoin	21,43	147
Témoin lot 2	Mélange des 2 familles témoin	21,45	147

### 2.3.1.2. Résultats

#### a. Fécondation artificielle et élevage larvaire

Les résultats de l'élevage larvaire sont repris dans les tableaux 2.3.3 et 2.3.4. Le poids moyen des œufs des pontes monosexes 1 et 2 sont identiques (2,33 et 2,34 mg). Le faible taux de fécondation (37 %) de la ponte monosex 2 (femelle originaire de Meuse) résulte probablement de la mauvaise qualité de la laitance (lors du prélèvement) ou de la mauvaise qualité de la ponte. Le faible taux d'éclosion (20 %) de la ponte monosex 1 (femelle originaire de l'étang) est probablement lié à la qualité de la ponte. La mortalité totale enregistrée dans le lot Robertville 1 résulte d'une pathologie bactérienne survenue au cours de l'élevage larvaire (J 25).

A l'éclosion, les 4 lots présentent une hétérogénéité de poids relativement faible (C.V de 16,0 à 19,7 %), mais qui s'accroît fortement après 30 jours d'élevage larvaire (C.V de 28,5 à 36,2 %, tableau 2.3.4). Le taux de croissance spécifique (SGR) et la croissance journalière sont respectivement plus élevés pour les familles monosexes femelles 1 (13,87 % j<sup>-1</sup>; 2,65 mg ind. j<sup>-1</sup>) et 2 (13,12 % j<sup>-1</sup>; 1,89 mg ind. j<sup>-1</sup>) que pour la famille Robertville 2 (12,45 % j<sup>-1</sup>; 1,83 mg ind. j<sup>-1</sup>). La forte différence de survie observée entre les familles monosexes femelles (5,5 %) et la famille témoin restante (39,0 %), résulte soit de la plus grande fragilité des œufs et des larves issues de fécondations artificielles, soit de la différence du nombre d'œufs à la mise en charge. En effet, il a été montré qu'un nombre trop faible de larves dans le système d'élevage larvaire entraîne de mauvais taux de survie en raison d'un impact accru du cannibalisme. Les courbes de croissance des 4 familles au cours de l'élevage larvaire sont représentées à la figure 2.3.2.

**Tableau 2.3.3** : Tableau récapitulatif des résultats obtenus au cours de l'élevage larvaire en bassins fertilisés de 10m<sup>2</sup> pour les familles monosexes femelles 1 et 2 et Robertville 1 et 2 (Rbt) témoin.

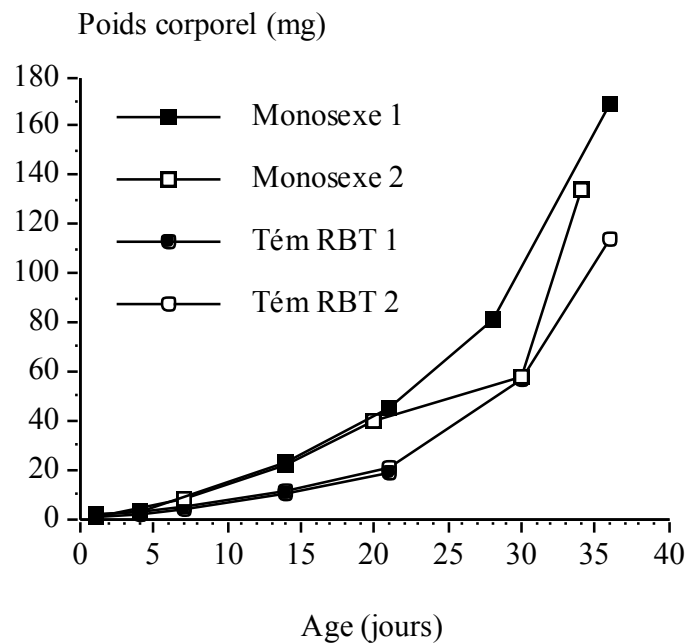
	Origine femelle	Pm œuf (mg)	N œufs	Taux de fécondation (%)	Taux éclosion (%)	N larves	Survie finale (%)	N final alevins
Mono 1	Etang	2,33*	78005	85	20	19891	5,3	1052
Mono 2	Meuse	2,34*	68952	37	80	20409	5,7	1174
Rbt 1	Robertville	8,26**	158546	95	80	120495	0,0	0
Rbt 2	Robertville	11,90**	151418	95	80	115077	33,9	39013

\* : œuf non fécondé, non hydraté.

\*\* : œuf hydraté à J 2.

**Tableau 2.3.4** : Données relatives aux 30 premiers jours d'élevage larvaire en bassins fertilisés de 10m<sup>2</sup> des familles monosex femelle 1 et 2 et des familles Robertville 1 et 2 (Rbt) témoin.

	Pm initial (mg)	Pm final (mg)	C.V. initial (%)	C.V. final (%)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (mg ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )
Monosex 1	1,26 ± 0,19	80,89 ± 23,04	16,0	28,5	13,87	2,65
Monosex 2	1,13 ± 0,18	58,00 ± 21,00	16,0	36,2	13,12	1,89
Rbt 1	1,12 ± 0,19	-	17,8	-	-	-
Rbt 2	1,34 ± 0,26	56,27 ± 16,83	19,7	30,0	12,45	1,83



**Figure 2.3.2 :** Evolution des poids corporels (mg) des 2 familles monosexes femelles et des 2 familles Robertville (RBT) en bassins fertilisés de 10 m<sup>2</sup>.

## b. Grossissement

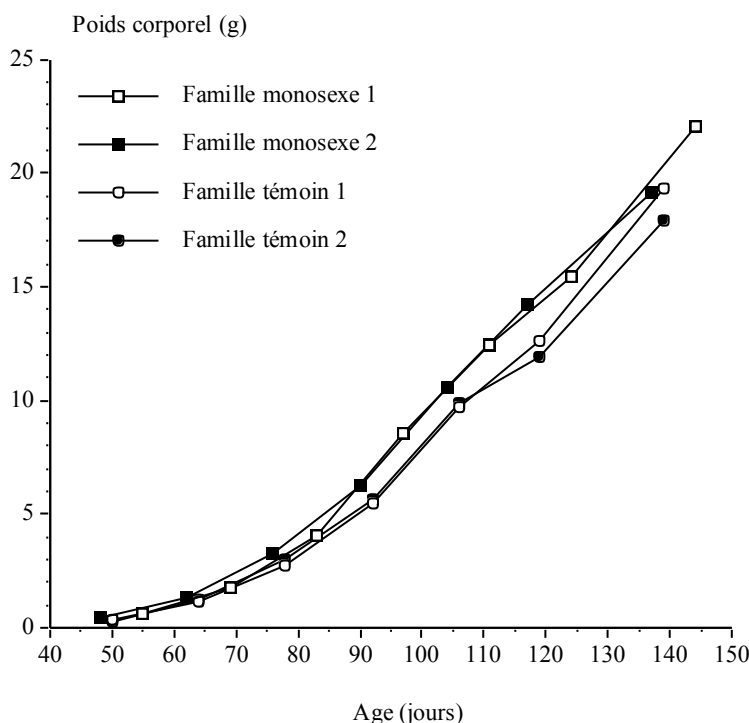
### Période 1

Les résultats obtenus pour les 89 premiers jours de grossissement sont résumés dans le tableau 2.3.4. La courbe de croissance comparée des familles monosexes femelles 1 et 2 et des témoins 1 et 2 est illustrée par la figure 2.3.3. On constate qu'il n'y a pas de différence de croissance entre les familles monosexes femelles (0,23 g ind<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>) et la famille témoin (0,20 g ind<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>). La survie au terme de cette première période n'est pas différente entre les familles monosexes femelles (80,0 %) et les témoins (84,8 %).

**Tableau 2.3.4. :** Données relatives aux 89 premiers jours de grossissement (Période 1) en bassin de 0,5 m<sup>3</sup> (22-23°C).

N initial	N final	Poids moyen initial (g)	Poids moyen final (g)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (g ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )	Taux de conversion	Ration (%)	Survie (%)
-----------	---------	-------------------------	-----------------------	--------------------------	---	--------------------	------------	------------

Monosex 1	700	572	0,5963	22,1	4,1	0,24	1,18	2,36	81,7
Monosex 2	700	549	0,4117	19,2	4,3	0,21	1,35	2,64	78,4
Témoin 1	700	629	0,3100	19,3	4,6	0,21	1,18	2,32	89,8
Témoin 2	700	558	0,2857	17,9	4,7	0,19	1,33	2,62	79,7



**Figure 2.3.3.** : Courbe de croissance des familles monosexes femelles et des témoins au cours de la première période de grossissement.

Les résultats du sexage réalisé à la fin de la première période d'élevage sont repris dans le tableau 2.3.5. Les sexe-ratio des familles témoin 1 et 2 sont respectivement de 44 et 50 % de mâles et de 56 et 50 % de femelles et ne sont pas significativement ( $P > 0,05$ ) différents de 50 : 50. La famille monosex femelle 2 présentent un sexe ratio attendu de 100 % de femelles. Par contre la famille monosex femelle 1 présente un sexe ratio de 49 % de mâle et 51 % de femelle, non significativement différent de 50 : 50. Cette famille n'a donc pas été conservée pour la constitution de nouveaux lots. Le mâle utilisé pour la fécondation artificielle de cette ponte présentait une gonade unique et a donc été considéré comme néomâle. Il est probable qu'il s'agissait en fait d'un mâle XY présentant une malformation des gonades.

**Tableau 2.3.5.** : Résultats du sexage réalisé à la fin de la première période d'élevage

	Lot témoin 1	Lot témoin 2	Famille monosex femelle 1	Famille monosex femelle 2
% mâles	44	50	49	0
% femelles	56	50	51	100

Période 2 :

Les résultats obtenus pour la seconde période de grossissement sont résumés dans le tableau 2.3.6. On constate qu'il y a une différence de croissance (non significative,  $P > 0,05$ ) de 28,2 % entre les lots monosexes femelles (0,50 g ind<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>) et les lots témoins (0,39 g ind<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>). La survie au terme de cette seconde période de grossissement est très élevée et n'est pas différente entre les lots monosexes femelles (99,5 %) et les témoins (97,3 %). Les taux de conversion sont en moyenne meilleurs pour les lots monosexes femelles (1,61) que pour les lots témoin (1,99). Les lots monosexes femelles présentent donc pour cette période de grossissement des performances de croissance plus élevées que les lots témoin, avec de meilleurs taux de conversion.

**Tableau 2.3.6** : Tableau récapitulatif des données d'élevage (J 137 à J 259) des 2 lots issus de la famille monosex femelle et des 2 lots témoins.

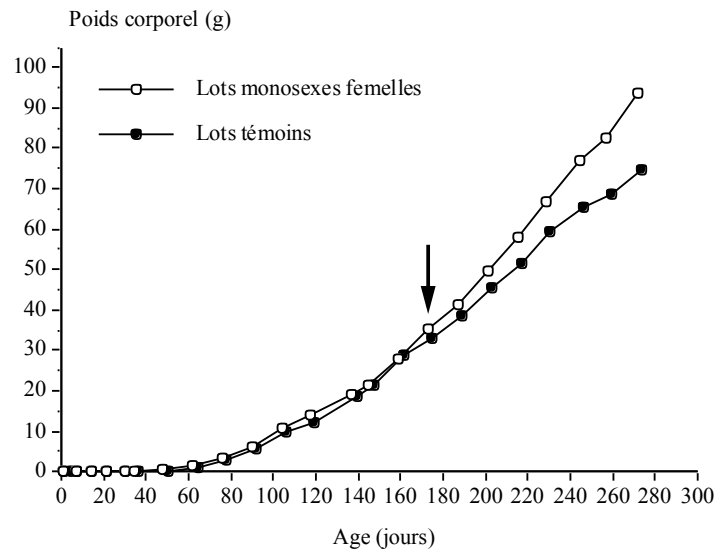
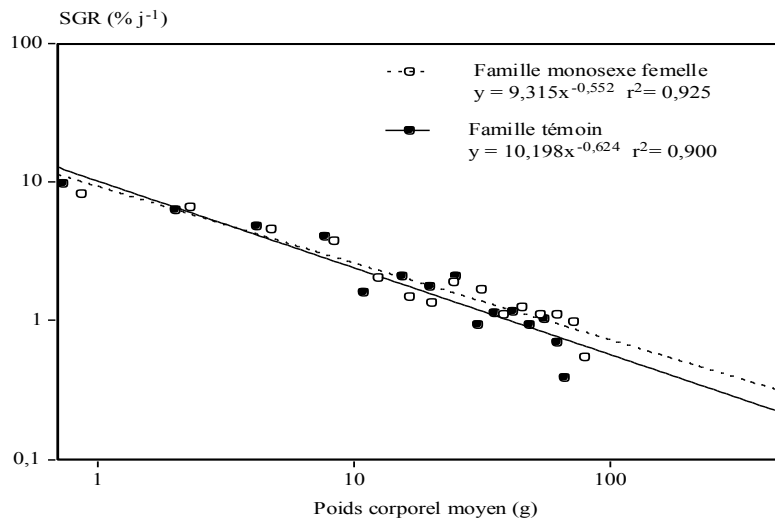
	N initial	N final	Pm initial (g)	Pm final (g)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (g ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )	Taux de conversion	Ration (%)	Survie (%)
Monosex lot 1	200	198	21,41	77,9	1,07	0,47	1,70	1,55	99,0
Monosex lot 2	200	200	21,38	87,1	1,17	0,54	1,51	1,49	100,0
Témoin lot 1	200	193	21,43	67,6	0,95	0,38	2,02	1,67	9,5
Témoin lot 2	200	196	21,45	69,9	0,98	0,40	1,95	1,66	98,0

Bilan

Après 259 jours de grossissement, les lots monosexes femelles atteignent un poids corporel moyen (82,5 g) significativement ( $P < 0,001$ ) plus élevé (20 %) que les lots témoins (68,8 g, tableau 2.3.7 et figure 2.3.4). La famille monosex présente un taux de conversion (1,52) inférieur à celui de la famille témoin (1,72). L'hétérogénéité des poids corporels (CV) ne diffère pas entre les lots monosexes et les lots témoins (51,0 et 47,0 % respectivement), mais elle a augmenté de 42,4 % par rapport à la valeur au début de la phase de grossissement (36,2 et 32,6 % respectivement). On constate qu'à partir de 28 g (160 jours) les femelles ont tendance à grandir plus vite que les mâles (figure 2.3.4). Cette divergence de croissance est confirmée par la figure 2.3.5 qui exprime le taux de croissance spécifique en fonction du poids corporel pour les lots monosexes femelles et à sexe-ratio normaux.

**Tableau 2.3.7 :** Tableau récapitulatif des données d'élevage (J 45 à J 259) de la famille monosexue femelle et de la famille témoin.

	N initial	N final	Pm initial (g)	Pm final (g)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (g ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )	CV initial (%)	CV final (%)	Taux de conversion	Ration initiale (%)	Ration finale (%)	Survie (%)
Famille monosexue	700	498	0,37	82,5	2,58	0,39	36,2	51,0	1,52	2,64	1,52	71,1
Famille témoin	700	489	0,30	68,8	2,60	0,33	32,6	47,0	1,72	2,47	1,66	69,8

**Figure 2.3.4. :** Croissance pondérale corporelle (g, moyenne de 2 réplicats) des lots monosexes femelles et des lots témoins.**Figure 2.3.5. :** Relation entre le taux de croissance spécifique (SGR) et le poids corporel des lots monosexes femelles et témoins.

### 2.3.1.3. Discussion et conclusions

La production de familles monosexes femelles a été réalisée grâce à l'utilisation de géniteurs mâles au génotype inverse du phénotype (néomâle), obtenus par inversion hormonale du sexe. L'expérience de comparaison de croissance, montre qu'à partir d'un poids corporel moyen de 28 g (160 jours), les femelles ont tendance à grandir plus vite que les mâles. La taille commercialisable ( $\pm 80$  g) est atteinte en 250 jours en réalisant l'élevage de lots monosexes femelles, alors qu'elle serait atteinte en plus de 280 jours en élevant des populations à sexe-ratio équilibré. De plus, les lots monosexes présentent des taux de conversion plus faibles que les lots témoin, avec une ration alimentaire en pourcentage de la biomasse plus faible. Les coûts de production (notamment les coûts de l'aliment) s'en trouvent diminués. Certaines améliorations doivent encore être apportées à cette technique, notamment l'obtention de néomâles présentant un spermiducte. Ces individus permettraient la réalisation de reproduction semi-naturelle en bassin, sans devoir passer par le sacrifice du mâle et la reproduction artificielle (qui peut avoir une influence négative sur le taux de fécondation et d'éclosion et qui demande plus de main d'œuvre).

## 2.4. Production de perches stériles

Bien que la production d'individus triploïdes stériles ait été réalisée en 2001, les faibles taux de survie enregistrés à l'éclosion ne nous ont pas permis de réaliser des expériences de comparaison de croissance.

## 2.5. Performances de croissance chez les hybrides *Perca fluviatilis* x *Perca flavescens*

### 2.5.1. Croissance chez les hybrides

#### 2.5.1.1. Matériel et méthodes

En 2000, 2 demi-pontes de perche eurasienne, *Perca fluviatilis*, ont été fécondées artificiellement avec du sperme de perchaudes, *Perca flavescens*, provenant des Etats-Unis (lot hybride 1 et hybride 2). Les 2 autres demi-pontes (lots témoin 1 et témoin 2) ont été fécondées avec du sperme de perche eurasienne. Les résultats de l'élevage larvaire sont repris dans le rapport annuel 2000.

A la fin de l'élevage larvaire (J 41), quatre lots de 152 individus (2 lots hybrides et leurs témoins respectifs) sont constitués et placés dans des bassins de 0,3 m<sup>3</sup> alimentés en eau par un circuit fermé à 22-23°C. Les poissons sont nourris à satiété [ $R_{max} = 7,6 P(g)^{-0,31}$ ] avec de l'aliment artificiel (50 % de protéines, 18 % de matières grasses) et la ration alimentaire est adaptée en fonction du poids après chaque contrôle (tous les 14 jours, période 2).

Un sexage est réalisés sur 50 individus de chaque lot, à l'âge de 179 jours. Les individus sont sacrifiés dans un bain de 2-phénoxy-éthanol, pesés ( $\pm 0,01$  g) et le sexe est déterminé sur base des critères morphologiques de la gonade. Les femelles présentent un ovaire unique, les mâles 2 testicules et les individus ne présentant pas de tissu reproducteur sont considérés comme indifférenciés.

Pour la troisième période d'élevage (J 217 à J 314), les lots ont été reconstitués (dans le même système d'élevage) en fonction du nombre de poissons restant dans chaque lot. Le lot hybride 1 compte 56 individus et le témoin 1, 37. Les 23 individus en surplus du lot hybride 1 sont placés dans un bassin à part (hybride 1 lot 2). Le lot hybride 2 et le lot témoin 2 comptent 56 individus chacun. Les 39 hybrides en surplus du lot hybride 2 (hybride 2 lot 2) sont placés dans un bassin séparé. Les poissons sont nourris à satiété avec de l'aliment artificiel et la ration alimentaire est adaptée, après chaque contrôle, en fonction du poids corporel.

Pour la quatrième période d'élevage (J 314 à J 512), les lots ont été reconstitués et regroupés dans des bassins de 0,5 m<sup>3</sup> (2 m<sup>2</sup>) alimentés en eau par un circuit fermé (22-23°C). Le lot hybride compte 146 individus et le lot témoin 57. Les poissons sont nourris à satiété avec de l'aliment artificiel et la ration alimentaire est adaptée, après chaque contrôle, en fonction du poids corporel. Au terme de cette quatrième période d'élevage, les lots sont transférés dans des bassins de 1,6 m<sup>3</sup>, alimentés en eau par un circuit ouvert (22-23°C, période 5). Deux nouveaux lots hybrides (Pm = 204,9 g) et 1 lot témoin (Pm = 152,7 g) de 37 individus chacun sont constitués. Les 28 individus restant du lot hybrides sont placés dans un bassin de stockage.

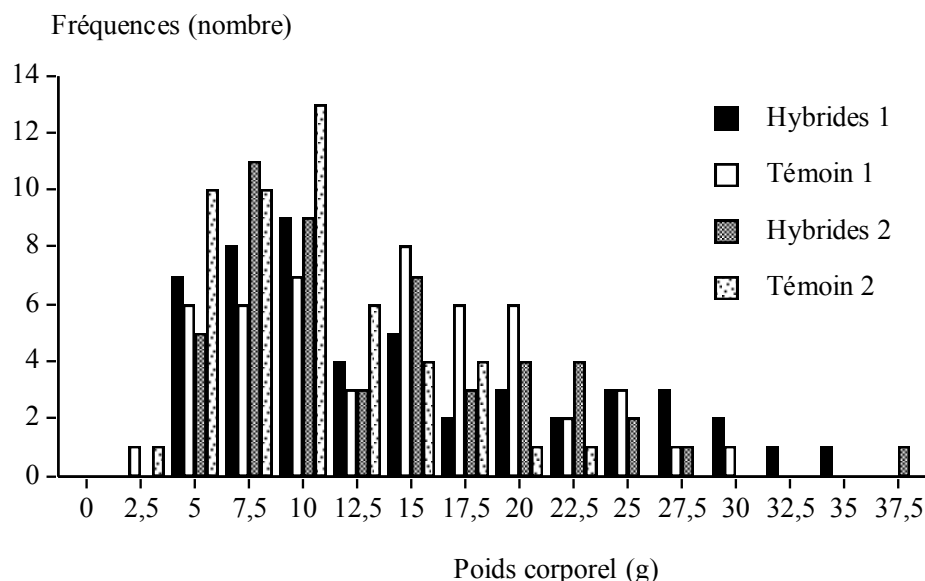
### 2.5.1.2. Résultats

#### Période 2 : J 41 à J 217

Au cours de cette seconde période, les taux de survie des lots hybride 1 (84,2 %) et 2 (95,4 %) sont respectivement 32,0 et 27,0 % plus élevés que les taux de survie de leur témoin (57,2 et 69,7 %). Les lots hybrides présentent une croissance de 25,0 % supérieure à celle des lots témoin, avec des taux de conversion plus faibles (1,35 pour les hybrides et 1,61 pour les témoins). La distribution des poids reste très hétérogène dans tous les lots, puisque les coefficients de variation sont compris entre 40,0 et 52,0 % (tableau 2.5.1, figure 2.5.1).

**Tableau 2.5.1** : Données relatives à la deuxième période d'élevage (J 41 à J 217) de juvéniles d'hybrides *P. fluviatilis* x *P. flavescens* et de leur témoin *P. fluviatilis* x *P. fluviatilis*.

	N initial	N final	Pm initial (g)	Pm final (g)	C.V final (%)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (g ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )	Taux de conversion	Survie (%)
Hybride 1	152	129	0,1378	24,88	52,0	2,95	0,14	1,31	84,8
Témoin 1	152	87	0,1208	18,97	44,0	2,87	0,10	1,40	57,2
Hybride 2	152	145	0,1344	20,71	49,0	2,86	0,11	1,59	95,4
Témoin 2	152	106	0,1003	15,55	40,0	2,86	0,08	1,63	69,7



**Figure 2.5.1:** Distribution des poids corporels (g) des lots hybrides et des témoins à la fin de la seconde période de grossissement (J 179).

#### Période 3 : J 217 à J 314

Les survies observées au cours de cette troisième période sont élevées (72,3 à 97,3 %), sauf pour le lot témoin 2 (37,5 %). Un problème technique est à l'origine de cette survie plus faible. Les lots hybrides 1 et 2 présentent une croissance moyenne respectivement 29,2 et 44,6 % supérieure à celle de leur témoin respectif. Les SGR sont compris entre 1,09 et 1,48 % j<sup>-1</sup> (tableau 2.5.2).

**Tableau 2.5.2 :** Données relatives à la troisième période (J 217 à J 314) d'élevage de juvéniles d'hybrides *P. fluviatilis* x *P. flavescens* et de leur témoin *P. fluviatilis* x *P. fluviatilis*.

	N initial	N final	Pm initial (g)	Pm final (g)	SGR	Croissance (g.ind <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )	Survie (%)
Hybride 1	79	75	24,88	77,69	1,17	0,54	94,9
Témoin 1	37	36	18,97	54,95	1,09	0,37	97,3
Hybride 2	95	69	20,71	87,40	1,48	0,68	72,3
Témoin 2	56	21	15,55	48,39	1,17	0,33	37,5

#### Période 4 : J 314 à J 512

Les survies observées au cours de cette quatrième période d'élevage sont moyennes (67,1 et 64,9 %). A la fin de cette période, les hybrides présentent un poids moyen et une croissance journalière respectivement 34,2 % et 19,6 % plus élevés que ceux des témoins (tableau 2.5.3).



**Tableau 2.5.3** : Données relatives à la quatrième période (J 314 à J 385) d'élevage d'hybrides *P. fluviatilis* x *P. flavescens* et de leur témoin *P. fluviatilis* x *P. fluviatilis*.

	N initial	N final	Pm initial (g)	Pm final (g)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (g ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )	Survie (%)
Hybride	146	98	82,5	204,9	0,46	0,61	67,1
Témoin	57	37	51,6	152,7	0,54	0,51	64,9

**Période 5 : J 513 à J 628**

Les survies enregistrées au cours de cette période sont de 59,5 % pour les hybrides et de 70,3 % pour les témoins (tableau 2.5.5). Les fortes mortalités observées au cours de cette période (élevage en circuit ouvert) sont dues à la mauvaise qualité de l'eau provoquée par une turbidité très élevée résultant de fortes pluies. Le taux de croissance spécifique est 36,3 % plus élevé pour les hybrides (0,30 % j<sup>-1</sup>) que pour les témoins (0,22 % j<sup>-1</sup>). La croissance journalière est presque 2 fois plus élevée pour les hybrides (0,76 g ind<sup>-1</sup> j) que pour les témoins (0,39 g ind<sup>-1</sup>j<sup>-1</sup>). Les hybrides atteignent un poids moyen 48,04 % plus élevé que celui des témoins (291,8 g et 197,1 g respectivement).

**Tableau 2.5.5** : Données relatives à la cinquième période (J 513 à J 628) d'élevage d'hybrides *P. fluviatilis* x *P. flavescens* et de leur témoin *P. fluviatilis* x *P. fluviatilis*, en circuit ouvert.

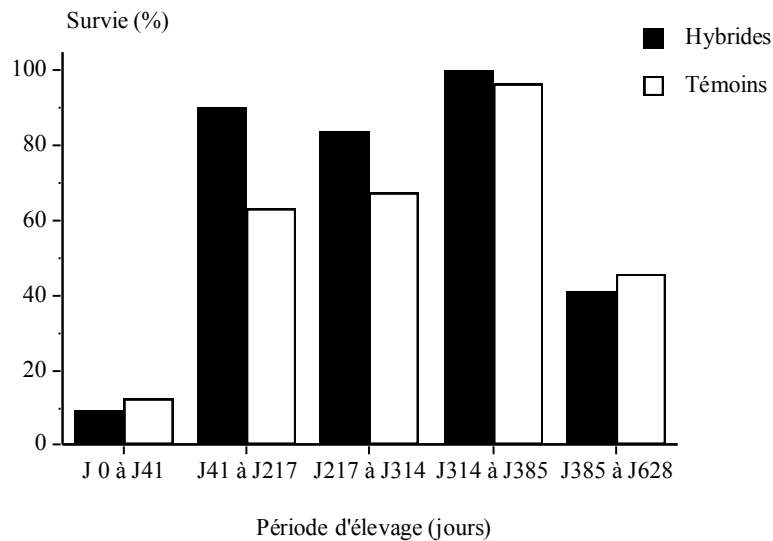
	N initial	N final	Pm initial (g)	Pm final (g)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (g.ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )	Survie (%)
Hybrides	74	44	204,9	291,8	0,30	0,76	59,5
Témoins	37	26	152,7	197,1	0,22	0,39	70,3

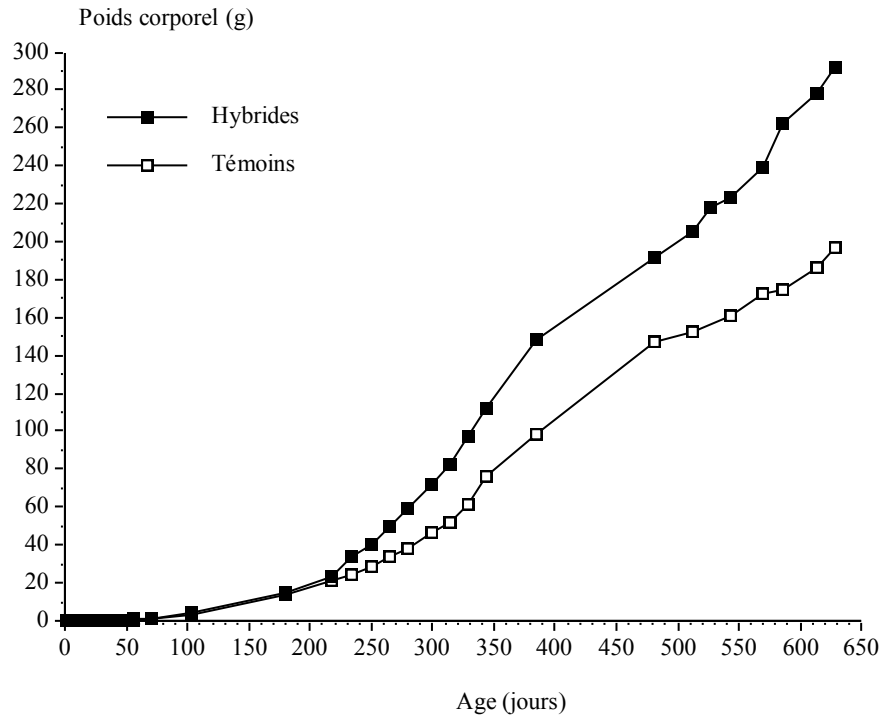
**Bilan : J 0 à J 628**

La survie totale du lot hybride (0,38%) est 2 fois supérieure à celle du lot témoin (0,17 %, tableau 2.5.6). La survie après l'élevage larvaire (période 2 à 5) est de 14,5 % pour les hybrides et de 8,5 % pour les témoins. La survie pour chaque période d'élevage est représentée à la figure 2.5.4. Les hybrides et leurs témoins ont un taux de croissance spécifique moyen de ± 2. Les hybrides grossissent en moyenne de 0,46 g par jour (tableau 2.5.6), ce qui représente une croissance journalière 48,4 % plus élevée que pour les témoins (0,31 g). Les courbes de croissance des 2 lots (moyenne des réplicats) au cours de toute la phase d'élevage sont représentées à la figure 2.5.5. On constate qu'à partir d'un poids corporel moyen de 20 g les hybrides ont tendance à grandir plus vite que leur témoin (figure 2.5.5). Cette divergence de courbe de croissance est confirmée par la figure 2.5.6. qui exprime le taux de croissance spécifique en fonction du poids corporel de chaque famille.

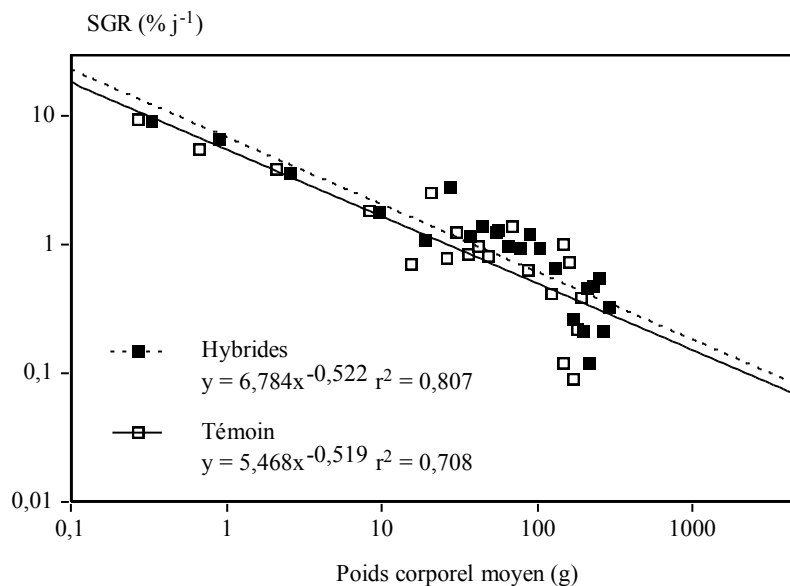
**Tableau 2.5.5** : Tableau récapitulatif des données d'élevage (J 0 à J 628) d'hybrides *P. fluviatilis* x *P. flavescens* et de leur témoin *P. fluviatilis* x *P. fluviatilis*.

	N initial	N final	Pm initial (mg)	Pm final (g)	SGR (% j <sup>-1</sup> )	Croissance (g ind <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> )	Survie totale (%)	Survie post élevage larvaire (%)
Hybride	11543	44	0,94	291,8	2,01	0,46	0,38	14,5
Témoin	15117	26	0,73	197,1	1,98	0,31	0,17	8,5

**Figure 2.5.2.** : Survie des différents lots pour chaque période d'élevage.



**Figure 2.5.3:** Croissance pondérale corporelle (g, moyenne de 2 réplicats) des lots hybrides et des lots témoin.



**Figure 2.5.4. :** Relation entre le taux de croissance spécifique (SGR) et le poids corporel des lots hybrides et témoin.

### 2.5.1.3. Discussion et conclusions

L'expérience de comparaison de croissance des lots hybrides *Perca fluviatilis* x *Perca flavescens* avec des lots témoins *Perca fluviatilis* x *Perca fluviatilis* montre qu'à partir d'un poids corporel moyen de 20g (220 jours), les lots hybrides grandissent plus vite que les lots témoins. La taille

commercialisable (80 g) est atteinte en 310 jours pour l'élevage de lots hybrides alors qu'elle est atteinte en 350 jours pour les lots témoins. La différence de croissance s'accroît avec le temps, puisque après 630 jours d'élevage, les hybrides atteignent un poids corporel moyen (291,8 g) 48,1 % plus élevé que celui des témoins (119,7g). Vu les résultats obtenus pour l'élevage de lots monosexes femelles, il est probable que l'élevage de lots hybrides en populations monosexes femelles permette encore d'augmenter la production de 20%. Cependant, quelques améliorations doivent encore être apportées, notamment pour la réalisation de l'élevage en circuit ouvert. Contrairement à ce que l'on peut observer pour d'autres espèces, les hybrides perche eurasiennne x perche américaine ne montrent pas d'augmentation de la résistance au stress ou aux pathologies, puisqu'ils présentent, en circuit ouvert, des taux de survie plus faibles (59,5 %) que ceux des lots témoins (70,3 %).

## **2.5.2. Croissance chez l'espèce pure perchaude**

### **2.5.2.1. Matériel et méthodes**

Au cours du stade de grossissement, les performances de croissance et de l'utilisation alimentaire ainsi que les caractéristiques morpho-productives ont été comparées entre la perche commune, la perchaude et leurs hybrides élevés dans les mêmes conditions en circuit fermé (23°C).

L'essai a été réalisé du 24 mars au 16 juin 2001 dans les installations aquacoles de l'URBO à Namur après trois semaines d'acclimatation au dispositif expérimental.

Ce dispositif était constitué d'une série de bassins en circuit fermé conçu pour maintenir des conditions physico-chimiques quasiment comparables pour tous les groupes expérimentaux. La température moyenne a été maintenue à  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  et les teneurs moyennes en oxygène dissous étaient de  $7,4 \pm 1,1$  mg/l durant toute la période expérimentale.

Le test a été réalisé en triplicat par génotype en utilisant des bassins de 100 litres permettant de suivre 12 à 15 juvéniles par groupe. Les poissons utilisés étaient issus de l'essai conduit dans des petits bassins d'alevinage au cours de l'année 2000 et étaient âgés de 9 (hybrides) à 10 (HM et "yellow perch") mois avec un poids moyen quasiment comparable pour les deux génotypes allochtones ( $\pm 65$  g) et plus faible pour la perche commune ( $\pm 43$  g)

Afin de déterminer le taux de survie, les poissons morts ont été relevés quotidiennement. Des contrôles de croissance et de la consommation alimentaire (nombre d'individus par bassin, poids individuel et ingestion individuelle d'aliment) ont été réalisés toutes les deux semaines. L'adaptation des rations alimentaires distribuées à satiété une fois par jour a été réalisée le lendemain de chaque contrôle de croissance. L'évaluation de la consommation alimentaire individuelle a été faite grâce à l'incorporation dans l'aliment repelleté des microbilles de verre "Ballottini" révélées par radiographie aux rayons X.

### **2.5.2.2. Résultats et discussion**

Les moyennes relatives au taux de survie étaient plus élevées pour la perche commune comparativement à celles des deux génotypes perchaudes (Tableau 2.5.6, Figure 2.5.5) même si l'analyse statistique n'a pas révélé de différences significatives entre les trois génotypes. Cette constatation corrobore nos résultats antérieurs ayant montré que certaines populations allochtones s'adaptent moins bien aux conditions d'élevage en circuit fermé comparativement aux populations autochtones. Dans cette étude, la faible survie des génotypes perchaudes serait due aux diverses manipulations de transfert des poissons, des petits bassins d'alevinage vers des bassins de grossissement; conditions stressantes ayant favorisé une forte incidence

bactériologique (*Aeromonas sp.*). Au cours du stade juvénile, les génotypes perchaudes avaient en effet montré une survie supérieure à celle des populations autochtones (rapport final 2000).

En ce qui concerne la croissance, rappelons que la vigueur hybride n'a été vérifiée que par rapport à l'espèce pure de la perche commune car le génotype pure "Yellow perch" avait des meilleures performances de croissance comparativement aux hybrides au cours du stade juvénile. Au début de cette expérience de grossissement, cette graduation pondérale était déjà inversée en faveur des hybrides et a persisté jusqu'à la fin de l'expérimentation car la vitesse de croissance était comparable entre les trois génotypes (Figure 2.5.6).

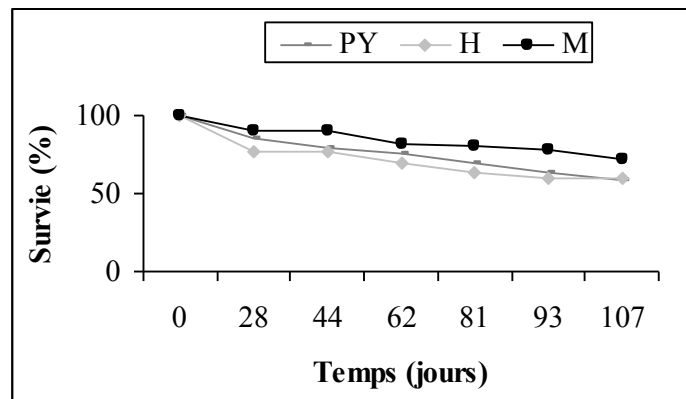
L'efficacité de la conversion alimentaire (ECA) a montré des fluctuations au cours du temps avec des moyennes comparables entre les trois génotypes même si des valeurs parfois élevées ont été enregistrées chez la perche commune étant donné leur évolution pondérale lente par rapport aux perchaudes (Tableau 2.5.6). Plus particulièrement, la consommation d'aliment était plus élevée chez la perche commune comparativement aux autres génotypes avec parfois des moyennes significativement différentes ( $P < 0,05$ ) au cours de certaines périodes (Figure 2.5.7).

Les valeurs du coefficient de condition K ne diffèrent pas statistiquement entre les trois génotypes mais le rapport taille des filets/poids a diminué avec l'augmentation du poids chez les génotypes de l'espèce pure, "Yellow perch" ( $r = -90$ ) et perche commune ( $r = -33$ ), alors qu'il était plutôt stable chez les hybrides ( $r = + 15$ ), indiquant que la taille des filets évolue dans les mêmes proportions que le poids chez ces derniers. Ceci conférerait aux hybrides, une meilleure aptitude à la production de filet comparativement à l'espèce pure "Yellow perch" ou ipso facto par rapport à la perche commune.

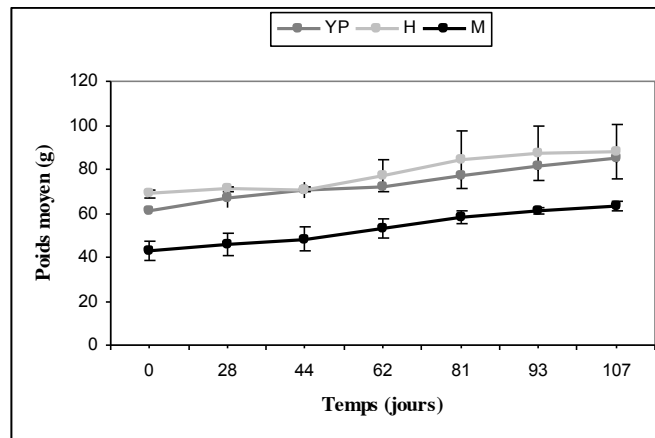
**Tableau 2.5.6 :** Survie et croissance chez la perche commune (M), la perchaude (YP) et leurs hybrides (H) au stade de grossissement.

	Perchaude pure (YP)	Perche commune (M)	Hybride (H)
Taux moyen de survie (%)	72 ± 9	68 ± 7	82 ± 6
Poids moyen initial (g)	60,73 ± 0,4	42,90 ± 4	69,02 ± 1,8
Poids moyen final (g)	84,81 ± 1,56	63,03 ± 2,1	88,02 ± 12,2
Taux de croissance spécifique (TCS %j-1)	0,31 ± 0,13	0,36 ± 0,13	0,22 ± 0,13
Quantité d'aliments ingérés (mg/g P.V.)	0,28 ± 0,11	0,46 ± 0,21	0,33 ± 0,12
Efficacité de la conversion alimentaire (ECA)	0,16 ± 0,06	0,30 ± 0,12	0,09 ± 0,07
Coefficient de condition K	1,05 ± 0,03	1,08 ± 0,02	1,12 ± 0,04
Durée (jours)	107	107	107

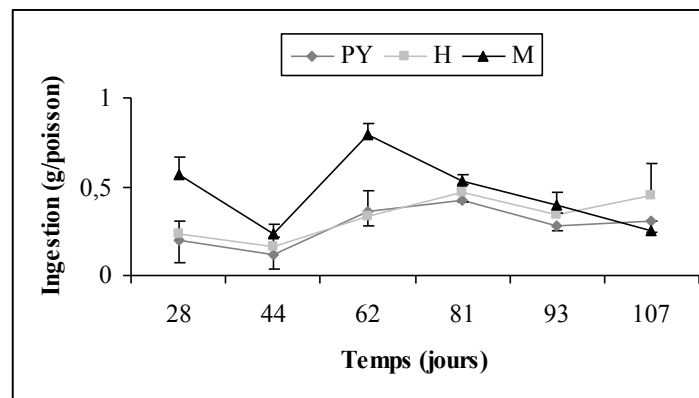
a-b, b-c ou a-c : moyennes significativement différentes à  $P < 0,01$  ou  $P < 0,05$ .



**Figure 2.5.5 :** Evolution de la survie chez la perche commune (M), la perchaude (YP) et leurs hybrides (H) au stade de grossissement.



**Figure 2.5.6 :** Evolution du poids vifs moyen chez la perche commune (M), la perchaude (YP) et leurs hybrides (H) au stade de grossissement.



**Figure 2.5.7 :** Evolution de la quantité d'aliment ingéré chez la perche commune (M), la perchaude (YP) et leurs hybrides (H) au stade de grossissement.

## 3. ALIMENTATION ET NUTRITION

### 3.1. Mise au point d'un aliment perche

#### 3.1.1. Introduction

Les expériences visent à augmenter le taux de croissance et la résistance du poisson, tout en améliorant l'efficacité de conversion des aliments distribués par une meilleure adéquation entre la qualité de l'aliment et les besoins nutritionnels de l'espèce, et par un mode de distribution de la nourriture adapté aux rythmes alimentaires du poisson.

Après avoir déterminé le taux optimal de lipides bruts ainsi que le rapport adéquat protéines/énergie dans l'aliment pour percidés, nous nous sommes proposés d'étudier l'influence de la nature des matières lipidiques sur la physiologie de la perche avec notamment comme objectifs :

- a. d'évaluer les effets de diverses sources de lipides sur la survie, la croissance, l'efficacité alimentaire, la composition biochimique et la structure histologique de certains organes,
- b. de déterminer la capacité d'élongation et de désaturation des acides gras n-3 et n-6 chez la perche;
- c. de mettre au point une source de lipides appropriée à une formulation alimentaire spécifique pour la perche.

Au cours d'une première expérience menée pendant la saison de reproduction 2000, cinq sources différentes de lipides ont été comparées avec diverses proportions spécifiques en acides gras essentiels, à savoir: 1. huile de coco, riche principalement en acides gras saturés ( $C_{16:0}$ ), 2. huile d'olive, contenant essentiellement des acides gras mono-insaturés ( $C_{18:1}$ ), 3. huile de carthame, avec un taux élevé d'acide linoléique ( $C_{18:2n-6}$ ), 4. huile de lin, avec un niveau élevé d'acide linoléique ( $C_{18:3n-3}$ ), 5. huile de foie de morue, riche en acides gras insaturés ( $C_{20:5n-3}$ , EPA;  $C_{22:6n-3}$ , DHA).

L'analyse des résultats disponibles sur cette étude du métabolisme lipidique chez la perche permet de formuler les conclusions suivantes :

1. L'huile de coco ou d'olive ne semble pas être une bonne source de lipides pouvant être utilisée seule dans le rationnement de la perche; par contre, l'huile de carthame ou de lin est plus nutritive mais donne toutefois des réponses moindres comparée à l'huile de foie de morue;
2. Les acides gras n-3 et n-6 seraient essentiellement utilisés chez la perche pour les processus de croissance;
3. Au point de vue biochimique, la perche possède une réelle capacité d'élongation et de désaturation de l'acide éicosapentaénoïque (EPA) en acide docohexaénoïque (DHA), mais a une capacité limitée de convertir les acides gras  $18:3n-3$  et  $18:2n-6$  en  $20:5n-3$  et  $20:4n-6$ ;
4. L'utilisation de l'huile d'olive comme seule source de lipides peut entraîner une augmentation des gouttelettes lipidiques dans le foie suggérant que le haut niveau d'acides gras mono-insaturés pourrait être la cause d'un dysfonctionnement du foie chez le poisson;

### **3.1.2. Substitution partielle de l'huile de poisson par des huiles végétales**

#### **3.1.2.1. Matériel et méthodes**

Etant donnés les bons résultats obtenus avec l'huile de carthame (faux safran) ou de lin sur les plans de la croissance et biochimique chez la perche, une seconde expérience a été réalisée entre avril et juillet 2001 en vue d'évaluer l'influence de diverses combinaisons de ces deux huiles végétales avec l'huile de foie de morue sur le croissance, l'efficacité alimentaire et le métabolisme lipidique. L'objectif principal de cette expérience est d'étudier les possibilités d'une substitution partielle de l'huile de foie de morue par des huiles végétales sans altérer les potentialités de croissance des poissons.

A cet effet, six rations expérimentales ont été comparées, à savoir :

R1 = ration de base + 4% d'huile de carthame + 12% d'huile de poisson ;

R2 = ration de base + 12% d'huile de carthame + 4% d'huile de poisson ;

R3 = ration de base + 4% d'huile de lin + 12% d'huile de poisson ;

R4 = ration de base + 12% d'huile de lin + 4% d'huile de poisson ;

R5 = ration de base + 16% d'huile de lin ;

R6 = ration de base + 16 d'huile de poisson.

Trois cents soixante juvéniles ( $\pm 23,5g$ ) ont été suivis dans un dispositif en circuit fermé dans les installations aquacoles de l'URBO. Le circuit fermé était alimenté en eau avec UV et équipé de systèmes de filtrations; le débit d'eau de chaque bassin était d'environ deux litres.

Après deux semaines d'acclimatation à leur dispositif expérimental, les poissons ont d'abord été nourris avec un aliment sans lipides pendant un mois. Par la suite, ils ont été répartis en six groupes représentant six traitements en triplicat dans des bassins de 100l pour 20 poissons par groupe.

L'expérimentation proprement dite a duré dix semaines. Les poissons étaient nourris manuellement à satiété tous les jours, deux fois par jour. Ils étaient pesés toutes les deux semaines. Après le nourrissage, les bassins étaient débarrassés des fèces et refus alimentaires tous les jours et nettoyés à fond toutes les deux semaines. Toutes les rations étaient stockées à  $-20^{\circ}C$  avant et après le nourrissage.

#### **3.1.2.2. Résultats et discussion**

Les résultats concernant la survie, les performances de croissance et les teneurs en lipides totaux dans les organes sont présentés dans le Tableau 3.1.1 tandis que ceux relatifs au profil en acides gras sont décrits dans le tableau 3.1.2.



**Tableau 3.1.1:** Performances de croissance chez les juvéniles de perche commune nourris avec des aliments contenant des huiles végétales.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Poids initial (g)	23,8 ± 1,2	23,2 ± 0,3	23,2 ± 0,8	24,1 ± 0,5	23,3 ± 1,3	23,6 ± 0,9
Poids final (g)	38,6 ± 1,4a	28,8 ± 2,9b	34,5 ± 2,5ab	34,4 ± 2,7ab	28,2 ± 5,1b	31,2 ± 1,7b
CV (%)	27	38	27	32	27	27
Mortalité spécifique <sup>1</sup>	2,9 ± 0,4	8,1 ± 4,5	4,2 ± 0,8	6,8 ± 3,8	6,0 ± 0,6	4,8 ± 1,2
Gain de poids (mg j <sup>-1</sup> )	62,2 ± 7,4	24,0 ± 14	48,9 ± 16	42,9 ± 12	21,0 ± 22b	32,3 ± 2,4
TCS (% j <sup>-2</sup> ) <sup>1</sup>	0,6 ± 0,1a	<b>0,3 ± 0,1b</b>	0,5 ± 0,1ab	0,4 ± 0,1ab	0,2 ± 0,2b	0,3 ± 0,0b
Efficacité alimentaire	0,81 ± 0,1	0,38 ± 0,3	0,63 ± 0,2	0,38 ± 0,3	0,18 ± 0,4	0,31 ± 0,2
Lipides totaux (% M.F. <sup>3</sup> )						
- carcasse	7,9 ± 1,8	6,5 ± 0,9	7,5 ± 1,0	7,2 ± 0,5	7,6 ± 4,1	5,3 ± 1,3
- muscle	-	1,1 ± 0,0a	1,0 ± 0,1b	1,1 ± 0,2abc	1,1 ± 0,1ab	0,7 ± 0,1c

1. Taux de mortalité spécifique (pour 1000). 2. Taux de croissance spécifique. 3 Matière fraîche. Les moyennes sans ou avec les même lettres ne sont pas différentes.

**Tableau 3.1.2:** Profils en acides gras dans la carcasse chez les juvéniles de perche commune nourris avec des aliments contenant des huiles végétales.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Acides gras saturés</b>						
14:0	4,2	2,5	4,8	3,4	2,5	5,3
16:0	13,3	11,1	13,5	12,1	10,9	13,1
18:0	1,5	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3
<b>Total</b>	<b>19,0</b>	<b>13,7</b>	<b>18,6</b>	<b>15,5</b>	<b>13,6</b>	<b>18,6</b>
<b>Acides gras monoinsaturés</b>						
16:1	11,9	7,4	13,7	10,6	8,6	15,3
18:1	18,3	24,0	21,0	23,4	24,7	20,3
20:1	1,4	1,8	2,1	1,8	1,7	2,7
<b>Total</b>	<b>31,6</b>	<b>33,2</b>	<b>36,8</b>	<b>35,8</b>	<b>34,9</b>	<b>38,3</b>
<b>Acides gras polyinsaturés</b>						
18:2	12,1	28,9	5,9	9,0	11,7	4,0
20:3	0,9	0,6	0,7	0,7	0,4	1,4
20:4	0,7	0,2	0,8	0,5	0,4	0,6
22:4	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
22:5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
<b>Total n-6</b>	<b>14,1</b>	<b>29,8</b>	<b>7,8</b>	<b>10,4</b>	<b>12,6</b>	<b>6,1</b>
18:3	1,5	5,2	7,8	16,6	23,2	2,2
18:4	1,7	1,2	2,4	2,2	2,2	1,5
20:5	5,1	1,9	5,4	3,2	2,0	5,2
22:5	1,2	0,4	1,4	0,8	0,5	1,1
22:6	13,6	6,8	13,1	10,5	7,7	14,2
<b>Total n-3</b>	<b>23,1</b>	<b>15,6</b>	<b>29,9</b>	<b>33,3</b>	<b>35,6</b>	<b>24,3</b>
<b>n-3/n-6 ratio</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>3,9</b>	<b>3,2</b>	<b>2,8</b>	<b>4,1</b>
<b>EPA</b>	<b>5,1</b>	<b>1,9</b>	<b>5,4</b>	<b>3,2</b>	<b>2,0</b>	<b>5,2</b>
<b>DHA</b>	<b>13,6</b>	<b>6,8</b>	<b>13,1</b>	<b>10,5</b>	<b>7,7</b>	<b>14,2</b>
<b>DHA/EPA ratio</b>	<b>2,7</b>	<b>3,7</b>	<b>2,5</b>	<b>3,3</b>	<b>3,9</b>	<b>2,8</b>

Les résultats consignés dans le tableau 3.1.1 indiquent que les rations contenant 4% d'huile végétale (R1 et R3) ont entraîné une meilleure rusticité des poissons car le taux de mortalité est inférieur (0,29 – 0,42%) à celui des rations témoin avec de l'huile de poisson (0,48%). La relative amélioration de la rusticité par l'incorporation de l'huile végétale dépend de la dose car les teneurs élevées ont résulté en une mortalité élevée (0,6 – 0,8%).

Comme pour la survie, l'incorporation des faibles teneurs en huile végétale ont eu pour effet une amélioration significative ( $P < 0,05$ ) des performances de croissance. En effet, les valeurs pour le poids final et la vitesse de croissance étaient plus élevées chez les poissons ayant reçu 4% d'huile de carthame ou de lin. En revanche, les teneurs élevées en huile végétale ont entraîné une détérioration des performances de croissance. L'amélioration des processus de croissance par les faibles apports d'huile végétale était relative à une utilisation alimentaire élevée comparativement aux rations contenant uniquement de l'huile de poisson ou celles avec des fortes teneurs d'huile végétale.

Contrairement aux effets positifs sur la croissance, la substitution de l'huile de poisson par des huiles végétales a entraîné une plus grande accumulation de lipides dans la carcasse et le muscle du poisson quelle que soit la dose testée et pour les deux types d'huile végétale (Tableau 3.1.1). En effet, les teneurs en lipides totaux dans la carcasse et le muscle pour les rations contenant des huiles végétales étaient de 7,34 et 1,08 contre 5,30 et 0,70 pour la ration avec uniquement de l'huile de poisson. Néanmoins, en ce qui concerne les faibles apports d'huile végétale, la qualité des acides gras est comparable à celle des juvéniles nourris uniquement avec l'huile de poisson car les rapports DHA/EPA sont respectivement de 2,5 – 2,7 vs 2,8.

Globalement, les résultats de cette étude confirment nos conclusions antérieures sur l'intérêt d'une incorporation adéquate de certains types d'huile végétale, notamment l'huile de carthame ou de lin, dans l'alimentation de la perche en vue d'améliorer son métabolisme lipidique. Le fait que l'incorporation de ces huiles dans la ration de la perche ne détériore pas les profils en acides gras dans le muscle confirme l'hypothèse que la perche valorise essentiellement les acides gras n-3 et n-6 et a une capacité efficiente d'élongation et de désaturation de l'acide éicosapentaénoïque (EPA) en acide docosahexaénoïque (DHA).

## **3.2. Immunomodulation par la supplémentation alimentaire**

### **3.2.1. Effets des immunostimulants sur la survie, la croissance et le système immunitaire**

#### **a. Introduction**

Depuis quelques années, l'utilisation des immunostimulants est étudiée chez certaines espèces de poissons pour renforcer l'action des vaccins ou comme additif alimentaire en vue d'améliorer les capacités naturelles des animaux à résister aux infections. A part les substances de synthèse comme le levamisole, la plupart d'immunostimulants testés chez les poissons sont des substances biologiques dont notamment : - des dérivés de bactéries (lipopolysaccharides, etc), - des extraits d'organes d'animaux ou de plantes (comme les  $\beta$ -glucanes, le lysozyme, etc) - des polysaccharides (chitine, chitosane, etc), - des facteurs nutritionnels (vitamines C et E), - des hormones (GH, etc) et des cytokinines (lactoferrine, etc).

Actuellement, la lactoferrine et les glucanes beta 1,3/1,6 ("  $\beta$ -glucan ") sont les plus étudiées en aquaculture. La lactoferrine est une glycoprotéine possédant deux sites de fixation d'atomes de fer présente dans le lait, les larmes, la salive et les autres fluides corporels (Kakuta, 2000). Chez les mammifères, elle posséderait une activité antibactérienne en privant les bactéries du fer nécessaire à leur croissance (Lygren *et al*, 1999). Elle favoriserait également la croissance des lymphocytes, des granulocytes et des neutrophiles par son intervention dans l'absorption de fer

(Sakai, 1999). Bien qu'on ignore encore si les poissons produisent de la lactoferrine (même si un facteur actif à faible pH capable de fixer des atomes de fer a été décrit) (Lygren *et al*, 1999), elle pourrait provoquer chez eux les mêmes effets physiologiques.

Les  $\beta$ -glucanes sont des polysaccharides dérivés des 1,3- et  $\beta$ -, 6-polyglucose et sont les principaux polysaccharides structuraux des parois cellulaires de la plupart des levures et des mycélium de champignons et végétaux tels que les céréales. Les  $\beta$ -glucanes pourraient stimuler les mécanismes de défense parce que beaucoup d'organismes ont développé diverses voies de synthèse permettant la constitution ou la reconnaissance de ces molécules. Ces substances sont parmi les premiers immunostimulants testés chez les poissons car ce sont des extraits naturels qui s'incorporent facilement à l'aliment et n'ont pas d'effets néfastes sur la qualité de l'eau (Robertson *et al.*, 1994).

Contrairement aux  $\beta$ -glucanes, le lysozyme, un enzyme qui dégrade les parois cellulaires des bactéries, n'est pas bien connu comme immunostimulant en aquaculture à part son utilisation pour renforcer l'action de certains vaccins (Siwicki *et al.*, 1998). Pourtant le lysozyme est communément utilisé dans des applications humaines, par exemple pour prévenir les caries, en aérosol pour soigner la broncho-pneumonie et pour d'autres infections.

Même si plusieurs expériences ont déjà été menées sur l'utilisation des immunostimulants pour renforcer la défense immunitaire chez différentes espèces de poissons, aussi bien marines que d'eau douce, chez la perche commune aucun immunostimulant n'a jamais été testé.

Pour ce faire, une première étude préliminaire a été réalisée au cours du printemps 2001 et en début 2002 en vue de déterminer les effets d'une alimentation supplémentée en  $\beta$ -glucanes (1000ppm), en lysozyme (1000 – 2000ppm) et en lactoferrine (100ppm) sur la croissance et le système immunitaire des juvéniles de la perche commune.

## **b. Matériel et méthodes**

Deux expériences ont été réalisées en triplicat avec au départ 30 à 50 poissons par groupe. Les rations supplémentées en immunostimulants ont été distribuées pendant 2 à 4 semaines. Les suppléments alimentaires (betafin et immunostimulants) mélangés à l'hydroxy-propyl-méthyl-cellulose (HPMC) étaient additionnés aux granulés par la technique d'enrobage humide (pulvérisation à basse température,  $\pm 35^\circ\text{C}$ ).

L'HPMC est utilisé non seulement comme liant mais aussi pour empêcher une décomposition rapide de l'aliment dans l'eau. Les doses suivantes ont été testées :

1<sup>er</sup> essai :

- Témoin = T : BioMar Aqualife 17 n°3 + Betafin (Betafin S-1, Trone Nutrition)
- Lysozyme (Sigma) = Lyso : T + 1000ppm,
- $\beta$ -glucan (Sigma) = Glu : T + 1000ppm.

2<sup>ème</sup> essai :

- Témoin = T : BioMar Aqualife 17 n°3 + Betafin (Betafin S-1, Trone Nutrition)
- Lysozyme (Sigma) = Lyso : T + 2000ppm,
- Lactoferrine ( Biopole) = Lacto : T + 100 ppm

Ces essais ont été réalisés sur des juvéniles (12 – 24g) élevés dans des bassins en circuit fermé conçu pour maintenir les conditions physico-chimiques quasiment comparables pour tous les groupes expérimentaux. La température moyenne a été maintenue à  $22 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$  et les teneurs moyennes en oxygène dissous étaient de  $9,49 \pm 1,8$  mg/l durant toute la période expérimentale. La survie des poissons ainsi que certains paramètres immunologiques (nombres de leucocytes et de lymphocytes, taux d'hémoglobine, activité phagocytaire par la mesure des radicaux oxydatifs [NBT test] et activité lysozyme) ont été évalués toutes les deux semaines.

### c. Résultats et discussion

Les résultats concernant la survie et la croissance sont présentés dans les tableaux 3.2.1-2 et ceux relatifs aux paramètres immunologiques par les figures 3.2.1-4.

**Tableau 3.2.1** : Survie et croissance chez des juvéniles nourris avec des aliments supplémentés en immunostimulants (Lysozyme-1000ppm et  $\beta$ -glucan-1000ppm).

	Témoin	Lysozyme	$\beta$ -glucan
Taux moyen de survie (%)	71 $\pm$ 3	74 $\pm$ 6	76 $\pm$ 4
Poids moyen initial (g)	24,46 $\pm$ 0,9	24,27 $\pm$ 0,11	25,19 $\pm$ 1,34
Poids moyen final (g)	37,30 $\pm$ 1,4	37,59 $\pm$ 1,02	38,25 $\pm$ 2,01
Taux de croissance spécifique (TCS %j-1)	1,05 $\pm$ 0,18	1,09 $\pm$ 0,10	1,04 $\pm$ 0,05
Efficiencia de la conversion alimentaire (ECA)	0,88 $\pm$ 0,12	0,92 $\pm$ 0,26	0,95 $\pm$ 0,12

Pour tous les paramètres, les moyennes ne diffèrent pas statistiquement.

---

Composition : - Protéines brutes : 42%, - Matières grasses brutes : 22%, - Cendres brutes : 8,6%, - Cellulose brute : 2%, - P. total : 1,23, - Additifs : vit A : 15000 I.U./kg, vit D3 : 3000 I.U./kg, vit E : 210 mg/kg.

**Tableau 3.2.2 :** Survie et croissance chez des juvéniles nourris avec de l'aliment supplémenté en immunostimulants (Lysozyme-2000ppm et lactoferrine-100ppm)

	Témoin	Lysozyme	Lactoferrine
Taux moyen de survie (%)	69 ± 5	73 ± 2	66 ± 10
Poids moyen initial (g)	12,53 ± 1,3	12,01 ± 0,1	13,51 ± 1,1
Poids moyen final (g)	24,85 ± 2,2	24,58 ± 3,7	24,53 ± 3,2
Taux de croissance spécifique (TCS %j-1)	0,94 ± 0,3	0,94 ± 0,34	0,88 ± 0,5
Efficiéce de la conversion alimentaire (ECA)	0,73 ± 0,11	0,0,73 ± 0,08	0,0,70 ± 0,15

Pour tous les paramètres, les moyennes ne diffèrent pas statistiquement.

Les résultats de ces deux essais montrent que les immunostimulants testés n'ont eu aucun effet positif sur la survie des juvéniles contrairement à ce qui est rapporté dans la littérature concernant les glucanes et la lactoferrine chez certaines espèces de poissons. Les substances étudiées n'ont pas non plus affecté la croissance et l'utilisation alimentaire et le choix d'une dose adéquate ne semble pas promettre une influence plus significative notamment pour le lysozyme qui a été testé à deux niveaux (1000 vs 2000ppm).

Les valeurs obtenues pour les paramètres immunologiques ont montré des fluctuations plus au moins importantes dans le temps au sein d'un même groupe de poissons indépendamment des traitements (Figure 3.2.1-4). Néanmoins, ces fluctuations étaient peu marquées en ce qui concerne l'activité phagocytaire estimée par la concentration en radicaux oxydatifs (Figure 3.2.1-3).

Au cours du premier essai, le nombre de leucocytes et celui de lymphocytes étaient plus élevés chez les poissons ayant reçu la supplémentation en lysozyme (1000ppm) comparativement au témoin et au groupe nourri avec des glucanes mais cette amélioration n'a pas été observée lors du deuxième essai (Figure 3.2.1-2) avec une dose plus élevée de lysozyme dans la ration (2000ppm). Un effet dose-dépendant pourrait être évoqué en ce qui concerne les deux immunostimulants étudiés ; d'une part, en ce qui concerne le lysozyme la dose de 2000ppm serait trop élevée, et d'autre part, pour les glucanes une dose optimale serait à définir.

Aucune substance utilisée comme immunostimulant n'a amélioré significativement le taux d'hémoglobine (Figure 3.2.1b) et l'activité phagocytaire (Figure 3.2.3). En revanche, toutes les substances utilisées comme immunostimulants ont augmenté significativement ( $P < 0,05$ ) l'activité lysozyme avec des valeurs élevées en accord avec la supplémentation en lysozyme exogène (Figure 3.2.4). Cette stimulation de l'activité lysozyme a persisté au cours du traitement et a diminué progressivement ou brusquement après l'arrêt de la supplémentation en immunostimulants. Ce résultat corrobore les conclusions rapportées par la littérature sur les  $\beta$ -glucanes et la lactoferrine chez certaines espèces de poissons notamment la truite (Sakai, 1999).

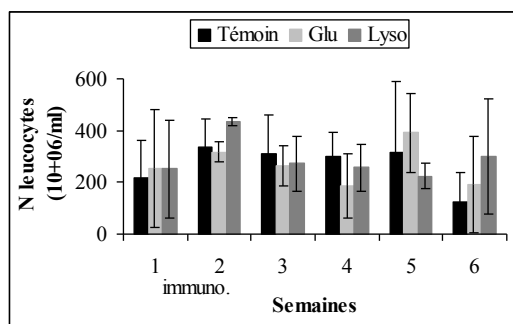


Figure 3.2.1a

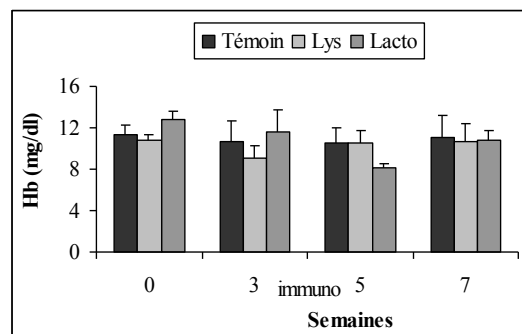
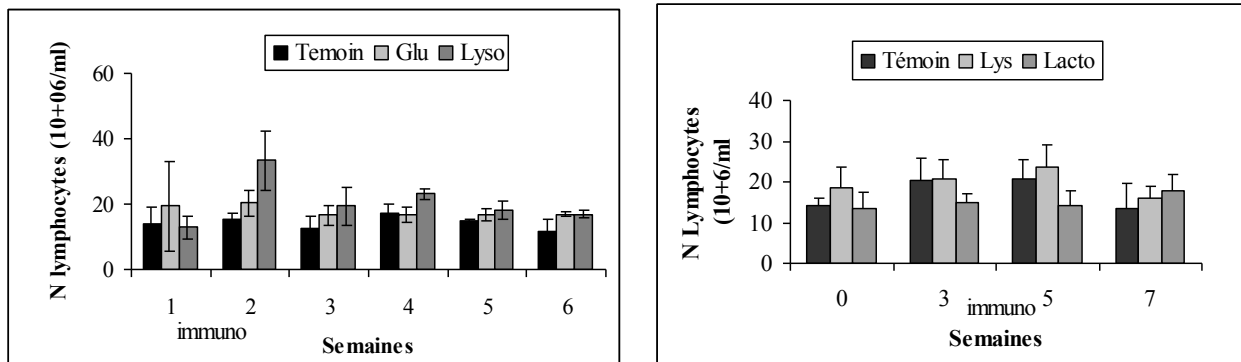
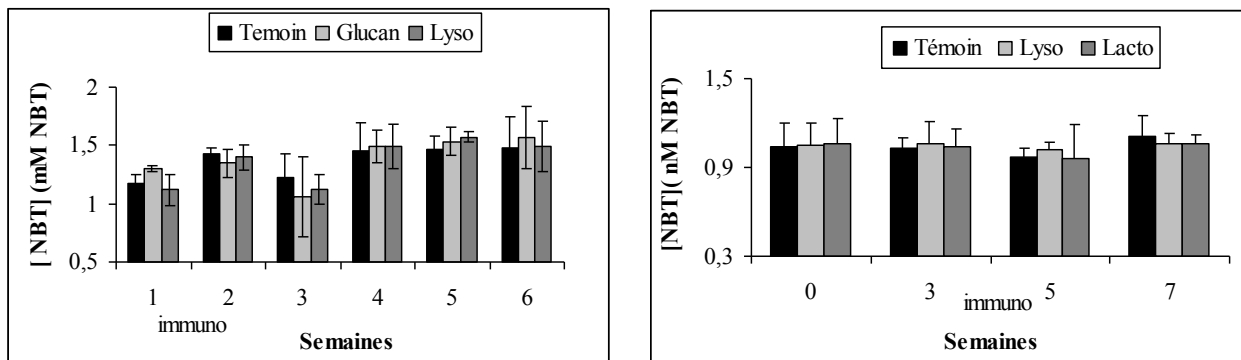


Figure 3.2.1b

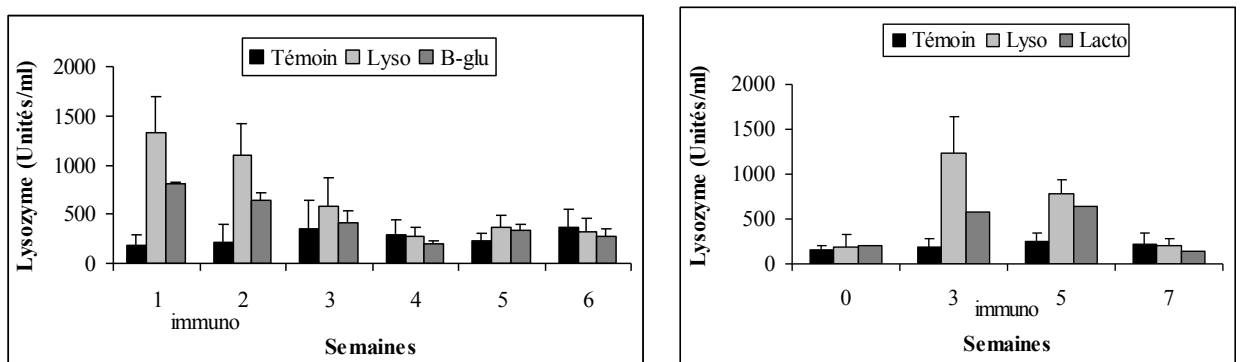
**Figure 3.2.1:** Variation du nombre de leucocytes (Figure 3.2.1a) et de la concentration en hémoglobine (Figure 3.2.1b) avec le temps chez les témoins et les juvéniles ayant reçu des immunostimulants.



**Figure 3.2.2:** Variation du nombre de lymphocytes avec le temps chez les témoins et les juvéniles ayant reçu des immunostimulants



**Figure 3.2.3:** Variation de l'activité phagocytaire (concentration en radicaux oxydatifs) avec le temps chez les témoins et les juvéniles ayant reçu des immunostimulants.



**Figure 3.2.4:** Variation de l'activité lysozyme avec le temps chez les témoins et les juvéniles ayant reçu des immunostimulants.

### 3.2.2. Effets de la lactoferrine sur la résistance aux maladies

#### a. Matériel et méthodes

Nos expériences préliminaires ayant montré que la lactoferrine stimule l'activité lysozyme, un essai a été réalisé en vue de déterminer les effets de cet immunostimulant sur la résistance des poissons aux pathologies, notamment contre *Heteropolaria sp*, un des principaux ectoparasites chez la perche commune.

Les poissons ont été placés en conditions extrêmes d'élevage (eau de Meuse, densité d'élevage élevée, poissons de grande taille). L'expérience a donc été menée sur des individus d'environ 146g (38kg au total) placés dans des bassins de 1,5m<sup>3</sup>/2m<sup>3</sup> alimentés en eau de Meuse à 23°C sans effectuer de traitements antiparasitaires (*Heteropolaria*) préventifs réguliers, pendant 2 mois. Les lots "témoin" ont été nourris à la ration maximale à l'aide de granulés complétés en huile de soja tandis que les lots testés ont reçu des granulés contenant 50 mg/kg d'aliment de lactoferrine, préalablement mélangée à de l'huile de soja afin de faciliter sa fixation aux granulés.

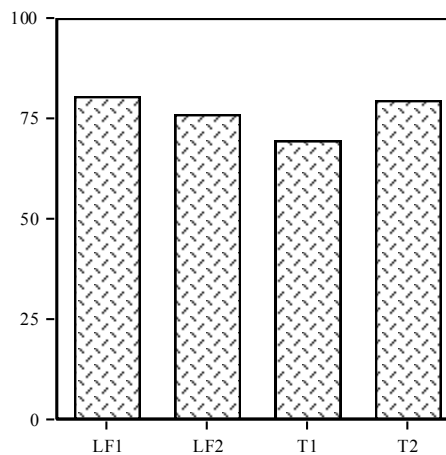
La température, la concentration en oxygène et les individus morts ont été relevés chaque matin. Tous les 15 jours un contrôle du poids moyen a été réalisé sur 100 poissons afin d'ajuster les rations. La survie a été déterminée au terme de l'expérience par comptage total du nombre de poissons. Le taux d'infestation par *Heteropolaria sp* a été calculé sur un échantillon de 100 poissons suivant la méthode de *Grignard et al* (subdivision des poissons en 24 zones et dénombrement des zones infestées).

## b. Résultats et discussion

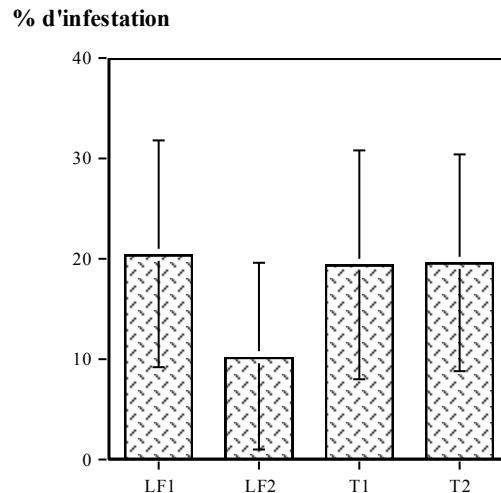
Comme le montrent les figures 3.2.5-6, l'utilisation de lactoferrine dans l'aliment n'a pas permis d'améliorer le taux de survie ni de diminuer significativement le taux d'infestation par *Heteropolaria sp*: seul le deuxième lot traité montre un taux d'infestation significativement moins élevé ( $P < 0,05$ ) que dans les autres lots.

Il est par contre plus étonnant de noter que seul ce lot montre une augmentation du poids moyen en fin d'expérience alors qu'il diminue dans les autres lots (figure 3.2.7). Les poissons de ce lot, vu leur meilleur état sanitaire, aurait pu avoir un meilleur appétit, ce qui expliquerait l'augmentation du poids moyen final. D'autre part, *Grignard et al* a montré que ce sont généralement les plus gros individus qui sont les plus touchés par *Heteropolaria sp*. La mortalité au sein de ceux-ci pourrait donc être plus élevée lorsque les conditions d'élevage se dégradent. On pourrait dès lors penser que puisque le taux d'infestation dans le deuxième lot traité est plus faible, les gros individus de ce lot ont pu mieux résister aux conditions de l'expérience tandis qu'ils ont pu disparaître dans les autres lots.

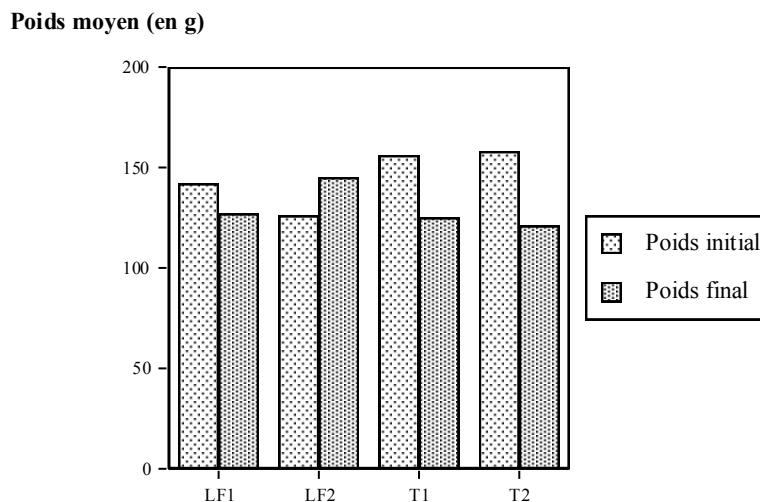
Survie (en %)



**Figure 3.2.5:** Influence de la lactoferrine incorporée à l'aliment (50mg/kg) sur le taux de survie (en %) chez la perche commune *Perca fluviatilis* élevée en circuit ouvert. N.B.: LF = lots ayant reçu l'aliment contenant de la lactoferrine et T = lots témoin.



**Figure 3.2.6:** Influence de la lactoferrine incorporée à l'aliment (50mg/kg) sur le pourcentage de zones infectées par *Heteropolaria sp.* chez la perche commune *Perca fluviatilis* élevée en circuit ouvert à 23°C. N.B.: LF = lots ayant reçu l'aliment contenant de la lactoferrine et T = lots témoin.



**Figure 3.2.7:** Comparaison entre les poids moyen initiaux et finaux chez la perche commune (*Perca fluviatilis*) élevée en circuit ouvert à 23°C. N.B.: LF = lots ayant reçu l'aliment contenant de la lactoferrine et T = lots témoin.

En conclusion, même si le taux de survie n'a pas été amélioré, l'utilisation des immunostimulants semblent présenter un intérêt car elle pourrait stimuler certains mécanismes de la défense non spécifique comme l'activité lysozyme chez les juvéniles de la perche. Elle permettrait aussi de prévenir certaines infestations comme celle de l'*Heteropolaria sp* ainsi que ses conséquences même si les effets observés n'étaient pas généralisés sur tous les groupes traités.



## 4. CONDITIONS OPTIMALES DE PRODUCTION ET MODELISATION DE LA CROISSANCE

### 4.1. Fréquence optimale de tri

En raison du recours probable à l'élevage de populations monosexes femelles et de souches plus performantes, une étude complémentaire de l'hétérogénéité de la croissance sera initiée ultérieurement sur base des productions d'alevins 2000 (200.000 alevins sevrés de 0,2g) en vue de définir les fréquences optimales de tri.

### 4.2. Mesures de la consommation d'oxygène et de la production d'ammonium-ammoniac

#### Matériel et méthodes

Afin de mesurer la consommation en oxygène et la production d'ammonium-ammoniac en période de nourrissage, quatre lots (en réplicats) de poissons ont été constitués en bassins de 4m<sup>2</sup>/2m<sup>2</sup> en circuit fermé à une température de 23°C. Pour tester l'influence du poids des poissons mais aussi du système de nourrissage employé, nous avons utilisé deux classes de poids différente de juvéniles et deux types de nourrisseurs: automatique (déroulement du tapis sur une période de 12 heures) ou à la demande. Quel que soit le poids moyen des poissons, les bassins contenaient une biomasse totale de 20kg. Un deuxième essais a été réalisés lorsque le poids moyen des poissons a doublé (tableau 4.2.1). Tout au long des expériences, les poissons ont été nourris à la ration optimale.

**Tableau 4.2.1:** Conditions expérimentales des deux essais réalisés à 23°C en circuit fermé en bassins de 4m<sup>2</sup>/2m<sup>2</sup> en vue de déterminer la consommation en oxygène et la production d'ammonium-ammoniac de juvéniles de perche eurasienne *Perca fluviatilis*.

	Poids moyens (en g)	Nombre	Biomasse (en kg)	Débits (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )
ESSAI 1	• 63,8 • 31,2	• 473 • 991	20	• 3,1 • 3,2
ESSAI 2	• 136,4 • 86,9	• 149 • 231	20	• 5,5 • 5,6

Afin de limiter tout apport extérieur d'oxygène, les systèmes d'aération (bulleur à plateau micro-perforé) ont été retirés des bassins. De plus, un tuyau muni d'un coude a été placé directement sur la vanne d'arrivée d'eau pour supprimer la chute d'eau et pour créer un courant circulaire à l'intérieur des bassins. En raison des teneurs relativement élevées dans les bassins (5 mg/l), nous avons considéré les échanges gazeux se produisant à la surface de l'eau comme étant négligeables. Les débits ont été uniformisés et réglés de manière à maintenir un taux minimum d'oxygène de 5mg/l pendant le nourrissage à la sortie des bassins. Suite à la mise en place de ces systèmes, une période d'adaptation d'environ trois jours a été nécessaire pour que les poissons retrouvent un comportement alimentaire normal.

Les mesures de la concentration en oxygène (à l'aide d'un oxymètre WTW Oxi 330) et en ammonium-ammoniac (à l'aide d'un spectrophotomètre type DR/2010) ont été effectuées à la sortie des bassins expérimentaux et à l'entrée.

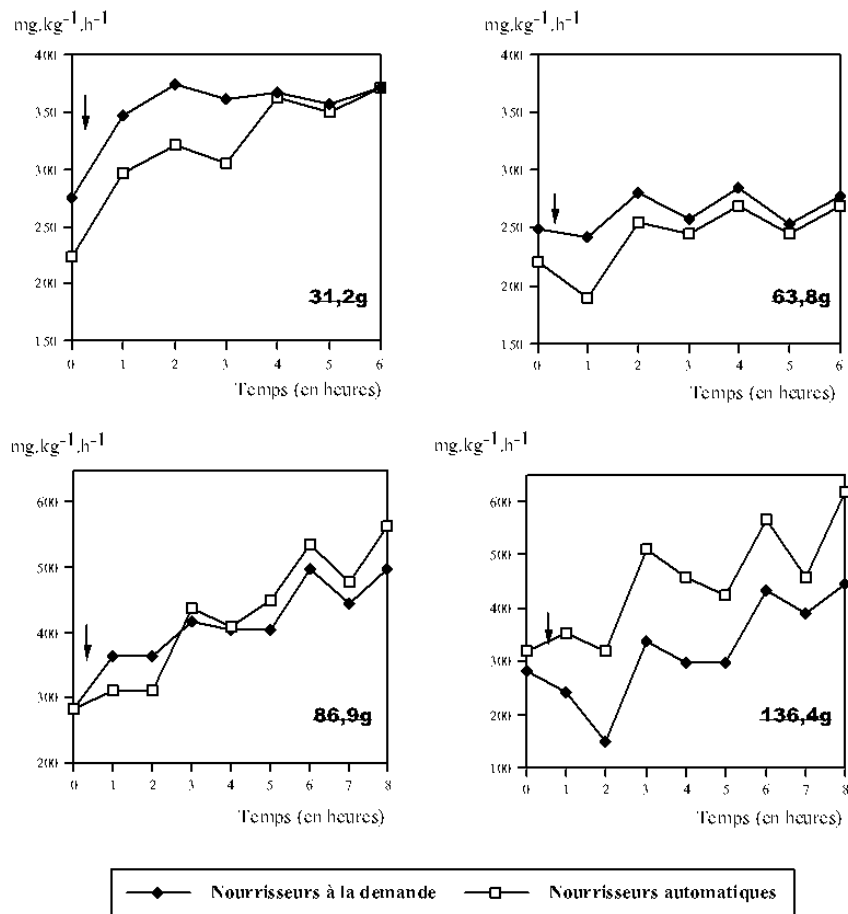
Deux cycles de mesures nous ont tout d'abord permis de suivre l'évolution des concentrations d'oxygène et d'ammoniac-ammonium après le nourrissage. Nous avons ensuite pu déterminer à quel moment effectuer les mesures ponctuelles correspondant aux pics de consommation d'oxygène et de production d'ammoniac.

### Résultats

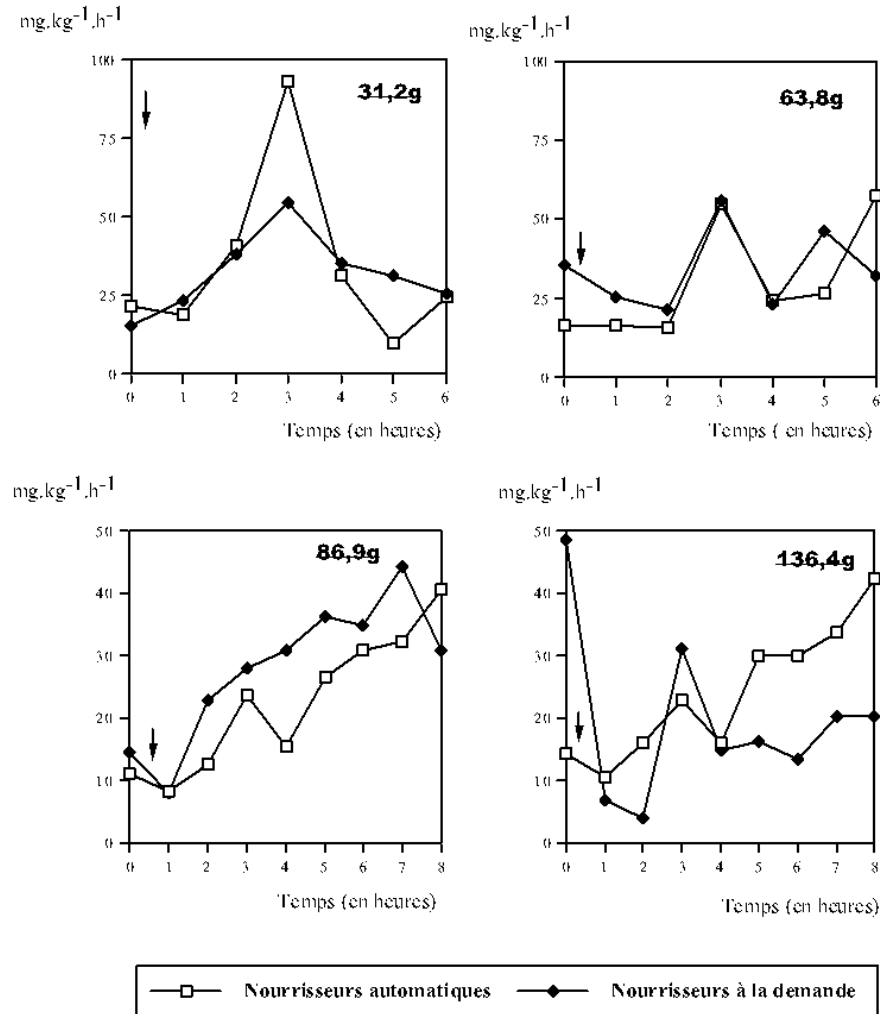
Comme le montre les figures 4.2.1 à 4.2.3, le plateau de consommation d'oxygène et de production en ammonium-ammoniac se produisent environ 4 heures après le début du nourrissage ,et ce, quel que soit le poids des poissons. On peut également noter que les deux courbes suivent la même évolution que les bassins soient munis de nourrisseurs automatiques ou à la demande.

En ce qui concerne la consommation d'oxygène, on note en fin de cycle (environ 8 heures après le nourrissage) une forte augmentation (doublement pour les poissons de 80 et 130g). La consommation d'oxygène est plus élevée avec les nourrisseurs à la demande pour des poissons de petite taille tandis que le contraire est observé pour des poissons de plus grande taille.

De telles différences n'apparaissent par contre pas pour la production d'ammonium-ammoniac. On peut toutefois remarquer qu'en utilisant les nourrisseurs à la demande, la production d'ammonium-ammoniac est plus élevée dans les heures qui suivent le nourrissage mais qu'elle tend à diminuer en fin de journée alors qu'elle continue à augmenter lentement avec les nourrisseurs automatiques. Ceci est certainement lié au fait que les poissons consomment l'aliment sur une courte période avec les nourrisseurs à la demande (ils sont généralement vides environ 4 heures après la distribution de l'aliment) tandis que les nourrisseurs automatiques continuent à distribuer de l'aliment bien après que la dernière mesure ait été effectuée.

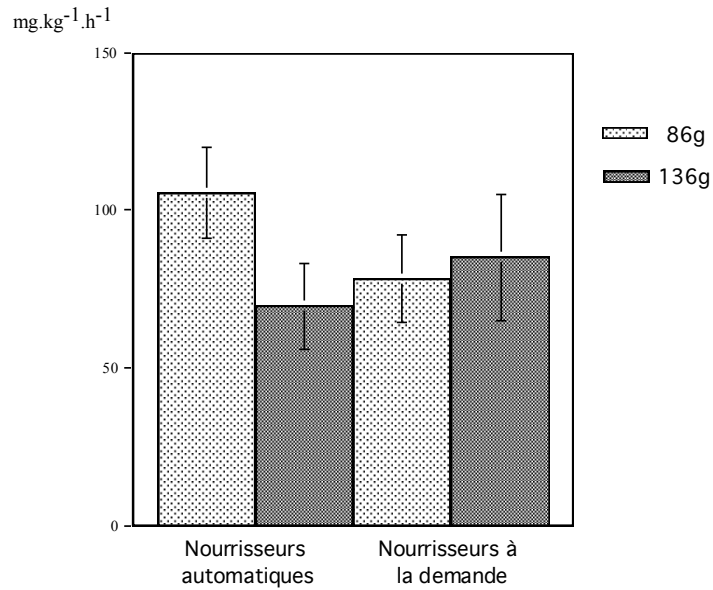


**Figure 4.2.1:** Evolution de la consommation d'oxygène de juvéniles de perche eurasienne *Perca fluviatilis* de taille différente au cours de la période de nourrissage (nourrisseurs automatiques et à la demande). N.B.: les flèches indiquent le moment où l'aliment a été placé dans les nourrisseurs.

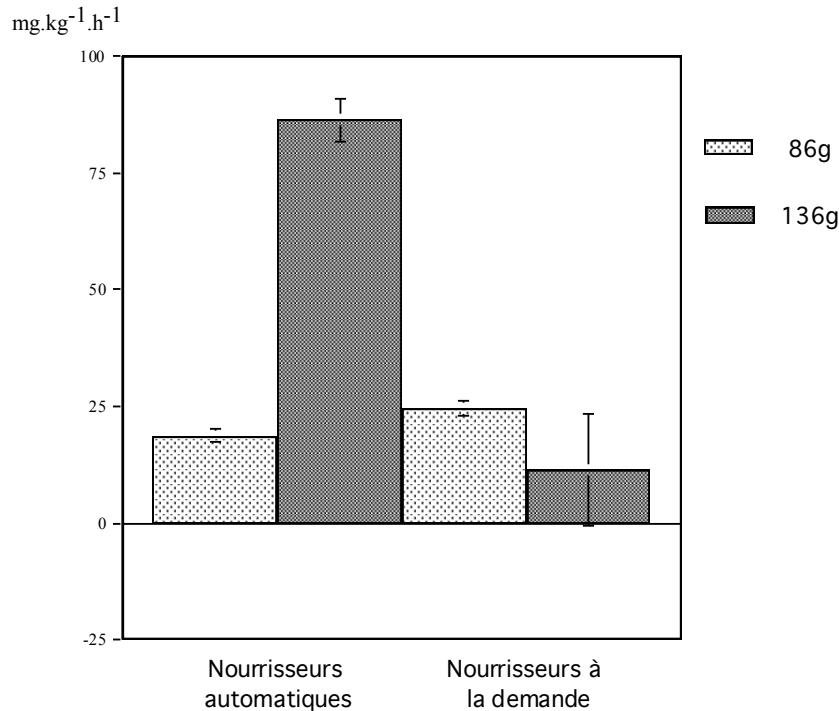


**Figure 4.2.2:** Evolution de la production d'ammonium-ammoniac de juvéniles de perche eurasiennne *Perca fluviatilis* de taille différente au cours de la période de nourrissage (nourrisseurs automatiques et à la demande). N.B.: les flèches indiquent le moment où l'aliment a été placé dans les nourrisseurs.

Grâce aux mesures de consommation d'oxygène et de production d'ammonium-ammoniac effectuées plusieurs jours d'affilée 4 heures après le nourrissage, on remarque qu'il n'y a pratiquement aucune différence entre des nourrisseurs à la demande ou automatiques pour des poissons de 136g: 85 et 69 mg d'oxygène consommé par kilo de poissons par heure. La forte différence existant entre les valeurs d'ammonium-ammoniac en utilisant un nourrisseur automatique et à la demande (respectivement 86,4 et 11,34 mg produits par kilo de poissons par heure) serait elle plutôt dûe aux fortes variations des mesures effectuées (déviatiion standard = 76). Par contre, pour des poissons de 86g, la consommation d'oxygène est nettement supérieure avec un nourrisseur à tapis qu'avec un nourrisseur à la demande (105 et 78 mg kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> respectivement). La production d'ammonium-ammoniac est elle un peu plus élevée avec un nourrisseur à la demande (24 mg kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> contre 18 mg kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> avec un nourrisseur automatique). Il faut néanmoins remarquer que les déviatiions standard sont très élevées, notamment pour les mesures d'oxygène.



**Figure 4.2.3:** Comparaison des consommations d'oxygène quatre heures après la distribution d'aliment (ration optimale) des juvéniles de perche eurasienne *Perca fluviatilis* de 86 et 136g placés en circuit fermé à 23°C en bassins de 4m<sup>2</sup>/2m<sup>3</sup> munis de nourrisseurs automatiques et à tapis. N.B.: les chiffres situés au-dessus des colonnes représentent la déviation standard.



**Figure 4.2.4:** Comparaison des productions d'ammonium-ammoniac quatre heure après la distribution d'aliment (ration optimale) des juvéniles de perche eurasienne *Perca fluviatilis* de 86 et 136g placés en circuit fermé à 23°C en bassins de 4m<sup>2</sup>/2m<sup>3</sup> munis de nourrisseurs automatiques et à tapis. N.B.: les chiffres situés au-dessus des colonnes représentent la déviation standard.

### Conclusion

Il ressort de ces analyses que de fortes variations peuvent se produire dans les bassins d'élevage de juvéniles de perche eurasienne suite au nourrissage. De nouvelles mesures devraient être effectuées afin de déterminer si ces hausses de consommation d'oxygène et de production d'ammonium-ammoniac pourraient affecter la productivité d'un élevage en circuit fermé suite à la diminution de la qualité de son eau à long terme d'une part et de manière plus brutale lors des pics de consommation d'oxygène et de production d'ammoniac.

## **4. CONCLUSIONS GENERALES**

### **1. Production optimisée de larves**

- Comme le montrent les résultats des expériences visant à améliorer la qualité des œufs et des larves, aucun des lots de géniteurs captifs nourris avec de l'aliment artificiel (enrichi ou non à l'aide d'acides gras et de vitamine E et B1) n'a pu produire des pontes de qualité égale à celles obtenues à partir de géniteurs sauvages. De plus, aucun des facteurs (acides gras, hormone thyroïdienne,...) testés ne nous permet d'expliquer cette différence. Des résultats plus prometteurs ont par contre été obtenus avec des géniteurs captifs placés en étang et nourris uniquement avec de l'aliment naturel (alevins). La mortalité élevée des géniteurs dans les conditions actuelles d'élevage, aussi bien avant et qu'après la période de reproduction est aussi un problème majeur. Il est dès lors difficile de conserver un stock de géniteurs pouvant atteindre à terme une taille équivalente à celle des géniteurs sauvages et d'entreprendre des programmes de sélection. Néanmoins, certaines de nos études ont montré que l'utilisation d'un système d'élevage en circuit fermé devrait permettre d'améliorer les conditions de stockage et donc la survie des géniteurs notamment grâce au recours à une alimentation naturelle.

### **2. Améliorations génétiques**

- La comparaison des populations d'origines géographiquement différentes n'a pas montré d'effet "souche" évident en ce qui concerne les performances de croissance car les résultats étaient variables d'une année à l'autre. Néanmoins, certains essais ont montré que la souche polonaise présente une meilleure survie à basse température (15 – 17°C) comparativement à la "souche" finlandaise qui est moins rustique que la souche locale issue de la Meuse.
- La mise au point de la technique de production de populations monosexes femelles a permis d'obtenir par inversion hormonale du sexe, des individus mâles fertiles à génotype femelle (néomâles), et d'autre part, nous avons pu produire des populations monosexes femelles en fécondant des œufs avec de la laitance de néomâle. L'analyse de la croissance, montre qu'à partir d'un poids corporel moyen de 28 g (160 jours), les femelles ont tendance à grandir plus vite que les mâles. La taille commercialisable ( $\pm 80$  g) est atteinte en 250 jours en réalisant l'élevage de lots monosexes femelles, alors qu'elle serait atteinte en plus de 280 jours en élevant des populations à sexe-ratio équilibré. De plus, les lots monosexes présentent des taux de conversion plus faibles que les lots témoin, avec une ration alimentaire en pourcentage de la biomasse plus faible.
- La production de populations 100 % triploïdes a été réalisée mais les faibles taux de survie enregistrés à l'éclosion ne nous ont pas permis de réaliser l'étude de la comparaison de croissance.
- Les premières études comparatives des performances de croissance et de survie d'individus hybrides et d'individus de souches pures nous ont permis de mettre en évidence la croissance supérieure des hybrides (25 %) par rapport aux souches pures, ainsi qu'un meilleur taux de survie. Cette augmentation de la survie et du taux de croissance est très probablement liée à "la vigueur hybride". Nous avons de plus mis en évidence que le sexe ratio des populations hybrides est significativement dévié en faveur des mâles. En revanche, les individus d'espèce pure américaine (Yellow perch) ont montré des meilleures performances de survie et de croissance que les hybrides ou les individus de l'espèce pure européenne au cours du stade juvénile. Les études réalisées au début du stade de grossissement ont montré que la "vigueur hybride" se maintient par rapport à la perche commune et que les hybrides croissent relativement plus vite que l'espèce américaine pure.

### 3. Alimentation

- Les études nutritionnelles poursuivies au cours de l'année 2000 avaient comme objectifs généraux:
  - l'étude du métabolisme des acides gras et de la distribution des gouttelettes dans le foie chez la perche ;
  - l'évaluation des effets des diverses sources de lipides comme l'huile de lin ou de coco, etc ; étant donné l'importance de leur composition en acides gras essentiels (acides linoléique et linoléique, etc) ;
  - de tester les effets des immunostimulants sur la survie, la croissance et le système immunitaire.
  
- Les conclusions suivantes peuvent être retenues :
  - L'huile de coco ou d'olive ne semble pas être une bonne source de lipides pouvant être utilisée seule dans le rationnement de la perche; par contre, l'huile de carthame ou de lin est plus nutritive et a des effets favorables sur la croissance chez la perche;
  - Des faibles apports d'huile végétale (4%) dans la ration des juvéniles permettent d'améliorer la vitesse de croissance comparativement à un aliment avec uniquement de l'huile de poisson ;
  - Les acides gras n-3 et n-6 seraient essentiellement utilisés chez la perche pour les processus de croissance;
  - Les processus d'élongation et de désaturation de l'acide éicosapentaénoïque (EPA) en acide docohexaénoïque (DHA) ainsi qu'une capacité limitée de convertir les acides gras 18:3n-3 et 18:2n-6 en 20:5n-3 et 20:4n-6 ont été mis en évidence;
  - L'utilisation de l'huile d'olive comme seule source de lipides peut entraîner une augmentation des gouttelettes lipidiques dans le foie suggérant que le haut niveau d'acides gras mono-insaturés pourrait être la cause d'un dysfonctionnement du foie chez le poisson;
  - Mis ensemble, ces données relatives au métabolisme des acides gras peuvent servir de base pour un rationnement plus adéquat chez la perche ;
  - Certains immunostimulants, comme la lactoferrine améliore la défense non spécifique chez la perche, notamment la stimulation de l'activité lysozyme. Ceci pourrait renforcer la résistance aux maladies car des résultats partiellement positifs ont été observés en ce qui concerne l'*Heteropolaria sp.*
  
- En ce qui concerne l'influence de la durée d'éclairage, les résultats intermédiaires semblaient démontrer un effet positif d'un allongement de la durée d'éclairage sur la croissance des juvéniles de perches, il s'est avéré, au terme de l'expérience, que celui-ci aurait provoqué au contraire une réapparition du cannibalisme.