

MISE AU POINT DE L'ALEVINAGE CONTROLÉ DU BARBEAU
Barbus barbus (L.) EN BELGIQUE.
PERSPECTIVES POUR LE REMPOISSONNEMENT DES RIVIÈRES.

par J.C. PHILIPPART (*)

Titre anglais : First experiments on controlled rearing of fry and fingerlings of the barbel, Barbus barbus (L.) in Belgium

RESUME

A partir de barbeaux géniteurs capturés par pêche à l'électricité dans l'Ourthe le 19 mai 1982, on a obtenu \pm 8.000 ovules qui ont été fertilisés artificiellement et incubés au laboratoire à 15-22°C. L'éclosion complète des embryons demande 120 degrés-jours à 17,6°C et 85 degrés-jours à 21,3°C; à ce moment (âge : 7 jours) la survie atteint 69,0-72,9%. Le stade de la larve nageuse (13 mm - 15 mg) correspondant au début de l'alimentation exogène est atteint, suivant la température, 9-14 jours (198-253 degrés-jours) après la fécondation; la survie à ce stade est 65,0-84,5% selon les essais. Le taux de mortalité des larves (âge final : 29-37 jours; poids moyen final : 22 mm - 270 mg) varie entre 0,07%/jour et 1,72%/jour (moyenne pour 10 essais : 0,52%). Le taux de mortalité tombe ensuite à moins de 0,6%/jour (moyenne pour 7 essais : 0,34%/jour) chez les alevins de 29-85 jours (poids final : 0,051-2,167 g) et à moins de 0,10%/jour en moyenne chez les alevins de 83-171 jours (poids final : 1,461-6,300 g). Pour les 7 essais de longue durée, la survie finale varie entre 36,9 à 72,4% (moyenne 49%) par rapport au stade oeuf non fécondé et entre 44,0 à 85,7% (moyenne : 70%) par rapport aux larves nageuses à alimentation exogène. La croissance des jeunes barbeaux varie considérablement en fonction de la température de l'eau qui agit sur l'appétit et la consommation de nourriture; la croissance est nulle à moins de 13°C, très faible (indice 1) à 16°C et maximum (indice 9) à 24°C. A température constante, le taux de croissance dépend de la

(*) Chercheur qualifié du FNRS.

Service d'Ethologie-Aquarium (Prof. J.C. RUWET) de l'Univ. de Liège.
Laboratoire de démographie des poissons et de pisciculture expérimentale.

22, quai Van Beneden B.4020 LIEGE

taille des poissons, du type d'alimentation (daphnies; larves de chironomes; aliment sec commercial) et surtout de la ration alimentaire journalière. Le contrôle et l'optimisation de l'environnement thermique des alevins et de leur alimentation a permis de produire en 150-180 jours des barbeaux ayant la taille (9-10 cm) et le poids (10-15 g) d'individus âgés de 16-24 mois en rivière. Les bases techniques établies dans cette étude ouvrent la voie à une production en masse d'alevins de barbeaux destinés au repoissonnement d'entretien des rivières belges où l'espèce régresse ou est disparue.

SUMMARY

Spawning barbels were caught by electrofishing in the river Ourthe on May 19, 1982 and used for artificial reproduction. About 8.000 ova stripped from gravid females were fertilised by male milt and then incubated at 15-22°C in a hatchery. All embryos are hatched at the 4-7th day of incubation, depending on the temperature (120 degrees-days at 17,6°C ; 85 degrees-days at 21,3°C) and their survival varies from 69% to 72,9%. The stage of the swimming larva with exogenous feeding (13 mm-15 mg) is achieved 9-14 days (198-253 degrees-days) after fertilisation and the survival at that age ranges from 65,0% to 84,5%. Up to 29-37 days the fry is suffering a mortality averaging 0,52%/day (range : 0,07%-1,72%/day); later on, the mortality rate drops to less than 0,6%/day (average value for 7 experiments : 0,34%/day) in alevins aged 29-85 days (final weight : 0,051-2,167 g) and to less than 0,10%/day in average in alevins aged 83-171 days (final weight : 1,461-6,300 g). In the 7 long term experiments, the final survival ranges from 36,9% to 72,4% (average value : 49,0%) when starting with the unfertilised ova and from 44,0% to 85,7% (average value : 70,0%) when starting with the first feeding larvae.

The growth rate of barbel fry and fingerlings is highly controlled by temperature through an effect of this factor on appetite and daily food consumption; growth is zero at less than 13°C, very low (index 1) at 16°C and near maximum (index 9) at 24°C. At a constant temperature, the rate of growth varies with fish size, food type and composition (daphnia, chironomids larvae, dry commercial feed) and mainly daily ration consumed (these results are presented in an other paper). By controlling the thermal environment of the fishes and their feeding level, it takes about 150-180 days to grow barbel fry to the size (9-10 cm ; 10-15 g) normally reached after 16-24 months spent within the river.

The present investigation leads to the development of a small scale production project; its objective is to rear 25.000-50.000 barbel fingerlings weighing ± 2 g and to undertake a restocking programme in the belgian rivers.

Le barbeau fluviatile, Barbus barbus (L.) est le plus grand cyprinidé (taille maximum 90 cm) de notre faune ichtyologique et le poisson typique (originellement du moins) de la Meuse et de ses gros affluents : Semois, Lesse, Sambre et Ourthe-Amblève. Depuis plus de 10 ans, notre laboratoire a entrepris une étude approfondie de cette espèce de grande valeur écologique et halieutique; ces recherches ont porté sur la démographie (MICHA, 1971 ; PHILIPPART, 1977), sur le régime alimentaire (KARANGWA, 1975) et, récemment, sur la répartition géographique et l'état des populations dans le bassin de l'Ourthe (PHILIPPART, 1980) et dans toute la Wallonie (PHILIPPART et VRANKEN, 1982 et 1983 sous presse).

Le présent article rend compte d'une expérience de reproduction artificielle du barbeau et d'élevage en masse d'alevins, réalisée du 19 mai 1982 à ce jour. Cette expérience a été entreprise avec un double objectif :

- * Au plan de la recherche fondamentale, nous visions à reconstituer au laboratoire les premiers mois de la vie du barbeau, période critique pendant laquelle sont déterminées dans la nature la croissance-survie et l'abondance future de chaque génération; dans un premier temps il s'agissait surtout d'analyser l'influence de la température et de l'alimentation sur la croissance-survie, en traitant le problème sous l'angle de la bioénergétique.
- * Au plan de la recherche appliquée, nous voulions mettre au point une technique de pisciculture du barbeau dont les développements à plus grande échelle permettraient de résoudre partiellement, par des rempoissonnements d'entretien, le problème préoccupant de la forte régression démographique de l'espèce dans nos régions. D'après l'étude déjà citée (PHILIPPART et VRANKEN, 1982 et sous presse), le barbeau a complètement disparu du bassin de l'Escaut (haut Escaut et cours supérieur des affluents) et est devenu très rare dans les sous-bassins de la Chiers et de la Sambre; il connaît une forte régression dans la totalité de la Meuse (mais surtout en aval de Namur), dans les bassins du Viroin (Viroin et Eau Blanche), de la Semois (haute Semois, Vierre, Rulles), de la Moselle (Our et Sûre), de la Vesdre, de l'Amblève, de la haute Ourthe et de diverses autres petites rivières (Mehaigne, Berwinne).

Le reproduction artificielle du barbeau et la production en masse d'alevins constitue une première piscicole non seulement en Belgique mais également (COCHE et BIANCHI, 1979) dans les pays de l'EIFAC-CECPI (Commission Européenne Consultative pour les Pêches dans les eaux Intérieures); il faut toutefois signaler que divers aspects de la technique ont déjà été expérimentés en Roumanie (GYURKO et al., 1957) et en Tchécoslovaquie (HOCHMAN, 1963 ; PENAZ, 1971, 1973). L'originalité des expériences réalisées à Liège tient au fait qu'on a réussi d'emblée la production de 5.000 alevins et leur élevage intensif en conditions de température optimisée grâce à l'utilisation de l'infrastructure de la station de pisciculture en eau chaude du CERER à Tihange. Les essais de 1982 ouvrent donc la perspective de passer rapidement à une étape de production d'alevins à une échelle pilote (25.000 alevins).

1. METHODE D'ETUDE

1.1. Infrastructure d'élevage

Des essais nombreux et en conditions très variées ont pu être réalisés en un temps minimum (6 mois) grâce à l'utilisation simultanée d'une importante infrastructure comprenant les éléments suivants :

- * Une série d'aquariums et de bassins totalisant $4,5 \text{ m}^3$ d'eau, munis d'un système de filtration autonome (filtre Eheim seul ou combiné à un filtre de fond à gravier) et installés dans un laboratoire climatisé à $20-21^\circ\text{C}$. Des températures plus élevées (25°C) étaient obtenues au moyen de résistances électriques chauffantes contrôlées par thermostat; un aquarium de 450 l était équipé d'un système autonome de refroidissement permettant de maintenir l'eau à $15-17^\circ\text{C}$ en été.
- * Un bassin carré en polyester de $4 \text{ m}^2 - 1,6 \text{ m}^3$ et une rigole d'alevinage ($10 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$) alimentés au moyen d'une pompe immergée de $4,1 \text{ m}^3/\text{h}$ à partir d'un étang en béton (50 m^3) abondamment peuplé en végétation aquatique (principalement *Elodea*) et fonctionnant comme décanteur des matières en suspension et comme épurateur biologique. Le contrôle de la température de l'eau s'opérait par addition d'eau à $14-16^\circ\text{C}$ pompée dans la nappe ou d'eau chaude à $34-36^\circ\text{C}$ en provenance des groupes frigorifiques de conditionnement de l'air dans la salle publique de l'Aquarium. Cette partie de l'infrastructure a été affectée à la simulation de conditions d'environnement naturel (rivière artificielle) et à l'hivernage d'une partie du stock de jeunes barbeaux.
- * Les installations (cf. MELARD et PHILIPPART, 1982) de la station expérimentale de pisciculture en eau chaude à Tihange, à savoir :
 - i) une mini écloserie (volume total d'eau $\pm 2 \text{ m}^3$) équipée d'un système de régulation thermique, d'épuration biologique (filtre à gravier), de réoxygénation et de traitement bactéricide (lampe U.V.);
 - ii) deux bassins carrés en polyester de $4 \text{ m}^2 - 1,6 \text{ m}^3$ et deux auges d'alevinage ($1,75 \text{ m}^2 - 0,350 \text{ m}^3$) intégrés à un circuit semi-fermé de grande capacité (10 m^3) normalement utilisé pour l'hivernage des tilapias (cf. MELARD et PHILIPPART, 1982, p.23);
 - iii) une auge d'alevinage ($1,5 \text{ m}^2 - 0,3 \text{ m}^3$) alimentée en eau de Meuse à la température naturelle.

Cette partie de l'infrastructure a permis de tester des techniques d'élevage (température $21-23^\circ\text{C}$; alimentation exclusivement au moyen d'aliment sec artificiel) susceptibles d'être développées dans un projet ultérieur de production d'alevins.

1.2. Alimentation

Selon l'âge et la taille des poissons, plusieurs types d'aliments naturels furent utilisés : nauplii d'*Artemia* produites à l'Aquarium, protozoaires, rotifères et daphnies récoltées en étang, larves de chironomidés (vers de vase) achetées dans le commerce. La nourriture vivante était soigneusement lavée et débarrassée des gros débris organiques et des organismes indésirables (sangues, insectes aquatiques

carnivores) puis éventuellement calibrée au moyen de tamis de 0,05 mm, 0,20 mm, 0,5 mm et 1,0 mm avant d'être distribuée telle quelle ou congelée pour un usage différé. Dans les expériences d'alimentation contrôlée, les rations journalières en proies vivantes ou congelées étaient constituées à partir de matériel initialement essoré selon un procédé standard; des sous-échantillons étaient conservés au congélateur pour analyses ultérieures ou séchés à l'étuve (24 h à 104°C) en vue de convertir les rations - poids humide (sujettes à des variations liées au degré d'essorage) en rations - poids sec. Pour l'ensemble des échantillons examinés nous avons calculé une teneur moyenne en eau de 5,45% chez les daphnies (9 échantillons) et de 14,10% chez les larves de chironomidés (57 échantillons).

Les rations journalières en proies animales étaient pesées au moyen d'une balance Metler P160 et distribuées manuellement 1, 2 ou 3 fois par jour (9-10h, 13-14h, 16-18h) selon leur importance par rapport à l'appétit des poissons. Les proies mortes non mangées (ration excessive ou manque d'appétit à cause de la pollution de l'eau) étaient retirées chaque jour des bassins par siphonage, opération relativement aisée avec les larves de chironomidés. Dans les expériences d'alimentation à satiété on utilisait exclusivement des proies vivantes.

L'aliment sec commercial utilisé dans plusieurs expériences consistait en farine, miettes et granulés pour truitelles (Trouvit C) de composition brute suivante :

	Farine	Miettes et granulés
Humidité	11 %	11 %
Matières minérales	12 %	12 %
Matières cellulosiques	3 %	3 %
Matières protéiques brutes	49 %	49 %
Vit. A	200.000 UI	2.000.000 UI
Vit. D3	2500 IU	2.000 UI
Vit. E	2.500 mg	4.000 mg
Vit. B1	900 mg	
Vit. K3	480 mg	
Vit. C	30.000 mg	

Les aliments secs étaient distribués soit manuellement (3 fois /jour), soit au moyen de distributeurs automatiques mécaniques (type ruban dérouleur) ou électriques programmables (Type Ewos 515).

La ration alimentaire journalière est définie comme la quantité d'aliments sous leur forme originelle (aliment sec à $\pm 10\%$ d'humidité, proies vivantes "essorées" à $x\%$ d'humidité) exprimée en pour cents du poids humide des poissons.

1.3. Terminologie et méthodes de mesure relatives aux poissons

Les stades successifs du développement des barbeaux sont désignés en utilisant la terminologie suivante :

- phase embryonnaire (stade de l'embryon) : de la fécondation à l'éclosion;
- phase éleuthérembyonnaire (stade de l'embryon libre) : phase de résorption de la vésicule vitelline depuis l'éclosion jusqu'au moment de l'alimentation exogène;
- phase larvaire (stade de la larve) : du début de l'alimentation exogène jusqu'au moment où le jeune poisson (ou alevin) a acquis toutes les structures morphologiques de l'adulte.

Le comptage des individus morts était opéré une fois par jour, parfois deux fois par jour pendant l'incubation et l'éclosion.

Pour les mesures de longueur et de poids des embryons libres et des larves, on prélevait 20-30 individus dans les lots expérimentaux; après légère anesthésie au MS 222, ces individus étaient examinés et mesurés sous eau au moyen d'un microprojecteur Nikon (10 X) puis pesés individuellement ou par groupe, toujours sous eau, au moyen d'une balance Metler (précision 1 mg). Les alevins de >20 mm étaient mesurés au moyen d'une règle graduée au 0,5 mm et pesés selon la méthode précédemment décrite. Avant toute pesée, l'humidité de surface des poissons était éliminée par enrobage dans un linge doux en veillant à ne pas enlever du mucus ou des écailles.

Les contrôles de survie et de croissance étaient généralement effectués à intervalles de 5 à 15 jours selon les expériences. A chaque contrôle tous les poissons étaient dénombrés et pesés globalement, et des mesures individuelles de longueur et de poids étaient effectuées sur un sous-échantillon représentatif de 20-60 individus. Dans les expériences portant sur moins de 30 poissons, la totalité des individus étaient mesurés et pesés à chaque contrôle ou lors d'un contrôle sur deux pour limiter les risques de mortalité dues aux manipulations.

Aux différents stades de la croissance des barbeaux, des lots d'individus furent prélevés et utilisés pour la détermination des poids secs ou conservés au congélateur en vue des analyses de composition (énergie, protéines, lipides, glucides) à effectuer ultérieurement.

1.4. Contrôle des qualités physico-chimiques de l'eau

La température de l'eau était chaque jour contrôlée ponctuellement au moyen d'un thermomètre au mercure gradué au 0,2°C, des renseignements thermographiques de courte durée permettant de vérifier la représentativité des observations ponctuelles.

Les concentrations en oxygène dissous étaient mesurées (oxymètre Pon-selle) chaque jour dans les essais réalisés à la station de Tihange. Dans les essais en aquarium à Liège, des contrôles intermittents servaient à vérifier le maintien d'un taux de saturation en O₂ > 90% (obtenu au moyen de diffuseurs d'air utilisés en aquariologie) et d'une concentration acceptable en ammoniacque et nitrites (obtenue par des renouvellements périodiques de l'eau des aquarium avec l'eau de l'aquarium public de l'Institut de Zoologie).

1.5. Traitements prophylactiques

Toutes les expériences furent réalisées en circuit fermé ou semi-fermé, sans traitement bactéricide continu de l'eau. L'apparition sporadique d'épidémies d'*Ichthyophthirius* (points blancs) nécessita l'application ponctuelle de traitements au formol (10 mg/l) + oxalate de vert de Malachite (0,1 mg/l) pendant une heure.

1.6. Expression des résultats

Les taux de croissance en longueur et en poids pendant une période donnée sont mesurés par les coefficients suivants où ln est le logarithme naturel

$$G = \frac{\ln \text{ poids final} - \ln \text{ poids initial}}{\text{nombre de jours}} \cdot 100$$

$$G = \frac{\ln \text{ longueur finale} - \ln \text{ longueur initiale}}{\text{nombre de jours}} \cdot 100$$

qui s'expriment en % par jour.

Les taux journaliers de mortalité sont mesurés par le coefficient

$$Z = \frac{\ln \text{ nombre final} - \ln \text{ nombre initial}}{\text{nombre de jours}} \cdot 100 \text{ (\%/jour)}$$

Les termes densité et charge désignent respectivement le nombre ou la biomasse de poissons par unité de surface ou de volume des bassins et par unité de débit exprimé en litres par minute (l/min).

2. RESULTATS

2.1. Récolte des géniteurs en rivière

Dans la nature, le barbeau se reproduit quand l'eau se réchauffe jusqu'à 15°C, ce qui a lieu de début mai à mi-juin selon les années (Figure 1). Dans l'Ourthe en 1982, ces conditions de reproduction naturelle furent réalisées à partir du 17 mai, à la faveur du brusque réchauffement climatique survenu les 14 et 15 mai (température de 17°C dans la basse Ourthe à Angleur-Streupas le 17/05). Le 19 mai, une récolte de barbeaux géniteurs fut organisée par pêche à l'électricité dans l'Ourthe à Hamoir, plus exactement dans le secteur du pont routier qui présentait toutes les particularités d'une frayère à barbeaux : profondeur de 30 à 40 cm avec courant assez rapide et fond de graviers propres (cf. HANCOCK et al., 1976). Vers midi, la température de l'eau atteignait 14,2°C, ayant subi une diminution sensible depuis la veille à cause d'une légère crue survenue après un orage pendant la nuit. Malgré des conditions de pêche électrique difficiles (eau trouble et courant rapide), une centaine de barbeaux furent capturés parmi lesquels une majorité de mâles sexuellement murs de toutes tailles (> 15 cm) et cinq femelles gravides de 35-45 cm. Ces femelles avaient déjà pondu une fraction importante de leurs ovules mais il fut encore possible d'en obtenir près de 8.300, nombre correspondant à la fécondité normale d'un individu de 37 cm (Figure 2).

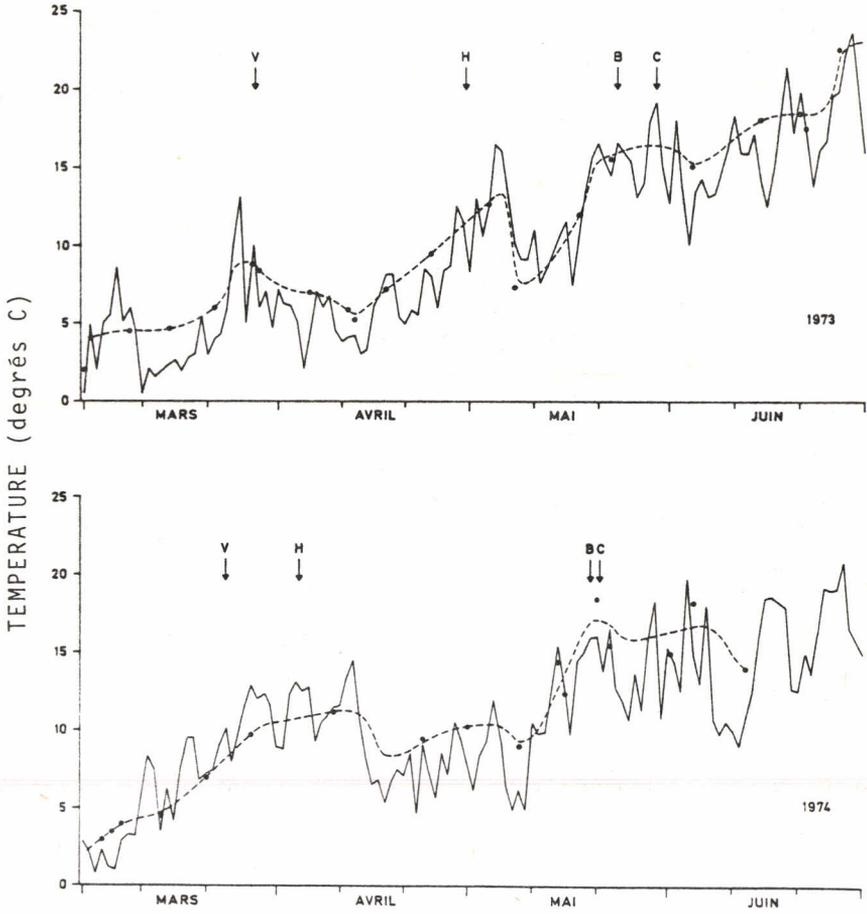


Figure 1 : Moment de la ponte du barbeau (B) dans l'Ourthe en relation avec la température locale de l'air (— : moyennes journalières à Comblain-au-Pont) et de l'eau (•---•) et par rapport aux autres cyprins d'eau courante (V : vandoise ; H = hotu ; C = Chevaine).

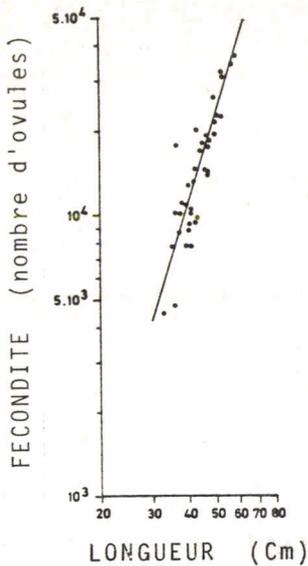


Figure 2 : Relation entre la fécondité et la taille corporelle chez les barbeaux de l'Ourthe. La fécondité est estimée par comptage des ovules dans les ovaires disséqués.

2.2. Fécondation artificielle

La fécondation artificielle a été pratiquée selon la méthode "sèche" couramment utilisée pour la truite, le brochet et la carpe (HUET, 1970). Les ovules sont délicatement extraits des ovaires des femelles par pression sur l'abdomen et recueillis dans un grand bol en plastique; ils sont ensuite couverts avec la laitance de plusieurs mâles et intimement mélangés à celle-ci au moyen d'une plume. Toutes ces opérations se font en l'absence d'eau pour faciliter la pénétration des spermatozoïdes à travers la membrane extérieure (chorion) des ovules. Après 3-5 minutes, les oeufs fécondés sont lavés plusieurs fois à l'eau claire ce qui a pour effet de déclencher leur gonflement (diamètre et volume augmentés de respectivement 2 X et 3,5 X après 3 heures d'après PENAZ, 1973) et l'apparition d'une très légère adhérence au substrat. A ce point de vue, les oeufs de barbeau se comportent pratiquement comme les oeufs des saumon, de truite et d'ombre et ne nécessitent donc pas un traitement spécial, au tanin (comme chez la carpe, la tanche ou le gardon) pour les rendre non-collants.

Un dixième environ des ovules ont été fécondés sur le terrain après la capture des géniteurs puis ramenés rapidement à Liège, dans un grand flacon en plastique. Les autres opérations de fécondation artificielle ont été réalisées le jour même à Liège à partir des géniteurs ramenés vivants. Ces géniteurs ont été placés dans une cage flottante sur un étang-rivière artificielle (circulation 300 m³/h). Le lendemain, les femelles furent à nouveau examinées et pressées mais à peine 400 ovules supplémentaires furent obtenus et fécondés.

2.3. Survie et croissance de 0 à 40 jours

a) Incubation et éclosion

Après comptage et division en plusieurs lots expérimentaux, les oeufs fécondés furent immédiatement transférés dans le système d'incubation constitué de petits paniers (surface : 0,02 à 0,10 m²) en toile métallique ou plastique suspendus dans des aquariums de 450 l (à Liège) et dans une auge d'alevinage (au CERER-Pisciculture à Tihange). Dans les deux installations on utilisait de l'eau recyclée en circuit fermé, filtrée, éventuellement traité à l'UV (Tihange), bien oxygénée (> 90% saturation en oxygène dissous) et maintenue à une température de 15-22°C selon les essais. Les oeufs ont été incubés dans les conditions de densité et de température suivantes :

Lot n°	Lieu	Nombre d'oeufs	Densité n/m ²	Température °C Moy. (Min - Max)
L 1	Liège	7.785	77.850	17,3 (15,0-19,0)
L 2	Liège	410	10.250	18,1 (15,0-20,4)
L 3	Liège	100	5.000	19,0 (15,0-21,0)
T 4	Tihange	400	10.000	21,3 (20,9-22,0)

La fécondation ayant eu lieu le 19 mai à 12 h, les premières éclosions dans le lot principal (L 1 ; n = 7.785) sont observées après 126 heures à 17,3°C, ce qui correspond à 91 degrés-jours; plus de 50% des oeufs sont éclos après 145 h à 17,4°C (105 degrés-jours) et l'éclosion est totale après 170 h à 17,6°C (120 degrés-jours). Dans le lot 2 maintenu à 18,1°C, le stade > 50% d'éclosions est atteint après 126 h soit 95 degrés-jours; à 19°C (Lot 3) l'éclosion est totale après 126 h soit 99,6 degrés-jours et à plus haute température (21,3°C ; lot 4), ce stade est atteint après une incubation de 96 h, soit 85 degrés-jours. Ces observations concordent tout à fait avec les résultats de PENAZ (1973) qui a étudié en détail l'influence de la température sur la durée de l'incubation chez le barbeau : à 16,0°C, 18,0°C, 19,7°C et 20,5°C le stade 50% d'éclosions est atteint après respectivement 194 h (129,3 degrés-jours), 132 h (98,8 degrés-jours), 98 h (80,3 degrés-jours) et 91 h (77,8 degrés-jours). D'après GYURKO et al. (1957), l'incubation dure 97,6 degrés-jours à la température moyenne de 17,1°C.

Compte tenu des objectifs de l'expérience, nous n'avons pas entrepris une analyse fine du processus d'éclosion (cf. D'HULSTERE et PHILIPPART, 1982 pour l'ombre commun). PENAZ (1973) a observé que l'éclosion dure 17 à 54 heures si l'on considère les phases initiales (5-10%) et terminales (10-15%) plus lentes, et de 6,0 à 22 heures si l'on considère uniquement les interéciles, c'est-à-dire le temps compris entre l'éclosion de 10% et 90% des oeufs; la période d'éclosion ainsi définie diminue quand la température augmente (10,5 h à 16,0°C, 7,5 h à 19,7°C et 6 h à 20,5°C) et quand la viabilité des oeufs dans un échantillon donné est forte.

La figure 3 montre l'évolution numérique des effectifs et le taux journalier de mortalité dans le lot global (L1) des embryons mis

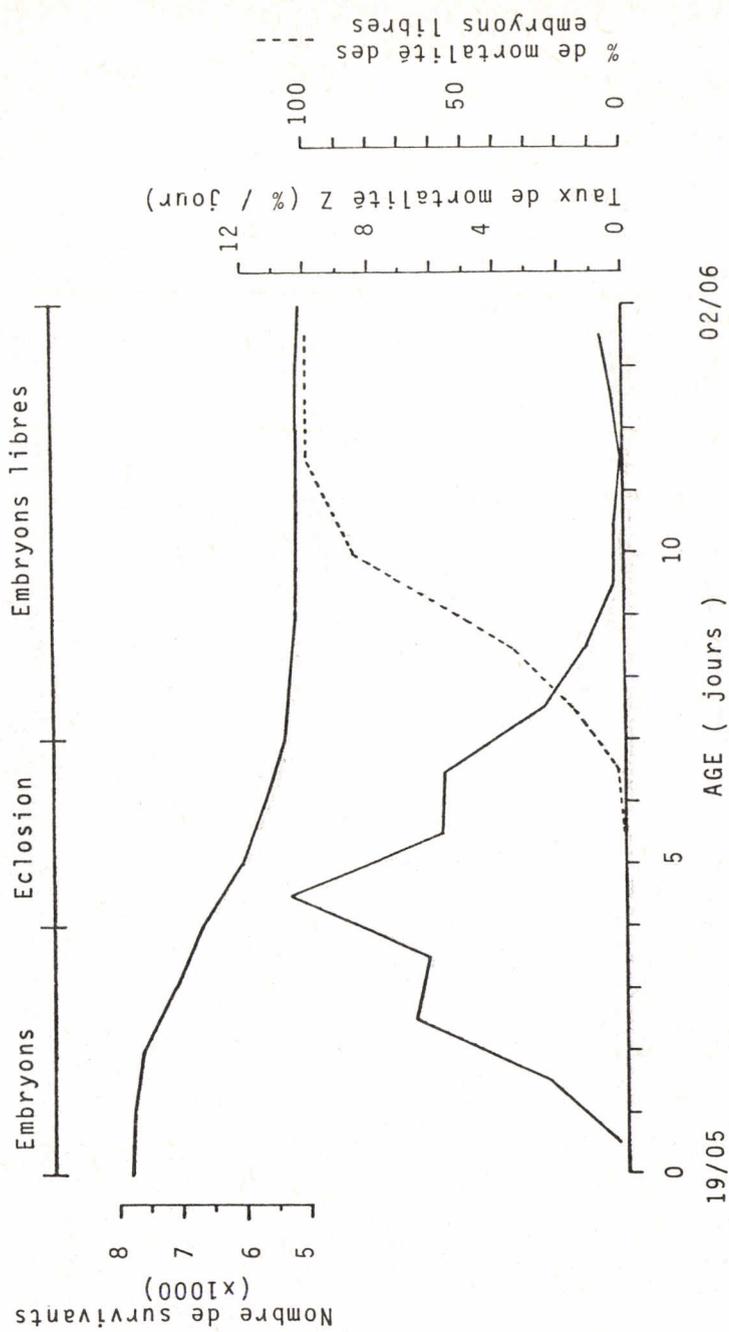


Figure 3 : Courbe de survie et taux journalier de mortalité pour un lot unique de 7.785 oeufs de barbeau obtenus par fécondation artificielle le 19 mai 1982 à 14h.

en incubation à 17,3°C. La survie est de 85,9% le jour précédant l'éclosion et de 69,0% à la fin de l'éclosion, à l'âge de 7 jours. Le taux de mortalité est maximum (10,51%) pendant le 5e jour qui correspond à la phase d'éclosion massive. Dans les lots 2 et 3, les taux de survie à l'âge de 7 jours sont respectivement 72,9% et 71,0%; ni la température ni la densité ne semblent influencer la survie à ce stade. A l'éclosion, les embryons à vésicule vitelline mesurent en moyenne 9,0 mm.

b) Résorption de la vésicule vitelline et alimentation exogène

Les embryons qui viennent d'éclore restent plus ou moins immobiles sur le fond et ne manifestent aucun phototropisme ni comportement d'agrégation (PENAZ, 1973). La résorption vitelline progressant, les embryons libres (éleuthérembrions) deviennent plus actifs; à partir du jour 9 à ± 19°C, ils nagent vers la surface puis se laissent retomber sur le fond où ils se maintiennent sur le flanc et manifestent un phototropisme négatif et une tendance à s'agréger au contact d'un substrat quelconque.

Une fois atteint le stade du remplissage de la vessie nata-toire, les embryons libres commencent à nager en pleine eau (stade pélagique), deviennent indifférents à la lumière et cherchent à capturer des proies.

Selon la température de l'eau (Tableau 1), le stade de la larve pélagique est atteint à l'âge de 9-14 jours (198-253 degrés-jours) et ± 5-8 jours (113-150 degrés-jours) après l'éclosion (> 50% d'éclosion).

Tableau 1 : Influence de la température sur l'âge de passage au stade de la larve pélagique chez le barbeau (entre parenthèses : par rapport à l'éclosion).

Lot	Densité finale n/m ²	Température moyenne °C	Jours après la fécondation (après l'éclosion)	Degrés-jours	Taux de survie depuis le stade oeuf
T4	8.450	22,0 (22,4)	9 (≈5)	198 (113)	84,5 %
L3	3.250	19,4 (19,7)	12 (≈7)	233 (133)	65,0 %
L2	7.250		13 (≈7)		71,0 %
L1b	26.640	18,9 (20,0)	13 (≈7)	246 (140)	
L1a	24.600	18,1 (18,7)	14 (≈8)	253 (150)	1 65,5%

Les larves pélagiques du barbeau mesurent en moyenne 13 mm et pèsent environ 15 mg.

Dans les expériences réalisées à 17,5-19,5°C et à forte densité (lots 1a et b : ≈ 25.000 /m²) et moyenne densité (lots 2 et 3 : ≈ 3-7.000 /m²), le taux de mortalité journalière des embryons libres ne dépasse jamais 0,7 % (Figure 3) et la survie générale à l'âge de 12-14

Tableau 2 : Survie et croissance des larves de harpeaux nourries au moyen de proies animales vivantes.

Paramètres	BASSIN A1					BASSIN A2					BASSIN C1		BASSIN C2	
	LOT 1	LOT 2	LOT 3	LOT 4	LOT 5	LOT 6	LOT 7	LOT 8	LOT 9	LOT 10	LOT 8	LOT 9	LOT 10	
Age final (jours)	37	37	36	36	34	34	34	34	29	29	34	29	29	
Durée (jours)	23	23	22	22	19	19	19	19	20	20	19	20	20	
N. initial-final	1000-934	600-517	100-89	100-92	790-718	1000-971	100-95	63-62	268-190	70-61	63-62	268-190	70-61	
Densité moyenne (nombre/m ²)	9330	28180	4950	5000	848	9270	5050	3230	305	40	3230	305	40	
(nombre/m ³)	120875	372000	63333	66000	1676	120000	64667	41333	1527	193	41333	1527	193	
Taux de survie(%)	93,4	86,2	89,0	92,2	90,6	97,1	95,0	98,4	70,9	87,1	98,4	70,9	87,1	
Taux de survie depuis le stade oeuf (%)	61,1	56,4	-	-	58,5	62,6	-	-	59,8	73,6	-	59,8	73,6	
Taux de mortalité (%/jour)	0,30	0,65	0,53	0,37	0,50	0,16	0,27	0,07	1,72	0,68	0,07	1,72	0,68	
Poids moyen final (mg)	25	22	41	33	66	31	32	67	46	270	67	46	270	
Température moyenne (°C)	17,7	17,7	17,7	17,7	20,0	20,0	20,0	20,0	23,5	22,6	20,0	23,5	22,6	
(min-max)	16,5-19,0	16,5-19,0	16,5-19,0	16,5-19,0	18,5-21,1	18,5-21,1	18,5-21,1	18,5-21,1	21,0-26,6	16,7-29,0	18,5-21,1	21,0-26,6	16,7-29,0	
O ₂ en fin d'exp. (mg O ₂ /l)	9,2	9,2	9,2	9,2	9,0	9,0	9,0	9,0	-	9,3	9,0	-	9,3	
Débit (l/min)	4,62	4,62	4,62	4,62	10,0	10,0	10,0	10,0	3,27	16,20	10,0	3,27	16,20	

jours varie de 65,0 à 71,0% par rapport au stade oeuf. Sur la courbe de la figure 3 on notera qu'une part importante (76,8%) de la mortalité totale enregistrée après la période d'éclosion (> jour 7) provient d'embryons non éclos.

Dans l'expérience (lot 4) à 22,0°C et à densité moyenne ($\approx 9.000 /m^2$) la survie générale à l'âge de 9 jours atteint un maximum de 84,5%, la plupart des mortalités étant aussi survenues pendant l'incubation et l'éclosion.

Une première alimentation exogène vivante consistant en nauplii d'Artemia, protozoaires et rotifères $> 50 \mu$ fut distribuée à partir du 11^{ème} jour, au moment où les embryons libres n'avaient pas encore atteint le stade pélagique; on observe déjà des mouvements de capture des proies. Les larves pélagiques âgées de 14 jours prennent sans difficulté des nauplii d'Artemia et des daphnies de 100 à 200 μ .

c) Stade larvaire

Les larves des expériences précédentes, (âge : 9-14 jours) ont été réparties en 10 lots placés dans des conditions différentes au point de vue de la température (17,7°C à 23,5°C en moyenne) et de la densité d'élevage (de 40 à 28.180 $/m^2$).

- l'alimentation consistait en daphnies vivantes de 0,1 à 0,5 mm distribuées ad libitum une fois par jour;
- avec le lot n°10 on a laissé se développer dans le bassin d'élevage une flore (algues filamenteuses, diatomées) et une faune (protozoaires, rotifères, daphnies, Asellus, Tubificidés) naturelle pour créer des conditions optimales de première alimentation.

Les résultats des expériences sont synthétisés dans le tableau 2.

Survie

Dans 90% des cas, le taux de mortalité varie entre 0,07 et 0,68% par jour (moyenne : 0,39%). Il n'apparaît aucune relation claire entre le taux de mortalité et la densité d'élevage, même si la forte mortalité observée dans le lot 2 correspond à la densité extrême de 28.180 individus/ m^2 . Les mortalités sensiblement plus élevées enregistrées dans les lots 10 et 9 peuvent être associées aux hautes températures (respectivement 22,6°C et 23,5°C en moyenne avec des pointes extrêmes de 29,0°C et 26,6°C). Cette observation établit en tout cas que les larves et les jeunes alevins (lot 10 en fin d'essai) du barbeau sont capables de tolérer des températures très élevées ($> 25^\circ C$) sans subir une mortalité exceptionnellement forte par rapport aux individus maintenus à 16-21°C.

Croissance

A l'âge de 29-37 jours, les jeunes barbeaux ont atteint le stade de l'alevin et pèsent en moyenne de 22 à 270 mg (longueur : 14 à 27 mm) selon les lots.

La croissance pondérale très rapide ($G = 14,5\%/jour$) enregistrée dans le lot 10 résulte de l'action conjuguée de trois facteurs fa-

vorables : la température élevée, la disponibilité maximale en nourriture vivante variée et la faible densité de population. Les résultats de cette expérience (poids moyen 270 mg, taille moyenne de 26,8 mm et taux de survie de 73,5% à l'âge de 29 jours) correspondent probablement au maximum physiologique pour l'espèce et définissent les conditions optimales d'élevage à plus grande échelle.

2.4. Survie et croissance des alevins de 30 à 180 jours

L'étude de la survie de la croissance des jeunes barbeaux au stade alevin a porté sur 7 lots expérimentaux :

- * 2 lots (g et h) correspondant aux lots 9 et 10 de l'expérience décrite dans le tableau 2;
- * 1 lot (e) comprenant des alevins de 59 jours (Pm : 0,116 g) élevés sans discontinuité depuis le stade de l'embryon libre;
- * 4 lots nouveaux (a, b, d, f) constitués avec les alevins âgés de 35-37 jours (Pm = 0,022 - 0,066 g) provenant des lots 1-8 étudiés pendant le stade larvaire (tableau 2); à l'âge de 83 jours l'expérience f a été stoppée.

Ces 7 lots d'alevins ont été placés dans des conditions contrastées au point de vue du type de bassin, de la densité (20 - 12.000 ind./m²), de la température et des caractéristiques qualitatives de l'alimentation; mais dans tous les cas (sauf exp. f) on distribuait les rations alimentaires journalières les plus élevées possible mais qui soient consommées par les poissons (absence de dépôts visibles de nourriture non mangée dans les bassins) et qui donnent des coefficients de conversion acceptables (cfr. supra).

Les tableaux 3a et 3b synthétisent les conditions d'expérience ainsi que les résultats de survie et de croissance pour deux sous-périodes (\approx 30-90 jours et 90-180 jours) distinguées sur la base de l'homogénéité de l'alimentation; pendant la seconde période tous les lots ont reçu strictement le même type de nourriture tandis que pendant la première période certains lots (a, c, d) ont d'abord été nourris au moyen de proies vivantes auxquelles on a progressivement substitué l'aliment artificiel sec.

Les figures 4 et 5 présentent les courbes de survie et de croissance pondérale exprimées en temps réel et en continuité avec les périodes antérieures de développement depuis la naissance le 19 mai.

Survie (Fig.4)

A l'âge de 30-90 jours le taux de mortalité varie entre un minimum de 0,03%/jour dans l'essai g correspondant aux conditions optimales et un maximum de 0,61%/jour dans l'essai c où une part de la mortalité est due à une maladie (points blancs) apparue lors du transport des alevins du laboratoire de Liège à la pisciculture expérimentale de Tihange. Les taux de mortalité sont pratiquement du même ordre de grandeur (0,3 - 0,5%/jour) dans les essais a, b, f et h malgré les conditions d'élevage très différentes. Notons spécialement que le lot f placé dans des conditions de haute densité ($>$ 4.000 ind./m²) et de croissance très faible (ration de maintenance) n'a pas subi une mortalité anormalement élevée par rapport aux autres lots.

Tableau 3a : Survie et croissance des alevins de barbeaux âgés de 30 à 90 jours

Lot	Age (jours)		Durée jours	Nombre max min	Densité n/m ²		Survie %	Taux de mortalité ^Z		Poids moyen (g)	Taux de croissance en poids G		Alimentation
	début	fin			min	max		(%/jour)	initial		final	(%/jour)	
a	24/06 j 36	12/08 j 85	49	1200- 956	568- 259	82,9	0,383	0,031	0,282	4,506	Daphnies congelées puis aliment sec		
b	23/06 j 35	12/08 j 85	50	200- 163	222- 93	82,7	0,379	0,066	0,611	4,451	Daphnies congelées seules		
c *	17/07 j 59	11/08 j 84	25	675- 534	162- 149	85,9	0,609	0,116	0,427	5,213	Daphnies vivantes puis aliment sec		
d	25/06 j 37	11/08 j 84	47	604- 570	151- 143	91,5	0,189	0,025	1,049	8,035	Daphnies vivantes puis aliment sec		
f	25/06 j 37	10/08 j 83	46	517- 383	12425- 3830	80,5	0,472	0,022	0,051	1,828	Daphnies congelées en faibles rations		
g **	18/06 j 29	11/08 j 83	54	61- 60	36- 35	98,4	0,030	0,270	2,167	3,856	Nourriture naturelle + aliment sec		
h (Meuse)	21/06 j 32	11/08 j 83	51	35- 30	23- 20	85,6	0,305	0,097	1,850	5,781	Nourriture naturelle + aliment sec		

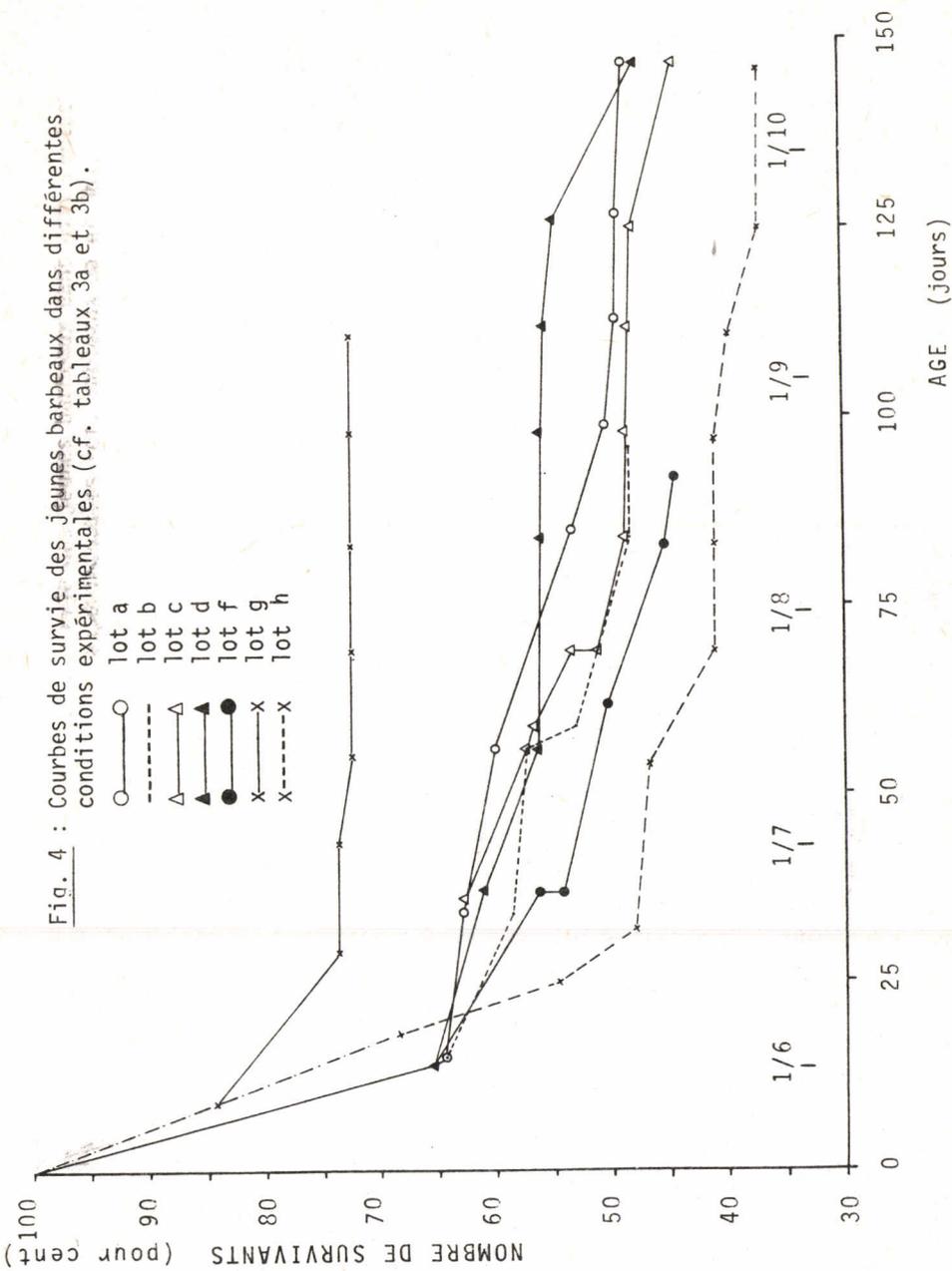
* Phase précédente de l'expérience portant sur les périodes éléutembryonnaires et larvaires.

** Tailles et poids initiaux importants à cause de la croissance exceptionnellement rapide pendant la période larvaire.

Tableau 3b: Survie et croissance des alevins de barbeaux âgés de 90 à 180 jours.

Lot	Age (jours)		Durée jours	Nombre		Densité n/m ² min max	Survie % (%/jour)	Taux de mortalité Z (%/jour)	Taux de croissance en poids G (%/jour)		Alimentation	
	début	fin		max	min				Poids moyen (g)	Poids initial final		
a	12/08 J 85	11/10 J 147	62	1036-	936	234-259	93,8	0,103	0,282	1,461	2,653	Aliment sec
b	12/08 J 85	14/09 J 118	33	100		57	100,0	0	0,611	3,149	4,969	Larves de chironomides congelées
c*	11/08 J 84	13/10 J 147	63	611-	469	117-153	91,3	0,145	0,438	2,420	2,713	Aliment sec
d*	11/08 J 84	13/10 J 147	63	500-	425	106-125	85,0	0,258	1,049	3,860	2,068	Aliment sec
g	11/08 J 83	08/09 J 111	28	60-	50	29-35	100,0	0	2,167	3,620	1,833	Aliment sec + nourriture naturelle
h (Meuse)	11/08 J 83	13/11 J 171	88	30-	27	18-20	90,0	0,120	1,850	6,300	1,392	Aliment sec + nourriture naturelle

* Mortalité par ichthyophthiriase en fin d'expérience



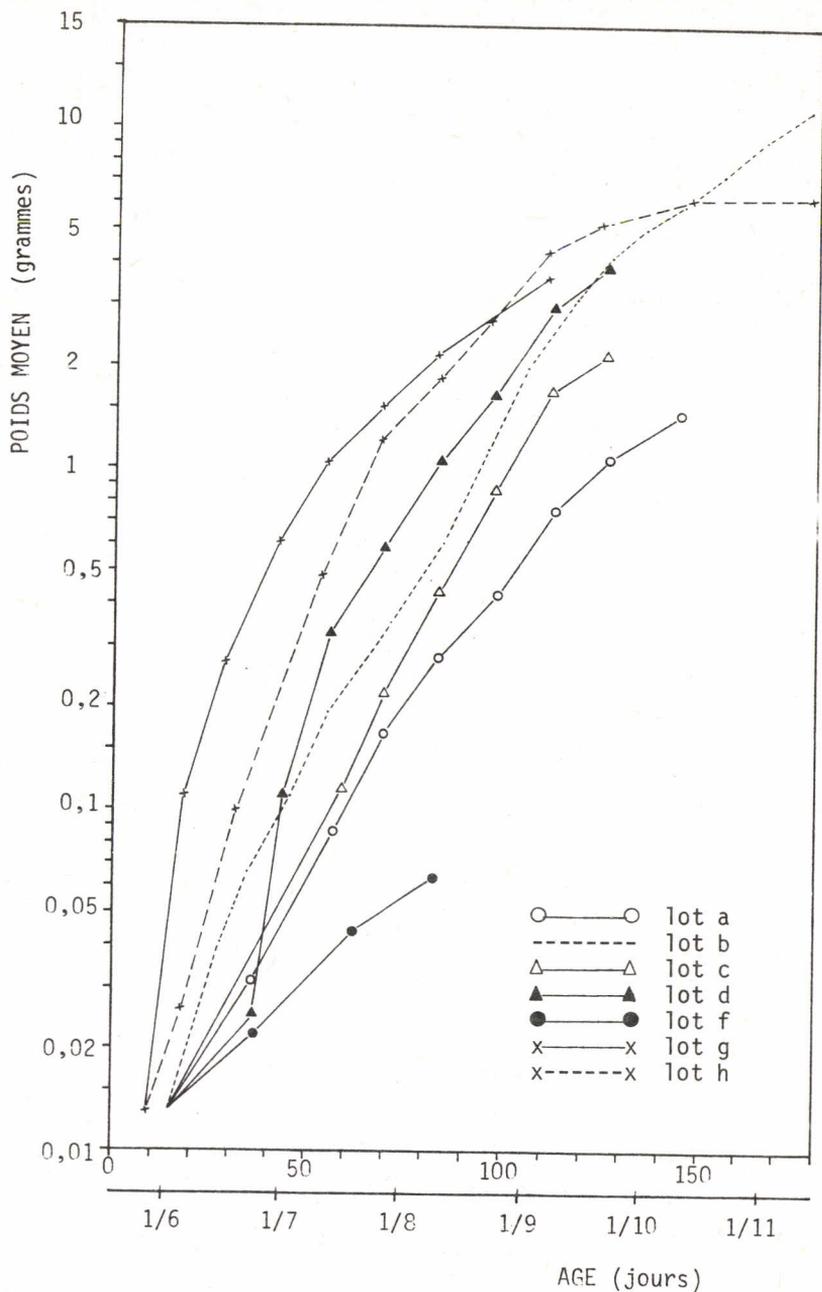


Fig. 5 : Courbes de croissance en poids des jeunes barbeaux dans différentes conditions expérimentales (cf. tableaux 3a et 3b et la Fig. 4).

A partir de 90 jours, la mortalité devient nulle (exp. b, g) à très faible (exp. h) à basse densité (< 100 ind./m²). A plus haute densité (140-570 ind/m²) les taux de mortalité journalière valent 0,10%, 0,15% et 0,26% (moyenne : 0,17%); les deux dernières valeurs (exp. c et d) s'expliquent par une nouvelle infection (points blancs) survenue fin septembre (mortalité de 7,3% dans c et de 13,3% dans d du 22/09, jour 112 au 13/10, jour 147) et probablement causée par un état de propreté insuffisant des bassins.

En fin d'expérience, les pourcentages de survivants par rapport aux stades de l'oeuf fécondé et de la larve pélagique sont les suivants :

Lot	Age final (jours)	Poids moyen final (g)	Longueur finale (mm)	Survie % oeufs	Survie % larves pélagiques
a	145	1,461	47,1	48,7	75,5
b	118	3,149	64,2	48,4	75,0
c	147	2,420	58,0	44,4	68,0
d	147	3,860	64,2	47,5	72,6
f	83	0,051	17,5	44,5	69,4
g	111	3,620	66,0	72,4	85,7
h	171	6,300	79,2	36,9	44,0

Croissance (Fig. 5)

L'expérience réalisée avec l'eau de la Meuse (lot h) met en évidence l'allure de la croissance des alevins de barbeaux en milieu sub-naturel caractérisé par un cycle thermique saisonnier marqué (tableau 4) ; rapide de début-juin à la mi-septembre (température $\geq 20^{\circ}\text{C}$), la croissance se ralentit progressivement quand la température moyenne tombe à moins de $18,5-19,0^{\circ}\text{C}$ en fin-septembre début-octobre puis à $13-14^{\circ}\text{C}$ de la mi-octobre à la mi-novembre, pour devenir pratiquement nulle à moins de 12°C . L'étude des populations naturelles des jeunes barbeaux (0 à 5 ans) de l'Ourthe révèle (Fig. 6) un patron de croissance saisonnier tout à fait comparable (croissance nulle de novembre à avril) à celui des alevins élevés en eau de Meuse à Tihange.

Dans les expériences a, c et d, la baisse automnale de la température ($< 18^{\circ}\text{C}$) se marque également par un ralentissement net de la croissance. Mais à la température constante de $19-21^{\circ}\text{C}$ au laboratoire (exp. b), la croissance se maintient à un rythme rapide jusqu'en décembre et même plus tard, ce qui tend à démontrer l'absence d'un cycle physiologique endogène qui imposerait un ralentissement hivernal de la croissance même si les facteurs exogènes restent favorables.

Tableau 4 : Croissance en longueur et en poids d'un lot d'alevins de barbeaux élevés en eau de Meuse à Tihange et recevant une alimentation artificielle.

Date	Temp. moyenne (°C)	Age (jours)	Nombre	Poids moyen (g)	Longueur (mm)	Taux de croissance G(%/jour)	
						poids	longueur
07/06	22,3	18	50	0,025	14,9	9,845	2,460
14/06	19,7	25	40	0,050	17,7	9,467	1,529
21/06	21,1	32	35	0,097	19,7	7,316	2,573
13/07	23,9	54	34	0,485	34,7	6,133	1,762
28/07	23,2	69	30	1,217	45,2	2,991	1,530
12/08	21,9	83	30	1,850	56,0	2,787	0,864
25/08	22,3	97	30	2,733	63,2	3,254	0,750
08/09	19,9	111	29	4,310	70,2	1,313	0,396
22/09	18,7	125	27	5,180	74,2	0,848	0,238
13/10	13,7	146	27	6,190	78,0	0,070	0,061
13/11		171	27	6,300	79,2		

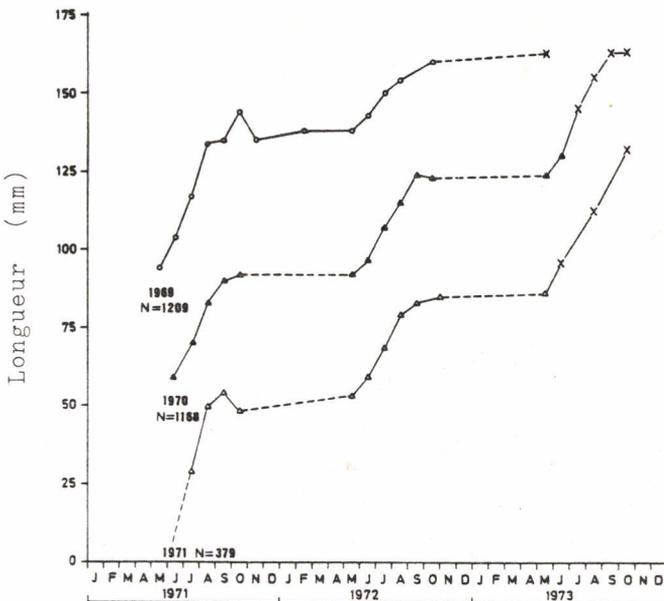
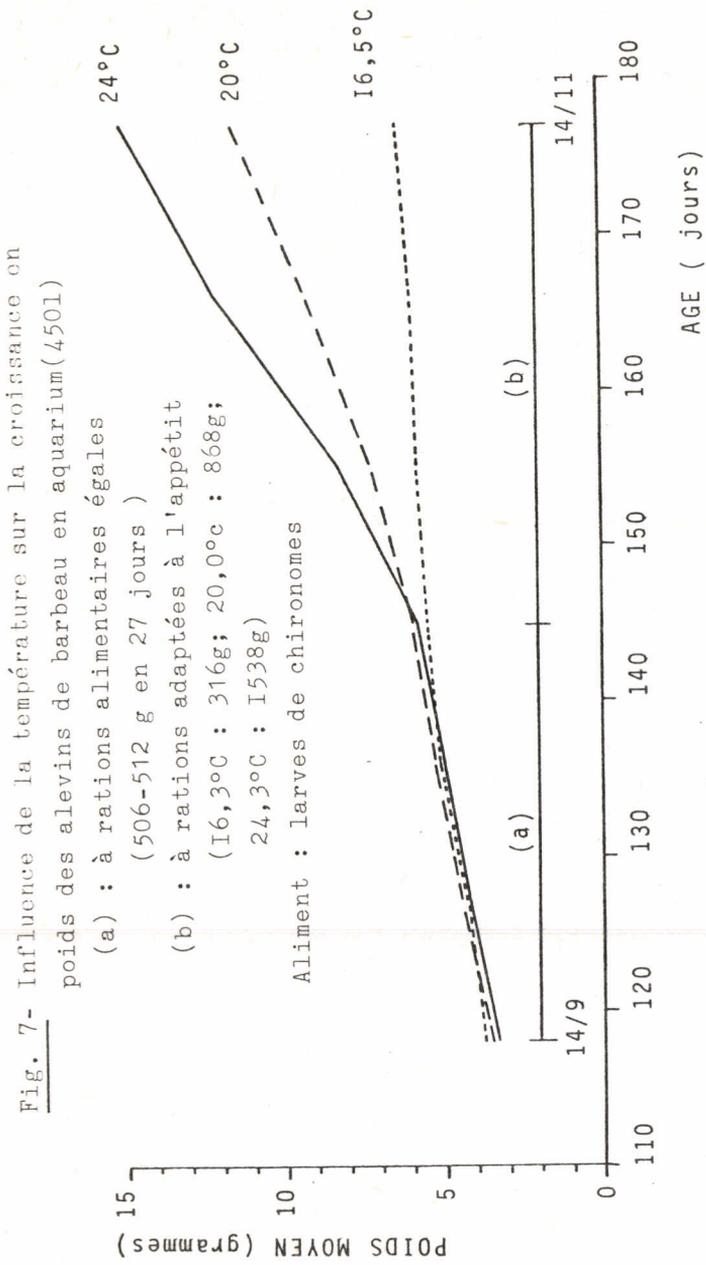


Figure 6 : Courbes de croissance en longueur des classes d'âge 1969, 1970 et 1971 du barbeau dans l'Ourthe. Les points représentent les longueurs moyennes et les croix des longueurs modales.



L'influence déterminante de la température sur le taux de croissance a été étudiée lors d'une première expérience réalisée du 14/09 au 12/11 (Fig. 7) sur des lots de même poids moyen initial maintenus à trois températures : $\pm 16-18^{\circ}\text{C}$, 20°C et 24°C . A rations alimentaires égales, il y a peu de différence de croissance due à l'effet pur de la température; de faibles écarts se marquent néanmoins, dans le sens d'une croissance moindre quand la température augmente et ceci via un accroissement des dépenses métaboliques de maintenance. Quand la ration alimentaire est ajustée à l'appétit des poissons à chaque température, les différences de croissance deviennent considérables : après 32 jours, des lots de même poids initial (5,56 - 5,90 g) pèsent le 11/10, 6,408 g à $16,3^{\circ}\text{C}$, 11,28 g à $20,0^{\circ}\text{C}$ et 14,96 g à $24,3^{\circ}\text{C}$. En première analyse, nos résultats sur cet aspect du problème établissent que la prise maximale de nourriture et le taux de croissance qui en découle doublent quand la température passe de 16 à 20°C et de 20 à 24°C .

Le contrôle et l'optimisation de l'environnement thermique des poissons et de leur alimentation a conduit à obtenir en 150-180 jours des barbeaux qui ont la taille (9-10 cm) et le poids (10-15 g) d'individus âgés de 16-24 mois dans une rivière du type Ourthe (tableau 5) et permet d'espérer la production en 8-9 mois d'individus ayant la taille (13-15 cm) et le poids (30-40 g) des poissons ayant séjourné trois saisons entières de croissance (28 mois) dans la nature.

2.5. Efficacité de la conversion alimentaire

Chez les barbeaux, comme chez les autres poissons, l'efficacité de la conversion alimentaire est susceptible de varier avec de nombreux facteurs (WEBB, 1978) :

- i) le type d'aliment (selon sa valeur protéinique et énergétique);
- ii) le niveau d'intensité de l'alimentation exprimé par l'importance quantitative de la ration alimentaire journalière;
- iii) les facteurs du milieu qui contrôlent (température), limitent (oxygène dissous, CO_2 , produits d'excrétion, notamment ammoniacque et nitrites) ou influencent d'une manière ou l'autre le métabolisme et l'activité des individus;
- iiii) les facteurs liés à la taille et au sexe des poissons ainsi qu'à leur comportement (dominance) et à leur état physiologique (hormones) et sanitaire (maladies).

Dans un premier temps, nous avons spécialement étudié les relations entre la ration alimentaire, le taux de croissance et l'efficacité de conversion en considérant trois catégories de taille (0,1 à 1 g; 1 à 10 g et 10 à 30 g), trois températures (≈ 16 , ≈ 20 et $\approx 24^{\circ}\text{C}$) et trois types d'aliments (daphnies, larves de chironomes et aliment sec artificiel). Les résultats détaillés de cette étude seront développés dans une publication ultérieure. Dans le présent article nous nous limiterons à quelques observations de portée générale ou pratique.

Relation alimentation-croissance-conversion

La forme générale de la relation entre la ration alimentaire, le taux de croissance et la conversion apparaît sur la figure 8 qui se rapporte à une expérience où les barbeaux de 0,1 à 0,5 g étaient nourris avec des larves de chironomidés. Quand la ration augmente, le taux de

Tableau 5 : Courbes de croissance en longueur et en poids des barbeaux mâles et femelles dans l'Ourthe (d'après PHILIPPART, 1976)

Age (années)	Mâles n=1339			Femelles n=1358		
	Nombre	Longueur (mm)	Poids (g)	Nombre	Longueur (mm)	Poids (g)
1	153	55*	2,2	153	55*	2,2
2	437	92*	11,4	437	92*	11,4
3	79	130	31	81	131	32,7
4	105	170	60	108	174	71
5	108	198	97	132	223	130
6	152	215	138	152	260	214
7	196	232	180	214	299	328
8	171	254	223	364	337	481
9	49	277	264	114	381	672
10	62	271	303	45	408	856
11	79	287	338	38	423	1023
12	58	289	371	29	455	1170
13	88	300	400	23	453	1297
14	78	305	426	23	483	1403
15	65	319	449	13	494	1492
16	17	322	469	10	504	1565
17	13	344	488	5	545	1625
18	8	344	503	2	595	1673
19	6	342	517	4	568	1712
20	2	375	528	1	525	1744
21	1	404	538			
22	1	406	547			

* non sexés.

Les courbes de croissance ont été établies par regroupement de tous les poissons d'âge connu (par lecture des écailles seules, des opercules seuls ou des écailles et opercules) examinés au cours de l'étude.

croissance s'accroît plus ou moins proportionnellement puis atteint un palier correspondant au maximum physiologique de croissance dans les conditions de l'expérience. L'efficacité de la conversion est maximum pour une ration intermédiaire et elle diminue au fur et à mesure que la ration augmente ("gaspillage" de la nourriture à cause d'une digestion trop rapide et incomplète); la conversion devient également de plus en plus inefficace quand la ration diminue car une partie importante de l'énergie alimentaire sert à couvrir les besoins de maintenance au détriment de la croissance. L'analyse des courbes de croissance et de conversion conduit à définir trois niveaux essentiels de ration :

- i) la ration de maintenance (9,5%) qui donne une croissance nulle;
- ii) la ration maximum (40,5%) qui donne la croissance maximale absolue mais une conversion non optimale;
- iii) la ration optimale (31,5%) qui donne la meilleure croissance pour une efficacité de conversion maximale.

Coefficients de conversion moyens

Pour les onze expériences de longue durée en aquarium et avec l'alimentation exclusive en larves de chironomides, les coefficients de conversion globaux varient entre 7,14 et 10,26 (moyenne = 9,46), les valeurs minimales par sous-période d'observation de 5-10 jours atteignant 5,5 - 6,5. En conditions de croissance optimales, on peut tabler sur un coefficient de conversion de 7,5 : 7,5 g de chironomides (85% d'eau) sont nécessaires pour produire 1 g de barbeau (\approx 75% d'eau).

La conversion de l'aliment artificiel sec a été testée dans trois expériences réalisées en bassins de 4 m²/1,5 m³ et en condition de pisciculture expérimentale. Pour des essais de 53 à 62 jours, les coefficients de conversion globaux valent 4,10, 4,25 et 5,45 avec des valeurs minimales de, respectivement, 2,85, 3,51 et 4,12 par sous-période de 11-14 jours.

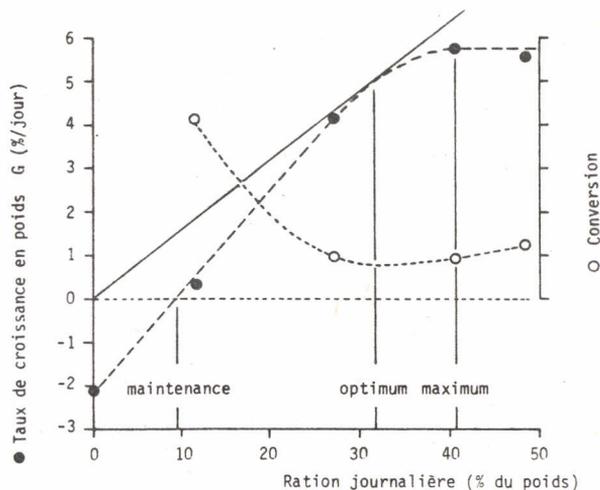


Fig. 8 : Relation entre la ration alimentaire journalière moyenne, le taux de croissance en poids et le coefficient de conversion chez des alevins de barbeaux de 0,183-0,482 g nourris au moyen de larves de chironomes congelées. La conversion est exprimée par le rapport :
 poids sec des chironomes (85% d'eau)
 poids humide des barbeaux (75% d'eau)
 Expérience du 13/08 au 16/09 1982. Température : 19,5°C.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Une autre publication sera consacrée à la discussion des apports de cette étude à la compréhension de l'écologie des alevins de barbeau dans la nature. Ici, nous discuterons uniquement des problèmes relatifs au développement de la pisciculture de l'espèce en vue des rempoissonnements en rivière.

Tout d'abord, il faut insister sur le fait que le barbeau présente plusieurs avantages majeurs qui rendent son élevage tout à fait concevable à grande échelle :

- * les oeufs sont volumineux et non collants et il est possible de réaliser leur incubation sur claie ou en panier comme chez les salmonidés;
- * grâce à leur taille initiale, les embryons à vésicule résorbée sont capables de capturer des proies animales ($> 0,2$ mm) dont la collecte en étang (daphnies) et l'élevage au laboratoire (*Artemia*) ne posent pas de problèmes techniques sérieux;
- * les larves de 15 jours capturent indifféremment des proies congelées ou vivantes (possibilité de stockage de plancton récolté au meilleur moment) et acceptent rapidement les aliments secs artificiels du type farine vitaminée pour truitelles;
- * aux stades précoces (jusqu'à 40 jours) de leur développement, les jeunes barbeaux supportent bien les hautes densités d'élevage (max. 28.000 /m² pour les larves) ainsi que les conditions physico-chimiques (température, oxygène dissous, ammoniacque) régnant dans un circuit fermé (aquarium) ou semi-fermé;
- * au vu des essais de 1982, les problèmes sanitaires semblent mineurs; les quelques infections de "points blancs" enregistrées (et consécutives à des changements de bassin ou d'eau et à des manipulations expérimentales fréquentes) furent aisément limitées et éliminées (formol + vert de Malachite).

Concernant le développement d'une production massive d'alevins, les résultats de la première année d'expérience conduisent à définir l'objectif, le schéma général et les techniques d'élevage.

Objectif :

Le taux de mortalité devient très faible (1-2 % par mois) dès que les alevins atteignent 5-6 cm et 1,5 - 2,0 g, taille et poids qu'ils ont normalement après une saison de croissance en rivière; en se fixant comme objectif pratique de produire des alevins de 6 cm - 2 g, on peut donc espérer rempoissonner avec des alevins ayant passé en écloserie la période critique (oeuf - 2 mois) pendant laquelle la mortalité en rivière est très importante et détermine l'abondance de chaque génération annuelle. Mais pour accroître les chances d'adaptation des jeunes barbeaux à la rivière réceptrice, il est primordial d'envisager les déversements le plus tôt possible dans la saison afin que les alevins profitent des dernières semaines de croissance; la période idéale étant mi-août/septembre, cela signifie qu'il faut amener l'alevin à 2 g en 80-100 jours à compter de la reproduction à une date moyenne fixée au 15 mai. Cet objectif de croissance est tout à fait réalisable (cf. Fig. 5) à condition de travailler à des températures optimales de croissance (22-24°C) et de nourrir abondamment.

Schéma de production

A partir des résultats des expériences (g), (h), (c) et (d) réalisées au CERER-Tihange, le schéma idéal de production s'établit comme suit :

- PHASE I oeuf → alevin pélagique commençant à s'alimenter de proies vivantes,
(10-15 jours)
- PHASE II début de l'alimentation → alevins de ± 0,3 g nourris de proies naturelles + aliments secs,
(25-30 jours)
- PHASE III alevins de 0,3 g à 2,0 g nourris d'aliments secs exclusivement.
(45-55 jours)

A l'âge de 100 jours, on peut raisonnablement escompter une survie de 50-60% par rapport aux oeufs fécondés et de 70-75% par rapport aux larves à vésicule résorbée; mais l'expérience (g) démontre la possibilité d'obtenir des survies oeuf-100 jours atteignant 70-75%.

Technique d'élevage

La faisabilité pratique et économique d'une pisciculture du barbeau implique le développement d'un élevage de type intensif avec contrôle-optimisation des caractéristiques physico-chimiques (température-oxygène dissous) et de l'alimentation.

Au plan de l'alimentation, l'utilisation des aliments secs artificiels est impérative : en tablant sur des coefficients de conversion de 8 pour la nourriture naturelle (larves de chironomes du commerce) et de 4 pour la nourriture artificielle, la production de 1.000 barbeaux de 2 g coûterait environ 7.000 FB en nourriture naturelle et 350 FB en aliments secs commerciaux, soit 20 fois moins. L'alimentation naturelle sera dès lors réservée au premier âge (10-30 jours) afin d'assurer une bonne survie initiale des larves et un bon démarrage de la croissance; pendant la phase d'alimentation artificielle, un complément de nourriture naturelle restera bénéfique aux alevins (apports de vitamines).

Pour ce qui concerne la densité de l'élevage, on peut, moyennant un renouvellement d'eau suffisant et une alimentation à satiété en proies vivantes, maintenir en phase II 3-4.000 larves/m² sans effet négatif sur la croissance. Pendant la phase III de grossissement, la densité maximale expérimentée a été (Exp. a) de 259 alevins/m² en bassin carré de 4 m², mais les barbeaux manifestent un très fort comportement grégaire et leur concentration sur des surfaces réduites du bassin correspondait à des densités de plus de 2.000 ind/m²; cette particularité comportementale de l'espèce ouvre la possibilité de travailler à des densités de 1.000 ind./m² si le débit d'eau et l'apport d'oxygène dissous sont ajustés.

Reste enfin la question de l'origine des géniteurs pour laquelle on est totalement dépendant d'un prélèvement dans la nature. Il n'est pas exclu d'arriver à acclimater des barbeaux mais il faudra au moins 3 ans pour espérer obtenir des femelles matures à partir des alevins produits par reproduction artificielle en 1983; mais, même si cette acclimatation réussit, la capture des géniteurs en rivière restera une nécessité impérieuse pour maintenir l'intégrité génétique des stocks. Quoi qu'il en soit donc, subsiste le problème de l'incidence écologique

des collectes d'oeufs dans les populations sauvages. Sur ce plan, il faut savoir que dans une rivière riche en barbeaux comme l'Ourthe (188 kg/ha et 948 ind.> 15 cm/ha, PHILIPPART, 1977) la fécondité potentielle du peuplement est (situation 1973-74) de l'ordre de grandeur de 250.000 ovules/ha (25/m²) alors que la densité des poissons d'1 an est estimée (situation de la classe d'âge 1971 en 1971) \approx 200-300 ind./ha (taux de survie = 0,1% !). Compte tenu de l'amélioration du taux de survie (50%) par la pisciculture de rempoissonnement, un prélèvement d'oeufs même à première vue important (250.000 oeufs susceptibles de donner \approx 125.000 alevins de 2 g) ne présente en réalité aucun risque pour la population sauvage. Ce même prélèvement quantitatif aurait, en revanche, une incidence beaucoup plus grave dans les rivières où le peuplement en barbeaux est clairsemé.

CONCLUSIONS GENERALES

Dans l'état actuel d'avancement de la recherche, nous considérons que les bases techniques de la pisciculture du barbeau et de la production massive d'alevins sont bien établies, même s'il subsiste des mises au point à faire et des améliorations à trouver au plan des conditions biologiques de l'élevage et au plan de la conception des installations de production; les problèmes les plus cruciaux concernent l'alimentation (ajustement quantitatif de la ration alimentaire et de son mode de distribution sur 24 h). Des expériences se poursuivent et beaucoup de questions devraient être résolues dans les six prochains mois.

Maintenant il s'agit en priorité de répéter en 1983 les expériences de reproduction artificielle réussies en 1982 mais en envisageant une opération à plus grande échelle (disons production de 25.000 alevins en 4 mois) destinée

- i) à tester la faisabilité technique et la rentabilité économique de l'opération (en fait il faut surtout évaluer une telle opération en terme de rentabilité écologique);
- ii) de produire un nombre suffisant d'alevins pour envisager d'entreprendre, en collaboration avec le Service de la Pêche, les Eaux et Forêts et les sociétés de pêche, des essais scientifiques de rempoissonnement d'entretien en barbeaux et de réimplantation dans quelques rivières ou secteurs de rivières judicieusement choisis.

Arrivés à cette phase de concrétisation du projet, des problèmes d'une autre nature vont se poser; il faudra notamment

- i) vérifier si les barbeaux produits en pisciculture vont survivre en bonne proportion au transfert dans le milieu naturel,
- ii) déterminer quelles sont les conditions d'élevage à adopter pour limiter la dégénérescence écologique et génétique des alevins produits et réduire les risques de "pollution génétique" des populations sauvages inhérents à toute forme de rempoissonnement.

Ce problème ne concerne d'ailleurs pas uniquement le barbeau, mais toutes les autres espèces de rempoissonnement et il est grand temps de s'en préoccuper.

REMERCIEMENTS

Ce projet a bénéficié de l'appui financier du FNRS (crédit au chercheur n° S2/5 - PG - E 42 exercice 1980-1981) et de la Commission Provinciale de Liège du Fonds Piscicole (subside au Service d'Ethologie pour travaux d'amélioration piscicole des rivières); il a pu être réalisé grâce aux infrastructures du CERER-IRSIA à Tihange et de l'Aquarium de l'Université (Dr J. VOSS, Conservateur) et grâce à la collaboration de la Ville de Liège (Service des Plantations) qui nous a autorisé à récolter de la nourriture planctonique vivante dans les étangs communaux. L'autorisation de capturer des barbeaux géniteurs en rivière a été accordée par l'Administration des Eaux et Forêts. Ont apporté leur appui scientifique ou technique au projet nos collaborateurs Ch. MELARD (attaché de recherche IRSIA) et D. BISSHOPS du CERER à Tihange ainsi que A. VANBRABANT et S. HOUBART du Service d'Ethologie et R. MARECHAL et J. HENROTTE de l'Aquarium. Que toutes ces personnes et institutions soient vivement remerciées pour leur concours.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COCHE, A.G. et BIANCHI, G., 1979
Present status of mass rearing of fry and fingerlings in the EIFAC region.
pp. 7-31, In E.A. Huisman and H. Hogendoorn (ed.)
EIFAC Workshop on mass rearing of fry and fingerlings of fresh water fishes. Papers, The Hague, 8-11 May 1979, Ministry of Agriculture and Fisheries.
EIFAC Technical Paper n°35 Suppl.1, 202 pages.
- GYURKO, S., SZABO, S., ANDREKA, F., MIRCEA, M., DIMOFTACHE, M., CURITAN, A., et CRETEANU, A., 1957
(La reproduction artificielle du chevaine et du barbeau à Manastur -Cluj)
Bul. Inst. de Cerc. pisc., 16 (2), 46-52.
- HANCOCK, R.S., JONES, J.W. et SHAW, R., 1976
A preliminary report on the spawning behaviour and nature of sexual selection in the barbel, *Barbus barbus* (L.)
J. Fish Biol., 9, 21-28.
- HOCHMAN, L., 1968
(Let us try to obtain the own fry of the barb)
Cs. rybarstvi 1963 (2), 23-24.
- HUET, M. et TIMMERMANS, 1970
Traité de pisciculture.
Ed. Ch. de Wyngaert, Bruxelles, 718 pages.
- KARANGWA, C., 1975
Observations sur le comportement alimentaire du barbeau, *Barbus barbus* (L.) dans l'Ourthe.
Mémoire de Lic. en Sc. Zoologiques, Université de Liège, 74 pages.

- MELARD, Ch., et PHILIPPART, J.C., 1982
La production de tilapia de consommation dans les rejets industriels d'eau chaude en Belgique. Bilan 1977-1981 des recherches du CERER-IRSIA. Cahiers d'Ethologie appliquée, 1 (suppl.2), 112 pages.
- MICHA, J.C., 1971
Densité de population, âge et croissance du barbeau, *Barbus barbus* (L.) et de l'ombre, *Thymallus thymallus* (L.) dans l'Ourthe. Ann. Hydrobiol., 2 (1), 47-68.
- PHILIPPART, J.C., 1977
Contribution à l'étude de l'écosystème "Rivière de la zone à barbeau" supérieure : Densité, biomasse et production de population de poissons dans l'Ourthe. pp. 551-567, In P. Duvigneaud et P. Kestemont, (éd.), Productivité biologique en Belgique, Duculot, Gembloux-Paris, Liège, 967 pages.
- PHILIPPART, J.C., 1977
Contribution à l'hydrobiologie de l'Ourthe. Dynamique des populations et production de quatre espèces de poissons *Cyprinidae* : *Barbus barbus* (L.), *Leuciscus cephalus* (L.), *Chondrostoma nasus* (L.) et *Leuciscus leuciscus* (L.).
Thèse de Doctorat en Sciences Zoologiques, Université de Liège, 225 p.
- PHILIPPART, J.C., 1980
Essai d'évaluation des ressources ichtyologiques actuelles et potentielles dans le bassin de l'Ourthe (bassin de la Meuse) en Belgique. pp. 298-307, In J.H. Grover (ed.), Allocation of Fishery Resources, Proceedings of the Technical Consultation on Allocation of Fishery Resources, Vichy (France), 20-23 April 1980, FAO, Rome, 623 pages.
- PHILIPPART, J.C., et VRANKEN, M., 1982
Les poissons menacés de disparition en Wallonie. 467 pages, Vol. II de : Enquête sur les espèces de Vertébrés menacés de disparition en Wallonie. Edition du Ministère de la Région Wallonne pour l'Eau, l'Environnement et la Vie rurale, Bruxelles, 467 pages.
- D'HULSTERE, D. et PHILIPPART, J.C., 1982
Observations sur le comportement d'éclosion et de post-éclosion chez l'ombre commun, *Thymallus thymallus* (L.).
Cahiers d'Ethologie appliquée, 2 (1), 63-80.
- PHILIPPART, J.C. et VRANKEN, M. (sous presse) 1983
Atlas provisoire des poissons de Wallonie. Ecologie, Ethologie, Distribution et Conservation.
Cahiers d'Ethologie appliquée, Vol. 3, Suppl. 1-2.
- PENAZ, M., 1971
Difference in mortality rate and development in feeding and starving larvae of *Chondrostoma nasus* et *Barbus barbus* (Pisces).
Zool. listy, 20 (1), 85-94.
- PENAZ, M., 1973
Embryonic development of the barb, *Barbus barbus* (Linnaeus, 1758).
Zool. listy, 22 (4), 363-374.
- WEBB, P.W., 1978
Partitioning of energy into metabolism and growth, p. 184-214, In S.D. GERKING (ed.), Ecology of freshwater fish production, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 520 pages.