

Vincent Gennotte, Christian Prignon

# L'ÉLEVAGE DU HOTU EN WALLONIE



# L'élevage du hotu en Wallonie

## Dans la même collection

- Bock L. et al., 2011. 3<sup>ème</sup> *Journée d'étude du Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie. L'information pédologique... comment mieux la valoriser : vers un système d'information sur les sols ?* 116 p.
- Bogaert J., Halleux J.M., 2015. *Territoires périurbains. Développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud.* 304 p.
- Bousson E., 2003. *Gestion forestière intégrée. Approche structurée basée sur l'analyse multicritère.* 303 p.
- Caparros Megido R., Haubruge É., Francis F., 2014. *Six pattes et si délicieux. Les insectes dans nos assiettes.* 72 p.
- Chantereau J., Cruz J.F., Ratnadass A., Trouche G., Fliedel G., 2013. *Le sorgho.* 148 p.
- Colson V., Granet A.M., Vanwijnsbergh S., 2012. *Loisirs en forêt et gestion durable.* 304 p.
- Cruz J.F., Béavogui F., 2011. *Le fonio, une céréale africaine.* 175 p.
- Dagnelie P., 1975. *Analyse statistique à plusieurs variables.* 362 p.
- Dagnelie P., 2012. *Principes d'expérimentation. Planification des expériences et analyse de leurs résultats.* 413 p.
- Dagnelie P. et al., 2013. *Cubage des arbres et des peuplements forestiers : tables et équations.* 176 p.
- Delacharlerie S. et al., 2008. *HACCP organoleptique. Guide pratique.* 176 p.
- Delvigne F. et al., 2010. 2<sup>ème</sup> *journée de réflexion de l'EDT GEPROC : génie des procédés appliqué aux bio-industries.* 94 p.
- Delvingt W., Vermeulen C., 2007. *Nazinga.* 312 p.
- Didderen I. et al., 2009. *Le bioéthanol de seconde génération. La production d'éthanol à partir de biomasse lignocellulosique.* 128 p.
- Doucet J.L. et al., 2012. *Regards croisés sur la foresterie communautaire. L'expérience camerounaise.* 216 p.
- Druart Ph. et al., 2013. *Renaturation des berges de cours d'eau et phytoremédiation.* 156 p.
- Dugué M.J., 2012. *Appuyer les organisations de producteurs.* 144 p.
- Faure G. et al., 2010. *Innover avec les acteurs du monde rural : la recherche-action en partenariat.* 222 p.
- Feltz C., Toussaint A. (coord.), 2006. *Conversations paysagères 2004.* 77 p.
- Ferraton N., Touzard I., 2009. *Comprendre l'agriculture familiale. Diagnostic des systèmes de production.* 124 p.
- Fumière O. et al., 2009. *Nouvelle méthodologie pour la détermination de l'espèce des produits d'origine animale dans les aliments pour le bétail : couplage des techniques micro-spectroscopiques et de la PCR en temps réel.* 77 p.
- Furnelle V., 2015. *La musique du paysage.* 84 p.
- Gennotte V., Prignon Ch., 2016. *L'élevage du barbeau en Wallonie.* 68 p.
- Hoyoux J.M., 2002. *Le vocabulaire de l'apiculteur, illustré d'extraits littéraires.* 279 p.
- Jacquemard J.C., 2011. *Le palmier à huile.* 250 p.
- Jacquemard J.C., 2013. *Le palmier à huile en plantations villageoises.* 142 p.
- Klein H.D. et al., 2014. *Les cultures fourragères.* 262 p.+ CD ROM.
- Ledent A., Burny P., 2002. *La politique agricole commune des origines au 3<sup>e</sup> millénaire.* 600 p.
- Lhoste Ph. et al., 2010. *La traction animale.* 223 p.
- Mahy G. et al. (coord.), 2005. *Les pelouses calcicoles : du paysage aux gènes.* 80 p.
- Malaisse F., 2010. *How to Live and Survive in Zambezian open Forest (MIOMBO Ecoregion).* 424 p. + CD-ROM
- Manteca i Vilanova X., Smith A.J., 2014. *Comportement, conduite et bien-être animal.* 188 p.
- Meunier Q., Moubogou C., Doucet J.L., 2015. *Les arbres utiles du Gabon.* 340 p.
- Mignon J., Haubruge E., Francis F., 2016. *Clé d'identification des principales familles d'insectes d'Europe.* 87 p.
- Nanson A., 2004. *Génétique et amélioration des arbres forestiers.* 712 p.
- Neuray G., 1982 (réimpression, 2004). *Des paysages. Pour qui ? Pourquoi ? Comment ?* 590 p.
- Pochet B., 2015. *Comprendre et maîtriser la littérature scientifique.* 150 p.
- Rondeux J., Thibaut A., 1996. *Tables de production relatives au douglas.* 152 p.
- Rondeux J., 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers.* 544 p.
- Sindic M. et al., 2010. *Valorisation de l'amidon de blé. Incidences des modalités de culture sur les propriétés technofonctionnelles.* 72 p.
- Turner M., 2013. *Les semences.* 224 p.
- Vandenbergh Ch., Marcoen J.M. (Éds), 2010. *Atelier Nitrate-Eau. Évaluation du programme de Gestion Durable de l'Azote.* 125 p.
- Vandenbergh Ch. et al., 2013. 2<sup>e</sup> *Atelier Nitrate-Eau. Évaluation du Programme de Gestion Durable de l'Azote.* 154 p.
- Verhegen F. et al., 2013. *Les vers à soie malgaches. Enjeux écologiques et socio-économiques.* 326 p. + CD-ROM
- Vermeulen Ph. et al. (coord.), 2009. *Feed Safety International Conference 2007.* 70 p.
- Vermeulen Ph. et al., 2011. 3<sup>rd</sup> *International Feed Safety Conference Methods and Challenges.* 72 p.
- Wiener G., Rouvier R., 2009. *L'amélioration génétique animale.* 278 p.

Vincent Gennotte, Christian Prignon

# L'élevage du hotu en Wallonie

LES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLOUX

Vincent Gennotte – Christian Prignon  
Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture  
(CEFRA)  
Université de Liège



Coordination et supervision scientifique : C. Mélard  
(CEFRA, ULg),  
M. Ovidio (LDPH, ULg)

Comité éditorial : C. Ducarme, F. Fontaine, X. Rollin

Ont collaboré aux travaux de recherche ayant servi à la réalisation de cette étude :  
J.P. Benitez, A. Dierckx, D. Gustin, B. Hoc, M. Loume Diarra, C. Rougeot,  
G. Speeckaert, B. Thomassen, T. Tomson

Conseils scientifiques : F. Lieffrig, J.C. Philippart, P. Poncin

Ce document a été réalisé dans le cadre d'un programme de recherche intitulé : *Étude de la diversité génétique et de l'état des stocks des populations de barbeaux et de hotus en Wallonie. Amélioration des techniques d'élevage en vue de repeuplements raisonnés et de transferts de connaissances vers les pisciculteurs* (convention 32-1109-005, financement : Service Public de Wallonie – Fonds Européen pour la Pêche), rapport final : <http://hdl.handle.net/2268/190031>

2016



<http://hdl.handle.net/2268/191434>

LES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLOUX, A.S.B.L.

Passage des Déportés 2 — B-5030 Gembloux (Belgique)

Tél. : +32 (0) 81 62 22 42

E-mail : [pressesagro.gembloux@ulg.ac.be](mailto:pressesagro.gembloux@ulg.ac.be) URL : [www.pressesagro.be](http://www.pressesagro.be)

D/2015/1665/143

ISBN 978-2-87016-143-2

*Cette œuvre est sous licence Creative Commons. Vous êtes libre de reproduire, de modifier, de distribuer et de communiquer cette création au public selon les conditions suivantes :*

- *paternité (BY) : vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'œuvre) ;*
- *pas d'utilisation commerciale (NC) : vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales ;*
- *partage des conditions initiales à l'identique (SA) : si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.*

*À chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette œuvre. Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur.*

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr>

Publié avec l'aide du Service public de Wallonie  
(Aides à la promotion de l'emploi)

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>1. Introduction générale</b> .....	7
<b>2. Présentation du hotu</b> .....	9
2.1. Description .....	9
2.2. Habitat et comportement .....	10
2.3. Régime alimentaire et croissance .....	10
2.4. Reproduction .....	10
<b>3. Techniques de reproduction</b> .....	13
3.1. Introduction .....	13
3.2. Utilisation de géniteurs sauvages .....	14
3.2.1. Méthodes de capture .....	14
3.2.2. Contrôle de l'état de maturité .....	14
3.2.3. Induction hormonale de la ponte .....	15
3.3. Contrôle du cycle de maturité sexuelle des géniteurs captifs .....	16
3.3.1. Infrastructures d'élevage des géniteurs .....	16
3.3.2. Cycle de reproduction des géniteurs en captivité .....	17
3.3.3. Gestion des géniteurs .....	19
3.4. Techniques de ponte et d'incubation des œufs .....	20
3.4.1. Sélection des géniteurs .....	20
3.4.2. Reproduction artificielle .....	21
3.4.3. Incubation des œufs .....	24
3.5. Infrastructures d'incubation des œufs .....	25
<b>4. Élevage larvaire du hotu</b> .....	27
4.1. Introduction .....	27
4.2. Élevage extensif .....	28
4.2.1. Infrastructures d'élevage .....	28
4.2.2. Alimentation et croissance .....	31
4.2.3. Conduite de l'élevage .....	33
4.3. Élevage semi-intensif .....	33
4.3.1. Infrastructures d'élevage .....	34
4.3.2. Alimentation et croissance .....	35
4.3.3. Conduite de l'élevage .....	36
4.4. Élevage intensif en circuit recirculé .....	37
4.4.1. Infrastructures d'élevage .....	37
4.4.2. Alimentation et croissance .....	39
4.4.3. Conduite de l'élevage .....	41

<b>5. Grossissement du hotu</b> .....	43
5.1. Introduction .....	43
5.2. Élevage extensif .....	44
5.2.1. Infrastructures d'élevage .....	44
5.2.2. Conditions d'élevage .....	45
5.2.3. Croissance et survie .....	45
5.3. Élevage intensif en circuit recirculé .....	47
5.3.1. Infrastructures d'élevage .....	47
5.3.2. Conditions d'élevage .....	48
5.3.3. Croissance et survie .....	50
5.4. Pathologies et traitement .....	53
<b>6. Synthèse et conclusions</b> .....	55
Annexes .....	57
Glossaire .....	65
Littérature consultée .....	67
Adresses utiles .....	69

# 1. INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

Ce document décrit les techniques d'élevage du hotu, à savoir la reproduction, l'élevage larvaire et le grossissement des juvéniles, dans différentes conditions de production. Il constitue la synthèse des résultats d'un programme de recherche mené par le Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture (CEFRA, Université de Liège), et financé par le Service Public de Wallonie et le Fonds Européen pour la Pêche, visant à développer les techniques d'élevage de cette espèce dans le cadre d'un programme plus vaste de restauration des populations piscicoles patrimoniales de Wallonie. Ces résultats ont été complétés par les connaissances issues de recherches antérieures pour constituer un guide technique le plus complet possible, destiné au pisciculteur intéressé par la production de nouvelles espèces.

En de nombreux endroits, l'altération de l'intégrité écologique (physico-chimique, morphologique et biologique) de nos rivières a conduit, par le passé, à la raréfaction de certaines espèces de poissons, en particulier des espèces patrimoniales écologiquement sensibles comme les cyprinidés rhéophiles.

La restauration ou le soutien de ces populations, et de manière plus large du milieu aquatique, doit être envisagée de façon intégrative, en créant les conditions favorables, le cas échéant, à une recolonisation. Cependant, si la qualité physico-chimique et hydromorphologique de l'habitat s'est améliorée, ou est en voie de retrouver un niveau satisfaisant dans de nombreux cours d'eau, la recolonisation piscicole naturelle est parfois lente, en particulier pour les espèces à grande longévité et à maturité sexuelle tardive, et des repeuplements de restauration ou de soutien sont nécessaires pour accélérer ce processus ou le faciliter dans les secteurs les plus isolés.

C'est le cas du hotu pour lequel d'importantes régressions ont été rapportées, notamment en Haute-Semois, dans l'Ourthe occidentale, l'Ourthe, l'Amblève, l'Hermeton, la Mehaigne, la Berwine et l'Our; voire une extinction, comme dans la Vesdre, ou une quasi-disparition comme dans les sous-bassins de la Sambre et du Viroin.

Dans cette dynamique de restauration du patrimoine piscicole, d'autres espèces comme le barbeau nécessitent des mesures de protection et un programme de repeuplement qui peuvent également participer à la diversification des activités de production aquacole en Wallonie.

Bien que de petite taille par rapport à la production d'espèces d'intérêt halieutique et alimentaire, le marché des poissons de repeuplement patrimonial représente une niche particulière qui trouve son intérêt dans sa spécificité et la diversification des espèces potentiellement produites. La demande pour une telle production peut venir des pouvoirs publics ou des fédérations halieutiques, elles-mêmes soucieuses de préserver la biodiversité de leurs zones de pêche et la pêche elle-même.

La production de juvéniles destinés au repeuplement nécessite la maîtrise de l'ensemble des phases d'élevage : la reproduction des géniteurs, l'élevage larvaire, le grossissement des juvéniles jusqu'à la taille commercialisable, et la croissance et la maturation sexuelle de poissons captifs constituant des nouveaux stocks de reproducteurs. Toutes les étapes de la production sont abordées dans ce manuel.

Après une description de la biologie du hotu, le document se divise en trois grandes parties traitant des techniques de reproduction, de l'élevage larvaire et du grossissement des juvéniles.

La reproduction est une étape clé du cycle d'élevage à laquelle s'ajoute une dimension particulière, spécifique à la production de poissons de repeuplement, qui concerne la gestion des souches génétiques et géographiques des géniteurs et des poissons produits. Tout programme de restauration ou de soutien doit en effet éviter l'introduction de poissons d'origine inconnue ou allochtone, et être basé sur l'utilisation des stocks génétiques naturels et identifiés. Afin de garantir la qualité des alevins produits, les stocks de géniteurs captifs génétiquement identifiés seront produits à partir d'individus capturés dans le milieu naturel. La constitution de stocks de géniteurs de souches identifiées et leur gestion assurée par les pouvoirs publics est un préalable à toute activité de production d'individus de repeuplement dans le cadre de contrats de production assurés par des pisciculteurs.

L'élevage larvaire et la croissance des juvéniles sont envisagés à divers niveaux d'intensification des conditions d'élevage afin de rencontrer différentes situations de production, en termes d'infrastructure et de température principalement. L'accent est cependant mis sur la production intensive en circuit recirculé qui permet une standardisation des conditions d'élevage, assurant une bonne planification de la production et des performances de croissance et de survie satisfaisantes.

## 2. PRÉSENTATION DU HOTU

---

### 2.1. DESCRIPTION

Nom scientifique : *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758)

Famille : Cyprinidae

Sous-famille : Leuciscinae

Le hotu est un poisson téléostéen dont le corps élancé possède un aspect brillant (Figure 1). Les flancs sont argentés, le dos gris-bleu à gris-vert et le ventre blanc-jaunâtre. À l'exception de la dorsale, plutôt grise, les nageoires sont gris-rougeâtre à rouge orangé. La nageoire caudale est profondément échancrée, la dorsale se situe à l'aplomb des pelviennes.

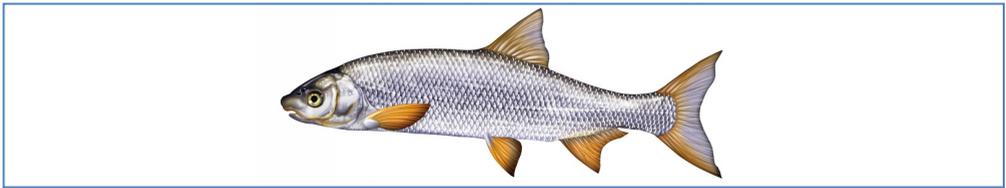


Figure 1. Le hotu, *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758) (image : P. Dunbar).

La tête est l'élément le plus caractéristique de la morphologie du hotu. Petite, elle est composée d'un museau proéminent, de grands yeux et d'une bouche infère à fente transversale munie de lèvres épaisses, cornées et tranchantes (Figure 2A).

Le hotu peut atteindre une longueur maximale d'environ 50 cm pour un poids de 2 kg et une longévité pouvant dépasser 20 ans.

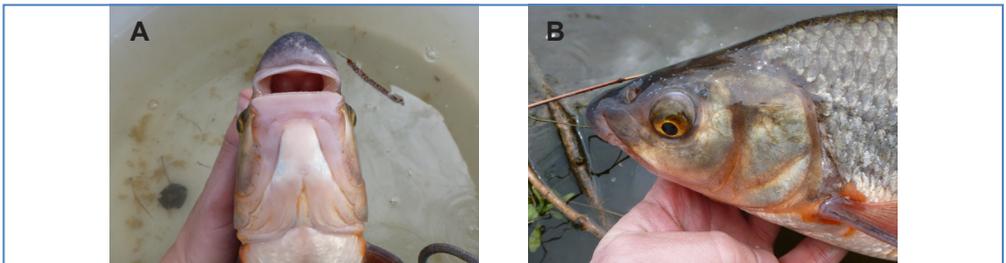


Figure 2. Morphologie de la tête du hotu : vue ventrale (A) ; vue latérale d'un géniteur portant des boutons de frai (B).

## 2.2 HABITAT ET COMPORTEMENT

Le hotu est une espèce vivant dans les cours d'eau tempérés à courant vif, largement distribuée en Europe centrale et de l'Est.

Au cours de leur vie, les hotus peuvent migrer entre différents secteurs de la rivière. La ponte s'effectue dans des sections d'eau peu profondes à courant fort et à fond recouvert de graviers, à proximité de zones plus calmes où se réfugient les larves. En grandissant, les juvéniles puis les adultes passent progressivement vers des zones plus profondes. Les adultes, très mobiles, remontent les cours d'eau pour atteindre les frayères, pouvant parcourir des distances de plusieurs dizaines de kilomètres. Le hotu manifeste un comportement grégaire, évoluant en bancs ou en petits groupes.

## 2.3 RÉGIME ALIMENTAIRE ET CROISSANCE

Le régime alimentaire du hotu est principalement herbivore. À l'aide de ses lèvres cornées, il racle intégralement la couverture biologique du substrat composée essentiellement d'algues (diatomées principalement, chlorophycées, cyanobactéries), mais aussi d'un faible pourcentage de protozoaires, rotifères, larves d'insectes, nématodes, crustacés, oligochètes et de débris végétaux associés à ces algues. Les larves se nourrissent de plancton, principalement de rotifères. Les jeunes juvéniles, dont la bouche est encore terminale, ont un régime omnivore composé d'algues et d'une part importante de proies animales (rotifères, protozoaires, larves d'insectes, crustacés, oligochètes, nématodes). Vers 5 à 7 mois, le développement de lèvres cornées et la migration de la bouche en position infère s'accompagnent d'un changement de comportement alimentaire.

La croissance du hotu en rivière est relativement rapide, avec un léger dimorphisme sexuel en faveur des femelles (Figure 3).

## 2.4. REPRODUCTION

La maturité sexuelle, plus précoce chez les mâles, est atteinte à l'âge de 4-7 ans ( $\pm 30$  cm chez les mâles,  $\pm 34$  cm chez les femelles). La reproduction a lieu entre mars et avril, lorsque la température de l'eau est comprise entre 8 et 14 °C. Les poissons matures migrent vers l'amont des rivières et dans les affluents pour rejoindre les zones de frai.

En période de reproduction, les mâles sont plus sombres et ornés de tubercules nuptiaux (ou boutons de frai, Figure 2B) sur la tête. Ce caractère est moins marqué

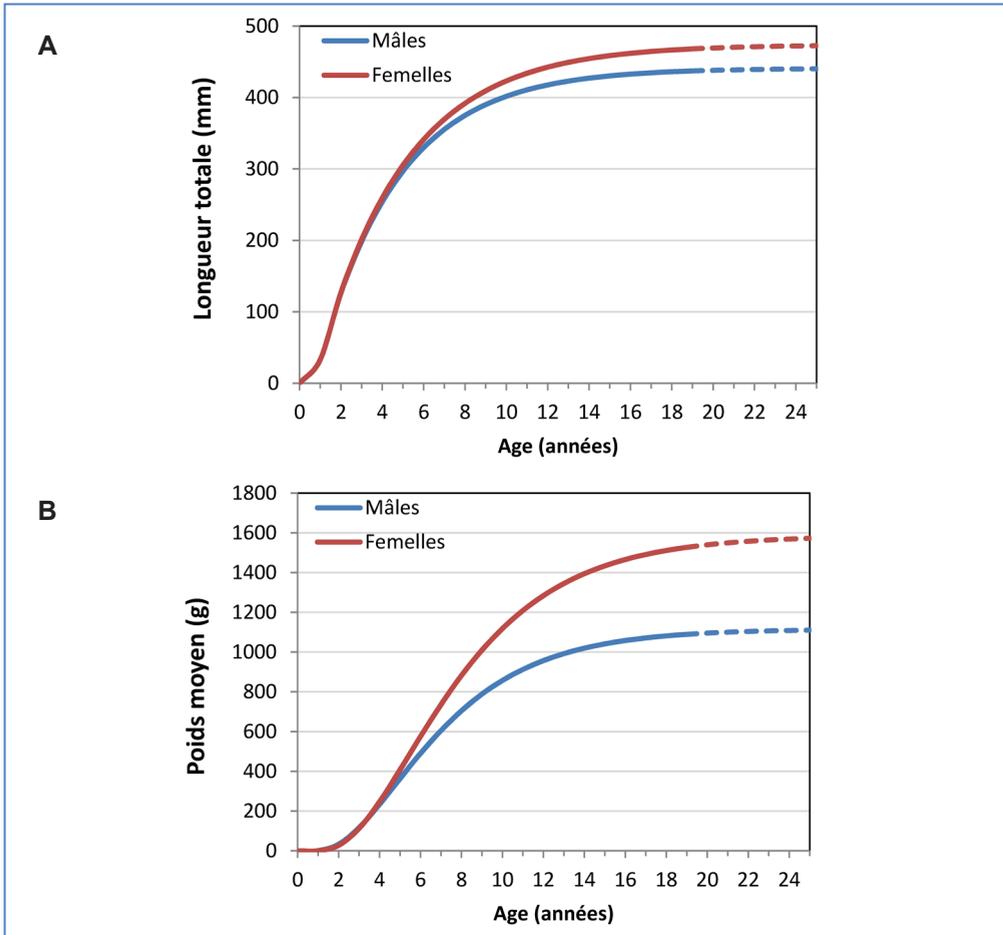


Figure 3. Courbes de croissance linéaire (A) et pondérale (B) du hotu dans l'Ourthe (d'après Philippart, 1977).

chez les femelles. La ponte est synchrone et la durée du frai est courte (1 à 6 jours). Les géniteurs se rassemblent en larges groupes sur des frayères situées dans des zones bien oxygénées, de faible profondeur (15-30 cm) disposant d'un courant élevé ( $\pm 1$  m/s) et d'un substrat constitué de graviers assez grossiers. Les œufs collants sont déposés sur le substrat sans enfouissement. La ponte d'une femelle est généralement fécondée par plusieurs mâles. Une ponte peut comprendre de 10 000 à 100 000 œufs, la fécondité relative est d'environ 35 000 œufs par kilo de femelle.

La phase de développement embryonnaire est caractérisée par une forte mortalité liée à des phénomènes de prédation, ainsi qu'à la prolifération d'algues (asphyxie des œufs) et aux variations naturelles ou artificielles de débit. Après l'éclosion, les larves

de hotu sont photophobes et passent leurs premiers jours dans le substrat à l'abri des prédateurs. Ensuite elles dérivent vers les zones proches des berges qui joueront le rôle de nurseries.

# 3. TECHNIQUES DE REPRODUCTION

---

## 3.1. INTRODUCTION

L'obtention de pontes pour la production contrôlée d'alevins nécessite de disposer de géniteurs sexuellement matures provenant soit du milieu naturel, soit d'un stock de géniteurs maintenus en captivité dans un environnement contrôlé.

Chez la plupart des espèces de poissons des régions tempérées, la ponte est unique (maturation synchrone) et la reproduction n'a lieu que durant une courte période qui sera déterminée par des facteurs environnementaux dont les principaux sont la température et la photopériode. Les possibilités de capture de géniteurs sexuellement matures sont donc limitées à quelques semaines, voire quelques jours sur l'année. À ce manque de contrôle du moment de la reproduction s'ajoutent d'autres désavantages à l'utilisation de géniteurs sauvages pour l'obtention de pontes de hotu dans un programme de production. Cette technique nécessite une mise en œuvre matérielle et humaine importante sans certitude de succès. Il est de plus généralement difficile de capturer en une fois suffisamment de géniteurs pour assurer la diversité génétique des descendants. Enfin, le prélèvement de géniteurs matures dans le milieu naturel peut provoquer un déficit local de recrutement qui ne fera qu'accroître le problème de déclin démographique.

À l'inverse, le maintien en pisciculture d'un stock de géniteurs captifs permet d'allonger la période de maturation, de contrôler le moment de la ponte, l'importance de la production et la diversité génétique des alevins produits.

Cette technique sera donc utilisée pour assurer la production régulière et contrôlée d'alevins destinés au repeuplement, alors que la capture et l'utilisation de géniteurs sauvages sera réservée à la constitution initiale des stocks de géniteurs captifs destinés à la production.

Un résumé des conditions et caractéristiques de reproduction des géniteurs captifs de hotu figure au tableau 1, en fin de chapitre.

## 3.2. UTILISATION DE GÉNITEURS SAUVAGES

### 3.2.1. MÉTHODES DE CAPTURE

Deux méthodes de capture peuvent être utilisées pour obtenir des géniteurs sauvages sexuellement matures : le piégeage dans les échelles à poissons et la pêche électrique. La mise en œuvre de ces techniques nécessite un matériel particulier et surtout, un personnel formé et légalement agréé (service public et universités).

Ces opérations se pratiquent en mars-avril, lorsque la température de l'eau est comprise entre 10 et 14 °C et que les poissons matures migrent vers l'amont, quittant le lit moyen des grands cours d'eau pour rejoindre les zones de frayères dans les secteurs plus amont et les affluents.

Un contrôle régulier (tous les 2 jours) des pièges situés sur les passes et échelles à poissons permet de prélever les hotus capturés. De tels pièges existent p. ex. sur la Meuse à Tailfer et à Lixhe, ainsi que sur l'Ourthe à Angleur et à Méry.

La pêche électrique peut par contre être pratiquée sur n'importe quel cours d'eau, pour autant que la hauteur d'eau n'excède pas 1 à 2 m. Les sites de pêche seront préférentiellement choisis à proximité des frayères, ou au pied d'obstacles (barrages) où les géniteurs peuvent se regrouper lors de leur migration.

### 3.2.2. CONTRÔLE DE L'ÉTAT DE MATURITÉ

Les adultes capturés sont immédiatement anesthésiés à l'aide de benzocaïne<sup>1</sup> (25 mg/l) ou d'un autre anesthésique légalement autorisé, afin d'évaluer leur état de maturité sexuelle. En période de reproduction, les mâles portent de nombreux boutons de frai, leur coloration est généralement plus foncée et leur abdomen n'est pas dilaté. Chez les mâles matures, une légère pression abdominale (*stripping*) induit l'émission de laitance. Chez les femelles, l'état de maturité est évalué sur base des caractéristiques externes telles qu'un abdomen mou et dilaté, la coloration rougeâtre et la proéminence de la papille génitale. Si les ovules sont facilement expulsés par un léger *stripping*, la fécondation peut être réalisée directement sur le terrain (voir § 3.4.2). Si les ovules sortent difficilement ou pas du tout, les poissons sont transportés dans une cuve *ad hoc* et placés dans un bassin de stabulation. Le bassin de stabulation a idéalement une surface de 4 m<sup>2</sup> et un volume de 1,5 à 2 m<sup>3</sup>. Il est partiellement couvert afin de limiter le stress des géniteurs. La température de l'eau est égale ou supérieure de 1 à 2 °C à celle de leur milieu d'origine et la concentration en oxygène dissous supérieure à 8 mg/l (80 % de saturation).

<sup>1</sup> La benzocaïne est commercialisée sous forme de poudre (N° CAS 94-09-7 ; [www.sigmaaldrich.com](http://www.sigmaaldrich.com)). Une solution sera préalablement préparée en diluant la benzocaïne dans de l'éthanol dénaturé (> 95 %) à raison de 100 g/l. Pour l'anesthésie, cette solution sera diluée dans l'eau à 0,25 ml/l.

### 3.2.3. INDUCTION HORMONALE DE LA PONTE

Avant la mise en charge des géniteurs dans le bassin de stabulation, les femelles reçoivent, sous anesthésie, une injection d'hormones maturantes permettant de déclencher le processus final de maturation des ovaires et de synchroniser la ponte (annexe 3, vidéo 2). La préparation hormonale utilisée est l'OVAPRIM<sup>2</sup>. La dose injectée est 0,5 ml/kg. Le poisson est préalablement pesé et la préparation hormonale injectée dans la musculature dorsale (Figure 4). L'hormone peut également être administrée par injection intrapéritonéale à la base de la nageoire pelvienne. Le taux d'ovulation (nombre de poissons qui libèrent des œufs) après induction est de 75 à 100% et le temps de latence entre l'injection et la ponte est compris entre 470 et 570 °C.h (environ 2 j à 11-12 °C). Durant cet intervalle, la maturité des femelles sera contrôlée (pêche, légère anesthésie, *stripping*) toutes les 6 h. Lorsque l'ovulation est complète (émission aisée des ovules par *stripping*), la reproduction artificielle peut être pratiquée (voir § 3.4.2; annexe 3, vidéo 1). La fécondité relative des femelles après induction hormonale est comprise entre 35 000 et 40 000 œufs/kg femelle.

Les mâles spermiantes ne reçoivent pas d'injection hormonale. Cependant, il est préférable de disposer de plusieurs mâles car le maintien, même court, de géniteurs sauvages en bassin de stabulation, induit une régression de la production de sperme.

Une seule reproduction est possible avec des géniteurs sauvages, et ceux-ci s'adaptent très mal à la captivité. Une fois la reproduction réalisée, ils seront donc reconduits dans leur habitat d'origine.



Figure 4. Injection intramusculaire d'hormones maturantes chez une femelle hotu.

<sup>2</sup> L'OVAPRIM ([www.syndel.com](http://www.syndel.com)) est une préparation liquide contenant de la GnRH (hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires) analogue de saumon et de la dompéridone, un antagoniste de la dopamine. (Syndel International Inc., Canada; en vente libre chez le fabricant).

### 3.3. CONTRÔLE DU CYCLE DE MATURITÉ SEXUELLE DES GÉNITEURS CAPTIFS<sup>3</sup>

#### 3.3.1. INFRASTRUCTURES D'ÉLEVAGE DES GÉNITEURS

Le maintien des géniteurs captifs<sup>4</sup> et le contrôle de la maturation sexuelle devront de préférence s'effectuer en circuit recirculé (Figure 5). Cette technique permet un contrôle complet des paramètres d'élevage (température, photopériode, alimentation, qualité de l'eau, pathogènes) et donc une gestion rationnelle et facilitée du cycle de maturation sexuelle et de la production. Ce type d'infrastructures permet également un contrôle et une manipulation aisée des géniteurs, nécessaires pour assurer le suivi du cycle de maturation et la sélection des géniteurs.

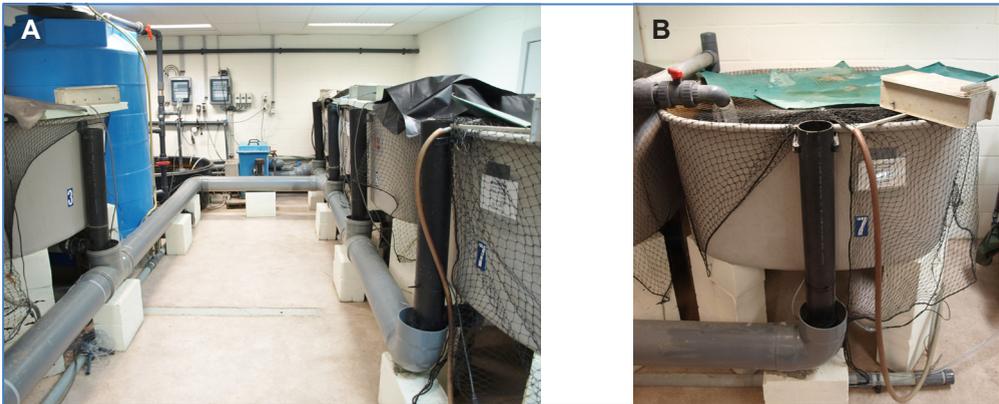


Figure 5. Circuit recirculé pour le maintien des géniteurs (A) ; bassin de stabulation avec nourrisseur automatique (B).

Les bassins de stabulation des géniteurs ont une surface de 2 à 4 m<sup>2</sup> et un volume de 1 à 2 m<sup>3</sup>. En bassin, le hotu adopte généralement une nage de type circulaire. Les bassins auront donc préférentiellement une forme circulaire ou sub-carrée permettant l'expression de ce comportement.

Ils seront fermés par des filets évitant la perte de poissons (le hotu possède de bonnes capacités de saut hors de l'eau). Chaque bassin est équipé d'un aérateur et d'un système de nourrissage automatique assurant une distribution continue d'aliment durant la journée.

Le système de filtration comprend une filtration mécanique assurant l'élimination des particules en suspension (décanteur, tambour filtrant) et une filtration biologique

<sup>3</sup> Les données reprises dans cette section ont été obtenues lors de la première saison de reproduction avec des géniteurs âgés de 3 ans.

<sup>4</sup> Signifie que ces poissons sont nés et ont atteint la maturité sexuelle en captivité.

(volume du filtre : 0,2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de bassin pour un filtre à lit fluidisé possédant une surface spécifique de 600 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>). Idéalement, le circuit est également équipé d'un système de stérilisation à U.V. Le système de chauffage (résistances électriques, échangeur thermique, pompe à chaleur...), et de refroidissement si nécessaire, doit permettre de maintenir une température de 15 à 18 °C toute l'année.

Un schéma d'un circuit type conçu pour le maintien des géniteurs et la croissance des juvéniles ainsi qu'une évaluation du coût, figurent à l'annexe 1.

### 3.3.2. CYCLE DE REPRODUCTION DES GÉNITEURS EN CAPTIVITÉ

Chez le hotu, la maturité sexuelle est atteinte après 3 ans d'élevage en captivité, à une température supérieure à 18 °C, dans des conditions intensives de production (voir § 4.4. et § 5.3). La puberté est atteinte chez des mâles mesurant 23-24 cm à la fourche (poids moyen : 140-160 g) et des femelles mesurant 24-26 cm à la fourche (poids moyen : 230 g). En captivité, à une température constante de 15-18 °C et sous photopériode naturelle, le hotu manifeste un cycle annuel de maturation sexuelle qui s'étale d'avril à juin. Durant cette période de reproduction, les géniteurs portent des boutons de frai (Figures 6, 8A). Ce caractère est plus marqué chez les mâles mais apparaît également chez les femelles. Certains mâles deviennent spermiantes et l'abdomen des femelles se dilate. La synchronisation de la maturation finale des femelles et l'ovulation nécessitent cependant une stimulation par injection d'hormones exogènes afin d'obtenir des pontes de bonne qualité. Les mâles recevront également une stimulation hormonale afin de stimuler la production de laitance.

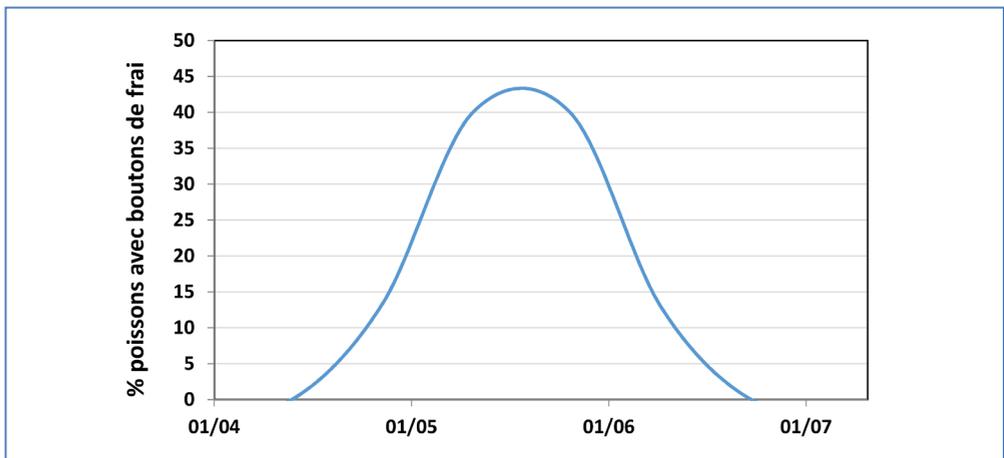


Figure 6. Pourcentage de hotus portant des boutons de frai au cours d'une saison de reproduction dans un stock de géniteurs captifs maintenus à une température constante de 16 °C et sous photopériode naturelle.

Les femelles se reproduisent une fois par saison. La possibilité de décaler la saison de ponte et d'obtenir plusieurs cycles de maturation au cours d'une même saison par contrôle photopériodique, doit encore être explorée.

Par exemple, la sélection de 30 femelles (poids moyen : 230 g ; âge : 3 ans) parmi celles montrant des signes de maturité dans un stock contenant 110 femelles et 110 mâles, permet, après stimulation hormonale, d'obtenir 23 pontes représentant au total 410 g et 87000 ovules. En étendant la sélection à l'ensemble des géniteurs présentant des signes de maturité, on peut raisonnablement estimer à 100 000-120 000 ovules (30 pontes) la production d'un stock de 200 poissons (100 femelles-100 mâles), soit 105 000 œufs fécondés, 47 000 larves à la fin de la période de résorption vitelline, donnant finalement une production de 42 000 juvéniles de 400 mg après 40 jours d'élevage.

La fécondité absolue moyenne de jeunes femelles de poids moyen de 230 g est de 3800 œufs. Sur base de données récoltées chez des géniteurs sauvages, une relation entre la fécondité et la taille des femelles peut être extrapolée pour des poissons de plus grande taille sur base de la relation :  $\text{Log } F_a = -6,282 + 4,180 \text{ Log } L$  (où  $F_a$  : fécondité absolue,  $L$  : longueur corporelle en mm) (Figure 7).

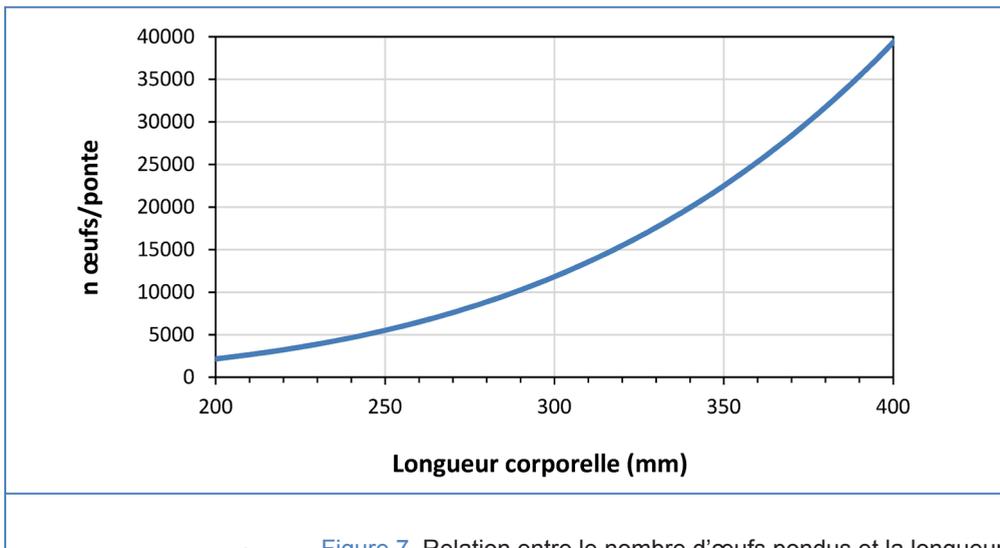


Figure 7. Relation entre le nombre d'œufs pondus et la longueur corporelle totale des femelles (d'après Philippart, 1981).

### 3.3.3. GESTION DES GÉNITEURS

Les densités de peuplement des géniteurs sont comprises entre 15 et 25 kg/m<sup>3</sup>, ce qui représente 100 à 200 individus de 180 g dans un bassin de 1 à 2 m<sup>3</sup>. Excepté la croissance plus élevée chez les femelles, il n'existe pas de critère morphologique externe permettant de déterminer le sexe des juvéniles en dehors de la période de reproduction. Le sexe-ratio des stocks de géniteurs sera proche de 1:1.

Un contrôle régulier (toutes les 1-2 semaines entre mars et juin) des stocks de géniteurs permettra de suivre l'évolution des critères externes de maturité sexuelle.

La température est maintenue entre 15 et 18 °C toute l'année. La photopériode appliquée sera naturelle. Le niveau de stress du hotu étant assez élevé en captivité, l'éclairage ne sera pas trop puissant (max 500-800 lx à la surface de l'eau) et toutes perturbations visuelles ou sonores seront évitées.

La concentration en oxygène dissous doit être supérieure à 7 mg/l (70-75% saturation) et les taux d'ammoniac-ammonium (NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et de nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) idéalement inférieurs à 1 mg/l.

Chez des poissons de 200 g, la ration alimentaire journalière est de 0,7-0,8 % de la biomasse totale. L'aliment utilisé est destiné aux cyprins (carpes); il est pauvre en lipides (< 10 %) et contient 35-40 % protéines, la granulométrie est de 2-3 mm. Un taux de lipides alimentaires supérieur à 10 % conduit à une dégénérescence hépatique et une susceptibilité accrue aux pathologies. Un exemple de composition alimentaire est donné à l'annexe 2.

Les programmes de repeuplement étant basés sur la conservation de souches géographiques génétiquement différentes (variabilité inter-populations) et sur le maintien d'une diversité génétique suffisante au sein de chacune de ces souches (variabilité intra-population), le maintien des stocks de géniteurs ainsi que toutes les phases d'élevage seront gérés de manière séparée pour chaque souche génétique identifiée. Le gestionnaire accordera une attention particulière à cet aspect. Pour chaque souche, les stocks de géniteurs seront constitués d'au minimum 50 mâles et 50 femelles. Chaque individu sera génétiquement caractérisé et identifié par un pit-tag<sup>5</sup> afin de faciliter la gestion des croisements réalisés lors des reproductions.

<sup>5</sup> *Passive integrated transponder* = puce insérée dans la musculature dorsale du poisson permettant une identification individuelle.

## 3.4. TECHNIQUES DE PONTE ET D'INCUBATION DES ŒUFS

### 3.4.1. SÉLECTION DES GÉNITEURS

En captivité, dans les conditions décrites ci-dessus, les géniteurs mûrent entre avril et juin. Cependant, le contrôle de l'ovulation et de la ponte nécessite l'emploi d'hormones maturantes permettant de déclencher le processus de maturation finale des ovaires et de synchroniser la ponte.

Le suivi des critères externes de maturité sexuelle (boutons de frai, coefficient de condition<sup>6</sup>) permettra d'identifier le moment le plus opportun (pic de maturité sexuelle) pour induire la ponte. La reproduction sera réalisée lorsque la proportion de géniteurs (mâles et femelles) portant des boutons de frai est maximale (entre le 10/05 et le 25/05 dans la situation de la figure 6). À ce moment, les femelles présentent un abdomen mou et dilaté. Le coefficient de condition des femelles matures est supérieur à 1,20 et en moyenne de 1,35.

Les femelles sont sélectionnées sur base de la présence de bouton de frai et de la distension de leur abdomen. Les mâles seront sélectionnés sur base de la présence de boutons de frai et de leur coloration (Figure 8). En période de maturation sexuelle, les mâles adoptent une coloration plus foncée. Seulement 5-10 % des mâles émettent spontanément de la laitance, en petite quantité. Ils subiront le même traitement d'induction hormonale que les femelles. La réponse des mâles à l'induction hormonale étant relativement faible (environ 25 % de mâles spermants), le nombre de mâles sélectionnés est égal au nombre de femelles afin de garantir une disponibilité suffisante de laitance pour la reproduction artificielle.

L'induction des mâles et des femelles est réalisée grâce à une injection intramusculaire d'OVAPRIM (Syndel International Inc., Canada) à une dose de 0,5 ml/kg (voir § 3.2.3 ; annexe 3, vidéo 2). Le taux d'ovulation est d'environ 75 % et le temps de latence entre l'injection et la ponte est de 370 à 500 °C.h. À 16 °C, la majorité des pontes sont obtenues entre 24 et 28 h après induction hormonale. Les poissons seront contrôlés toutes les 4 h entre 24 et 32 h post-injection.

Le hotu est une espèce sensible au manque d'oxygène. On veillera à maintenir une concentration en oxygène dissous supérieure à 6 mg/l lors de toutes les manipulations.

<sup>6</sup> Le coefficient de condition (K) donne une mesure de l'« embonpoint » d'un individu, et donc indirectement de sa condition physiologique et de ses capacités de reproduction.  $K = \frac{10^5 P}{L_f}$  (où P : poids corporel en g,  $L_f$  : longueur à la fourche en mm).

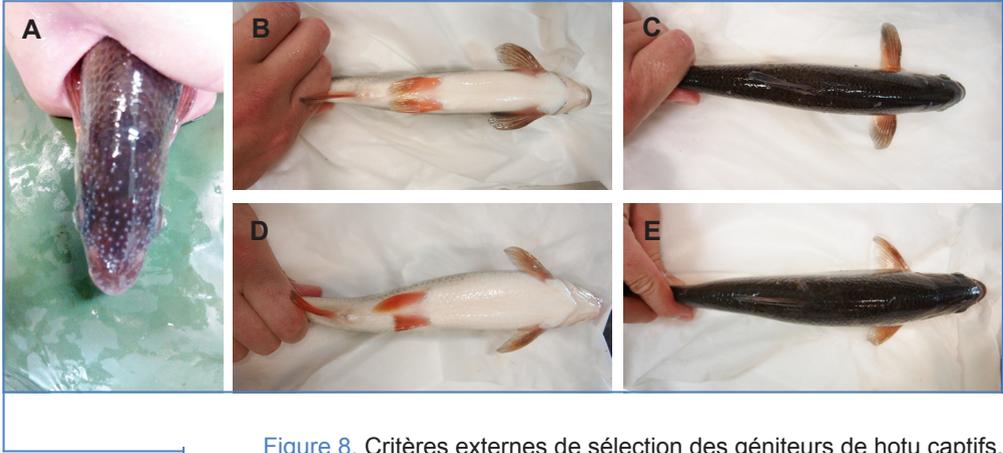


Figure 8. Critères externes de sélection des géniteurs de hotu captifs. Boutons de frai (A); mâle (B) (C); femelle (D) (E).

### 3.4.2. REPRODUCTION ARTIFICIELLE

La reproduction artificielle se déroule en plusieurs étapes (Figure 9; annexe 3, vidéos 1 et 2) :

1. Anesthésie des poissons (benzocaïne 25 mg/l).
2. Extraction du sperme par *stripping* et récolte à l'aide d'une seringue placée au niveau de la papille génitale (Figure 9A). Afin d'éviter toute contamination du sperme par de l'eau ou de l'urine, la papille génitale est préalablement séchée et la première goutte de sperme est éliminée. Si la fécondation n'est pas réalisée immédiatement, le sperme est conservé à sec, sur de la glace fondante.
3. Récolte à sec des ovules par *stripping* (Figure 9B).
4. Mélange des ovules et du sperme. La laitance est répandue sur les ovules à l'aide de la seringue (Figure 9C).
5. Ajout d'un volume d'eau (provenant de l'écloserie) équivalent au volume de la ponte (Figure 9D).
6. Les œufs sont mélangés lentement mais de manière continue durant 2 à 3 minutes pour permettre la fécondation (Figure 9E).
7. Les œufs sont rincés trois fois à l'eau de l'écloserie (Figures 9F) et placés en incubation (Figures 9G et 9H).

Si le nombre de mâles spermiantes disponibles est suffisant, la fécondation sera réalisée selon un schéma de reproduction factorielle : les ovules récoltés des différentes femelles sélectionnées sont mélangés et divisés en autant de lots qu'on dispose de mâles spermiantes. Chaque lot est ensuite fécondé avec la laitance d'un

seul mâle. Ce protocole permet de valoriser au mieux les mâles en stock et de maximiser la diversité génétique des pontes.

Si l'application de ce protocole n'est pas possible et que la fécondation doit être réalisée avec le sperme provenant d'un seul mâle, sa qualité (activation et mobilité des spermatozoïdes) peut être vérifiée sous microscope (grossissement objectif 4-10 x). Une goutte de sperme est placée entre lame et lamelle et l'activation des spermatozoïdes est observée après ajout d'une goutte d'eau. La durée de mobilité des spermatozoïdes est supérieure à 3 min.

Les ovules mesurent de 1,7 à 2,9 mm. Après la fécondation, au contact de l'eau, les œufs s'hydratent et leur volume augmente fortement. En même temps, ils deviennent légèrement collants et peuvent adhérer à la structure d'incubation ou former des agrégats conduisant à une augmentation de la mortalité durant l'incubation. Le caractère adhésif des œufs peut être éliminé par une incubation de 25 min dans une solution de talc (10 g/l) et de sel (4,5 g/l) mais la méthode la plus simple et efficace consiste à rincer abondamment les œufs à l'eau claire et à les brasser afin de les maintenir en mouvement continu de la fécondation à l'incubation.

Le taux de fécondation est généralement compris entre 75 et 98 % (moyenne 92 %).



**Figure 9.** Illustration des différentes étapes de la reproduction artificielle et de l'incubation chez le hotu : récolte du sperme (A); récolte des ovules (B); mélange du sperme et des ovules (C); ajout d'eau pour activer les spermatozoïdes (D); mélange durant la fécondation (E); rinçage (F); incubation des œufs en bouteille de Zoug (G); larves après éclosion (H).

### 3.4.3. INCUBATION DES ŒUFS

L'incubation en bouteille de Zoug garantit les meilleurs résultats car les œufs sont brassés en continu, ce qui limite notamment la contamination par la saprolégniose. Une incubation sur claies de type «écloserie salmonicole» est possible mais induit une diminution de la survie de l'ordre de 20 à 30 %.

Les œufs sont incubés en bouteille de Zoug à raison de 30 g/l. Dans les heures suivant la fécondation, l'hydratation des œufs augmente fortement leur volume de départ (environ 300 %). La concentration en oxygène dissous est supérieure à 8 mg/l et les taux d'ammoniac-ammonium ( $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$ ) et de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) inférieurs à 1 mg/l. La température d'incubation est comprise entre 10 et 17 °C. Dans cette gamme de température, le taux de survie des embryons jusqu'à l'éclosion est supérieur à 90 %. En dessous de 10 °C, le développement ralentit très fortement, voire s'arrête à une température de 8,8 °C. Au-dessus de 17 °C, la survie embryonnaire diminue (80 % à 19 °C). Une température d'incubation comprise entre 13 et 17 °C est conseillée.

Les taux d'éclosion obtenus lors de la première saison de reproduction de géniteurs captifs sont cependant très variables et compris entre 20 et 90 % (moyenne 50 %). Le taux de malformation moyen à la fin de la résorption vitelline était de 13 %.

Les œufs éclosent après une période d'incubation de 100 à 250 °C jours. Le nombre de °C.jours nécessaire au développement des œufs n'est pas constant mais varie en fonction de la température (Figure 10). À basse température, non seulement le développement embryonnaire est plus lent (près de 25 jours à 10 °C) mais la période d'éclosion est également étalée sur une plus longue période. Entre les larves qui éclosent prématurément et celles qui éclosent tardivement, l'éclosion s'étale sur 2 à 3 jours à 17 °C et sur près d'une dizaine de jours à 10 °C.

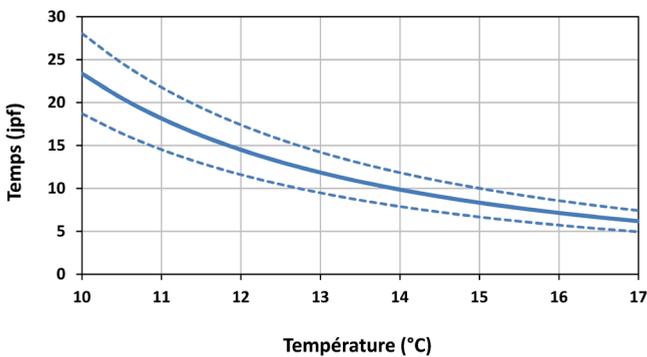


Figure 10. Relation entre la température et la durée d'incubation des œufs (en jours post-fécondation, jpf), jusqu'à l'éclosion, chez le hotu (lignes pointillées : minimum et maximum).

L'étalement de la période d'éclosion peut induire une mortalité larvaire si les œufs collent dans les bouteilles d'incubation, empêchant leur brassage et piégeant les larves fraîchement écloses. Une augmentation du débit d'eau dans les bouteilles d'incubation, ainsi qu'une légère augmentation de température (1-2 °C) permettront d'accélérer le processus d'éclosion. À l'approche de l'éclosion, la membrane des œufs se fragilise et une légère agitation mécanique permet de remettre en suspension les amas d'œufs adhérant les uns aux autres ou aux parois. Après l'éclosion, les larves sont maintenues en éclosérie durant la période de résorption de la vésicule vitelline. Des paniers composés de toile moustiquaire (maille 500 µm) sont placés à la sortie des bouteilles d'incubation afin de récolter les larves. Entre 14 et 17 °C, la résorption vitelline est presque complète à environ 180 °C.jours et l'alimentation exogène peut démarrer (Figure 11). À ce stade, les larves sont transférées dans les infrastructures d'élevage larvaire.



Figure 11. Larve de hotu âgée de 11 jours post-fécondation (à 17 °C) prête à recevoir sa première alimentation exogène.

### 3.5. INFRASTRUCTURES D'INCUBATION DES ŒUFS

L'éclosérie est équipée de bouteilles de Zoug et fonctionne en circuit recirculé, ce qui permet un contrôle précis des paramètres physico-chimiques (oxygène dissous, température...) durant l'incubation. Aucune filtration n'est nécessaire mais il est préférable d'équiper le circuit d'un stérilisateur U.V. afin d'éviter le développement d'agents pathogènes. Un système de chauffage (résistance électrique), ou de refroidissement, commandé par un thermostat permet de maintenir une température optimale et constante de 13-17 °C. Un système d'aération sera également installé afin de garantir un taux d'oxygène dissous supérieur à 8 mg/l dans les bouteilles d'incubation.

Une éclosérie de volume total de 500-600 l, comportant 12 bouteilles d'incubation de 1,5 l chacune (Figure 12), permet d'incuber environ 70 000 œufs simultanément.

À titre d'exemple, un schéma d'éclosérie adaptée à l'incubation des œufs et à l'élevage larvaire du hotu, ainsi qu'une estimation du coût de cette installation, figurent à l'annexe 1.



Figure 12. Écloserie comportant 12 bouteilles de Zoug (1,5 l), dédiée à l'incubation des œufs de hotu.

Tableau 1. Résumé des conditions et des caractéristiques de reproduction des géniteurs captifs de hotu en photopériode naturelle.

<b>Stabulation des géniteurs</b>	
Type de circuit	Bassins en circuit recirculé
Volume/surface bassins	1-2 m <sup>3</sup> /2-4 m <sup>2</sup>
Biomasse	15-25 kg/m <sup>3</sup>
Température	15-18 °C
Photopériode	naturelle
Sexe-ratio	1:1
<b>Maturation sexuelle des géniteurs</b>	
Âge 1 <sup>re</sup> maturité sexuelle	3 ans (L = 24-26 cm)
Période de maturation	avril-juin
Indicateurs de maturité	boutons de frai - distension abdominale
Stimulation hormonale (mâles-femelles)	OVAPRIM 0,5 ml/kg
Temps de latence avant la ponte	370-500 °C.h (à 15-16 °C)
<b>Reproduction et incubation</b>	
Nombre de pontes/femelle/saison	1
Méthode de reproduction	artificielle
Fécondité relative	16 500 œufs/kg femelle
Taux de fécondation	75-98 %
Structure d'incubation	bouteille de Zoug
Température d'incubation	13-17 °C
Taux d'éclosion	50 %
Taux de malformation en fin de résorption	10 %
Durée d'incubation	180 °C.jours

# 4. ÉLEVAGE LARVAIRE DU HOTU

---

## 4.1. INTRODUCTION

Après le contrôle de la reproduction, la maîtrise de l'élevage larvaire est la seconde étape cruciale de la bonne conduite d'un élevage. Bien que cette phase soit de courte durée (quelques semaines), c'est pendant cette période que le poisson est le plus fragile face aux conditions environnementales et alimentaires, aux pathogènes et aux prédateurs. Que ce soit dans la nature ou dans un élevage contrôlé, c'est par conséquent durant cette période que les taux de mortalité les plus élevés sont observés. C'est également durant la phase larvaire que le taux de croissance est le plus important et le plus rapide. En 5 à 6 semaines, la larve fraîchement éclosée va multiplier par 10 ou par 100 son poids initial.

Dès lors, l'alimentation des larves est probablement l'aspect le plus important de cette phase d'élevage. Comparé aux poissons de plus grande taille, étant donné le métabolisme et la croissance extrêmement rapides des larves, ainsi que leur manque de réserves nutritives, toute déficience alimentaire, qualitative ou quantitative, durant la phase larvaire se manifeste de façon accélérée et peut avoir des conséquences désastreuses sur la suite de l'élevage.

Plusieurs systèmes d'élevage sont présentés dans ce chapitre, allant du plus extensif au plus intensif. L'intensification permet non seulement une augmentation de la productivité, mais également un contrôle de l'élevage assurant une continuité et une prédictibilité de la production. Chez différentes espèces de cyprin, le déversement de larves à vésicule résorbée dans un étang de pisciculture (élevage extensif) conduit à des productions de juvéniles très variables, en raison notamment des fluctuations de température, de la présence de prédateurs, de l'abondance d'une nourriture naturelle appropriée et de l'exposition à des agents pathogènes. Ces paramètres influenceront fortement le taux de croissance, ainsi que le taux de survie qui peut varier de 0 à 80 %, empêchant une planification des étapes ultérieures de l'élevage. De plus, ce type d'élevage ne peut se pratiquer que durant la période estivale, sous conditions physico-chimiques et biotiques favorables. À l'opposé, un élevage en système intensif recirculé permet de garantir une croissance élevée (jusqu'à 3 fois plus qu'en extensif, Figure 13) et une survie supérieure à 90 % à tout moment de l'année.

Un résumé des conditions et caractéristiques de l'élevage larvaire extensif, semi-intensif et intensif du hotu figure au tableau 2, en fin de chapitre.

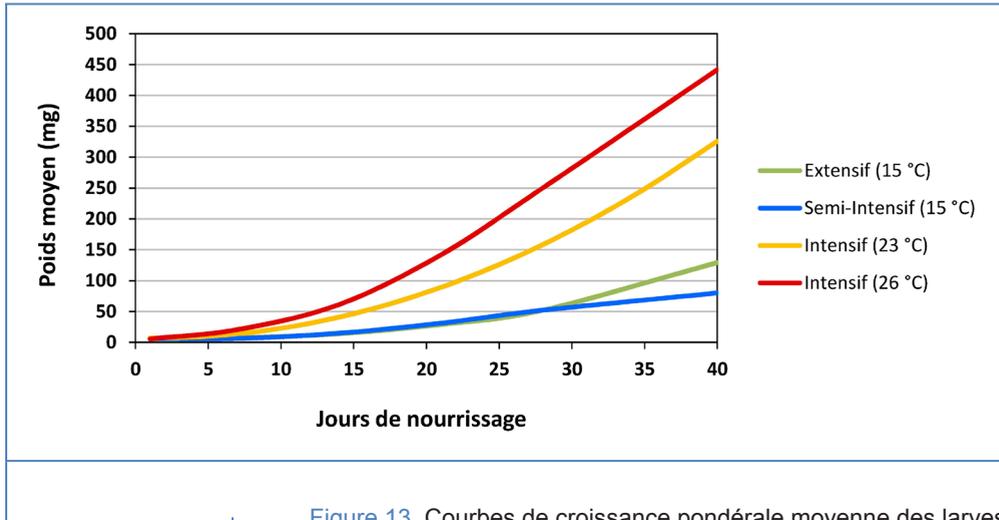


Figure 13. Courbes de croissance pondérale moyenne des larves de hotu en conditions d'élevage extensives, semi-intensives et intensives, durant les 40 premiers jours de nourrissage.

## 4.2. ÉLEVAGE EXTENSIF

Étant donné le caractère variable de la production larvaire en étang et le manque de recul et d'exemples de ce type de production, les données présentées dans cette section proviennent d'un système d'élevage en bassin extérieur simulant certains paramètres biotiques et abiotiques d'une production en étang, tout en offrant une certaine standardisation des données d'élevage. Si les conditions alimentaires (alimentation naturelle) et le régime thermique (fluctuations jour/nuit et saisonnières) sont fort semblables à celles observées dans un milieu semi-naturel comme un étang de pisciculture, l'absence de prédateurs dans ces essais en milieu standardisé conduit à une surestimation des taux de survie par rapport à une situation « étang ».

### 4.2.1. INFRASTRUCTURES D'ÉLEVAGE

L'élevage larvaire est réalisé en bassin extérieur préalablement fertilisé pour assurer une production zooplanctonique suffisante à l'alimentation des larves (voir Encadré 1, § 4.2.2). En fonction de l'approvisionnement en larves au cours de la saison, il est préférable de disposer de plusieurs bassins de taille moyenne (p. ex. 5 m<sup>3</sup>/10 m<sup>2</sup>) afin de ne pas mélanger des cohortes d'âges (et de tailles) différents (Figure 14).

Les bassins ne sont pas ombrés afin de favoriser la pénétration de la lumière solaire nécessaire au développement du plancton. Aucun système de filtration mécanique ou

biologique n'est nécessaire. Les bassins sont alimentés en eau (renouvellement :  $\pm 0,04/h$ ) provenant du milieu naturel (rivière, nappe) en système ouvert. L'eau sortant des bassins est évacuée à travers une crépine à fines mailles ( $500 \mu m$ ).

Avant la mise en charge des larves, les bassins sont remplis avec de l'eau provenant du milieu naturel et fertilisés (Encadré 1). Les bassins sont équipés d'un système d'aération facilitant l'oxygénation de l'eau pendant la nuit et limitant l'accumulation de gaz en sursaturation pouvant être létale pour les poissons. Le développement des algues va en effet induire une production importante d'oxygène durant la journée et une consommation d'oxygène associée à une production de gaz carbonique durant la nuit.



Figure 14. Bassins extérieurs de  $10 \text{ m}^2$  utilisés pour l'élevage larvaire extensif du hotu.

## Encadré 1

### Production de plancton comme alimentation larvaire naturelle en bassin extérieur

Le bassin est rempli avec de l'eau provenant du milieu naturel (rivière, lac, étang) charriant du plancton. Plus l'eau est courante et chargée en matière organique, plus elle contiendra d'organismes planctoniques. Une eau de source ou de nappe est dépourvue de plancton.

L'eau est fertilisée avec un engrais composé de fumier séché de vaches, poules ou chevaux à raison de 0,5 kg/m<sup>3</sup>. L'engrais est enfermé dans un sac composé d'une moustiquaire à fines mailles capable de diffuser les matières organiques solubles contenues dans le fumier sans laisser échapper de matières solides de grande taille.

L'infusion dure de 6 à 10 jours en fonction de la température et de la charge planctonique de départ. La température est comprise entre 15 et 25°C. Les hautes températures accélèrent la production planctonique.

L'infusion est enlevée dès que le phytoplancton se développe suffisamment, se traduisant par un changement de coloration de l'eau du brun au vert.

Cette pratique permet une succession des groupes planctoniques majoritaires – qui serviront d'aliment aux larves de poissons – telle qu'en milieu naturel, avec en premier lieu le phytoplancton (algues) suivi du zooplancton d'abord de petite taille (rotifères, 100-600 µm) puis de plus grande taille (copépodes et cladocères, 0,5-3 mm) (Figure 15).



Figure 15. Organismes zooplanctoniques communs servant de nourriture aux larves de hotu : rotifère, *Brachionus calyciflorus*, photo : C. Joachim-Justo (A); copépode cyclopoïde, photo : C. Joachim-Justo (B); cladocère, *Daphnia* sp., photo : Y. Adams, Vilda (C).

#### 4.2.2. ALIMENTATION ET CROISSANCE

Entre 14 et 17°C, les larves commencent à se nourrir aux environs de 200°C. jours (12 à 14 jpf). L'alimentation naturelle des larves de hotu est principalement composée de rotifères. Une concentration en rotifères de 4000 à 20000 individus/l lors de la mise en charge des larves garantira une abondance alimentaire suffisante durant les premiers jours d'élevage. Durant les 6 premiers jours d'alimentation, les larves de hotu consommeront principalement des rotifères de petite taille (< 200 µm), ainsi que des organismes phytoplanctoniques. Après, la prédation des larves sera orientée vers des rotifères ou d'autres organismes (larves de copépodes) de plus grande taille (> 200 µm).

En fonction des conditions environnementales, la production planctonique peut être variable et il est conseillé d'en assurer le suivi. La détermination de l'abondance zooplanctonique est réalisée sous loupe binoculaire. S'il s'avère nécessaire de concentrer le plancton pour pouvoir procéder au comptage, un échantillon d'eau (p. ex. 100 ml) sera passé sur un filtre de mailles de 50 µm, et les organismes filtrés re-suspendus dans un volume plus faible d'eau du robinet ou de formol afin de fixer les organismes à compter. Si le comptage est réalisé immédiatement, un simple passage au froid (congélateur) de l'échantillon permet l'immobilisation du zooplancton.

Après 6 à 10 jours d'alimentation (ou si les conditions extérieures sont défavorables), la concentration en rotifères peut diminuer en-dessous de 1000-2000 individus/l. Dans ce cas, un apport alimentaire extérieur est nécessaire. Celui-ci consistera soit en nauplii d'*Artemia* (production détaillée dans l'encadré 2), soit en un aliment sec commercial formulé pour l'élevage larvaire, d'une granulométrie de 150 µm (composition et valeur nutritionnelle à l'annexe 4). La ration distribuée est comprise entre 4 et 10% de la biomasse et est adaptée en fonction du comportement alimentaire des poissons. Ce schéma alimentaire peut être maintenu jusqu'au 40<sup>e</sup> jour de nourrissage.

Le poids moyen des larves lors de la mise en charge est d'environ 6 mg. En conditions extensives, les jeunes juvéniles de hotu peuvent atteindre un poids corporel de 130 mg après 40 jours d'élevage à une température moyenne diurne de 15°C (Figures 13, 16), ce qui correspond à un taux de croissance spécifique de 7,7%/j. Le taux de croissance peut cependant fortement varier en fonction des conditions alimentaires (production de plancton) et thermiques.



Figure 16. Juvéniles de hotu après 37 jours de croissance (50 jpf) en élevage larvaire extensif.

## Encadré 2

### Production de nauplii d'*Artemia* à partir de cystes

#### 1. Hydratation des cystes

Hydrater les cystes dans de l'eau douce durant  $\pm$  30 minutes. Remuer régulièrement afin d'avoir une hydratation homogène. Quantité : 100 g de cystes dans  $\pm$  300 ml d'eau.

#### 2. Décapsulation des cystes

Solution «décapsulante» pour 1 g de cystes : 10 ml d'une solution d'hypochlorite de sodium (NaClO 14 %, eau de Javel) + 40 ml d'eau.

Plonger les cystes préalablement hydratés dans la solution décapsulante. Remuer continuellement durant 6 à 6,5 minutes. Une fois le temps écoulé (les cystes prennent une couleur orangée), verser rapidement les cystes sur un tamis de mailles de 150  $\mu$ m et rincer abondamment avec de l'eau claire. Incuber les cystes décapsulés.

#### 3. Incubation de cystes

Incubation en bassin cylindroconique (volume > 50 l)

Salinité : 25 g NaCl/l

Oxygénation : aération importante

Température : 28-30 °C

Durée d'incubation : 20 à 24 heures

Luminosité : 1 000-2 000 lux

Quantité de cystes : 2 à 3 g/l

#### 4. Récolte des nauplii

Éteindre les lampes supérieures et laisser les nauplii sédimenter. Récolter sur un tamis de mailles de 150  $\mu$ m. Rendement attendu : 3 à 4 g de nauplii d'*Artemia* pour 1 g de cystes. Distribution directe sous forme vivante ou congélation.

### 4.2.3. CONDUITE DE L'ÉLEVAGE

Les larves sont introduites dans les bassins d'élevage à la fin de la résorption du sac vitellin (environ 180 °C.jours). Une densité de 200 larves/m<sup>2</sup> semble optimale pour garantir un accès aux proies vivantes constituées par le zooplancton, durant les premiers jours d'élevage.

En fonction de l'abondance en zooplancton, un complément alimentaire exogène pourra être distribué entre le 6<sup>e</sup> et le 10<sup>e</sup> jour d'élevage. L'aliment exogène doit être distribué tout au long de la journée, en de nombreux petits repas (minimum 6), ou de manière continue à l'aide de distributeurs automatiques.

Lorsque la concentration en zooplancton diminue et qu'un complément alimentaire exogène est distribué, un apport d'eau fraîche doit assurer un certain renouvellement de l'eau d'élevage (1 à 4 %/h).

Les larves de hotu supportent sans problème des températures élevées allant jusqu'à 28 °C. Cependant, des températures élevées associées à un ensoleillement important peuvent causer un développement d'algues problématique pour l'élevage larvaire en conditions semi-naturelles. Une sursaturation diurne en oxygène peut provoquer des embolies gazeuses et une concentration nocturne trop élevée en gaz carbonique et faible en oxygène peut conduire à l'asphyxie des larves. D'autre part, un développement incontrôlé d'algues filamenteuses peut entraîner un piégeage mécanique des larves de poissons. Dans de telles circonstances, la croissance algale sera contrôlée par un ombrage partiel de la surface de l'eau.

Les taux de croissance et de survie sont difficiles à contrôler dans ce type d'élevage. Les poissons resteront dans les mêmes infrastructures pour la poursuite du grossissement et ce n'est que lorsque les bassins d'élevage seront vidangés que ces paramètres pourront être évalués de façon fiable. Ces conditions d'élevage extensives permettent cependant d'atteindre des taux de survie de 75 à 80 % durant la période larvaire.

## 4.3. ÉLEVAGE SEMI-INTENSIF

La conduite d'un élevage larvaire en conditions semi-intensives permet, tout en utilisant le même type d'infrastructures qu'en élevage extensif, d'augmenter substantiellement la productivité de l'élevage. Les taux de croissance observés étant très semblables dans les deux types de conditions (Figure 10), l'augmentation des capacités de production repose essentiellement sur un accroissement de la densité d'élevage. Cependant, si une certaine intensification de l'élevage permet d'améliorer la productivité, elle nécessite également plus de main-d'œuvre, un contrôle plus rigoureux des conditions physico-chimiques, un apport alimentaire artificiel beaucoup

plus important, et a pour conséquence un risque accru d'émergence de pathogènes (parasites, bactéries, champignons ou virus).

Ce type d'élevage est réalisé en circuit ouvert et reste largement dépendant d'une source d'eau et des conditions environnementales extérieures (température, ensoleillement). Il doit donc impérativement être mené durant la période estivale, lorsque les conditions environnementales sont les plus favorables à la croissance des larves.

#### 4.3.1. INFRASTRUCTURES D'ÉLEVAGE

Les infrastructures d'élevage sont identiques à celles décrites en élevage extensif. Elles peuvent consister en petits étangs mais des bassins hors-sol de taille moyenne (p. ex. 5 m<sup>3</sup>/10 m<sup>2</sup>) seront préférés car ils permettent de séparer des cohortes d'âges différents et offrent un meilleur contrôle des conditions d'élevage (Figure 17).



Figure 17. Bassins extérieurs de 10 m<sup>2</sup> utilisés pour l'élevage larvaire semi-intensif du hotu.

Comme en élevage extensif, les bassins peuvent être fertilisés avant la mise en charge afin de favoriser la production de plancton servant de première nourriture aux larves. Cependant, le zooplancton sera rapidement consommé durant les premiers jours d'élevage, et les bassins seront ensuite ombrés afin de limiter le développement d'algues filamenteuses.

Afin de garantir un apport alimentaire continu, les bassins seront équipés de nourrisseurs automatiques (minimum 1 nourrisseur/5 m<sup>2</sup> de bassin afin de garantir un accès convenable de toutes les larves à l'aliment).

Aucun système de filtration mécanique ou biologique n'est nécessaire. Les bassins sont alimentés en eau provenant du milieu naturel (rivière, nappe) en système ouvert. Une aération forcée de l'eau est nécessaire pour maintenir des taux d'oxygène dissous supérieurs à 8 mg/l. L'eau sortant des bassins est évacuée au travers d'une crépine à fines mailles (500 µm).

#### 4.3.2. ALIMENTATION ET CROISSANCE

Comme les infrastructures et les conditions d'élevage permettent la production de plancton, il est intéressant d'utiliser la technique de fertilisation décrite en élevage extensif afin de fournir du zooplancton comme aliment larvaire durant les premiers jours de nourrissage. Une concentration en rotifères de 4 000 à 20 000 individus/l lors de la mise en charge des larves fournira un aliment de choix pendant environ une semaine.

Cependant, la densité d'élevage étant relativement élevée (1 000 à 4 000 larves/m<sup>2</sup>), un complément alimentaire constitué d'aliment sec commercial de haute qualité (granulométrie 150 µm; composition : voir annexe 4) sera distribué dès le premier jour de nourrissage. Des nauplii d'*Artemia* peuvent également être distribués à partir du 7<sup>e</sup> jour de nourrissage.

Le poids moyen des larves lors de la mise en charge est d'environ 6 mg. En conditions semi-intensives, les jeunes juvéniles de hotu peuvent atteindre un poids corporel de 80 mg après 40 jours d'élevage à une température moyenne diurne de 16 °C (Figures 13, 18), ce qui correspond à un taux de croissance spécifique de 6,5 %/j. Le taux de croissance ainsi que le programme de nourrissage peut cependant fortement varier en fonction des conditions alimentaires (production de plancton) et thermiques. Un exemple de programme de nourrissage à 16 °C est présenté à la figure 19.

#### 4.3.3. CONDUITE DE L'ÉLEVAGE

Les larves sont introduites dans les bassins d'élevage à la fin de la résorption du sac vitellin (environ 180 °C.jours). La densité d'élevage est comprise entre 1 000 et 4 000 larves/m<sup>2</sup> (2 000 à 8 000/m<sup>3</sup>).

Dès que l'alimentation ne repose plus principalement sur la production de plancton (à partir de 7-10 jours de nourrissage ou lorsque la concentration en rotifères est inférieure à 1 000-2 000 individus/l), un apport d'eau fraîche est nécessaire pour garantir une qualité d'eau optimale. Étant donné les densités d'élevage, le renouvellement d'eau sera plus important qu'en conditions extensives, pouvant atteindre 20 %/h. Le



Figure 18. Juvéniles de hotu après 37 jours de croissance (50 jpf) en élevage larvaire semi-intensif.

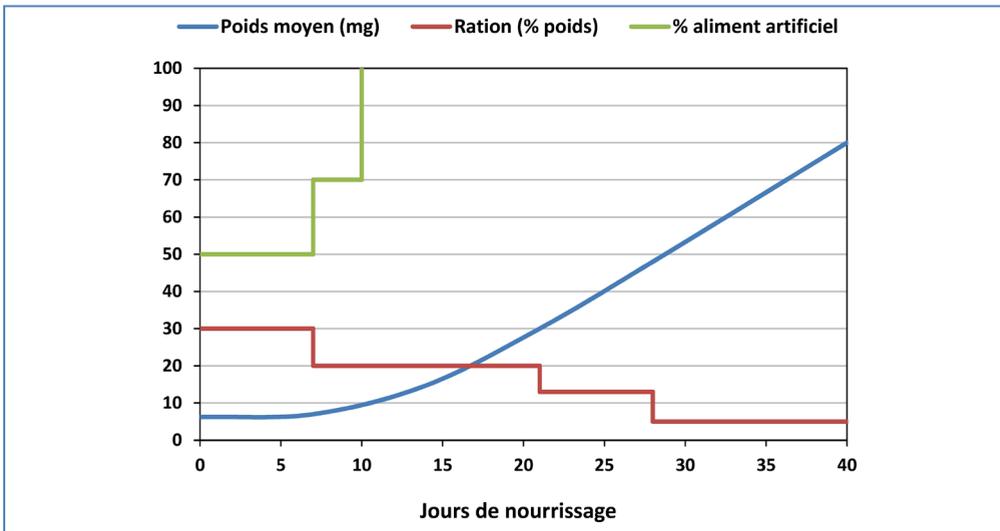


Figure 19. Programme de nourrissage et croissance des larves de hotu en conditions semi-intensives à une température moyenne de 16°C.

taux de renouvellement sera adapté pour garantir un taux d'ammoniac-ammonium faible ( $< 1 \text{ mg NH}_3\text{-NH}_4^+/\text{l}$ ) et un taux d'oxygène dissous supérieur à  $8 \text{ mg/l}$ .

L'aliment exogène doit être distribué tout au long de la journée, en de nombreux petits repas, ou de manière continue à l'aide de distributeurs automatiques.

Dans la mesure du possible, les bassins seront couverts ou ombragés afin d'éviter le développement d'algues filamenteuses.

Ce type d'élevage permet d'atteindre des taux de survie supérieurs à  $85\%$  après 40 jours d'élevage. Cependant, les densités plus élevées augmentent le risque de développement et de transmission d'agents pathogènes. Un contrôle plus pointu du bien-être des poissons sera nécessaire.

## 4.4. ÉLEVAGE INTENSIF EN CIRCUIT RECIRCULÉ

### 4.4.1. INFRASTRUCTURES D'ÉLEVAGE

L'élevage larvaire en circuit recirculé présente de nombreux avantages, offrant un contrôle accru des conditions d'élevage durant les premières semaines de croissance. Cette période est particulièrement délicate compte tenu de la petite taille des larves, de leurs exigences alimentaires et de leur sensibilité accrue face aux variations des conditions environnementales et aux agents pathogènes. Ce contrôle permet de maximiser les taux de survie et la croissance. L'élevage intensif permet également d'augmenter la production pour une surface donnée ainsi que sa prédictibilité. En outre, ce type d'élevage ne souffre pas de la prédation (par les oiseaux, poissons, batraciens...) qui affecte parfois largement les élevages extensifs et semi-intensifs en extérieur.

Cependant, un circuit recirculé nécessite un investissement financier de départ ainsi que des frais de fonctionnement (aliment artificiel, électricité) élevés, un contrôle important des installations et des conditions d'élevage ainsi qu'une bonne maîtrise technique de l'outil de production.

Le système d'élevage comprend une filtration mécanique assurant l'élimination des particules en suspension (décanteur, tambour filtrant) et une filtration biologique. Si les bassins font partie d'un grand circuit comprenant également des bassins de grossissement pour les juvéniles, un filtre biologique à lit fluidisé, hautement efficace sera préférentiellement installé (volume du filtre :  $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^3$  de bassin pour un filtre possédant une surface spécifique de  $600 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ). En raison des faibles quantités de nourriture distribuée durant la période larvaire, si les bassins font partie d'un circuit dédié uniquement à cette phase d'élevage, la filtration biologique sera de taille restreinte et un filtre immergé ou à ruissellement conviendra parfaitement (volume du filtre :  $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^3$  de bassin pour un filtre possédant une surface spécifique de  $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ).

Le circuit sera également équipé d'un système de stérilisation à U.V. Le système de chauffage (résistances électriques, échangeur thermique...) doit permettre idéalement de maintenir une température comprise entre 23 et 27 °C.

Les bassins d'élevage ont un volume de 100 à 300 l (Figure 20). L'élevage peut également être réalisé en aquariums, ce qui donne une meilleure visibilité du milieu d'élevage et du comportement des poissons, en particulier de la prise alimentaire (Figure 21). Des volumes plus importants sont déconseillés en raison de leur difficulté d'entretien. Compte tenu des débits relativement faibles traversant les bassins et de la taille des mailles (500 µm) des crépines protégeant l'évacuation d'eau, les détritiques (aliments non consommés, déjections des poissons) ont tendance à s'accumuler dans les bassins d'élevage, pouvant conduire au développement d'algues et de bactéries sur les parois et à une dégradation de la qualité de l'eau et des conditions sanitaires de l'élevage. Un entretien régulier consistant au nettoyage des parois et au siphonage des détritiques est donc nécessaire.

Un schéma d'un système d'élevage larvaire en circuit recirculé adapté à l'élevage du hotu figure à l'annexe 1.



Figure 20. Bassins de 100 l installés dans un circuit recirculé, destinés à l'élevage larvaire du hotu en conditions intensives (A); détail d'un bassin (B).



Figure 21. Larves de hotu âgées de 17 jpf (11 jours d'incubation à 17 °C suivis de 6 jours de nourrissage à 23 °C) élevées en conditions intensives (densité : 10 larves/l) en aquarium de 250 l.

#### 4.4.2. ALIMENTATION ET CROISSANCE

Au début de l'alimentation exogène, les larves de hotu, déjà bien développées (poids moyen : 6 mg), acceptent un aliment artificiel. Une alimentation 100 % artificielle, reposant sur un aliment larvaire commercial de haute qualité (composition : annexe 4), est donc recommandée puisqu'elle offre de meilleurs taux de survie et de croissance. Des aliments starters développés spécifiquement pour remplacer les proies vivantes durant la phase de démarrage sont disponibles sur le marché. Le premier aliment a une granulométrie de 150  $\mu\text{m}$ . Lorsque les larves atteignent un poids moyen de 100 mg (après environ 23 jours de nourrissage à 23 °C, et 18 jours à 26 °C), la granulométrie de l'aliment peut être augmentée à 300  $\mu\text{m}$ . Lorsque les alevins atteignent un poids de 200-250 mg (après 32-35 jours de nourrissage à 23 °C, et 25 jours à 26 °C), ils reçoivent un aliment généraliste pour petits alevins (ou pour truites) (composition : annexe 5) d'une granulométrie de 300-500  $\mu\text{m}$ .

Durant les premiers jours de nourrissage, l'aliment est distribué manuellement et la ration journalière divisée en minimum 6 repas. Afin de garantir une bonne transition de l'alimentation endogène à l'alimentation exogène et un accès aisé à la nourriture

pour toutes les larves, les rations alimentaires seront largement surestimées et la fréquence de distribution de l'aliment supérieure à 6 durant les 2 premiers jours de nourrissage.

Dès que la quantité et la granulométrie de l'aliment le permettent, la distribution peut être assurée par des nourrisseurs automatiques.

Les besoins alimentaires quantitatifs changent rapidement au cours de la croissance. La figure 22 illustre l'évolution de la ration alimentaire journalière en fonction du poids corporel à une température de 23 °C. La ration d'entretien correspond à la quantité d'aliment couvrant les dépenses métaboliques du poisson, avec une croissance nulle. La ration optimale offre le meilleur taux de conversion alimentaire, et la ration maximale permet une croissance maximale.

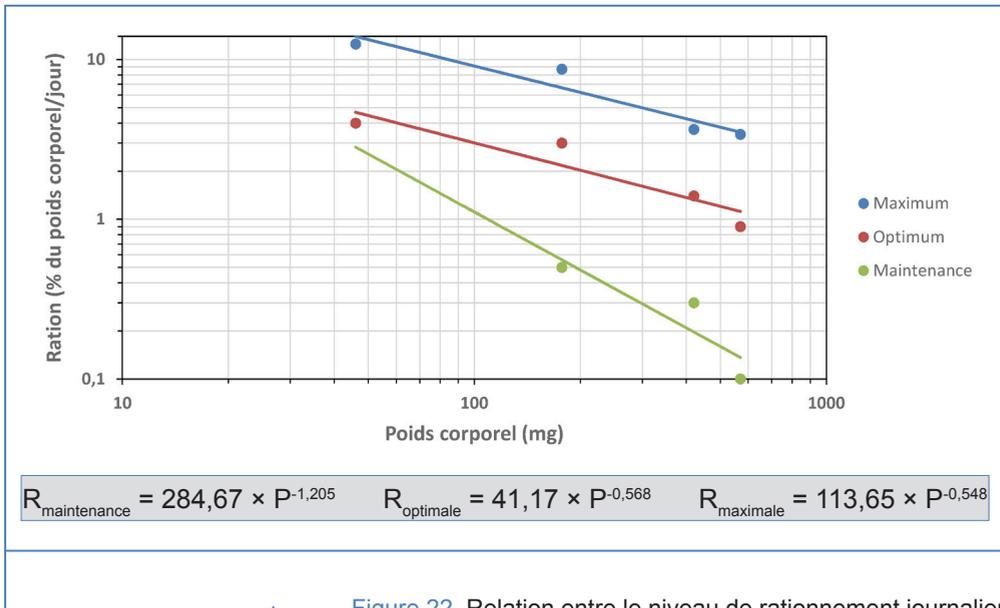


Figure 22. Relation entre le niveau de rationnement journalier (R en % poids corporel) et le poids corporel (P en mg) chez le hotu élevé à une température de 23 °C.

Malgré le coût élevé de l'aliment larvaire, il est conseillé, non seulement de distribuer un aliment de très haute qualité, mais également de nourrir les larves à la ration maximale. Étant donné les faibles quantités distribuées, la part de l'aliment larvaire dans le coût de production reste faible. Le bénéfice, du point de vue de la production (survie et croissance), dépassera largement le surcoût engendré par ce schéma alimentaire. Les aliments starters de haute qualité utilisés durant la première phase d'alimentation (jusqu'à 250 mg) permettent d'atteindre des taux de conversion alimentaire de 0,7 (ration optimale) à 1,4 (ration maximale) et des taux de survie supérieurs à 95%. Par la suite,

les taux de conversion alimentaire des alevins obtenus avec un aliment généraliste sont compris entre 1,7 (ration optimale) et 2,4 (ration maximale).

Le poids moyen des larves lors de la mise en charge est d'environ 6 mg. En conditions intensives, les jeunes juvéniles de hotu peuvent atteindre un poids corporel de 320 mg après 40 jours d'élevage à une température moyenne de 23 °C et jusqu'à 450 mg à une température moyenne de 26 °C (Figures 13, 23), ce qui correspond à des taux de croissance spécifique respectifs de 9,9 et 10,8 %/j.



Figure 23. Juvénile de hotu après 38 jours de croissance en élevage larvaire intensif à 23 °C.

#### 4.4.3. CONDUITE DE L'ÉLEVAGE

Les larves sont introduites dans les bassins d'élevage à la fin de la résorption du sac vitellin (environ 180 °C.jours). La densité d'élevage est comprise entre 10 et 50 individus/l. Un apport d'aliment est assuré dès le lendemain de la mise en charge. L'aliment doit être distribué tout au long de la journée, en de nombreux petits repas, ou de manière continue à l'aide de distributeurs automatiques. L'aliment non consommé est siphonné en fin de journée et un nettoyage régulier des parois des aquariums (ou des bassins) évitera le développement d'un biofilm, composé notamment d'algues, bactéries et champignons.

La gamme de tolérance thermique des larves de hotu s'étale de 10 à 28 °C. Une température comprise entre 23 et 27 °C est recommandée durant cette première phase d'élevage. À 10 °C, la prise alimentaire et la croissance sont proches de zéro. Elles deviennent significativement positives au-delà de 13 °C. En fonction de la densité et de la ration alimentaire distribuée, un renouvellement d'eau de 1 à 4 x/h assurera le maintien d'une bonne qualité d'eau. Les taux d'ammoniac-ammonium seront idéalement inférieurs 1 mg  $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$ /l et les taux d'oxygène proche de la saturation (8 mg/l à 27 °C) maintenus grâce à une aération forcée.

Les larves de hotu sont de grande taille, assez résistantes face aux conditions d'élevage artificielles et n'expriment pas de comportement cannibale. Les conditions intensives permettent d'atteindre des taux de survie de 90-95 % après 40 jours d'élevage.

Tableau 2. Résumé des conditions et des caractéristiques de l'élevage larvaire extensif, semi-intensif et intensif du hotu.

<b>Conditions d'élevage</b>			
	<b>Extensif</b>	<b>Semi-intensif</b>	<b>Intensif</b>
Type de circuit	ouvert	ouvert	recirculé
Volume bassin (m <sup>3</sup> )	5,0	5,0	0,1-0,3
Fertilisation (production de plancton)	oui (> 4 000 rotifères/l)	oui (> 4 000 rotifères/l)	non
Type d'aliment	plancton (7-10 jours), <i>Artemia</i> ou aliment sec (150 µm)	plancton (6 jours), <i>Artemia</i> ou aliment sec (150 µm)	aliment sec (150-300 µm)
Densité (larves/l)	0,4	2-8	10-50
(larves/m <sup>2</sup> )	200	1 000-4 000	
Renouvellement d'eau (/h)	0,04	0,2	1-4
Température (°C)	naturelle, > 15	> 15	23-27
<b>Caractéristiques et performances d'élevage</b>			
	<b>Extensif</b>	<b>Semi-intensif</b>	<b>Intensif</b>
Mise en charge : âge (poids)	180 °C.jours (6 mg)	180 °C.jours (6 mg)	180 °C.jours (6 mg)
Ration alimentaire (%/j)	4-10	8-20	8-30
Taux de croissance spécifique (%/j)	7,7	6,5	10
Taux de conversion alimentaire			1,4-2,4
Poids à 40 j d'élevage (mg)	130	80	320-450
Survie (%)	75-80	85	90-95

# 5. GROSSISSEMENT DU HOTU

---

## 5.1. INTRODUCTION

Cette étape de la production est la plus longue. Elle couvre la croissance des jeunes juvéniles pesant 100 à 500 mg à la fin de l'élevage larvaire (environ 40 jours de nourrissage), jusqu'à la taille de déversement (1 à 30 g). Le grossissement sera plus ou moins long (quelques mois à 2 ans) selon les conditions d'élevage larvaire, et donc le poids initial au début du grossissement, la taille de déversement et les conditions d'élevage.

Comme pour l'élevage larvaire, le grossissement en conditions intensives présente de nombreux avantages par rapport aux conditions extensives : en particulier, les taux de croissance largement supérieurs, l'augmentation de la productivité et surtout la prédictibilité de la production. Cependant, l'élevage intensif du hotu n'est envisageable qu'en circuit recirculé, dans une eau dont la température est comprise entre 20 et 27 °C. Si le maintien d'une température élevée n'est pas possible toute l'année, le grossissement peut se faire en conditions plus extensives (température naturelle).

En raison des taux de croissance et de survie médiocres rapportés, l'élevage en étang n'est cependant pas recommandé, et les systèmes assurant plus de contrôle des conditions d'élevages (p.ex. bassins en béton) seront privilégiés. Outre les risques importants liés à la prédation des poissons de petite taille, l'étang est un milieu inadapté à l'élevage du hotu au regard des conditions trophiques et de la niche écologique de l'espèce. Les juvéniles adoptent un comportement alimentaire de raclage du substrat et ne peuvent donc pas profiter de la production naturelle de l'étang, dont le fond est dépourvu de substrat dur (caillouteux) et recouvert de vase.

Un système intermédiaire consiste à privilégier une croissance élevée saisonnière en conditions intensives durant la bonne saison, lorsque le maintien d'une température élevée est possible. Lorsque les conditions deviennent moins favorables et qu'il n'est pas possible de chauffer l'eau, les poissons sont placés en conditions d'hivernage et la croissance s'arrête ou est ralentie jusqu'au printemps suivant.

Un résumé des conditions et caractéristiques de l'élevage extensif et intensif des juvéniles de hotu figure au tableau 5, en fin de chapitre.

## 5.2. ÉLEVAGE EXTENSIF

### 5.2.1. INFRASTRUCTURES D'ÉLEVAGE

L'élevage extensif du hotu peut être réalisé en étang (Figure 24), dans des conditions classiques pratiquées en cypriniculture. Un apport constant d'une eau de bonne qualité et suffisamment oxygénée est nécessaire. L'eau est évacuée au travers d'un moine équipé d'une crépine de maille adaptée (environ 2 mm) à la taille des alevins. La taille des juvéniles étant petite au début de l'élevage, un nettoyage régulier des crépines sera assuré afin d'éviter tout débordement. Les étangs sont recouverts de filets anti-prédateurs.

Cependant, étant donnés les mauvais résultats (voir § 5.2.3) obtenus dans les essais réalisés en étang, les données présentées dans cette section proviennent d'un système d'élevage extensif en bassin extérieur de 5 m<sup>3</sup> semblable à celui décrit en élevage larvaire extensif (voir § 4.2.1).



Figure 24. Exemple d'étang de grossissement utilisé pour l'élevage du hotu.

### 5.2.2. CONDITIONS D'ÉLEVAGE

En système extensif, les conditions d'élevage seront naturellement variables et propres à chaque site, en fonction de sa situation, de sa structure et de son apport en eau. Les cyprinidés rhéophiles étant assez sensibles aux conditions environnementales, on veillera à maintenir des taux d'oxygène dissous suffisamment élevés (proches de la saturation) et à utiliser une source d'eau de bonne qualité physico-chimique.

En fonction du type d'élevage larvaire pratiqué, les alevins (après 40 jours de nourrissage) ont un poids moyen compris entre 80 (élevage semi-intensif) – 130 (élevage extensif) et 450 mg (élevage intensif) au début de la phase de grossissement. Lors de la mise en charge, la densité d'élevage est comprise entre 100 et 200 kg/ha.

Au début de la phase de grossissement, un apport alimentaire exogène (exemple de composition alimentaire : voir annexe 4) sera distribué à une ration de 3-5%. Lorsque le poids moyen des juvéniles dépasse 1 g, la ration alimentaire peut être diminuée à 1%. Ces rations seront adaptées en fonction des conditions thermiques.

### 5.2.3. CROISSANCE ET SURVIE

En conditions extensives, la croissance est faible car dépendante des fluctuations thermiques naturelles. Lors des essais réalisés en étang, des poissons mis en charge à l'âge de 140 jours et pesant 1,6 g ont atteint un poids moyen de seulement 3,2 g après plus de 20 mois de grossissement (âge 765 j). De plus, la survie était inférieure à 10%. Ces résultats ne permettent pas d'envisager une production commerciale en étang.

En bassins extérieurs en béton de 5 m<sup>3</sup>, offrant un meilleur contrôle de l'élevage et surtout une meilleure prévention de la prédation, la survie a été augmentée jusqu'à 75% après un an et 57% après 460 jours de grossissement. Dans ces conditions, des jeunes juvéniles pesant 130 mg à la sortie de l'élevage larvaire (40 j) atteignent un poids moyen de 1,5 g après un an et 3,4 g après 460 j de grossissement (Figures 25, 26).

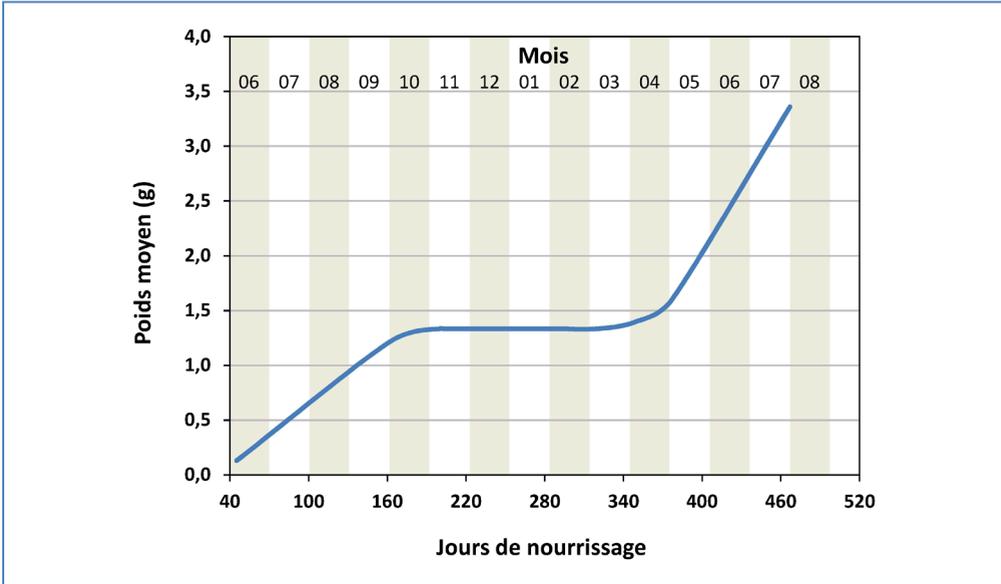


Figure 25. Croissance des juvéniles de hotu en conditions d'élevage extensives.



Figure 26. Juvéniles de hotu après 180 jours de croissance en élevage extensif (longueur à la fourche = 5,5 cm ; poids moyen = 1,4 g).

## 5.3. ÉLEVAGE INTENSIF EN CIRCUIT RECIRCULÉ

### 5.3.1. INFRASTRUCTURES D'ÉLEVAGE

Le système d'élevage utilisé pour le grossissement des juvéniles est semblable à celui décrit pour le maintien des géniteurs (voir § 3.3.1). Les températures optimales pour la reproduction (16 °C) et la croissance (23 °C) étant différentes, les géniteurs et les juvéniles seront cependant maintenus dans des circuits différents.

Les juvéniles seront élevés dans un circuit recirculé comportant des bassins d'une surface de 2 à 4 m<sup>2</sup> et d'un volume de 1 à 2 m<sup>3</sup> (Figure 27). Les bassins sont fermés par des filets évitant la perte de poissons. Chaque bassin est équipé d'un aérateur et d'un système de nourrissage automatique assurant une distribution continue d'aliment durant la journée.

Le système de filtration comprend une filtration mécanique assurant l'élimination des particules en suspension (décanteur, tambour filtrant) et une filtration biologique (volume du filtre : 0,2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de bassin pour un filtre à lit fluidisé possédant une surface spécifique de 600 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>). Le circuit est également équipé d'un système de stérilisation



Figure 27. Circuit recirculé destiné au grossissement des juvéniles de hotu.

à U.V. Le système de chauffage (résistances électriques, échangeur thermique, pompe à chaleur...) doit permettre de maintenir une température supérieure à 20 °C (idéalement 23 °C).

Un schéma d'un système de grossissement en circuit recirculé adapté à l'élevage du hotu figure à l'annexe 1.

### 5.3.2. CONDITIONS D'ÉLEVAGE

Lors de la mise en charge, les alevins ont un poids moyen de 300-450 mg. La densité initiale est de 1 à 5 kg/m<sup>3</sup>. En fonction de la croissance, les poissons seront placés dans des bassins de plus en plus grands ou les lots divisés afin de ne pas dépasser une densité d'élevage de 20 kg/m<sup>3</sup> (tableau 3).

Tableau 3. Évolution des densités d'élevage, des poids moyens maximaux et de la taille minimale des bassins au cours du grossissement du barbeau en conditions intensives.

Densité (individus/l)	Poids moyen max (g)	Taille min bassin (m <sup>3</sup> )
3-10	2-3	0,3
0,5-2	5-10	1
< 0,5	40	1

La croissance est très rapide à 27 °C mais des températures élevées favorisent l'émergence de pathogènes (ex : *Flavobacterium* sp.). De plus, si cette température est optimale pour les larves, l'optimum thermique diminue avec la croissance. Le grossissement de juvéniles sera donc préférentiellement réalisé à une température maximale de 23 °C. Au-delà d'un poids moyen de 30 g, la température ne dépassera plus 20 °C.

Par ailleurs, si le même circuit est dédié au grossissement des juvéniles et au maintien des géniteurs, la température sera maintenue à 18 °C afin d'éviter le développement d'agents pathogènes chez les géniteurs. Dans ce cas, la croissance des juvéniles sera ralentie.

Comme dans le milieu naturel, le hotu affectionne la nage à contre-courant dans les bassins d'élevage. La création d'un courant suffisant, orientant la nage, améliorera le bien-être (croissance et survie) des juvéniles.

La ration alimentaire évolue également rapidement et diminue au cours de la croissance (Figure 28). À 23 °C, la ration alimentaire distribuée est de 4,8 % pour un poids moyen de 1 g, 2,3 % à 10 g et 1,8 % à 20 g.

L'aliment distribué est un aliment généraliste pour cyprins ou formulé pour les carpes contenant un taux de lipides inférieur à 10 % (exemple de composition alimentaire : voir annexe 2). Un taux de lipides supérieur à 10 % induit une

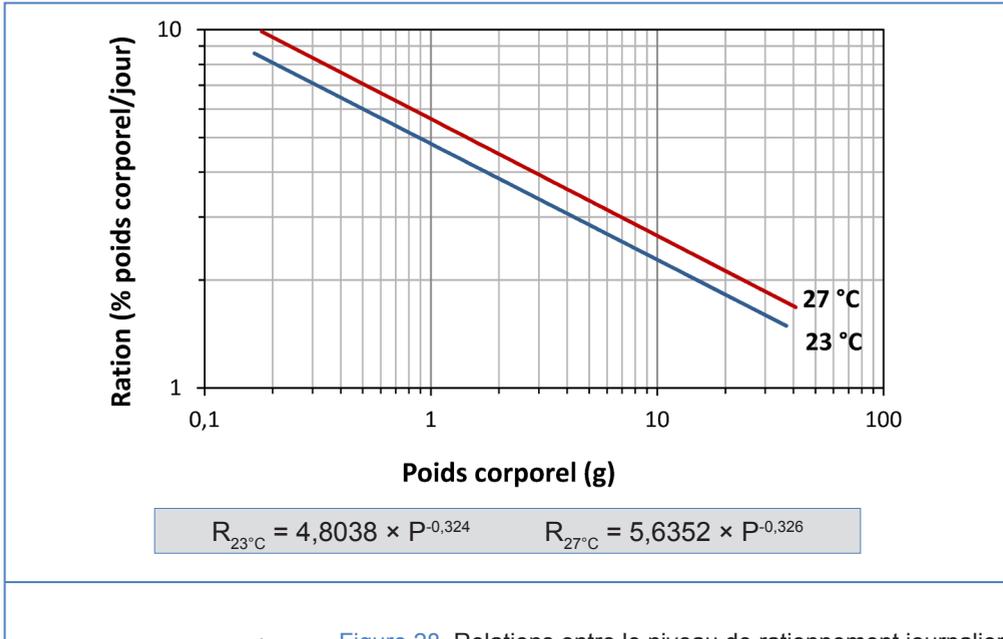


Figure 28. Relations entre le niveau de rationnement journalier (R en % poids corporel) et le poids corporel (P en g) chez les juvéniles de hotu élevés à une température de 23 ou 27 °C.

dégénérescence hépatique, pouvant conduire à un affaiblissement général de l'état de santé du poisson et une sensibilité accrue aux pathogènes<sup>7</sup>.

Au début de la phase de grossissement, la granulométrie de l'aliment est de 300-500 µm. Lorsque les alevins atteignent 1-1,5 g, la taille des particules alimentaires augmente à 500-800 µm, ensuite à 1 mm pour un poisson de 2,5 g, et 1,5 mm à partir de 10 g. Étant donné la variabilité inter-individuelle de vitesse de croissance (coefficient de variation du poids de 30-50 %), l'augmentation de la granulométrie de l'aliment se fait de manière graduelle en mélangeant des aliments de granulométries différentes pendant les transitions alimentaires.

S'il n'est pas possible de maintenir des conditions thermiques favorables (> 18 °C) et constantes durant toute l'année (en raison du coût énergétique durant la période hivernale), une alternative consiste à élever les juvéniles dans de bonnes

<sup>7</sup> Remarque importante : Les valeurs de croissance, survie et taux de conversion alimentaire données au § 5.3.3. ont été obtenues en utilisant un aliment riche en protéines (50%) et en lipides (20%). Les résultats obtenus avec un aliment plus pauvre pourraient être différents. Cependant, un test comparatif de croissance de juvéniles de 30 g nourris avec un aliment riche en lipides et en protéines (50% protéines, 20% lipides) et l'aliment repris à l'annexe 2 (36% protéines, 7% lipides) a mis en évidence une croissance semblable avec les deux types d'aliment. Par contre, l'aliment pauvre en lipides préserve les poissons d'une dégénérescence grasseuse du foie observée avec l'aliment contenant 20% de lipides.

conditions durant la bonne saison (avril à octobre), et à les placer dans des conditions d'hivernage de novembre à mars.

Durant cette phase d'hivernage, les densités et structures d'élevage ne changent pas mais la température de l'eau suit les fluctuations naturelles. Les alevins reçoivent une ration alimentaire ne dépassant pas 0,5% qui sera adaptée en fonction de la température et du comportement alimentaire des poissons.

### 5.3.3. CROISSANCE ET SURVIE

La croissance des juvéniles est maximale à 27 °C. À cette température, les hotus atteignent un poids moyen de 10 g après 180 j et 50 g après 330 j de grossissement (Figures 29, 30). Cependant, comme évoqué au § 5.3.2, une température trop élevée peut favoriser l'émergence de pathologies bactériennes. Le grossissement sera donc préférentiellement réalisé à une température de 23 °C. À cette température, les hotus atteignent un poids moyen de 5 g après 180 j et 27 g après 330 j de grossissement (Figures 29, 30).

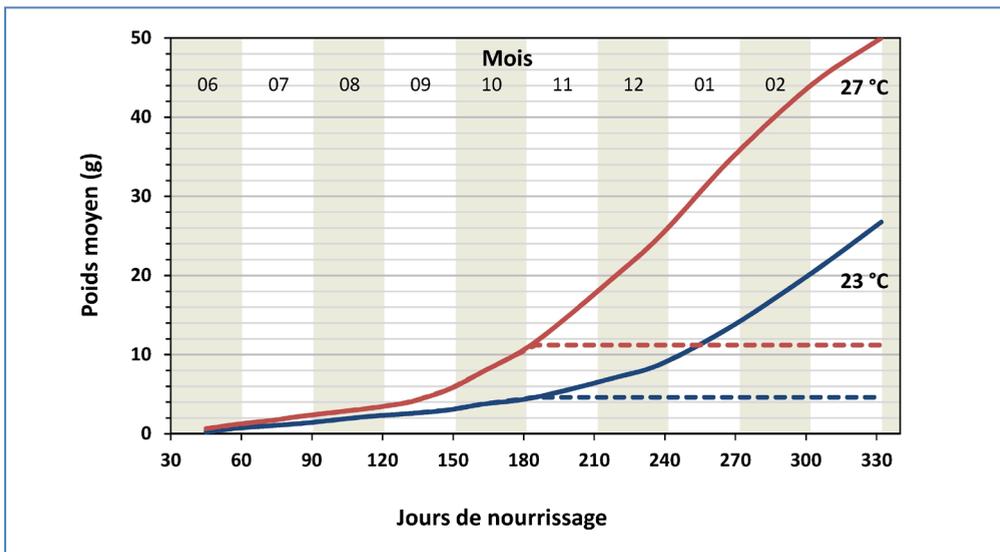


Figure 29. Croissance des hotus juvéniles en conditions intensives à 23 et 27 °C (trait plein : conditions thermiques constantes ; pointillé : hivernage en conditions thermiques naturelles).

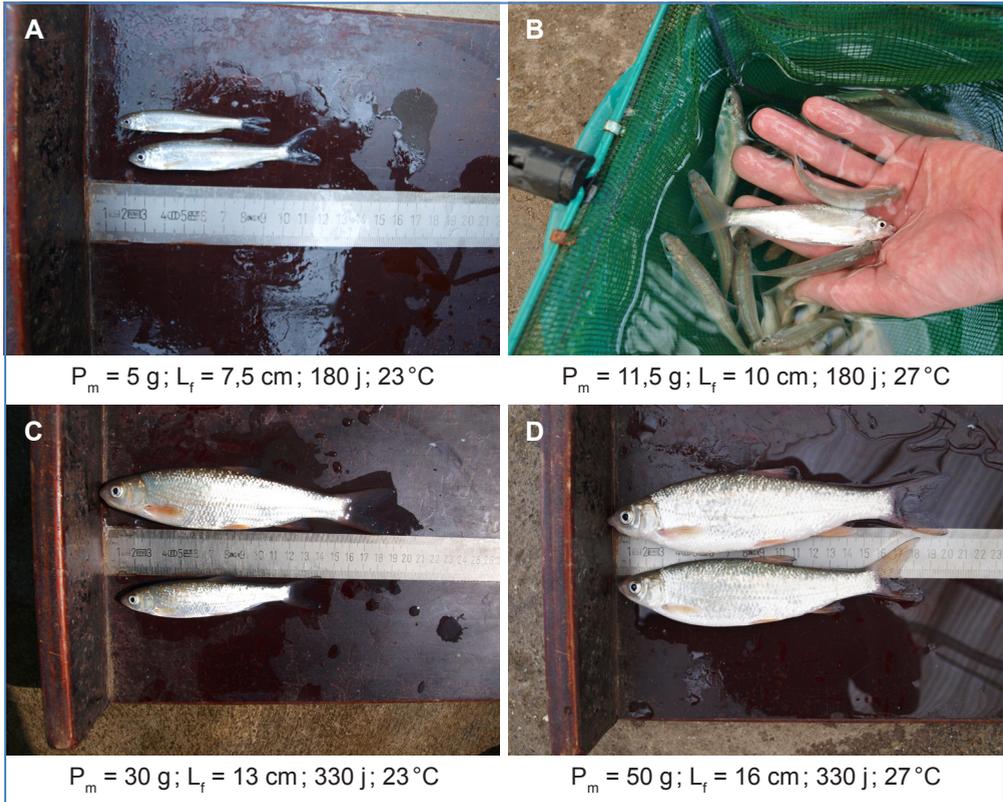


Figure 30. Juvéniles de hotu élevés en conditions intensives constantes à 23 °C (A, C) ou 27 °C (B, D) ( $P_m$  : poids moyen ;  $L_f$  : longueur à la fourche moyenne ; âge en jours de nourrissage ; température).

Les taux de conversion alimentaire sont relativement élevés en début de phase de grossissement, atteignant 2,3-3,0, puis diminuent pour atteindre des valeurs de 1,6-2,0 chez des poissons de plus de 5 g (tableau 4).

Tableau 4. Taux de conversion alimentaire (FCR) chez des juvéniles de hotu en grossissement.

Poids	FCR <sub>23°C</sub>	FCR <sub>27°C</sub>
< 5 g	2,3-2,6	2,7-3,0
5-10 g	1,6-1,8	2,0-2,1
10-50 g	1,6-1,8	1,6-1,8

Chez les poissons placés en conditions thermiques naturelles durant la période hivernale (température < 10 °C), la croissance est stoppée (Figure 29). Elle reprend au printemps, lorsque la température de l'eau dépasse 10 °C ou lorsque les poissons sont placés en conditions favorables en eau réchauffée.

En conditions constantes, les taux de survie des juvéniles de hotu inférieurs à 1 g sont de 70-80 % à 23 °C et 60-75 % à 27 °C. Entre 1 et 5 g, et entre 5 et 40 g, les taux de survie sont généralement supérieurs à 95 %. Chez les grands juvéniles (> 10 g), des mortalités importantes (30-50 %) peuvent survenir à 27 °C en raison de l'émergence de pathologies bactériennes.

Les juvéniles supportent bien les conditions d'hivernage. Les taux de survie de juvéniles de hotu (poids moyen : 1,3 à 5,0 g) maintenus de novembre à mars en conditions thermiques naturelles (température comprise entre 2,5 et 13,0 °C) sont supérieurs à 93 %.

Tableau 5. Résumé des conditions et des caractéristiques de l'élevage extensif et intensif (conditions constantes) des juvéniles de hotu.

<b>Conditions d'élevage</b>		
	<b>Extensif</b>	<b>Intensif</b>
Type de circuit	ouvert	recirculé
Volume bassin (m³)	5,0/étang	1-2
Type d'aliment	naturel et aliment sec	aliment sec (carpe)
Biomasse initiale	100-200 kg/ha	1-5 kg/m³
Biomasse max		20 kg/m³
Température (°C)	naturelle	20-23
<b>Caractéristiques et performances d'élevage</b>		
	<b>Extensif</b>	<b>Intensif</b>
<b>Phase 1</b>	0,1-1 g	0,5-1,5 g
Ration alimentaire (%/j)	3-5	4-6
Taux de conversion alimentaire		2,3-2,6
Durée (jours)	90 (juin-septembre)	40
<b>Phase 2</b>	1-3 g	1,5-5 g
Ration alimentaire (%/j)	1	3-4
Taux de conversion alimentaire		2,3-2,6
Durée (jours)	310 (septembre-juillet)	110
<b>Phase 3</b>		5-10 g
Ration alimentaire (%/j)		2-3
Taux de conversion alimentaire		1,6-1,8
Durée (jours)		60
<b>Phase 4</b>		10-30 g
Ration alimentaire (%/j)		1,5-2
Taux de conversion alimentaire		1,6-1,8
Durée (jours)		90
Survie globale	< 10 (étang) - 75 (bassin)	70-80

## 5.4. PATHOLOGIES ET TRAITEMENT

En élevage intensif en circuit recirculé, le hotu est sensible à certains types de bactérioses, particulièrement à haute température. Les stades juvéniles et adultes sont particulièrement sensibles mais aucune pathologie n'a été observée sur les stades larvaires.

Les infections les plus fréquentes sont causées par des bactéries du genre *Flavobacterium*. Ce type de bactéries provoque des lésions caractéristiques de maladie « en selle », c'est-à-dire des zones nécrotiques de profondeur variable dans la masse musculaire dorsale ou du pédoncule caudal (Figure 31).



Figure 31. Lésions « en selle » causées par des bactéries du genre *Flavobacterium* chez des juvéniles de hotu.

Si l'infection n'est pas traitée (par antibiotique) dès les premiers symptômes, elle peut provoquer jusqu'à 50% de mortalité étalée sur quelques semaines à haute température (27 °C).

Une diminution de la température en-dessous de 20 °C limite fortement la gravité des lésions et l'ampleur des mortalités.

Ce type de bactériose peut également être associé à une infestation mycosique secondaire se développant dans les lésions.

Les différents traitements pouvant être utilisés pour lutter contre les parasitoses et bactérioses chez le hotu sont résumés dans le tableau 6.

Tableau 6. Traitements recommandés contre les pathologies chez le hotu.

<b>Substance</b>	<b>Action</b>	<b>Concentration</b>	<b>Type de traitement</b>
Chloramine	Désinfectant externe (peau et branchies)	15 mg/l	Bain longue durée (3 h)
Sel (NaCl)	Contre les parasites et infections externes	15 g/l	Bain longue durée (3 h)
Florfenicol (300 mg/ml)	Antibiotique à large spectre	1 ml/15 kg poisson/jour	Alimentaire pendant 8 j (à mélanger au préalable avec de l'éthanol ou de l'huile alimentaire)
Oxytétracycline	Antibiotique à large spectre (externe)	50 mg/l (+ 3 g/l NaCl)	Bain longue durée (1h30 - 3 h) répété 3 fois à 24 h d'intervalle

## 6. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

---

Le hotu est une espèce écologiquement sensible, composante de l'ichtyofaune naturelle de nos rivières, dont certaines populations ont connu des déclinés par le passé. Aucun élevage de cette espèce n'existe cependant pour soutenir les opérations de restauration mises en place pour repeupler les rivières de Wallonie. Sur base d'expériences menées dans différentes conditions d'élevage, ce document technique fournit les données et connaissances nécessaires pour contrôler les différentes phases d'élevage du hotu (Figure 32).

La reproduction est basée sur l'utilisation de géniteurs captifs, génétiquement identifiés, maintenus en conditions contrôlées en circuit recirculé. La seule technique assurant une production massive d'œufs fécondés est la reproduction artificielle, après induction hormonale de la ponte. Un stock de 200 géniteurs (100 mâles, 100 femelles de 230 g) permet d'obtenir, entre avril et juin, environ 50 000 larves à vésicule résorbée, prêtes à intégrer les structures d'élevage larvaire. Les taux d'éclosion rapportés dans ce travail (50 %) sont relativement faibles et pourraient être améliorés après plusieurs saisons de reproduction.

Les données caractérisant la reproduction des géniteurs captifs ont en effet été obtenues avec des poissons âgés de trois ans, ayant atteint leur première maturité sexuelle. Les performances de reproduction et la qualité des pontes pourraient être différentes et s'améliorer au cours des saisons de reproduction successives.

L'élevage larvaire et le grossissement ont été testés dans des conditions extensives à intensives. Parmi ces conditions, différant tant par le type d'infrastructure, la température et la densité d'élevage, que le mode d'alimentation, l'élevage intensif en circuit recirculé, caractérisé par des conditions thermiques et alimentaires constantes et optimales, offre les meilleures performances de production en termes de croissance et survie.

Bien que l'élevage en aquarium en circuit recirculé offre les meilleures conditions durant les premières phases de croissance, l'élevage larvaire peut très facilement être pratiqué dans d'autres conditions, par exemple en bassins extérieurs de plus grandes dimensions. Cette phase de l'élevage est de courte durée, et se déroule durant la bonne saison, lorsque les conditions thermiques extérieures permettent une croissance significative.

Par contre, l'option recommandée pour les phases ultérieures de grossissement est l'élevage intensif en circuit recirculé. Malgré le manque d'expérience et de recul

sur la production extensive en étang, les essais réalisés ont conduit à des résultats médiocres en raison de la pression de prédation s'exerçant sur les alevins et de la faible croissance liée aux conditions thermiques naturelles. À l'opposé, en conditions intensives, un stock de 200 géniteurs permet de soutenir une production de plus de 30 000 juvéniles d'un poids supérieur à 30 g par an.

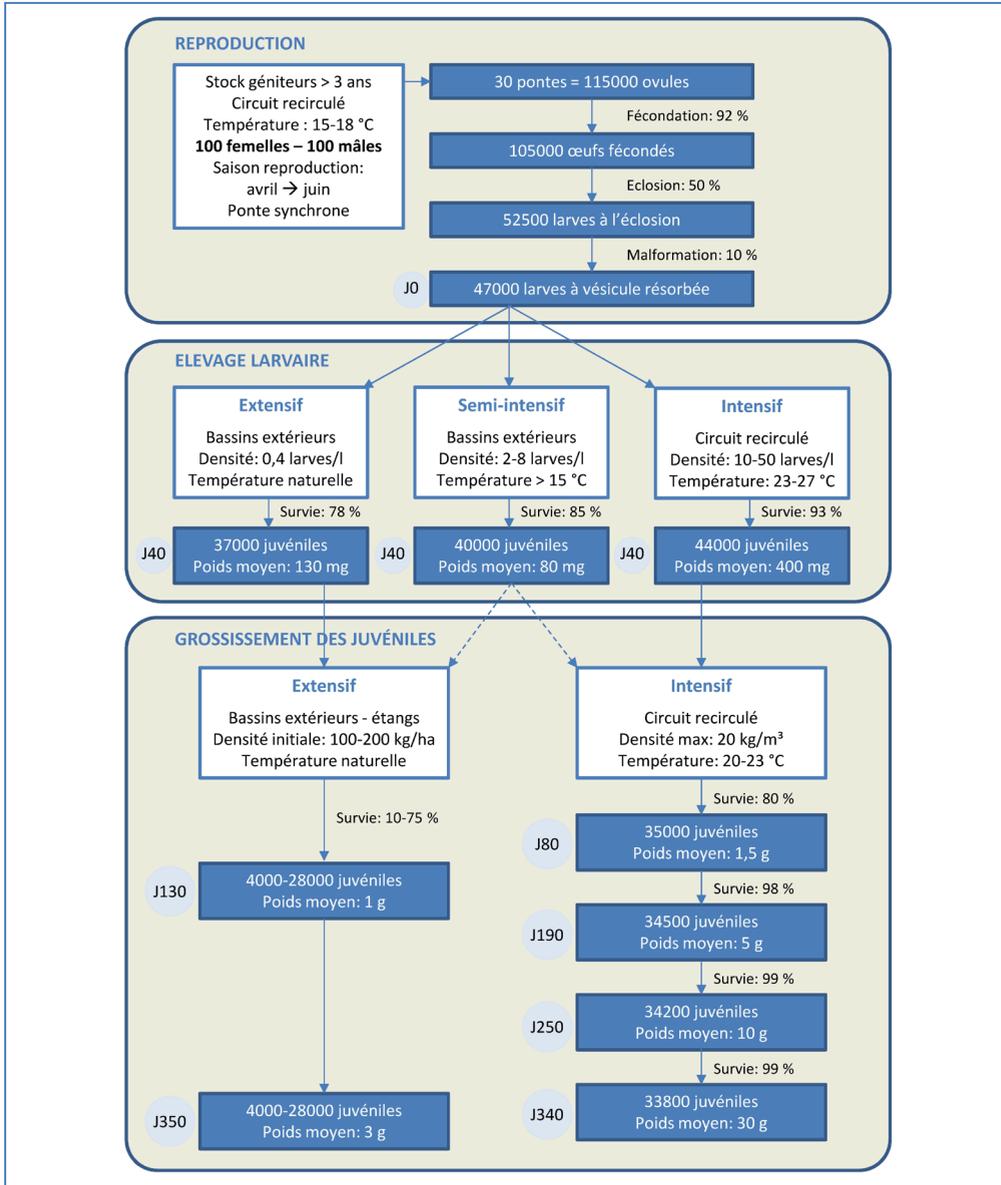


Figure 32. Synthèse des caractéristiques de reproduction, élevage larvaire et grossissement du hotu.

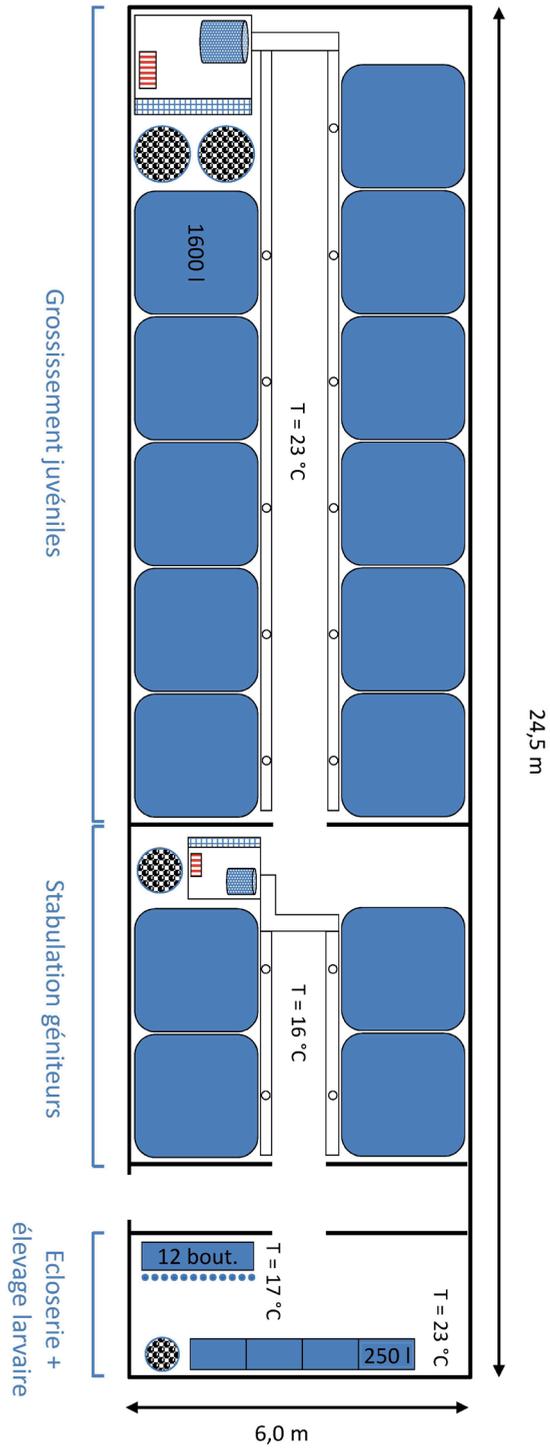
# ANNEXES

---

## ANNEXE 1

Schéma et évaluation du coût d'une unité de production en circuit recirculé dimensionnée pour la production de 10 000 hotus juvéniles de 30 g par an. Cette unité comprend une écloserie (12 bouteilles de Zoug 1,5 l ; température : 17 °C), un circuit destiné à l'élevage larvaire (8 aquariums 250 l ; température : 23 °C), un circuit pour le maintien des géniteurs (4 bassins 1 600 l ; température : 16 °C) et un circuit pour le grossissement des juvéniles (11 bassins 1 600 l ; température : 23 °C). Le volume de celui-ci est légèrement surdimensionné (1 bassin supplémentaire) pour assurer une certaine flexibilité dans la production et la manipulation des stocks. Le circuit destiné à la stabulation des géniteurs est dimensionné pour accueillir 2 stocks de hotus d'origines différentes (souches génétiques identifiées).

L'estimation du coût des installations englobe le matériel destiné à la construction des circuits mais ne prend pas en compte la construction du bâtiment et le forage d'un puits alimentant l'unité en eau de nappe. La puissance électrique nécessaire au chauffage de l'eau dépend de la température de l'eau de nappe. L'exemple donné est basé sur une température d'eau de nappe de 15 °C.



Dénomination	Prix unitaire (€)	Nombre	Prix hTVA (€)
<b>Écloserie</b>			
Bac de charge (250 l)	350	2	700
Pompe (250 W)	100	1	100
Stérilisateur U.V. (30 W)	150	1	150
Bouteille de Zoug (1,5 l)	35	12	420
Divers (structure, plomberie, résistance, électricité)	300	1	300
Sous-total (hTVA)			1 670
<b>Élevage larvaire</b>			
Aquarium 1,00 x 0,50 x 0,55 m (250 l)	60	8	480
Filtre immergé (400 l)	1 200	1	1 200
Bac de charge (400 l)	1 000	1	1 000
Pompe (750 W)	150	1	150
Résistance (1 500 W)	250	1	250
Stérilisateur U.V. (63 W)	800	1	800
Divers (structure, plomberie, électricité)	250	1	250
Sous-total (hTVA)			4 130
<b>Stabulation géniteurs</b>			
Bassin sub-carré 2,2 x 2,2 m (1 600 l)	1 600	4	6 400
Tambour filtrant (1 100 W)	4 000	1	4 000
Filtre immergé (400 l)	1 200	1	1 200
Résistance (3 000 W)	700	1	700
Stérilisateur U.V. (90 W)	1 000	1	1 000
Pompe (1 000 W)	500	1	500
Bac de charge (500 l)	1 100	1	1 100
Divers plomberie	400	1	400
Divers électricité	500	1	500
Nourrisseur	250	4	1 000
Petit matériel (filets, aérateurs...)	600	1	600
Sous-total (hTVA)			17 400
<b>Grossissement juvéniles</b>			
Bassin sub-carré 2,2 x 2,2 m (1 600 l)	1 600	11	17 600
Tambour filtrant (1 600 W)	10 000	1	10 000
Filtre à lit fluidisé (2 000 l)	5 200	1	5 200
Résistance (3 000 W)	700	2	1 400
Stérilisateur U.V. (170 W)	1 500	1	1 500
Pompe (2 500 W)	1 200	1	1 200
Bac de charge (2 000 l)	2 000	1	2 000
Turbine aération (1 500 W)	1 000	2	2 000
Divers plomberie	1 500	1	1 500
Divers électricité	2 000	1	2 000
Système d'alarme	1 000	1	1 000
Nourrisseur	250	11	2 750
Petit matériel (filets, aérateurs...)	1 650	1	1 700
Sous-total (hTVA)			49 800
<b>Total (hTVA)</b>			<b>73 000</b>

## ANNEXE 2

Exemple de composition alimentaire destinée aux grands juvéniles et aux géniteurs de hotu (aliment coulant Carpco Excellent, Coppens, Pays-Bas ; [www.coppens.eu](http://www.coppens.eu)).

<b>Teneurs analytiques</b>	<b>%</b>
Protéines	36
Lipides	7
Fibres	2,6
Cendres	7,2
Phosphore total	1,1
Calcium	0,9
Sodium	0,1
<b>Additifs</b>	
Vitamines	
Vitamine A	10 000 UI/kg
Vitamine C	150 mg/kg
Vitamine E	200 mg/kg
Vitamine D3	520 UI/kg
Oligoéléments	
Fer (sulfate ferreux monohydraté)	75
Iode (iodate de calcium anhydre)	5
Cuivre (sulfate de cuivre pentahydraté)	5
Manganèse (oxyde de manganèse)	20
Zinc (sulfate de zinc monohydraté)	60

## **ANNEXE 3**

Vidéo 1 : Reproduction artificielle du hotu à partir de géniteurs sauvages.

Vidéo 2 : Induction hormonale et reproduction artificielle du hotu à partir de géniteurs captifs.

Les fichiers sont disponibles sur <http://hdl.handle.net/2268/191434>

## ANNEXE 4

Exemple de composition alimentaire destinée à l'élevage larvaire du hotu (aliment Gemma Micro, Skretting, France; [www.skretting.fr](http://www.skretting.fr)).

<b>Teneurs analytiques</b>	<b>%</b>
Protéines	59
Lipides	14
Fibres	0,2
Cendres	13
Phosphore total	2
Calcium	1,5
Sodium	0,7
<b>Additifs</b>	
Vitamines	UI/kg
Vitamine A	23000
Vitamine D3	2800
Oligoéléments	mg/kg
Fer (sulfate ferreux monohydraté)	100
Iode (iodate de calcium anhydre)	5,1
Cuivre (sulfate de cuivre pentahydraté)	10
Manganèse (sulfate de manganèse monohydraté)	36
Zinc (sulfate de zinc monohydraté)	130
Sélénium (sélénite de sodium - sélénométhionine)	0,25-0,03

## ANNEXE 5

Exemple de composition alimentaire destinée aux alevins (premières phases du grossissement) de hotu (aliment Alevins Miettes, Aquabio, Belgique ; [www.aquabio.be](http://www.aquabio.be)).

<b>Teneurs analytiques</b>	<b>%</b>
Protéines	58
Lipides	12
Fibres	0,7
Cendres	10,5
Phosphore total	1,4
<b>Additifs</b>	
Vitamines	
Vitamine A	22 500 UI/kg
Vitamine C	300 mg/kg
Vitamine E	200 mg/kg
Vitamine D3	3 000 UI/kg
Oligoéléments	
Fer (sulfate ferreux monohydraté)	100
Cuivre (sulfate de cuivre pentahydraté)	2,5
Manganèse (sulfate de manganèse monohydraté)	15
Zinc (sulfate de zinc monohydraté)	50
Sélénium (sélénite de sodium)	0,25



# GLOSSAIRE

---

- Cladocère** : petit crustacé aquatique à carapace bivalve nageant à l'aide de ses antennes, aussi appelé puce d'eau (ex : daphnie).
- Copépode** : petit crustacé aquatique, libre ou parasite, présent en eau douce et composant une part importante du plancton marin.
- Cyste** : chez les crustacés, forme embryonnaire dormante entourée d'une enveloppe protectrice épaisse, ressemblant à un œuf.
- Juvénile** : jeune poisson dont la morphologie est proche de celle de l'adulte mais sexuellement immature.
- Larve** : jeune poisson dont la morphologie est profondément différente de celle de l'adulte. Le stade larvaire se situe entre les stades embryonnaire et juvénile.
- Nauplius** : première forme larvaire chez de nombreux crustacés.
- Nématode** : embranchement de vers non segmentés, aussi appelés vers ronds, vivant sous forme libre ou parasitaire dans des milieux très divers, et notamment en eau douce.
- Oligochète** : classe de vers annélides (segmentés) vivant généralement dans les vases, les sols et en eau douce.
- Ovulation** : phase d'expulsion des ovocytes hors du follicule ovarien.
- Photopériode** : période d'éclairement.
- Photophobe** : qui fuit la lumière.
- Pit-tag** (*Passive Integrated Transponder tag*) : puce électronique permettant le marquage individuel.
- Plancton** : ensemble des organismes animaux (zooplancton) et végétaux (phytoplancton), en général de très petite taille, qui flottent plus ou moins passivement dans l'eau.
- Protozoaire** : Organisme unicellulaire (protiste) ingérant sa nourriture par phagocytose (ex : paramécie).
- Rhéophile** : qui vit dans des zones de fort courant.
- Rotifère** : embranchement de petits animaux pluricellulaires planctoniques vivant principalement en eau douce, et dont la bouche est entourée de deux couronnes de cils.
- Saprolégniose** : infection fongique (appelée familièrement « mousse ») provoquée par des champignons du genre *Saprolegnia*, s'attaquant à la peau, aux branchies et aux yeux.
- Stripping** : massage abdominal pratiqué de l'avant (nageoires pectorales) vers l'arrière (papille génitale) du poisson pour en extraire les gamètes (spermatozoïdes ou ovules).

**Synchrone** : caractérise la reproduction des poissons qui pondent une fois par an.

**Taux de conversion alimentaire** : rapport entre la quantité d'aliment distribué et le gain de production (de poids) obtenu, il mesure l'efficacité de la conversion d'un aliment en poisson.

**Téléostéen** : poisson osseux.

**Zoug** (bouteille de) : bouteille renversée utilisée pour l'incubation des œufs, dans laquelle un brassage lent et régulier des œufs est assuré par un débit d'eau qui arrive par le bas.

# LITTÉRATURE CONSULTÉE

---

- Bruslé J. & Quignard J.P., 2013. *Biologie des poissons d'eau douce européens* (2<sup>e</sup> éd.). Lavoisier, Paris, 740 p.
- Gennotte V., Prignon C., Dierckx A., Benitez J.P., Ovidio M., Michaux J., Flamand M.C. & Mélard C., 2015. *Étude de la diversité génétique et de l'état des stocks des populations de barbeaux et de hotus en Wallonie. Amélioration des techniques d'élevage en vue de repeuplements raisonnés et de transferts de connaissances vers les pisciculteurs*. Convention FEP/SPW (n° 32-1109-005), rapport final. Université de Liège, 203 p. <http://hdl.handle.net/2268/190031>
- Kamler E., Keckeis H. & Bauer-Nemeschkal E., 1998. Temperature-induced changes of survival, development and yolk partitioning in *Chondrostoma nasus*. *Journal of Fish Biology*, **53**, 658-682.
- Keckeis H., 2001. Survival, development and food energy partitioning of nase larvae and early juveniles at different temperatures. *Journal of Fish Biology*, **59**, 45-61.
- Nelva A., 1997. La pénétration du Hotu, *Chondrostoma nasus nasus* (Poisson Cyprinidé), dans le réseau hydrographique français et ses conséquences. *Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture*, 253-269.
- Peñáz M., 1996. *Chondrostoma nasus* – its reproduction strategy and possible reasons for a widely observed population decline – a review. In: Kirchhofer A. & Hefti D. (Eds.). *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe*. Birkhäuser, Basel, p. 279-285.
- 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, Université de Liège, 237 p.
- Philippart J.C., 1981. Démographie du hotu, *Chondrostoma nasus* (Linné) (Teleostei : Cyprinidae) dans l'Ourthe (Bassin de la Meuse, Belgique). *Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique*, **110**, 199-219.
- Philippart J.C. & Vranken M., 1983. Atlas des poissons de Wallonie. Distribution, écologie, éthologie, pêche, conservation. *Cahiers d'Éthologie Appliquée*, **3**(Suppl. 1-2), 395 pp.
- Poncin P., Philippart J.C., Mélard C. & Gillet A., 1990. Note sur une expérience de production artificielle et d'alevinage du hotu (*Chondrostoma nasus*). Perspectives pour le repeuplement des rivières. *Cahiers d'Éthologie Appliquée*, **10**(2), 161-168.

- Targońska K., Żarski D. & Kucharczyk D., 2008. A review of the artificial reproduction of asp, *Aspius aspius* (L.), and nase, *Chondrostoma nasus* (L.). *Archives of Polish Fisheries*, **16**(4), 341-354.
- Tissot L. & Souchon Y., 2010. Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen. *Hydroécologie Appliquée*, **17**, 17-76.
- Żarski D., Kucharczyk D., Targońska K., Jamróz M., Krejszeff S. & Mamcarz A., 2009. Application of Ovopel and Ovaprim and their combinations in controlled reproduction of two reophilic cyprinid fish species. *Polish Journal of Natural Science*, **24**(4), 235-244.
- Żarski D., Targońska K., Ratajski S., Kaczkowski Z. & Kucharczyk D., 2008. Reproduction of nase, *Chondrostoma Nasus* (L.), under controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries*, **16**(4), 355-362.

## ADRESSES UTILES

---

Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture (CEFRA)

Université de Liège

Chemin de la Justice 10, 4500 Tihange

Tel : +32 (0)85 27 41 52

Courriel : [cefra@ulg.ac.be](mailto:cefra@ulg.ac.be), [vgennotte@ulg.ac.be](mailto:vgennotte@ulg.ac.be)

Web : [www.cefra.ulg.ac.be](http://www.cefra.ulg.ac.be)

---

Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie (LDPH)

Université de Liège

Quai Van Beneden 22, 4020 Liège

Tel : +32 (0)4 366 50 27

Courriel : [m.ovidio@ulg.ac.be](mailto:m.ovidio@ulg.ac.be)

---

Service de la pêche, Direction de la Chasse et de la Pêche, Département  
de la Nature et des Forêts

Service Public de Wallonie, DGO3

Avenue Prince de Liège 15, 5100 Jambes

Tél : +32 (0)81 33 59 00

Courriel : [xavier.rollin@spw.wallonie.be](mailto:xavier.rollin@spw.wallonie.be)

---

Laboratoire des Pathologies des poissons

Département Biotechnologie, CER Groupe

Rue du Carmel 1, 6900 Marloie

Tel : + 32 (0)84 22 02 39

Courriel : [f.lieffrig@cergroupe.be](mailto:f.lieffrig@cergroupe.be)

---

Collège des producteurs, SOCOPRO asbl

Secteur aquacole

Avenue Comte de Smet de Nayer 14 boîte 3, 5000 Namur

Tel : +32 (0)81 240 438

Courriel : [chistian.ducarme@collegedesproducteurs.be](mailto:chistian.ducarme@collegedesproducteurs.be)

---

Les Pisciculteurs Artisans asbl

Rue Félix Levèvre 61, 6900 Hargimont

Tel : +32 (0)84 22 17 10

Courriel : [alain.schonbrodt@marche.be](mailto:alain.schonbrodt@marche.be)

---



En divers endroits de Wallonie, l'altération de l'intégrité écologique de nos rivières a conduit, par le passé, à la raréfaction de certaines espèces de poissons, en particulier des espèces patrimoniales écologiquement sensibles comme les cyprinidés rhéophiles. Si la qualité physico-chimique et hydromorphologique de l'habitat s'est aujourd'hui améliorée, ou est en voie de retrouver un niveau satisfaisant dans de nombreux cours d'eau, la recolonisation piscicole naturelle est parfois lente et des repeuplements de restauration ou de soutien sont nécessaires pour accélérer ce processus ou le faciliter dans les secteurs les plus isolés.

La production de juvéniles destinés au repeuplement nécessite la maîtrise de l'ensemble des phases d'élevage : la reproduction des géniteurs, l'élevage larvaire, le grossissement des juvéniles jusqu'à la taille commercialisable, ainsi que la croissance et la maturation sexuelle de poissons captifs constituant des nouveaux stocks de reproducteurs. Après une description de la biologie du hotu, cet ouvrage aborde les différentes étapes de la production, et envisage la croissance des larves et juvéniles dans des conditions d'élevage et des niveaux d'intensification variés. Rassemblant l'ensemble des connaissances acquises sur l'élevage du hotu, il constitue un guide technique destiné au pisciculteur intéressé par la production de nouvelles espèces.

Projet cofinancé par la Wallonie et le FEP

Avec le soutien du « Fonds européen pour la pêche »,  
investissons dans une pêche durable.

