

# AQUACULTURE

DOCUMENT D'INFORMATION SPÉCIALISÉE

## PRODUCTION DE SALMONIDÉS MONOSEXES FEMELLES STÉRILES

### AVANTAGES ET CONTRAINTES

La production de salmonidés monosexes femelles et stériles en pisciculture poursuit deux objectifs : éliminer les contre-performances liées à la maturation sexuelle des poissons et rendre infertiles les poissons destinés à l'ensemencement dans les plans d'eau naturels.

Le ralentissement de la croissance et la détérioration de la qualité de la chair se produisent quand les poissons deviennent matures sexuellement avant d'avoir atteint la taille suffisante pour la mise en marché. Cela arrive inévitablement dans l'élevage de truites de grande taille, qui nécessitent une longue période de croissance durant laquelle les poissons dépassent l'âge de la puberté et atteignent la maturité sexuelle.

La maturation sexuelle ralentit considérablement la croissance des poissons et entraîne aussi une détérioration progressive de la qualité de la chair, qui perd sa fermeté et son bon goût. En outre, la chair perd cette teinte rosée si caractéristique des salmonidés, puisque les pigments caroténoïdes, qui la colorent normalement, migrent à l'extérieur du muscle pour s'accumuler dans les œufs et dans la peau du poisson (figure 1). En pleine période de maturité, la chair de la truite devient blanche et totalement inacceptable pour la consommation au regard des critères de qualité recherchés. Les pisciculteurs doivent alors différer la vente de ces poissons. Heureusement, après la période de reproduction, les truites reprennent leur rythme de croissance et leur chair retrouve sa fermeté et sa coloration rosée. La truite redevient alors excellente pour la consommation, mais cela peut prendre plusieurs semaines, voire quelques mois.



Figure 1. Intensités de la couleur rosée que peut prendre la chair de l'omble de fontaine : de blanchâtre pour un poisson en pleine maturité sexuelle à saumonée pour un poisson immature.

Dans bien des cas, l'utilisation de salmonidés monosexes femelles suffit pour résoudre les problèmes parce que les femelles n'arrivent pas à maturité précocement comme les mâles. En effet, un pourcentage important des mâles arrive à maturité de façon précoce, soit une année avant les femelles. Or, l'élevage de poissons monosexes femelles permet de mettre en marché des poissons de la taille désirée avant la maturité sexuelle, où les mâles sont totalement absents.

L'ensemencement de poissons d'élevage en soutien de la pêche sportive demeure toujours le principal marché de la production piscicole au Québec<sup>4</sup>. Cependant, depuis quelques décennies, l'introduction de la truite arc-en-ciel soulève des inquiétudes, tant au Québec qu'ailleurs dans le monde. En effet, on a démontré que cette espèce est un compétiteur et un prédateur très efficace, pouvant nuire considérablement aux espèces indigènes habitant les plans d'eau où elle est introduite. Une des mesures d'atténuation de cet impact négatif, précisée dans le Plan d'action sur la truite arc-en-ciel 2012-2018 du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, est de « Promouvoir ou exiger la production et l'utilisation de lignées monosexes femelles stériles (triploïdes) »<sup>5</sup>.

Par ailleurs, il n'est pas facile d'adopter cette technique dans la pisciculture de type commercial au Québec. En effet, les hormones masculinisantes nécessaires à la production de néomâles ne peuvent être employées qu'à des fins expérimentales, alors que chaque usage est soumis à l'obtention d'une exemption de Santé Canada pour l'utilisation d'une substance désignée à des fins scientifiques. Cela limite considérablement les applications possibles sur le plan commercial.

## PRODUCTION DE GÉNITEURS NÉOMÂLES

Bien qu'il y ait absence de chromosomes sexuels bien différenciés sur le plan morphologique chez la plupart des salmonidés, le système de détermination du sexe qui les caractérise est de type XX/XY<sup>2</sup>. Comme chez les mammifères, le sexe est déterminé par le mâle au moment de la fécondation<sup>1</sup>. Dans des conditions normales, la moitié des spermatozoïdes possèdent un déterminant Y et l'autre moitié, un déterminant X, alors que les œufs ne contiennent que le déterminant X. Un seul spermatozoïde féconde l'œuf, lequel devient mâle en présence du déterminant Y ou femelle en présence du déterminant X (figure 2). Une descendance est ainsi constituée à 50 % de mâles génétiques (combinaison XY) et à 50 % de femelles génétiques (combinaison XX).

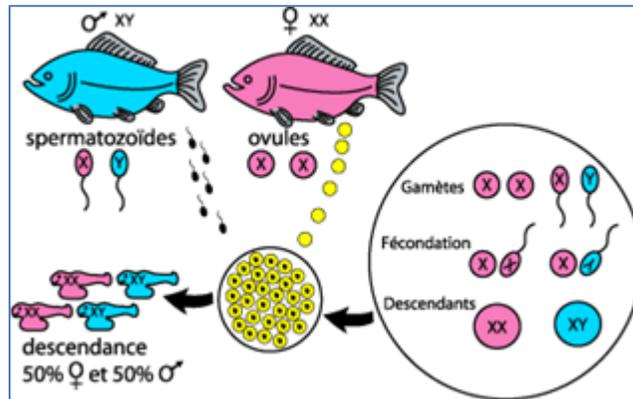


Figure 2. Déterminisme du sexe dans les conditions d'une fécondation normale.

Le sexe génétique des salmonidés est déterminé à la fertilisation, mais la différenciation du sexe phénotypique – à savoir le développement des cellules germinales mâles ou femelles à l'intérieur des gonades selon le sexe génétique des individus – a lieu sous l'action du système hormonal tôt pendant le développement de l'embryon<sup>2</sup>. Le recours à une hormone mâle comme la testostérone permet de se substituer au système hormonal du poisson et d'induire le développement de gonades mâles chez des femelles génétiques. Il est ainsi possible de transformer une femelle génétique en « nouveau mâle », ce que nous appelons un **néomâle**. Une population monosexuelle femelle de salmonidés est obtenue en fécondant des œufs avec du sperme de néomâles. Ces poissons génétiquement femelles produisent à la maturité de la laitance contenant des spermatozoïdes porteurs du seul déterminant X. La fertilisation d'œufs au moyen de cette laitance produit une descendance composée exclusivement de femelles.

La production de néomâles commence avec des œufs ou des alevins issus d'une reproduction normale, où 50 % des individus sont mâles et les autres 50 % sont femelles. L'hormone masculinisante est administrée par bain aux œufs et aux alevins vésiculés et/ou dans l'aliment aux alevins pendant les premiers mois de l'alimentation, alors que la différenciation sexuelle des gonades se produit (figure 3). Le nombre d'œufs ou d'alevins à déterminer doit tenir compte des mortalités, pendant le début de l'alimentation et ensuite durant le grossissement sur une période de deux à trois ans, avant que les poissons n'atteignent la maturité sexuelle.

Les mâles génétiques, qui reçoivent ce supplément d'hormone masculine, demeurent des mâles. Par contre, un certain pourcentage des femelles génétiques sera transformé en mâles phénotypiques, sous l'effet de l'hormone mâle, lesquels développeront des gonades mâles à l'âge de la maturité sexuelle. Par la suite, ces poissons seront engraisés normalement pendant une période de deux à trois ans, en fonction de l'espèce, pour devenir des géniteurs.

À l'âge de la maturité sexuelle, les mâles génétiques, qui sont facilement identifiables à leurs caractères phénotypiques, expulsent de la laitance. Ils sont éliminés et ne participent pas à la reproduction (figure 3).

Quant aux femelles génétiques, une partie d'entre elles n'aura pas été transformée par le traitement hormonal et ces poissons demeurent des femelles phénotypiques expulsant des œufs; elles sont aussi éliminées. Par contre, bon nombre de femelles génétiques seront devenues des mâles phénotypiques (néomâles) sous l'action de l'hormone, lesquels ont des gonades mâles contenant du sperme au lieu des œufs ou à la fois des œufs et du sperme (hermaphrodite). Le sperme de ces néomâles est utilisé pour féconder des œufs, qui donneront une descendance à 100 % femelle en l'absence totale du déterminant Y.

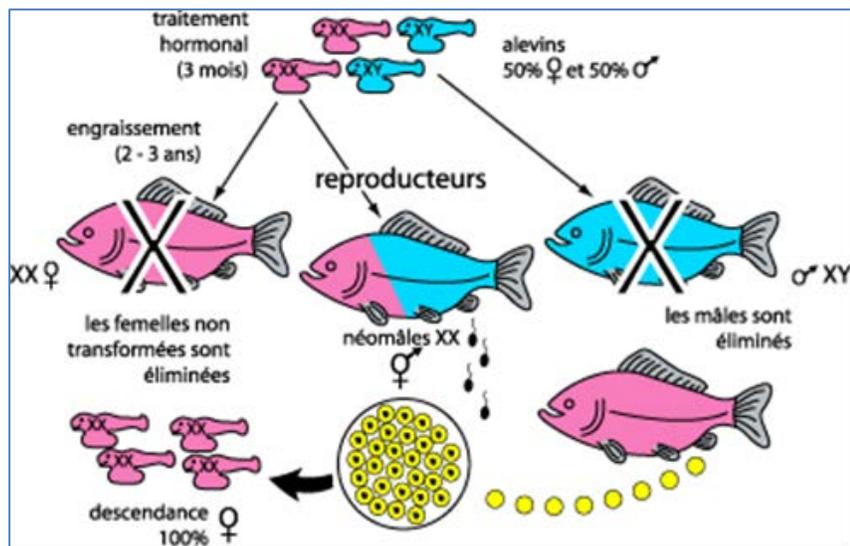


Figure 3. Étapes de la production d'une descendance de poissons à 100 % monosexes femelles, où seuls les néomâles – des femelles génétiques transformées en mâles physiologiques au moyen d'un traitement hormonal – sont utilisés pour féconder les œufs.

## SÉLECTION DES NÉOMÂLES

Une fois le traitement hormonal terminé, les poissons sont isolés et engraisés pour constituer un stock de reproducteurs. La croissance de ces poissons doit être stimulée au maximum, de manière qu'ils atteignent la plus grande taille possible à l'âge de la maturité sexuelle.

Les néomâles doivent être sélectionnés lorsque les poissons atteignent la maturité sexuelle. Les mâles et les néomâles ont une apparence extérieure identique. Cependant, les mâles sont faciles à reconnaître parce qu'ils expulsent facilement de la laitance lorsqu'ils sont manipulés, alors que les néomâles ne laissent pas échapper de sperme. En effet, les néomâles n'ont pas des gonades analogues à celles des mâles normaux et il est impossible d'en extraire la laitance par pression. Aussi, un poisson qui a l'apparence extérieure d'un mâle, mais dont la laitance ne s'échappe pas, comme on s'y attend normalement, est vraisemblablement un néomâle.

Étant donné que l'on ne peut extraire la laitance par pression chez un néomâle, ces poissons devront être tués. On le fait à l'aide d'un gourdin et la cavité abdominale est ouverte pour procéder à l'examen des gonades. Les gonades d'un néomâle sont globuleuses, de tailles inégales et localisées dans la partie antérieure de la cavité abdominale (figure 4); par comparaison, des gonades oblongues occupent toute la longueur de la cavité abdominale chez un mâle normal. Certains néomâles sont hermaphrodites : ils ont une gonade femelle et une gonade mâle (figure 5). Les gonades d'un néomâle présentent peu ou pas de conduit pour acheminer le sperme à l'extérieur du poisson (spermiducte). Ce conduit est le plus souvent atrophié et il a l'apparence d'un mince fil, comparativement au mâle normal dont les gonades se prolongent jusqu'à l'orifice urogénital pour laisser sortir le sperme.

L'intervention du traitement hormonal entraîne toutes sortes de variations dans le développement des gonades, si bien qu'il peut arriver que, pour certains poissons, l'identification d'un néomâle de façon certaine soit difficile. Il est très important d'apporter une grande attention à l'identification correcte des néomâles, de manière à ne pas contaminer la descendance à 100 % femelle recherchée par des mâles. Il vaut mieux éliminer des poissons dont le sexe est incertain, plutôt que de risquer cette contamination.



Figure 4. Forme globuleuse caractéristique des gonades mâles chez un néomâle d'omble de fontaine.



Figure 5. Néomâle d'omble de fontaine présentant une gonade mâle et une gonade femelle.

Une fois extraites d'un néomâle, les gonades sont épongées pour enlever l'excès de sang. Elles sont ensuite déposées dans un petit plat ou dans une assiette pour être lacérées au moyen d'un scalpel ou d'un couteau, de façon que la laitance s'écoule dans le plat. Les gonades peuvent aussi être placées dans une petite passoire et pressées avec le dos d'une cuillère pour en extraire le plus de laitance possible, qui sera mise en présence d'ovules de femelles (œufs) pour la fécondation artificielle.

## STÉRILISATION

Dans des conditions normales, chacune des cellules de la plupart des animaux contient une paire (2N) de chacun des chromosomes, dont une moitié provient de la mère (1N) et l'autre moitié du père (1N). L'omble de fontaine, l'omble chevalier et la truite arc-en-ciel ont respectivement 84 (42 paires), 80 (40 paires) et 60 chromosomes (30 paires)<sup>3</sup>. La stérilisation consiste à produire des individus triploïdes ayant dans leurs cellules un triplet de chacun des chromosomes (3N) au lieu d'une paire (2N). Alors que les poissons diploïdes (2N) sont féconds, les poissons triploïdes (3N) sont stériles. L'appariement des chromosomes en triplets empêche la méiose de se dérouler normalement dans les cellules germinales pour engendrer des gamètes fertiles. Par contre, la multiplication des cellules somatiques se fait sans problème et permet aux individus de se développer normalement.

La stérilisation est réalisée au moyen d'un choc de pression qui est administré aux œufs après la fertilisation. Le choc interfère dans le processus normal de la méiose, alors qu'il empêche l'expulsion du deuxième globule polaire, qui contient la moitié du bagage génétique (1N), à l'extérieur de l'œuf. Cela va ainsi former un embryon triploïde (3N) à la place de diploïde (2N). La figure 6 décrit l'effet du choc de pression sur l'ovogenèse.

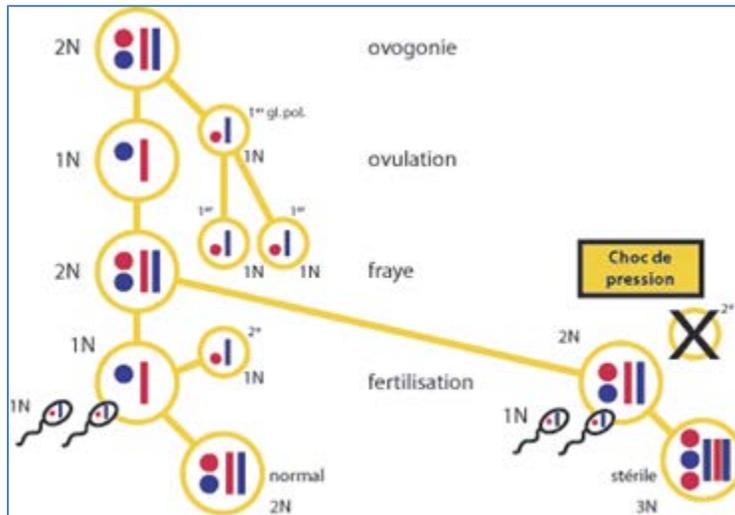


Figure 6. Illustration de l'effet du choc de pression sur le déroulement de l'ovogénèse et conduisant à la production des poissons stériles (3N).

Le choc de pression est administré au moyen d'un appareil composé d'un cylindre contenant les œufs immergés dans l'eau et d'un piston hydraulique permettant de créer la pression nécessaire dans le cylindre (figure 7). Les œufs sont soumis à une pression de 9 000 à 10 000 psi pendant 5 minutes selon une température de 280 à 300 °C-minute après la fertilisation (ex. : de 35 à 38 minutes après la fertilisation à une température de 8 °C).



Figure 7. Appareil utilisé pour administrer aux œufs le choc de pression nécessaire à la production des embryons triploïdes (3N).

## RÉFÉRENCES

1. Benfey, T.J., D.J. Martin-Robichaud, C.I. Hendry, C. Sacobie, H. Tvedt et M. Reith. 2000. Production of all-female populations of fish for aquaculture. Bulletin of the Aquaculture Association of Canada, vol. 100, n° 3. pp. 13-15.
2. Bobe, J., B. Breton et coll., dans B. Jalabert et A. Fostier, 2010. Chapitre 2 : Sexualité et reproduction dans : La truite arc-en-ciel, de la biologie à l'élevage, Éditions QUAE, pp. 39-81.
3. Gjedrem, T. (éd.). 2005. Selection and Breeding Programs in Aquaculture. Akvaforsk Institute of Aquaculture Research, Springer, 364 pages.
4. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Étude sur le marché de l'ensemencement de plans d'eau au Québec, mars 2019, 106 pages.
5. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Plan d'action de la truite arc-en-ciel 2012-2018, Gouvernement du Québec, 2013, 10 pages.

## RESSOURCE

Direction régionale de l'Estuaire et des eaux intérieures  
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation  
Courriel : [dreei@mapaq.gouv.qc.ca](mailto:dreei@mapaq.gouv.qc.ca)  
Téléphone : 819 371-3971  
Site Internet : [www.mapaq.gouv.qc.ca](http://www.mapaq.gouv.qc.ca)