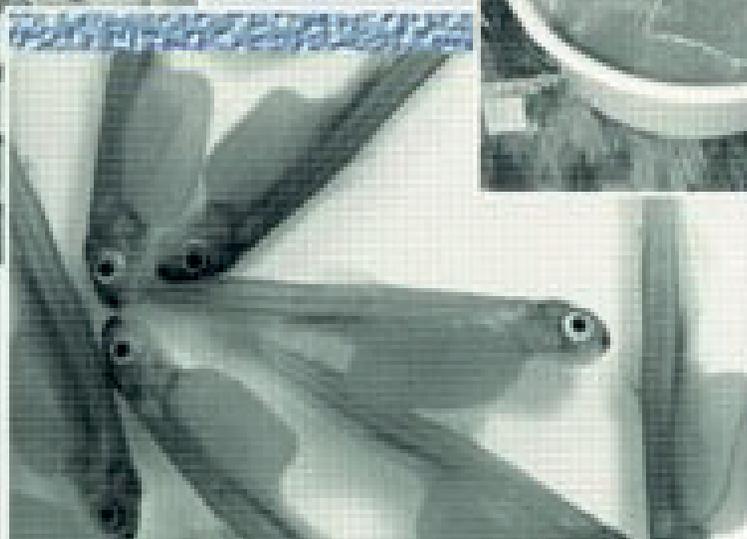


REPRODUCTION, INCUBATION ET AVELINAGE

ÉLEVAGE DES SALMONIDÉS

FASCICULE

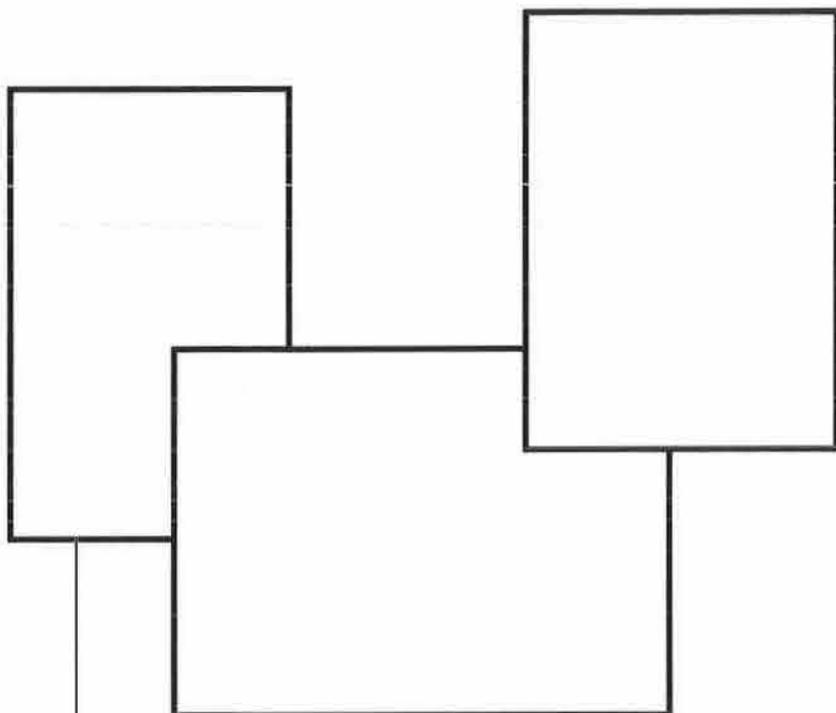
3



REPRODUCTION, INCUBATION ET AVELINAGE

Fascicule 3

Québec 



Fécondation des oeufs
Claude Forest
Ministère de l'Environnement
et de la Faune

Alevins vésiculés
Malaspina College, Vancouver

Oeufs embryommés
Will Pennell

Dépôt légal
Bibliothèque nationale
2^e trimestre 1996
ISBN 2-551-17085-0

GUIDE «ÉLEVAGE DES SALMONIDÉS»

Ce document technique se présente sous la forme de 12 fascicules disponibles séparément. Cette formule a été privilégiée vu l'ampleur du sujet à traiter. La liste des fascicules est présentée au bas de la présente page.

Cette publication est destinée aux conseillers aquicoles chargés de fournir l'expertise aux pisciculteurs sur les différentes techniques d'élevage pratiquées en salmoniculture. Elle constitue également un outil de base pour les pisciculteurs à l'affût des améliorations techniques de production.

Ce guide se veut avant tout, un outil pratique, utilisable par tout intéressé à l'élevage des salmonidés. Certains thèmes plus spécialisés conviennent particulièrement aux conseillers ou initiés en pisciculture. D'autres, plus généraux, s'adressent aux nouveaux producteurs piscicoles ou autres intervenants du domaine.

La publication de cet ouvrage a été rendue possible grâce à la participation et au travail de spécialistes de l'industrie privée, du secteur de l'enseignement et du gouvernement provincial. Nous espérons qu'il saura répondre à vos attentes.

CONTENU DU GUIDE «ÉLEVAGE DES SALMONIDÉS»

FASCICULE	SUJET
1	Environnement socio-économique
2	Amélioration génétique
3	Reproduction, incubation et alevinage
4	Croissance et engraissement
5	Nutrition
6	Santé
7	Physico-chimie de l'eau
8	Aménagement et équipements des stations piscicoles
9	Transport des oeufs et des poissons vivants
10	Gestion technico-économique de l'entreprise
11	Étang de pêche: aménagement et gestion
12	Transformation et mise en marché

REPRODUCTION, INCUBATION ET AVELINAGE

Fascicule 3

RÉDACTION

Richard Morin, biologiste

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction générale des pêches et de l'aquiculture commerciales

RÉVISION

Robert Champagne

Pierre Dubé

Guy Ouellet

Ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction générale des pêches et
de l'aquiculture commerciales

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier tout particulièrement les personnes suivantes, qui ont contribué fortement à la réalisation de ce document par leur apport de connaissances. L'expérience pratique et l'expertise de ces collaborateurs ont été mises à profit pour l'évaluation et la critique des pratiques piscicoles recommandées. Grâce à leurs judicieux conseils, ce fascicule constitue un véritable guide pratique sur la reproduction, l'incubation et l'alevinage des salmonidés.

COLLABORATEURS

Michel Chouinard

Luc Desjardins

André Doyer

Lars Hansen

Jean-Pierre Réville

Sylvain St-Gelais

Yvan Turgeon

Institut de technologie agro-alimentaire, La Pocatière

SAUKEB Inc., Nouvelle

Baie-des-Chaleurs Aquaculture inc., Saint-Omer

Cégep de Saint-Félicien

Pisciculture du lac William inc., Saint-Ferdinand d'Halifax

Aquiculture Manicouagan-Saguenay, La Baie

Ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	9
3.1 INTRODUCTION	13
3.2 LES POISSONS REPRODUCTEURS	15
3.2.1 L'âge des poissons reproducteurs et la maturité sexuelle	16
3.2.2 Développement des gonades et période de reproduction	16
3.2.2.1 Conditionnement photopériodique	18
3.2.2.2 Effet de la température	19
3.2.3 Soins à apporter aux poissons reproducteurs	19
3.2.3.1 Structures de contention et charges	20
3.2.3.2 Température de l'eau	20
3.2.4 Alimentation	21
3.2.5 Reconditionnement	21
3.3 LA REPRODUCTION	23
3.3.1 Définition	24
3.3.2 Suivi de maturation et préparation des géniteurs	24
3.3.2.1 Changements morphologiques et comportementaux	24
3.3.2.2 Stabulation	24
3.3.2.3 Test de fécondité	25
3.3.3 Principes et modes opératoires	26
3.3.3.1 Manipulations et anesthésie des géniteurs	26
3.3.3.2 Extraction des produits sexuels	26
3.3.3.3 Conservation prolongée des produits sexuels	28
3.3.3.4 Dilueur de sperme	28
3.3.3.5 Test de motilité des spermatozoïdes	28
3.3.3.6 Période de récupération	28
3.3.4 Fécondation artificielle	29
3.3.4.1 Méthodes sèche et humide	29
3.3.4.2 Mélange des produits sexuels	29
3.4 MANIPULATION DES OEUFS FÉCONDÉS	33
3.4.1 Nettoyage et tri	34
3.4.2 Période de durcissement	34
3.4.3 Comptage	34
3.4.3.1 Méthode Von Bayer	34
3.4.3.2 Méthode du déplacement d'eau	34
3.4.3.3 Méthode de la pesée	35
3.4.4 Désinfection	36
3.4.5 Acclimatation	36
3.5 L'INCUBATION	37
3.5.1 Définition	38
3.5.2 Anatomie et stades de développement de l'oeuf	38
3.5.2.1 Anatomie	38
3.5.2.2 Stades de développement	38
3.5.2.3 Test de fécondation	42

3.5.3	Facteurs influençant le développement de l'oeuf	42
3.5.3.1	Température	42
3.5.3.2	Oxygène	43
3.5.3.3	Lumière	44
3.5.4	Traitements contre les champignons	45
3.5.5	Choquage	45
3.5.6	Élimination des oeufs morts	46
3.5.6.1	Pipette	46
3.5.6.2	Siphon	47
3.5.6.3	Flottaison	47
3.5.6.4	Trieur photoélectrique	48
3.5.7	Équipements d'incubation	48
3.6	L'ALEVINAGE ET LA PÉRIODE JUVÉNILE	53
3.6.1	Définition	54
3.6.2	Résorption de la vésicule vitelline	54
3.6.3	Début de l'alimentation	54
3.6.4	Tri des alevins	55
3.6.5	Taux de survie	55
3.6.6	Bassins d'alevinage	56
3.6.7	Bassins pour les juvéniles	56
3.6.8	Charges	58
3.6.9	Chauffage de l'eau	59
	BIBLIOGRAPHIE	65

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1	Âge (années) de la maturité sexuelle et de la fin de la productivité pour l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique	16
Tableau 2	Températures d'eau requises pour la croissance et la reproduction chez l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique	21
Tableau 3	Dosage du MS-222 pour l'anesthésie des poissons	26
Tableau 4	Formulation utilisée pour préparer un dilueur de sperme	29
Tableau 5	Estimation du nombre d'oeufs par litre, selon la méthode " Von Bayer ", à partir du nombre d'oeufs contenus dans une règle de 30 cm	35
Tableau 6	Stades de développement de l'oeuf de truite arc-en-ciel en fonction du temps à une température d'incubation de 10 °C	39
Tableau 7.1	Pourcentages de développement journaliers des oeufs d'omble de fontaine pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau	44
Tableau 7.2	Pourcentages de développement journaliers des oeufs de truite arc-en-ciel pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau	45
Tableau 7.3	Pourcentages de développement journaliers des oeufs de saumon atlantique pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau	46
Tableau 8	Diamètres appropriés des tubes de verre à utiliser pour le piquage des oeufs d'omble de fontaine, de truite arc-en-ciel et de saumon atlantique	47
Tableau 9	Flottabilité des oeufs d'omble de fontaine obtenue à des concentrations de sel de 110 à 120 g/l dans de l'eau à 7 °C	48
Tableau 10	Caractéristiques des différents types d'incubateurs	48
Tableau 11	Rations alimentaires quotidiennes, en pourcentage de la biomasse de poisson, recommandées en début d'alimentation pour la truite et le saumon atlantique en fonction de la température de l'eau	55
Tableau 12	Caractéristiques des types de bassins utilisés pour la contention des alevins et des juvéniles de truites, d'ombles et de saumon	57
Tableau 13.1	Charges types pour la truite, en fonction de sa taille et de la température de l'eau, dans une auge d'un volume de 200 litres	58
Tableau 13.2	Charges types pour la truite, en fonction de sa taille et de la température de l'eau, dans un bassin suédois d'un volume de 300 litres	59
Tableau 13.3	Charges types pour la truite en fonction de sa taille, à une température de 11 °C, dans un bassin circulaire d'un volume de 1 400 litres	60
Tableau 13.4	Charges types pour la truite en fonction de sa taille, à une température de 8 °C, dans un bassin circulaire d'un volume de 1 400 litres	61
Tableau 13.5	Charges types pour la truite en fonction de sa taille, à une température de 5 °C, dans un bassin circulaire d'un volume de 1 400 litres	62

Figure 1	Cycles de productivité sexuelle comparés en fonction de l'âge pour l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique	17
Figure 2	Périodes de reproduction chez la truite arc-en-ciel maintenue artificiellement à différents régimes photopériodiques	18
Figure 3	Effet d'une photopériode artificielle constante, de jours longs (18 h) suivis de jours courts (6 h), sur la période de fraye de la truite arc-en-ciel	19
Figure 4	Périodes de reproduction observées chez les truites arc-en-ciel d'un même lot, entre une température constante de 10 °C et des températures basses d'un cours d'eau	19
Figure 5	Entassements maximaux (kg/m ³) recommandés, selon la taille des poissons, pour l'élevage des reproducteurs de truite arc-en-ciel, d'omble de fontaine et de saumon atlantique	20
Figure 6	Caractéristiques morphologiques de l'omble de fontaine en période de reproduction	24
Figure 7	Taux de fertilisation attendu en fonction du nombre de jours après l'ovulation où les oeufs sont extraits, à une température de 10 °C	25
Figure 8	Égouttoir et banc utilisés pour réaliser la reproduction artificielle des salmonidés	27
Figure 9	Méthode utilisée pour extraire les oeufs et la laitance des reproducteurs	27
Figure 10	Séquence des opérations relatives à la reproduction artificielle des salmonidés	31
Figure 11	Règle utilisée pour le dénombrement des oeufs selon la méthode " Von Bayer "	34
Figure 12	Méthode du dénombrement des oeufs par déplacement d'eau	35
Figure 13	Anatomie de l'oeuf de salmonidés	38
Figure 14	Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation	39
Figure 15	Périodes de fragilité et de non-fragilité de l'oeuf de salmonidés pendant l'incubation selon les stades de son développement	38
Figure 16	Nombre de jours nécessaire pour obtenir 50 % d'éclosion, à des températures constantes d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel	42
Figure 17	Nombres de degrés-jours nécessaires pour obtenir 50 % d'éclosion, à différentes températures d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel	43
Figure 18	Effet de la concentration en oxygène dissous et de la vitesse du courant d'eau pendant l'incubation sur la longueur des alevins de truite arc-en-ciel à l'éclosion	43

Figure 19	Méthode de choquage des oeufs par déversement dans un contenant rempli d'eau	47
Figure 20	Modèle de construction d'un siphon pour le pipettage des oeufs	47
Figure 21	Méthode du tri des oeufs dans une solution concentrée de sel	49
Figure 22	Trois types d'appareils destinés à l'incubation des oeufs : seau, panier californien et clayette	51
Figure 23	Taux de survie moyens attendus à différentes étapes de l'incubation et de l'alevinage dans des conditions d'élevage commerciales	56
Figure 24	Croissance de l'alevin de truite pendant les trois premiers mois de l'alimentation à des températures de 5 °C et 10 °C	63

3.1 INTRODUCTION

3.1 INTRODUCTION

La reproduction, l'incubation et l'alevinage sont les opérations de démarrage du cycle de la production piscicole. Ces opérations permettent de générer les poissons juvéniles qui sont nécessaires au grossissement jusqu'aux tailles requises pour les marchés de l'ensemencement et de la consommation. L'objectif premier des écloseries est de produire le nombre maximal d'oeufs et d'alevins de la meilleure qualité possible à partir du stock de reproducteurs disponible.

Un bon nombre de pratiques piscicoles doivent être maîtrisées afin d'assurer un rendement satisfaisant sur le plan de la quantité et de la qualité des oeufs et des alevins produits. Ces pratiques sont exposées en détail dans le présent fascicule, qui contient tous les éléments nécessaires à leur mise en application. De plus, certaines notions de base sur la biologie de la reproduction des salmonidés sont données afin de faciliter la compréhension de ces pratiques piscicoles.

3.2 LES POISSONS REPRODUCTEURS

3.2 LES POISSONS REPRODUCTEURS

Les reproducteurs proviennent le plus couramment de souches domestiquées depuis plusieurs générations en pisciculture pour les espèces commerciales en élevage. Ils peuvent occasionnellement provenir d'un stock de poissons sauvages pour entreprendre l'élevage d'une nouvelle espèce ou pour produire des juvéniles devant servir à la reconstitution de populations sauvages.

Ces poissons sont utilisés spécifiquement pour la reproduction, requièrent des soins particuliers et sont gardés pendant plusieurs années dans un endroit à part dans la station piscicole. La qualité des produits sexuels obtenus est directement reliée à celle des géniteurs, de la qualité du milieu d'élevage et des soins qui leur sont apportés.

3.2.1 L'ÂGE DES POISSONS REPRODUCTEURS ET LA MATURITÉ SEXUELLE

Les salmonidés, bien que potentiellement capables de se reproduire aussitôt que la maturité sexuelle est atteinte, donnent un rendement optimal sur le plan de la quantité et de la qualité des produits sexuels obtenus dans une certaine plage d'âges. La qualité des produits sexuels est évaluée à partir de la taille des oeufs et de leur taux de survie, de l'état physiologique et de la croissance des alevins obtenus.

En général, le nombre et la taille des oeufs, pour une espèce donnée, dépendent de la taille et de l'âge des reproducteurs. Les poissons les plus gros produisent le plus grand nombre d'oeufs et les plus gros oeufs. Par exemple, les femelles de truite arc-en-ciel âgées de 3 ans donnent des oeufs plus gros, un plus fort pourcentage d'oeufs oeillés¹ et des alevins plus gros,

¹ Oeuf oeillé: stade de développement de l'oeuf fécondé où la pigmentation des yeux de l'embryon est visible par la présence de deux points noirs à l'intérieur de l'oeuf.

qui croissent plus rapidement, que celles âgées de 2 ans. Après la 5^e ou 6^e année, la fécondité des reproducteurs et la qualité des alevins produits diminuent considérablement chez cette espèce. Un pourcentage important des femelles âgées sont stériles et celles qui produisent encore des oeufs vont donner des alevins peu performants avec la présence de beaucoup d'infirmes.

Le **tableau 1** donne l'âge de la maturité sexuelle (âge où la majorité des individus mâles et femelles sont matures) et de fin de productivité pour les principales espèces de salmonidés en élevage au Québec. L'omble de fontaine atteint la maturité sexuelle le plus tôt, soit à 2 ans, suivie de la truite arc-en-ciel à 3 ans et du saumon atlantique à 4 ans. Généralement, les mâles atteignent la maturité sexuelle précocement, soit un an plus tôt que l'âge de la maturité sexuelle reconnu pour l'espèce, où les deux sexes sont matures en même temps. Il peut arriver aussi qu'un certain pourcentage des femelles soit mature à un âge précoce. Il est fréquent de rencontrer des mâles matures précocement à 1 an et 2 ans respectivement chez l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel. La **figure 1** illustre les cycles de productivité sexuelle comparés pour l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique en fonction de l'âge.

3.2.2 DÉVELOPPEMENT DES GONADES ET PÉRIODE DE REPRODUCTION

La gonadotrophine, une hormone sécrétée dans la glande pituitaire située à la base du cerveau, contrôle le développement des gonades. La libération de la gonadotrophine est principalement contrôlée par l'épiphyse, une petite glande située sur le dessus du cerveau, laquelle est sensible à la lumière. Cette glande réagit aux changements saisonniers de la longueur du jour et joue un rôle dans le synchronisme de la maturité avec les saisons.

Tableau 1 Âges (années) de la maturité sexuelle et de la fin de la productivité pour l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique

Espèces	Maturité sexuelle précoce	Maturité sexuelle	Fin de productivité
Omble de fontaine	1	2	4 - 5
Truite arc-en-ciel	2	3	5 - 6
Saumon atlantique	3	4	7 - 8

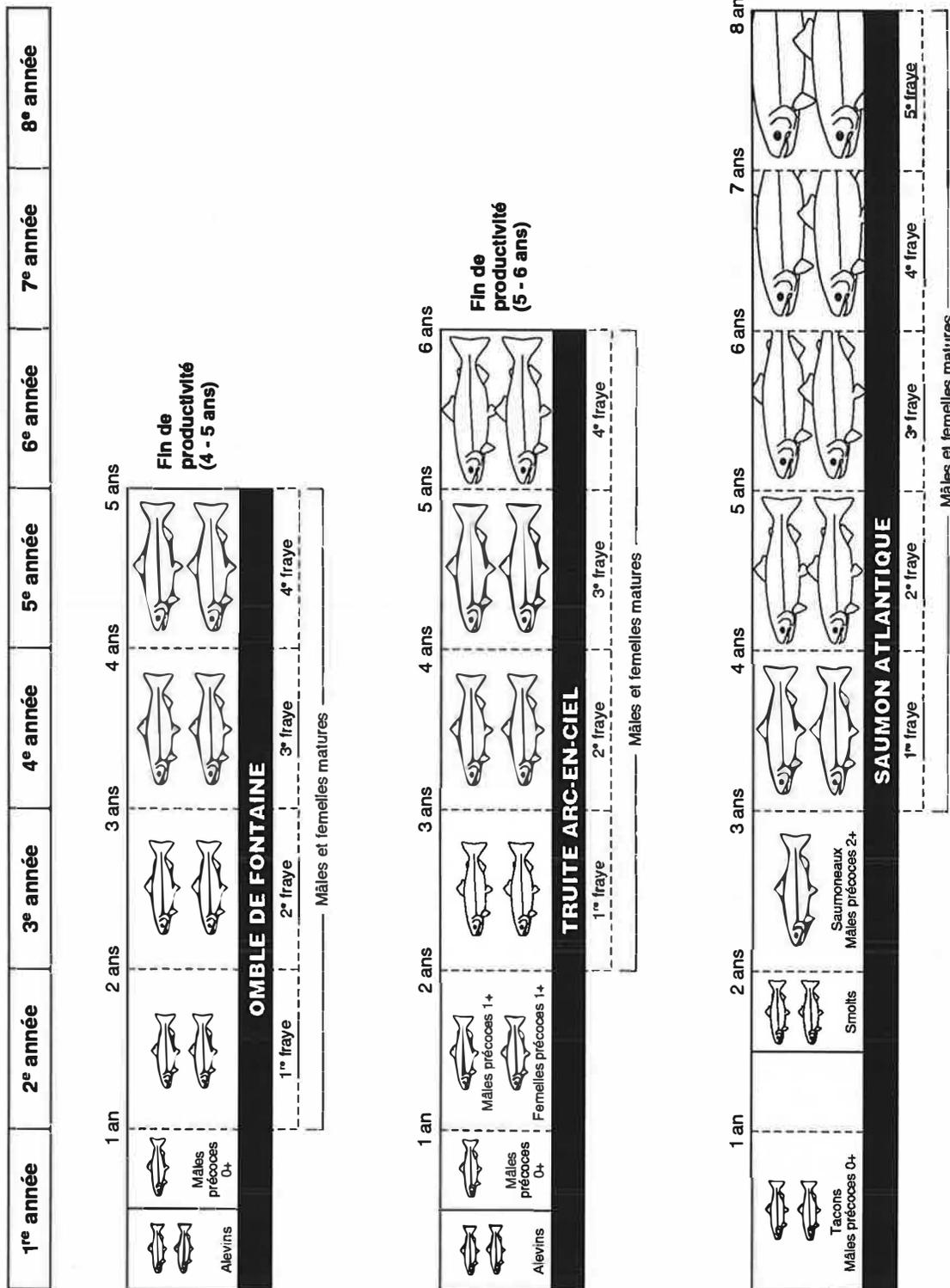


Figure 1 Cycles de productivité sexuelle comparés en fonction de l'âge pour l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique

La saison de reproduction naturelle du saumon atlantique et de l'omble de fontaine est l'automne. Elle dure une courte période d'environ 3 semaines à 1 mois en octobre et en novembre. La truite arc-en-ciel fraie sur une période plus étalée que les deux espèces précédentes. Il existe deux lignées de truite arc-en-ciel en pisciculture au Québec avec des périodes de reproduction différentes, dont une est qualifiée d'automne et l'autre de printemps. La truite arc-en-ciel de printemps est la plus répandue et fraie en hiver et au printemps, soit de février jusqu'à mai. La truite arc-en-ciel d'automne commence à fraier en même temps que le saumon atlantique et l'omble de fontaine en octobre et la période se prolonge jusqu'en décembre.

3.2.2.1 Conditionnement photopériodique

La reproduction a lieu approximativement à des intervalles d'une année chez les poissons selon un rythme endogène. La photopériode, soit les variations dans la longueur du jour selon les saisons, sert à entraîner ce rythme. La reproduction des salmonidés a lieu sous l'effet de la décroissance de la durée du jour ou des jours courts de l'automne ou de l'hiver.

Il est possible, en changeant artificiellement la séquence photopériodique naturelle, c'est-à-dire la longueur du jour et de la nuit sur une période de 24 heures, d'influencer l'épiphyse et ainsi de modifier la période de reproduction naturelle d'une espèce. Cette pratique est couramment utilisée en pisciculture afin d'étaler tout au long de l'année la production d'oeufs.

En respectant certaines règles, il est possible d'amener des truites arc-en-ciel à fraier à n'importe quel temps de l'année. Un cycle compressé sur une période de 6 mois, avec les jours les plus longs et les plus courts en avril et en fin de juin respectivement, avance la fraie de 3 à 4 mois comparativement au cycle naturel chez des truites arc-en-ciel se reproduisant naturellement en janvier/février (**figure 2**). Un cycle compressé sur 9 mois entraîne un avancement de 1 à 2 mois. Un cycle étalé sur 18 mois retarde la fraie jusqu'à 3 mois. L'efficacité du conditionnement photopériodique a également été démontrée chez l'omble de fontaine et le saumon atlantique.

L'exposition des poissons à un régime photopériodique, présentant une différence marquée avec le cycle auquel ils étaient maintenus normalement, peut les amener à ignorer complètement le nouveau régime et à fraier à un autre moment que celui visé. On doit effectuer les changements dans la période de fraie en modifiant progressivement le cycle photopériodique sur une période de 2 cycles de reproduction et plus. À titre d'exemple, des poissons ayant un cycle de reproduction initial sur 12 mois peuvent être conditionnés une première année sur un cycle de 9 mois, entraînant un avancement de 1 à 2 mois, et sur un cycle de 6 mois la

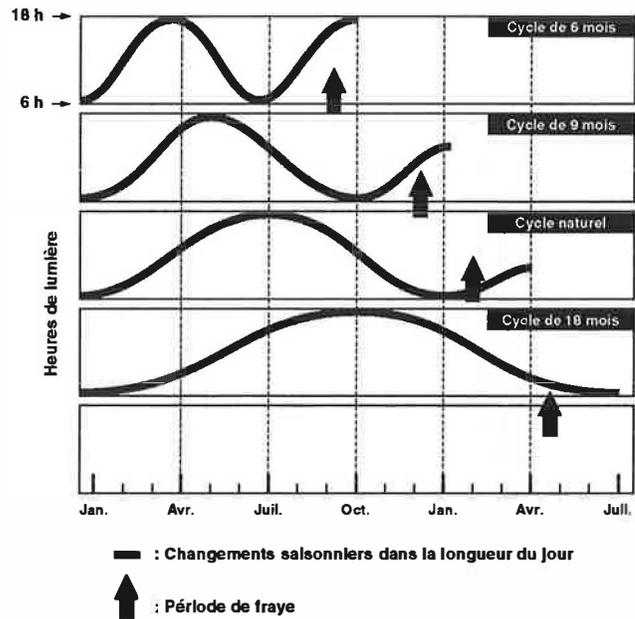


Figure 2 Périodes de reproduction chez la truite arc-en-ciel maintenue artificiellement à différents régimes photopériodiques ($T^{\circ}=10^{\circ}\text{C}$; tirée de Bromage et Cumaranatunga, 1988)

seconde année pour créer un avancement de 3 à 4 mois par rapport au cycle initial.

Les cycles photopériodiques à période constante sont plus faciles d'utilisation dans des conditions commerciales et donnent de très bons résultats. Les changements progressifs dans la longueur du jour, à l'instar de la photopériode naturelle, ne sont pas nécessaires pour un développement normal de la reproduction. L'exposition de truites arc-en-ciel à des jours longs d'une durée de 16 à 18 heures pendant 4 à 5 mois, suivie d'une réduction directe à des jours courts d'une durée de 6 à 8 heures pour les mois suivants, peut avancer la fraie d'une période de 4 mois (**figure 3**).

Les bassins d'élevage qui servent au conditionnement photopériodique des reproducteurs doivent être munis de couvercles complètement opaques. La source lumineuse peut être une ampoule ordinaire à incandescence (bulbe au tungstène) ou un tube fluorescent blanc. L'intensité lumineuse doit être de 40 lux environ à la surface de l'eau sur toute la superficie du bassin. Une minuterie règle l'ouverture et la fermeture de la source lumineuse sur chaque période de 24 heures. Il est recommandé d'utiliser un variateur d'intensité pour amener une augmentation progressive de l'intensité lumineuse. Autrement, l'éclairage subit du bassin, à pleine intensité, crée un stress aux poissons. Les périodes d'éclairage doivent être réglées

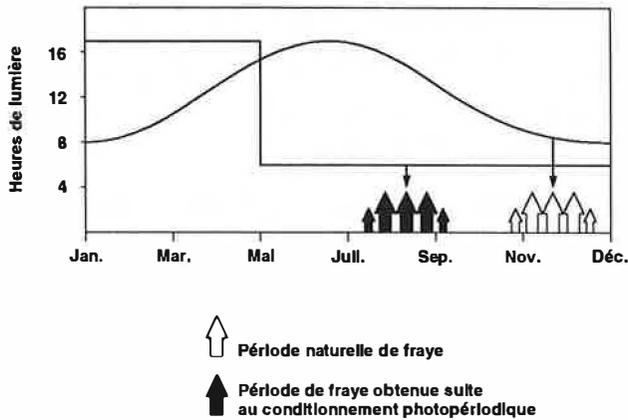


Figure 3 Effet d'une photopériode artificielle constante, de jours longs (18 h) suivis de jours courts (6 h), sur la période de fraye de la truite arc-en-ciel (tirée de Bromage et Cumaranatunga, 1988)

en concomitance avec le jour naturel, de manière à pouvoir ouvrir les couvercles des bassins pour les opérations piscicoles de routine, sans affecter le cycle photopériodique.

La modification artificielle de la période de fraye naturelle par le conditionnement photopériodique amène des changements dans la taille des oeufs récoltés. L'avancement de la période de fraye produit des oeufs plus petits, alors que le retardement produit des oeufs plus gros. Cependant, bien que le conditionnement photopériodique soit utilisé principalement pour avancer la période de fraye, la plupart des oeufs produits à la suite de traitements appropriés sont d'une taille suffisante pour l'élevage et la mise en marché.

L'utilisation des deux souches de truite arc-en-ciel disponibles en pisciculture, dont une se reproduit à l'automne et l'autre pendant l'hiver, permet d'étaler la production d'oeufs du mois d'octobre au mois de mai pour cette espèce. Le conditionnement photopériodique peut être utilisé avantageusement avec la truite arc-en-ciel d'automne et l'omble de fontaine pour avancer la période de production d'oeufs au mois de juillet par exemple. Cela permet de réaliser la fraye, l'incubation et le début de l'alevinage à des températures plus élevées. Par ailleurs, ce cycle de production avancé permettra d'obtenir des poissons plus gros au printemps suivant, par rapport à ceux obtenus avec le cycle naturel. Cela augmente l'efficacité du système de production.

3.2.2.2 Effet de la température

Un autre facteur agissant sur le cycle de la reproduction est la température de l'eau. Les températures élevées accélèrent la phase finale de la maturation des gonades alors que les basses températures la ralentissent.

Cette caractéristique est bien connue des pisciculteurs qui utilisent pour les reproducteurs des températures d'eau plus élevées ou plus basses que celle de l'élevage, dans les semaines précédant la reproduction, pour avancer ou retarder la période de fraye.

Il est possible aussi de retarder de plusieurs mois la période de reproduction en maintenant des reproducteurs à une température d'eau très basse. Cela a été démontré avec un lot de truites arc-en-ciel se reproduisant normalement de décembre à février dans des conditions d'eau souterraine à 10 °C. Une partie du lot a été amenée à frayer à la fin de mars et en avril après avoir été maintenue dans une eau de ruisseau, dont la température baissait jusqu'à 2 °C pendant l'hiver (figure 4). Au moment de la fraye, la température de l'eau avait remonté à 7 °C. Il n'y a pas eu de différence significative dans la qualité des oeufs récoltés des deux groupes de reproducteurs.

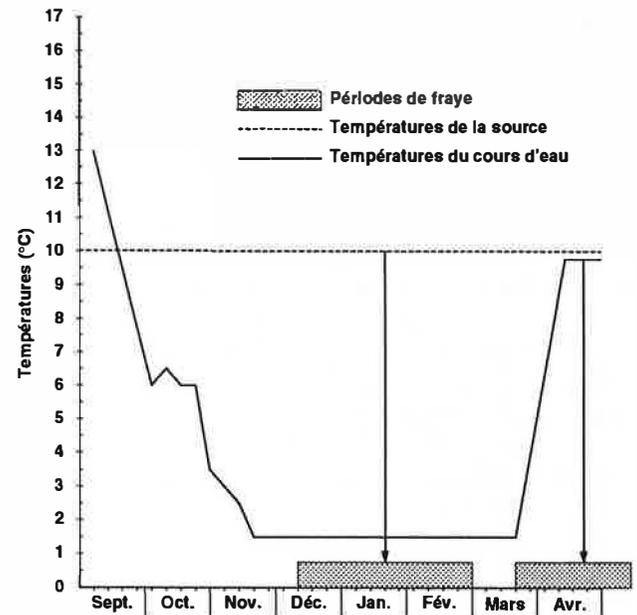


Figure 4 Périodes de reproduction observées chez des truites arc-en-ciel d'un même lot, entre une température d'élevage constante de 10 °C et des températures basses d'un cours d'eau

3.2.3 SOINS À APPORTER AUX POISSONS REPRODUCTEURS

La qualité des produits sexuels est directement reliée à celle des géniteurs et aux soins qui leur sont apportés. Il est facile de comprendre l'impact qu'aura sur la production de juvéniles, l'utilisation d'un lot de géniteurs en mauvais état de santé donnant des produits sexuels d'une qualité inférieure et peut-être contaminés par

une maladie infectieuse. Ces poissons requièrent des conditions d'élevage excellentes en plus d'une alimentation adéquate.

3.2.3.1 Structures de contention et charges

Les poissons reproducteurs doivent être gardés dans des bassins ou dans des étangs spécialement aménagés à leur intention et préférablement situés en dehors des aires d'engraissement. Cela a pour but de faciliter le contrôle prophylactique et d'offrir une certaine tranquillité à ces poissons. Certains auteurs préconisent l'utilisation de bassins faits de béton ou d'autres matériaux préfabriqués, de préférence aux étangs en terre, afin d'en faciliter le nettoyage et la décontamination. Les structures de contention peuvent être munies d'abris servant à protéger les géniteurs de la lumière directe du soleil et des prédateurs.

Les structures de contention doivent être assez grandes pour qu'en aucun temps les géniteurs ne soient entas-

sés. Une faible densité est particulièrement importante pour les six derniers mois de la maturation des gonades. Les charges sont en fonction de la taille des poissons et de l'espèce. Des charges de 20 - 30 kg/m³ sont recommandées pour la truite arc-en-ciel, de 15 - 22 kg/m³ pour l'omble de fontaine et de 10 - 15 kg/m³ pour le saumon atlantique (figure 5). Elles correspondent environ au tiers des charges maximales admissibles pour du poisson à l'engraissement.

3.2.3.2 Température de l'eau

Il n'y a probablement aucun autre facteur qui contrôle autant le développement des oeufs et la croissance des poissons que la température de l'eau (Piper *et al.* 1982). Elle est un facteur important au moment de l'ovulation, de la fraye et de l'incubation des oeufs. Le **tableau 2** donne les températures requises par chacune des trois espèces de salmonidés pour la croissance et la reproduction.

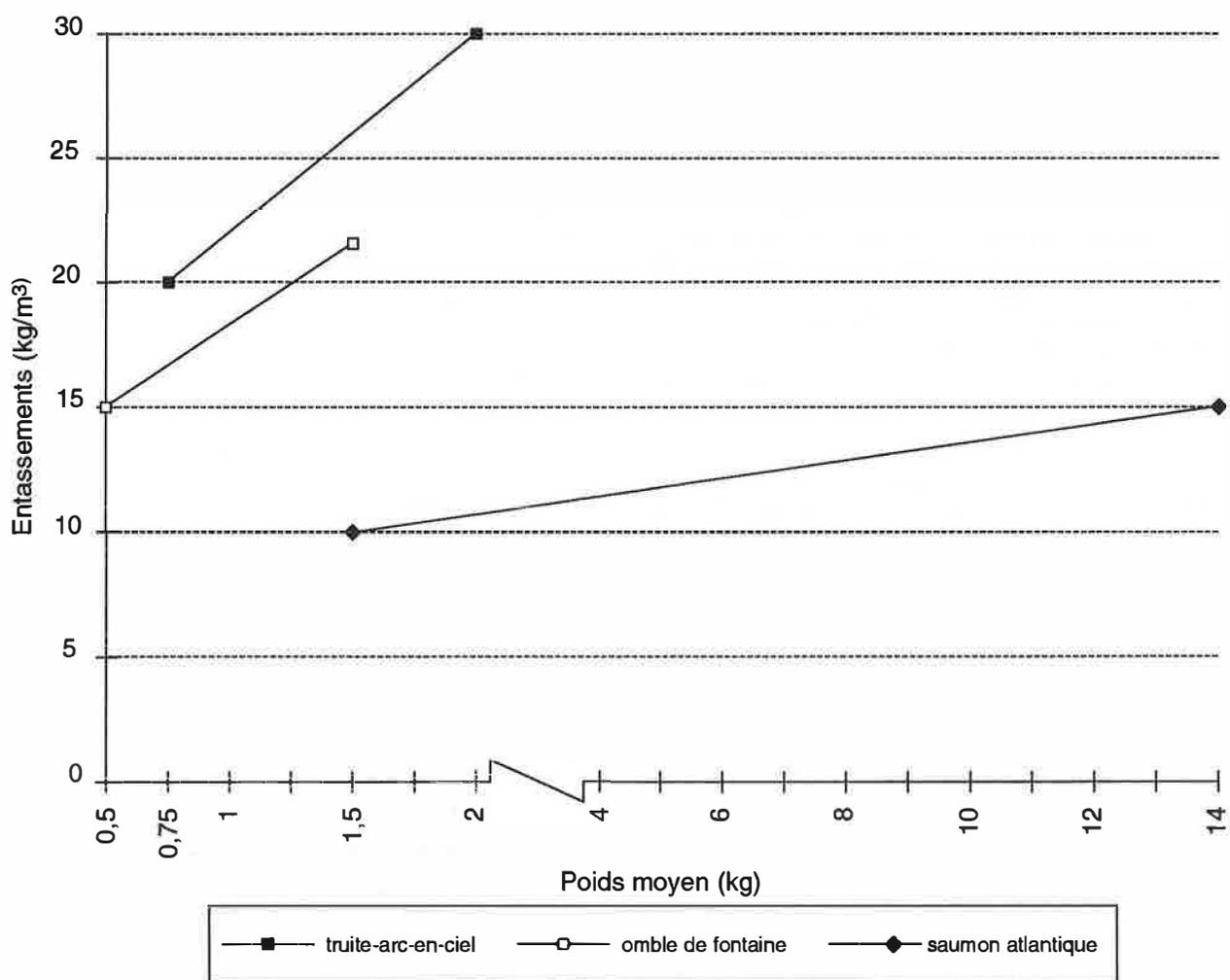


Figure 5 Entassements maximaux (kg/m³) recommandés, selon la taille des poissons, pour l'élevage des reproducteurs de truite arc-en-ciel, d'omble de fontaine et de saumon atlantique

Tableau 2 Températures d'eau requises pour la croissance et la reproduction chez l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique (tiré de Piper *et al.*, 1982)

Espèces	Croissance		Reproduction
	Étendue	Optimale	
Omble de fontaine	0,5 - 22	7 - 13	7 - 13
Truite arc-en-ciel	0,5 - 25,5	10 - 15,5	10 - 13
Saumon atlantique	0,5 - 24	10 - 17	5,5 - 10

Chez l'omble de fontaine, les températures optimales de croissance et de reproduction sont les mêmes et se situent entre 7 °C et 13 °C. Les géniteurs peuvent tolérer des températures plus élevées que 19 °C, mais la température moyenne devrait être maintenue entre 9 °C et 10 °C pour une activité de fraye optimale et une meilleure survie des embryons (Piper *et al.* 1982). Les oeufs vont se développer normalement aux températures les plus basses, mais les mortalités seront élevées.

Les températures optimales de croissance chez la truite arc-en-ciel se situent entre 10 °C et 15,5 °C (Piper *et al.* 1982). Les températures idéales pour l'ovulation et la fraye chez cette espèce se situent entre 10 °C et 13 °C. La maturation et l'ovulation chez la truite arc-en-ciel sont bloquées aux températures inférieures à 4 °C. Aux températures supérieures à 13 °C l'ovulation a lieu quand même chez cette espèce, mais la survie des oeufs dans la cavité abdominale est beaucoup plus courte. Les géniteurs de truite arc-en-ciel ne doivent pas être gardés à des températures plus élevées que 13 °C, et préférablement pas au dessus de 12 °C pour au moins six mois avant la fraye. Pour produire un stock de géniteurs de truite arc-en-ciel qui pourra se reproduire à 2 ans, il est recommandé de les maintenir pendant les 16 premiers mois à 15,5 °C et ensuite de les transférer à 12 °C et moins pour la période de maturation.

La spermiation est moins affectée que l'ovulation à des températures plus élevées. La fertilité des spermatozoïdes a été démontrée jusqu'à 18 °C - 19 °C chez la truite arc-en-ciel et l'omble de fontaine.

Chez le saumon atlantique, les températures optimales de croissance se situent entre 10 °C et 17 °C. Les températures de reproduction sont de 5,5 °C à 10 °C. Les températures supérieures à 12 °C affectent la maturation des oeufs et du sperme (Piper *et al.* 1982). Une mortalité d'au moins 50 % des oeufs peut être attendue à 12 °C.

3.2.4 ALIMENTATION

Les géniteurs requièrent une alimentation riche en protéines (de 45 % à 49 %). Les besoins énergétiques sont importants pour la production des gonades.

La ration à distribuer est fonction de la température de l'eau, de la taille des poissons ainsi que de l'état physiologique relié à la maturation des gonades et à la reproduction. Les poissons reproducteurs sont nourris une fois par jour et tous les jours. En dehors de la période active de maturation des gonades et de reproduction, les géniteurs sont nourris selon la table d'alimentation. La ration doit cependant être réduite graduellement pendant la période de maturation des gonades et interrompue peu de temps avant et pendant la reproduction.

Chez les espèces qui se reproduisent à l'automne, comme le saumon atlantique et l'omble de fontaine, la ration alimentaire peut être diminuée à 25 % de la charte depuis la fin août. Il est important pendant cette période de maturation de ne jamais nourrir les poissons reproducteurs à satiété. L'alimentation est ensuite interrompue complètement de 2 à 4 semaines avant la reproduction. Après la reproduction, les poissons recommencent à s'alimenter et la ration est augmentée rapidement pour permettre aux poissons une bonne récupération.

3.2.5 RECONDITIONNEMENT

Le reconditionnement de géniteurs est une pratique piscicole qui s'effectue sur des poissons sauvages provenant du milieu naturel, où ils ont déjà reproduit au moins une fois. Ceux-ci sont capturés après la fraye et ramenés en station piscicole à des fins de production de poissons destinés à l'ensemencement. Le reconditionnement de ces poissons consiste à les réalimenter et à les entretenir de manière à les faire reproduire à nouveau. Le reconditionnement du saumon atlantique est pratique courante pour la production de tacons et de saumoneaux destinés à l'ensemencement des rivières.

Le reconditionnement des géniteurs de saumon atlantique exige des soins particuliers. L'alimentation, les conditions de stress et l'état de santé sont les facteurs les plus importants à considérer pour réussir le reconditionnement. Une pratique à maîtriser est la réalimentation de ces poissons après la reproduction. Dans certains cas, l'utilisation de poissons entiers, additionnés de vitamines, est requise pour stimuler

leur appétit. L'aliment sec est introduit graduellement par la suite dans la ration. La période d'alimentation ne dure au total que 6 à 9 mois au maximum dans l'année. Ces poissons diminuent leur alimentation naturellement vers la mi-juillet ou la mi-août pour arrêter complètement de se nourrir en septembre.

Les géniteurs doivent être placés dans un endroit isolé de la station piscicole, où les visites sont réduites au minimum, de façon à diminuer le stress. Les géniteurs en reconditionnement sont des poissons sauvages qui sont souvent porteurs de maladies infectieuses contre lesquelles ils devraient être protégés par immunisation.

3.3 LA REPRODUCTION

3.3 LA REPRODUCTION

3.3.1 DÉFINITION

La reproduction est la fonction physiologique permettant de produire les poissons juvéniles qui assurent la pérennité de l'espèce. En pisciculture, la reproduction diffère de celle qui a lieu en milieu naturel, parce que l'intervention de l'homme est nécessaire pour extraire les produits sexuels et réaliser la fécondation des oeufs. Un ensemble de pratiques piscicoles est nécessaire à la réalisation de cette fonction physiologique en milieu contrôlé.

3.3.2 SUIVI DE MATURATION ET PRÉPARATION DES GÉNITEURS

Il est important que le pisciculteur suive l'évolution du processus de maturation des géniteurs et les prépare adéquatement pour la reproduction.

3.3.2.1 Changements morphologiques et comportementaux

Certains signes morphologiques et comportementaux indiquent que la période de reproduction est arrivée. Ils permettent d'identifier facilement les poissons matures sexuellement et de différencier les mâles des femelles. Les principales caractéristiques sont le profil du corps, arrondi chez la femelle et aplati chez le mâle, la présence d'un crochet mandibulaire chez le mâle et la proéminence de l'orifice urogénital chez la femelle.

Chez l'omble de fontaine, les mâles présentent une coloration noire et orangée à rouge vif de l'abdomen et des nageoires, une forme comprimée latéralement de l'abdomen, un profil longitudinal du dos arrondi pouvant être très élevé en forme de bosse, et une excroissance en forme de crochet à l'extrémité du mandibule inférieur (figure 6). La femelle montre une coloration rosée et une forme fortement gonflée de l'abdomen, lui donnant un profil transversal arrondi. Les nageoires sont également teintées de rose à orangé et il n'y a que peu de modifications du mandibule inférieur et du profil du dos. L'orifice urogénital est proéminent et de coloration rouge, en raison d'une vascularisation importante. Le comportement du mâle devient très agressif envers les autres mâles et ces derniers peuvent à l'occasion s'infliger des blessures.

Les mâles de truites arc-en-ciel perdent leur livrée argentée et deviennent d'une teinte sombre, de brune à noire. Les femelles sont argentées avec des reflets bleu-vert. Les autres transformations morphologiques

et comportementales s'apparentent à celles de l'omble de fontaine, bien que moins accentuées.

Le saumon atlantique, en période de reproduction, ressemble à la truite arc-en-ciel et devient brun. Le mâle a un crochet mandibulaire assez prononcé. Certains poissons gardent leur livrée argentée mais sont quand même matures.

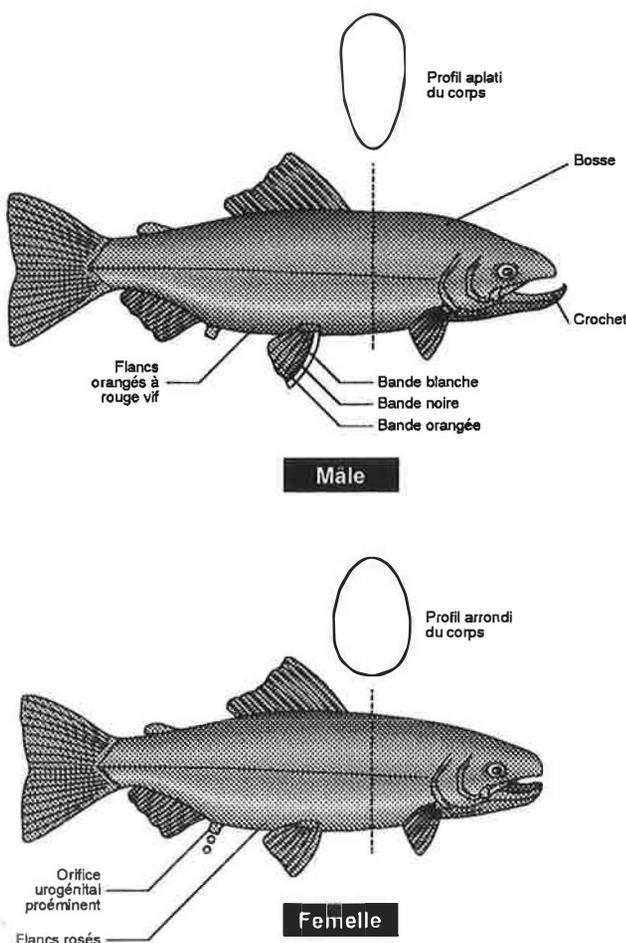


Figure 6 Caractéristiques morphologiques de l'omble de fontaine en période de reproduction

3.3.2.2 Stabulation

La période de la reproduction est très critique dans la vie du poisson et il faut manipuler les géniteurs avec grand soin. Les manipulations trop brusques des femelles peuvent amener la rupture des oeufs et un taux de mortalité élevé chez ces derniers. À l'approche de la reproduction, les géniteurs sont placés dans des

bassins aux dimensions réduites pour une période de stabulation.

Les mâles doivent être séparés des femelles pour la période de stabulation chez la truite arc-en-ciel et l'omble de fontaine. Cette pratique minimise les combats entre les mâles et facilite la vérification des femelles. Des études récentes ont démontré que des odeurs sexuelles, ou des phéromones, émises par les individus de l'autre sexe aident à stimuler l'ovulation et la libération du sperme (Liley et al. 1987). En conséquence, il est recommandé de garder les mâles et les femelles séparés par une barrière dans un même bassin, de préférence à des bassins indépendants. Il n'est pas nécessaire de séparer les mâles des femelles chez le saumon.

Les bassins doivent être recouverts d'un grillage pour empêcher que des géniteurs ne sautent à l'extérieur. L'utilisation d'un débit d'eau convenable selon les charges de poissons est conseillé afin d'assurer des conditions environnementales adéquates. Les taux de renouvellement de l'eau doivent être environ d'une heure, de deux heures et de trois à cinq heures, respectivement dans les bassins rectangulaires, circulaires et dans les étangs.

3.3.2.3 Test de fécondité

Les géniteurs doivent être vérifiés de façon régulière pendant la période de stabulation. Les mâles sont prêts pour la reproduction avant les femelles. Cela peut se vérifier facilement par une légère pression exercée sur les côtés de l'abdomen du mâle qui laisse échapper facilement de la laitance. À partir de ce moment, on doit vérifier les femelles une fois par semaine, afin d'identifier celles qui sont prêtes à pondre. L'orifice urogénital est rouge et protubérant quand la femelle est prête à expulser ses oeufs. L'ovulation est complétée lorsque tous les oeufs sont libres dans la cavité abdominale. Ceux-ci s'échappent alors facilement à la suite d'une légère pression exercée sur la partie ventrale et distale de l'abdomen. Les oeufs mûrs sont opaques et de coloration jaune pâle à orange foncé. Ces femelles sont mises à part en prévision de l'extraction des oeufs.

Il y a un risque élevé de récolter des oeufs dont le stade de maturité est dépassé et qui sont infertiles, si les femelles ne sont pas examinées une à une de façon régulière. La **figure 7** illustre le taux de fertilisation obtenu selon le niveau de maturité des ovules. À une température d'élevage de 10 °C, les oeufs de truite arc-en-ciel extraits de l'abdomen de la femelle de 0 à 8 jours après l'ovulation donnent un taux de fertilisation de 85 % et plus. Le taux de fertilisation est encore acceptable entre le 8^e et le 10^e jour après l'ovulation, où il diminue à 70 %. À la même température, 10 jours après l'ovulation il y a une réduction significative du taux de fertilisation des oeufs et ces derniers sont considérés comme inutilisables (Billard, 1982). Les

oeufs dont la maturité est dépassée de plusieurs jours sont reconnaissables à la présence d'un gros point jaune à orangé, très visible à l'intérieur. Dans certains cas, ils éclatent lorsqu'on les fait chuter à la surface de l'eau.

La vérification des mâles est moins nécessaire, parce que leur période de fécondité concorde avec celle des femelles et est plus étalée dans le temps. En effet, la gonade mâle produit des spermatozoïdes de façon continue sur toute la période de la reproduction. La laitance du mâle doit être abondante, blanche et crémeuse comme du lait. Les mâles dont la laitance est claire ne doivent pas être utilisés. Il est possible de faire un test de motilité des spermatozoïdes afin d'évaluer la qualité de la laitance. La méthodologie est décrite à la section 3.3.3.5. Cependant, cette pratique s'avère peu utile dans les conditions normales d'opération, puisqu'il a été démontré que la concentration en spermatozoïdes non motiles doit être plus grande que 90 % pour réduire substantiellement la fertilité (Levanduski et Cloud, 1988). La laitance des mâles devient granuleuse et liquide après la période de fertilité.

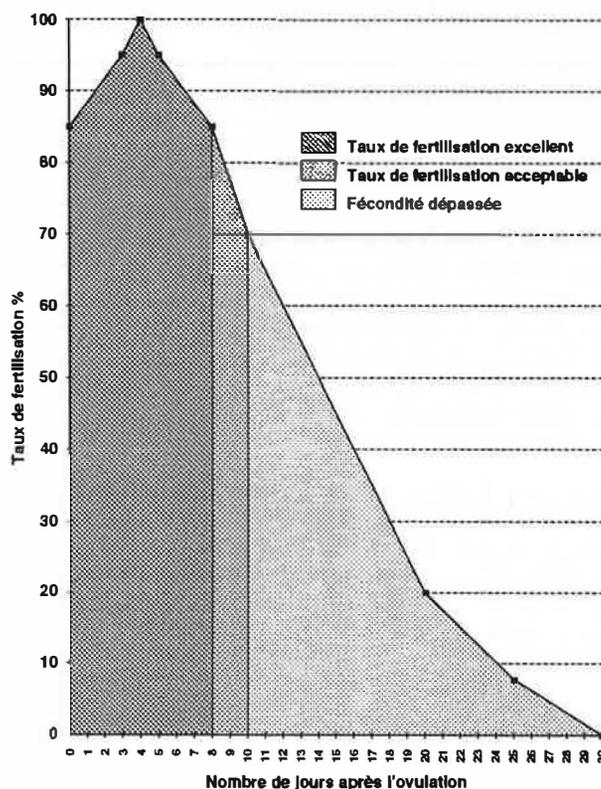


Figure 7 Taux de fertilisation attendu en fonction du nombre de jours après l'ovulation où les oeufs sont extraits, à une température de 10 °C

3.3.3 PRINCIPES ET MODES OPÉRATOIRES

3.3.3.1 Manipulations et anesthésie des géniteurs

Préalablement aux opérations de la reproduction artificielle, il est recommandé de concentrer les géniteurs qui sont prêts pour l'extraction des produits sexuels, de manière à faciliter leur capture au moyen d'une épumette.

L'extraction des produits sexuels peut être faite chez des sujets anesthésiés ou pas, dépendant de leur taille et de l'expérience des manipulateurs. L'utilisation d'un anesthésiant est fortement recommandée sinon essentielle pour manipuler le saumon atlantique. Le MS-222 (tricaïne méthanesulfonate) est un produit anesthésique bien connu au Canada. Cependant, une ordonnance vétérinaire est requise pour l'achat de ce produit et son utilisation.

La dose recommandée de MS-222 pour les salmonidés est de 40 à 80 mg/l (Turgeon, 1985). Ce produit peut être dissous directement dans l'eau. Il faut en ajouter au besoin, selon la biomasse de poissons à anesthésier, parce que l'anesthésique est absorbé par les poissons. Un gramme de MS-222 est requis pour 10 à 16 kg d'omble de fontaine et 16 à 39 kg de saumon atlantique. En général, on recommande d'ajuster la concentration pour que l'anesthésie des poissons ne se fasse pas en moins de trois minutes. Un dosage de 40 mg/l est utilisé au départ, lequel peut être augmenté à 60 ou 80 mg/l au maximum. Le **tableau 3** présente les quantités de MS-222 à utiliser, pour préparer des solutions anesthésiantes à différentes concentrations, et les quantités de poissons pouvant être anesthésiés. Le volume de la solution anesthésiante doit être suffisamment important pour ne pas avoir à réajuster la concentration d'anesthésiant fréquemment. Il ne faut pas anesthésier trop de poissons à la fois, de manière à ce qu'ils ne restent pas trop longtemps dans le bassin d'anesthésiant.

La température de l'eau dans le bassin d'anesthésie doit être la même que celle des bassins contenant les poissons reproducteurs. Plus la température est élevée, plus les poissons sont anesthésiés rapidement. Du sel non iodé peut être ajouté, à raison de 0,3 %, pour aider à diminuer le stress chez le poisson. Un bon système d'aération doit maintenir la concentration en oxygène de l'eau près du niveau de la saturation. Une sursaturation en oxygène augmente le temps nécessaire à l'anesthésie.

La solution anesthésique ne doit jamais entrer en contact avec les produits sexuels. En effet, il a été démontré qu'une concentration aussi faible que 18,9 mg/l de MS-222 réduit l'activité des spermatozoïdes (Piper et al. 1982). Il est donc préférable d'éponger légèrement les poissons anesthésiés avant de procéder à l'extraction des produits sexuels.

Les poissons moins gros, qui ne requièrent pas d'être anesthésiés, peuvent être placés sur un égouttoir pendant quelques dizaines de secondes, le temps qu'ils arrêtent de se débattre. Cela facilite leur manipulation par la suite. Une bonne pratique consiste à éponger l'eau sur l'abdomen du géniteur au moyen d'une serviette, immédiatement avant de procéder à l'extraction des oeufs, de manière à éviter que cette eau ne se retrouve dans le récipient qui recueille les oeufs et le sperme. Il est important de procéder délicatement afin de ne pas enlever le mucus.

3.3.3.2 Extraction des produits sexuels

Les opérations d'extraction des produits sexuels et de la fécondation doivent être effectuées à l'ombre, à l'intérieur d'un bâtiment, de manière à éviter que les oeufs ne soient exposés à la lumière solaire intense. Les oeufs et le sperme sont recueillis dans des récipients. L'opérateur peut travailler en position assise, en utilisant un banc spécialement conçu à cette fin, ou debout, en déposant sur une table les récipients qui recueillent les oeufs. Deux éléments de l'équipement de base, soit un banc pour la fraye et un égouttoir, sont illustrés à la **figure 8**.

Tableau 3 Dosage du MS-222 pour l'anesthésie des poissons

Concentration d'anesthésique désirée (mg/l)	Quantité de MS-222 (g) pour un volume de solution anesthésiante de :		Quantité de poisson (kg) pouvant être anesthésiée dans une solution d'un volume de :			
	50 litres	100 litres	50 litres		100 litres	
			Truite et omble	Saumon	Truite et omble	Saumon
40	2	4	20 - 32	32 - 78	40 - 64	64 - 156
60	3	6	30 - 48	48 - 117	60 - 96	96 - 234
80	4	8	40 - 64	64 - 156	80 - 128	128 - 312

L'extraction des oeufs se fait en maintenant fermement la femelle d'une main par le pédoncule caudal. L'autre main applique une légère pression sur l'abdomen du poisson en se déplaçant de l'avant vers l'arrière. Le premier mouvement doit être commencé près de l'orifice urogénital pour libérer une partie importante des oeufs, qui sont fortement concentrés dans cette région (**figure 9**). Ensuite, les mouvements sont allongés en partant des nageoires ventrales d'abord et pectorales ensuite. Il est important de faire sortir tous les oeufs de l'abdomen de la femelle. Le nombre de mouvements à exécuter pour extraire tous les oeufs dépend de la facilité avec laquelle ces derniers sortent de la femelle. De huit à douze mouvements sont généralement suffisants, mais il en faut plus dans les cas difficiles. Il est préférable d'exécuter un plus grand nombre de mouvements de préférence à augmenter la pression pour faire sortir les

oeufs. Deux opérateurs peuvent être nécessaires pour manipuler des gros poissons tels que le saumon.

L'extraction du sperme chez le mâle se fait en maintenant ce dernier d'une main, de la même manière que la femelle. L'anatomie du mâle diffère de celle de la femelle et requiert d'exercer une pression latérale plutôt que ventrale. L'autre main effectue deux ou trois mouvements avec une légère pression des deux côtés de l'abdomen du mâle.

Les précautions suivantes doivent être prises lors de l'extraction des produits sexuel des reproducteurs :

- 1- Causer le moins de stress possible aux poissons.
- 2- Extraire le plus d'oeufs possible de la cavité abdominale des femelles.

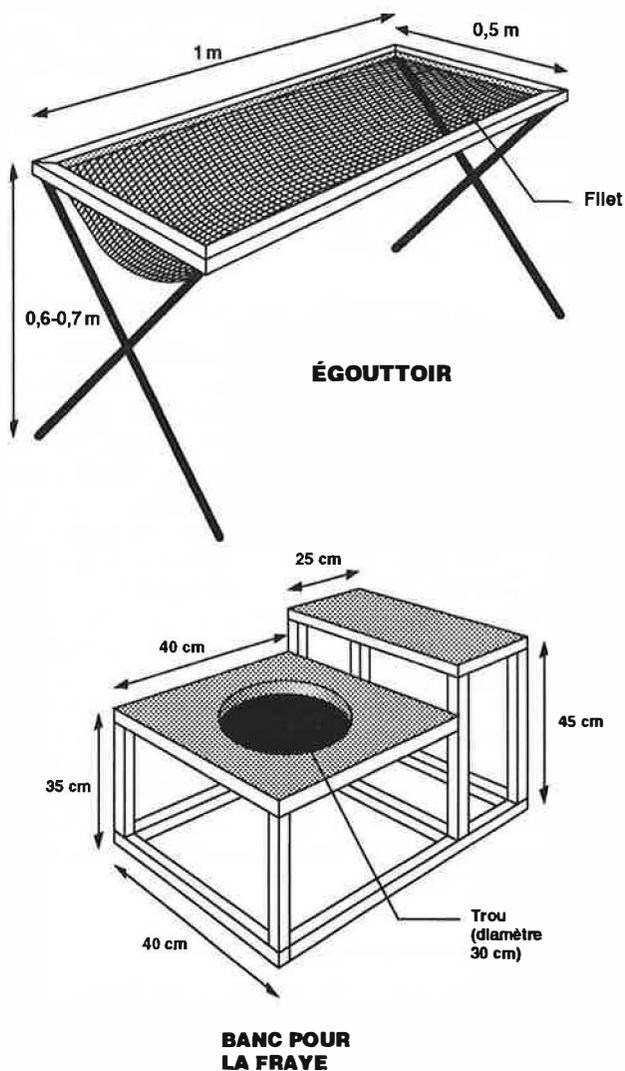


Figure 8 Égouttoir et banc utilisés pour réaliser la reproduction artificielle des salmonidés

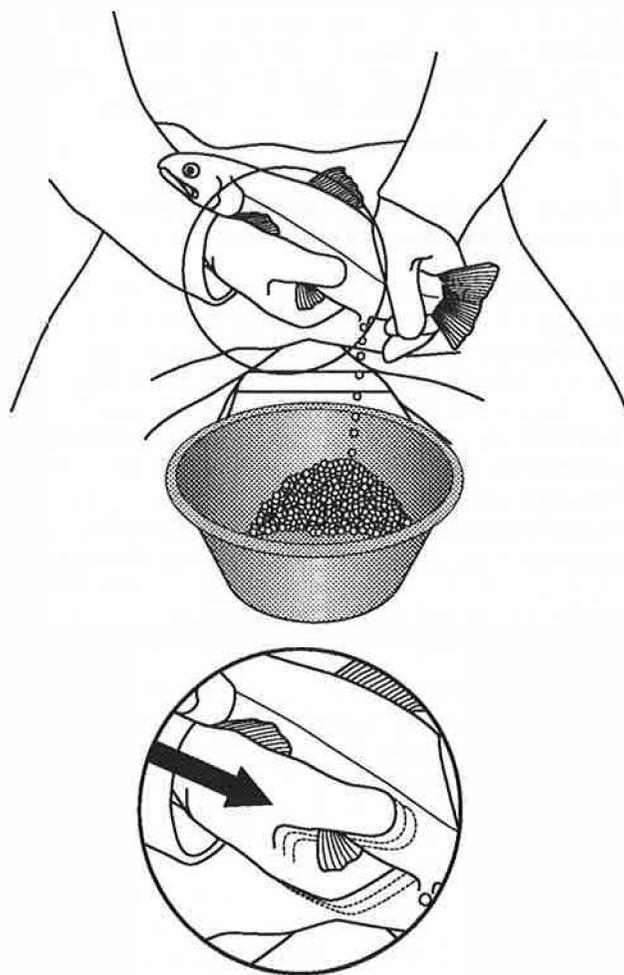


Figure 9 Méthode utilisée pour extraire les oeufs et la laitance des reproducteurs

- 3- Enlever le moins de mucus protecteur aux poissons, afin de prévenir les infections de champignons.
- 4- Ne pas endommager les organes internes des poissons par des pressions trop fortes.
- 5- Planifier les opérations à la chaîne, de manière à permettre une récupération rapide des poissons après l'extraction.

On peut procéder à une deuxième extraction des oeufs, de manière à s'assurer qu'ils ont tous été récoltés. Cela permet d'éviter que les oeufs restants après la première extraction ne résorbent dans la cavité abdominale. Ce phénomène de résorption provoque à l'occasion la formation d'un bouchon, qui est constitué d'un amas d'oeufs morts et de tissus, qui se colmatent ensemble, et vient entraver l'extraction des nouveaux oeufs lors de la prochaine fraye. Cette pratique est aussi recommandée pour récolter la totalité des produits sexuels chez les sujets de grande valeur, tels que les saumons sauvages. La deuxième extraction des oeufs est effectuée quelques jours après la première, ce qui permet aux oeufs restants d'avoir migré vers l'extrémité distale de la cavité abdominale. La plupart des pisciculteurs ne font qu'une seule extraction d'oeufs.

3.3.3.3 Conservation prolongée des produits sexuels

Il est possible de prolonger la durée de vie des produits sexuels pour réaliser la fécondation ultérieurement. Les oeufs non fécondés peuvent demeurer plus de 8 heures dans un récipient sec et donner sensiblement le même résultat à la fécondation. Cependant, il est important de maintenir constante la température de ces ovules, en laissant flotter le récipient qui contient les oeufs sur l'eau d'un bassin, ou en plaçant les oeufs dans un récipient isothermique. On doit protéger de la dessiccation les ovules gardés dans un récipient ouvert en recouvrant le récipient d'une membrane de cellophane. Les ovules peuvent être conservés jusqu'à 5 jours à une température de 0 °C (Billard, 1982).

Le sperme d'omble de fontaine non dilué peut être préservé avec succès pendant une période de 5 jours. Il doit être été récolté dans des conditions stériles et refroidi immédiatement à 2 °C jusqu'à son utilisation. Cette méthode a aussi été utilisée avec succès chez la truite arc-en-ciel, pour une durée de 7 jours de conservation (Piper et al. 1982). Les conditions d'oxygène et de température pendant le stockage exercent une grande influence sur la survie des spermatozoïdes (Billard, 1982). On a testé la conservation du sperme de salmonidés à des températures inférieures à 0 °C, en ajoutant un cryoprotecteur (ex. : éthylène-glycol à 5 % - 10 %) au dilueur. Des survies de plusieurs semaines ont ainsi été rapportées à -4 °C et à -2 °C en présence d'oxygène (Billard, 1982).

3.3.3.4 Dilueur de sperme

La pratique de l'insémination artificielle avec dilueur de sperme permet de faire une meilleure utilisation des gamètes mâles, en fertilisant une plus grande quantité d'oeufs avec moins de laitance (Billard, 1982). Elle n'est pas utilisée couramment dans les opérations de reproduction standards, en raison de la grande disponibilité de laitance chez les mâles. Cependant, cette pratique s'avère utile dans la production de salmonidés monosexes femelles, qui requiert l'utilisation de sperme de néomâles², dont la production est onéreuse. Elle est aussi utilisée pour le transport et la mise en marché de sperme, prélevé chez des géniteurs de grande valeur, ou pour l'hybridation entre géniteurs dont les périodes de reproduction ne coïncident pas.

La formulation utilisée pour préparer un dilueur de sperme est donnée au **tableau 4**. Les deux solutions doivent être préparées avec de l'eau distillée et mélangées à raison de 4 parties de solution A et de 1 partie de solution B. Cependant, elles ne doivent être combinées qu'au moment de l'utilisation. Il est recommandé d'utiliser le dilueur de sperme à raison d'un volume de dilueur égal à celui du sperme. Le dilueur de sperme est un liquide physiologique qui doit être conservé au réfrigérateur, de manière à éviter une contamination bactérienne.

3.3.3.5 Test de motilité des spermatozoïdes

Un test de motilité des spermatozoïdes peut être effectué afin de déterminer si la laitance est bonne pour féconder des oeufs. Il suffit de prélever quelques gouttes de la laitance du mâle à tester dans un petit récipient. Du fluide ovarien est aussi prélevé d'une femelle. Une goutte de sperme est déposée sur une lame de verre, à laquelle est ajoutée une goutte de fluide ovarien pour diluer le sperme et activer les spermatozoïdes. Une lamelle est déposée sur la préparation et l'observation est faite immédiatement au microscope à un grossissement de 100X. La motilité des spermatozoïdes doit alors être visible par des petits points noirs qui se déplacent rapidement dans tous les sens. Si aucune motilité n'est perceptible, le sperme n'est pas bon pour réaliser la fécondation. Il est important de faire la mise au point du microscope au préalable, parce que l'intensité lumineuse et la chaleur dégagées par la lampe inhibent les spermatozoïdes en quelques secondes.

3.3.3.6 Période de récupération

Les géniteurs sont placés dans un bassin de recouvrement pour une surveillance une fois la

² Néomâle: poisson femelle génétique transformé en mâle physiologique par l'absorption d'hormone masculinisante, lequel possède des gonades mâles qui produisent des spermatozoïdes.

Tableau 4 Formulation utilisée pour préparer un dilueur de sperme

Produits	Formule chimique	Concentration (g/l)
Solution A (4 volumes)		
Chlorure de potassium	KCl	9,0
Chlorure de sodium	NaCl	2,35
Phosphate de sodium monobasique	NaH ₂ PO ₄	0,51
Sulfate de magnésium	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,29
Chlorure de calcium	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,29
Solution B (1 volume)		
Bicarbonate de sodium	NaHCO ₃	5,0
Glucose	C ₆ H ₁₂ O ₆	5,0

reproduction terminée. Des traitements au vert de malachite doivent leur être administrés de façon préventive, de manière à éviter la prolifération des champignons. Les pertes de mucus occasionnées par les manipulations sont responsables de cette contamination. Le traitement recommandé est au dosage de 1 mg/l pendant une heure, tous les trois jours pendant 9 à 15 jours (Turgeon, 1982). Dans certains cas, il peut être nécessaire de traiter chaque jour pendant les 3 à 4 premiers jours après la fraye.

Les poissons reproducteurs perdent normalement de 10 % à 20 % de leur poids pendant la saison de reproduction. Cela est dû principalement à un arrêt de l'alimentation et à la libération des oeufs et du sperme. La perte de poids est encore plus importante chez la femelle à cause du poids important de la masse d'oeufs pondue.

3.3.4 FÉCONDATION ARTIFICIELLE

3.3.4.1 Méthodes sèche et humide

La méthode la plus couramment utilisée pour la fécondation artificielle des salmonidés est la méthode sèche. Elle consiste à recueillir les oeufs dans un récipient sec. La méthode humide utilisée autrefois, qui consistait à recueillir les oeufs dans un récipient contenant de l'eau, n'est plus utilisée aujourd'hui. Les taux de fécondation obtenus étaient moins élevés qu'avec la méthode sèche, où le récipient ne contient que les oeufs et le liquide coelomique. En effet, il a été démontré que les spermatozoïdes avaient une durée de vie plus longue dans des conditions "sèches" que dans l'eau, où ils ne vivent que 90 secondes environ. Par ailleurs, le micropyle, l'ouverture qui permet l'entrée d'un spermatozoïde dans l'oeuf, se referme plus

rapidement dans l'eau que dans les conditions "sèches", laissant ainsi moins de temps pour la fécondation.

3.3.4.2 Mélange des produits sexuels

Il est nécessaire d'utiliser la laitance de plus d'un mâle pour un lot d'oeufs, afin d'augmenter les chances de fécondation. Plusieurs séquences peuvent être utilisées, dont l'une consiste à introduire en premier les oeufs de deux ou trois femelles dans un récipient et à y ajouter la laitance d'un mâle. Les oeufs et la laitance sont mélangés ensemble immédiatement. Ensuite, les oeufs d'une ou de deux femelles supplémentaires sont recueillis dans le même récipient et la laitance d'un deuxième mâle est ajoutée. Le tout est mélangé à nouveau.

Les oeufs de saumons sont en général recueillis dans des récipients individuels pour chaque femelle et sont fécondés avec plus d'un mâle. Une seule femelle produisant un grand nombre d'oeufs, souvent au delà de 15 000, ces derniers sont gardés séparément dans l'équipement d'incubation. Cela permet d'effectuer un suivi individuel des performances de la progéniture de chaque femelle, et de garder comme reproducteurs seulement les sujets qui donnent des résultats satisfaisants.

Bien qu'il soit plus pratique de mélanger dans un même récipient les oeufs de plusieurs femelles pour la fécondation chez la truite, il est important de vérifier la qualité des oeufs de chaque femelle au préalable. Il suffit d'extraire les oeufs de chaque femelle, ou à tout le moins quelques-uns, dans un récipient individuel, afin d'en examiner la qualité avant de les mélanger avec ceux des autres femelles dans un récipient commun. Cette pratique évite bien des désagréments, par exemple d'avoir à trier les oeufs impropres d'une femelle à travers un lot important d'oeufs de bonne qualité, provenant de plusieurs autres femelles.

Les pontes de bonne qualité sont constituées d'oeufs complètement opaques, d'une coloration jaune à orangée, et de diamètres égaux. Les oeufs translucides, avec la présence d'un point jaune à orangé à l'intérieur, ou ceux qui comportent la présence de plusieurs oeufs blancs opaques dans une ponte, ou qui sont de diamètres très inégaux, ou agglutinés, ou qui baignent dans un liquide séminal fortement contaminé par du sang sont impropres à la fécondation.

Le mélange des oeufs et du sperme peut s'effectuer à la main immédiatement après avoir introduit le sperme. La main doit être propre, particulièrement lors de l'utilisation de l'anesthésique MS-222. Il faut mélanger délicatement mais suffisamment les produits sexuels pour obtenir un contenu homogène dans le récipient. Ensuite, on laisse reposer de deux à quatre minutes, le temps que la fécondation se produise. On ajoute ensuite un peu d'eau jusqu'à ce que les oeufs soient submergés et on attend encore de 2 à 10 minutes, après quoi la fécondation est définitivement terminée. La **figure 10** représente la séquence des opérations relatives à la reproduction artificielle des salmonidés.

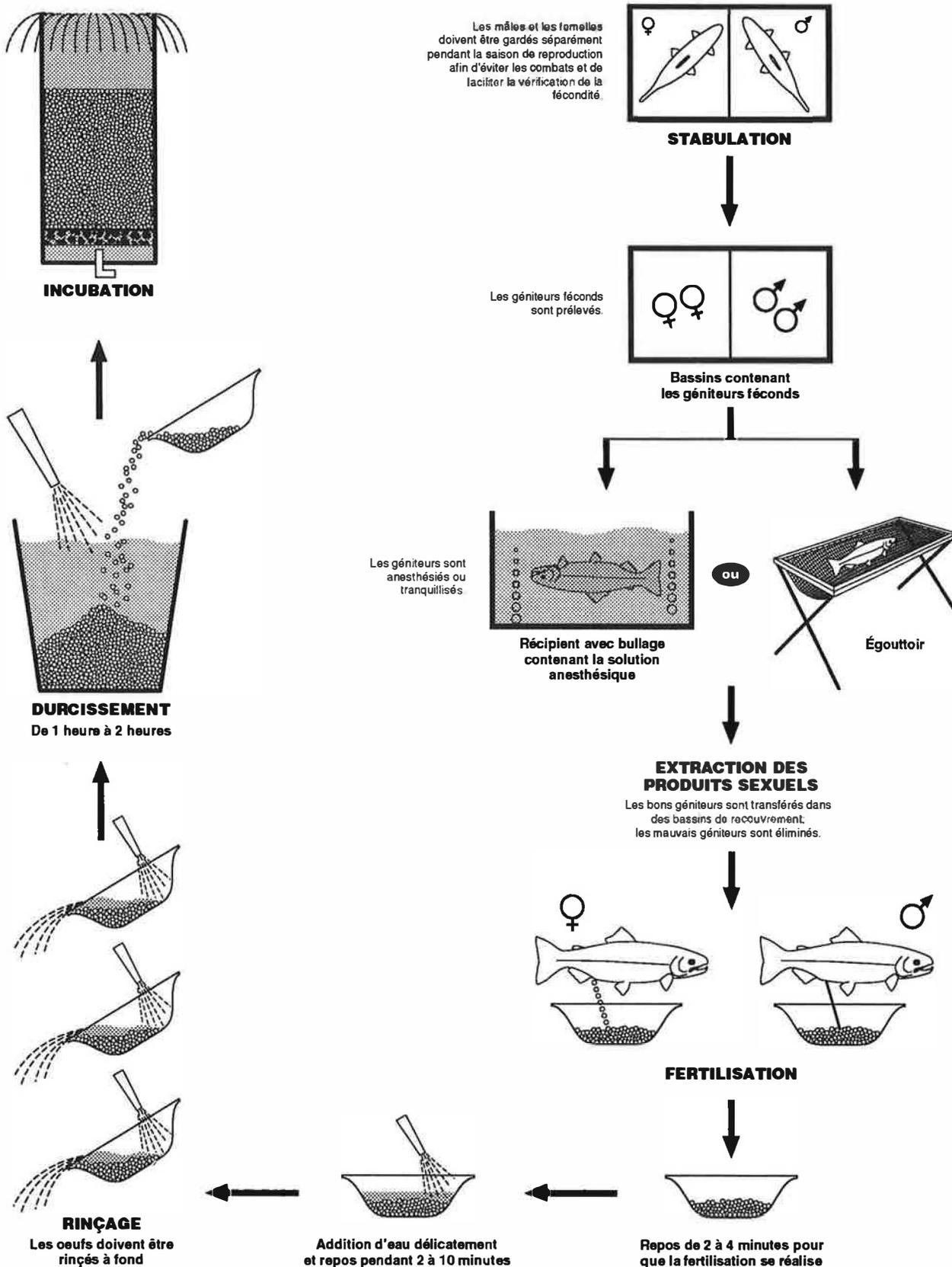


Figure 10 Séquence des opérations relatives à la reproduction artificielle des salmonidés

3.4 MANIPULATION DES OEUFS FÉCONDÉS

3.4 MANIPULATION DES OEUFS FÉCONDÉS

3.4.1 NETTOYAGE ET TRI

Les récipients contenant les oeufs fécondés renferment certaines impuretés telles que l'excès de sperme, des excréments et parfois des traces de sang et quelques oeufs morts. On doit rincer le contenu à plusieurs reprises afin d'éliminer le plus possible ces débris. Une plume ou une spatule peuvent être utilisées pour effectuer ce nettoyage.

3.4.2 PÉRIODE DE DURCISSEMENT

Une fois rincés, les oeufs sont déversés dans un récipient irrigué pour la période du durcissement. La température de l'eau doit être à peu près la même que celle où se trouvaient les géniteurs. Il est important que les oeufs ne soient pas en mouvement pendant le durcissement. Le jet d'eau qui alimente le récipient doit être ajusté en conséquence.

Pendant cette période, les oeufs absorbent de l'eau qui vient combler l'espace péritellin, situé entre la coquille de l'oeuf et la membrane vitelline. Les oeufs fraîchement extraits sont adhésifs en raison de ce phénomène d'absorption d'eau. Une fois la période de durcissement complétée, les oeufs sont très sphériques, plus durs et ne seront plus jamais adhésifs jusqu'à la fin de leur développement. Cette période dure de une à deux heures, selon la température de l'eau. Elle est d'au moins deux heures chez le saumon. Elle est critique pour les oeufs, qui ne doivent pas être manipulés avant qu'elle ne soit complétée.

Après le durcissement, les oeufs sont beaucoup moins fragiles pour une période de 36 à 48 heures. On parle alors d'oeufs verts, c'est-à-dire fraîchement pondus. C'est pendant ce temps que les opérations de tri, de comptage, de nettoyage et d'élimination des oeufs morts, de décontamination et de transport peuvent être effectuées. C'est aussi à ce moment que débute l'incubation.

3.4.3 COMPTAGE

Le dénombrement des oeufs est nécessaire pour déterminer le succès obtenu à l'incubation, démarrer le suivi de l'inventaire et effectuer s'il y a lieu des ventes d'oeufs. Il existe quelques méthodes éprouvées pour dénombrer les oeufs de salmonidés. Elles doivent être

précises, pratiques et ne pas endommager les oeufs par des manipulations requises.

3.4.3.1 Méthode Von Bayer

La méthode Von Bayer détermine la quantité d'oeufs contenus dans un volume donné à partir du diamètre des oeufs, lequel est mesuré sur une règle dite de "Von Bayer". Il s'agit d'une goulotte de longueur précise, soit 30 centimètres, dont on garnit le fond avec une rangée d'oeufs accolés les uns aux autres, afin d'en déterminer le nombre (figure 11). Un abaque (tableau 5) permet ensuite de connaître le nombre d'oeufs contenu dans un litre, à partir du nombre d'oeufs déterminé sur la règle. Cette opération doit être répétée au moins trois fois pour augmenter la précision. Il suffit ensuite de mesurer le volume total des oeufs à dénombrer, au moyen d'un récipient gradué, et de multiplier ce volume par le nombre d'oeufs au litre indiqué au tableau 5.

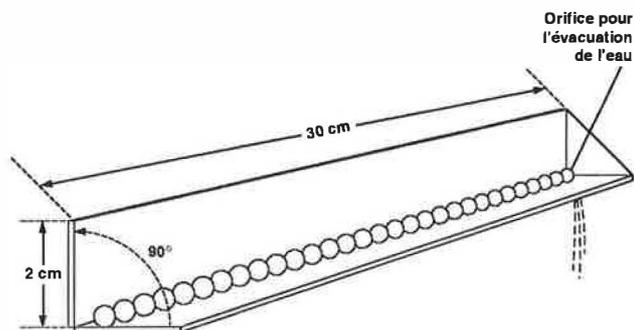


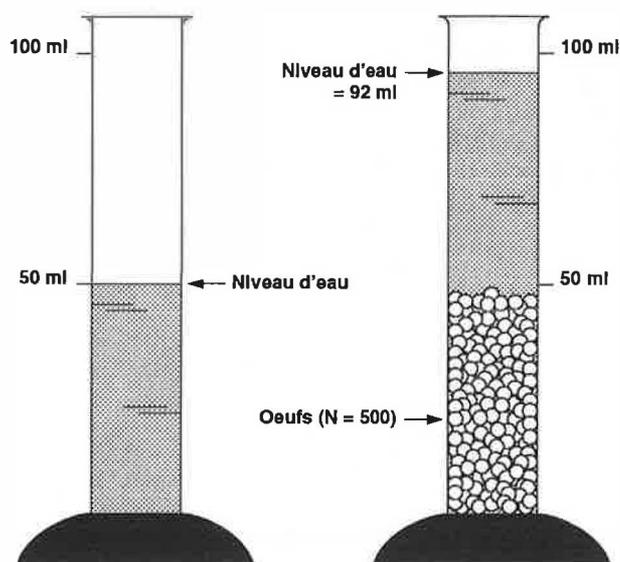
Figure 11 Règle utilisée pour le dénombrement des oeufs selon la méthode « Von Bayer »

3.4.3.2 Méthode du déplacement d'eau

La méthode du déplacement d'eau consiste à remplir à demi, avec de l'eau, un récipient gradué d'environ 100 millilitres et à en noter le volume (figure 12). Ensuite, un échantillon d'oeufs d'un nombre connu, par exemple 500, y est introduit et le volume est mesuré à nouveau. La différence entre les deux mesures correspond au volume d'eau déplacé par les 500 oeufs. Par la suite, les oeufs à mesurer sont introduits, lot par lot, dans un grand cylindre gradué de 1 ou 2 litres et les volumes d'eau déplacés par chaque lot sont enregistrés. Une simple règle de trois permet enfin de déterminer le nombre d'oeufs. À titre d'exemple,

Tableau 5 Estimation du nombre d'oeufs par litre, selon la méthode « Von Bayer », à partir du nombre d'oeufs contenu dans une règle de 30 cm.

Nombre oeufs /30 cm	Diamètre oeufs (mm)	Nombre oeufs /litre	Nombre oeufs /30 cm	Diamètre oeufs (mm)	Nombre oeufs /litre
43	6,98	3 450	67	4,48	13 053
44	6,82	3 697	68	4,41	13 646
45	6,67	3 955	69	4,35	14 257
46	6,52	4 224	70	4,29	14 886
47	6,38	4 506	71	4,23	15 533
48	6,25	4 799	72	4,17	16 198
49	6,12	5 106	73	4,11	16 883
50	6,00	5 425	74	4,05	17 586
51	5,88	5 757	75	4,00	18 309
52	5,77	6 102	76	3,95	19 051
53	5,66	6 461	77	3,90	19 813
54	5,56	6 834	78	3,85	20 595
55	5,45	7 220	79	3,80	21 397
56	5,36	7 621	80	3,75	22 220
57	5,26	8 037	81	3,70	23 064
58	5,17	8 467	82	3,66	23 928
59	5,08	8 913	83	3,61	24 814
60	5,00	9 374	84	3,57	25 722
61	4,92	9 851	85	3,53	26 652
62	4,84	10 343	86	3,49	27 604
63	4,76	10 852	87	3,45	28 578
64	4,69	11 377	88	3,41	29 575
65	4,62	11 918	89	3,37	30 594
66	4,55	12 477	90	3,33	31 637



Volume total (92 ml) – volume d'eau (50 ml)
= volume des oeufs (42 ml)

Figure 12 Méthode du dénombrement des oeufs par déplacement d'eau

si le volume déplacé par l'échantillon de 500 oeufs est de 42 ml et que le volume déplacé par la totalité des oeufs est de 420 ml, leur nombre est de 5 000 tel que déterminé ci-dessous.

$$\begin{aligned}
 \text{Exemple : } 42 \text{ ml d'eau déplacés} &= 500 \text{ oeufs} \\
 420 \text{ ml d'eau déplacés} &= x \\
 420 \text{ ml} \times 500 \text{ oeufs} &= 5\,000 \text{ oeufs} \\
 \hline
 42 \text{ ml} &
 \end{aligned}$$

3.4.3.3 Méthode de la pesée

La méthode de la pesée requiert l'utilisation d'une balance de précision pesant au dixième de gramme (0,1 g). Elle consiste simplement à déterminer précisément le poids d'un nombre connu d'oeufs, une centaine par exemple, et ensuite à calculer le poids moyen d'un oeuf. Cette opération doit être effectuée au moins trois fois pour donner une précision acceptable. Il ne restera plus qu'à peser tous les oeufs et à diviser par le poids moyen d'un oeuf pour en déterminer le nombre.

Il est important de bien égoutter les oeufs pour augmenter la précision des méthodes du déplacement d'eau et de la pesée. Une passoire est utilisée à cette fin. Les oeufs y sont déversés, égouttés et une éponge est passée sous la passoire pour absorber le reste d'eau.

3.4.4 DÉSINFECTION

Il peut être nécessaire, sinon essentiel, de désinfecter les oeufs, avant de les placer en incubation. Cela doit être fait systématiquement quand les oeufs proviennent d'une autre station piscicole. Il est important de préciser que la désinfection n'est efficace que contre les bactéries qui se tiennent à la surface de l'oeuf, telles que *Aeromonas salmonicida* (Furonculose) et *Aeromonas hydrophyla*. Pour les autres maladies infectieuses des salmonidés à transmission verticale (de parent à enfant) présentes au Québec, soit la maladie bactérienne du rein et la nécrose pancréatique infectieuse, où la bactérie et le virus respectivement sont situés à l'intérieur de l'oeuf, la désinfection n'est d'aucune efficacité.

Les produits couramment utilisés sont des iodophores qui se présentent sous la forme d'un liquide de couleur brune et dont la concentration en iode actif est variable selon le fabricant. Les plus connus sont la Wescodyne (1,6 %; West Chemical Company), l'Argentyne (1 %; Argent) et l'Ovadine (1 %; Syndel).

La désinfection des oeufs s'effectue par une baignade de 10 minutes dans une solution à 100 mg/l d'iode actif (ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1982). On obtient une solution à cette concentration en introduisant 10 ml de désinfectant par litre d'eau avec l'Argentyne et l'Ovadine, ou 6,25 ml de Wescodyne par litre d'eau. Il faut utiliser un ratio d'environ dix volumes de solution désinfectante pour 1 volume d'oeufs, ou 1 litre de solution pour environ 2 000 oeufs. La solution désinfectante fraîchement préparée est brunâtre. Elle

pâlit avec l'utilisation et devient inefficace quand sa coloration a changé de brun à jaune.

Dans les eaux douces, il est recommandé d'ajouter du bicarbonate de soude, à raison de 0,8 gramme par litre de solution désinfectante, afin d'éviter l'acidification brutale. La survie des oeufs et l'activité désinfectante sont maximales à pH 7. Il est important que la température de la solution désinfectante soit la même que celle des oeufs pour ne pas provoquer de choc thermique.

Après le traitement, les oeufs doivent être rincés à fond pour éliminer le désinfectant. Les iodophores sont très toxiques pour le poisson et, par conséquent, ne doivent pas être drainés dans les bassins ou étangs situés en aval dans la station piscicole.

3.4.5 ACCLIMATATION

L'acclimatation consiste à adapter progressivement les oeufs, qui proviennent d'un transport, à la température de l'eau d'incubation. Il est important de prendre assez de temps pour réaliser cette acclimatation afin d'éviter un choc thermique aux oeufs, soit pas plus de 2 °C d'élévation de température par heure. À titre d'exemple, les oeufs qui sont transportés normalement dans des contenants avec glace sont à une température voisine de 0 °C à 2 °C et doivent être amenés à des températures de 6 °C à 8 °C pour l'incubation. Les oeufs, après l'opération de désinfection, peuvent être placés sur des claies ou dans des paniers d'incubation dans une auge remplie d'eau et de glace dont la circulation d'eau a été interrompue. Après avoir introduit tous les oeufs dans l'auge, on rétablit progressivement la circulation de l'eau sur une période de quelques heures en commençant par un très petit débit, de telle sorte que l'acclimatation est graduelle sur plusieurs heures jusqu'à ce que la glace soit complètement fondue.

3.5 L'INCUBATION

3.5 L'INCUBATION

3.5.1 DÉFINITION

L'incubation est la période pendant laquelle l'embryon se développe dans l'oeuf. Les oeufs sont alors placés dans un courant d'eau continu, nécessaire à l'alimentation en oxygène. L'incubation se termine avec l'éclosion des oeufs.

3.5.2 ANATOMIE ET STADES DE DÉVELOPPEMENT DE L'OEUF

3.5.2.1 Anatomie

L'oeuf de salmonidé est composé de 5 parties principales (**figure 13**). La **coquille** enveloppe l'oeuf et lui sert de couche protectrice. Elle est munie de pores minuscules qui laissent passer les petites molécules telles que l'oxygène, mais ne laissent pas pénétrer l'eau. L'**espace périvitellin** est rempli par un fluide qui sert à transporter l'oxygène de la surface intérieure de la coquille jusqu'au disque germinal. La **membrane vitelline** sépare le fluide périvitellin du vitellus. Le **vitellus** contient des gouttelettes lipidiques et les substances nutritives pour l'embryon en développement. Le **disque germinal** est le début de la formation de l'embryon.

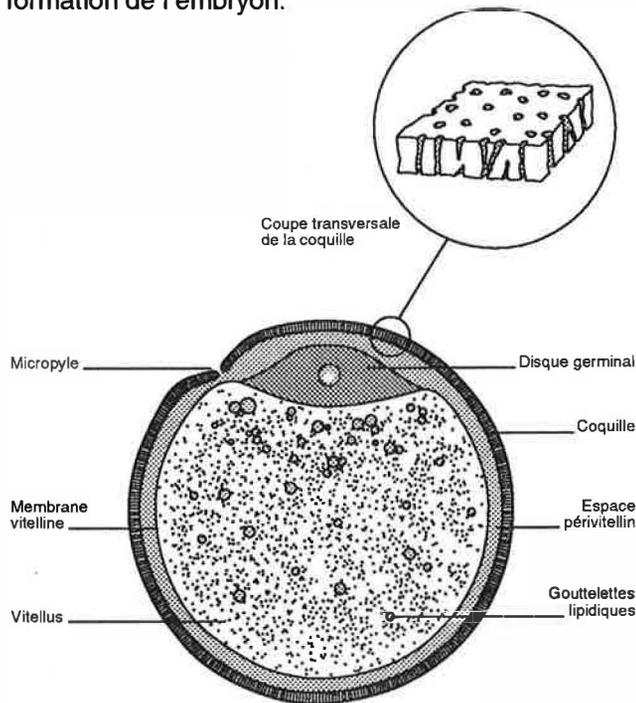


Figure 13 Anatomie de l'oeuf de salmonidés

3.5.2.2 Stades de développement

Le développement de l'oeuf de salmonidés, ou l'embryogénèse, comprend plusieurs stades distincts, de la première division cellulaire jusqu'à l'éclosion, lesquels sont regroupés en trois grandes étapes. Le **tableau 6** présente ces stades de développement en fonction du temps à une température de 10 °C pour la truite arc-en-ciel. La première est la **segmentation** (stades 1 à 10) pendant laquelle s'effectuent les premières divisions cellulaires. Dans la deuxième étape, la **gastrulation** (stades 11 à 17), l'embryon commence à se former. Les cellules apparues pendant la segmentation commencent à se spécialiser en tissus et l'embryon se forme. Pendant la troisième étape, l'**organogénèse** (stades 18 à 29), l'embryon est caractérisé par l'apparition des nageoires et la formation des organes internes et du système circulatoire. La **figure 14** (P. 39 à 41) représente schématiquement la structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement à une température d'incubation de 10 °C.

En pratique pour le pisciculteur, les trois étapes suivantes sont à retenir, soit celle de l'oeuf vert, suivie d'une étape intermédiaire de fragilité et, en dernier lieu, celle de l'oeuf embryonné (**figure 15**). L'oeuf vert est un oeuf fraîchement fécondé. Cette étape correspond à la segmentation et se termine environ 48 heures après la fécondation à une température d'incubation de 10 °C. Les oeufs fraîchement fécondés et ayant complété le temps de durcissement, d'environ une à deux heures, sont résistants et peuvent être manipulés. Les premières divisions cellulaires s'effectuent pen-

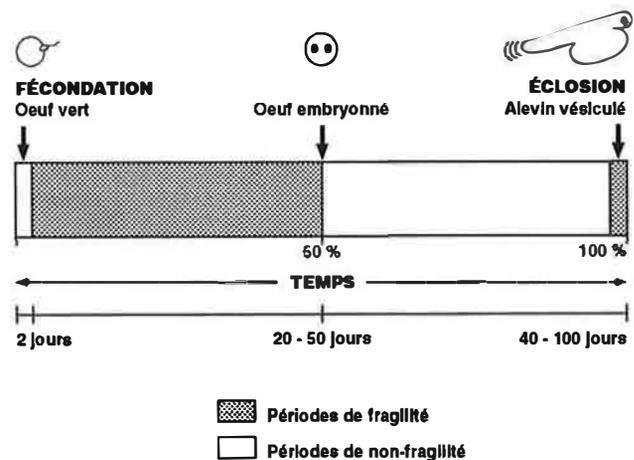


Figure 15 Périodes de fragilité et de non-fragilité de l'oeuf de salmonidés pendant l'incubation selon les stades de son développement

Tableau 6 Stades de développement de l'oeuf de truite arc-en-ciel en fonction du temps à une température d'incubation de 10 °C

Étapes	Stades	Âge (heures-jours)	Caractéristiques
Segmentation	2	24 h	2 cellules
	3	28 h	4 cellules
	4	32 h	8 cellules
	7	2 j	Morula ¹
	10	3,5 j	Blastula ²
Gastrulation	14	7 j	Embryon apparent
	17	9 j	Vésicules optiques formées
Organogénèse	22	16 j	Membrane interne de l'oeil entièrement pigmentée (oeuf embryonné)
Alevin	29	31 j	Éclosion
	31	39 j	Alevin vésiculé

¹ Morula : Segmentation de l'oeuf fécondé sous la forme d'une petite sphère, constituée de l'amas des cellules issues des divisions cellulaires et ayant l'apparence d'un mamelon à la surface de l'oeuf.

² Blastula : Formation d'une cavité au sein de l'amas de cellules.

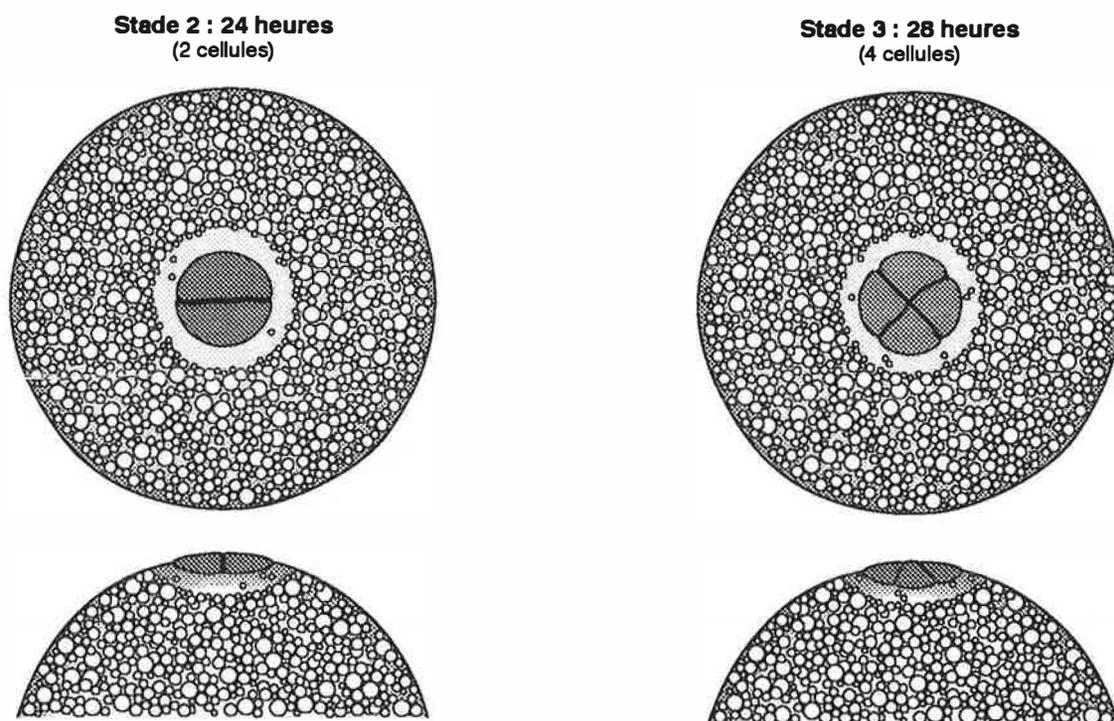
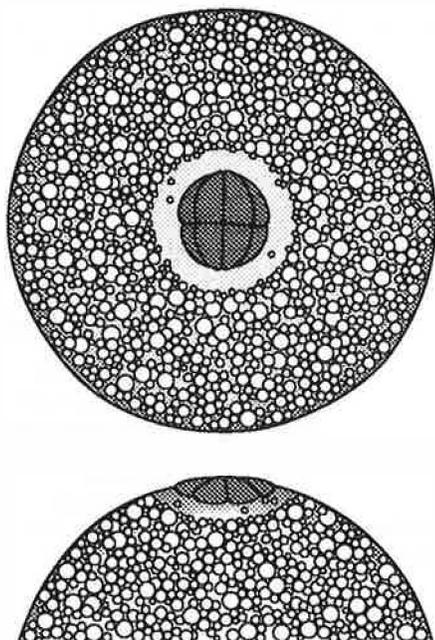
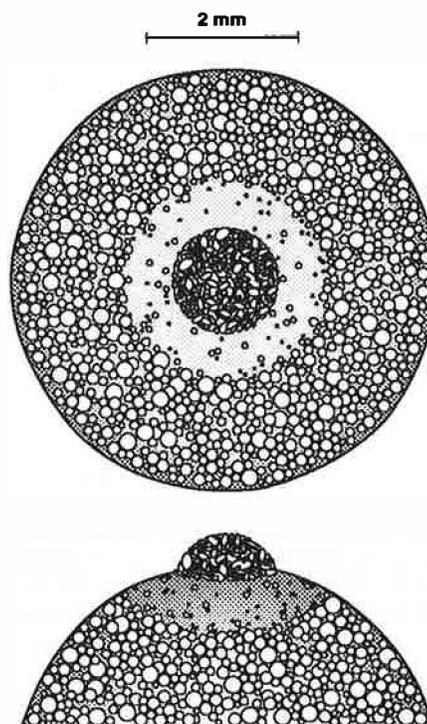


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969)

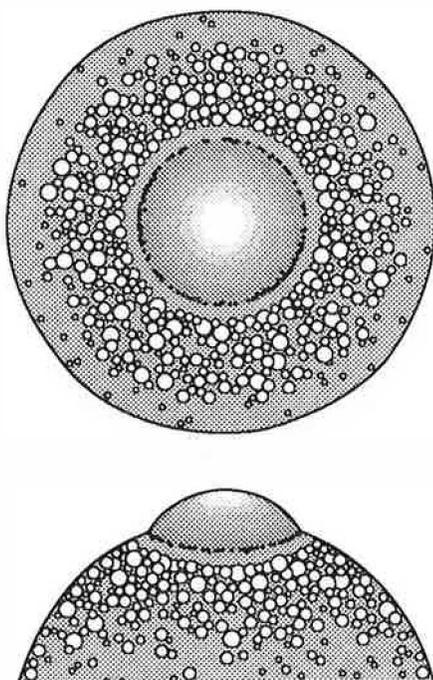
Stade 4 : 32 heures
(8 cellules)



Stade 7 : 2 jours
(morula)



Stade 10 : 3,5 jours
(blastula)



Stade 14 : 7 jours
(embryon)

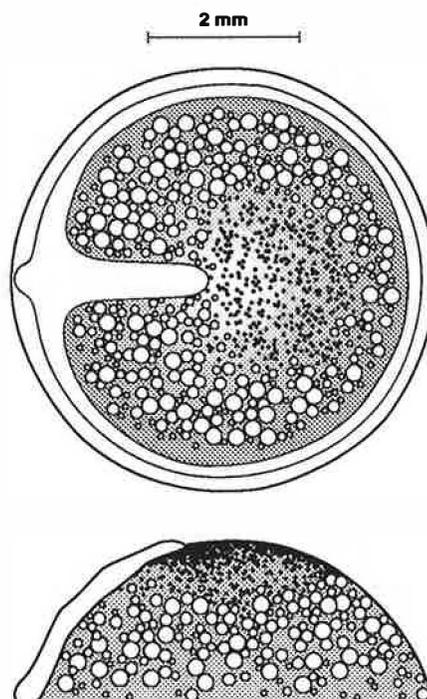


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969) (Suite)

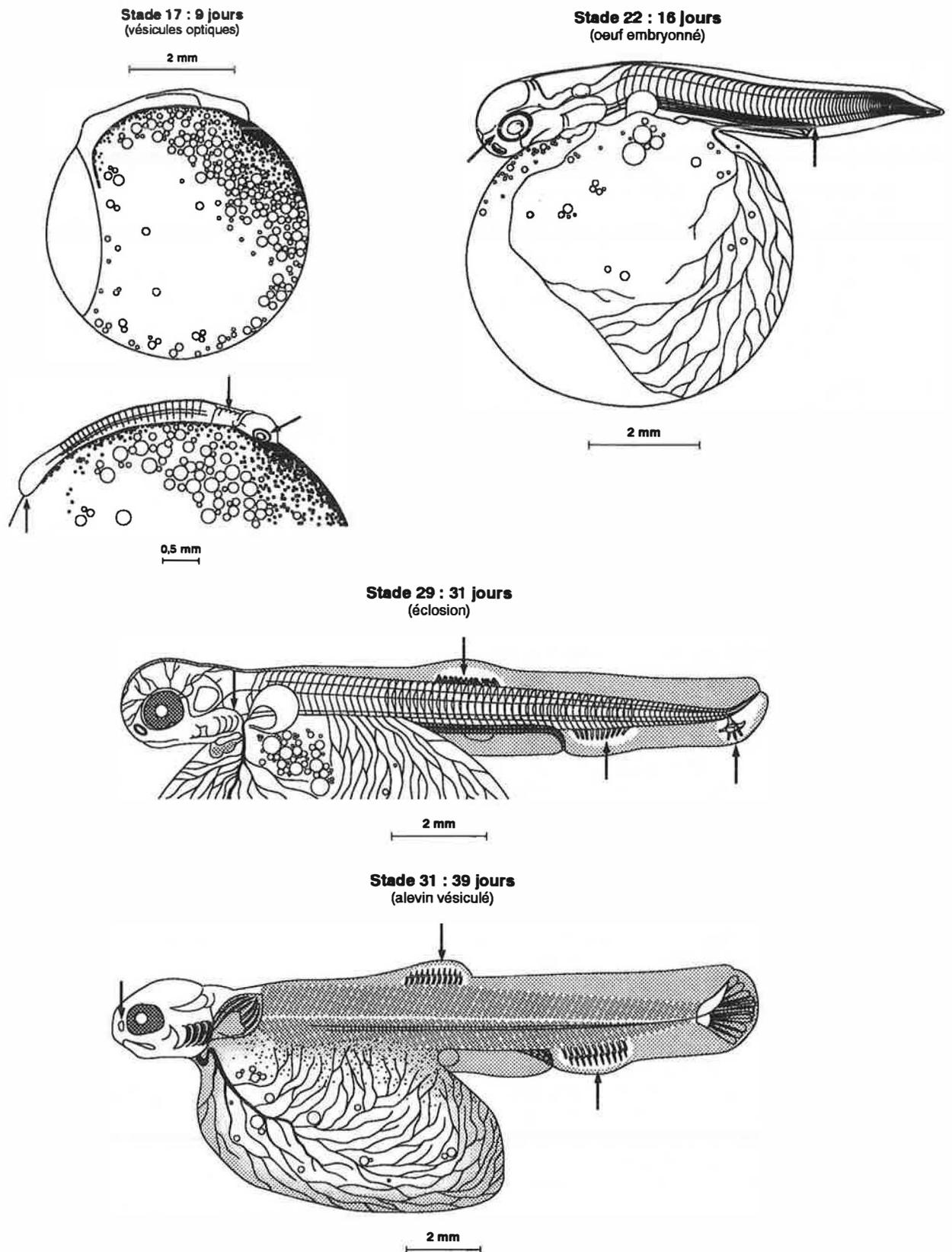


Figure 14 Structure interne de l'œuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969) (Suite)

dant ce temps. Après ces 48 heures, l'oeuf devient extrêmement fragile aux chocs mécaniques pendant les plusieurs jours que dure la période de la gastrulation. De simples mouvements de l'oeuf pendant cette période, où l'embryon commence à se former, peuvent endommager le délicat embryon qui peut développer des anomalies et mourir plus tard. Il est impératif que les oeufs demeurent immobiles pendant cette étape et qu'aucune manipulation ne soit effectuée avant que la pigmentation des yeux de l'embryon ne soit visible. C'est à ce moment que commence la troisième étape, celle de l'oeuf embryonné, pendant laquelle les oeufs sont résistants et peuvent être manipulés. Pendant les quelques jours avant l'éclosion, il est préférable de ne pas manipuler les oeufs pour ne pas provoquer prématurément l'éclosion.

Une méthode a été mise au point pour déterminer le stade de développement des oeufs du saumon atlantique anadrome (Kane, 1985). Nous l'avons adaptée également à la truite arc-en-ciel et à l'omble de fontaine. Elle est basée sur le pourcentage de développement quotidien de l'oeuf en fonction de la température de l'eau d'incubation. Elle présente l'avantage de prévoir assez précisément le temps requis pour l'incubation des oeufs, dans les conditions d'une température variable d'incubation. Il suffit de cumuler chaque jour, depuis la fertilisation, les valeurs du développement de l'oeuf en % correspondant aux températures d'eau journalières (**tableaux 7.1, 7.2 et 7.3**) pour connaître le niveau de développement atteint et prévoir l'éclosion. Selon cette méthode, les yeux de l'embryon commencent à être visibles quand 50 % du développement est atteint, les oeufs peuvent être choqués à 70 % - 75 % de développement et l'éclosion a lieu à 100 % de développement. La période de fragilité des oeufs, où aucune manipulation ne doit être effectuée, se situe entre 14 % et 40 % du développement.

3.5.2.3 Test de fécondation

Un test diagnostique peut être réalisé pour vérifier le taux de fécondation des oeufs. On peut calculer le taux d'oeufs fécondés de 10 à 12 heures après la fertilisation ou déterminer si des oeufs morts pendant l'incubation avaient ou non été fécondés. La méthode consiste à clarifier les oeufs et à examiner au binoculaire à faible grossissement (20X-40X), ou à l'aide d'une simple loupe, si des cellules ou un commencement d'embryon apparaissent à l'intérieur de l'oeuf. Cet examen permet de déterminer approximativement le stade de développement de l'oeuf qui a été fécondé (**figure 14**). Les oeufs non fécondés sont facilement identifiables parce qu'aucun amas de cellules ni début d'embryon ne sont visibles.

Une solution peut être préparée facilement pour clarifier les oeufs et révéler les détails internes invisibles autrement. Il suffit de mélanger en volume égal de l'alcool de bois (CH₃OH) ou du formol, du vinaigre

glacial et de l'eau. Les oeufs sont ensuite immergés dans cette solution le temps qu'ils deviennent translucides.

3.5.3 FACTEURS INFLUENÇANT LE DÉVELOPPEMENT DE L'OEUF

3.5.3.1 Température

La température est le facteur déterminant la durée de l'incubation des oeufs de salmonidés. Ces derniers requièrent des températures spécifiques pour assurer le développement normal de l'embryon. Le temps d'incubation est inversement proportionnel à la température de l'eau. Plus cette dernière est élevée et plus tôt sera l'éclosion, et inversement le temps d'incubation s'allonge avec des températures de plus en plus froides. La **figure 16** présente les durées d'incubation en jours, à des températures constantes de 4 °C à 10 °C, pour le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel. Les **tableaux 7.1, 7.2 et 7.3** sont à utiliser pour prévoir les temps d'incubation dans les conditions de températures variables.

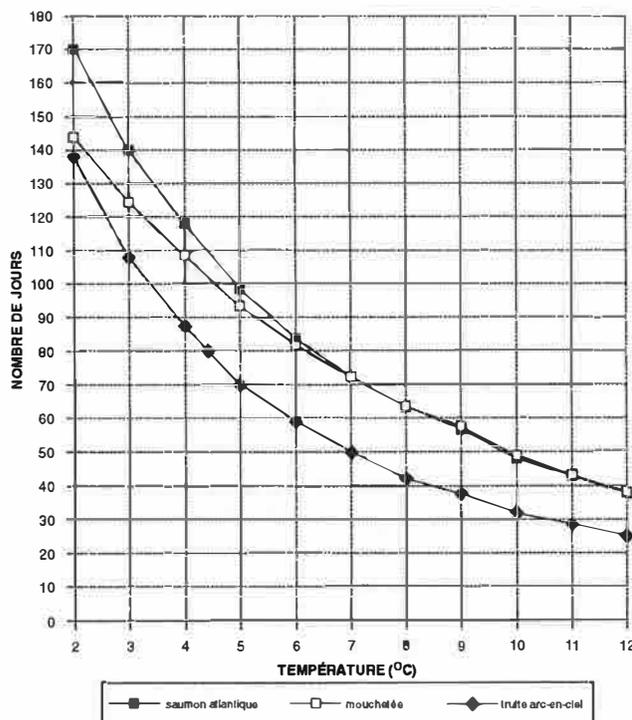


Figure 16 Nombre de jours nécessaire pour obtenir 50 % d'éclosion, à des températures constantes d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel (adaptée de Crisp, 1981)

La durée de l'incubation est aussi différente selon les espèces. Le saumon atlantique requiert le plus grand nombre de jours et la truite arc-en-ciel le moins à toutes les températures. L'omble de fontaine se situe entre les deux aux températures de 2 °C à 6 °C et est identique au saumon atlantique pour les températures supérieures à 6 °C.

La **figure 17** donne le nombre de degrés-jours³ nécessaires à l'éclosion des oeufs à différentes températures pour le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel. Les températures qui présentent le maximum de degrés-jours correspondraient aux températures optimales d'incubation pour chacune des espèces. Elles se situent de 6 °C à 8 °C pour le saumon atlantique et de 7 °C à 8 °C pour l'omble de fontaine, avec un minimum de 500 degrés-jours pour ces deux espèces. Les températures de 5 °C

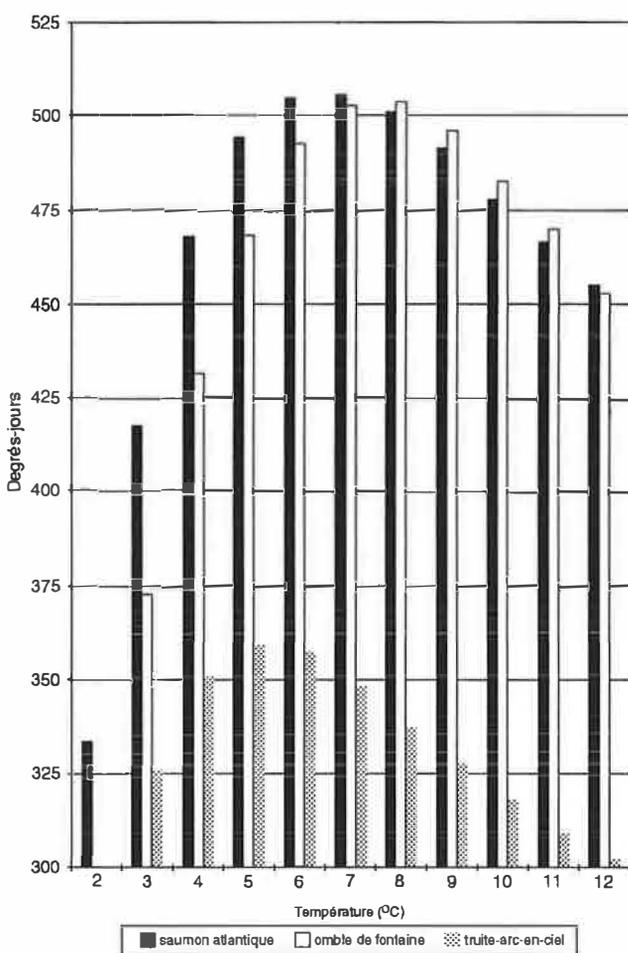


Figure 17 Nombre de degrés-jours nécessaires pour obtenir 50 % d'éclosion, à différentes températures d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel

³ Degrés-jours: le nombre de degrés-jours est le total des températures moyennes journalières

à 6 °C seraient optimales pour la truite arc-en-ciel avec environ 360 degrés-jours.

Les températures inférieures à 4 °C entraînent un taux de mortalité supérieur à 20 % des oeufs chez le saumon atlantique (Peterson et al. 1977). La température optimale entre la fécondation et la pigmentation de l'oeil se rapproche de 6 °C pour cette espèce. Les températures de 8 °C et plus au stade d'oeuf embryonné produisent à l'éclosion des alevins progressivement plus petits à des températures de plus en plus élevées.

L'omble de fontaine peut utiliser la plus grande étendue de températures, soit entre 0 °C et 13 °C.

La durée de l'éclosion est elle aussi fonction de la température de l'eau d'incubation. Elle peut durer de 3 à 4 jours aux températures élevées (10 °C) et de 15 à 20 jours aux basses températures (2 °C - 3 °C).

3.5.3.2 Oxygène

L'oeuf n'a pas la capacité de capter activement l'oxygène comme peut le faire le poisson au moyen de ses branchies. La respiration de l'oeuf est passive, l'oxygène pénètre par diffusion, et son approvisionnement est ainsi dépendant de la concentration présente dans l'eau. La vitesse de développement de l'oeuf est retardée proportionnellement à la diminution de la concentration en oxygène présente dans l'eau d'incubation (Garside, 1966).

Un gradient de concentration en oxygène doit être maintenu entre l'intérieur de l'oeuf et le milieu extérieur. C'est la circulation de l'eau dans les incubateurs qui assure le renouvellement du milieu ambiant en périphérie de l'oeuf. La **figure 18** illustre l'effet de la

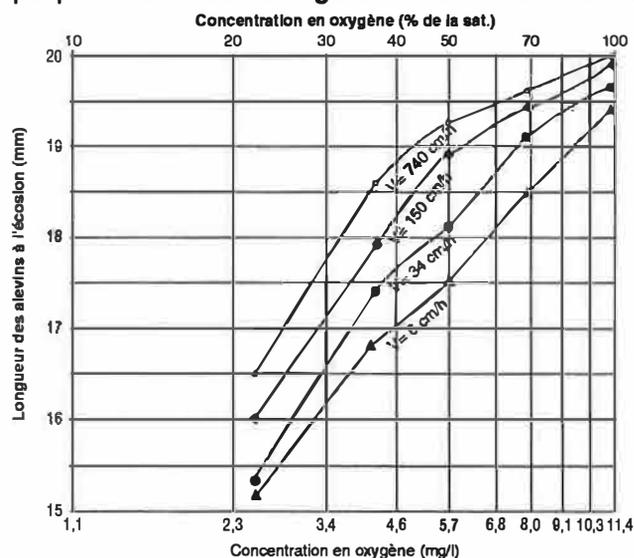


Figure 18 Effet de la concentration en oxygène dissous et de la vitesse du courant d'eau pendant l'incubation sur la longueur des alevins de truite arc-en-ciel à l'éclosion (tirée de Silver et al. 1963)

Tableau 7.1 Pourcentages de développement journaliers des oeufs d'omble de fontaine pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau

Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)
2.0	0.70	5.0	1.06	8.0	1.59
2.1	0.71	5.1	1.08	8.1	1.61
2.2	0.72	5.2	1.09	8.2	1.63
2.3	0.73	5.3	1.11	8.3	1.66
2.4	0.74	5.4	1.12	8.4	1.68
2.5	0.75	5.5	1.14	8.5	1.70
2.6	0.76	5.6	1.15	8.6	1.72
2.7	0.77	5.7	1.17	8.7	1.74
2.8	0.78	5.8	1.19	8.8	1.77
2.9	0.79	5.9	1.20	8.9	1.79
3.0	0.81	6.0	1.22	9.0	1.81
3.1	0.82	6.1	1.24	9.1	1.84
3.2	0.83	6.2	1.25	9.2	1.86
3.3	0.84	6.3	1.27	9.3	1.88
3.4	0.85	6.4	1.29	9.4	1.91
3.5	0.86	6.5	1.30	9.5	1.93
3.6	0.88	6.6	1.32	9.6	1.96
3.7	0.89	6.7	1.34	9.7	1.98
3.8	0.90	6.8	1.36	9.8	2.01
3.9	0.91	6.9	1.38	9.9	2.04
4.0	0.93	7.0	1.39	10.0	2.06
4.1	0.94	7.1	1.41	10.1	2.09
4.2	0.95	7.2	1.43	10.2	2.12
4.3	0.97	7.3	1.45	10.3	2.14
4.4	0.98	7.4	1.47	10.4	2.17
4.5	0.99	7.5	1.49	10.5	2.20
4.6	1.01	7.6	1.51	10.6	2.23
4.7	1.02	7.7	1.53	10.7	2.25
4.8	1.03	7.8	1.55	10.8	2.28
4.9	1.05	7.9	1.57	10.9	2.31

concentration en oxygène dans l'eau et de la vitesse du courant sur la taille des alevins obtenus à l'éclosion. Elle fait ressortir que la taille des alevins obtenus à l'éclosion est croissante avec le taux de saturation en oxygène de l'eau et avec la vitesse du courant. En pratique, on recherche la saturation en oxygène de l'eau qui sert à l'incubation. En aucun cas, elle ne doit être inférieure à 80 % de la concentration à la saturation. La vitesse du courant est assurée par les débits d'eau utilisés pour alimenter les incubateurs, lesquels sont dépendants des différents types d'équipement.

Un manque en oxygène des oeufs se manifeste par un raccourcissement de la période d'incubation, des alevins de plus petite taille à l'éclosion et la présence de nombreux alevins avec des malformations.

3.5.3.3 Lumière

Comme en nature, les oeufs et les alevins doivent être maintenus à la noirceur jusqu'à leur premier nourrissage. L'effet de la lumière est un stress constant pour les embryons et les alevins. L'exposition des

oeufs et des alevins vésiculés à la lumière du jour entraîne une éclosion plus rapide, des taux de mortalité plus élevés et une vigueur des alevins moins grande que ceux qui ont été maintenus dans l'obscurité. Les alevins vésiculés, exposés à la lumière du jour, sont plus actifs et développent une réaction d'évitement à la lumière en recherchant constamment les aires d'obscurité s'il y en a. Les réserves de vitellus sont alors utilisées pour le mouvement plutôt que pour la croissance, résultant en une taille plus faible de ces alevins.

Des expériences ont démontré que les rayons infrarouges de la lumière du jour sont un facteur important de la susceptibilité des oeufs de salmonidés. Les tubes fluorescents sont également néfastes aux oeufs et aux alevins.

En tout temps, ces derniers doivent être protégés des rayons directs de la lumière. En pratique, les auges et autres équipements d'incubation sont recouverts de matériaux ou de membranes opaques qui obstruent la lumière pendant la durée complète de l'incubation et

Tableau 7.2 Pourcentages de développement journaliers des oeufs de truite-arc-en-ciel pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau

Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)
2.0	0.73	5.0	1.39	8.0	2.36
2.1	0.75	5.1	1.42	8.1	2.40
2.2	0.77	5.2	1.45	8.2	2.43
2.3	0.79	5.3	1.48	8.3	2.47
2.4	0.81	5.4	1.51	8.4	2.51
2.5	0.82	5.5	1.53	8.5	2.55
2.6	0.84	5.6	1.56	8.6	2.59
2.7	0.86	5.7	1.59	8.7	2.62
2.8	0.88	5.8	1.62	8.8	2.66
2.9	0.90	5.9	1.65	8.9	2.70
3.0	0.92	6.0	1.68	9.0	2.74
3.1	0.94	6.1	1.71	9.1	2.78
3.2	0.96	6.2	1.75	9.2	2.82
3.3	0.98	6.3	1.78	9.3	2.86
3.4	1.01	6.4	1.81	9.4	2.90
3.5	1.03	6.5	1.84	9.5	2.94
3.6	1.05	6.6	1.87	9.6	2.98
3.7	1.07	6.7	1.91	9.7	3.02
3.8	1.09	6.8	1.94	9.8	3.06
3.9	1.12	6.9	1.97	9.9	3.10
4.0	1.14	7.0	2.01	10.0	3.14
4.1	1.16	7.1	2.04	10.1	3.19
4.2	1.19	7.2	2.07	10.2	3.23
4.3	1.21	7.3	2.11	10.3	3.27
4.4	1.24	7.4	2.14	10.4	3.31
4.5	1.26	7.5	2.18	10.5	3.35
4.6	1.29	7.6	2.22	10.6	3.39
4.7	1.31	7.7	2.25	10.7	3.43
4.8	1.34	7.8	2.29	10.8	3.48
4.9	1.37	7.9	2.32	10.9	3.52

de l'alevinage, jusqu'au début de l'alimentation. On recommande l'utilisation d'ampoules incandescentes, préférablement rouges ou jaunes, pour l'observation des oeufs et des alevins vésiculés.

3.5.4 TRAITEMENTS CONTRE LES CHAMPIGNONS

On peut administrer des traitements antifongiques afin d'éviter la prolifération des champignons de type *Saprolegnia*. La nécessité d'effectuer ces traitements et leur fréquence est variable d'une entreprise à l'autre, dépendant des caractéristiques physico-chimiques et organiques de l'eau utilisée pour l'incubation des oeufs, et aussi des conditions d'incubation. Les champignons se développent sur les oeufs morts en premier et prolifèrent rapidement. Ils peuvent entraîner un colmatage de tous les oeufs, même vivants, si aucun traitement n'est administré. Beaucoup d'entreprises le font de manière préventive afin d'éviter cette situation.

Le vert de malachite est une teinture organique, reconnue pour ses propriétés antifongiques, très utilisée pour le traitement des oeufs. Il est administré en traitement de type dilution, à un dosage de 2 mg/litre, pendant 60 minutes. La fréquence des traitements peut être de 2 à 3 fois par semaine dans les eaux où les champignons prolifèrent facilement.

3.5.5 CHOQUAGE

Le choquage des oeufs est le procédé utilisé pour faire blanchir les oeufs morts ou infertiles, de manière à pouvoir les trier des oeufs qui contiennent un embryon vivant. Il consiste simplement à faire chuter tous les oeufs en incubation sur une surface d'eau, de manière à rompre la membrane vitelline des oeufs morts ou infertiles, ce qui les fait blanchir.

Cette opération peut être effectuée à l'aide d'un siphon ou en déversant directement un panier d'incubation à la surface d'un récipient rempli d'eau. Un boyau

Tableau 7.3 Pourcentages de développement journaliers des oeufs de saumon pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau

Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)
2.0	0.60	5.0	1.01	8.0	1.60
2.1	0.61	5.1	1.03	8.1	1.62
2.2	0.62	5.2	1.04	8.2	1.64
2.3	0.63	5.3	1.06	8.3	1.67
2.4	0.64	5.4	1.08	8.4	1.69
2.5	0.66	5.5	1.10	8.5	1.71
2.6	0.67	5.6	1.11	8.6	1.74
2.7	0.68	5.7	1.13	8.7	1.76
2.8	0.69	5.8	1.15	8.8	1.78
2.9	0.71	5.9	1.17	8.9	1.81
3.0	0.72	6.0	1.19	9.0	1.83
3.1	0.73	6.1	1.21	9.1	1.86
3.2	0.74	6.2	1.22	9.2	1.88
3.3	0.76	6.3	1.24	9.3	1.91
3.4	0.77	6.4	1.26	9.4	1.93
3.5	0.78	6.5	1.28	9.5	1.96
3.6	0.80	6.6	1.30	9.6	1.98
3.7	0.81	6.7	1.32	9.7	2.01
3.8	0.83	6.8	1.34	9.8	2.03
3.9	0.84	6.9	1.36	9.9	2.06
4.0	0.86	7.0	1.38	10.0	2.08
4.1	0.87	7.1	1.40	10.1	2.11
4.2	0.89	7.2	1.42	10.2	2.14
4.3	0.90	7.3	1.44	10.3	2.16
4.4	0.92	7.4	1.47	10.4	2.19
4.5	0.93	7.5	1.49	10.5	2.22
4.6	0.95	7.6	1.51	10.6	2.24
4.7	0.96	7.7	1.53	10.7	2.27
4.8	0.98	7.8	1.55	10.8	2.30
4.9	0.99	7.9	1.57	10.9	2.33

d'arrosage de 0,5 cm de diamètre et d'environ 1 m de longueur fait un excellent siphon. La **figure 19** illustre ces deux méthodes. La hauteur de chute détermine l'intensité du choc appliqué aux oeufs. Des hauteurs comprises entre 30 cm et 60 cm donnent un choc efficace. La méthode plus rapide consistant à déverser d'un coup le contenu d'un panier, tiroir ou autre équipement d'incubation peut faire blanchir certains oeufs fertiles. Les oeufs de salmonidés ne doivent pas être choqués avant que les yeux de l'embryon ne soient bien visibles chez tous les oeufs.

3.5.6 ÉLIMINATION DES OEUFS MORTS

Il est nécessaire d'éliminer les oeufs morts de l'équipement d'incubation, afin d'éviter qu'ils ne contaminent les oeufs fertiles de champignons (*Saprolegnia*), lesquels se développent inévitablement sur la matière organique inerte. L'opération qui consiste

à extraire les oeufs morts d'un lot d'oeufs en incubation, au moyen d'une pipette ou d'un siphon, s'appelle le piquage des oeufs. Elle peut être effectuée pendant que les oeufs sont verts, dans les deux premiers jours de l'incubation, et après qu'ils sont embryonnés. Cependant, le piquage ne doit pas être effectué pendant la période de fragilité, soit entre 48 heures après la fécondation jusqu'au stade embryonné (**figure 15**). Différentes méthodes ont été développées pour séparer les oeufs blancs des oeufs fertiles.

3.5.6.1 Pipette

La pipette est constituée d'un tube de verre, d'un diamètre approprié à la taille des oeufs à trier, accouplé à une poire de caoutchouc servant à aspirer les oeufs. Ces derniers doivent être étalés sur une claie ou dans un panier d'incubation, de manière à ce que les oeufs blancs soient tous visibles. Ils sont enlevés un à un au moyen de la pipette. Le **tableau 8** donne les diamètres appropriés des tubes de verre à utiliser selon les espèces de salmonidés.

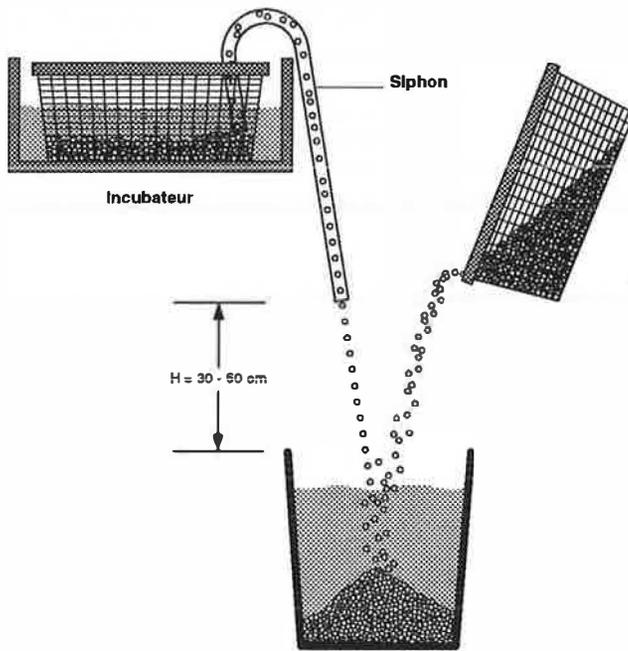


Figure 19 Méthode de choquage des oeufs par déversement dans un contenant rempli d'eau (la hauteur de chute (H) détermine l'intensité du choc)

Cette méthode, bien que très efficace quand elle est exécutée par un pisciculteur expérimenté, ne convient pas pour trier de grandes quantités d'oeufs parce qu'elle exige beaucoup de temps.

Tableau 8 Diamètres appropriés des tubes de verre à utiliser pour le piquage des oeufs d'omble de fontaine, de truite arc-en-ciel et de saumon atlantique

Espèce	Diamètre (mm)
Omble de fontaine	5
Truite arc-en-ciel	7-8
Saumon atlantique	8-10

3.5.6.2 Siphon

Le siphon est une pipette améliorée parce qu'il fonctionne en continu, tel un aspirateur, et ne requiert pas d'être vidé régulièrement de son contenu en oeufs morts comme la pipette. Le réservoir peut contenir beaucoup d'oeufs morts et permet de trier tout un panier d'incubation par exemple. Une fois que le vide a été créé à l'intérieur du siphon, on contrôle le débit d'aspiration simplement en pressant avec les doigts le tube de caoutchouc mince relié au tube de verre. La construction d'un siphon est illustrée à la **figure 20**.

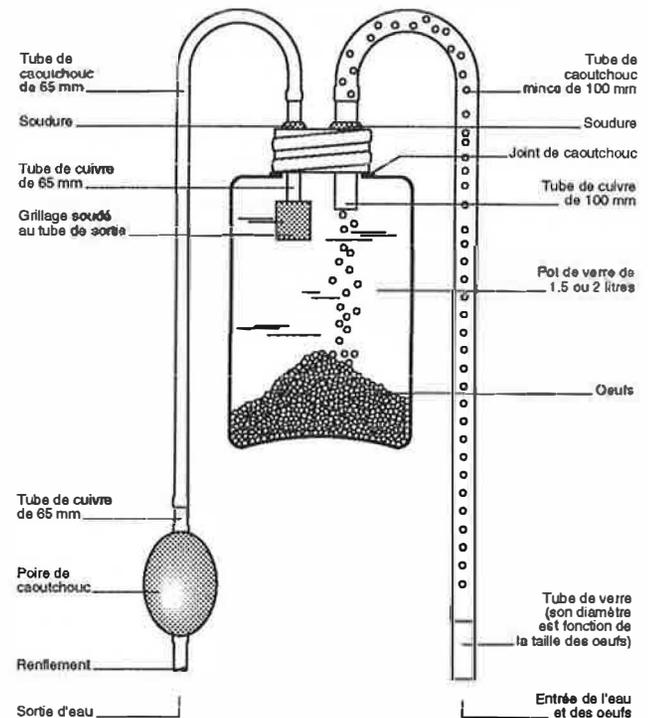


Figure 20 Modèle de construction d'un siphon pour le pipetage des oeufs

3.5.6.3 Flottaison

Une méthode très utile pour trier de grandes quantités d'oeufs consiste à faire flotter les oeufs morts (blancs) à la surface d'une solution concentrée de sel (Anderson, 1962; Mighell, 1977). Elle exploite la différence de densité qui existe entre les oeufs fertiles et blancs, les premiers étant légèrement plus lourds que les derniers. En introduisant un lot complet d'oeufs dans un récipient contenant une solution hypertonique à la bonne concentration, les oeufs fertiles demeurent au fond du récipient alors que les oeufs blancs flottent à la surface de la solution, d'où ils peuvent être éliminés facilement. Il est important que les oeufs aient été choqués 24 heures avant d'effectuer le tri pour donner le temps aux oeufs morts et infertiles de blanchir.

La concentration de sel à dissoudre dans l'eau pour séparer les oeufs morts des vivants dépend de plusieurs facteurs, qui ne peuvent être déterminés d'avance. Il faut donc procéder par des essais avec des échantillons de quelques oeufs. L'écart étant minime entre la densité des oeufs morts et des vivants, il faut effectuer plusieurs essais pour atteindre la concentration idéale de la solution. Cependant, une fois au point, cette méthode permet de trier des oeufs beaucoup plus rapidement qu'avec les méthodes décrites précédemment. Le

tableau 9 donne un aperçu des résultats obtenus à différentes concentrations de sel, utilisées dans de l'eau à une température de 7 °C, pour trier des oeufs d'omble de fontaine. Il est important que la température de la solution soit voisine de la température d'incubation de manière à éviter un choc thermique.

Tableau 9 Flottabilité des oeufs d'omble de fontaine obtenue à des concentrations en sel de 110 à 120 g/litre dans de l'eau à 7 °C.

Concentrations (g/l)	Flottabilité
110	Aucune flottaison
115	Les oeufs blancs flottent
120	Tous les oeufs flottent

La **figure 21** illustre ce procédé et l'équipement nécessaire. Un panier d'incubation peut simplement être immergé dans la solution concentrée de sel et les oeufs morts sont enlevés avec une petite passoire utilisée à la façon d'un écumoir. Ou bien, un séparateur peut être construit. Il consiste en un bac muni de 2 grillages perforés, dont le premier constitue le fond du séparateur et retient les oeufs fertiles, alors que le second est coulissant et se glisse en dessous des oeufs blancs. Le séparateur est immergé suffisamment profondément dans la solution pour permettre de glisser le grillage amovible en dessous des oeufs blancs flottant à la surface.

En cours d'opération, il est nécessaire d'égoutter le plus possible chacun des lots d'oeufs avant de les

immerger dans la solution de sel, de manière à diluer cette dernière le moins possible. Du sel doit être ajouté régulièrement pour maintenir la concentration idéale de la solution. On doit procéder rapidement parce que les oeufs blancs absorbent le sel, ce qui diminue leur flottabilité. Il est aussi important de replacer les oeufs fertiles dans l'eau douce aussi rapidement que possible après le tri.

3.5.6.4 Trieur photoélectrique

Le trieur mécanique est un appareil muni d'un senseur photoélectrique qui différencie les oeufs blancs des oeufs fertiles. Cette machine peut trier jusqu'à 100 000 oeufs à l'heure, dépendant du modèle, et ne requiert comme travail que de l'alimenter en oeufs. Les oeufs morts sont évacués dans une direction et les oeufs fertiles dans l'autre. Cette machine fait en même temps le dénombrement. Son coût est supérieur à 5 000 \$. L'achat n'est donc justifié que pour les entreprises produisant de grandes quantités d'oeufs.

3.5.7 ÉQUIPEMENTS D'INCUBATION

L'incubation des oeufs de salmonidés peut être faite dans différents types d'appareils, dont les claies (clayettes) et les paniers, qui sont disposés dans des bassins rectangulaires (auges) ou circulaires (combi-tanks), dans des seaux (jarres ou cylindres) et des incubateurs à tiroirs. Le **tableau 10** donne les caractéristiques des différents types d'incubateurs.

Tableau 10 Caractéristiques des différents types d'incubateurs

Type	Espèce	Nombre d'oeufs incubés	Débit d'eau utilisé (L/min)	Nombre d'oeufs incubés par L/min d'eau utilisé
Auges + claies (5 - 10 claies)	Truites et ombles	25 000 - 50 000 (5 000/claie)	27 - 32	1 000 - 2 000
Auges + paniers (4 paniers)	Truites et ombles	200 000	45 - 55	3 500 - 4 500
	Saumon	40 000		
Seau (cylindre ou jarre)	Truites et ombles	50 000 - 150 000	3 - 10	15 000 - 25 000
Californiens à tiroirs (8 tiroirs)	Truites et ombles Saumon	120 000	11 - 30	10 000
Combi-tank	Truites et ombles	30 000 - 50 000	15 - 18	2 000 - 3 500
	Saumon	25 000 - 30 000		

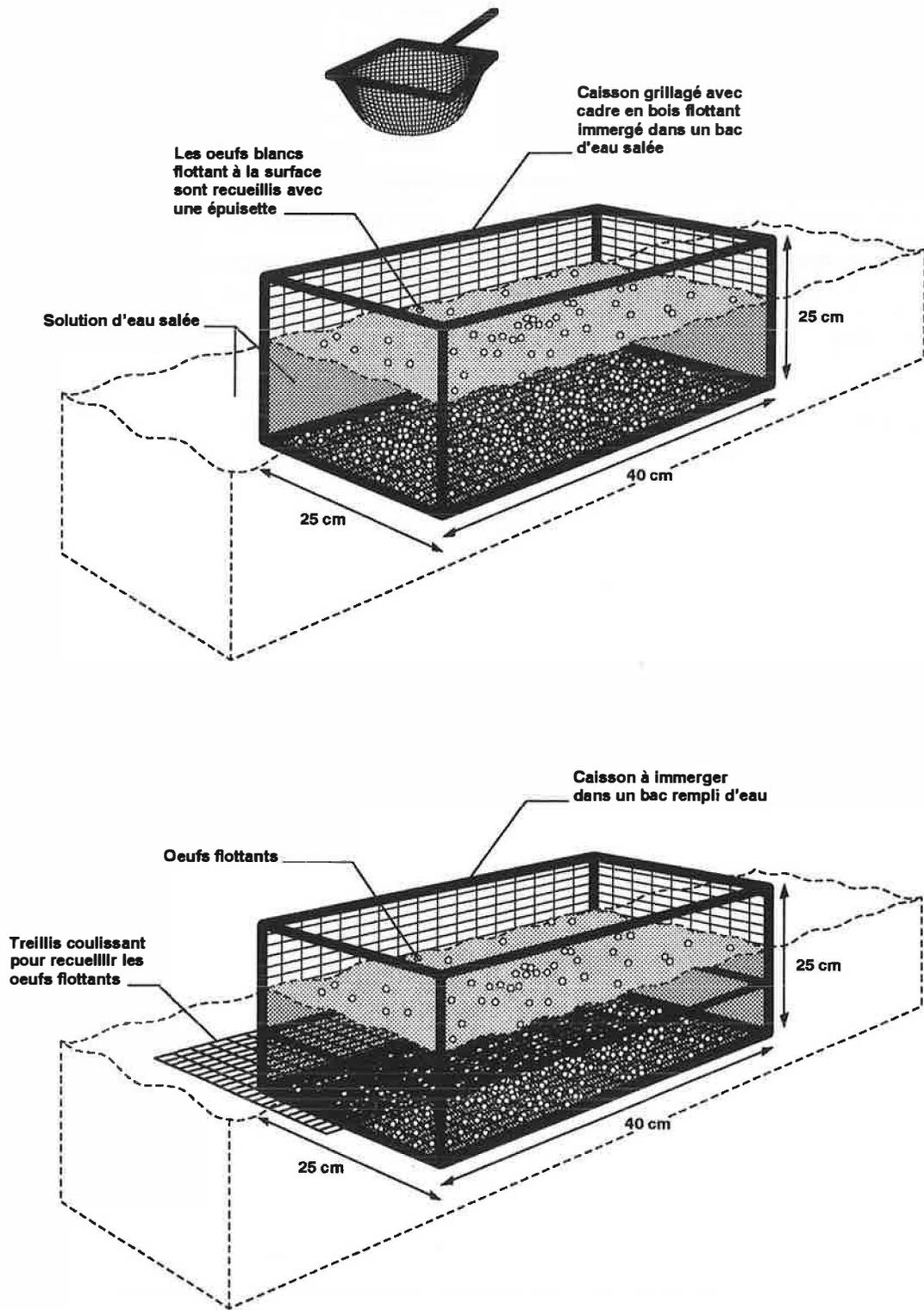


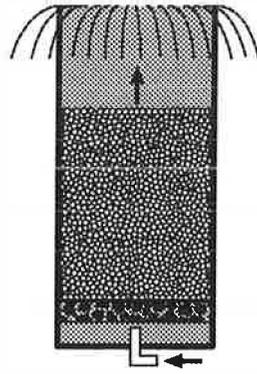
Figure 21 Méthode du tri des oeufs dans une solution concentrée de sel

Les claies et les paniers, sont disposés dans des auges conventionnelles ou des bassins, de manière à ce que le courant d'eau passe à travers les oeufs. La circulation de l'eau à travers les différents supports est illustrée à la **figure 22**. Les oeufs sont disposés en une seule rangée sur les claies ou en vrac dans les paniers. Ce système utilise un espace important pour l'incubation, mais les auges ou bassins sont utilisés après l'incubation pour l'alevinage. L'utilisation de claies permet un accès facile aux oeufs tout au long de la période d'incubation. Après l'éclosion, l'alevin se dépose directement au fond de l'auge. Il est préférable de ramasser les coquilles vides pendant qu'il reste des alevins sur les claies.

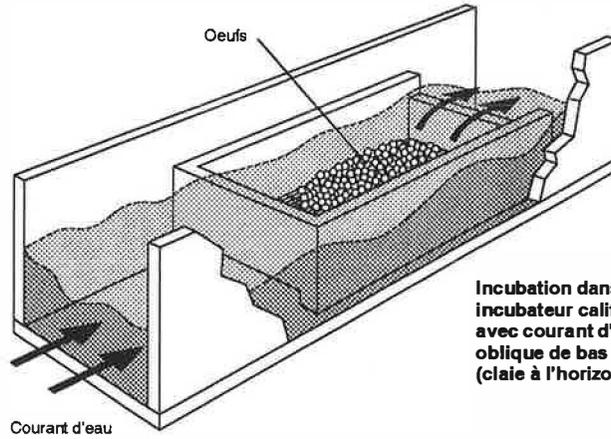
Dans les cylindres (seaux ou jarres), les oeufs sont disposés dans une colonne d'eau ascendante. L'alimentation en eau de chaque cylindre est individuelle et le débit est facilement ajustable au moyen d'une

valve. Le cylindre est l'appareil le plus performant pour ce qui est du nombre d'oeufs incubés par unité de débit d'eau utilisé et il occupe peu d'espace. Bien que les oeufs n'y soient pas aussi facilement observables que sur une claie ou dans un tiroir, si l'hydraulique du système est adéquate, les oeufs morts devraient remonter à la surface, d'où ils peuvent être retirés. Les oeufs peuvent éclore dans l'incubateur ou être déversés dans un vivier peu avant l'éclosion.

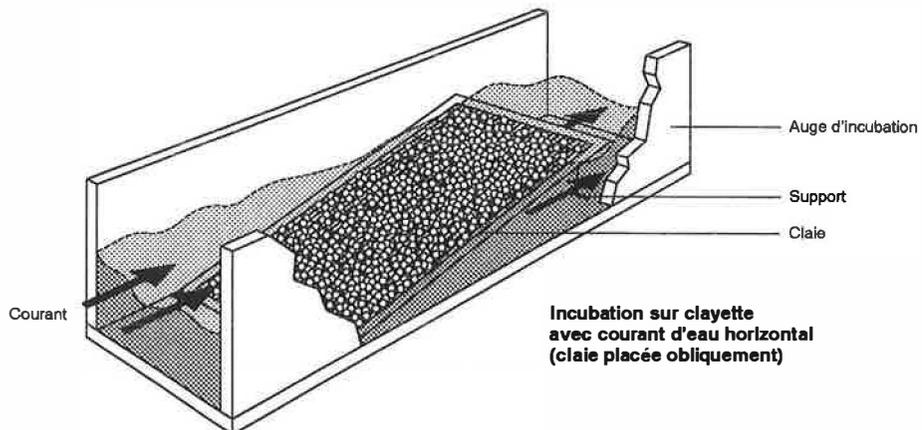
Les incubateurs à tiroirs utilisent également un courant d'eau ascendant. Les tiroirs sont superposés et groupés par blocs de 8 ou 16. Les oeufs sont disposés sur une seule rangée et l'éclosion peut avoir lieu dans l'incubateur. Comparativement aux autres types d'incubateurs qui sont utilisés à l'intérieur des bassins d'alevinage, ces appareils requièrent un espace spécifique dans l'écloserie.



Incubation en vrac dans un seau (cylindre, jarre)



Incubation dans un incubateur californien avec courant d'eau oblique de bas en haut (claie à l'horizontale)



Incubation sur clayette avec courant d'eau horizontal (claie placée obliquement)

Figure 22 Trois types d'appareils destinés à l'incubation des oeufs: seau, panier californien et clayette

3.6 L'ALEVINAGE ET LA PÉRIODE JUVÉNILE

3.6 L'ALEVINAGE ET LA PÉRIODE JUVÉNILE

3.6.1 DÉFINITION

Bien qu'il soit facile de déterminer le début de l'alevinage, qui commence à l'éclosion des oeufs, la fin de cette période est plus sujette à controverse. Pour notre part, nous considérons qu'elle se termine quand les alevins ont atteint un poids de 1,5 g, soit une taille de 5 cm. Nous parlerons de la période juvénile pour les tailles comprises entre 5 cm (1,5 g) et 10 cm (12 g). Le reste de la croissance des salmonidés, jusqu'à la taille commerciale, sera appelé l'engraissement. Cette partie du cycle de production est traitée au fascicule 4 portant sur la croissance et l'engraissement. L'alevinage dure de 2 à 4 mois et la période juvénile, de 2 à 3 mois, dépendant des températures de l'eau utilisée.

3.6.2 RÉSORPTION DE LA VÉSICULE VITELLINE

Après l'éclosion, les alevins vésiculés se tiennent au fond des bassins. Pendant cette période, seules les réserves de vitellus alimentent l'alevin, sans autre apport nutritif de l'extérieur. Elles proviennent de l'oeuf et se localisent, au cours du développement embryonnaire, dans une excroissance abdominale de l'alevin appelée vésicule vitelline. Le vitellus est riche en substances nutritives; il est composé des glucides, lipides, et protéines nécessaires à la croissance de l'alevin.

Une période de deux à six semaines, dépendant de la température de l'eau, est nécessaire pour que l'alevin complète la résorption de la vésicule vitelline.

Les alevins de saumon ne doivent pas être laissés sur un substrat lisse tel que le fond des bassins pendant cette période. À cet égard, ils sont plus sensibles que les alevins de truites. Il en résulterait un étranglement de la vésicule vitelline à la suite de l'activité natatoire, se soldant par une croissance plus faible et un taux de mortalité plus élevé (Hansen et Moller, 1985). Il est nécessaire de déposer un substrat artificiel ("astro-turf" ou "vexor"), qui permet à l'alevin de s'y accrocher par le ventre et ainsi d'éviter de nager pour se maintenir dans le courant d'eau.

Tout comme pendant l'incubation, les bassins d'alevinage doivent être couverts pendant la période de résorption de la vésicule vitelline pour protéger les alevins contre la lumière.

3.6.3 DÉBUT DE L'ALIMENTATION

Une fois l'absorption de la vésicule vitelline complétée, les alevins de truites et d'ombles deviennent plus actifs et montent dans la colonne d'eau, jusqu'à la surface, pour remplir d'air leur vessie natatoire et s'alimenter. À partir de ce stade, les alevins sont prêts à recevoir des aliments. Quand environ 50 % du lot a quitté le fond du bassin, il est requis de commencer à offrir de petites quantités d'aliments. Le saumon a un comportement différent et ne monte pas dans la colonne d'eau. Il demeure au fond pour le début de l'alimentation. Il faut se référer au taux de résorption de la vésicule vitelline pour connaître le moment approprié pour débiter l'alimentation. Selon la méthode du pourcentage de développement cumulé (tableau 7), l'alimentation doit débiter quand 150 % du développement est atteint.

La température de l'eau a une grande importance au début de l'alimentation. Les températures plus élevées activent le métabolisme des poissons, dont la digestion, et stimulent les alevins à s'alimenter davantage et plus fréquemment. Bien que le début de l'alimentation des truites puisse être réalisé même à des températures aussi basses que 2 °C, il est beaucoup plus facile à réaliser à des températures situées entre 8 °C et 12 °C. Le saumon requiert une température d'au moins 6 °C pour le début de l'alimentation et idéalement entre 8 °C et 12 °C.

Si l'alimentation n'est pas commencée pendant cette période critique, les alevins perdent leur instinct de s'alimenter et meurent d'inanition par la suite. Au début de l'alimentation, il peut être nécessaire d'humidifier légèrement l'aliment et de le disperser à la surface de l'eau pour stimuler l'appétit et l'activité des poissons en imprégnant l'eau d'une odeur de moulée.

Les alevins de truites doivent être alimentés fréquemment mais en petite quantité. Des distributions d'aliments environ toutes les heures, à raison d'une douzaine de repas par jour, sont nécessaires pour la période du début de l'alimentation. Les aliments peuvent être distribués à la main où au moyen de nourrisseurs automatiques. Cependant, il faut vérifier périodiquement que les alevins s'alimentent bien pendant les distributions d'aliments si des nourrisseurs sont utilisés.

Le début de l'alimentation est plus difficile à réaliser avec le saumon qu'avec la truite. Pour commencer l'alimentation des alevins de saumon, il est nécessaire

de laisser dériver continuellement à la surface de l'eau une petite quantité d'aliments. Contrairement aux truites, le saumon atlantique ne se déplace pas jusqu'à la nourriture, il reste au fond en attendant qu'elle passe à sa portée. Il y a quelques années, l'utilisation d'une nourriture vivante, un crustacé d'eau salée (*Artemia*), était nécessaire pour commencer l'alimentation du saumon. Aujourd'hui, on peut utiliser un aliment artificiel de départ semi-humide, qui donne de bons résultats et est beaucoup plus simple d'utilisation. Les nourrisseurs automatiques sont utilisés de préférence à l'alimentation manuelle afin d'éviter le stress aux alevins de saumon, qui y sont très sensibles pendant cette période.

Il est absolument nécessaire d'enlever régulièrement les aliments non consommés pendant la période du début de l'alimentation. Ceci évite que les fines particules de nourriture ne détériorent la qualité du milieu et n'affectent les branchies des alevins. Le saumon, qui demeure au fond du bassin pendant plusieurs jours après le début de l'alimentation, est encore plus sensible à ce problème. Les bassins circulaires et suédois conviennent mieux pour commencer l'alimentation du saumon parce qu'ils sont autonettoyants. Ils évitent les problèmes de colmatage des branchies par les restes d'aliments.

Les alevins ne doivent pas être exposés à la lumière directe du soleil. Pour le saumon, les premiers jours d'alimentation doivent être réalisés dans la pénombre, à une intensité lumineuse inférieure à 50 lux à la surface de l'eau (Babtie et al. 1986). L'éclairage peut être maintenu pendant les 24 heures de la journée et l'alimentation mécanique devrait se poursuivre tout au long de cette période.

La quantité d'aliment à distribuer aux truites en début d'alimentation correspond à celle qui est indiquée dans les tables de rationnement. Pour le saumon, il est recommandé de distribuer une ration supérieure à la table d'alimentation pendant les premiers jours, soit environ 8 % de la biomasse de poisson contenue dans le bassin. Les alevins de saumon doivent être environnés de toutes parts d'aliment. Le **tableau 11**

donne les quantités d'aliment recommandées pour le début de l'alimentation chez la truite et le saumon en fonction de la température de l'eau.

Les alevins supportent bien l'entassement et le début de l'alimentation réussit mieux dans des conditions de densités optimales. Les densités trop faibles donnent de moins bons résultats. Au début de l'alimentation, des densités de 10 000 et 5 000 poissons/m² de surface de bassin, respectivement pour les truites et le saumon, sont convenables. À titre d'exemple, une auge de 4,9 m de longueur présente une surface d'environ 1,5 m² et peut contenir 15 000 alevins de truites. Un bassin suédois de 1 m² peut contenir environ 5 000 alevins de saumon. Il faut diminuer la densité régulièrement par la suite au fur et à mesure que les alevins grossissent.

3.6.4 TRI DES ALEVINS

Le tri des alevins doit être effectué fréquemment. Le taux de croissance des poissons est individuel. Or, il s'installe des disparités de taille marquées chez les poissons non triés. Les plus gros poissons étant plus opportunistes que les petits pour la prise de nourriture, l'écart entre les tailles s'accroît encore davantage avec le temps.

Les poissons triés régulièrement pendant la période d'alevinage se retrouvent en groupes homogènes ayant à peu près le même taux de croissance. Cette pratique diminue les besoins de trier les poissons ultérieurement pendant la période d'engraissement et assure un meilleur patron de croissance du stock pour l'obtention de produits uniformes rendus à la taille commerciale.

3.6.5 TAUX DE SURVIE

Pour la plupart des pisciculteurs, la qualité des oeufs et des alevins est habituellement définie en terme de taux de survie. Laquelle peut varier considérablement d'une entreprise à l'autre et même d'une année à l'autre dans

Tableau 11 Rations alimentaires quotidiennes, en pourcentage de la biomasse de poisson, recommandées en début d'alimentation pour la truite et le saumon atlantique en fonction de la température de l'eau.

Température (°C)	Truites et ombles		Saumon	
	< 0,12 g	0,12 - 1,5 g	0,2 - 0,5 g	0,5 - 1,2 g
2	2,7	2,2	1,4	1,0
4	3,1	2,6	2,7	1,9
6	3,6	3,0	4,1	3,0
8	4,3	3,6	5,3	3,7
10	5,2	4,3	6,0	4,2
12	5,8	4,9	6,3	4,4
14	6,7	4,5	6,5	4,5

une même entreprise. Un cycle de production de juvéniles commence avec la sélection des reproducteurs et se poursuit avec leur engraissement, l'extraction des produits sexuels, l'incubation et l'alevinage. Comme nous l'avons montré dans ce guide technique, plusieurs facteurs peuvent agir et certains incidents peuvent aussi subvenir au cours d'un cycle de production de juvéniles, lesquels affectent les taux de survie des oeufs et des alevins. Selon Bromage et Camaranatunga (1988), dans les conditions commerciales de production de truite arc-en-ciel, les taux de survie attendus aux différentes étapes du développement sont de 90 % après la fertilisation, 80 % après le stade oeillé, 75 % après l'éclosion, 60 % au début de l'alimentation et 35 % à 4 mois d'âge (**Figure 23**).

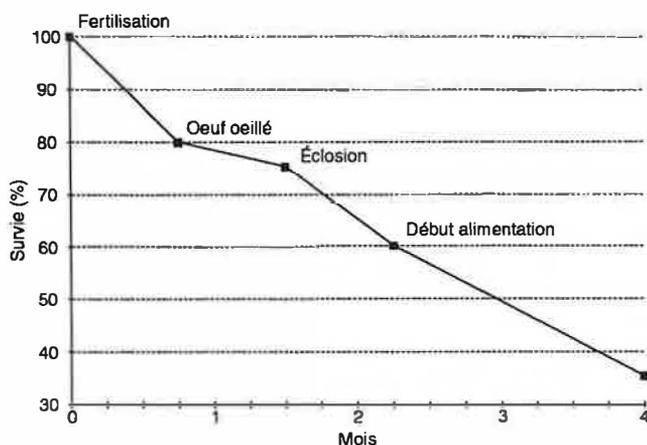


Figure 23 Taux de survie moyens attendus à différentes étapes de l'incubation et de l'alevinage dans des conditions d'élevage commerciales (adaptée de Bromage et Cumaranatunga, 1988)

3.6.6 BASSINS D'ALEVINAGE

Les bassins disponibles pour l'alevinage sont de type rectangulaire, comme les auge et les viviers, circulaire (standards ou combi-tanks) ou carré aux coins arrondis (type suédois). Les caractéristiques de ces bassins sont données au **tableau 12**. D'autres types de bassins de fabrication artisanale (en bois, fibre de verre ou métal peint) ou provenant de la récupération (piscines en plastique, réservoirs industriels en acier inoxydable, baignoires, etc.) sont également utilisés.

Le début de l'alimentation et l'alevinage ont lieu dans des auge ou des bassins circulaires ou suédois de petites dimensions (170 - 280 litres). Tous ces types de bassins conviennent pour commencer l'alimentation des truites et des ombles.

Le début de l'alimentation des saumons se fait plus efficacement dans les bassins autonettoyants, de type suédois ou circulaire, qui éliminent efficacement les

résidus d'aliments et les fèces du fond des bassins. La grande quantité d'aliments non utilisée lors du démarrage de l'alimentation chez le saumon et le comportement de ce dernier, consistant à demeurer au fond du bassin, requièrent l'utilisation de ces bassins. L'élimination rapide des résidus permet d'éviter l'apparition de problèmes d'infections aux branchies. Le bassin suédois aux coins arrondis, qui présente une plus grande surface par unité de volume par rapport au bassin circulaire, a été développé pour le saumon.

Autrement, l'utilisation de bassins qui ne sont pas autonettoyants, comme les auge, nécessite d'évacuer régulièrement vers le drain les résidus d'aliments et les fèces accumulées au fond, au moyen d'un pinceau ou d'une brosse. Cela prend du temps dans une exploitation qui comporte un nombre important d'unités d'élevage, en plus de faire courir un risque aux alevins.

La taille des bassins choisie est une question de préférence, d'expérience et aussi de coût, bien que les dimensions de bassins proportionnelles à la taille des poissons soient préférables. Un bassin demandera d'autant plus d'attention s'il est grand et contient plus d'alevins. Des bassins circulaires d'un mètre de diamètre ou de type suédois de 1 mètre de côté sont excellents pour les alevins en début d'alimentation. Les auge ont une forme rectangulaire et mesurent de 2,5 m à 4,8 m de longueur sur environ 35 cm de largeur. Elles sont excellentes pour le début de l'alimentation chez la truite mais ne sont pas idéales pour le saumon.

L'utilisation de bassins trop grands pour la taille des poissons crée des problèmes techniques pour les manipulations, l'alimentation et le nettoyage. Par ailleurs, les bassins de petites dimensions permettent de réaliser les entassements minimaux nécessaires pour mieux réussir l'alimentation. De plus, dans les petites unités d'élevage, les risques de propagation généralisée d'une maladie sont plus limités et les traitements sont plus faciles à administrer.

Le débit d'eau à utiliser varie avec le type et la taille des bassins, la taille et l'espèce de poissons et la température de l'eau. Au début, les débits sont généralement faibles parce que les alevins sont incapables de nager dans un courant trop fort. Les **tableaux 13.1 à 13.5** donnent les débits à utiliser pour différents types de bassins selon les charges de poissons et la température de l'eau.

3.6.7 BASSINS POUR LES JUVÉNILES

Les poissons ayant atteint le stade juvénile, soit une taille de 5 cm et un poids d'environ 1,5 g, peuvent être transférés dans des bassins plus grands. Ces derniers peuvent être rectangulaires, circulaires ou

Tableau 12 Caractéristiques des types de bassins utilisés pour la contention des alevins et des juvéniles de truites, d'ombles et de saumon

Type	Forme	Dimensions (cm)	Volume (litres)	Utilisation
Auge	Rectangulaire	L = 250 - 485 l = 33 - 45 h = 15 - 20	170 - 280	Alevinage truites ombles
Circulaire	Circulaire	D = 75 - 100 h = 15 - 23	65 - 180	Alevinage truites ombles saumon
Combi-tank	Plateau rectangulaire	C = 100 h = 15 - 18	150 - 180	Alevinage truites ombles saumon
	Plateau circulaire	D = 150 h = 20	350	
Suédois	Carré	C = 100 h = 15 - 23	150 - 200	Alevinage truites ombles saumon
Combi-tank	Circulaire	D = 150 h = 70 - 80	1 200 - 1 400	Juvéniles truites ombles saumon
Suédois	Carré	C = 200 h = 25 - 30	1 000 - 1 200	Juvéniles ombles saumon
Circulaire	Circulaire	D = 150 - 350 h = 80- 90	1 400 - 8 500	Juvéniles truites ombles saumon
Vivier	Rectangulaire	L = 7 000 - 9 000 l = 75 h = 40 - 50	2 500 - 3 000	Juvéniles truites ombles

L = longueur
l = largeur
h = hauteur
D = diamètre
C = côté

carrés ou encore être des étangs en terre. Les viviers rectangulaires en béton ou en bois, les bassins circulaires et combi-tanks de 1,5 m et plus de diamètre, et les suédois de 2 m de côté sont les plus utilisés pour cette période.

Dans les bassins rectangulaires, il y a une détérioration de la qualité de l'eau de l'amont vers l'aval, soit une

diminution de l'oxygène dissous, une augmentation de l'ammoniac et des solides en suspension. Cela amène les poissons à sélectionner la meilleure eau et à se tenir dans la partie du bassin où est située l'entrée d'eau. Les jeunes poissons sont plus sensibles à la qualité de l'eau et ont plus tendance à se concentrer que les gros. Ce comportement ne se produit pas dans

Tableau 13.1 Charges types pour la truite, en fonction de sa taille et de la température de l'eau, dans une auge d'un volume de 200 litres

Température (°C)	Poids moyen (g)	Longueur (cm)	Nombre	Bio-masse (kg)	Entassement (kg/m ³)	Débit (l/min)	Nombre d'utilisations
11	0,14	2,3	14 000	2,0	9,8	18	0,33
	0,3	2,9	8 000	2,4	12,0	22	0,33
	0,5	3,4	6 000	3,0	15,0	27	0,34
	0,7	3,9	4 500	3,2	15,8	29	0,33
	1,0	4,3	3 600	3,6	18,0	30	0,33
	1,5	5,0	2 700	4,1	20,3	31	0,32
8	0,14	2,3	16 000	2,2	11,2	18	0,24
	0,3	2,9	9 000	2,7	13,5	22	0,24
	0,5	3,4	7 000	3,5	17,5	27	0,25
	0,7	3,9	5 000	3,5	17,5	29	0,23
	1,0	4,3	4 500	4,5	22,5	30	0,25
	1,5	5,0	3 000	4,5	22,5	31	0,23
5	0,14	2,3	20 000	2,8	14,0	18	0,18
	0,3	2,9	12 000	3,6	18,0	22	0,19
	0,5	3,4	8 000	4,0	20,0	27	0,17
	0,7	3,9	6 000	4,2	21,0	29	0,17
	1,0	4,3	5 000	5,0	25,0	30	0,18
	1,5	5,0	4 000	6,0	30,0	31	0,20

les bassins circulaires ou suédois, où les conditions d'eau sont homogènes. Par ailleurs, les bassins rectangulaires requièrent plus d'eau que les bassins circulaires ou suédois. Ils sont néanmoins de bonnes unités pour la production de masse quand le débit d'eau est suffisant. Ils sont faciles à nettoyer, facilitent les manipulations des poissons et conviennent bien au nourrissage. En effet, l'aliment peut dériver sur une bonne distance, ce qui donne plus de temps au poisson de l'attraper. Les bassins rectangulaires sont disposés en série, c'est-à-dire alignés l'un à la suite de l'autre, de manière à ce que la même eau passe d'un bassin à l'autre de l'amont vers l'aval. Le taux de renouvellement de l'eau est de 3 à 4 changements à l'heure dans ces bassins.

Les bassins circulaires et suédois nécessitent des débits d'eau moins importants que les bassins rectangulaires et sont autonettoyants. La circulation de l'eau dans ce type de bassin est suffisante pour entraîner les sédiments vers le drain. Cependant, la vitesse du courant ne doit jamais être grande au point que les poissons dérivent avec le courant. La consommation d'oxygène par kg de poisson serait plus grande dans les bassins circulaires que dans les auges ou les viviers rectangulaires. Cette différence serait due à la demande d'énergie accrue par la vélocité de l'eau dans le bassin circulaire. Ces bassins sont disposés en parallèle, c'est-à-dire que l'eau ne

passé qu'une seule fois dans chacun d'eux et est ensuite évacuée vers les bassins de gros poissons en engraissement. Le taux de renouvellement de l'eau est lent dans ces bassins, soit environ 1 heure.

Les étangs en terre peuvent être une option intéressante pour la contention des juvéniles parce qu'ils requièrent peu de débit d'eau et d'entretien. Ils doivent cependant être munis d'abris contre les oiseaux prédateurs parce que les poissons de cette taille y sont particulièrement vulnérables.

3.6.8 CHARGES

Les charges de poissons rencontrées en pratique dans les bassins au stade alevin et juvénile présentent de grandes variations entre les entreprises. Il en est de même sur le plan de la littérature qui propose des charges pour l'alevinage; les écarts sont importants entre les différents auteurs. À tel point qu'il n'est pas facile de faire des recommandations précises.

Plusieurs facteurs influencent les charges de poissons que peuvent contenir les bassins : l'espèce, la taille et l'état physiologique des poissons, la température de l'eau, le type de bassin, le débit d'eau utilisé, l'aération artificielle, le mode d'alimentation, les performances de croissance désirées, l'expérience du pisciculteur, etc. Pour en arriver à calculer des charges sur une

Tableau 13.2 Charges types pour la truite, en fonction de sa taille et de la température de l'eau, dans un bassin suédois d'un volume de 300 litres

Température (°C)	Poids moyen (g)	Longueur (cm)	Nombre	Bio-masse (kg)	Entassement (kg/m ³)	Débit (l/min)	Nombre d'utilisations
11	0,14	2,3	20 000	2,8	9,3	8,5	1,00
	0,3	2,9	11 000	3,3	11,0	10	1,00
	0,5	3,4	6 500	3,5	10,8	10	0,98
	0,7	3,9	5 000	5,5	11,7	10	1,06
	1,0	4,3	5 000	5,0	18,3	15	0,91
	1,5	5,0	4 000	6,0	20,0	15	0,99
	3,0	6,3	3 000	7,5	25,0	18	0,96
8	0,14	2,3	28 000	3,9	13,1	8,5	0,90
	0,3	2,9	14 000	4,2	14,0	10	0,82
	0,5	3,4	9 000	4,5	15,0	10	0,88
	0,7	3,9	7 000	4,9	16,3	10	0,95
	1,0	4,3	6 000	6,0	20,0	15	0,67
	1,5	5,0	5 000	7,5	25,0	15	0,81
5	0,14	2,3	32 000	4,5	14,9	8,5	0,62
	0,3	2,9	16 000	4,8	16,0	10	0,56
	0,5	3,4	10 000	5,0	16,7	10	0,59
	0,7	3,9	8 000	5,6	18,7	10	0,66
	1,0	4,3	7 000	7,0	23,3	15	0,51
	1,5	5,0	6 000	9,0	30,0	15	0,61
	3,0	6,3	4 500	13,5	45,0	18	0,70

base théorique, il faut se référer à certains paramètres de base mesurables tels que la taille des poissons, la température de l'eau et la consommation d'oxygène.

Un autre facteur important à considérer est l'entassement (kg/m³) maximal que peuvent supporter des poissons d'une taille et d'une espèce données sans que les performances de croissance soient affectées. Il a été démontré que les densités élevées diminuent la croissance des truites, même pendant la période d'alevinage (Refstie, 1977). Il est important de ne pas trop entasser les alevins afin de maximiser leur croissance.

Des charges types pour différentes tailles de truites, températures de l'eau et bassins sont données aux **tableaux 13.1 à 13.5**. Les débits d'eau recommandés pour chacune des charges sont indiqués. Le nombre d'utilisations de l'eau (N.U.) a été calculé pour les débits indiqués. Cette valeur est le rapport de l'oxygène consommé par les poissons sur l'oxygène disponible apporté par le débit d'eau utilisé. Nous considérons que l'oxygène disponible est de 35 % de la concentration à la saturation. Les N.U. inférieurs à 1 indiquent que la charge de poisson recommandée ne consomme pas tout l'oxygène disponible et que cette eau peut être réutilisée dans d'autres bassins sans oxygénation. Les

N.U. égaux à 1 indiquent que la charge de poisson consomme exactement la quantité d'oxygène disponible apportée par le débit d'eau et que cette eau doit être réoxygénée préalablement à d'autres utilisations. Les N.U. supérieurs à 1 indiquent qu'il doit y avoir une oxygénation de l'eau à l'intérieur du bassin parce que la charge de poisson indiquée consomme plus que l'oxygène disponible apporté par le débit d'eau.

À titre d'exemple, les charges d'alevins dans des auges qui sont données pour des températures de 11 °C, 8 °C et 5 °C au tableau 13.1, correspondent à des nombres d'utilisations respectifs de 0,33 (1/3), 0,25 (1/4) et 0,20 (1/5) pour ces températures. Cela indique que 3, 4 et 5 auges, contenant les mêmes charges d'alevins, peuvent être placées en séries respectivement aux températures de 11 °C, 8 °C et 5 °C sans qu'il y ait besoin d'oxygénation.

3.6.9 CHAUFFAGE DE L'EAU

Le chauffage de l'eau consomme énormément d'énergie, soit 70 watts de puissance énergétique par litre/minute de débit d'eau et par degré centigrade d'élévation de température. Cette pratique n'est donc

Tableau 13.3 Charges types pour la truite en fonction de sa taille, à une température de 11 °C, dans un bassin circulaire d'un volume de 1 400 litres

Poids moyen (g)	Longueur (cm)	Nombre	Blo-masse (kg)	Entas-sement (kg/m ³)	Débit (l/min)		
					25 N.U.	30 N.U.	35 N.U.
1,0	3,6	10 000	10,0	7,1	0,9	0,8	0,6
		14 000	14,0	10,0	1,3	1,1	0,9
		18 000	18,0	12,9	1,6	1,4	1,2
1,5	4,1	8 000	12,0	8,6	1,0	0,8	0,7
		10 000	15,0	10,7	1,3	1,1	0,9
		14 000	21,0	15,0	1,8	1,5	1,3
2,0	4,5	6 000	12,0	8,6	1,0	0,8	0,7
		9 000	18,0	12,9	1,5	1,2	1,1
		12 000	24,0	17,1	2,0	1,6	1,4
2,5	4,8	5 000	12,5	8,9	1,0	0,8	0,7
		8 000	20,0	14,3	1,6	1,3	1,1
		10 000	25,0	17,9	2,0	1,7	1,4
3,0	5,1	4 000	12,0	8,6	0,9	0,8	0,7
		6 000	18,0	12,9	1,4	1,2	1,0
		8 000	24,0	17,1	1,9	1,6	1,3
4,0	5,7	3 000	12,0	8,6	0,9	0,7	0,6
		4 000	16,0	11,4	1,2	1,0	0,9
		6 000	24,0	17,1	1,8	1,5	1,3
6,0	6,5	2 000	12,0	8,6	0,8	0,7	0,6
		3 000	18,0	12,9	1,3	1,1	0,9
		4 000	24,0	17,1	1,7	1,4	1,2
		6 000	36,0	25,7	2,5	2,1	1,8
8,0	7,1	2 000	16,0	11,4	1,1	0,9	0,8
		3 000	24,0	17,1	1,6	1,4	1,2
		4 000	32,0	22,9	2,2	1,8	1,5
		5 000	40,0	28,6	2,7	2,3	1,9
10,0	7,7	2 000	20,0	14,3	1,3	1,1	0,9
		3 000	30,0	21,4	2,0	1,6	1,4
		3 500	35,0	25,0	2,3	1,9	1,6
		4 500	45,0	32,1	3,0	2,5	2,1

N.U. : Nombre d'utilisations

Tableau 13.4 Charges types pour la truite en fonction de sa taille, à une température de 8 °C, dans un bassin circulaire d'un volume de 1 400 litres

Poids moyen (g)	Longueur (cm)	Nombre	Bio-masse (kg)	Entassement (kg/m ³)	Débit (l/min)		
					25 N.U.	30 N.U.	35 N.U.
1,0	3,6	14 000	14,0	10,0	1,1	0,9	0,8
		18 000	18,0	12,9	1,4	1,2	1,0
		22 000	22,0	15,7	1,7	1,4	1,2
1,5	4,1	10 000	15,0	10,7	1,1	0,9	0,8
		14 000	21,0	15,0	1,6	1,3	1,1
		18 000	27,0	19,3	2,0	1,7	1,4
2,0	4,5	10 000	20,0	14,3	1,4	1,2	1,0
		14 000	28,0	20,0	2,0	1,7	1,4
		18 000	36,0	25,7	2,6	2,2	1,8
2,5	4,8	8 000	20,0	14,3	1,4	1,2	1,0
		10 000	25,0	17,9	1,8	1,5	1,3
		14 000	35,0	25,0	2,5	2,0	1,8
3,0	5,1	6 000	18,0	12,9	1,2	1,0	0,9
		8 000	24,0	17,1	1,6	1,4	1,2
		12 000	36,0	25,7	2,4	2,0	1,7
4,0	5,7	4 000	16,0	11,4	1,0	0,9	0,7
		6 000	24,0	17,1	1,6	1,3	1,1
		8 000	32,0	22,9	2,1	1,7	1,5
6,0	6,5	3 000	18,0	12,9	1,1	0,9	0,8
		4 000	24,0	17,1	1,5	1,2	1,1
		6 000	36,0	25,7	2,2	1,8	1,6
		8 000	48,0	34,3	2,9	2,5	2,1
8,0	7,1	3 000	24,0	17,1	1,4	1,2	1,0
		4 000	32,0	22,9	1,9	1,6	1,4
		5 000	40,0	28,6	2,4	2,0	1,7
		6 000	48,0	34,3	2,9	2,4	2,0
10,0	7,7	3 000	30,0	21,4	1,7	1,4	1,2
		4 000	40,0	28,6	2,3	1,9	1,6
		4 500	45,0	32,1	2,6	2,2	1,8
		5 000	50,0	35,7	2,9	2,4	2,1

N.U. : Nombre d'utilisations

Tableau 13.5 Charges types pour la truite en fonction de sa taille, à une température de 5 °C, dans un bassin circulaire d'un volume de 1 400 litres

Poids moyen (g)	Longueur (cm)	Nombre	Bio-masse (kg)	Entassement (kg/m ³)	Débit (l/min)		
					25 N.U.	30 N.U.	35 N.U.
1,0	3,6	18 000	18,0	12,9	0,9	0,8	0,7
		22 000	22,0	15,7	1,1	1,0	0,8
		26 000	26,0	18,6	1,4	1,1	1,0
1,5	4,1	14 000	21,0	15,0	1,0	0,9	0,7
		18 000	27,0	19,3	1,3	1,1	1,0
		22 000	33,0	23,6	1,6	1,4	1,2
2,0	4,5	14 000	28,0	20,0	1,3	1,1	1,0
		18 000	36,0	25,7	1,7	1,4	1,2
		22 000	44,0	31,4	2,1	1,8	1,5
2,5	4,8	12 000	30,0	21,4	1,4	1,2	1,0
		14 000	35,0	25,0	1,6	1,4	1,2
		18 000	45,0	32,1	2,1	1,7	1,5
3,0	5,1	8 000	24,0	17,1	1,1	0,9	0,8
		12 000	36,0	25,7	1,6	1,4	1,2
		16 000	48,0	34,3	2,2	1,8	1,6
4,0	5,7	6 000	24,0	17,1	1,0	0,9	0,7
		8 000	32,0	22,9	1,4	1,2	1,0
		12 000	48,0	34,3	2,1	1,7	1,5
6,0	6,5	4 000	24,0	17,1	1,0	0,8	0,7
		6 000	36,0	25,7	1,5	1,2	1,1
		8 000	48,0	34,3	2,0	1,6	1,4
		9 000	54,0	38,6	2,2	1,8	1,6
8,0	7,1	4 000	32,0	22,9	1,3	1,1	0,9
		5 000	40,0	28,6	1,6	1,3	1,1
		6 000	48,0	34,3	1,9	1,6	1,4
		7 000	56,0	40,0	2,2	1,9	1,6
10,0	7,7	4 000	40,0	28,6	1,5	1,3	1,1
		5 000	50,0	35,7	1,9	1,6	1,4
		5 500	55,0	39,3	2,1	1,8	1,5
		6 000	60,0	42,9	2,3	1,9	1,6

N.U. : Nombre d'utilisations

pas réalisable sur le plan économique pour l'engraisement des gros poissons, qui requiert des débits d'eau considérables. Cependant, l'incubation et l'alevinage nécessitent des débits beaucoup moins importants pour lesquels le chauffage de l'eau peut être une pratique rentable.

À titre d'exemple, supposons l'utilisation d'un débit de 100 litres/minute, qui permet de faire la production de plusieurs dizaines de milliers d'alevins. L'eau d'un puits, dont la température initiale est de 5 °C, peut être élevée de 5 °C pour atteindre 10 °C, une température idéale pour le début de l'alimentation. Cela requiert une puissance énergétique de 35 000 watts et coûte environ 1 300 \$/mois d'électricité, au taux de 0,05 \$/kWh. Par ailleurs, l'utilisation d'un système pour la récupération de chaleur permettrait de diminuer ce coût énergétique d'au moins 50 %. Les bassins circulaires et suédois

pour l'alevinage, qui requièrent des débits d'eau plus faibles par unité de charge de poisson, contribuent aussi à diminuer les coûts de cette pratique.

Les gains obtenus par un apport d'eau aux températures optimales pendant les périodes de l'incubation et de l'alevinage justifient cette pratique. Les taux de survie obtenus à l'incubation, la facilité de réussir le début de l'alimentation et les taux de croissance des alevins sont de beaucoup augmentés par rapport aux performances enregistrées dans l'eau plus froide. La **figure 24** fait une comparaison des croissances obtenues avec la truite, à des températures de 5 °C et 10 °C, pendant les trois premiers mois de l'alimentation. Les alevins ont un poids de 1,3 g et 4,1 g après trois mois, respectivement à des températures de 5 °C et 10 °C, soit trois fois plus à la température de l'eau chauffée.

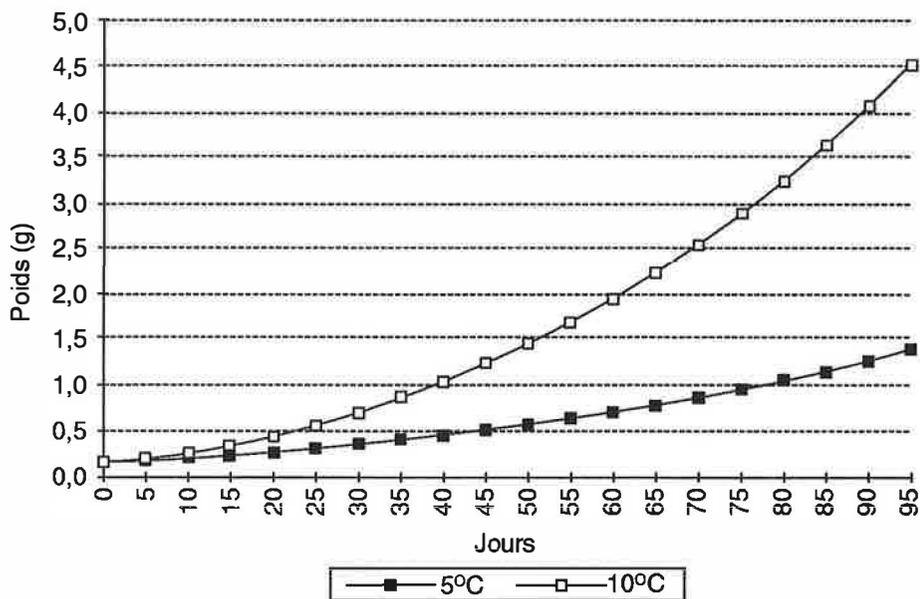


Figure 24 Croissance de l'alevin de truite pendant les trois premiers mois de l'alimentation à des températures de 5 °C et 10 °C

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, R.O., 1962. A sugar flotation method of picking trout eggs. *Prog. Fish-Culturist* 26(3) :124-126.
- Babtie Shaw et Morton, 1986. Standardized Atlantic salmon smolt units. Babtie Shaw et Morton Consulting Engineers, 95 Bothwell Street, Glasgow G2 7HX, Scotland for Department of Fisheries, New Brunswick. 121 pages.
- Billard, R., 1982. Sur quelques possibilités de maîtriser la reproduction chez les poissons téléostéens. *La Pisciculture Française* (67) : 15-33.
- Billard, R., 1983. Environmental factors in salmonid culture and the control of reproduction. Salmonid Reproduction, an International Symposium. Bellevue, Washington, October 31 - November 2, 1983. Robert N. Iwamoto & Stacia Sower, Editors, p. 70-87.
- Boghen, A.D., 1989. Cold-water aquaculture in Atlantic Canada. Ed Andrew D. Boghen, Université de Moncton, Moncton, Nouveau-Brunswick, Canada, 410 pages.
- Breton, B., Maise, G. et Lemenn, E. 1983. Contrôle photopériodique de la saison de reproduction en salmoniculture : une expérience pilote en Bretagne. *Bull. Fr. Piscic.* 288 :35-45.
- Bromage, N. et Cumaranatunga, R., 1988. Egg production in the Rainbow Trout. *Recent Advances in Aquaculture*. Vol. 3. Ed. by James F. Muir and Ronald J. Roberts. Croom Helm, London & Sydney, p. 63-138.
- Bromage, N.R., Elliot, J.A.K., Springate, J.R.C. et Whitehead, C., 1984. The effects of constant photoperiods on the timing of spawning in the Rainbow trout. *Aquaculture* 43 : 213-223.
- Chouinard, M., 1989. Le décalage de la reproduction chez les salmonidés par la photopériode : faisabilité et perspectives. Institut de technologie agro-alimentaire, La Pocatière, ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 8 pages.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater Biology* 11 : 361-368.
- Gaignon, J.L., 1987. L'élevage des juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar*). *La Pisciculture française* (90) : 3-57.
- Garside, E.T. 1966. Effects of oxygen in relation to temperature on the development of embryos of Brook trout and Rainbow trout. *J. Fish. Res. Bd Canada* 23(8) : 1121-1134.
- Gordon, M.R., Klotins, K.C., Campbell, V.M. et Cooper, M.M. 1987. Farmed salmon. broodstock management. Ministry of Environment, Victoria, B.C.
- Hansen, T.J. et Moller, D., 1985. Yolk absorption, yolk sac constrictions, mortality, and growth during first feeding of Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) incubated on Astro-turf. *Can. J. Fish. Aquac. Sci.* 42 : 1073-1078.
- Hazard, T.P. et Eddy, R.E. 1951. Modification of the sexual cycle in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by control of light. *Trans. Am. Fish. Soc.* 80 : 158-162.
- Ingram, M. 1985. Ova and milt high technology broodstock management. Clearwater Publishing Limited. "Thie-ny-Chibbyr", Surby, Port Erins, Isle of Man, British Isles. 111 pages.
- Kane, T., 1985. Atlantic salmon incubation monitoring. Reply to attention of Assistant Director, Fish Technology Center, Northeast Fishery Center. 4 pages.
- Laird, L. et Needham, T., 1988. Salmon and trout farming. Ellis Horwood Limited, Market Cross House, Cooper Street, Chichester, West Sussex, P019 1EB, England. 257 pages.
- Leitritz, E. et Lewis, R.C., 1980. Trout and salmon culture. *California Fish Bulletin*, Number 164, Division of Agricultural Sciences, University of California. 197 pages.
- Levanduski, M.J. et Cloud, J.G. 1988. Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) semen : Effect of non-motile sperm on fertility. *Aquaculture* (75) : 171-179.
- Liley, N.R., Cardwell, J.R. et Rooger, Y., 1987. Current status of hormones and sexual behavior of fish. In *Reproductive Physiology of Fish*. Idler DR, Crim LW et Walsh JM, St-John's, p. 142-491.
- Mighell, J.L., 1977. Device for rapid separation and removal of dead salmon eggs. *Prog. Fish-Culturist* 39(3) : 151-152.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1982. Désinfection des oeufs de poissons. Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Service de l'aquiculture. N° 3-88-4060, 15 pages.
- Morin, R. 1993. Productions d'oeufs et d'alevins hâtifs de Truite arc-en-ciel au moyen d'un contrôle photopériodique de la saison de reproduction. Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agroalimentaire. Projet : 2A2-15230400-041, 24 pages.

Morrison, J.K. et Smith, C.E., 1986. Altering the spawning cycle of Rainbow Trout by manipulating water temperature. *The Progressive Fish-Culturist* 48 : 52-54.

Peterson, R.H., Spinney, H.C.E. et Sreedharan, A., 1977. Development of Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs and alevins under varied temperature regimes. *J. Fish. Res. Board Can.* 34 : 31-43.

Piper, R.G., McElwain, I.B., Orme, L.E., McCraren, J.P., Fowler, L.G. et Leonard, J.R., 1982. *Fish Hatchery Management*. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 517 pages.

Pitman, R.W. 1979. Effects of female age and egg size on growth and mortality in Rainbow Trout. *The Prog. Fish Cult.* 41(4) : 202-204.

Refstie, T., 1977. Effect of density on growth and survival of Rainbow trout. *Aquaculture* 11 : 329-334.

Scott, A.P., Baynes, S.M., Skarphédinsson, O. et Bye, V.J. 1984. Control of spawning time in rainbow trout, 43 : 225-233.

Silver, S.J., Warren, C.E. et Doudoroff, P., 1963. Dissolved oxygen requirements of developing Steelhead trout and Chinook salmon embryos at

different water velocities. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 92(4) : 327-343.

Springate, J.R.C., Bromage, N.R., Elliott, J.A.K. et Hudson, D.L. 1984. The timing of ovulation and stripping and their effects on rates of fertilization and survival to eying, hatch and swim-up in the Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture* 43 : 313-322.

Stevenson, J.P., 1980. *Trout farming manual*. Fishing News Books Limited, Farnham, Surrey, England. 186 pages.

Turgeon, Y., 1983. Vert de malachite. Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Service de l'aquaculture. No3-88-9041. 9 pages.

Turgeon, Y., 1985. Anesthésie des poissons. Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Service de l'aquaculture. N°3-28-6001. 14 pages.

Vernier, J.M. 1969. Table chronologique du développement embryonnaire de la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri* Rich. 1836. *Annales d'embryologie et de morphogénèse* 2(4) : 495-520.



Gouvernement du Québec
**Ministère de l'Agriculture, des
Pêcheries et de l'Alimentation**

96-0149