

Année universitaire : 2017-2018

Spécialité : SML-Biologie

Parcours (et option éventuelle) :

Sciences Halieutiques et aquacoles (AQUA)

Mémoire de fin d'études

d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Conception et réalisation d'une écloserie d'esturgeons, organisation et analyse d'une première campagne test à partir d'œufs fécondés

Par : Antoine MOUILLERON

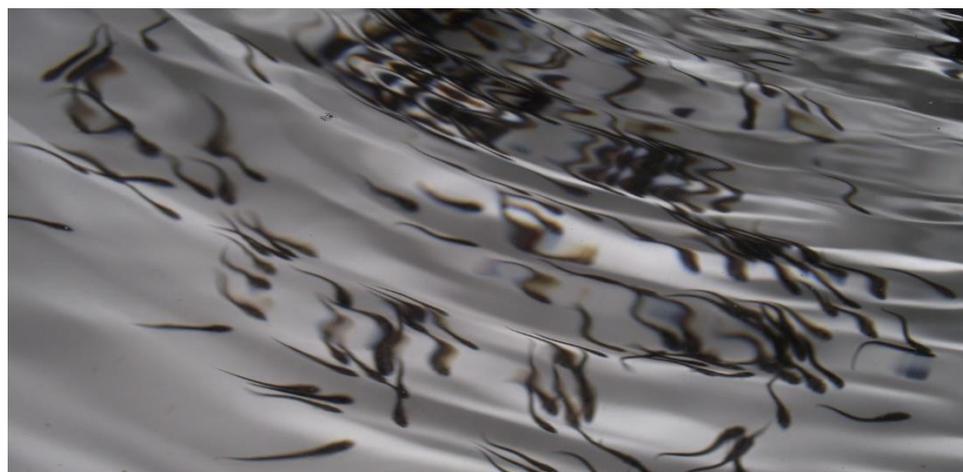


Photo personnelle

Soutenu à RENNES le 12/09/2018

Devant le jury composé de :

Président (Enseignant référent) : LE BRIS Hervé

Maître de stage : DEVERLANGES Laurent

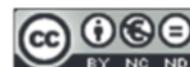
Autres membres du jury

OMBREDANE Dominique (Enseignant-chercheur Agrocampus Ouest)

FOSTIER Alexis (INRA LPGP)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Patrimoine-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Remerciements

Ce stage fut une réelle réussite tant au niveau professionnel que personnel. L'entreprise qui m'a accueilli durant ces 6 mois de stage m'a permis d'apprendre et de me former au monde encore récent de l'aquaculture et m'a fait confiance tout au long du stage pour valider les acquis que j'ai pu obtenir au cours de mes études. Le travail qui a été mené durant ce stage n'aurait pas pu voir le jour sans l'appui et la confiance portée à ce sujet par mon maître de stage Laurent DEVERLANGES (PDG de l'entreprise) qui m'a confié le projet de l'écloserie et qui a mis tous les moyens en œuvre pour la réussite du projet et de mon stage. Merci encore pour la confiance accordée et pour les années à venir.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de l'entreprise qui a su m'accueillir à bras ouverts et donner de leur temps dans le but de transmettre leur passion et leur savoir, et en premier lieu l'équipe de pisciculteurs avec Antoine SEKLI le responsable d'élevage pour qui les esturgeons n'ont plus de secret. Mathieu, Pierre et Brandon, merci pour les bons moments partagés sur la pisciculture.

Merci également à l'équipe de maintenance qui a permis la construction de l'écloserie à une allure folle. Jérôme RAPNOUIL le responsable de l'équipe dont le champ de connaissances et de compétences n'a toujours pas trouvé de limites mais également Alban et Stéphane pour leur aide et leur bonne humeur au quotidien.

L'intégration rapide à l'entreprise a été facilitée grâce à Anthony qui en dehors des heures passées pour la commande de matériel pour l'écloserie, nous a permis de passer de bons moments en dehors de l'entreprise avec Julien (responsable du service expédition de l'entreprise).

L'ambiance conviviale de travail est également à associer aux nombreuses personnes présentes dans les bureaux de Neuvic, Chloé en R&D, Marie entre deux déplacements commerciaux, Célia en boutique, Jean pour l'administratif, Yohan, Cédric et Jessica pour les visites, Aurélien en informatique, Kathleen et l'ensemble du personnel du laboratoire, Adélia en service RH, Emelyne en communication ou encore Nathalie et Gislain en comptabilité.

Pour mener à bien le projet d'écloserie, j'ai pu compter sur l'aide précieuse et l'expertise de Patrick CHEVRE de l'IRSTEA et des vétérinaires Armand LAUTRAITE et Gilles GROSMOND. Merci pour votre aide.

Je tiens également à remercier mon pote, mais aussi colocataire et collègue de travail Guillaume Brit pour l'aide apportée lorsque j'en avais besoin, pour les moments passés en Dordogne et pour les remplacements les week-ends où je ne pouvais pas être disponible pour l'écloserie.

Enfin, merci à Agrocampus Ouest et tout particulièrement à Hervé LE BRIS, mon tuteur universitaire qui m'a enseigné les bases d'aquaculture et qui s'est rendu disponible au cours du stage pour me conseiller et me guider lors de la rédaction de ce mémoire.

Je remercie aussi l'ensemble du jury pour l'attention portée à ce travail de 6 mois qui dans le contexte décrit ci-dessus m'a paru beaucoup plus court.

Table des matières

Remerciements

Table des Annexes

Avant-Propos

Introduction	1
Historique de l'élevage d'esturgeon.....	1
L'entreprise HUSO (SAS).....	1
Le projet mené	1
I- Conception d'une écloserie d'esturgeon	2
I.1) Introduction.....	2
I.1.1) Contexte.....	2
I.1.2) Modèle biologique	2
I.1.3) Infrastructures	3
I.1.4) Objectifs	4
I.2) Méthodologie et organisation du travail.....	4
I.2.1) Plans et construction	4
I.2.2) Bassins d'élevage	5
I.2.3) Traitement de l'eau recirculée	6
I.2.4) Organisation d'une campagne d'élevage test.....	7
I.3) Résultats.....	8
I.3.2) Débit de circulation de l'eau	8
I.3.3) Circulation de l'eau dans les bassins.....	8
I.3.3) Oxygénation de l'eau du circuit.....	10
I.3.4) Relevé de Température.....	11
I.3.6) Hygiène et stérilisation	12
I.4) Interprétations/Discussions.....	13
I.4.1) Circulation de l'eau.....	13
I.4.2) Filtration	13
I.4.3) Température.....	13
I.4.4) Hygiène et Stérilisation.....	14
I.4.5) Problèmes d'asphyxie	14
I.4.6) Modifications futures	14
II- Première campagne d'élevage dans l'écloserie	15
II.1) Introduction.....	15
II.1.1) Biologie de l'esturgeon	15
II.1.2) L'espèce élevée : <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	15

II.1.3) La reproduction	16
II.1.4) Fécondation et incubation	16
II.1.5) Développement larvaire.....	16
II.1.5) Alevinage	17
II.2) Méthodologie et organisation	17
II.2.1) Incubation.....	18
II.2.2) Alimentation larvaire.....	19
II.2.3) Alevinage	20
II.2.4) Suivi de croissance	21
II.2.5) Mortalité et indice de conversion	22
II.3) Résultats.....	22
II.3.1) Incubation.....	22
II.3.2) Elevage larvaire.....	22
II.3.3) Alimentation larvaire.....	23
II.3.4) Tris des alevins	25
II.3.5) Alevinage	26
II.3.6) Indice de conversion	28
II.4) Interprétations/Discussions	28
II.4.1) Réception des œufs	28
II.4.2) Eclosion	29
II.4.3) Elevage larvaire.....	29
II.4.4) Alimentation larvaire.....	29
II.4.5) Tris des alevins	30
II.4.6) Croissance	30
II.4.7) Indice de Conversion.....	31
II.4.8) Acclimatation.....	31
Conclusion	32
Bibliographie	33
Annexes	35

Table des illustrations

Figure 1: Plan de l'écloserie dans la conformation avec bassins subcarrés.	5
Figure 2: Auges et pieds de support pour le développement larvaire. Jarre d'incubation située dans l'auge.	5
Figure 3: Schéma du filtre de l'écloserie.	7
Figure 4: Frise chronologique de l'avancée des travaux (photos personnelles).	8
Figure 5: circulation de l'eau dans les raceways (photo personnelle).	9
Figure 6: Photo du système de chasse des raceways (photo personnelle).	10
Figure 7: Evolution de la saturation en oxygène (en pourcentage de saturation) de l'eau du circuit de l'écloserie.	10
Figure 8: Evolution de la température (en °C) de l'eau de l'écloserie sans ajustement par une pompe à chaleur.	11
Figure 9: Evolution des concentrations en composés azotés dans l'eau du circuit (en mg/L) ; ammonium en bleu, nitrites en orange et ammoniacque en gris.	12
Figure 10: Photo d'esturgeon russe (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>) (photo tirée du site acipensersrl).	15
Figure 11: Photo des œufs au 5ème jour d'incubation dans une jarre de 6L posée dans l'auge. (photo personnelle)	18
Figure 12: Composition nutritionnelle de l'aliment « Le Gouessant », utilisé pour l'élevage larvaire (photo personnelle).	19
Figure 13: Cystes d'artémia utilisés pour la culture de nauplies d'artémia (photo personnelle).	20
Figure 14: Trieur à barreaux (réglé à 13mm) (photo personnelle).	21
Figure 15: Œufs infectés par la saprolégniose retiré de la jarre (A). Siphonage des amas d'œufs touchés par la saprolégniose dans la jarre (B). (Photos personnelles).	22
Figure 16: Regroupement des larves au 9ème jour et nage face au courant, comportement de "schooling". (Photo personnelle).	23
Figure 17: Evolution du poids larvaire moyen pour les deux lots jusqu'à 30 jours post-éclosion ; ART = régime mix artémia + granulé, GRA= régime 100% granulé	24
Figure 18: Evolution de la taille larvaire au cours du temps avec distinction du régime alimentaire ; ART= régime mix artémia + granulé, GRA= régime 100% granulé.	24
Figure 19: Evolution du pourcentage de mortalité journalière pendant les 30 premiers jours pour les deux lots avec régime alimentaire différent.	25
Figure 20: Evolution du poids moyen en grammes pour les différents lots. Art= tête de lot régime mix, GRA= tête de lot régime granulé et Queue de lot= alevins <13mm au 53ème jour.	26
Figure 21: Evolution du pourcentage de mortalité journalière pour les 3 lots différents pendant les 78 premiers jours. Artémia : tête de lot régime alimentaire larvaire mix, Granulé : tête de lot régime alimentaire larvaire granulé.	27
Figure 22: Photo des alevins du régime granulé morts après la panne intervenue dans la nuit du 41ème au 42ème jour (photo personnelle).	27
Figure 23: Evolution de l'indice de conversion du 30ème au 78ème jour.	28
Tableau 1: Tri des alevins les plus petits au 37ème jour et élimination des poissons tordus.	25

Table des Annexes

Annexe 1 : Plan et photos de l'écloserie.....	35
Annexe 2 : Photos Dispositif de filtration	39
Annexe 3 : Revêtement des bassins	42
Annexe 4 : Protocole culture de nauplies d' <i>artémia salina</i>	44

Avant-Propos

Le sujet qui m'a été proposé par la société HUSO, consistait à mener le projet de création d'écloserie. Celui-ci a débuté par l'élaboration des plans du bâtiment. La conception de l'écloserie devait prendre en compte la disponibilité limitée en eau pour son fonctionnement mais également garantir le bon développement des poissons en minimisant le risque sanitaire. Le traitement de l'eau recirculée ainsi que le fonctionnement des installations et la commande du matériel nécessaire étaient entre autres des tâches qui m'ont été confiées.

Il était nécessaire de pouvoir tester les installations rapidement afin d'identifier les modifications à apporter avant l'utilisation du bâtiment pour la production de 15 000 alevins par cycle. Pour cela, la réalisation d'une campagne d'élevage test a été menée à partir d'œufs fécondés d'oscietres (*Acipenser gueldenstaedtii*). L'objectif étant de pouvoir tester deux régimes alimentaires larvaire (mix : artémia + granulé et 100% granulé) à partir d'un lot de 15 000 œufs, afin de connaître l'avantage d'un régime par rapport à un autre.

Or des problèmes sont intervenus avec le lot d'œufs reçu ne me permettant pas de mener à bien l'expérimentation envisagée.

Le mémoire rapportant le travail de 6 mois sur la création de la nouvelle écloserie et de son essai a donc été séparé en deux parties. La première traite les aspects conception, construction et fonctionnement des installations en situation d'élevage.

La seconde partie est ré-axée sur le déroulement de l'élevage, les résultats obtenus (croissance, mortalité, indice de conversion) et les pistes d'amélioration pour la prochaine campagne de production programmée en décembre.

Introduction

Historique de l'élevage d'esturgeon

Les pressions sur les ressources naturelles de poissons étant grandissantes, notamment par la rapide augmentation de la population mondiale, ont poussé l'élevage piscicole à se développer et se moderniser au cours du 20^{ème} siècle. Actuellement de plus en plus présente dans les mœurs, l'aquaculture s'est diversifiée en maîtrisant les cycles d'élevages de multiples espèces à des fins de consommation ou de politique de repeuplement.

Parmi elles, l'esturgeon est un poisson qui a subi d'importantes pressions de pêche. Son élevage est vite apparu comme une solution pour répondre à la demande croissante de caviar et pour entamer des campagnes de repeuplement. La consommation historique de ses œufs, le caviar, provient de Russie où ils étaient consommés pour les fêtes traditionnelles et majoritairement réservés aux différents Tsars ainsi qu'à la haute bourgeoisie. Sa consommation s'est par la suite étendue en Europe et en Amérique du Nord puis dans le monde, augmentant la pression sur les différents stocks naturels et poussant progressivement l'élevage à se développer (BRONZI & AL., 1999 ; WILLIOT & AL., 2001, CONTE, 1988).

La France, une des nations pionnières dans ce domaine, a commencé à développer l'élevage de l'esturgeon principalement en Aquitaine où l'espèce locale (*Acipenser sturio*) résidait naturellement avant la chute de la population au cours du 20^{ème} siècle. L'élevage de l'esturgeon européen local s'est essentiellement développé à des fins de repeuplement car la commercialisation de son caviar est interdite (STERNIN & DORE, 1998). L'élevage d'esturgeons destiné à produire du caviar s'est quant à lui intensifié autour de différentes espèces plus orientales, telles que l'esturgeon sibérien (*Acipenser baerii*) aujourd'hui le plus commun en France, l'esturgeon russe (*Acipenser gueldenstaedtii*) mais également d'autres espèces à moindre échelle comme le béluga (*Huso huso*), l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) ou le sterlet (*Acipenser ruthenus*) (WILLIOT & AL., 2001).

L'entreprise HUSO (SAS)

La société Huso, créée en 2011 et implantée en Dordogne (24), commercialise le caviar sous la marque « Caviar de Neuvic ». Elle s'est spécialisée dans l'élevage d'esturgeons dans les eaux de l'Isle, la rivière locale. Deux espèces y sont élevées pour la production de caviar : l'esturgeon sibérien (*Acipenser baerii*) et l'esturgeon russe (*Acipenser gueldenstaedtii*). La maîtrise de l'élevage de ce poisson de l'œuf jusqu'à la femelle mature en état de fournir du caviar étant complexe, l'entreprise fait appel depuis ses débuts à différents écloseurs. Ainsi, l'entreprise est directement fournie en juvéniles d'environ cinquante grammes, leur évitant la maîtrise des étapes complexes du cycle de vie et particulièrement la reproduction et le développement larvaire.

Le projet mené

Cette année, l'entreprise a eu pour ambition d'avoir la main mise sur l'ensemble du cycle et donc pouvoir produire des esturgeons à partir d'œufs fécondés, dans un premier temps, sans être dépendante des écloseurs.

Pour mener ce projet, l'entreprise m'a fait confiance et m'a mis en relation avec différents spécialistes tels que Patrick Chèvre, directeur de la station expérimentales de l'IRSTEA à ST Seurin sur L'Isle, Antoine Sekli responsable de la partie production piscicole au sein de l'entreprise et Jérôme Rapnouil qui a apporté toute son expérience dans la réalisation des infrastructures. J'ai eu pour mission de réaliser les plans de l'écloserie ainsi que l'étude de la circulation de l'eau dans l'écloserie en premier lieu. Dans un second temps, les objectifs de ce projet étaient de définir un plan d'élevage, d'organiser un premier essai d'élevage d'oscietres (*A. gueldenstaedtii*) au printemps à partir d'œufs fécondés et de suivre le comportement de ce premier lot via différents paramètres.

Il est important de préciser que ce bâtiment a été adapté pour l'éclosion et l'élevage jusqu'au stade alevin (30-50g) mais n'a pas été aménagé pour la reproduction. La reproduction est un domaine qui sera étudié et testé dès l'année prochaine et nécessitera quelques aménagements supplémentaires.

Ce mémoire est composé de deux parties permettant de distinguer d'une part la conception de l'écloserie et le suivi du fonctionnement lors de la phase d'essai et d'autre part l'élevage en détaillant entre autres les croissances et mortalités obtenues à chaque étape de développement.

I- Conception d'une écloserie d'esturgeon

I.1) Introduction

I.1.1) Contexte

La société Huso élève principalement l'esturgeon sibérien (*Acipenser baerii*) depuis sa création et commence à élever l'esturgeon russe (*Acipenser gueldenstaedtii*) depuis deux années. L'objectif à terme est de produire ces deux espèces respectivement en circuit recirculé à partir d'eau de forage pour le baeri (projet) et dans les raceways alimentés en eau de rivière (l'Isle) pour *Acipenser gueldenstaedtii*. Ces espèces, tout comme l'ensemble des espèces aquacoles, ont besoin de paramètres environnementaux particuliers selon le stade de développement aussi bien en termes de densité, température ou de luminosité. En ce sens, la conception d'une écloserie se doit d'être soigneusement étudiée pour d'une part permettre un bon développement des esturgeons et d'autre part faciliter le travail du personnel.

I.1.2) Modèle biologique

L'esturgeon est un poisson résistant aux paramètres environnementaux. Il supporte notamment de fortes concentrations en nitrites et ammoniacque (NONNOTTE & AL., 2018 ; SAVIN & AL., 2009) et des températures importantes (KAPPENMAN & AL., 2009). Bien que ces poissons soient résistants, leur croissance est étroitement liée à la température avec un optimum variable selon les espèces. Pour les premiers stades de vie, la température optimale est généralement comprise entre 15 et 22°C (CHEBANOV & AL., 2011, KAPPENMAN & AL., 2009). Une bonne oxygénation de l'eau est nécessaire pour garantir un bon développement, plus particulièrement pour les alevins qui sont davantage sensibles aux stress hypoxiques (NIKLITSCHKE & SECOR, 2009).

I.1.3) Infrastructures

Les installations d'élevages, la circulation et le traitement de l'eau recirculée au sein d'une éclosérie d'esturgeons sont relativement bien documentés (CHEBANOV & AL., 2011 ; CONTE, 1988). L'eau utilisée pour les premières étapes de vie doit être contrôlée et ajustée le plus facilement possible pour être adaptée au bon développement de l'esturgeon (CHEBANOV & AL., 2011). Le milieu doit également être indemne de tout risque pathologique pour éviter de contaminer les œufs, les larves et les alevins qui sont plus fragiles en début de vie. Pour éviter de tels problèmes, la recirculation de l'eau en éclosérie s'impose la plupart du temps (BLANCHETON & AL., 2009).

La disponibilité en eau et sa qualité étant relativement différentes selon la localisation, il est difficile de généraliser la conception d'une éclosérie d'une exploitation à une autre.

I.1.3.1) Installations de filtration

Ce type de circuit présente l'avantage de pouvoir contrôler plus facilement les différents paramètres de l'eau, d'avoir un besoin en eau moindre et de limiter les rejets (BLANCHETON & AL., 2004, ROQUE D'ORBCASTEL, 2008).

Les inconvénients des systèmes recirculés reposent essentiellement sur le traitement de l'eau. De nombreux risques sont associés à ces installations, que ce soient physique (Matières En Suspension), biologique (concentrations trop importantes en CO₂ ou en nitrites) ou encore microbiologique dans l'eau du circuit.

Il existe différentes installations permettant de limiter les matières en suspension (MES) dans le système : décanteurs, filtre à tambour, filtre à sable, mousses filtrantes (tapis japonais), etc...

Concernant le filtre biologique, il est généralement composé de substrat favorable au développement de bactéries nitrifiantes (transformation de l'ammoniaque en nitrites) et bactéries nitrifiantes capables de transformer le nitrite (toxique pour les poissons) en nitrate (forme peu toxique). Ce substrat peut être des bio Balls, substrat artificiel permettant une grande surface d'adhésion pour les bactéries. La pouzzolane est également un substrat minéral microporeux laissant une surface importante de développement pour les bactéries. Enfin des mousses peuvent jouer le rôle de support bactérien bien que la surface d'adhésion proposée par celles-ci soit inférieure aux autres supports cités avant. Il est important de préciser que les bactéries permettant de faire la transformation d'ammoniaque à nitrites puis en nitrates sont aérobies et nécessitent donc un important apport en oxygène pour être efficaces.

Le CO₂ est généralement facilement éliminé dans l'eau grâce à une colonne de dégazage (BLANCHETON & AL., 2004).

La stérilisation de l'eau d'un système recirculé peut prendre différentes formes. Les rayons ultra-violets sont ceux le plus communément utilisés en aquaculture, mais d'autres moyens tels que l'ozonation ou la chloration utilisant respectivement l'ozone et le chlore comme agents stérilisants peuvent être utilisés pour éviter tout risque microbiologique. Les coûts énergétiques de ces différents moyens de traitement peuvent être importants et la dangerosité de certains agents pour les alevins doit être évaluée avant leur utilisation.

I.1.3.2) Installations d'élevage

Parallèlement au choix du système de traitement de l'eau, la conception des bassins

devait être étudiée pour permettre à l'entreprise de produire 15 000 à 20 000 alevins par cycle tout en maintenant des densités inférieures à 30kg/m³. En effet, le maintien d'un élevage en faible densité permet d'une part de réduire le stress du poisson et d'autre part de garantir une meilleure croissance. Une écloserie nécessite d'avoir des bassins adaptés aux trois stades de vie de l'esturgeon que l'on retrouve les trois premiers mois de sa vie : Œufs/larves/alevins. La circulation de l'eau dans les bassins doit permettre un renouvellement complet de l'ensemble du bassin. Cette circulation doit également permettre de pouvoir regrouper les déchets à un seul endroit afin d'effectuer des chasses régulières facilitant l'entretien.

Les esturgeons sont exposés à de nombreux risques pathologiques au cours de leur développement et en particulier aux premières étapes de leur vie. La saprolégniose fait partie des maladies régulièrement rencontrées lors de l'incubation des œufs et pendant la phase larvaire. Mais beaucoup d'autres risques pathologiques sont susceptibles de toucher les alevins durant la phase d'élevage. Pour éviter ces problèmes, un environnement clos avec du matériel désinfecté devait être mis en place.

I.1.4) Objectifs

L'aménagement de l'écloserie devait répondre à toutes ces problématiques bien que certains problèmes soient difficiles à anticiper avant la mise en circulation et le fonctionnement de l'écloserie. L'objectif était dans un premier temps de créer des plans en collaboration avec les responsables de production et de maintenance, le tout supervisé par Laurent DEVERLANGES avant de construire, commander et installer le matériel nécessaire. Puis d'organiser dans un second temps un premier essai d'élevage pour tester nos installations et de corriger les problèmes rencontrés.

I.2) Méthodologie et organisation du travail

I.2.1) Plans et construction

Le domaine de la pisciculture étant classé en zone Natura 2000, la création de nouveau bâtiment est limitée. L'écloserie a donc été construite sur les bases d'un bâtiment qui servait autrefois à l'affinage, inutilisé depuis plusieurs années. La surface disponible pour la construction de l'écloserie était limitée à 160m² (20m de long pour 8m de large). L'objectif étant de procéder à une campagne test à partir de mai 2018, les délais de construction étaient relativement courts. Dans un premier temps, j'ai établi un plan général des bassins et du circuit de l'eau pour que l'équipe de maintenance puisse commencer les travaux de maçonnerie au plus vite. Après comparaison de différentes écloseries décrites dans la littérature (CHEBANOV & GALICH, 2011 ; CHEBANOV & AL., 2011) et de nombreux échanges avec Patrick CHEVRE (IRSTEA), Antoine SEKLI (responsable de la pisciculture) et Jérôme RAPNOUIL (responsable de la maintenance), j'ai construit un plan des bassins de l'écloserie en gardant la base de certains bassins existants. Cette écloserie permet d'accueillir la production de 15 000 alevins par cycle. Le bâtiment a également été conçu pour abriter un SAS d'entrée permettant aux pisciculteurs de se changer et de se désinfecter avant d'entrer dans la partie d'élevage. D'autre part, une chambre de garde avec vue sur l'intérieur de l'écloserie a été aménagée pour me permettre d'être présent durant les périodes les plus critiques du cycle de production (éclosion notamment). Cette chambre est exclusivement ouverte sur l'extérieur du bâtiment et permet également de faire visiter l'écloserie sans faire

entrer les personnes à l'intérieur. Une autre petite pièce aménagée en toilettes est placée juste à côté (Fig. 1).

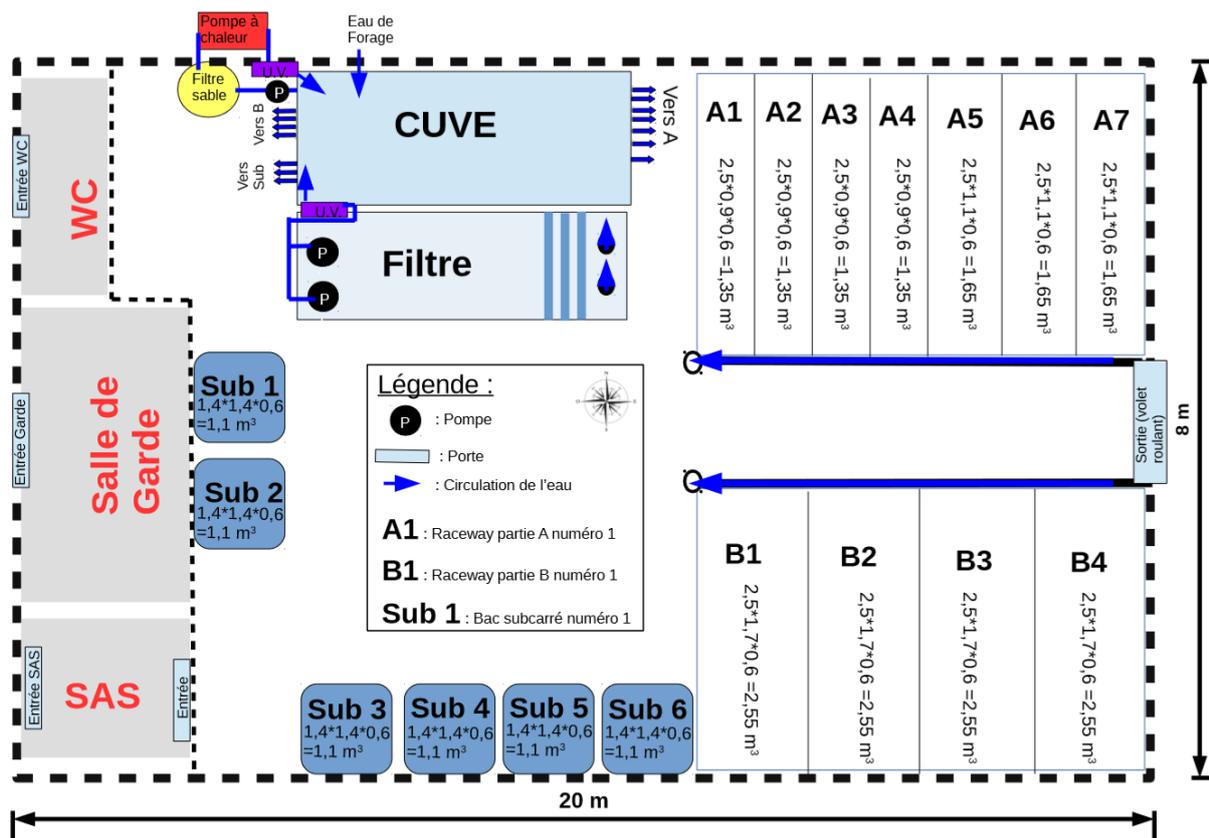


Figure 1: Plan de l'écloserie dans la conformation avec bassins subcarrés.

1.2.2) Bassins d'élevage

L'écloserie regroupe différents bassins permettant l'élevage des esturgeons à différents stades de leur cycle de vie :

- L'incubation des œufs dans des jarres Mc Donald (6L) (Fig. 2).
- Le développement larvaire dans des auge (x3) de 0.35m³ (larves jusqu'à 1g) (Fig. 2).
- Le début de l'alevinage dans des bassins subcarrés amovibles (x6) de 1.1m³ (alevins de 1g → 5g) (voir Fig. 1 : Sub 1 à 6)
- L'alevinage dans des raceways de différentes tailles selon le grossissement (11 au total) de 1.35m³ à 2.55m³ (alevins 5g → 50g) (voir Fig. 1 : A1 à A7 et B1 à B4).

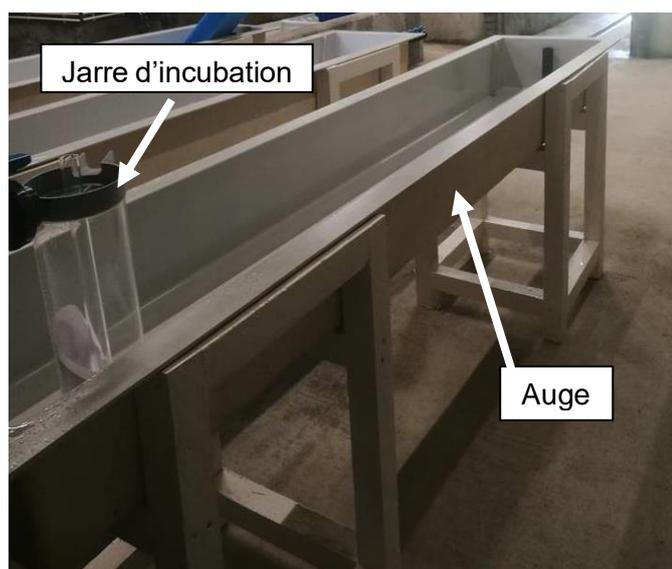


Figure 2: Auges et pieds de support pour le développement larvaire. Jarre d'incubation située dans l'auge.

Deux jarres d'incubations (6L) et 6 bassins subcarrés en résine (140*140*60cm) ont été commandés auprès « d'Aqualor » pour respectivement 125€ et 660€ l'unité. Les auges (300*50*45 cm) ont été achetées d'occasion auprès d'un pisciculteur retraité à 200€ l'unité. Pour garantir l'étanchéité des raceways, un revêtement hypoxie a été sélectionné pour être mis sur l'ensemble des bassins en contact avec de l'eau. Cette peinture appartenant à la gamme « Impermax aqua » est agréée pour l'eau potable et l'aquaculture. L'écloserie étant trop petite pour accueillir l'ensemble du matériel en fonctionnement, une aire de rangement a été aménagée au-dessus du SAS d'entrée et de la chambre de garde. Cette aire de rangement permet de stocker le matériel lorsqu'il n'est plus utilisé selon le stade de développement. Par exemple, lorsque les auges ne sont plus utilisées (fin du stade larvaire), elles sont rangées pour permettre de placer les subcarrés nécessaires au début d'alevinage.

1.2.3) Traitement de l'eau recirculée

La phase la plus complexe de la conception concernait la circulation de l'eau et de son traitement.

L'entreprise dispose depuis quelques années d'eau de drainage puisée à 1m50 de profondeur pour alimenter des bassins d'affinage où mâles et femelles sont entreposés avant leur abattage. Cette eau provient principalement de la nappe d'accompagnement de la rivière et des infiltrations d'eau après les pluies. C'est une eau limpide avec un pH assez élevé (~8.5). Elle présente également l'avantage d'être à une température moins élevée que la rivière en été et plus chaude en hiver. Elle varie dans l'année entre 11 et 20°C contre 8°C à 26°C en rivière. L'eau issue de ce drainage est cependant dépourvue en oxygène (<30% de saturation) et nécessite une réoxygénation avant la mise en contact avec les poissons.

Un puit a été fait sur ce circuit de drainage proche de l'écloserie pour permettre d'installer une pompe qui alimente l'écloserie en eau. L'eau disponible avec ce drainage reste assez limitée (~8m³/H maximum). Or, un renouvellement important en eau est recommandé dans les bassins pour les jeunes stades de développement afin de limiter les risques de toxicité liés à un mauvais traitement. Ceci nous a incité à fonctionner sur le principe d'une recirculation de notre eau dans l'écloserie avec un rejet permanent de l'ordre de 1m³/h.

La circulation d'eau s'effectue à partir d'une cuve qui a été dimensionnée pour permettre la distribution de l'eau dans l'ensemble des bassins par gravité. Une poire de niveau y a été fixée permettant de faire fonctionner la pompe de drainage lorsque l'eau descend sous un certain niveau. Chaque bassin est ainsi relié à la cuve et possède une vanne de réglage accolé à ce réservoir de 7 m³.

Accolé à cette cuve, un filtre permet de traiter l'eau recirculée. Ce filtre est composé de 3 mousses filtrantes (tapis japonais) de trois maillages différents (Fig. 3). Les mousses sont placées à la suite du plus grand au plus petit maillage permettant de réduire considérablement les matières en suspension (MES). Ces mousses sont remplacées régulièrement pour être lavées avec un jet à haute pression. Un traitement occasionnel au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) permet de désinfecter les mousses qui peuvent être support à de nombreux développements bactériologiques.

Parallèlement, le filtre à sable installé sur la boucle de chauffage a été rempli avec du sable de verre d'un diamètre compris entre 0.4 et 0.8 mm. Un entretien hebdomadaire facilité grâce à la vanne 6 voies a été nécessaire pour garantir la bonne efficacité du filtre.

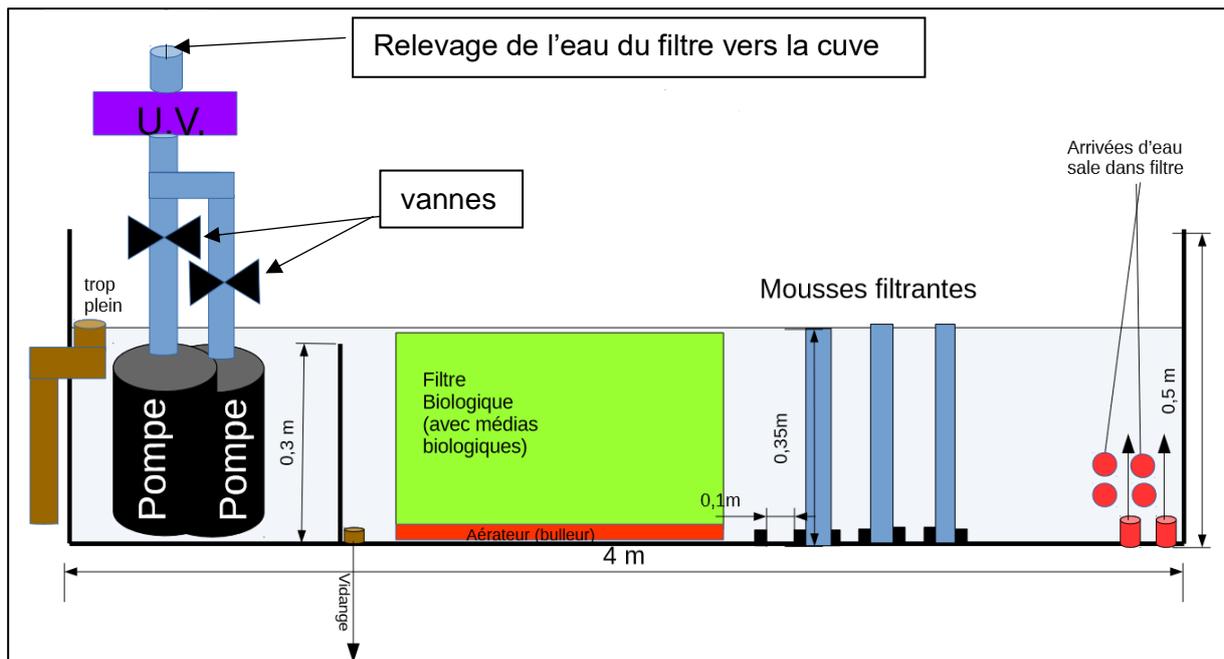


Figure 3: Schéma du filtre de l'écloserie.

L'eau passe ensuite dans un espace assez grand réservé au filtre biologique (Fig. 3). Après de multiples discussions avec Patrick CHEVRE, nous n'avons pas encore aménagé de filtre biologique à partir de bio Balls et d'une forte aération. Il pensait que ce ne serait pas nécessaire dans notre cas. Cependant, les valeurs de nitrites/ammoniaque ont été mesurées lors de la campagne test afin de définir l'utilité ou non d'un aménagement par la suite.

L'eau est ensuite remontée à l'aide de deux pompes dans un UV avant de retourner dans la cuve.

Associé à cette cuve, un circuit tourne en boucle avec un filtre sable permettant de refiltrer l'eau de la cuve puis l'eau est réchauffée ou refroidie à la température souhaitée grâce à une pompe à chaleur. L'eau repasse par la suite dans un filtre UV avant de retomber dans la cuve. Cette boucle permet de réguler la température de l'eau dans l'écloserie mais également de s'assurer d'une bonne filtration et d'une bonne stérilisation. La pompe à chaleur n'a pas pu être installée avant le début de la campagne test. Pour cette année, l'élevage s'est déroulé sans ajustement de la température, mais la régulation de celle-ci sera effective dès la prochaine campagne. L'eau étant dépourvue d'oxygène lorsqu'elle est puisée (< 30% de saturation), une diffusion permanente d'oxygène via un diffuseur dans la cuve permet de maintenir un taux d'oxygénation à 100% de saturation ou légèrement plus dans le circuit.

1.2.4) Organisation d'une campagne d'élevage test

La campagne d'essai nous a permis de contrôler plusieurs paramètres mais également de suivre le comportement des installations durant l'élevage. Elle a commencé début mai avec une réception d'un lot d'œufs fécondés le 9 mai et une éclosion le 12 mai.

L'oxygène a été mesuré tous les jours tout comme la température pour contrôler les bonnes conditions d'élevage mais aussi pour observer les variations de température de l'eau au cours de la saison sans son ajustement.

Des contrôles biochimiques en nitrites, ammoniaque et ammonium ont été effectués à

différentes périodes pour définir l'utilité d'un filtre biologique ou non dans le circuit.

L'écloserie a été conçue pour fonctionner en circuit semi fermé, avec un rejet régulier de l'eau utilisée dans le circuit. Lorsque les alevins ont été transférés dans les raceway, un essai de fonctionnement en circuit complètement clos a été expérimenté. Le renouvellement d'eau permettait seulement de compenser les chasses journalières pour évacuer les déchets des bassins.

1.3) Résultats

1.3.1) Construction de l'écloserie

L'écloserie a été construite très rapidement et a pu être mise en eau dès début mai (Fig. 4).



Aucune fuite d'eau n'a été remarquée durant le fonctionnement de l'écloserie, ni aucun problème de fonctionnement majeur.

1.3.2) Débit de circulation de l'eau

Le débit de chaque bassin a été ajusté de sorte que les pompes de relevage du filtre puissent remonter toute l'eau filtrée arrivant des bassins. Le diamètre des tuyaux, le filtre UV et la hauteur de relevage associés à la puissance des pompes permettent un débit de $21\text{m}^3/\text{h}$. Ce débit a été calculé en mesurant la quantité d'eau relevée du filtre vers la cuve par minute. Le volume total des raceways étant de 20.55m^3 et le volume des subcarrés de 6.6m^3 , le renouvellement total de l'eau dans chaque bassin est donc effectué environ toutes les 1h20 lorsque le circuit marche au maximum et que l'ensemble des raceways et des subcarrés sont en fonctionnement.

L'eau rejetée correspond d'une part à l'évacuation régulière de l'eau issue du filtre ($\sim 1\text{m}^3/\text{H}$) et d'autre part à des chasses effectuées matin et soir dans les bassins pour enlever les fèces et les restes alimentaires.

1.3.3) Circulation de l'eau dans les bassins

L'eau circule de la cuve aux raceways dans des tuyaux coulés dans la chape en béton. L'eau remonte dans des tuyaux en PVC et arrive au-dessus des bassins. L'arrivée d'eau en hauteur permet de pouvoir observer le débit et de l'ajuster si nécessaire. Une plaque de dibond située à 20cm en extrémité de raceway oblige l'eau à être évacuée par le bas du bassin. En effet, des fentes de 15cm de hauteur et de 4mm de larges sur la partie basse de la plaque permettent le passage de l'eau tout en empêchant le passage des alevins. L'eau passée de l'autre côté de la plaque est par la suite évacuée par débordement dans une gouttière (Fig. 5).



Figure 5: circulation de l'eau dans les raceways (photo personnelle).

La légère pente des bassins et le passage de l'eau par le bas de la plaque permet aux déchets produits de sédimenter et de s'accumuler au niveau de la zone de chasse (Fig. 6).



Figure 6: Photo du système de chasse des raceways (photo personnelle).

A l'aide d'une petite brosse, les déchets produits sont poussés quotidiennement vers l'évacuation au moment des chasses.

1.3.3) Oxygénation de l'eau du circuit

Le débit d'oxygène diffusé dans la cuve est réglé grâce à une vanne située à l'entrée de l'écloserie. Un contrôle journalier de la saturation en oxygène a été effectuée afin d'ajuster la saturation en oxygène dans l'eau si besoin. Les mesures de saturation en oxygène ont été représentées sur la figure ci-dessous (Fig.7).

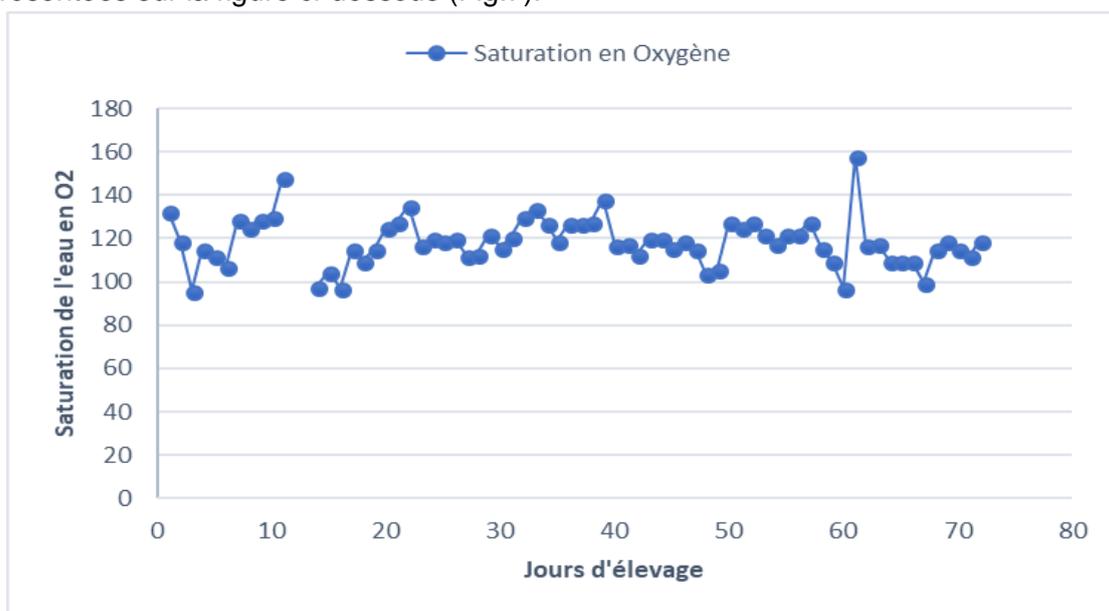


Figure 7: Evolution de la saturation en oxygène (en pourcentage de saturation) de l'eau du circuit de l'écloserie.

L'oxygénation a été maintenue tout au long du cycle d'élevage entre 100 et 130% de saturation. Aucune alarme n'a encore été mise sur les installations permettant de prévenir la personne de garde d'un problème d'oxygénation dans l'écloserie. Or, une panne électrique intervenue dans la nuit du 21 au 22 juin (41^{ème} au 42^{ème} jour d'élevage) a provoqué l'arrêt des pompes de relevages et par la suite l'arrêt de la circulation d'eau dans les auges. Cette coupure a provoqué un épuisement de la disponibilité en oxygène. Au matin du 42^{ème} jour, près de 325 alevins (50%) sont morts par asphyxie.

1.3.4) Relevé de Température

Concernant la température, elle n'a pas pu être contrôlée par une pompe à chaleur pour la campagne d'élevage de cette année. Les variations de la température de l'eau de l'écloserie ont cependant été relevées pour observer le comportement de celle-ci sans ajustements (Fig. 8).

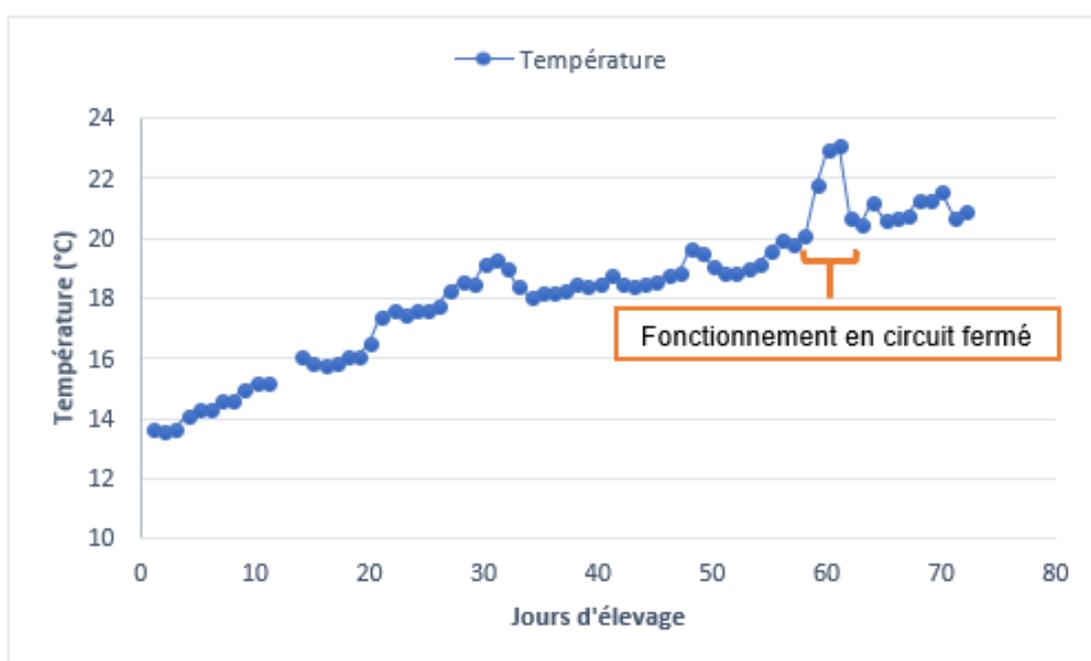


Figure 8: Evolution de la température (en °C) de l'eau de l'écloserie sans ajustement par une pompe à chaleur.

La température a augmenté régulièrement au cours de la saison, de 14°C (début mai) à 22°C (début août). Une augmentation de près d'1°C a été recensée les jours de forte chaleur entre le matin et le soir.

Lors de la mise en circuit fermé complet de l'écloserie, la température de l'eau est montée rapidement au-delà de 23°C.

1.3.5) Efficacité de la filtration

En ce qui concerne la filtration de l'eau de l'écloserie en circuit semi fermé, les concentrations de nitrites, ammoniacque et ammonium ont été mesurées ponctuellement à partir du moment où les alevins ont été placés dans les raceways et subcarrés (53^{ème} jour) (Fig. 9).

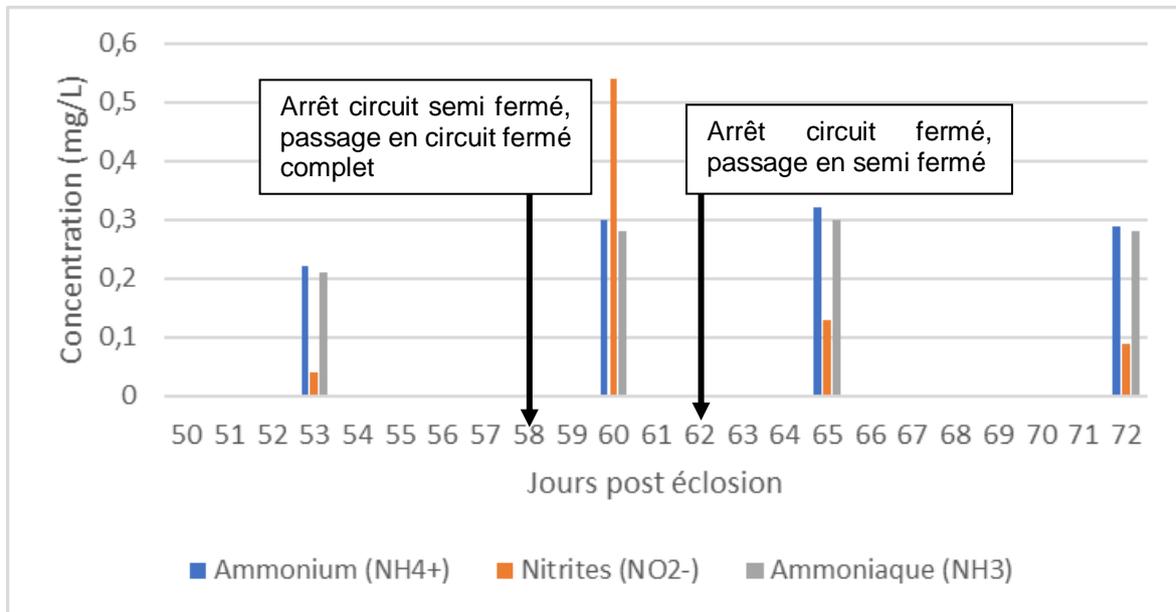


Figure 9: Evolution des concentrations en composés azotés dans l'eau du circuit (en mg/L) ; ammonium en bleu, nitrites en orange et ammoniaque en gris.

Lors de la fermeture du circuit, une concentration 10 fois plus importante en nitrites par rapport au 53^{ème} jour a été mesurée. La concentration de nitrites a dépassé 0.5 mg/L a cette période. Les valeurs de nitrites sont redescendues proche de 0.1mg/L en fonctionnement en circuit semi-fermé avec évacuation permanente de 1m³/h. Les concentrations d'ammoniaque et d'ammonium ont légèrement augmentées puis se sont stabilisées dans le temps autour de 0.3 mg/L.

Les mousses jouant le rôle de filtre mécanique ont réduit les matières en suspensions bien que cela n'a pas pu être mesuré. Un entretien journalier était nécessaire pour remplacer les mousses, les laver grâce à un jet à haute pression et les désinfecter au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ponctuellement.

1.3.6) Hygiène et stérilisation

Pour garantir de bonnes conditions sanitaires dans l'écloserie, le bâtiment a été conçu pour être entièrement clos avec une seule entrée avec passage dans un SAS. Ainsi les pisciculteurs travaillant dans l'écloserie doivent s'équiper de bottes qui restent dans le bâtiment et se désinfecter les mains avec du gel hydroalcoolique. Concernant la stérilisation de l'eau du circuit, deux tubes de traitement U.V. présents à la suite du filtre et de la boucle de chauffage ont été mis en route pour garantir la bonne santé microbiologique de l'eau. Des tests de recherche épidémiologique dans l'eau et sur alevins de l'écloserie notamment pour la mycobactérie (*Mycobacterium pseudoshottsii*) qui touche les eaux de l'Isle depuis quelques années n'ont pas pu se faire cette année. Ils seront menés lors de la prochaine campagne.

I.4) Interprétations/Discussions

Il est difficile d'anticiper le comportement de l'ensemble de l'écloserie avant sa mise en service. Bien que la conception doit répondre à l'ensemble des problèmes que peut rencontrer ce type d'installation, certaines anomalies sont difficiles voire impossibles à prévoir et ne pourront être corrigées qu'à postériori.

I.4.1) Circulation de l'eau

La mise en eau de l'écloserie m'a éclairé sur la limite de circulation dans les bassins. La quantité maximale de recirculation est définie par le volume que les deux pompes situées en sortie de filtres sont capables de remonter dans la cuve. Bien que celles-ci soient conçues pour pouvoir relever $18\text{m}^3/\text{H}$ chacune, une limite autour de $21\text{m}^3/\text{H}$ a été mesurée. Un essai va être effectué avec une pompe de relevage plus puissante, bien qu'il soit peu probable que l'utilisation d'une pompe plus puissante puisse augmenter largement le débit. Celui-ci est limité par le diamètre de la canalisation et du filtre UV, l'objectif étant que la fréquence de renouvellement en eau de chaque bassin soit inférieure à 1 heure. Si le changement de pompe ne suffit pas une autre solution devrait être possible rapidement et consiste à la création d'une nouvelle boucle d'arrivée d'eau (eau de rivière) avec un nouveau système de filtration qui permettrait d'alimenter les grands raceways ($4 \times 2.5 \text{ m}^3$). Par ailleurs, ces bassins seraient isolés physiquement du reste de l'écloserie avec une cloison et permettraient d'accueillir les géniteurs pour la reproduction.

I.4.2) Filtration

Le nombre d'alevin issus de cette campagne test étant faible (300 alevins), il paraît compliqué de généraliser les mesures effectuées et de prévoir le comportement de l'écloserie lors de la production de 15 000 alevins. Mais la mise en place du filtre biologique semble être essentielle pour garantir la bonne qualité de l'eau de l'écloserie. Ainsi, le filtre biologique va être aménagé sur un volume de 260L prévu au niveau du filtre. Un compresseur à air va être associé à ce filtre permettant d'apporter un fort bullage et donc une bonne oxygénation aux bactéries installées.

La limitation des matières en suspension avec les mousses filtrantes s'est révélée efficace bien qu'elle nécessite une main d'œuvre importante. En fin d'alevinage, les mousses s'obstruaient complètement tous les 2 jours. Lors de l'élevage à des densités plus élevées, il sera nécessaire de veiller à un entretien régulier de ces mousses. Si l'entretien devient trop prenant en temps, l'espace disponible dans le filtre permettrait d'installer un petit filtre mécanique à la place des mousses filtrantes.

I.4.3) Température

L'évolution de la température a permis de se rendre compte de la faculté de l'eau à se réchauffer en fonctionnement en circuit fermé. L'utilisation d'une pompe à chaleur réversible c'est-à-dire capable de chauffer ou refroidir l'eau permettra d'ajuster la température de l'eau à toutes les périodes de l'année. La consommation énergétique de ce type d'installation peut être importante en cas de différence importante entre la température d'arrivée d'eau et la température voulue. La diminution du volume rejeté permettrait de diminuer l'effort de chauffage de la nouvelle eau et donc de diminuer les coûts. Cette modification peut s'effectuer

seulement si l'aménagement du filtre biologique est efficace et qu'il permette la tenue d'une bonne qualité de l'eau en circuit fermé.

I.4.4) Hygiène et Stérilisation

Aucune mortalité anormale n'a pu être associée à une ou des maladies lors de l'alevinage dans le nouveau bâtiment. Malheureusement, aucune analyse pathologique n'a pu être faite sur les alevins et sur l'eau avant que les alevins ne soient transférés vers le pré-grossissement. Cette recherche de pathogènes sera effectuée lors de la prochaine campagne et permettra de définir si l'écloserie est indemne de tous risques pathologiques, l'objectif étant de pouvoir par la suite vendre des alevins, issus de notre production, indemnes de toute maladie.

I.4.5) Problèmes d'asphyxie

Le problème majeur rencontré lors de la campagne d'essai concernait la panne électrique intervenue dans la nuit et ayant provoqué la mort de 50% des alevins par asphyxie. Pour répondre à ce problème, une alarme de niveau sera installée prochainement dans la cuve afin d'empêcher le renouvellement de cet incident. Ainsi, la personne d'astreinte sera automatiquement prévenue lorsque le niveau de la cuve descend sous un certain seuil et pourra intervenir pour réparer la panne avant que des phénomènes d'asphyxie n'interviennent dans les bassins.

I.4.6) Modifications futures

Les améliorations apportées à l'écloserie devront également s'adapter aux prochains projets portés par l'entreprise, à savoir la maîtrise de la reproduction. La modification du bâtiment devra tenir compte des risques sanitaires apportés par les reproducteurs. Pour cela, les bassins devront fonctionner indépendamment du reste de l'écloserie. De nouvelles installations permettront le fonctionnement en circuit fermé des 4 grands raceways indépendamment des autres. Ces derniers permettront de mener des expérimentations de reproduction sans avoir recours aux hormones les trois prochaines années.

II- Première campagne d'élevage dans l'écloserie

À la suite de la construction de l'écloserie, une campagne d'éclosion et d'élevage test a été organisée afin de tester les installations et d'identifier les différents problèmes rencontrés. Ce lot test a également permis de prendre en main les installations et de s'entraîner à un premier élevage en vue des prochaines campagnes destinées à fournir l'ensemble de la pisciculture en alevins.

Dans cette étude, la croissance et la mortalité des esturgeons (de l'œuf à la sortie des alevins) ont été analysés à la suite de la réalisation de l'écloserie. Par ailleurs deux régimes différents ont été utilisés durant le stade larvaires afin d'observer le comportement des larves d'oscière face à ces aliments (régime mix d'artémia et de miettes artificielles, régime 100% miettes artificielles).

II.1) Introduction

II.1.1) Biologie de l'esturgeon

La famille des acipenséridés regroupe différentes espèces d'esturgeons qui atteignent une maturité sexuelle très tard contrairement à d'autres poissons migrateurs comme les salmonidés qui sont matures à 2-3ans. Cette maturité est très différente selon l'espèce, le sexe et le milieu de vie (CHEBANOV & AL., 2011). En effet, généralement la maturité est obtenue plus rapidement en milieu d'élevage car les poissons bénéficient d'une disponibilité alimentaire plus importante contrairement au milieu naturel (WEBB & DOROSHOV, 2011).

L'esturgeon est un poisson qui a une période de reproduction saisonnière tout comme la majorité des autres poissons catadromes. Ainsi on retrouve des esturgeons qui vont se reproduire au printemps et d'autres qui vont se reproduire juste après la saison estivale en automne (DOROSHOV & AL., 1997). Les périodes diffèrent cependant selon les espèces et les individus. Certains ont comme le sterlet (*Acipenser ruthenus*) et l'esturgeon russe (*Acipenser gueldenstaedtii*) plusieurs écotypes de ponte comme les salmonidés (« vernal » et « hiemal ») (DOROSHOV & AL., 1997).

II.1.2) L'espèce élevée : *Acipenser gueldenstaedtii*

Dans notre cas, c'est l'espèce *Acipenser gueldenstaedtii* (Figure 10), aussi appelée « gulden » ou « oscièrte » qui nous intéresse tout particulièrement pour être élevée les prochaines années à Neuvic car c'est une espèce adaptée à une température plus élevée qu'*Acipenser baerii*. L'Oscièrte possède une croissance plus importante mais elle est également plus résistante à la mycobactérie (*Mycobacterium pseudoshotsii*) qui touche le bassin de l'Isle depuis quelques années.



Figure 10: Photo d'esturgeon russe (*Acipenser gueldenstaedtii*) (photo tirée du site [acipensersrl](http://acipensersrl.com)).

La maturité de cette espèce en milieu naturel est atteinte de 11 à 14 ans pour les femelles et 8 à 10 ans pour les mâles (CHEBANOV & BILLARD, 2001 ; CHEBANOV & AL., 2011). En milieu d'élevage, cette maturité est généralement plus précoce, de 6 à 9 ans pour les femelles et 3 ans pour les mâles. Cette précocité est d'autant plus importante en milieu fermé avec un maintien des températures autour du maximum de croissance (CHEBANOV & BILLARD, 2001).

II.1.3) La reproduction

La reproduction s'étale généralement d'avril à juin pour cette espèce (CHEBANOV & AL., 2011). Mais certains individus se reproduisent dès l'automne. En élevage, les géniteurs ont perdu leur capacité à se reproduire naturellement, du moins les dernières étapes que sont l'ovulation chez la femelle et la spermiation chez le mâle ne se réalisent pas sans l'appui de l'homme. En effet, les reproducteurs sont généralement stimulés en captivité grâce à une ou plusieurs injections hormonales ou composés hormonaux (hypophyse de carpe ou hormones synthétique comme la LH ou GnRH) qui permettent d'obtenir les gamètes (CHEBANOV & AL., 2011 ; DETTLAFF & DAVYDOVA, 1979 ; SEMENKOVA & AL., 2002 ; VAN EENENNAAM & AL., 2008, WILLIOT & SABEAU, 1999). L'injection permet également de pouvoir synchroniser mâles et femelles et programmer les pontes à la demande. Quelques heures après l'injection, la femelle commence à ovuler et les œufs sont récoltés tandis que la semence du mâle est récupérée par stripping la plupart du temps (CHEBANOV & AL., 2011 ; DETTLAFF & DAVYDOVA, 1979 ; VAN EENENNAAM & AL., 2008 ; WILLIOT & SABEAU, 1999).

II.1.4) Fécondation et incubation

La fécondation des œufs se fait le plus vite possible avec la semence de plusieurs mâles pour permettre une plus grande variabilité génétique. Les œufs sont par la suite traités le plus fréquemment à l'argile pour éviter qu'ils collent entre eux et par conséquent qu'ils soient plus exposés au développement fongique (saprolégniose) (WILLIOT & SABEAU, 1999). Les œufs sont ensuite mis à incuber pendant 130 degrés jours dans des jarres (CHEBANOV & AL., 2011 ; NATHANAILIDES & AL., 2002). La température idéale d'incubation des œufs d'oscières se situe entre 14 et 17°C avec un réchauffement progressif juste avant la fin d'incubation pour stimuler et synchroniser les éclosions (CHEBANOV & AL., 2011 ; WILLIOT & SABEAU, 1999). Une eau riche en oxygène et une densité d'œufs raisonnable (<1/3 du volume total de la jarre) sont conseillées pour permettre la bonne oxygénation de l'ensemble du lot. Au moment venu, les larves vont sortir de l'œuf et vont nager dans la jarre d'incubation vers la surface avant de tomber par le bec dans l'auge. La phase d'éclosion va s'étaler sur près de 24h mais cette durée va aussi dépendre de la qualité des œufs. Ainsi, une période d'éclosion plus longue est signe de mauvaise qualité avec d'avantage de mortalité les premiers jours.

II.1.5) Développement larvaire

Les larves d'esturgeons naissent avec une poche de réserve vitelline et vont se développer à partir de cette réserve une dizaine de jour selon l'espèce. Chez *Acipenser gueldenstaedtii*, les larves vivent sur leurs réserves vitellines pendant 12 jours. Les larves vont alors adopter durant cette période des comportements particuliers successifs pouvant être associés à un stade de développement. Parmi eux, une nage vers la surface ou vers la lumière ou encore le « schooling » qui est associé au regroupement en masse des larves correspondant à 1 ou 2 jours avant le début de l'alimentation (BOUCHER & AL., 2014 ; GISBERT & WILLIOT, 1997 ; GISBERT & WILLIOT, 2002 ; MEMIS & AL., 2009). La

température optimale d'élevage à ce stade est comprise entre 17 et 20°C. Les larves vont commencer à se nourrir après épuisement total de leur réserve et la perte du bouchon vitellin signifiant l'ouverture complet du tractus digestif (GISBERT & WILLIOT, 1997 ; MEMIS & AL., 2009). Afin de stimuler cette première prise alimentaire, il est conseillé de commencer le nourrissage quelques jours avant le début de la prise alimentaire de façon que les larves aient l'odeur de l'aliment (GISBERT & WILLIOT, 1997 ; GISBERT & WILLIOT, 2002 ; MEMIS & AL., 2009). Cette étape de développement est souvent associée à une mortalité importante liée le plus souvent au refus de s'alimenter (CHEBANOV & AL., 2011 ; WARE & AL., 2006).

Le régime alimentaire des larves d'esturgeon a été décrit à de multiples reprises *via* notamment la comparaison de différents régimes alimentaires.

Il est mis en avant dans la littérature l'efficacité supérieure des proies vivantes comme les nauplies d'*Artémia salina* en termes de croissance et de mortalité (GISBERT & WILLIOT, 2002 ; NATHANAILIDES & AL., 2002 ; SORGELOOS, 1980 ; WARE & AL., 2006). Bien que le temps passé à la culture des artémias soit conséquent et que ces crustacés soient vecteurs de maladies, de nombreuses écloséries utilisent cet aliment pour le développement larvaire.

L'aliment artificiel est décrit comme étant moins efficace et sujet à des mortalités plus importantes bien qu'il soit plus adapté pour des productions importantes (DEDIU & AL., 2011, MEMIS & AL., 2009).

II.1.5) Alevinage

Lorsque cette étape est passée et que la mortalité redevient faible, on parlera non plus de larves mais d'alevins. Leur poids sera proche d'un gramme (MEMIS & AL., 2009). Ils seront par la suite triés régulièrement par taille et placés dans les bassins en fonction. La phase de tri est importante pour permettre d'avoir des lots homogènes et ainsi optimiser la croissance de l'ensemble des lots. Les alevins seront ainsi gardés en circuit semi fermé pendant près de 3 mois où ils atteindront la taille de 80-90 grammes. Les caractéristiques de l'eau de l'éclosérie et de l'eau de pré-grossissement pouvant être différentes, une phase d'acclimatation de quelques jours permettra aux alevins de supporter au mieux le passage dans le nouveau milieu.

II.2) Méthodologie et organisation

La reproduction est une phase complexe nécessitant une longue préparation des géniteurs. N'ayant pas les géniteurs nécessaires à la reproduction et ne maîtrisant pas ce domaine, nous nous sommes fournis directement en œufs fécondés pour procéder à l'élevage test.

Différents écloseurs ont été contactés pour fournir à l'entreprise un lot de 15 000 œufs afin de réaliser un premier élevage dans les récentes installations. La société italienne (Azienda agricola PISANI DESSI) a été sélectionnée pour livrer un lot d'œufs fécondés afin de réaliser la campagne. Cet éclosieur présentait l'avantage de pouvoir fournir des œufs au mois de mai pour un prix intéressant 0.20€ l'unité, tandis que les autres écloseurs ne possédaient pas de femelles pouvant se reproduire à cette période ou à des prix plus importants. Cette année, 12 000 alevins de gulden ont été commandés auprès d'une éclosérie française : l'esturgeonnière. L'objectif premier était de pouvoir compléter les 15 000 alevins nécessaires à l'entreprise avec la production d'alevins issus de notre campagne d'essai.

De nombreux problèmes sont intervenus à la réception des œufs, le lot envoyé comptait seulement 45% de fécondation, or ce taux est généralement compris entre 80 et 95% pour une ponte normale (MEMIS & AL., 2009). Ce faible taux est sûrement à associer au début d'atrésie de la femelle (réabsorption de ses œufs) ou à une stimulation hormonale trop précoce qui a entraîné une mauvaise qualité des ovules.

Les taux de fécondations ont été mesurés directement chez l'écloqueur qui nous a fourni. Au vu du faible taux de fécondation, l'écloqueur nous a envoyé près de 35 000 œufs correspondant aux 15 000 œufs fécondés commandés.

II.2.1) Incubation

A l'arrivée des œufs, un nombre important était touché par la saprolégniose. L'ensemble du lot était conditionné dans un seul sac ce qui a entraîné une forte mortalité des œufs étant restés au milieu et dont l'oxygénation était restreinte. De plus, une forte concentration en ammoniacque a été mesurée dans l'eau du transport (2.3 mg/L), ceci a pu fragiliser les œufs encore vivants. Ce problème a déjà été mis en évidence lors d'une précédente étude (MEMIS & AL., 2009).



Figure 11: Photo des œufs au 5ème jour d'incubation dans une jarre de 6L posée dans l'auge. (photo personnelle)

Les œufs sont arrivés après 4 jours d'incubation. L'ensemble des œufs (2L) a été placé dans une jarre d'incubation McDonald de 6L (figure 11). Un renouvellement de 4-5L par min a été maintenu durant toute la durée d'incubation. L'eau était oxygénée autour de 120% de saturation et la température de 14°C était légèrement fraîche. La présence de la saprolégniose à l'arrivée des œufs nous a amenés à faire un traitement journalier au « Pyceze » jusqu'à l'éclosion pour empêcher la prolifération du champignon.

Le débit a été progressivement augmenté aux alentours de 7-8L/min au moment des premières éclosions. Les larves fraîchement écloses nageaient vers la surface de la jarre avant de tomber dans l'auge.

L'ensemble des conditions défavorables à la survie des œufs et plus particulièrement durant le transport (forte densité d'œufs (<2L), grosse proportion d'œufs morts (œufs non fécondés), taux d'ammoniacque élevé, présence de la saprolégniose) ont entraîné un nombre d'éclosion très faible (1489 larves), soit près de 9.73% des œufs fécondés.

De ce fait, l'expérimentation alimentaire larvaire prévue au départ sur les larves de gulden n'a pas pu être menée comme prévue. Le faible nombre d'individus n'a pas permis de faire plusieurs réplicas comme envisagé. L'analyse s'est davantage portée sur le suivi du premier essai d'élevage.

II.2.2) Alimentation larvaire

Un nombre important de larves prématurées et de larves écloses tardivement est mort les premiers jours après l'éclosion. Au 4^{ème} jour après éclosion, lorsque la mortalité a diminué les larves ont été séparées en deux lots dans des auges distinctes. Un lot de 600 larves est nourri les premiers jours avec un mix de nauplies d'artémia et d'aliment artificiel « Le Gouessant » (400-700 µm), les nauplies d'artémia étant le premier stade post-éclosion de ce crustacé. Ces nauplies de très petite taille sont très utilisées pour le nourrissage des alevins de poisson. Environ 2000 nauplies d'artémia par larve d'esturgeon et près de 7% du poids total des larves en aliment ont été distribués dès le 9^{ème} jour post éclosion soit près de 3 jours avant la réelle prise alimentaire exogène. Ce régime alimentaire s'est poursuivi jusqu'au 22^{ème} jour soit 10 jours après la perte du bouchon vitellin. La proportion d'aliment a progressivement augmenté par rapport aux artémias à partir du 18^{ème} jour pour atteindre 15% du poids des larves en granulé et l'arrêt de la distribution de nauplies d'artémia au 22^{ème} jour. Un deuxième lot de 649 larves a été alimenté avec seulement de l'aliment artificiel à partir du 9^{ème} jour. Une quantité équivalente à 15% de la biomasse totale des larves a été distribuée tous les jours sur une durée de 12H.

L'aliment artificiel utilisé appartient à la gamme NEO SUPRA, il est fabriqué par l'entreprise « Le Gouessant ». C'est un aliment riche en protéines et en vitamines (Figure 12).

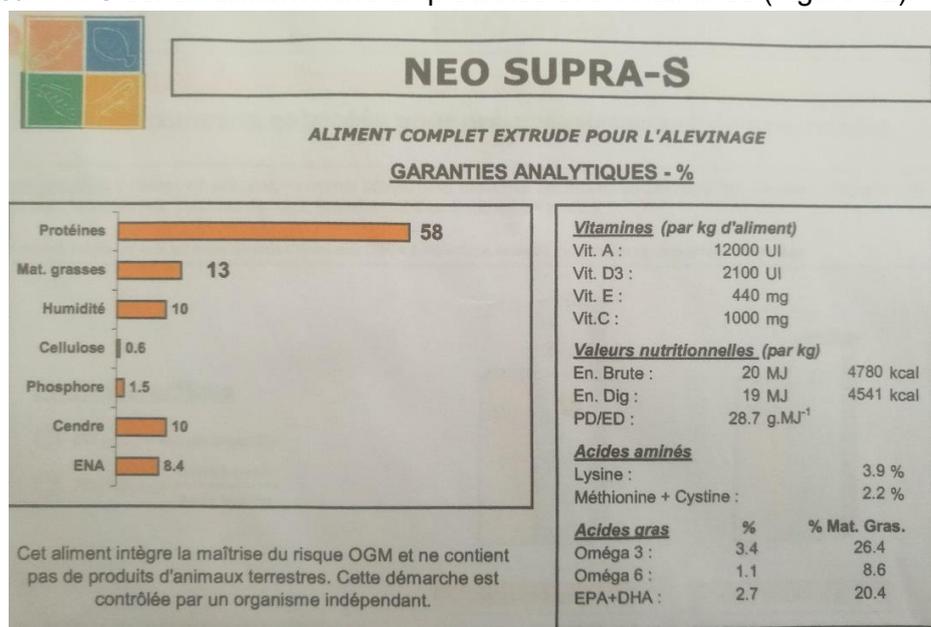


Figure 12: Composition nutritionnelle de l'aliment « Le Gouessant », utilisé pour l'élevage larvaire (photo personnelle).

Cette gamme d'aliment certifié BIO, propose différents diamètres de granulés à destination des plus jeunes stades de vie. Bien que non spécifique à l'esturgeon, cet aliment présente toutes les caractéristiques nécessaires au bon développement des larves d'esturgeons. Ces granulés sont riches en protéines (58%), acides gras mais également complets en vitamines essentielles au bon déroulement du développement larvaire (MEMIS & AL., 2006 ; SENER & AL., 2005). Cet aliment est semi flottant et permet aux miettes et granulés de tomber lentement sur le fond de l'auge. Il est donc adapté à l'esturgeon qui se nourrit sur le fond.

Concernant les proies vivantes, elles sont issues d'œufs d'*Artémia salina* (cystes) qui ont été mis en culture dans l'écloserie (Fig.13). Le protocole de culture est détaillé dans l'annexe 4.



Figure 13: Cystes d'artémia utilisés pour la culture de nauplies d'artémia (photo personnelle).

Les cystes (œufs) d'artémia provenaient de l'entreprise « Océan nutrition » spécialisée dans l'alimentation pour poissons et en particulier d'artémias. La culture de ce crustacé consiste à faire éclore les cystes (œufs) dans l'eau salée à 28°C pendant 24H, puis d'utiliser les larves (nauplies) nouvellement écloses pour alimenter les esturgeons. Les nauplies d'artémia sont à ce stade très photosensibles et se dirigent toutes vers la lumière. De ce fait il est possible de mettre des mousses entre les œufs et la lumière ainsi les nauplies vont passer au travers des mousses pour se diriger vers la lumière tandis que les coquilles d'œufs d'artémia vont se retrouver bloquées. Il est essentiel de séparer les coquilles car elles sont susceptibles de tuer les larves d'esturgeons lors de l'alimentation.

L'utilisation de proies vivantes peut être dangereux car malgré l'ajout de « Pyceze » dans le milieu de culture des artémias pour limiter l'apparition de pathogènes, il est possible que ceux-ci soient vecteurs de maladies.

II.2.3) Alevinage

A la suite du nourrissage différentiel, les alevins ont été maintenus dans les auge jusqu'au 53^{ème} jour. Il était prévu que ces alevins soient maintenus pendant 30 jours et qu'ils soient par la suite triés et placés par taille dans les 6 bassins subcarrés jusqu'à 5g. Des tris réguliers étaient prévus pour avoir des lots homogènes. Au vu du faible nombre d'alevins, les esturgeons ont été gardés dans les auge avant d'être transférés directement dans deux petits raceways.

Seulement deux tris ont été effectués durant le cycle d'élevage. Au 37^{ème} jour, un tri au trieur à barreaux (Fig. 14) a été effectué dans les auge afin d'éliminer les plus petits individus. Ainsi tous les alevins passant à travers le tri à 6mm ont été éliminés. Au même moment, les alevins tordus ou malformés ont également été écartés des auge et tués.



Figure 14: Trieur à barreaux (réglé à 13mm) (photo personnelle).

Un second tri a été effectué au moment du transfert des alevins des 2 lots vers les raceways. Ce tri a été effectué à l'aide d'un trieur à barreaux réglé à 13mm (Figure 14). Ainsi seules les têtes de lot ont été placées dans les raceways tandis que la queue de lot (<13 mm) a été placée dans un subcarrés.

Les têtes de lots issus de chaque auge ont été placées séparément dans deux raceways tandis que les queues de lot de chaque auge ont été regroupées dans un seul bassin.

Les alevins ont été maintenus dans les raceways jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids supérieur à 50g.

Au vu du faible nombre d'alevins, les 3 lots distincts (Tête de lot aliment, Tête de lot artémia + aliment et queue de lot) ont été regroupés pour être placés au pré-grossissement au 80^{ème} jour.

II.2.4) Suivi de croissance

La croissance a été suivie via deux paramètres : le poids en gramme et la taille en centimètres.

Les larves et alevins ont été pesés et mesurés régulièrement tout au long de l'élevage. Le poids des larves étant faible par rapport à la précision de la balance à disposition, les larves ont été pesées 10 par 10 afin de définir des poids moyens. Ainsi 10 poids moyens par lot ont été mesurés. Ce protocole de mesure du poids a été gardé pour l'ensemble de l'élevage. Outre les informations recueillies sur la croissance, la mesure des poids moyens permettait d'ajuster les rations alimentaires régulièrement.

Parallèlement la taille des larves a été recensée durant le premier mois d'élevage. Une mesure individuelle de 20 larves pêchées aléatoirement dans chaque auge a permis de rendre compte de la variabilité interindividuelle de la taille au sein de chaque auge.

La mesure a été faite grâce à une règle sur une table. Certains alevins supportaient mal l'émersion pour la mesure, c'est pourquoi après les 30 premiers jours, la taille n'a plus été

mesurée, seuls les poids moyens ont été enregistrés.

II.2.5) Mortalité et indice de conversion

La mortalité a été recensée tous les jours pour l'ensemble des lots.

L'Indice de Conversion (IC) permet de calculer l'efficacité de la transformation de l'aliment en chair de poisson.

Or, les larves ne consommant pas tout l'aliment mis à disposition durant la phase larvaire et ne pouvant pas quantifier le poids de l'aliment non consommé, l'indice de conversion (IC) a été calculé à partir du 30^{ème} jour, période à partir de laquelle l'aliment était entièrement consommé.

II.3) Résultats

II.3.1) Incubation

L'incubation des œufs dans l'écloserie s'est étendue de 3 à 5 jours (après les 4 jours d'incubation chez le fournisseur), soit une éclosion comprise entre 7 et 9 jours après fertilisation. Durant l'incubation, les amas d'œufs touchés par la saprolégniose ont été enlevés pour éviter que cette dernière touche d'autres œufs encore indemnes (Fig. 15).

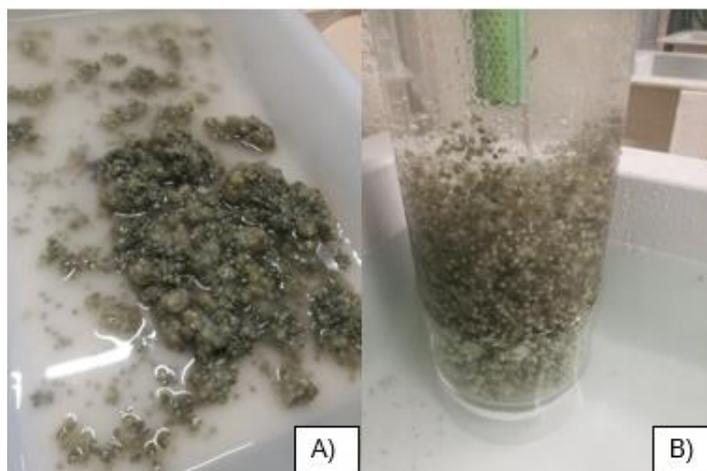


Figure 15: Œufs infectés par la saprolégniose retiré de la jarre (A). Siphonage des amas d'œufs touchés par la saprolégniose dans la jarre (B). (Photos personnelles).

La phase d'éclosion s'est déroulée sur près de 72H. Le pic d'éclosion est intervenu dans la nuit du 7^{ème} au 8^{ème} jour. Seulement 1489 larves ont éclos sur les 15 000 œufs fécondés censés éclore. Pendant la durée de l'éclosion, une présence 24H/24H était nécessaire pour procéder à l'élimination des coquilles d'œufs capables de colmater rapidement la grille en sortie d'auge et de la faire déborder.

II.3.2) Elevage larvaire

Près de 250 larves sont mortes dans les jours qui ont suivi l'éclosion. Lorsque l'épisode de mortalité a diminué, les 1249 larves ont été séparées au 4^{ème} jour dans 2 auges différentes avec respectivement 600 et 649 individus. Une partie de chaque auge a été recouverte par un

couvercle permettant de séparer une zone d'ombre et une zone éclairée. Les larves ont adopté un comportement photosynthétique à partir du 3^{ème} jour et se sont placés préférentiellement dans les zones éclairées jusqu'à la prise alimentaire. Durant la consommation de leur sac vitellin, les larves étaient généralement peu actives. Elles se sont regroupées pour nager à contre-courant dans les deux auges les 9^{ème} et 10^{ème} jour post-éclosion (figure 12).



Figure 16: Regroupement des larves au 9^{ème} jour et nage face au courant, comportement de "schooling". (Photo personnelle).

Les premiers bouchons vitellins signifiant l'ouverture complète du tractus digestif ont été observés au 11^{ème} jour. De plus en plus de bouchons ont été retrouvés les 2 jours suivants.

II.3.3) Alimentation larvaire

Deux régimes alimentaires ont été proposés aux larves. Il était difficile de distinguer la prise alimentaire à œil nu. Il était d'autant plus difficile de distinguer le type d'aliment consommé pour les larves ayant à disposition les nauplies d'artémia et l'aliment inerte. Une grande quantité d'aliment n'ayant pas été consommée a été retirée via un siphonage pour éviter le développement de champignons sur l'aliment non consommé. Les miettes ont été distribuées 6 fois par jour dans chacune des auges. Les nauplies d'artémia ont été distribuées continuellement pendant 10h grâce à un système de flux continu.

Les croissances et mortalités ont été répertoriées séparément pour chaque régime durant les 30 premiers jours.

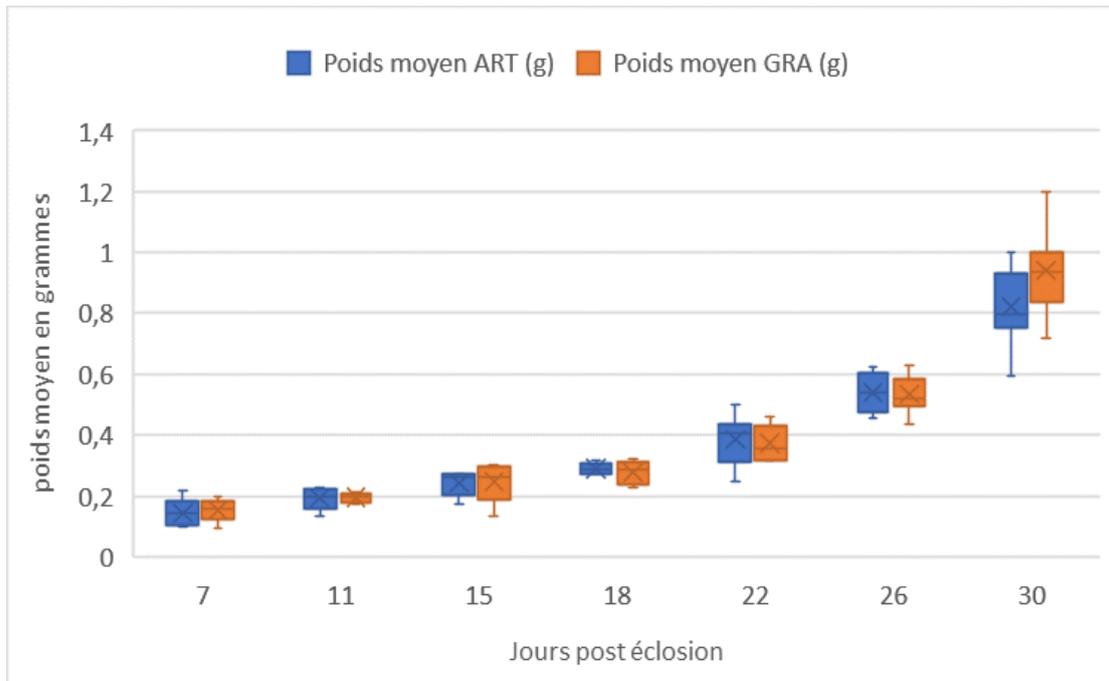


Figure 17: Evolution du poids larvaire moyen pour les deux lots jusqu'à 30 jours post-éclosion ; ART = régime mix artémia + granulé, GRA= régime 100% granulé

Une lente croissance des poids moyens (Fig. 17) a été observée avec un poids moyen de 0.2g enregistré au 11^{ème} jour et proche de 0.4g au 22^{ème} jour (également la fin de période de régime alimentaire différencié). Le poids moyen pour les deux lots a ensuite commencé à augmenter exponentiellement à partir du 22^{ème} jour. La variabilité de poids moyen au sein de chaque lot est devenue de plus en plus importante avec les jours (de 0.19 à 0.3g au 15^{ème} jour, de 0.3 à 0.5 au 22^{ème} jour et de 0.6 à 1g au 30^{ème} jour pour le régime mix). L'évolution du poids moyen était identique pour les deux lots avec des poids moyens compris entre 0.8 et 1g pour les deux lots au 30^{ème} jour post-éclosion.

Concernant la taille des esturgeons les premiers jours post-éclosion, l'augmentation était plus régulière du 7^{ème} au 30^{ème} jour (Fig.18).

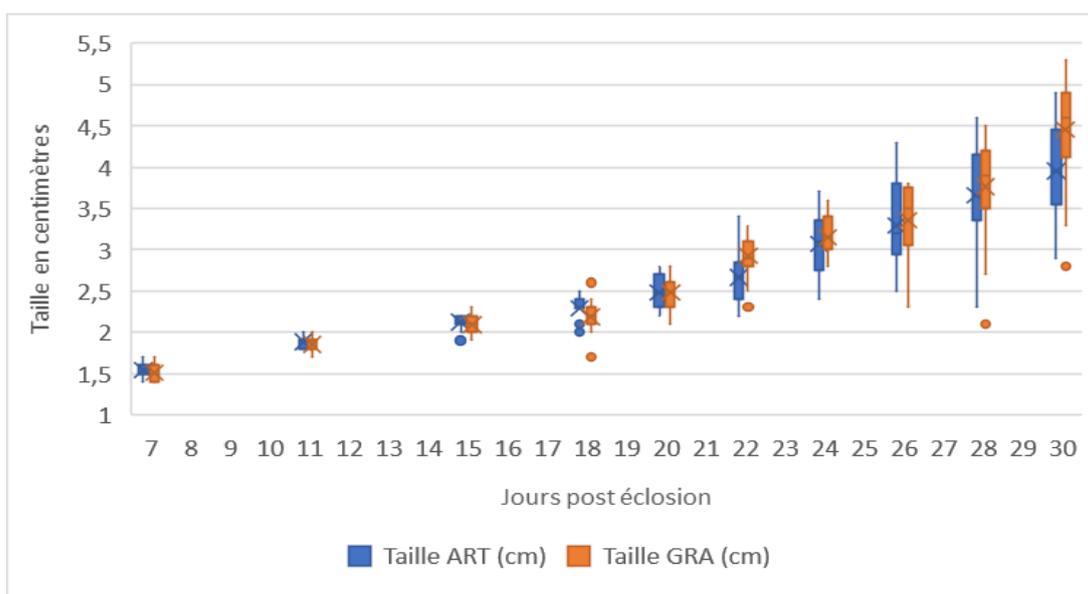


Figure 18: Evolution de la taille larvaire au cours du temps avec distinction du régime alimentaire ; ART= régime mix artémia + granulé, GRA= régime 100% granulé.

Les mesures cette fois ci individuelles montrent d'avantage l'hétérogénéité de taille que l'on retrouve au cours du temps. Ainsi au 30^{ème} jour, les tailles s'échelonnent de 2.9 à 4.9 cm et de 2.8 à 5.3 cm respectivement pour le régime mix et le régime granulé. L'évolution de la taille est identique quel que soit le régime alimentaire.

La période de première prise alimentaire a été marquée par un important pic de mortalité (> 10%) (Fig. 19).

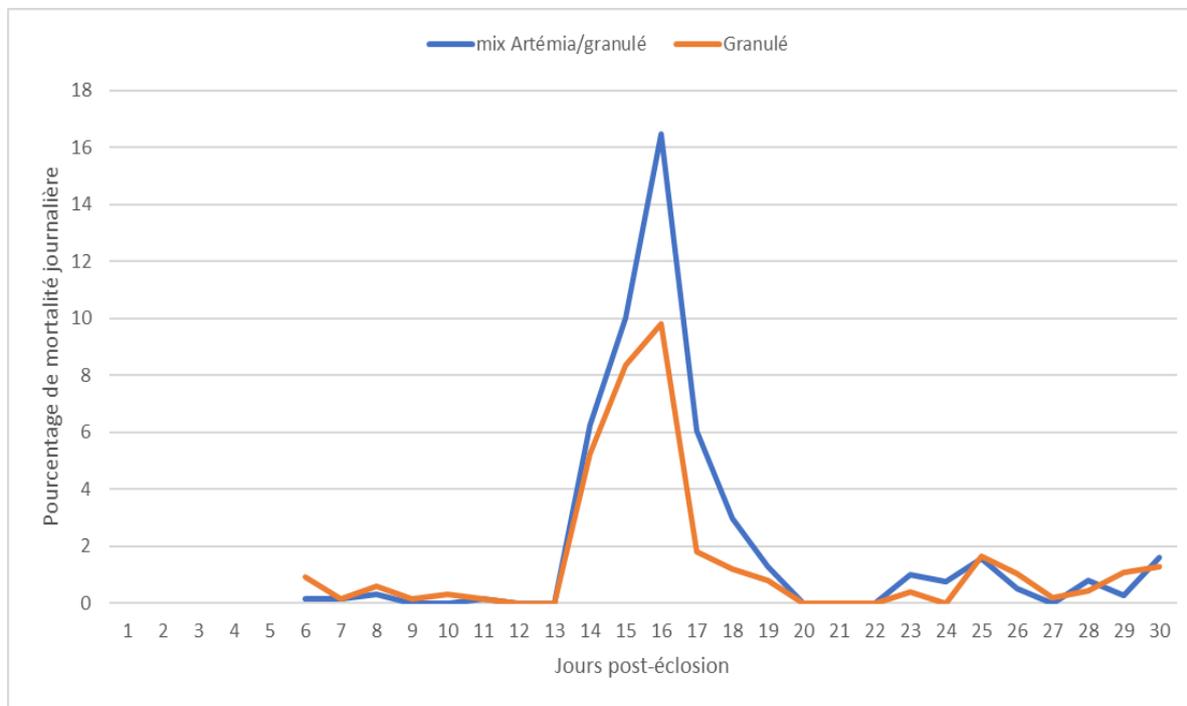


Figure 19: Evolution du pourcentage de mortalité journalière pendant les 30 premiers jours pour les deux lots avec régime alimentaire différent.

Ce pic de mortalité est intervenu à partir du 13^{ème} jour et a duré jusqu'au 16^{ème} jour. Puis la mortalité a commencé à régresser pour être nulle au 20^{ème} jour. Ce pic de mortalité était d'avantage marqué pour le lot avec un régime alimentaire mix que pour le régime 100% aliment artificiel. Plus de 16% des larves du régime mix sont mortes au 16^{ème} jour contre 10% pour le régime au granulé. Au-delà du 20^{ème} jour, la mortalité journalière s'est maintenue en dessous de 2% pour l'ensemble des alevins.

L'indice de conversion n'a pas été calculé pour cette période car tout l'aliment n'était pas consommé.

II.3.4) Tris des alevins

Un tri effectué au 37^{ème} jour a permis d'éliminer les plus petits individus ne s'étant pas développés. Le tri a été effectué au trieur à barreaux réglé à 6mm (Tab. 1).

Tableau 1: Tri des alevins les plus petits au 37ème jour et élimination des poissons tordus.

	Lot régime mix	Lot régime granulé
Nombre d'alevins <6mm	56	23
% d'alevins < 6mm	9.33 %	3.53 %
Nombre de poissons tordus	8	1

79 alevins ont été éliminés au 37^{ème} jour. Ces individus étaient bien plus petits que le reste du lot et leur proportion était différente entre les deux lots (9.33% pour le régime mix contre 3.53% pour le régime granulé), le régime mix présentant un nombre de petits individus plus important que le régime au granulé. Par ailleurs, le nombre de poissons tordus était bien plus important pour le régime mix que pour le régime au granulé.

La séparation entre les têtes de lot et la queue de lot a eu lieu au 53^{ème} jour au trieur à barreaux de 13mm. Cette séparation a été effectuée au moment du transfert des alevins des auges vers les raceways. La quantité d'alevins placée en queue de lot était respectivement de 18.4% et 23.8% pour le lot 100% granulé et le lot régime mix.

II.3.5) Alevinage

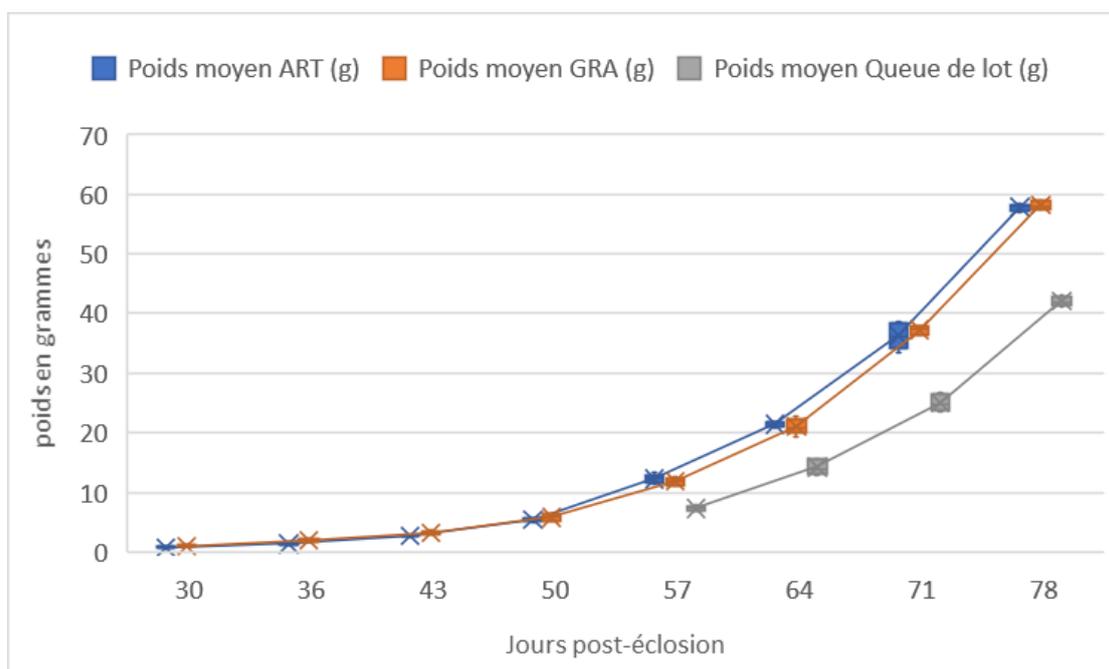


Figure 20: Evolution du poids moyen en grammes pour les différents lots. Art= tête de lot régime mix, GRA= tête de lot régime granulé et Queue de lot= alevins <13mm au 53^{ème} jour.

Une évolution exponentielle du poids moyen a pu être mesurée (Fig. 20). Les têtes de lot ont atteint près de 60g au 78^{ème} jour tandis que la queue de lot présentait un poids moyen d'environ 42g. Le suivi de la croissance de la queue de lot permet de mettre en évidence que l'augmentation du poids moyen est plus faible que celle de la tête de lot.

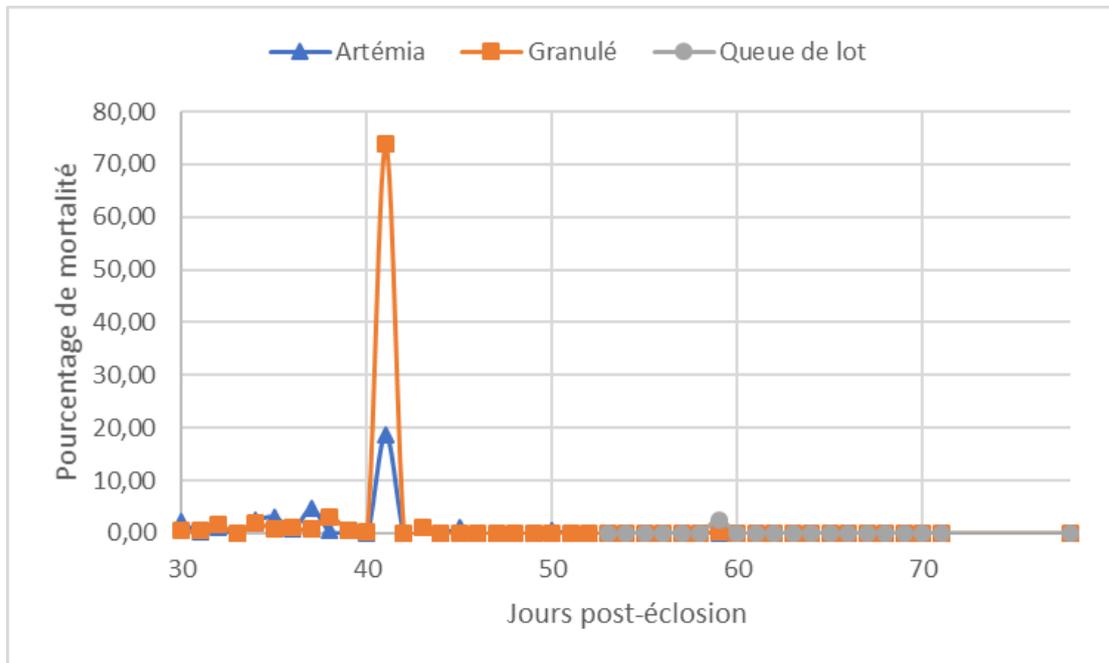


Figure 21: Evolution du pourcentage de mortalité journalière pour les 3 lots différents pendant les 78 premiers jours. Artémia : tête de lot régime alimentaire larvaire mix, Granulé : tête de lot régime alimentaire larvaire granulé.

Un important pic de mortalité est intervenu au 42^{ème} jour (Fig. 21). Ce pic de mortalité a été causé par la panne électrique ayant arrêté la circulation d'eau au sein de l'écloserie. Ainsi au matin du 42^{ème} jour, près de 75% des esturgeons du lot présentant le plus grand nombre d'alevins (lot avec régime granulé) sont morts. L'autre lot a subi une mortalité inférieure (19%) par asphyxie dans les auges (Fig. 21).



Figure 22: Photo des alevins du régime granulé morts après la panne intervenue dans la nuit du 41^{ème} au 42^{ème} jour (photo personnelle).

Les alevins morts présentait tous une ouverture de la bouche signe d'une asphyxie (Fig. 22). Ceci a été confirmé par la mesure en oxygène dans les auges qui était de 2 mg/L dans l'auge la plus touchée et 3.2 mg/L dans l'autre.

Avant cet incident, le taux de mortalité était faible (<2%). Il était encore plus faible après la panne avec seulement 1 alevin mort recensé sur l'ensemble des lots du 45^{ème} au 78^{ème} jour.

II.3.6) Indice de conversion

L'indice de conversion (IC) a pu être calculé également jusqu'au 78^{ème} jour (Fig. 23).

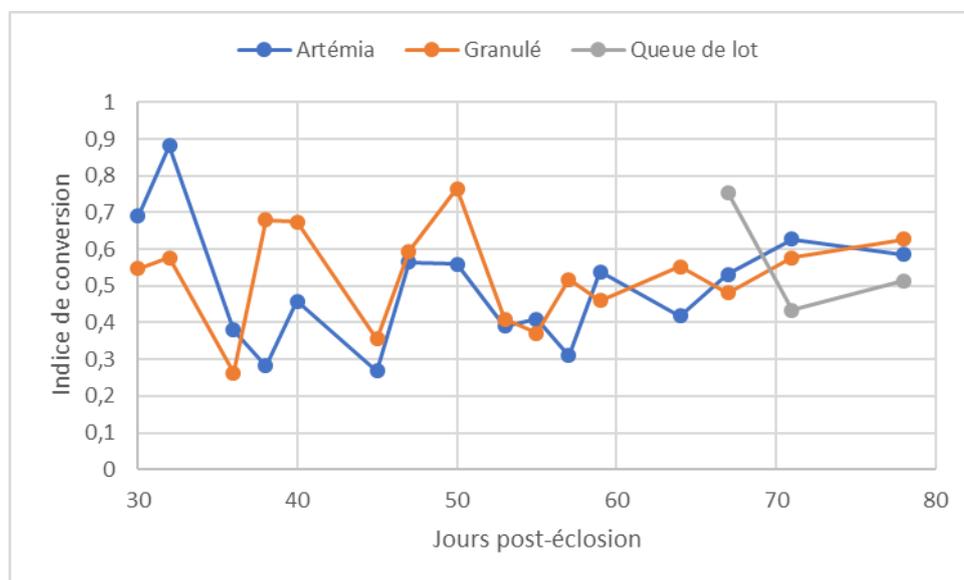


Figure 23: Evolution de l'indice de conversion du 30ème au 78ème jour.

L'indice de conversion s'est généralement situé entre 0,3 et 0,8 du 30^{ème} au 78^{ème} jour. Les différents lots présentent des valeurs proches d'indice de conversion. Cet indice s'est stabilisé autour de 0,5 du 60^{ème} au 78^{ème} jour.

II.4) Interprétations/Discussions

Le nombre d'alevins obtenus étant beaucoup plus faible par rapport à la production envisagée (303 alevins obtenus contre une production par cycle prévu de 15 000 alevins), les résultats de croissance et de mortalité n'ont sûrement pas suivi les mêmes variations qu'en situation réelle de production. Les discussions suivantes seront à ajuster à la suite d'une production à échelle réelle.

II.4.1) Réception des œufs

Beaucoup de problèmes sont survenus concernant les œufs reçus. Le fournisseur nous a indiqué un pourcentage de fécondation relativement faible proche de 45%. Les œufs non fécondés sont plus susceptibles d'être infectés par la saprolégniose et donc s'ils ne sont pas éliminés de se propager aux autres œufs (THEODORE & AL., 1980). Il n'existe pas de méthode pour séparer facilement les œufs morts des œufs encore vivants. Le lot a été envoyé dans une seule poche sur-saturée en oxygène par avion. Or il est recommandé que les œufs soient répartis en plusieurs petites poches permettant la bonne respiration des œufs du centre de la poche. Les fortes concentrations en ammoniacque mesurées et la forte odeur émanant du sac, m'ont alerté sur la santé des œufs. En effet, la saprolégniose s'était étendue à l'ensemble des œufs et beaucoup d'entre eux étaient déjà morts. En observant plus particulièrement les œufs à la loupe binoculaire, il restait très peu d'œufs encore vivants.

Bien qu'un traitement journalier au « Pyceze » ait été administré par balnéation pendant environ 30 minutes dans la jarre d'incubation, l'importante quantité initiale de saprolégniose n'a pas pu être endiguée par ce traitement. Ce traitement a été prescrit par le vétérinaire principal de la pisciculture (Armand LAUTRAITE). Il existe d'autres moyens de traiter les œufs contre la saprolégniose comme l'utilisation de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) mais l'utilisation de ce produit n'aurait sûrement pas pu empêcher l'élimination de la saprolégniose d'avantage que le « Pyceze ». Il nous a cependant été rapporté après l'éclosion, par d'autres éclosiers français, que l'utilisation de peroxyde d'hydrogène permet de faire flotter les œufs morts et donc de séparer les œufs viables pour éviter qu'ils soient d'avantage touchés. Il sera nécessaire lors de la prochaine campagne de veiller à la bonne santé des œufs et de modifier le traitement en utilisant le peroxyde d'hydrogène.

Le siphonage des amas d'œufs touchés par la saprolégniose a permis d'éliminer une grande quantité de champignon qui avait proliféré sans que cela ne suffise à le supprimer de la jarre.

II.4.2) Eclosion

L'éclosion s'est étendue sur une longue période (72H). Cela confirme la mauvaise qualité des œufs ou la fragilisation de certaines enveloppes par différents traitements provoquant des éclosions prématurées (CHEBANOV & AL., 2011 ; MEMIS & AL., 2009). Au vu du faible nombre d'éclosion, le siphonage des restes de coquilles dans l'auge et au niveau de la grille était relativement restreint. Il est cependant important de faire attention à ce problème lors des prochaines campagnes car lors du pic d'éclosion, le nombre important de coquilles émanent de ces éclosions est capable d'obstruer les grilles de sorties en quelques minutes et provoquer le débordement des auges.

II.4.3) Elevage larvaire

Les larves ont subi une importante mortalité les premiers jours qu'il est facile de lier au nombre important de prématurés ou d'éclosion retardées. Il est par exemple cité dans une étude menée que près de 31% des œufs fertilisés ont éclos (MEMIS & AL., 2009), taux bien supérieur au taux obtenu (9.7%) dans ce projet.

La séparation des larves en deux lots distincts n'a pas engendré de mortalité particulière à la suite de leur manipulation. Le comportement de « schooling » observé au 9^{ème} et 10^{ème} jour chez les larves coïncide à ce qui est décrit dans la littérature, à savoir un regroupement en amas des larves quelques jours avant leur alimentation (BOUCHER & AL., 2014 ; GISBERT & WILLIOT, 1997 ; GISBERT & WILLIOT, 2002 ; MEMIS & AL., 2009). La distribution de l'aliment a débuté au 9^{ème} jour post éclosion ne sachant pas exactement le début de leur première prise alimentaire externe. Le comportement de « schooling », facilement identifiable, semble être un repère facile pour commencer la distribution d'aliment quelques jours avant la réelle prise alimentaire pour les prochaines campagnes d'éclosion.

II.4.4) Alimentation larvaire

Concernant l'alimentation, la mise en culture des cystes d'artémia est une étape qui nécessite une attention toute particulière et qui est chronophage. La quantité utilisée pour cette campagne test étant limitée, les installations nécessaires étaient restreintes. Cependant, pour une production à plus grande échelle, la mise en place d'un dispositif plus volumineux sera nécessaire. La comparaison des deux lots séparés n'a pas permis de mettre en avant des différences en termes de mortalité et de croissance en fonction des régimes alimentaires que

ce soit à 30 jours ou à 75 jours. Seul l'épisode de panne intervenu au 42^{ème} jour a entraîné la mort davantage d'individus dans l'auge qui en contenait le plus c'est-à-dire le régime granulé. Cette mortalité différentielle ne semble pas être associée au régime alimentaire mais plutôt à la densité différente entre les deux lots.

L'utilisation d'aliment inerte pour des productions plus importantes semble le plus judicieux pour l'entreprise avec moins d'installations et un aliment plus complet que les proies vivantes.

II.4.5) Tris des alevins

Le tri au 37^{ème} jour a mis en évidence un nombre important de petits individus pour le régime mix par rapport au régime de granulé. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour l'expliquer :

- Le passage de l'alimentation avec des proies vivantes au régime inerte a pu bloquer la prise alimentaire pour certaines larves (GISBERT & WILLIOT, 2002).
- L'aliment inerte produit par « Le Gouessant » est riche en vitamines et donc est plus complet pour les larves par rapport aux nauplies d'artémia qui sont riches en protéines mais moins complets en vitamines.

Pour contrer le déficit en vitamine des nauplies d'artémia, il existe des enrichissements qu'il est possible d'ajouter aux nauplies. Il est possible que ce rajout ait augmenté la qualité des larves d'esturgeon produites (KAMASZEWSKI & AL., 2014).

Il est également probable que les progrès faits par les fabricants dans la composition des granulés, et en particulier la formulation en vitamine, permettent maintenant de fournir un aliment meilleur que les proies vivantes pour les larves d'esturgeon. Il faut cependant prendre du recul vis-à-vis des résultats concernant la comparaison entre les régimes alimentaires larvaire car aucun réplicat n'a pu être fait afin de consolider les résultats.

Un second tri a pu être fait au 53^{ème} jour permettant de distinguer les têtes de lot des queues de lot.

Seuls deux tris ont été effectués durant les trois mois, or des tris réguliers permettent de rendre les lots homogènes et d'optimiser ainsi la croissance (CHEBANOV & AL., 2011). En effet, des lots hétérogènes permettent la bonne alimentation des plus gros individus au détriment des plus petits. Pour les prochaines campagnes, des tris réguliers devront être effectués pour favoriser la croissance des alevins.

II.4.6) Croissance

Les croissances des larves et des alevins dans l'écloserie ont suivi les mêmes variations dans le temps que ce qui a été décrit dans précédentes études (CHEBANOV & AL., 2011 ; GISBERT & WILLIOT, 2002).

Cependant, la faible densité dans les bassins durant cet élevage expérimental ne permet pas d'estimer avec fiabilité l'évolution de la croissance dans le temps lors d'une campagne réelle avec une densité 10 fois supérieure dans chaque bassin.

Une importante hétérogénéité a pu être mise en évidence concernant les tailles dès le 30^{ème} jour. Une pesée individuelle des individus aurait permis de mettre en évidence cette variabilité en ce qui concerne le poids. Le nombre de bassins disponibles pour l'élevage à la prochaine campagne permettra de trier régulièrement les alevins en lots de taille identique et garantir au mieux la bonne croissance même des plus petits individus

II.4.7) Indice de Conversion

L'indice de conversion à ce stade de développement est très faible, généralement autour de 0.5. Celui-ci est en grande partie dû au fait qu'à ces stades de vie, la croissance est très rapide (près de 10% d'augmentation journalière) alors que les rations distribuées tous les jours sont proche de 5%. Ceci est fréquent pour les premiers stades de développement où le poisson va gagner très vite en croissance. De plus, les températures contrôlées d'élevage en écloserie sont généralement très favorables à la croissance des poissons. Cependant une étude menée précédemment a démontré des indices de conversion plus élevés (autour de 1) (MEMIS & AL., 2009). L'amélioration de la formulation de l'aliment ou encore les faibles densités d'alevins que l'on avait peut expliquer en partie les résultats obtenus. Un suivi plus précis avec une expérimentation sur la quantité alimentaire nécessaire permettrait d'ajuster les rations et de pouvoir diminuer davantage l'indice de conversion.

II.4.8) Acclimatation

Au vu du faible nombre d'alevin restant (303), les alevins n'ont pas été placés dans les raceways d'acclimatation avant leur sortie mais ont été acclimatés directement dans des bacs. Il sera néanmoins indispensable de procéder à cette étape rigoureusement lors des prochaines campagnes qui permettra une production plus importante d'alevins. En effet, les caractéristiques de l'eau étant différentes entre les deux milieux, que ce soit en matière de turbidité, température, pH ou potentiel redox, le passage de l'un à l'autre peut entraîner une importante mortalité si elle n'est pas effectuée correctement (CELIKKALE & AL., 2002 ; CHEBANOV 1998).

Il est compliqué de prévoir le comportement de l'écloserie et le fonctionnement de l'ensemble dans une situation réelle avec 15 000 alevins à partir de cette campagne test qui a permis de voir la sortie de seulement 303 individus.

L'essai mené cette année a cependant permis de définir certaines courbes de croissances qui pourront être utiles pour les prochaines campagnes même si les densités seront différentes et que les croissances risquent donc d'être modifiées. Concernant l'alimentation larvaire, le protocole envisagé n'a pas pu être mis en place au vu des problèmes rencontrés avec les œufs. Cependant les premières observations qui ont été faites ne permettent pas de définir l'avantage ou non d'un régime alimentaire. Il est donc probable que les prochaines années, l'aliment artificiel soit préféré aux nauplies.

Conclusion

La construction d'une écloserie est complexe et nécessite de nombreuses modifications à la suite des problèmes observés et qui n'ont pas pu être anticipés avant la construction. Ainsi les principales améliorations qui vont être apportées en automne, concernent l'alimentation en oxygène dans chacun des bassins, nécessaire lors des manipulations. Ainsi un tableau de réglage sera inséré près de l'entrée de l'écloserie et des vannes permettront de distribuer l'oxygène dans les bassins qui en ont besoin.

Une sonde de niveau reliée au système d'alarme de la pisciculture permettra de prévenir l'employé d'astreinte si le niveau d'eau dans la cuve passe sous un certain seuil ne permettant plus l'alimentation en eau des bassins.

Un filtre biologique sera installé dans un espace prévu à cet effet dans l'écloserie et sera associé à un compresseur à air permettant de remuer en permanence les médias du bio filtre et d'apporter l'oxygène nécessaire à son fonctionnement.

Le bâtiment a été conçu de sorte à accueillir seulement les étapes de l'incubation à l'alevinage, il sera amélioré dans les mois qui viennent pour permettre d'effectuer des reproductions dès l'automne 2019. Pour cela un circuit de filtration et de chauffage sera raccordé aux 4 grands raceways et une isolation par rapport au reste de l'écloserie sera faite pour permettre de ne pas contaminer l'écloserie avec les géniteurs pouvant être vecteurs de pathogènes.

Concernant l'élevage, les problèmes intervenus sur les œufs ne m'ont pas permis de réaliser les réplicats prévus. Il n'est pas possible d'en tirer des conclusions significatives. Il serait intéressant de mener ces expériences lors d'un futur cycle avec au moins 3 réplicats par régime alimentaire pour pouvoir faire des analyses plus représentatives.

La prochaine campagne d'éclosion aura lieu en décembre avec la commande de 60 000 œufs fécondés afin de sélectionner seulement 15 000 alevins appartenant à la tête de lot qui sont les individus avec une croissance plus rapide, un indice de conversion faible et une maturation plus rapide. Ainsi la sélection des têtes de lots sera faite dès le stade d'alevin. Il sera alors important de vérifier si les têtes de lots au stade alevin restent bien les plus gros individus durant le grossissement jusqu'à la production de caviar.

Un des objectifs majeurs de l'entreprise étant de passer la pisciculture sous le label BIO en ce sens, la production d'alevins BIO est le dernier obstacle à l'obtention de la certification et la production de caviar issu de l'agriculture biologique. L'obtention d'alevin se fait via stimulation hormonale ou composés hormonaux chez les géniteurs qui ont perdus la faculté à se reproduire naturellement en milieu d'élevage. Or l'usage de ces composés ne rentre pas dans le cahier des charges BIO. Je continuerai à la suite de ce stage à travailler dans l'écloserie et plus généralement sur les aspects R&D de la production au sein de l'entreprise. La recherche de stimulation sans hormones et l'ovulation In vitro seront entre autres des sujets qui me seront confiés.

Bibliographie

- Blancheton, J. P., Dosdat, A., & Deslous Paoli, J. M. (2004). minimisation des rejets biologiques issus d'élevages de poissons. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, (26), 12.
- Blancheton, J. P., Bosc, P., Hussenot, J. M. É., d'Orbcastel, E. R., & Romain, D. (2009). Tendances pour la pisciculture européenne de demain: cages au large, systèmes en eau recirculée et systèmes intégrés. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3), 227-234.
- Boucher, M. A., McAdam, S. O., & Shrimpton, J. M. (2014). The effect of temperature and substrate on the growth, development and survival of larval white sturgeon. *Aquaculture*, 430, 139-148.
- Bronzi, P., Rosenthal, H., Arlati, G., & Williot, P. (1999). A brief overview on the status and prospects of sturgeon farming in Western and Central Europe. *Journal of Applied Ichthyology*, 15(4-5), 224-227.
- Çelikkale, M. S., Timur, M., Memiş, D., & Ercan, E. (2002). Influence of acclimation to the cold water on growth rate of Russian sturgeon juveniles (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt & Ratzenburg, 1833). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2(2).
- Chebanov, M. S. (1998). Conservation of sturgeon genetic diversity: enhancement and living gene banks. *BEFORE*, 16, 163.
- Chebanov, M., & Billard, R. (2001). The culture of sturgeons in Russia: production of juveniles for stocking and meat for human consumption. *Aquatic Living Resources*, 14(6), 375-381.
- Chebanov, M. S., & Galich, E. V. (2011). Sturgeon hatchery manual.
- Chebanov, M., Rosenthal, H., Gessner, J., van Anrooy, R., Doukakis, P., Pourkazemi, M., & Williot, P. (2011). Sturgeon hatchery practices and management for release guidelines. *FAO fisheries and aquaculture technical paper*, (570), 1.
- Conte, F. S. (1988). *Hatchery manual for the White Sturgeon (Acipenser transmontanus Richardson): with application to other North American Acipenseridae* (Vol. 3322). UCANR Publications.
- Dediu, L., MĂEREANU, M. M., Cristea, V., & MĂEREANU, D. (2011). Effect of formulated diet versus live food on growth and survival of Russian sturgeon (*Acipenser guldenstaedti*) larvae starting exogenous feeding. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 68(1-2).
- Dettlaff, T. A., & Davydova, S. I. (1979). Differential sensitivity of cells of follicular epithelium and oocytes in the stellate sturgeon to unfavorable conditions, and correlating influence of triiodothyronine. *General and comparative endocrinology*, 39(2), 236-243.
- Doroshov, S. I., Moberg, G. P., & Van Eenennaam, J. P. (1997). Observations on the reproductive cycle of cultures white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Environmental Biology of Fishes*, 48(1-4), 265-278.
- Gisbert, E., & Williot, P. (1997). Larval behaviour and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon. *Acipenser baeri*, 63-76.
- Gisbert, E., & Williot, P. (2002). Advances in the larval rearing of Siberian sturgeon. *Journal of Fish Biology*, 60(5), 1071-1092.
- Gisbert, E., & Williot, P. (2002). Advances in the larval rearing of Siberian sturgeon. *Journal of Fish Biology*, 60(5), 1071-1092.
- Kamaszewski, M., Ostaszewska, T., Prusińska, M., Kolman, R., Chojnacki, M., Zabytyvskij, J., ... & Kasprzak, R. (2014). Effects of *Artemia* sp. Enrichment with Essential Fatty Acids on Functional and Morphological Aspects of the Digestive System in *Acipenser gueldenstaedtii* Larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14(4), 929-938.
- Kappenman, K. M., Fraser, W. C., Toner, M., Dean, J., & Webb, M. A. (2009). Effect of temperature on growth, condition, and survival of juvenile shovelnose sturgeon. *Transactions of the American Fisheries*

Society, 138(4), 927-937.

Memiş, D., Celikkale, M. S., & Ercan, E. (2006). Effects of different diets on growth performance and body composition of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt & Ratzenburg, 1833). *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 287-290.

Memiş, D., Ercan, E., Çelikkale, M. S., Timur, M., & Zarkua, Z. (2009). Growth and survival rate of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) larvae from fertilized eggs to artificial feeding. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 9(1).

Nathanailides, C., Tsoumani, M., Papazogloy, A., & Paschos, I. (2002). Hatching time and post-hatch growth in Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. *Journal of Applied Ichthyology*, 18(4-6), 651-654.

Niklitschek, E. J., & Secor, D. H. (2009). Dissolved oxygen, temperature and salinity effects on the ecophysiology and survival of juvenile Atlantic sturgeon in estuarine waters: II. Model development and testing. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 381, S161-S172.

Nonnotte, G., Salin, D., & Williot, P. (2018). Effects of Exposure to Ammonia in Water: Determination of the Sublethal and Lethal Levels in Siberian Sturgeon, *Acipenser baerii*. In *The Siberian Sturgeon (Acipenser baerii, Brandt, 1869) Volume 1-Biology* (pp. 391-404). Springer, Cham

Roque d'Orbcastel, E. (2008). *Optimisation de deux systèmes de production piscicole : biotransformation des nutriments et gestion des rejets* (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse).

Savin, C., Cristea, V., Vasilean, I., Patriche, N., & Talpeş, M. (2009). THE WATER QUALITY MONITORING IN THE RECIRCULATING SYSTEMS FOR INTENSIVE STURGEON CULTURE. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 42(2), 107-115.

Semenkova, T., Barannikova, I., Kime, D. E., McAllister, B. G., Bayunova, L., Dyubin, V., & Kolmakov, N. (2002). Sex steroid profiles in female and male stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas) during final maturation induced by hormonal treatment. *Journal of Applied Ichthyology*, 18(4-6), 375-381.

Şener, E., Yildiz, M., & Savaş, E. (2005). Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juveniles. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(5), 1101-1107.

Sorgeloos, P. (1980). The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *The brine shrimp Artemia*, 3, 25-46.

Sternin, V., & Dore, I. (1998). *Le caviar: de la pêche au grain*. Editions Quae.

Theodore, I., Smith, J., Dingley, E. K., & Marchette, D. E. (1980). Induced spawning and culture of Atlantic sturgeon. *The Progressive Fish-Culturist*, 42(3), 147-151.

Van Eenennaam, J. P., Linares-Casenave, J., Muguet, J. B., & Doroshov, S. I. (2008). Induced spawning, artificial fertilization, and egg incubation techniques for green sturgeon. *North American Journal of Aquaculture*, 70(4), 434-445.

Ware, K. M., Henne, J. P., Hickson, B. H., & Charlesworth, K. (2006). Evaluation of six feeding regimens for survival and growth of shortnose sturgeon fry. *North American Journal of Aquaculture*, 68(3), 211-216.

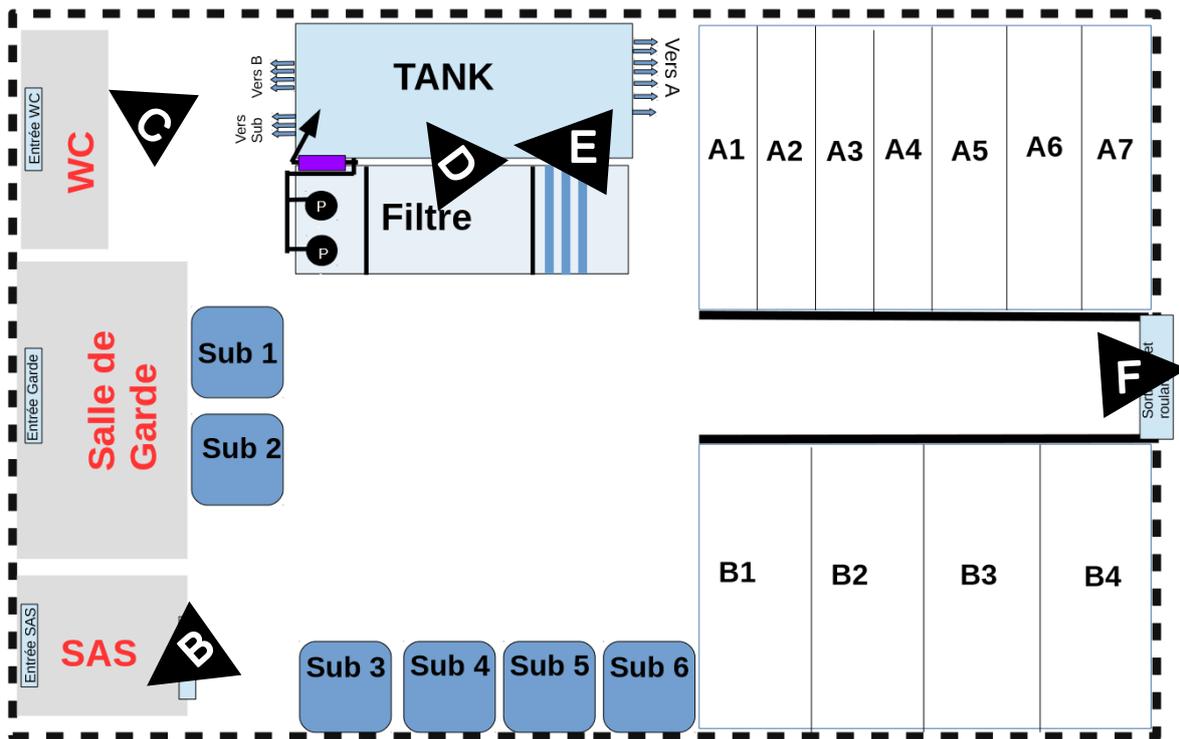
Webb, M. A., & Doroshov, S. I. (2011). Importance of environmental endocrinology in fisheries management and aquaculture of sturgeons. *General and Comparative Endocrinology*, 170(2), 313-321.

Williot, P., & Sabeau, L. (1999). Elevage d'esturgeons et production de caviar: exemple de l'esturgeon sibérien (*Acipenser baerii*) en France. *Compte Rendu Académie Agriculture de France*, 85(8), 71-83.

Williot, P., Sabeau, L., Gessner, J., Arlati, G., Bronzi, P., Gulyas, T., & Berni, P. (2001). Sturgeon farming in Western Europe : recent developments and perspectives. *Aquatic Living Resources*, 14(6), 367-374.

Annexes

Annexe 1 : Plan et photos de l'écloserie



Plan de l'écloserie et repères d'où ont été prises les photos (triangle noir avec lettre).









Annexe 2 : Photos Dispositif de filtration



Pompes de relevage vers cuve

Emplacement pour filtre biologique



Cuve

Stérilisateur U.V.

Trop plein cuve

Mousses filtrantes

Emplacement pour filtre biologique



Cuve

Vannes de distribution d'eau dans les bassins

Filtre



Stérilisateur U.V.

Retour pompe à chaleur

Aller pompe à chaleur

Filtre à sable

Pompe

Vannes de sorties vers bassins



Mousses filtrantes

Arrivées d'eau sale subcarrés et auges

Arrivées d'eau sale raceways

Annexe 3 : Revêtement des bassins



Raceway B permettant de faire une acclimatation régulière des alevins en eau de rivière. (photo personnelle)



Raceways A en eau avec peinture imperméable « Impermax aqua ».



Raceways A en eau avec peinture imperméable « Impermax aqua ».



Culture Artémia

SAS HUSO - Caviar de Neuvic



1. Remplir la bassine avec 3L d'eau.
2. Ajouter une bonne poignée de sel (~200g).
3. Prélever 1.2ml de Pyceze avec la seringue et les ajouter dans la bassine.
4. Compléter la bassine avec 3L d'eau supplémentaire.
5. Placer ensuite les mousses (la grande formant un v et la petite en transversale qui fait un barrage).
6. Ajouter une petite cuillère à soupe (4g) de cystes d'artémia dans le v.



2500 artémias par jour par larve d'esturgeon → 1g de cyste = 200 000 nauplies d'artémia.

Récolte des nauplies côté lumineux de la bassine et distribution aux esturgeons.



ATTENTION : Le PICEZE est un antibactérien pouvant être dangereux. Eviter les contacts avec le produit.





Diplôme : Master 2
Spécialité : Sciences Halieutiques et Aquacoles (SHA)
Spécialisation / option : Aquaculture
Enseignant référent : LE BRIS Hervé

Auteur(s) : Mouilleron Antoine

Organisme d'accueil : Caviar de Neuvic

Date de naissance : 20/05/1995

Adresse : La Grande Veysnière

24190 Neuvic sur l'Isle

Nb pages : 58 Annexe(s) : 4

FRANCE

Année de soutenance : 2018

Maître de stage : DEVERLANGES Laurent

Titre français : Conception et réalisation d'une écloserie d'esturgeons, organisation et analyse d'une première campagne test à partir d'œufs fécondés

Titre anglais : Design and realization of a sturgeon hatchery, organization and analysis of a first test campaign from fertilized eggs

Résumé (1600 caractères maximum) :

La maîtrise des premiers stades de vie de l'esturgeon est une étape complexe qui nécessite des installations adaptées et un environnement favorable au bon développement de l'œuf à l'alevin.

La construction d'une écloserie fonctionnant en circuit semi-fermé doit permettre le bon déroulement de l'élevage tout en facilitant le travail des pisciculteurs. La conception prenant en compte la disponibilité en eau, le dimensionnement des installations ou encore le traitement de l'eau recirculée a été faite pour permettre de produire 15 000 à 20 000 alevins par an. A la suite de la construction, il a été indispensable de tester les installations afin d'identifier les problèmes et de les modifier.

L'usage d'un lot test d'œufs d'oscète (*Acipenser gueldenstaedtii*) a permis d'observer le comportement de l'écloserie en condition réelle mais également de faire un suivi particulier de croissance et de mortalité au cours des premières étapes de développement.

Ainsi durant la campagne test, les différentes étapes d'élevage en écloserie ont été détaillées tout comme les mesures effectuées sur ce lot test. Deux régimes alimentaires différents ont été essayés durant le premier nourrissage externe des larves (mix : nauplies d'artémia + granulé et 100% granulé). Les différents tris effectués au cours des 2 premiers mois, les courbes de croissance, de mortalité et le calcul des indices de conversion ont été reportés à la suite de cet essai effectué à partir d'œufs fécondés.

Abstract (1600 caractères maximum) :

Control of the early life stages of sturgeon is a complex step that requires adequate fittings and a good environment for the proper development from the egg to fry.

The construction of a hatchery operating in a semi-closed circuit should allow the good progress of the rearing and should facilitate the work of fish farmers. The design taking into account the availability of water, the sizing of facilities and the recirculated water treatment must allow to produce 15,000 to 20,000 fry per year. Following the construction, it was essential to test the facilities in order to identify problems and modify them.

The use of a test batch of ossestra eggs (*Acipenser gueldenstaedtii*) allowed to observe the behavior of the hatchery in real conditions and to monitor growth and mortality during the early stages of development.

Thus during the test campaign, the different stages of hatchery rearing and the measurements made on this test batch were detailed. Two different diets were tried during the first external feeding of the larvae (mix: Artemia nauplies + granules and 100% granules). Different sorts by size were made during the first 2 months. The growth and mortality curves and the conversion indices calculation were postponed following this test carried out from fertilized eggs.

Mots-clés : écloserie, esturgeon, conception, alevinage, croissance, mortalité.

Key Words: hatchery, sturgeon, conception, nursery, growth, mortality.