

L'Institut Agro Rennes-Angers
 Site d'Angers Site de Rennes

Année universitaire : 2022 – 2023
Spécialité :
Sciences Halieutiques & Aquacoles
Option :
AQUA (Aquaculture)

Mémoire de fin d'études d'ingénieur agronome de
Bordeaux Sciences Agro

Résumé du rapport confidentiel : Amélioration continue d'une écloserie marine

Par : Martin ASSO



Soutenu à l'Institut Agro Rennes le 15/09/23

Devant le jury composé de :

Président : Grégory Raymond

Maître de stage : Benoît Emo

Enseignant référent : Hervé Le Bris
(Enseignant-chercheur Institut Agro Rennes-Angers)

Autre membre du jury :

Jean-Marc Cochet (Jury extérieur)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers

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



La méthodologie, les données et les résultats précis seront gardés confidentiels. Ce résumé retrace la démarche employée ainsi que les grandes conclusions.

Introduction

Contexte du stage de fin d'études

Le secteur piscicole français

La pêche et l'aquaculture contribuent à nourrir quotidiennement des milliards de personnes à travers le monde et jouent un rôle important tant dans l'économie locale que mondiale (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2023). Seulement, depuis plusieurs années, les ressources naturelles marines s'épuisent en raison d'efforts de pêche trop importants. Ainsi, le rapport de force entre pêche et aquaculture tend à s'inverser au profit de l'aquaculture dont la pression sur les stocks sauvages est plus faible.

Bien qu'alternative à la pêche, l'aquaculture mondiale ne se concentre que sur quelques dizaines d'espèces uniquement. En Europe, celle-ci est souvent liée aux Salmonidés mais depuis les années 1980' et particulièrement 1990', le bassin méditerranéen voit sa production de poissons marins prendre de l'importance (IFREMER 2012) avec ses deux représentants majeurs : le bar (*Dicentrarchus labrax*) et la daurade (*Sparus aurata*).

Cependant, pour pouvoir développer ces productions, la disponibilité en jeunes poissons (juvéniles) est un élément clé. La capture sauvage de ces derniers étant souvent aléatoire et dépendante du milieu, des écloseries ont vu le jour, notamment en France qui a été pionnière dans le milieu (IFREMER 2012). Cela a donc permis à la production de bars d'élevage en Europe d'avoir un essor très rapide à partir des années 1980', passant en 20 ans d'une production très faible à plus de 50 000 tonnes en 2000 (IFREMER 2012).

C'est dans ce contexte que des écloseries françaises ont vu le jour, notamment l'Écloserie Marine de Gravelines Ichtus (EMGI) qui s'est installée comme l'une des principales sur le territoire français, produisant chaque année plus de 100 millions de larves et plus de 20 millions d'alevins de bars et daurades (Gloria Maris 2019).

L'Écloserie marine de Gravelines & Gloria Maris

EMGI fait partie du groupe français Gloria Maris, fondé en 1992, qui regroupe aujourd'hui 5 entreprises (dont EMGI depuis 2014) spécialisées en pisciculture marine, et produisant ainsi bars, daurades et maigres.

Face à une concurrence internationale très forte (Italie, Grèce, Turquie, Espagne etc), et souvent dirigée par une volonté de prix faibles, le groupe mené par Philippe RIERA a donc souhaité se démarquer par la qualité plutôt que la quantité. Ainsi, les maîtres mots de ce groupe sont « Qualité, Excellence, Savoir-faire et Respect de l'environnement » (Gloria Maris 2019). Au sein de ses fermes, la qualité a été privilégiée à la production intensive, que ce soit dans en grossissement, ou en écloserie.

L'entreprise possède donc de nombreux labels : Label rouge, label « bio », producteur et artisan de qualité du collège culinaire de France, global gap et *friend of the sea* (Gloria Maris 2019).

Il est par conséquent important pour le groupe de disposer de sa propre écloserie permettant à la fois d'être auto-suffisant pour deux espèces (bars et daurades), et de pouvoir produire des individus dont les caractéristiques répondent aux besoins qualitatifs du groupe.

La production d'EMGI reste tout de même ouverte aux clients extérieurs et est destinée d'une part pour le groupe, et d'autre part pour des clients et investisseurs internationaux.

Pour parvenir à ces productions, les systèmes piscicoles doivent notamment faire face aux problèmes de gestion d'eau, qui est l'un des enjeux majeurs de notre ère. C'est ainsi que les RAS (*Recirculating Aquaculture Systems*) trouvent leur place, conciliant économie de ressources et performance (Schumann, Unger, Brinker 2017). Ces derniers s'appuient sur une recirculation de leur eau, limitant les pertes, mais demandant une grande attention sur la qualité d'eau. C'est notamment cette technologie qu'utilise EMGI.

Le système d'EGMI, en RAS, se compose de plusieurs unités spécialisées : larvaire, sevrage, géniteurs, R&D (Recherche et Développement) et nurseries. Mon travail s'est essentiellement effectué en nurseries.

Les nurseries sont réparties en trois bâtiments (nurseries 1, 2 et 3), chacune traitant (en général) de stades différents.

Ces bâtiments reposent sur la production de cycles d'alevins afin d'atteindre leurs objectifs de production. Cela permet de fonctionner à biomasse et individus relativement constants tout au long de l'année.

Présentation du sujet de stage

Dans ce contexte, EMGI cherche à améliorer son outil de production afin de rester compétitif et optimisé afin de concilier la facilité du travail des opérateurs et l'efficacité économique. Mon stage de fin d'études s'inscrit dans cette démarche d'amélioration continue des nurseries d'EMGI.

Cette amélioration continue porte donc à la fois sur de la micro-optimisation, souvent liée aux tâches quotidiennes des opérateurs, mais également sur de l'optimisation de leviers plus importants. Ainsi, il a été décidé de ne développer en détail dans ce mémoire de stage que des améliorations jugées "majeures" en raison de leurs bénéfices productifs ou économiques.

Premier axe majeur d'amélioration : la gestion des matières en suspension (MES)

En système recirculé, l'un des points les plus importants à surveiller, et donc à améliorer, est la qualité d'eau. C'est ainsi que cette thématique s'est naturellement présentée dans cette démarche d'amélioration continue, particulièrement sur la gestion des MES (Matières En Suspension) qui semblaient trop élevées (appréciation visuelle) et donc optimisables.

En effet, les charges en particules organiques dans le système ont des effets néfastes directs sur les alevins, en particulier sur le fonctionnement physiologique de leurs branchies ou sur leur bien-être (Schumann, Unger, Brinker 2017). Les MES ont aussi des effets indirects puisqu'elles vont induire une compétition entre les bactéries hétérotrophes et nitrifiantes du système, causant une augmentation préoccupante de l'ammoniaque (Schumann, Unger, Brinker 2017) souvent source de problèmes de santé et/ou de croissance des alevins.

Par conséquent, l'objectif primaire a été de faire un état des lieux sur les charges particulières dans le système, de déterminer quels éléments impactent le plus le système, et d'évaluer la gestion actuelle des MES (et l'abattement réalisé par les éléments filtrants). Cet état des lieux a permis de déterminer les points faibles et donc les améliorations possibles.

Les premières hypothèses de travail étaient la présence d'une charge excessive en MES dans le système, et la mauvaise utilisation des éléments de filtration, en particulier les filtres à tambours. Améliorer les filtres permettrait une meilleure efficacité technique et économique.

Enfin, je voulais également estimer les conséquences des modifications apportées en termes d'impacts sur : la production, le bien-être des alevins, et l'économie de l'entreprise.

Second axe majeur d'amélioration : la gestion du pH

Un autre aspect majeur de la qualité d'eau en pisciculture est la gestion du pH (potentiel hydrogène). Le pH peut avoir de nombreux effets physiologiques sur l'alevin, et peut perturber leur croissance, leur alimentation, leurs branchies (brûlure et accumulation de mucus), leurs globes oculaires etc. De plus, à haut pH, l'ammoniac est majoritairement retrouvé sous sa forme libre (NH_3 très toxique) plutôt que sous sa forme ionisée (NH_4^+ , moins toxique).

Ainsi, il est conseillé de conserver des paramètres d'élevages situés entre 6,5 et 8 de pH, et surtout d'éviter les changements brusques, un changement brusque pouvant notamment impacter le pH sanguin, l'acidose ou l'alcalose, et conduire à de fortes mortalités (Pasquier 1995).

En système recirculé, plusieurs facteurs ont tendance à acidifier le pH. D'une part, le phénomène de respiration des alevins consiste à consommer l'oxygène dissous pour son métabolisme, et ensuite à rejeter du dioxyde de carbone (CO_2). On peut l'estimer à hauteur de (Colt, Tchobanoglous 1981) :

$$\text{Production de } \text{CO}_2 = 1,375 * \text{Consommation d'O}_2$$

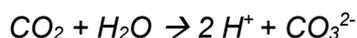
Et ce, même si la consommation d'oxygène varie selon l'activité de l'alevin (repos, nourrissage, stress etc).

Une fois dissout dans l'eau, le CO_2 va réagir (Pasquier 1995) et se transformer en acide carbonique.

Puis cet acide carbonique se dissocie en libérant un ion hydrogène pour former un ion bicarbonate.

Et enfin cet ion bicarbonate peut lui aussi perdre son atome d'hydrogène pour former un ion carbonate.

Ce qui nous donne en résumé :



De même, le système recirculé repose sur la nitrification qui est un processus bactérien permettant de transformer, selon le cycle de l'azote, l'ammoniac en nitrates.

La première réaction, réalisée par les bactéries *Nitrosomonas* (Colt, Tchobanoglous 1981), transforme l'ammoniac en nitrites, c'est la nitritation (5) :



Ensuite intervient la nitratation, souvent réalisée par les *Nitrobacter* (Colt, Tchobanoglous 1981), qui permet de transformer les nitrites en nitrates (6) :



Tous ces ions H^+ (réactions 2, 3, 5, 6) vont acidifier l'eau du système, et ce même avec l'effet tampon de l'eau de mer (les réactions 2 et 3 sont réversibles en eau de mer en raison de la forte concentration en carbonates et bicarbonates). En effet, les ions hydrogènes réagissent avec l'eau pour former un ion oxonium (7), « source » du pH puisque le pH se calcule comme étant $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$, (7) :



Pour permettre d'ajuster le pH et pour le garder constant aux alentours de 7 (pH neutre), l'entreprise se base tout d'abord sur un dégazeur afin d'éliminer un maximum de CO₂, et d'éviter la première source d'acidification.

Cependant, ce système ne permet pas de tout éliminer ni de limiter l'acidification bactérienne. Un ajout d'une base est donc nécessaire (actuellement de la soude) pour permettre la neutralisation du pH, mais cette base est chère, à risque (corrosive pour la peau), et ne possède pas d'effet tampon.

C'est dans cette optique qu'intervient mon projet, afin de tester d'autres solutions, notamment à base de lait de chaux.

En effet, le lait de chaux, bien connu des pisciculteurs, n'est pas à risque pour l'opérateur, potentiellement moins cher à efficacité équivalente, et posséderait un effet tampon.

Ainsi, deux produits concurrents vont être testés et comparés, l'un étant du lait de chaux « classique », l'autre étant un produit breveté à base de lait de chaux.

Troisième axe majeur d'amélioration : la gestion de l'oxygène dans le système

Un dernier axe important d'amélioration est la gestion de l'oxygène dans les bassins. En effet, dans un circuit fermé, les sources de consommation d'oxygène sont nombreuses. D'après les équations précédemment décrites, dans le système, à la fois alevins et bactéries consomment de l'oxygène, jour et nuit.

Pour compenser ces besoins en oxygène, un apport est réalisé à la fois par diffuseurs d'oxygène dans la réserve d'eau de chaque bâtiment, mais aussi sur le circuit d'arrivée d'eau aux bassins par un ou plusieurs oxygénateurs qui permettent d'assimiler de l'oxygène pur à l'eau.

En théorie, il serait possible d'estimer tous les besoins en oxygène de manière précise, et donc de régler l'apport en fonction de ces besoins. Cependant, des sources d'incertitudes demeurent que ce soit par des dégazages lors des mouvements d'eau, par une mauvaise estimation des nombres et/ou des biomasses d'alevins, par une mauvaise estimation de la charge ammoniacale et donc de la consommation des filtres biologiques, ou encore par une erreur sur l'apport de la ration alimentaire. Ainsi, deux solutions sont possibles :

- Surestimer les besoins pour intégrer une marge d'erreur mais consommer inutilement de l'oxygène (coûteux et dont le prix a fortement augmenté ces dernières années), et risquer une sursaturation dans les bassins qui pourraient causer des problèmes physiologiques aux alevins ;

- Mesurer l'oxygène en des points clés (sortie de filtres biologiques et dans les bassins) et prévoir un apport d'oxygène de secours si celui-ci est trop faible pour maintenir en permanence un taux d'oxygène optimal, tant pour la nitrification que pour le bien-être des alevins. Cette solution permet ainsi une consommation ajustée aux besoins à condition que les diffuseurs de secours effectuent leur rôle de manière efficiente.

Cette seconde solution est très souvent choisie, notamment à EMGI.

Mon objectif était donc d'une part de déterminer comment régler les diffuseurs de secours pour qu'ils consomment moins d'oxygène, tout en optimisant un retour de l'oxygène du bassin à un niveau idéal le plus rapidement possible afin de diminuer les risques ; et d'autre part, de trouver les réglages optimaux des oxygénateurs afin d'améliorer leur efficacité.

Ces meilleurs rendements permettant à la fois une amélioration de l'efficacité économique mais aussi du bien-être des alevins (voire également une amélioration des performances de croissances).

Cette thématique sur l'oxygène a été étudiée et testée avec l'aide d'un autre stagiaire sur site dont le stage porte sur cette problématique.

Améliorations mineures, exemple du CO₂

L'optimisation d'une production, et de manière générale d'un système, ne s'effectue pas qu'au travers de lourds changements et de modifications profondes de l'outil de production. Bien souvent cela passe par de la micro-optimisation de tâches du quotidien, le remplacement d'un matériau, une amélioration de la communication, de la formation, ou même une action complémentaire à une procédure déjà en place. J'ai notamment participé à la mise en place et à la validation de plusieurs de ces leviers.

L'utilisation de CO₂ comme anesthésiant léger pour les alevins (A. Ackerman & al 2005) est une des améliorations « mineures » qui peut être, présentée car elle repose sur une méthodologie « classique » de recherche puis de phase de test.

En effet, lors de la manipulation de nombreux alevins il est fréquent de les anesthésier (totalement ou partiellement) en vue d'une manipulation, à la fois pour éviter un stress inutile à l'alevin, mais aussi pour faciliter le travail des opérateurs. L'anesthésie peut par exemple être utilisée pour :

- Les ventes où les alevins vont être pêchés et mis en camion de transport, avec une anesthésie partielle, le but étant simplement de calmer les alevins
- Un tri qualité avec une anesthésie totale pour faciliter la manipulation hors de l'eau, où les poissons vont être analysés un à un sur une table par un opérateur

Ces anesthésies reposent actuellement sur l'emploi d'anesthésiants de synthèse et sont donc potentiellement lourds pour l'organisme de l'alevin avec des effets parfois persistants (A. Ackerman, D. Morgan, K. Iwama 2005).

Il a donc été décidé, notamment pour l'anesthésie partielle, d'utiliser du CO₂ directement diffusé dans le bassin afin de créer une situation d'hypercapnie induisant une acidose respiratoire (via une diminution reproductible du pH sanguin chez l'alevin) (A. Ackerman, D. Morgan, K. Iwama 2005). De plus, le CO₂ étant un gaz il ne laisse pas de traces dans les tissus, et ne risque pas de détériorer l'équilibre du milieu puisque l'on travaille en eau de mer.

Conclusions

Tout au long de mon sujet de stage, j'ai pu mener à bien différentes campagnes de tests et plusieurs projets d'amélioration continue.

Nous avons pu voir que des améliorations sur le traitement des MES dans le système étaient possibles, bien que les charges moyennes du système soient acceptables, notamment sur leur captation jusqu'aux éléments filtrants où les tests ont démontré une difficulté de l'évacuation des MES.

Puis, nous avons vu qu'il était possible de grandement améliorer les capacités de filtration des filtres à tambours, notamment en jouant sur des intermittences dans leurs rotations afin de concentrer les MES et d'améliorer ainsi leur élimination. Cette amélioration permettrait, outre un gain économique par la rationalisation de l'utilisation électrique, un gain en qualité d'eau, mais aussi un gain en débit si des filtres à sables alors devenus obsolètes étaient supprimés.

Par ailleurs, un projet sur le remplacement de la soude a été mené. Il a permis de démontrer qu'il était tout à fait possible de remplacer la soude par du lait de chaux, moins cher, de bonne efficacité et beaucoup moins dangereux pour les utilisateurs.

De plus, parmi le choix des laits de chaux, le produit breveté s'est révélé être la meilleure option puisque beaucoup plus efficace en dépit de son prix légèrement plus élevé, d'autant qu'il ne nécessite aucune modification du système, contrairement au lait de chaux classique avec l'ajout d'agitateurs mécaniques dans les cuves.

Enfin pour conclure sur les améliorations majeures, nous avons pu constater qu'il était possible d'améliorer les rendements et donc l'utilisation d'oxygène dans le système.

Cela passe par un réglage plus précis des oxygénateurs à micro-jets afin de répondre au mieux aux besoins des nurseries, mais aussi en augmentant l'efficacité des diffuseurs de secours, bien souvent mal réglés, qui dépensent inutilement de l'oxygène.

Cependant, l'amélioration d'un système ne se résume pas qu'à ses grands changements mais demande également de la micro-optimisation sur les outils de production et la gestion des tâches quotidiennes.

Nous avons ainsi vu qu'il était possible d'assister les manipulations de cheptel par l'ajout de CO₂ en anesthésiant partiel puisque ce dernier permet de calmer rapidement les alevins tout en assurant un excellent réveil et aucune séquelle apparente.

D'autres améliorations, « mineures » ont également été apportées au système permettant d'augmenter son efficacité ou d'améliorer le confort des opérateurs qui est un élément très important dans la gestion d'un outil de production.

De plus, les problématiques traitées pendant ce stage ne sont qu'une partie de l'ensemble des thématiques améliorables en production marine.

Ce projet s'inscrit dans une optique d'amélioration continue et ne représente pas la fin d'une démarche puisque une production d'êtres vivants est en perpétuel changement et demande une adaptation quotidienne de ses éléments, à la fois pour correspondre au marché, mais aussi aux besoins de son système.