



Opération : « ETUDE DE FAISABILITE POUR LA VALORISATION DES DECHETS DE POISSONS PAR L'ELEVAGE DE CREVETTES : ECONOMIE CIRCULAIRE »

Maitre d'œuvre : « SAEML LA CRIEE AUX POISSONS DES PAYS D'AGDE »



PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN POUR LES AFFAIRES MARITIMES ET LA PÊCHE

SOMMAIRE

Partie 1 **Étude réglementaire des co-produits et des sous-produits halieutiques**

Partie 2 **Note réglementaire sous-produits aquatiques et leur utilisation**

Partie 3 **Essai d'élevage de la crevette japonaise (*Penaeus japonicus*) à partir de rejets d'unités de filetage en conditions contrôlées**

Partie 1
**Etude réglementaire des co-produits et des sous-
produits halieutiques**

Partie 2
Note réglementaire sous produits aquatiques et
leur utilisation

Partie II – Note Réglementaire : Sous-produits aquatiques et leur utilisation

Table des matières de la partie II

Table des matières

Présentation.....	3
Définition et terminologie.....	3
Approche de la réglementation Européenne.....	4
Application potentielle aux criées françaises.....	6
Conclusion.....	7

Présentation

Ce document a pour objet la rédaction d'une note réglementaire concernant les viscères de poisson issus de la pêche, ainsi que leur utilisation dans l'alimentation des animaux d'élevage. Cette étude fait suite à l'interdiction opposée par les services vétérinaires français à la criée d'Agde qui souhaitait valoriser ces viscères bruts issus de son atelier de transformation de poisson (filetage) en alimentation d'élevage de crevettes détritivores. Une telle pratique étant, selon eux, contraire à la réglementation européenne en vigueur.

Il est nécessaire de s'intéresser en premier lieu à la terminologie en recherchant ce qu'il faut entendre par coproduits, sous-produits et déchets dans le langage courant relativement aux viscères, lequel ne correspond pas toujours à la qualification retenue dans la réglementation européenne puis dans un second temps, concernant plus précisément les viscères, aux conditions de leur utilisation dans le circuit alimentaire, en droit européen.

Enfin, dans l'hypothèse où le projet la criée d'Agde enfreindrait les dispositions réglementaires européennes applicables, notamment dans le domaine des sous-produits, il s'agira de mettre en évidence l'intérêt que représenterait pour les acteurs de la pêche en mer, un aménagement de la réglementation en vigueur en lien étroit avec un développement durable de leur activité halieutique.

Définition et terminologie

Il n'existe pas de définition claire de ce qu'il faut entendre par coproduit, en tout cas d'un point de vue réglementaire, au point qu'il n'est pas rare de voir les coproduits assimilés à des déchets. A cet égard on retiendra toutefois que textes existent qui prévoient les conditions dans lesquelles un coproduit est spécifiquement exclu de la notion de déchet. On peut alors lire qu'un coproduit est une substance ou un produit résultant d'un processus de production qui n'est ni un produit, ni un résidu, ni un déchet et dont la valorisation économique est totale et qui dispose d'un marché adossé à une cotation.

Parmi les définitions mieux documentées, on trouve celle du sous-produit :

Sous-produit : *substance ou objet résultant d'un processus de production et qui n'est pas le produit final que ce processus vise à produire, mais dont l'utilisation ultérieure et directe est certaine. La valorisation est partielle, spécifique ou locale. Quand elle existe, la valorisation économique reste de faible valeur ajoutée, soumise aux aléas économiques, et ne permet souvent l'intervention que d'un unique opérateur intermédiaire. Les sous-produits animaux sont définis comme « Les cadavres entiers ou parties d'animaux, les produits d'origine animale ou d'autres produits obtenus à partir d'animaux, qui ne sont pas destinés à la consommation humaine, y compris les ovocytes, les embryons et le sperme.*

Par opposition à celle des déchets (ou dans notre cas, biodéchets) :

Déchets : *toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire.*

Biodéchets : *les déchets biodégradables de jardin ou de parc, les déchets alimentaires ou de cuisine provenant des ménages, des bureaux, des restaurants, du commerce de gros, des cantines, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que les déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires.*

Aussi, dans leur étude réalisée en Octobre 2021 (Evaluation des ressources en biomasse aquatique disponibles en France - coproduits et sous-produits), FranceAgriMer met en avant de nouvelles définitions, à savoir :

- *Les coproduits pouvant être valorisés en alimentation humaine (arêtes centrales de poisson avec chair par exemple), correspondent à des denrées alimentaires. Une valorisation en alimentation humaine impose de gérer les coproduits comme des denrées alimentaires au niveau de leur qualité, leur conditionnement, de leur manipulation, leur stockage et transport.*
- *Les sous-produits qui ne peuvent pas être orientés en alimentation humaine (ex : les viscères, les produits altérés, les coquilles de coquillages).*

Valorisation : *toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en remplaçant d'autres matières qui auraient été utilisées à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, dans l'usine ou dans l'ensemble de l'économie.*

Traitement : *toute opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination.*

Il résulte de ce qui précède que les viscères constituent des sous-produits alimentaires, au sens de la réglementation européenne.

Approche de la réglementation Européenne

Aux termes de l'article 3 du règlement européen 1069/2009, les sous-produits animaux sont définis comme *"les cadavres entiers ou parties d'animaux, les produits d'origine animale ou d'autres produits obtenus à partir d'animaux, qui ne sont pas destinés à la consommation humaine, ..."*

L'article 7 dudit règlement prévoit que *" Les sous-produits animaux sont classés en catégories spécifiques reflétant leur niveau de risque pour la santé publique et animale, ..."* Ces catégories vont de 1 à 3, des sous-produits les plus dangereux aux moins dangereux.

Parmi les sous-produits de catégorie 3, on retrouve notamment (article 10) :

b) i) les carcasses ou les corps et parties d'animaux écartés comme étant impropres à la consommation humaine conformément la législation communautaire, mais qui sont exempts de tout signe de maladie transmissible aux êtres humains ou aux animaux ;

e) les sous-produits animaux issus de la fabrication de produits destinés à la consommation humaine,

...

i) les animaux aquatiques et les parties de ces animaux, à l'exception des mammifères marins, n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible aux êtres humains ou aux animaux ;

j) les sous-produits d'animaux aquatiques qui proviennent d'établissements ou d'usines fabriquant des produits destinés à la consommation humaine ;

Les viscères, selon l'alinéa b) i), e) et plus particulièrement i) et j) de l'article 10, sont donc considérés par la réglementation en vigueur comme un sous-produit animal de catégorie 3, et seront donc soumis aux règlements les concernant.

Depuis plusieurs dizaines d'années, la réflexion globale mise en exergue dans le préambule du règlement CE 1069/2009, tend vers une diminution des déchets ainsi qu'une valorisation optimale des sous-produits animaux :

(3) L'élimination de tous les sous-produits animaux, qui entraînerait des coûts non supportables et des risques pour l'environnement, n'est pas une solution réaliste. Au contraire, l'utilisation sûre et durable d'un large éventail de sous-produits animaux à diverses fins va clairement dans le sens de l'intérêt de tous les citoyens, à condition de limiter autant que possible les risques sanitaires. De fait, de nombreux sous-produits animaux sont couramment utilisés dans des secteurs de production importants, tels que l'industrie pharmaceutique, la production d'aliments pour animaux ou encore l'industrie du cuir.

En vertu de l'article 14, les sous-produits de catégorie 3 peuvent être utilisés **transformés** pour l'alimentation d'animaux d'élevage avec certaines réserves :

d) [...] transformées, sauf dans le cas de matières de catégorie 3 altérées par un phénomène de décomposition ou par une détérioration, de sorte qu'elles comportent, du fait de ce produit, un risque inacceptable pour la santé publique et animale, et sont utilisées :

e) sont utilisées pour la production d'aliments crus pour animaux familiers, mis sur le marché conformément à l'article 35 ;

i) pour la fabrication d'aliments pour les animaux d'élevage autres que les animaux à fourrure, mis sur le marché conformément à l'article 31, sauf dans le cas des matières visées à l'article 10, points n), o) et p) ;

Ainsi, l'utilisation **brute** de ces sous-produits animaux pour l'alimentation animale, n'est possible que pour les animaux familiers en l'état des textes en vigueur, (article 14, e) mais en dehors de ce cas précis, seul le sous-produit transformé (dans la majorité des cas, sous la forme de farine de poisson), est autorisé comme alimentation d'élevage.

Une dérogation reste possible dans certains cas :

Recherche et autres fins spécifiques

- 1. L'autorité compétente peut, par dérogation aux articles 12, 13 et 14, autoriser l'utilisation de sous-produits animaux et de produits dérivés dans le cadre d'expositions et d'activités artistiques, ainsi qu'à des fins de diagnostic, d'éducation et de recherche, dans des conditions qui garantissent la maîtrise des risques pour la santé publique et animale.*

Un agrément sanitaire peut être délivré par la direction départementale de la protection des populations, l'entreprise alimentaire requérante étant tenue de justifier que ses produits sont sans danger pour la santé humaine, en produisant des analyses de microorganismes récurrentes (Listeria, Histamine, E. coli, etc. pour les produits aquatiques) effectuées par des laboratoires agréés. Si les produits sont jugés sains par ces autorités, il en ira de même pour leurs sous-produits relatifs qui pourront être utilisés pour l'alimentation d'élevage, sans qu'il soit besoin de solliciter une dérogation.

Enfin, en application de l'article 20, il est également possible de saisir l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA), aux fins de voir autoriser une nouvelle méthode d'utilisation des sous-produits animaux :

- 1. La procédure d'autorisation d'une autre méthode d'utilisation ou d'élimination des sous-produits animaux ou des produits dérivés peut être engagée soit par la Commission, soit, à la suite d'une*

demande, par un État membre ou une partie intéressée, laquelle peut représenter plusieurs parties intéressées.

Application potentielle aux criées françaises

Dans le contexte actuel « post-coronavirus », le secteur alimentaire européen, a connu une crise sans pareil. Les acteurs concernés luttent pour retrouver, progressivement, les standards et les chiffres qu'ils affichaient avant la pandémie. C'est particulièrement le cas pour les criées françaises, dont les résultats étaient déjà en recul avant même la crise sanitaire.

En 2019, le bilan national des ventes en criées en France affichait une baisse de volume de 6% par rapport à 2018, ainsi qu'une valeur des ventes en diminution de 4% selon FranceAgriMer. Si certaines criées présentaient, malgré tout, des bilans positifs, comme la criée d'Agde (+3%, +13%), cette dynamique positive a été stoppée par l'effet Covid, entre 2020 et 2021 avec une baisse de 3.78% selon societe.com. Installé dans un équilibre précaire entre le nombre de ventes en baisse et la hausse des prix de vente, les criées les plus modestes, démunies, ne disposent pas des mêmes moyens que les mastodontes du milieu (Boulogne, Bretagne, etc...).

Il est donc nécessaire de proposer des solutions d'autant plus pertinentes qu'elles s'inscrivent dans une démarche européenne globale de « réflexion écologique et locale ». Si certaines sociétés ont axé leur activité principale sur la collecte de ces sous-produits (Bioceval & Copalis pour ne citer qu'elles), c'est au prix d'une logistique coûteuse d'un point de vue écologique en raison d'une localisation disséminée des différents points de collecte de sous-produits aquatiques, sans compter les surcoûts afférents.

Pour les criées possédant déjà une salle de transformation (produits éviscérés, filetage, etc.), et pour les autres, impactées par la loi sur l'interdiction de rejet de poisson, mise en place en 2015 puis étendue jusqu'en 2019 (impliquant une nouvelle source de « sous-produits aquatiques » selon les définitions du règlement CE 1069/2009), la question de la valorisation des sous-produits bruts est sujet à réflexion pour trouver la solution la plus à même de satisfaire à la fois les attentes écologiques globales et les économiques locales.

Une première réponse serait la mise en place de locaux de transformation de sous-produits aquatiques au sein de chaque criée trop éloignée des circuits de collecte. Chaque criée serait alors en mesure de transformer elle-même ses sous-produits aquatiques et de les valoriser. Cependant, dans l'état actuel des choses, le coût induit pour investir dans l'obtention de cet agrément sanitaire, couplé aux coûts de mise en place de locaux dédiés, est rédhibitoire pour la majorité des petites criées.

L'élevage de certaines espèces aquatiques nourries exclusivement par les sous-produits générés par ces criées, permettrait leur valorisation mais également la création d'une source de revenu pour les acteurs concernés, à savoir la vente de ces espèces détritivores. Cette extension d'activité serait complémentaire à l'activité initiale de la criée tout en restant thématiquement proche. Aucun coût logistique supplémentaire ne serait engagé par la structure, l'aspect local serait maintenu et le respect des normes sanitaires liées à l'alimentation d'animaux d'élevage serait assuré par l'agrément sanitaire de la criée, garantissant la sécurité sanitaire des sous-produits issus de leur production. Le tout à moindre coût tant sur le plan économique que sur le plan écologique.

Cette solution implique que soient respectées, les normes sanitaires applicables en matière d'élevage et l'obtention d'un nouvel agrément sanitaire pour extension d'activité (rédaction d'un nouveau plan

de maîtrise sanitaire, conception d'un nouveau process de fabrication, respect du règlement 183/2005 concernant l'hygiène des aliments pour animaux).

Conclusion :

De nos jours, les sous-produits aquatiques sont produits en quantité non négligeable puisque dans certains cas, ils représentent jusqu'à 70% du poids total du poisson. Ces derniers sont toujours sous-utilisés, comme indiqué dans un rapport de l'EUMOFA publié en 2020 :

“Les sous-produits sont généralement sous-utilisés, avec une estimation de 12 millions de tonnes de sous-produits de la transformation de produits de la pêche et de l'aquaculture qui ne sont pas utilisés à quelquefin que ce soit.”

Cette sous-utilisation n'est pas uniquement un problème européen, mais bien mondial, avec notamment l'Asie qui possède les plus grands volumes de poissons transformés et donc le plus grand potentiel pour une meilleure utilisation.

Il apparaît alors évident qu'une meilleure utilisation, voire parfois même une simple utilisation des sous- produits irait dans le sens de développement durable et responsable de la filière. Cette proposition d'utilisation, bien que spécifique, constitue un pas de plus vers l'évolution des marchés locaux, du respect de la planète tout en étant économiquement réalisable par les entreprises les plus modestes.

Partie 3

**Essai d'élevage de la crevette japonaise (*Penaeus japonicus*)
à partir de rejets d'unités de filetage en conditions contrôlées**

Partie III – Rapport d'expérimentation

Essai d'élevage de la crevette japonaise (*Penaeus japonicus*) à partir de rejets d'unités de filetage en conditions contrôlées



Juin 2023

Table des matières

Introduction	3
Matériel et Méthode.....	4
I. Matériel.....	4
1) La crevette impériale <i>Penaeus japonicus</i>	4
2) Aliments pour nourrissage des crevettes.....	5
3) Bacs d'accueil des crevettes et systèmes de filtration.....	5
4) Suivi de la qualité du milieu.....	6
II. Protocole expérimental	7
1) Phase d'acclimatation	7
2) Expérimentation	7
III. Analyse des résultats.....	8
1) Evaluation de la survie et des paramètres de croissance	8
2) Analyse Statistique	9
Résultats.....	10
I. Qualité du milieu.....	10
1) Température et oxygène.....	10
2) Sels nutritifs dissous et salinité	10
II. Performance d'élevage	12
1) Mortalité.....	12
2) Croissance relative	12
Discussion/Conclusion	14
Perspectives	16
Bibliographie	17

Introduction

La criée aux poissons du Grau d'Agde est le quatrième point de débarquement de la côte méditerranéenne française en terme de volume. Elle accueille depuis 2019 la SAS « Terre et mer » qui transforme une partie des produits de la criée. Ces deux activités économiques génèrent des déchets tels que les rejets de chalutages ou des carcasses issues de l'activité de filetage. La criée du Grau d'Agde, dans un objectif de durabilité et de diversification de ses activités, souhaite valoriser ces déchets.

En effet, la mise au rebut des sous-produits est souvent synonyme d'importantes dépenses en termes de coût énergétique et financier engendrées par les étapes successives de stockage réfrigéré, transport et équarrissage. Dans ce contexte, l'utilisation et la valorisation directe des sous-produits sur le site de la criée sans étapes intermédiaires a été envisagée. Un des moyens retenus pour valoriser ces déchets est l'élevage d'une espèce nécrophage.

La crevette Japonaise *Penaeus japonicus* semble montrer un très fort potentiel. Cette espèce nécrophage affiche une croissance forte puisqu'elle atteint sa taille de commercialisation en 120 jours si les conditions sont optimales. Pour cette espèce dite à « cycle court », plusieurs productions pourraient ainsi être assurées sur une année une fois l'infrastructure et l'itinéraire zootechnique maîtrisés. En plus d'être très apprécié des consommateurs pour sa chair ferme, le prix de vente de cette espèce est établi entre 50 et 70 euros du kilo selon le calibre.

L'Institut océanographique Paul Ricard, fraîchement doté d'une nouvelle plateforme expérimentale, est en charge de mener la première expérimentation d'alimentation à base de co-produits dans le but d'effectuer une production de crevette japonaise. Dans cette première étape, l'expérimentation a été développée autour de deux questions : i) Les crevettes peuvent-elles consommer des rejets et des déchets d'unité de filetage sans transformation préalable coûteuse? et ii) Quelle est l'influence de cette alimentation sur les paramètres d'élevage (croissance et survie) ?

Ce rapport a pour objectif de présenter le protocole expérimental établi ainsi que les résultats obtenus.

Matériel et Méthode

I. Matériel

1) La crevette impériale *Penaeus japonicus*

La crevette japonaise (*P. japonicus*), aussi connue sous le nom de gambas japonaise est une espèce tropicale et subtropicale naturellement présente dans l'océan Pacifique Ouest. Elle est désormais présente en Atlantique et Méditerranée suite à une introduction accidentelle. Cette espèce benthique évolue entre 0 et 90 mètres de profondeur sur fond vaseux à sablo-vaseux sur la bande côtière. Comme pour toutes les espèces du genre Penaeidae, les juvéniles évoluent dans les estuaires et les lagunes

littorales avant de migrer en milieu ouvert (figure n°1). Les adultes vivent ensuite enfouis dans le substrat le jour et sont vagiles la nuit. Lors de la ponte entre avril et novembre, les femelles relâchent

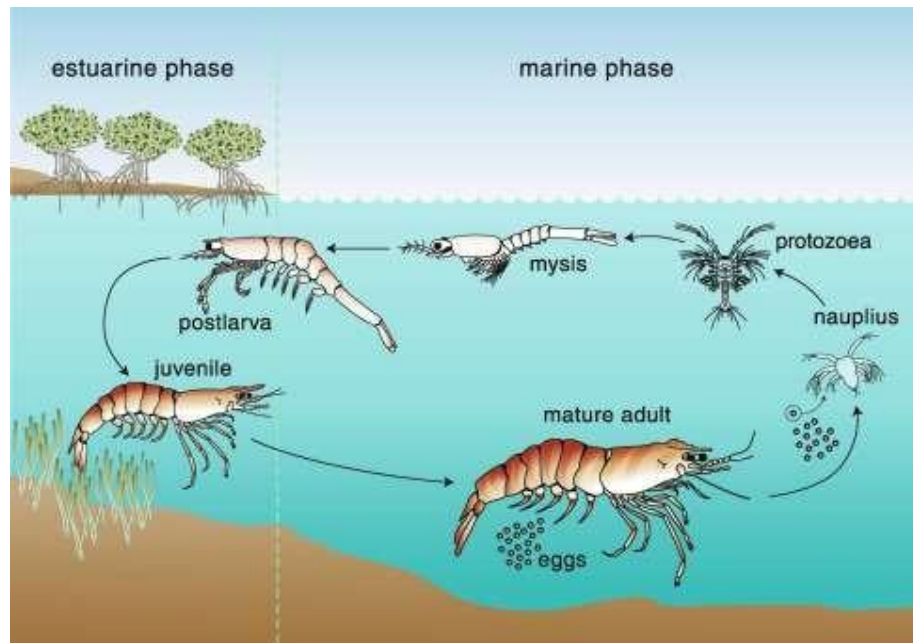


Figure 1 : Cycle de vie des penaeidae

entre 100 000 et 800 000 dans la nuit. Le développement larvaire dure une quinzaine de jours. Durant ce laps de temps, les larves passent par 3 stades de développements avant la métamorphose au stade poste-larve : nauplius, zoé et mysis. Chaque stade est respectivement découpé en six, trois et trois sous-stades. Le cycle de développement de l'espèce *P. japonicus* est rapide puisqu'elle passe de 10 milligrammes à 1sa taille commerciale de 5-20 grammes en l'espace de 120 jours. Chaque stade de vie de cette espèce possède un régime alimentaire particulier. Elle est vie d'abord sur réserve propre (nauplius), puis herbivore (zoé) et devient carnivore au stade mysis. Les adultes s'alimentent à partir de petits organismes de la faune vagile (mollusques, petits crustacés, annélides polychètes).

Concernant les crevettes utilisées pour l'expérimentation, elles ont été fournies par la ferme « Les Poissons du Soleil » du groupe Aqualande à Leucate. Elles ont été réceptionnées le 17 Avril au stade poste larve 20 (PL20) et mesuraient alors en moyenne 12 mm.

2) Aliments pour nourrissage des crevettes

Du stade PL20 au stade PL35, les juvéniles de crevettes ont été nourris sur artémia. Les artémias utilisées ont été préalablement pêchées dans les salins de l'île des Embiez puis congelées à -18°C. Les mollusques (moules), poissons frais (lieu jaune, joël et mulot) utilisés pour simuler les carcasses d'unité de filetage et/ou débarquement non commercialisable ont été achetés surgelés dans le commerce et stockés sur place à -18 degrés. Le granulé commercial habituellement utilisé pour nourrir les juvéniles provient de l'entreprise royal Sea food (Bernaqua – Microencapsulatedfeed, 500-800 micron).

3) Bacs d'accueil des crevettes et systèmes de filtration

Deux laboratoires ont été mobilisés pour recevoir les crevettes. Le premier (Laboratoire 5) a été utilisé lors de la phase d'acclimatation. Un deuxième (Laboratoire 6) a été utilisé pour l'expérimentation en elle-même. Les systèmes utilisés dans les deux laboratoires sont décrits ci-dessous.

- Laboratoire 5

Ce laboratoire contient 14 aquariums de 230L (80x54x50) (*photo 1*). Chaque aquarium est associé en paire ou en trio sur un système de filtration en commun composé d'un filtre mécanique et d'un filtre biologique. La température de l'eau est assurée par des résistances de 400w associées à une sonde et un thermostat directement introduit dans les aquariums. L'oxygénation de l'eau est réalisée par bullage.



Photo 1 : Batterie d'aquariums et système de filtration du laboratoire 5

- Laboratoire 6

Ce laboratoire contient 4 batteries de 4 aquariums de 85L (48x58,5x30) (*photo 2*). Chaque groupe de 4 aquariums possède son propre système de circulation et de filtration de l'eau. Il est composé d'un filtre mécanique, d'un filtre biologique et d'une lampe UV (*figure 1*). Une pompe immergée après le système de filtration permet d'assurer la circulation de l'eau dans les aquariums qui redescend ensuite dans les aquariums en gravitaire. Dans ces systèmes la température de l'eau est

assurée par une résistance électrique de 400W introduit dans le compartiment de la pompe et reliée à une sonde avec thermostat. L'oxygénation de l'eau est assurée par bullage.



Photo 2 : Laboratoire n°6

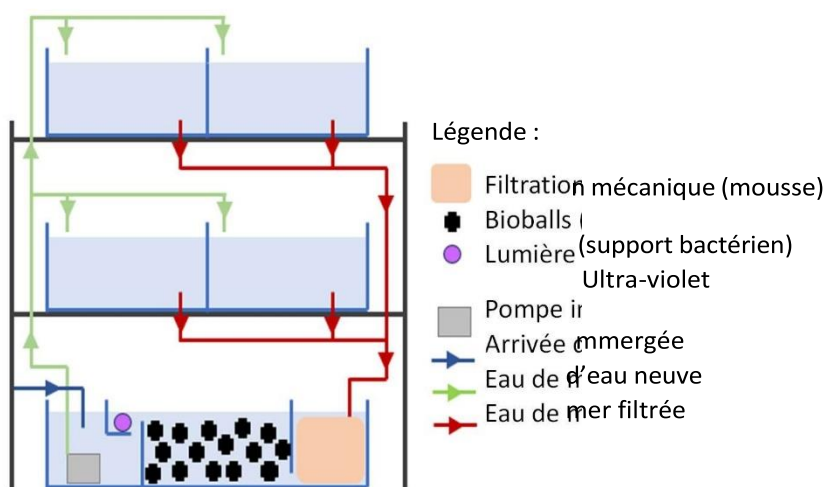


Figure 2 : Principe de fonctionnement d'une batterie d'aquarium du laboratoire 6

4) Suivi de la qualité du milieu

Le contrôle et suivi des paramètres de l'eau sont assurés deux fois par jour (week-end compris) pour la température et oxygène dissous et une fois par semaine pour les sels dissous et la salinité :

- Température et oxygène

La température et l'oxygène ont été mesurés à l'aide d'une sonde Handy Polaris (Oxyguard®).

- Sels nutritifs dissous

Le suivi de la quantité de sel nutritif dissous (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-}) dans l'eau est indispensable. La concentration de ces sels est directement induite par le type et la quantité d'aliment distribué. Dans notre cas, les carcasses et le granulé sont les types d'alimentations le plus susceptible de provoquer une augmentation de ces paramètres jusqu'à un seuil toxique pour la vie aquatique. Elle a été mesurée à l'aide du spectrophotomètre (MACHERY NAGEL - PF-3 Fish®).

- Salinité

La salinité a été mesurée à grâce à un refractomètre (Hanna – HI 96822).

II. Protocole expérimental

L'objectif de la démarche expérimentale est de valider la faisabilité d'un élevage de crevette japonaise nourris avec des déchets générés par la criée du grau d'Agde et d'évaluer l'impact de cette pratique sur les paramètres de survie et croissance. Dans ce contexte chaque traitement a été déterminé selon les différents rejets produits par l'activité de la criée tout en les utilisant de la manière la plus brute possible. Ce choix a été effectué dans le but de simplifier au maximum l'itinéraire zootechnique en vue d'un éventuel transfert de compétence vers la criée. Durant la phase expérimentale il s'est cependant avéré indispensable de broyer les carcasses pour rendre les parties comestibles plus accessibles aux crevettes de très petites tailles.

1) Phase d'acclimatation

Lors de leur réception le 17 avril, les 1000 crevettes ont été réparties entre 4 aquariums du laboratoire 5 pour une densité moyenne de 1100 individus par m³. Le système a fonctionné en circuit ouvert, c'est-à-dire que l'eau sortant des aquariums n'est pas réinjectée dans le système après filtration. Le débit d'eau de mer a été fixé à 1 litre par minute permettant ainsi plus d'un renouvellement du volume utile toutes les 4 heures pour une température cible de 23°C. Les crevettes, encore pélagiques à ce stade de développement, ont été nourries avec des artémia adultes *ad libitum* (i.e. à satiété). Deux semaines plus tard, une fois les crevettes benthiques, une transition alimentaire a été effectuée progressivement avec l'aliment frais congelé, broyé et tamisé à 25 µm. Les crevettes ont été nourries de la sorte pendant encore deux semaines. Pendant toute cette période, une photopériode standard 12/12 (J/N) a été appliquée.

2) Expérimentation

Le 15 mai, 400 crevettes ont été prélevées dans le laboratoire 5 et réparties dans les 16 aquariums du laboratoire 6 sur un lit de sable de 2 cm. Ainsi, 25 individus (poids moyen = 0,066 g ± 0,006 et longueur = 2,1 cm ± 0,2) ont été introduits dans chaque bac pour une densité de 100 individus par m². Le protocole expérimental a permis de tester en triplica pendant 6 semaines 4 conditions basées sur le type d'alimentation distribué et 1 témoin (contrôle). Un dernier traitement a été mis en place pour valider l'intérêt d'utiliser du sable dans le processus de production. L'ensemble des conditions suivantes ont ainsi été appliquées aléatoirement entre les différents aquariums:

- Traitement 1 : Poissons entiers (rejet de pêche)
- Traitement 2 : Déchets d'unité de filetage
- Traitement 3 : Déchets d'unité de filetage sans les viscères

- Témoin : Granulé royal Sea food 500-800 micron
- Témoin sans sable : Granulé royal Sea food 500-800 micron

Pour le traitement 2 et 3, les déchets d'unités de filetage sont simulés directement dans les locaux à partir de joëls et de mulets congelés. Chaque bac est nourri *ad libitum* avec deux vérifications par jour à horaire régulier (matin : 9h00 et après-midi : 15h) pour s'assurer que de l'aliment est encore présent dans le bac. La quantité d'aliment distribuée est pesée. Les aquariums sont siphonnés tous les deux jours (lundi, mercredi et vendredi) afin d'éviter une dégradation des paramètres du milieu par l'aliment et/ou une détérioration nutritive de ce dernier. Afin d'effectuer ces tâches routinières, un opérateur rentre deux fois par jour dans le laboratoire 6. Sur ces créneaux à heures régulières, il réalise aussi le contrôle de la mortalité et mesure les paramètres de qualité de l'eau dans chaque aquarium. De plus, les sels nutritifs dissous et la salinité sont dosés une fois par semaine à titre indicatif au niveau du retour de l'eau de mer souillée dans chacune des batteries d'aquarium.

La température de l'eau est maintenue entre 22 et 23°C et le système fonctionne en circuit semi-ouvert. Une partie de l'eau est traitée par le système de filtration avant d'être réinjectée dans les aquariums à hauteur de 3L/minute soit 1 renouvellement toutes les demi-heures. En complément, de l'eau neuve est injectée en permanence dans le système pour atteindre 1 renouvellement d'eau toutes les 12 heures sur l'ensemble de la batterie d'aquariums. L'expérimentation se déroule en photopériode inversée 12/12 (N/J) avec la nuit commençant à 10h de matin. Les crevettes japonaises étant nocturnes, inverser la photopériode de la sorte permet d'observer son comportement alimentaire pendant les horaires de présence. De manière générale, l'opérateur est en charge d'assurer le bon fonctionnement des outils, l'entretien du matériel et le respect des normes de propreté lors de chaque passage.

A la fin des 6 semaines d'expérimentation, toutes les crevettes ont été dénombrées, pesées et mesurées.

III. Analyse des résultats

1) Evaluation de la survie et des paramètres de croissance

Dans le cadre de cette première expérimentation visant à valider la pertinence d'une alimentation à base de sous-produits de poissons sur le développement de la crevette japonaise, deux paramètres principaux ont été mesurés : la mortalité et la croissance en terme de taille et de poids.

- Taux de mortalité

Le taux de mortalité correspond au nombre d'individus mort à la fin de l'expérimentation par rapport à l'effectif initial. Elle est exprimée en pourcentage et ce calcul de la manière suivante :

$$Mortalité = \frac{n_i - n_f}{n_i} \times 100$$

avec n_i l'effectif initial et n_f l'effectif final.

- Croissance en taille relative

La croissance en taille relative correspond au gain de poids quotidien entre le début et la fin de l'expérimentation. Elle est exprimée en pourcentage et est calculée de la manière suivante :

$$S = \frac{l_f - l_i}{\frac{l_f}{t_f - t_i}} \times 100$$

Avec l_i et l_f la longueur en centimètre et t_i et t_f la date initiale et la date finale de l'expérimentation.

- Croissance en poids relatif

La croissance en poids relatif correspond au gain de poids quotidien entre le début et la fin de l'expérimentation. Elle est exprimée en pourcentage et est calculée de la manière suivante :

$$W = \frac{p_f - p_i}{\frac{p_f}{t_f - t_i}} \times 100$$

Avec p_i et p_f le poids en gramme et t_i et t_f la date initiale et la date finale de l'expérimentation.

2) Analyse statistique

Toutes les données obtenues suite à l'expérimentation ont été analysées avec un test non paramétrique (Kruskal Wallis) sur le logiciel Rstudio. Les probabilités $p < 0,05$ ont été considérées comme significatives.

Résultats

I. Qualité du milieu

1) Température et oxygène

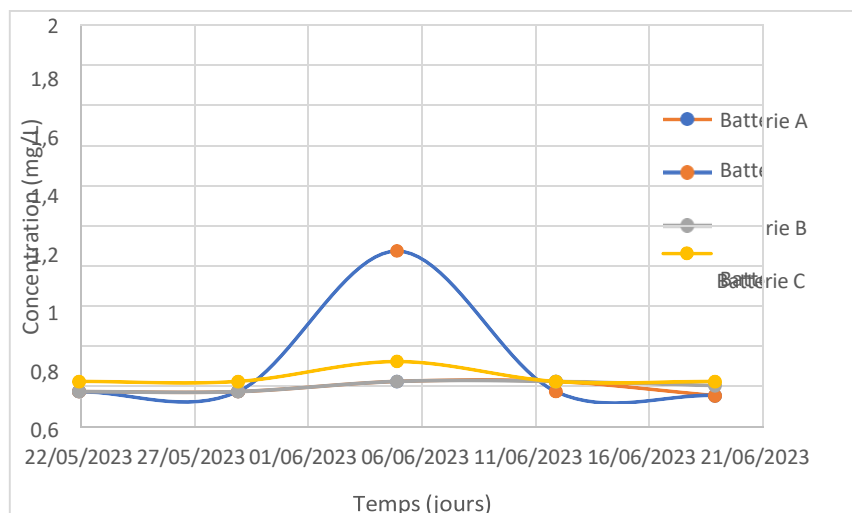
Au cours de l'expérimentation, la température et l'oxygène sont restées stables en moyenne (*Tableau 1*) et sont très proches entre les différents traitements. Aucun élément extérieur enregistré n'est venu perturber ces paramètres durant la phase expérimentale. En valeur extrême, la température n'est jamais descendue sous 22°C et n'a jamais dépassée 22,6°C. Concernant la saturation en oxygène dissous, la valeur maximale enregistrée est 113% de saturation pour une valeur minimale de 92,1. Ces mesures extrêmes s'expliquent par une dérive de la sonde avant calibration. Dans tous les cas, tant l'amplitude que les valeurs moyennes de ces deux paramètres sont considérées comme des conditions optimales pour réaliser l'élevage des crevettes japonaises.

Tableau 1 : Température et Oxygène moyen mesuré au cours de l'expérimentation et écart type associé

Traitement	Température	Ecart type	Oxygène	Ecart type
Déchet	22,35	0,11	99,77	3,77
Déchet sans viscères	22,39	0,13	99,76	3,64
Entier	22,38	0,12	99,65	3,55
Sans sable	22,38	0,12	99,79	3,50
Témoin	22,40	0,13	99,65	3,40

2) Sels nutritifs dissous et salinité

- Sels nutritifs dissous



Le suivi des différents sels nutritifs dissous dans l'eau des batteries d'aquariums a montré une concentration nulle mis à part pour les nitrites. Pour cette raison, seule l'évolution de cet élément au cours de la période expérimentale est représentée ici (*Figure 2*). La concentration n'a jamais dépassée 0,2 mg/L mise à part le 5 juin dans l'eau de la batterie d'aquarium B. Rien ne permet d'expliquer précisément cette augmentation ponctuelle à 0,75mg/L. L'hypothèse la plus probable est un sur-nourrissage par rapport au nombre de crevettes dans un des aquariums. Dans tous les cas, même en supposant que cette concentration soit issue d'un seul aquarium, elle aurait alors atteint 3mg/L. C'est une concentration toxique seulement dans le cas d'une exposition prolongée. Comme le montre la courbe d'évolution des nitrites sur la figure ci-dessus, la concentration est retombée à une valeur basale lors de la mesure de la semaine suivante. De plus, aucune mortalité spectaculaire n'a été observée durant la période qui encadre cette augmentation. Enfin, le taux de renouvellement fixé tant en terme de circulation dans le système de filtration que d'apport d'eau neuve permet de lever tout doute sur la question d'une potentielle toxicité.

- Salinité

D'après le suivi hebdomadaire de la salinité, cette dernière est restée stable durant toute la durée de l'expérimentation et n'a jamais varié de plus d'un point. Cette salinité de l'ordre de 38 g/L représente le seuil haut de l'optimum de développement pour cette espèce.

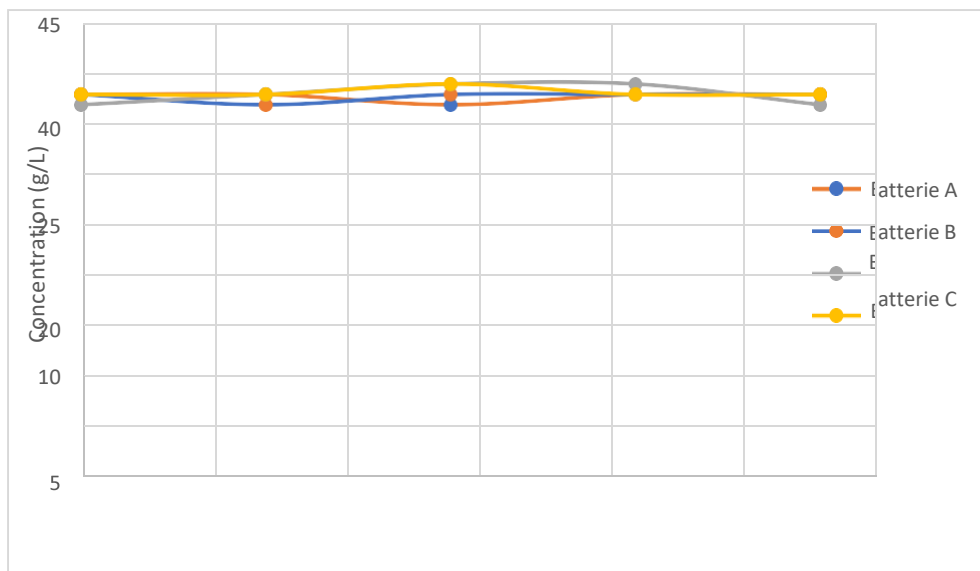


Figure 4 : Evolution de la salinité (g/L)

II. Performance d'élevage

1) Mortalité

La mortalité a été évaluée en fin d'expérimentation. Elle s'avère être très élevée dans tous les traitements ainsi que les aquariums témoins. Elle avoisine les 95% en moyenne pour chacune des conditions. Parmi les 16 aquariumsensemencés en crevettes, 5 ont connu une mortalité totale : 2/3 pour le traitement « déchets », 2/3 pour le traitement « déchets sans viscères » et 1/3 pour le témoin. Il semblerait que le traitement « témoins sans sable » ai connu une mortalité légèrement plus faible par rapport aux autres (90%). Après analyse statistiques, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les tests ($p > 0,05$; $df = 4$). Il semble important de souligner qu'aucun épisode majeur de mortalité n'a été observé mais qu'elle a au contraire été répartie de manière uniforme pendant les 6 semaines d'expérimentation dans tous les aquariums. Du cannibalisme a eu lieu de manière certaine mais il est difficile d'évaluer quelle est son importance au regard de la mortalité totale. Bien que les crevettes mortes aient été retirées dès que possible, certains individus ont été vu en train de se nourrir de leur congénère (en général la tête). Cependant, certains des corps ont aussi été retrouvés entiers. Dans ces conditions, il est difficile d'imputer la mortalité directement au cannibalisme puisque l'individu était probablement mort avant consommation par les autres crevettes.

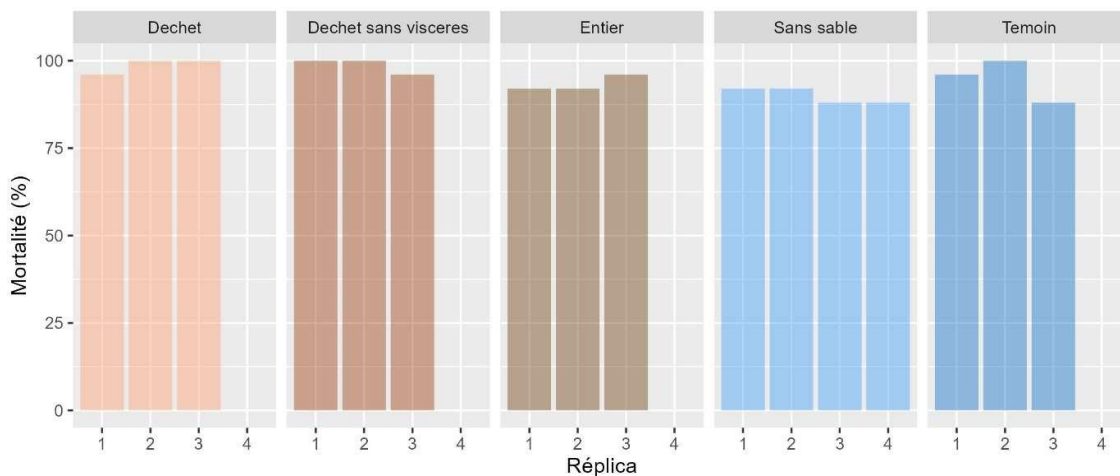


Figure 4 : Mortalité survenue dans les bacs d'élevage

2) Croissance relative

A partir des données récoltées (et des survivants), deux indicateurs de développement permettant d'évaluer les performances d'élevages ont été calculés. Bien qu'ils apportent tous deux la même information, à savoir la vitesse de croissance, ils permettent aussi de s'assurer de la cohérence

des résultats récoltés. Un individu ayant suivi une forte croissance en taille aura suivi le même profil en terme de poids et réciproquement.

- En taille

Comme expliqué précédemment, entre 1 et 10 individus maximum par traitement ont été récoltés en raison d'une très forte mortalité. Les données ne montrent aucune différence significative selon les conditions après analyse statistique (Figure 5 ; $p >> 0,05$; $df = 4$).

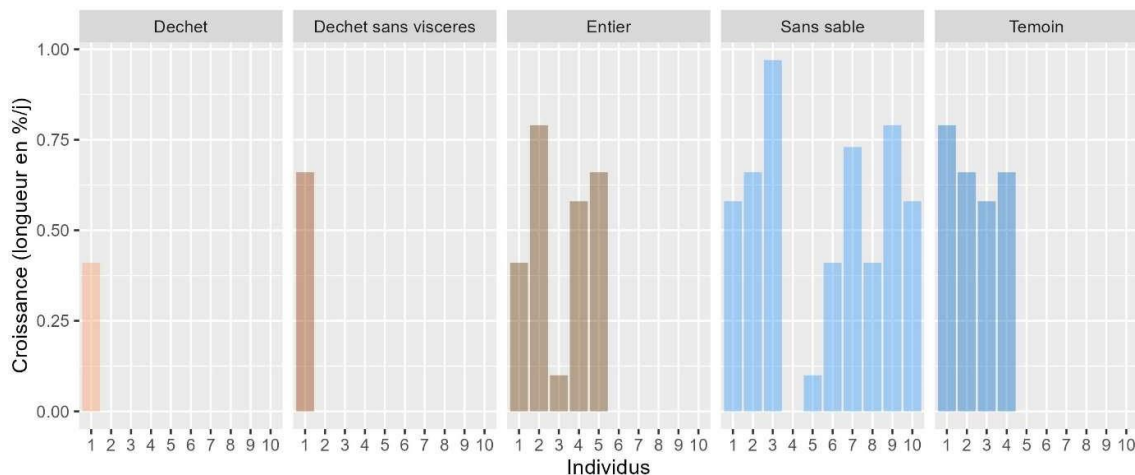


Figure 5 : Croissance quotidienne moyenne de la taille de chaque individu exprimée en pourcentage dans chaque traitement

- En poids

Les résultats de la croissance quotidienne en taille au cours de l'expérimentation suivent le même schéma que la croissance quotidienne en poids (Figure 6). En moyenne, la croissance la plus élevée est observée pour le témoin : $1,5\% \text{ j} \pm 0,07$ tandis que celles pour le traitement entier

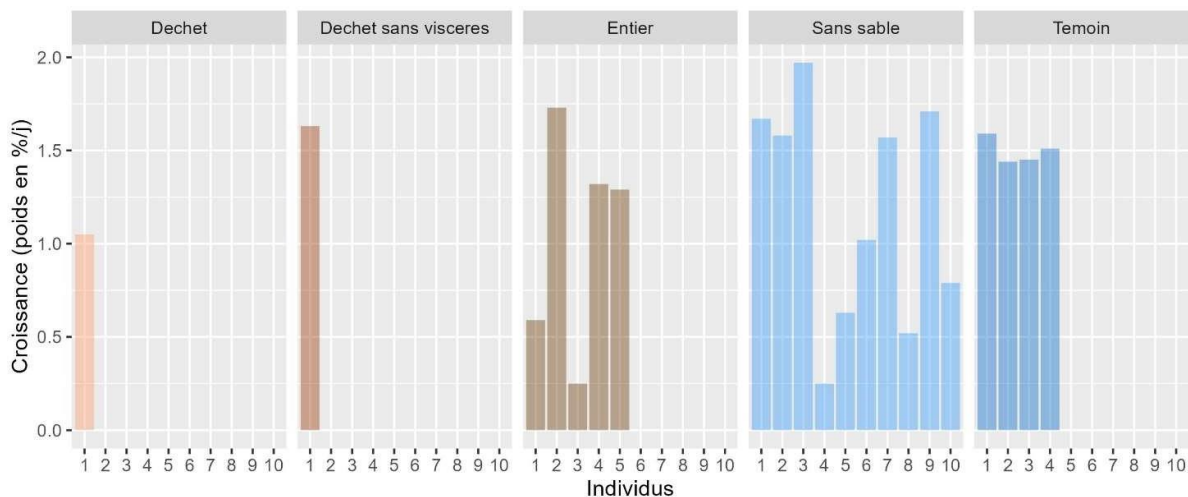


Figure 6 : Croissance quotidienne moyenne du poids de chaque individu exprimée en pourcentage dans chaque traitement

et sans sable avoisinent les 1% quotidien. De plus, elle semble être beaucoup plus uniforme pour le témoin que pour les autres traitements. Concernant la condition déchet et déchet sans viscère, la mortalité quasi-totale limite l'analyse. Néanmoins, les données ne montrent aucune différence significative selon les conditions après analyse statistique ($p \gg 0,05$; $df = 4$).

Discussion/Conclusion

Le suivi des paramètres dissous a permis de mettre en évidence que l'évolution de leur concentration est restée stable au cours de l'expérimentation. Les teneurs mesurées demeurent entre les plages optimales permettant d'assurer le bien-être des individus élevées. La salinité est le seul paramètre dissous pour lequel la concentration est placée sur la fourchette haute de l'optimum de l'espèce. Cependant, l'impact de la concentration en sel sur la croissance n'est effectif qu'au-delà de 40g/L (Blachier, 1998). Dans ces conditions, nous pouvons considérer que les paramètres physico-chimiques maintenus lors de cette expérimentation sont en mesure d'assurer un développement normal de l'espèce. Enfin, comme ces paramètres sont restés identiques entre les traitements, il est pertinent de comparer les performances d'élevage au regard de la survie et de la croissance.

Néanmoins, les résultats obtenus après cette première phase d'expérimentation sont peu concluants. Tout d'abord, une très forte mortalité a été enregistrée (au minimum 88 % par aquarium). En parallèle, les performances d'élevage restent en deçà de ce qui est habituellement obtenu en conditions contrôlées, de l'ordre de 3 à 4 fois moins importantes (Bulbul, 2013).

La forte mortalité observée ici empêche de tirer des conclusions claires quant aux résultats obtenus. Malgré tout, il est possible de mettre en évidence l'absence de différence entre les traitements et le témoin.

D'autre part, ces premiers résultats semblent mettre en évidence que le sable n'est pas une composante indispensable pour le développement des crevettes dans ce type de système. Cette information est précieuse puisque son utilisation complique l'itinéraire zootechnique.

Concernant l'aspect mortalité élevée durant cette expérimentation, plusieurs hypothèses sont envisageables :

i) La première et la plus plausible est une transition alimentaire trop brutale. Cette transition accélérée par des contraintes de temps a affaibli et carencé les crevettes.

ii) Une autre hypothèse toujours liée directement à l'alimentation proposée est un problème d'accessibilité à la nourriture en elle-même, même si celle-ci est présente en quantité suffisante. En effet déchiqeter les carcasses et chairs brutes semble être trop compliqué pour des juvéniles aux

petites pinces. Cette forme d'aliment brute n'est sans doute pas adaptée à la taille de l'espèce de crevette utilisées lors de cette première expérimentation.

iii) Une troisième hypothèse concerne le cannibalisme engendré par les manques liés aux deux défaillances précédentes. Les crevettes lors des mues pratiquent naturellement un cannibalisme poussé dans les élevages intensifs. Une fois ce comportement déclenché, il est difficile de faire marche arrière. Le fait de nourrir *ad libidum* a pour objectif de freiner ce comportement naturel. Cependant, la faible appétence pour l'aliment lié à sa nature aurait pu stimuler ce mécanisme.

iv) La quatrième hypothèse concerne une inadéquation entre un des paramètres non suivis de la qualité physico-chimique de l'eau associé à un besoin physiologique lors du développement des crevettes. Le suivi des paramètres dissous ne met cependant pas en évidence d'écueil ni au niveau des concentrations en sels nutritifs considérés ici, ni au niveau de l'oxygénation du milieu.

v) Enfin, la présence d'un pathogène dans l'eau (bactérie ou virus) qui aurait infecté les crevettes est à envisagé. Sa présence aurait entraîné une surmortalité tout au long de l'expérimentation.

Toutes ces hypothèses ne sont pas forcément exclusives l'une de l'autre et peuvent être complémentaires à un moment de l'expérimentation. Il semble donc difficile de statuer avec certitude sur la raison de cette forte mortalité. Cependant il est manifeste que les crevettes étaient encore trop jeunes pour débiter une expérimentation de ce type. Dans un objectif de valorisation des déchets de pêche sans transformation préalable, il semblerait plus judicieux d'engraisser des individus plus matures avec des sous-produits non transformés. Débiter le cycle d'élevage avec des crevettes pré grossies est une possibilité. Se pose alors la question du pré grossissement puisque les fournisseurs ne livrent pas de crevettes au-delà du stade auquel elles sont arrivées à l'institut (PL20). D'autre part, des crevettes fournies plus grosses engendrerait un coût de revient plus important. Une alternative serait d'envisager un pré grossissement sur site pour minimiser ces coûts. La technicité de l'opération et de l'emploi d'un système hors sol (autre que marécage) pour des novices limite cependant cette possibilité.

Dans l'ensemble il est donc nécessaire de recalibrer et repenser la durée globale de l'expérimentation ainsi que les paramètres d'élevage liés à l'âge des individus rentrants, associé à leurs besoins nutritionnels afin d'assurer la survie de cette espèce lors des étapes clés de son développement en milieu contrôlé.

Perspectives

Suite à cette étude préliminaire sur la faisabilité d'un élevage de crevettes à partir de rejets d'unités de filetage en conditions contrôlées, un certain nombre de recommandations est proposé et certains verrous techniques doivent être levés lors des études à venir.

L'utilisation de sable dans les bacs ainsi que l'inversion de la photopériode ne constituent pas des modalités indispensables à l'élevage en bac des crevettes japonaises. S'affranchir de ces deux facteurs devrait permettre à l'avenir de simplifier la surveillance et la maintenance du milieu d'élevage.

Une morbidité ou mortalité excessive devra faire l'objet d'une analyse des pathogènes potentiellement présents dans le circuit de culture par les services vétérinaires.

Afin d'augmenter la survie individuelle au cours de l'expérimentation, nous proposons également de prolonger la phase de pré-grossissement en enrichissant l'alimentation des post-larves et juvéniles avec une nourriture à base d'artémias et apport d'eau verte (eau riche en phyto- et zooplanctons de petite taille). Cette phase permettra d'obtenir des crevettes plus résistantes et de meilleure taille plus rapidement en évitant des carences éventuelles en micronutriments essentiels à la croissance et aux mues successives nombreuses des jeunes crevettes.

La transition sur une alimentation exclusivement basée sur des sous-produits de poissons devra se faire de façon plus tardive, à un stade de développement plus avancé (taille des crevettes de l'ordre de 4-5 cm). Cette étape pourra être précédé d'une phase d'acclimatation au nouvel aliment de quelques jours durant lesquels un complément croissant de sous-produits broyés de plus en plus grossièrement sera introduit et ce jusqu'à l'obtention de crevettes capables d'entamer avec leurs pinces les chairs et carcasses des résidus des poissons issus des unités de filetage ou des débarquements de pêche non commercialisables.

Il serait également intéressant d'éprouver, en parallèle, l'élevage conditionné d'autres espèces de crevettes comme les crevettes bouquet, *Palaemon varians* et *Palaemon serratus*, qui pourraient s'avérer moins sensibles aux conditions d'élevage en milieu contrôlé.

Enfin, au regard du besoin en études supplémentaires nécessaires à l'optimisation des paramètres d'élevage de ces organismes cibles en conditions expérimentales, une recherche de financements additionnels est en cours à l'institut, avec toujours en tête, l'objectif à terme de développer un démonstrateur fiable permettant de valoriser efficacement les déchets de poisson issus des criées.

Bibliographie

- Blachier. 1998, Guide techniques du CREAA ; l'élevage de la Crevette Impériale
- Bulbul et al. 2013, Performance of kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus* fed diets replacing fishmeal with a combination of plant protein meals
- J.Vance. 2020, Chapter One - The biology and ecology of the banana prawns: *Penaeus merguensis* deMan and *P. indicus* H. Milne Edwards
- Keys. 2003, Aspects of the biology and ecology of the brown tiger prawn, *Penaeus esculentus*, relevant to aquaculture
- Laubier & Laubier-Bonichon. 1977, L'élevage de Ba crevette *Penaeus Japonicus* en France
Premiers résultats et perspectives
- Preston et al. 2004, Comparative growth of selected and non-selected Kuruma shrimp *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* in commercial farm ponds; implications for broodstock production