

Année universitaire : <b>2022-2023</b>	<b>Mémoire de fin d'études</b>
Spécialité : <b>Ingénieur Agronome</b>	<input checked="" type="checkbox"/> d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)
Spécialisation (et option éventuelle): <b>Sciences halieutiques et aquicoles (Aquaculture)</b>	<input type="checkbox"/> de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)
	<input type="checkbox"/> de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)
	<input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

**Conception et dimensionnement d'un pilote de grossissement de crevettes *Litopenaeus vannamei* en circuit recirculé à faible salinité**

Par : Lucas ROYER

# RESUME PUBLIC

*Soutenu à Rennes le 15 septembre 2023*

*Devant le jury composé de :*

Président : Hervé LE BRIS

Maître de stage : Félix HAGET

Enseignant référent : Hervé LE BRIS

Autres membres du jury :

Bastien SADOUL (Enseignant-chercheur)

Grégory RAYMOND (Ingénieur d'études)

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant rattachent 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



## Introduction

### *Le marché de la crevette en France*

La crevette (toutes espèces confondues) fait partie des produits de la mer les plus consommés en France, avec 1,9 kilogramme en moyenne par an et par habitant, derrière notamment le thon, le cabillaud et le saumon (FranceAgriMer, 2022a). Le volume de crevettes consommé en France avoisinait les 122 000 tonnes en 2020 et était en quasi-totalité issu de l'importation (FranceAgriMer, 2022b). Les pays d'origine sont notamment l'Equateur (pour plus de la moitié), le Venezuela, l'Inde et Madagascar pour la crevette tropicale sous forme congelée (FranceAgriMer, 2022c).

Les crevettes consommées en France proviennent à 70% de l'élevage (FranceAgriMer, 2022b). C'est en effet la tendance générale dans la production de crevettes au niveau mondial : depuis le début des années 2000 la pêche stagne à 1 million de tonnes par an tandis que l'élevage est devenu majoritaire et atteint en 2020, 7 millions de tonnes. Au sein de l'élevage de crevettes (pénéiculture), c'est *Litopenaeus vannamei* qui est la plus produite (5,8 millions de tonnes en 2020), suivie de *Penaeus monodon* (0,7 million de tonnes) (FAO (2022)).

### *La société Eauzons !*

La ferme Eauzons d'Aux-Aussat (Gers) est un pilote aquaponique de 1600 m<sup>2</sup> lancé en 2019. Ce site a pour vocation de valider les process, tester des espèces aquacoles, des variétés végétales pour ensuite développer un réseau de fermes aquaponiques de taille commerciale (1 hectare). Actuellement la ferme produit environ 5 tonnes de Salmonidés (truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss*, saumon de fontaine *Salvelinus fontinalis*, saumon souche Adour *Salmo salar*), et 6 tonnes de végétaux variés (légumes feuilles, plantes aromatiques, fraises, légumes fruits...), vendus aux particuliers, professionnels et grossistes locaux.

L'aquaponie, grâce à sa production hors-sol, permet d'implanter un site de production sur une zone où d'autres formes d'agriculture ne seraient pas envisageables, en bordure de grande ville, sur des friches industrielles... D'autre part, grâce au principe du circuit fermé et de l'implantation sous serre, il est possible de profiter de la chaleur fatale issue d'installations énergétiques pour chauffer l'atmosphère ou l'eau d'élevage. C'est pourquoi des tests de production de végétaux tropicaux sont en cours sur le pilote (vanilles, fruits de la passion, pitayas...). C'est également dans ce contexte qu'un test de grossissement de crevettes, objet de ce projet, est réalisé.

### *Objectifs du projet*

Le but global de ce pilote est de constater la faisabilité technique de l'élevage de crevettes *L. vannamei* dans le contexte d'un circuit fermé. Plus précisément, l'élevage ici étudié se limite au grossissement de post-larves (PL) d'une dizaine de jours jusqu'à des crevettes adultes à taille commercialisable sur un cycle de quelques mois. Les phases de reproduction et d'éclosion ne sont pas envisagées pour ce projet.

Avec sa mise en place, ce pilote sera utilisé pour différents tests sur les lots de crevettes qui se succéderont au cours des prochaines années. Ces tests porteront sur différents aspects de l'élevage, afin de parvenir à l'établissement d'un protocole de production adapté et efficace.

L'objectif visé à l'issue de la validation de la faisabilité de la production et grâce aux protocoles établis est le développement de l'élevage de crevettes en France, en partenariat avec des actionnaires d'Eauzons, leaders dans l'importation, l'élevage et la cuisson de crevettes, et autres productions aquacoles.

Le choix de mener ce test de production avec *L. vannamei* se justifie par plusieurs avantages que présente cette espèce. La littérature scientifique et les rapports sur cette espèce sont nombreux en raison de l'importance de sa production au niveau mondial. Ainsi, il est possible de s'intéresser particulièrement à tous les points de l'élevage (croissance, nutrition, densité...) et selon des modes de production variés (intensif, circuit fermé...). Il est facile de se fournir en PL : les éclosions de cette espèce de crevettes sont nombreuses et

disséminées à travers le monde : Asie, Etats-Unis, mais aussi Europe avec des écloseries en Espagne et en Allemagne. Grâce à leur travail de domestication de l'espèce, ces entreprises ont la capacité de proposer des individus exempts de maladie (Specific Pathogen Free SPF) et adaptés au type d'élevage ciblé. Sur l'aspect biologique, *L. vannamei* est intéressante grâce à sa gamme de tolérance de salinité, et notamment à une salinité faible. Elle s'avère également adaptée à la production intensive en circuit fermé grâce à sa capacité à être élevée à une densité importante (Sakas (2016) ; Vijayan (2018)).

#### *Travail mené et rapporté dans ce résumé*

En s'appuyant sur la littérature sur le sujet, avec le soutien de l'ingénierie d'Eauzons et BiOPONi et selon la réglementation en vigueur, plusieurs points ont été abordés pour aboutir à la mise en place de ce pilote :

- Dimensionnement et conception d'un système adapté au grossissement de crevettes ;
- Détermination des conditions d'élevage ;
- Estimation des indicateurs zootechniques ;
- Création des protocoles d'élevage ;
- Etablissement des dossiers réglementaires pour obtenir les autorisations nécessaires ;
- Chiffrage de l'investissement pour ce pilote ;
- Réalisation de la demande de subvention FE AMPA.

Le présent document résume ces étapes de travail. Une première partie expose les données constatées lors de l'état de l'art. Est ensuite expliqué comment le système a été dimensionné et conçu. Enfin, les dossiers produits dans le cadre de ce projet sont présentés.

### **Etat de l'art : indicateurs zootechniques et paramètres d'élevage**

L'élevage de crevettes nécessite de connaître les indicateurs zootechniques attendus tels que la durée de production, la croissance pendant cette période, le taux de survie, les besoins alimentaires... Il faut également identifier les conditions d'élevage, notamment celles liées à la qualité de l'eau pour garantir un environnement adapté à la production des crevettes. Cette partie « paramètres d'élevage », s'intéresse à ces indicateurs et paramètres et cherche à déterminer les plus appropriés dans le contexte de ce pilote.

#### *Croissance*

Rakhmanda et *al.* (2020) obtiennent ainsi des individus de 16 à 19 grammes à partir de PL9 en 100 jours, soit un gain de masse journalier en moyenne de 0,18 gramme, dans le contexte d'un élevage intensif en bassin extérieur (550/650 individus par mètre carré) à une salinité de 21-26 g/l.

Une croissance similaire est observée dans une expérimentation de Samocha et *al.* (2004). L'expérimentation menée en circuit fermé à une salinité de 2g/l a permis d'obtenir des crevettes de 18,5 grammes en moyenne en 100 jours aux densités de 74, 93 et 107 individus par mètre carré. Le gain de masse journalier est également de 0,18 gramme.

Ce gain est de l'ordre de grandeur du potentiel de croissance indiqué par un fournisseur américain de PL (American Penaeid) : de 0,18 à 0,25 gramme par jour.

De telles croissances sont également présentées par d'autres auteurs : 0,19 et 0,17 gramme de gain par jour sur une période de 70 jours à 100 et 200 individus par mètre carré respectivement (Suwoyo et Hendrajat (2021)), et 0,21 gramme par jour pour Venero et *al.* (2009) pendant un élevage de 84 jours.

Ces multiples sources de données convergent vers des résultats de croissance très similaires, malgré des contextes d'obtention différents. Il semble donc pertinent d'utiliser ces valeurs pour les prévisions de croissance des crevettes dans le cadre du pilote développé sur la ferme Eauzons.

### *Survie*

En élevage aquacole, il est toujours observé une mortalité durant la période de production. Cette mortalité impacte négativement la biomasse produite sur le cycle de grossissement. Ci-après, sont présentés des taux de survie qui peuvent être considérés comme « normaux » et acceptables pour une activité d'élevage.

Rakhmanda et *al.* (2020) parviennent à un taux de survie de 80% en moyenne sur la période d'élevage de 100 jours. De façon similaire, Samocha et *al.* (2004) obtiennent un taux de survie de 98% pour un cycle de 35 jours, et de 76% en moyenne sur une période de 100 jours d'élevage. Suwoyo et Hendrajat (2021) annoncent 95 et 84% de survie à 100 et 200 individus par mètre carré respectivement durant les 70 jours de leur expérimentation. Venero et *al.* (2009) obtiennent un taux de survie plus faible en raison d'un pic d'ammoniacque et de nitrite au début de l'expérimentation : 68% pour un élevage de 84 jours.

### *Alimentation*

Le gain de biomasse est directement dépendant de l'apport d'aliments aux individus. La gestion de l'alimentation en élevage aquacole revêt plusieurs aspects : fréquence de nourrissage, mode de distribution, taux de rationnement, type et composition de l'aliment, éventuels compléments alimentaires... Cette partie expose les pratiques d'alimentation des crevettes.

On retrouve en majorité dans les protocoles expérimentaux au moins 4 distributions de nourriture par jour, d'un aliment riche de 40 à 45% de protéines. Les taux de rationnement vont couramment en diminuant au cours de l'élevage. Un Indice de Conversion (IC) variant de 1,1 à 2,0 et principalement autour de 1,6 est obtenu avec ces protocoles (Samocha et *al.* (2004) ; Rakhmanda et *al.* (2020) ; Suwoyo et Hendrajat (2021)).

L'aliment qui sera distribué aux crevettes appartient à la gamme VANNA proposée par LE GOUESSANT et formulée pour l'élevage intensif de crevettes. Différentes granulométries sont proposées dans cette gamme pour s'adapter à la taille des individus : de 0,15 à 2 mm de diamètre. Le profil nutritionnel varie avec l'augmentation de la granulométrie, dans le sens d'une diminution de la teneur en protéines : de 52 à 36 % de protéines (Le Gouessant, 2020). On retrouve ainsi une teneur en protéines cohérente avec celle indiquée dans les protocoles expérimentaux présentée précédemment. Par ailleurs, LE GOUESSANT propose une table de rationnement théorique, en fonction de la taille des individus. A nouveau, ces valeurs sont semblables à celles mis en pratique dans la littérature : de 17% pour les individus de 0,2 gramme à 2,6% pour ceux d'une vingtaine de grammes (Le Gouessant, 2020).

### *Qualité de l'eau*

La gamme de salinité majoritairement employée dans les élevages à terre de *L. vannamei* varie de 28 à 0,5 g/l (Allen-Davis et *al.* (2002)). Des salinités faibles sont employées dans différents protocoles expérimentaux et fournissent des résultats de croissance et survie similaires à ceux décrits précédemment : jusqu'à 2 g/l (Samocha et *al.* (2004)), 4 g/l (Allen-Davis et *al.* (2002)), ou encore 1 g/l (Esparza-Leal et *al.* (2010)).

Selon Allen-Davis et *al.* (2004), une composition appropriée en certains ions s'avère tout aussi essentielle qu'une salinité adaptée. D'après ces auteurs, le calcium, le potassium et le magnésium sont les éléments les plus importants pour la survie des crevettes. Ils indiquent que la composition en ces éléments devrait être similaire à celle de l'eau de mer à la dilution employée dans l'élevage.

L'oxygène est un paramètre essentiel en élevage aquacole. Cuzon et *al.* (2004) indiquent qu'une concentration inférieure à 1 mg/l d'O<sub>2</sub> est létale pour les crevettes. Toujours selon ces auteurs, une concentration inférieure à 2 mg/l d'O<sub>2</sub> entraîne une diminution de la prise alimentaire et de la croissance. On rencontre une concentration en oxygène aux alentours de 4 mg/l dans plusieurs protocoles expérimentaux (Martinez-Cordova et *al.* (2002) ; Benchmark Genetics (2021) ; Suwoyo et Hendrajat (2021) ; Venero et *al.* (2009) ; Samocha et *al.* (2004)).

Les valeurs de pH et de teneurs en composés azotés adaptées à l'élevage de crevettes se veulent très similaires à celles d'autres élevages aquacoles. Une gamme de pH de 6,5 à 8,0 est observée. Pour l'ammoniaque et les nitrites, des valeurs de 0,01 à 0,7 et de 0,03 à 3,4 mg/l respectivement sont rapportées (Benchmark Genetics (2021) ; Suwoyo et Hendrajat (2021) ; Venero et al. (2009) ; Samocha et al. (2004)).

Enfin, *L. vannamei* exige de l'eau chaude pour être maintenue et élevée dans de bonnes conditions. On observe globalement une température proche de 28°C, mais *L. vannamei* semble pouvoir tolérer des chutes temporaires de température jusqu'à 24-25°C (Allen-Davis et al. (2002) ; Samocha et al. (2004) ; Suwoyo et Hendrajat (2021) ; Venero et al. (2009) ; Sakas (2016) ; Suantika et al. (2018)).

## Conception et dimensionnement

Différents aspects étaient imposés pour la conception du pilote. Certains purement pratiques comme l'espace dédié au projet : une zone de 9x9 mètres dans la serre la plus éloignée des poissons. D'autres se rapportaient à la fonction de pilote du système : il devait être composé de 2 circuits identiques pour permettre des tests comparatifs, et qui devaient être représentatifs d'un système de taille commerciale.

### Volume et débit

La conception a eu pour point de départ le choix des bassins. Le critère de sélection était d'occuper au mieux l'espace disponible. Grâce à une représentation 3D de la zone d'installation et au test du placement de différents types de bassins disponibles sur le marché, il a été retenu des bassins liner octogonaux de 2,5 m de diamètre et 0,80 m de hauteur, pour un volume d'environ 3 m<sup>3</sup>. Le volume d'un circuit est donc d'environ 14 m<sup>3</sup> en tenant compte du volume de tous les équipements (bassins, biofiltre, cuve de reprise, tuyauterie).

Le débit en sortie de pompe est de 7 m<sup>3</sup>/h, de façon à assurer suffisamment de recirculation de l'eau dans les bassins.

### Filtre biologique

Dans un circuit fermé, le filtre biologique est l'organe qui assure le maintien de teneurs en composés azotés (ammoniaque et nitrite, toxiques) dans des valeurs compatibles avec l'élevage. Ce maintien est assuré par l'action de dégradation réalisées par des bactéries (*Nitrosomonas* et *Nitrobacter*). Le dimensionnement de cet équipement consiste donc à déterminer le volume nécessaire pour contenir suffisamment de surface de développement pour ces bactéries, afin d'assurer la dégradation des composés azotés produits par les animaux. Une succession de calculs est donc réalisée :

- [1] Calcul des rejets en azote ammoniacal total (TAN),
- [2] Calcul de la surface bactérienne pour dégrader cet ammoniaque,
- [3] Calcul du volume de médias,
- [4] Calcul du volume du biofiltre.

Il convient finalement de s'assurer que le temps de séjour dans le biofiltre est suffisant, c'est-à-dire la durée entre l'entrée et la sortie de l'eau. Elle doit être d'au moins deux minutes pour que l'activité de la transformation des composés azotés soit bien réalisée (Haget, 2019).

À l'issue de ces calculs, il est constaté que le volume théorique minimal ne permet pas un temps de séjour suffisant (moins d'une minute). Le calcul est donc réalisé en sens inverse pour estimer le volume nécessaire pour un temps de séjour de 2 minutes. Le volume alors obtenu est supérieur à la valeur minimale nécessaire à la stricte dégradation de l'azote ammoniacal produit. Le biofiltre aura donc la capacité d'accepter un éventuel surplus de nourrissage.

### *Filtre mécanique*

Le filtre mécanique est l'élément qui assure l'élimination des particules solides circulant dans l'eau (matières en suspension MES : fèces, aliment non consommé). Il est choisi principalement en fonction du débit à traiter. Avec un débit de 7 m<sup>3</sup>/h à filtrer, un filtre à sable aurait été suffisant. Cependant, le choix s'est porté sur un filtre tambour dans un souci de représentativité des équipements qui seraient utilisés pour un circuit d'élevage à échelle commerciale. De même que le biofiltre, le filtre tambour est choisi surdimensionné par rapport au besoin réel, mais sera de cette façon en mesure de faire face à une augmentation du débit ou à une intensification de la distribution alimentaire.

### *Thermorégulation*

Comme indiqué plus haut, les crevettes seront élevées dans une eau à une température de 28°C. Il est donc nécessaire pour maintenir cette température de chauffer l'eau et d'avoir la possibilité de la refroidir en cas de pic de chaleur en été. Pour cela, une pompe à chaleur réversible est prévue. C'est à nouveau en fonction du débit à traiter et du volume total à thermoréguler que la puissance est choisie.

### *Monitoring*

Un système de monitoring est prévu pour le suivi de certains paramètres en continu (O<sub>2</sub>, température, pH, salinité...), et une sécurisation de l'élevage par envoi d'alarmes en cas de dépassement de seuils pour ces paramètres (chute de l'oxygène, température élevée...). Ce contrôle sera par ailleurs utile lors de la phase des essais comparatifs pour s'assurer que les deux circuits possèdent bien les paramètres visés.

C'est également par l'intermédiaire de ce système que la régulation de la salinité sera réalisée. Une sonde de salinité contrôle en continu la concentration en sel dans l'eau. Elle est reliée à une pompe doseuse et déclenchera son fonctionnement si la salinité diminue. Cette pompe est connectée d'une cuve remplie d'une solution à saturation en sel (environ 300 g/l) à la cuve de reprise de chaque circuit. Sa mise en route entraîne donc l'apport en eau salée jusqu'à rétablir la salinité souhaitée.

### *Modélisation 3D*

Une fois les équipements définis une représentation 3D du système a été réalisée. Les équipements y ont été placés de façon à s'assurer d'un bon usage de l'espace disponible. Cette représentation a permis de préciser les besoins en tuyauterie : longueur, types de raccords... Les plans de montage sont également produits à partir de cette représentation : les différents équipements peuvent facilement être affichés ou retirés de l'affichage, chaque diamètre et type de tuyauterie possède son code couleur. Toutes ces vues et informations sont mises à disposition de l'équipe qui réalisera le montage du système.

## **Dossier d'Agrément ZooSanitaire (AZS)**

La mise sur le marché d'animaux d'aquaculture nécessite obligatoirement l'obtention d'un agrément zoosanitaire (SMIPAD (2018)). La ferme Eauzons possède un premier agrément pour son élevage piscicole. Cependant, la production de crevettes constitue une activité suffisamment différente pour requérir une mise à jour de l'agrément existant.

Dans le cadre ce projet, la demande d'agrément a été suivie par la Direction Départementale de l'Emploi, du Travail, des Solidarités et de la Protection des Populations (DDETSPP), service Vétérinaire Environnement et Cadre de Vie et par la Direction Départementale des Territoires (DDT), Service Eau et Risques du Gers (32).

Cette demande prend la forme d'un document répondant aux exigences de l'Arrêté du 8 juin 2006 (Journal officiel de la République Française, 2006). Son but est i) de présenter la structure et le projet envisagé, ii) de prouver qu'une bonne gestion de l'apport en eau, des effluents (eau usée) et déchets (individus morts) d'élevage était prévue, et iii) qu'une maîtrise du risque zoosanitaire était anticipée et adaptée.

i) La présentation du projet décrit le principe d'élevage en circuit fermé, la vocation de système test du pilote, et les espèces qui y seront élevées. Sa situation géographique générale (localisation) et précise au sein de la ferme sont indiquées ainsi que les autorisations déjà obtenues (prélèvement d'eau et AZS pour l'élevage piscicole). Il est précisé que les volumes de production seront faibles et avec des débouchés de vente locaux.

ii) Des données concernant l'alimentation en eau et les effluents d'élevage sont fournies. Pour l'eau neuve, le besoin journalier est estimé à maximum 3 m<sup>3</sup>, et dont l'origine est la même que pour la partie piscicole (réseau, puit et eau de pluie). Il est rappelé plusieurs fois que les systèmes piscicoles et crevetticoles sont complètement indépendants, isolés et éloignés dans l'exploitation.

Les effluents sont en faible volume grâce au fonctionnement en circuit fermé : il s'agit uniquement de l'eau de surplus des filtres et des purges des bassins. Les 3 m<sup>3</sup> de rejets estimés au maximum pourront être traités de trois manières (traitement par minéralisation de la matière organique, boue végétale, stockage et dilution avant rejet dans un fossé fermé). En outre, le choix d'une faible salinité pour l'eau d'élevage permet de n'avoir qu'un rejet limité de sel : 15 kg au maximum dans les 3 m<sup>3</sup> d'eau usée.

iii) Le plan de maîtrise zoonitaire regroupe un ensemble d'éléments concernant l'évaluation des risques liés à l'activité et les mesures envisagées pour y faire face. Une analyse des risques d'après la Décision de la Commission 2008/896/CE (Journal officiel de l'Union européenne, 2008) est réalisée. Il en est conclu un risque de contraction de maladies faible et un risque de propagation de maladies depuis l'exploitation faible.

La réduction des risques identifiés passe notamment par des pratiques et une gestion de l'élevage appropriées. Les fiches de suivi de stock et d'élevage sont rédigées : registre d'entrée/sortie de lot, registre de mortalité, fiche de suivi des traitements. A ce sujet, en raison du fonctionnement en circuit fermé, il n'est pas possible d'utiliser d'antibiotiques, car ils impacteraient également les bactéries du filtre biologique. D'autre part, peu de traitements existent pour les maladies touchant les crevettes. Le traitement principal envisagé est le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). C'est un oxydant dont le spectre d'activité est large (virucide, fongicide, bactéricide) et qui se dégrade rapidement en eau, sans résidus ayant un impact négatif pour le milieu (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → 2 H<sub>2</sub>O).

Tous ces registres seront tenus à disposition de la DDETSPP lors de ses visites et seront classés dans un classeur spécifique et distinct de celui des poissons.

D'autres bonnes pratiques sont prévues, semblables à celles mises en œuvre dans la partie piscicole, et inspirées des recommandations du Guide des bonnes pratiques en élevage aquacole, rédigé par la Fédération Française d'Aquaculture.

Enfin, la maîtrise sanitaire et la bonne santé du cheptel reposent en grande partie sur la qualité sanitaire des individus introduits. Aussi, les certificats de statuts indemne des principales maladies et les autorisations d'exportations des fournisseurs contactés ont été obtenus et joints au dossier de demande d'AZS.

## **Dossier de subventions FEAMPA**

L'investissement nécessaire à l'installation de ce pilote est financé en partie par le Fonds Européen pour les Affaires Maritimes, la Pêche et l'Aquaculture (FEAMPA). La subvention est sollicitée au titre de la priorité numéro 2 : « Encourager le développement d'une aquaculture durable ». Le programme FEAMPA qui succède au FEAMP a la particularité de déléguer aux régions la gestion de l'octroi des aides pour certaines mesures, dont celle-ci. Aussi, l'interlocuteur dans le cadre de cette demande était la région Occitanie.

Au sein de la priorité numéro 2, le projet entre dans le cadre des objectifs spécifiques 2.1.1 et 2.1.3 : « Modernisation, développement et adaptation des activités aquacoles » et « Recherche et innovation ». En effet, il s'intègre dans les critères d'investissement pour « l'utilisation et la qualité de l'eau » (recirculation), « la diversification des revenus » (aquaponie), et « la production de nouvelles espèces » (crevettes).

L'acceptation de la demande de subventions permet pour une PME d'obtenir une aide publique d'une intensité de 50% du total de l'investissement, dans une limite de 500 000 € par projet. Cette aide est versée à 35% par le FEAMP et à 15% par la région.

La demande de subventions prend la forme d'un dossier comprenant notamment la description du projet et la justification de son adéquation avec les objectifs spécifiques, les résultats et livrables attendus au terme du projet, le plan d'entreprise (situation financière), et un listing des dépenses présentées. Un important travail de recherche, contact et échanges avec les fournisseurs a été réalisé pour obtenir les devis justificatifs pour ces dépenses.

L'investissement global est proportionnellement élevé par rapport au volume d'élevage en raison de sa vocation de pilote et de système de tests. En effet, tous les éléments de filtration, circulation de l'eau, monitoring... sont en double pour équiper les deux circuits, là où pour un système purement de production d'un volume équivalent, une mise en commun de ces équipements aurait été possible.

## Discussion

Les paramètres d'élevage recommandés et les indicateurs zootechniques attendus ont été définis à partir d'une synthèse d'une partie de la littérature scientifique traitant de l'élevage de *L. vannamei*. Sont ainsi regroupés les résultats de plusieurs expérimentations portant sur différents points de l'élevage (nutrition, densité, salinité...), sur des fragments de l'élevage (acclimatation, pré-grossissement, grossissement...), et réalisées dans des conditions différentes d'une expérimentation à l'autre. Toutes ces données se situent dans des gammes de valeurs similaires malgré la diversité de protocoles mis en œuvre pour les obtenir.

Les valeurs ainsi déterminées se veulent les plus probables possibles mais restent théoriques. Elles sont amenées à être confirmées et affinées en fonction des observations réelles.

Concernant la conception du système pilote, il est le compromis entre dimensionnement théorique (taille minimale pour assurer le bon fonctionnement du système), réponse aux contraintes pratiques du lieu d'installation (surface disponible), conservation d'une capacité d'adaptation à une éventuelle intensification de la production, et représentativité d'un système de taille commerciale. A ce titre, les éléments choisis pour le système ne sont pas strictement ceux qui auraient été nécessaires à son fonctionnement : ils laissent une marge de sécurité et une possibilité d'augmentation du volume produit.

Par ailleurs, il ne s'agit pas d'un système parfaitement adapté à l'expérimentation : certains paramètres ne sont pas contrôlés (luminosité naturelle), l'emplacement des bassins peut amener à des biais dans les résultats (bassins proches des portes ou des axes de circulations du personnel...). La production et des expérimentations seront gérées par une personne en charge des projets de recherche aquacole de la ferme Eauzons. Celle-ci ne sera pas dédiée uniquement à l'activité crevettes et l'attention portée au projet ne sera pas aussi poussée qu'en expérimentation en laboratoire.

Néanmoins, ce pilote se veut adapté à la réussite de la production et à l'obtention de données d'élevage transférables à des systèmes de taille plus conséquente.

## Conclusion

Un pilote de grossissement de crevettes *L. vannamei* adapté aux contraintes du site disponible, et aux objectifs fixés pour cette installation a été dimensionné. Il permettra de mener le grossissement de crevettes de leur stade de PL10-15 jusqu'à une taille commercialisable. Les conditions d'élevage ont été déterminées grâce à une revue de la littérature en cherchant à parvenir aux paramètres les plus appropriés. Ces paramètres sont équivalents à ceux qu'on peut observer dans d'autres élevages aquacoles (composés azotés,

oxygène dans l'eau, pH...). Seuls les aspects de salinité et de température se veulent très dépendants de l'espèce ici élevée : une faible salinité et une eau à 28°C seront appliquées pour le grossissement des crevettes.

Le dimensionnement a concerné tous les éléments du système : bassins, filtres biologique et mécanique, thermorégulation, tuyauterie... La conception du pilote a également respecté la contrainte d'avoir deux circuits identiques pour mener des essais comparatifs. Les équipements adaptés pour répondre à la production envisagée ont été déterminés. La disposition de ces éléments sur une représentation 3D du système a permis de s'assurer de l'adéquation de ces installations avec l'espace disponible et a également servi de base aux plans pour le montage du système.

Le travail mené pour ce projet comprend également la production de dossiers réglementaires et de demande de subventions. La demande d'agrément zoosanitaire pour cette nouvelle activité sur le site de Eauzons a donc été réalisée et transmise aux services départementaux en charge des sujets de production animale. Cette demande a notamment permis de présenter le projet, d'en évaluer les rejets et leur traitement ainsi que les risques sanitaires potentiels que pourrait avoir cet élevage. Grâce à une réflexion aboutissant à une gestion cohérente des effluents et des risques, la demande a été accordée sous la forme d'un agrément provisoire, qui prendra un aspect définitif après la mise en place des installations, l'arrivée des premiers individus et une visite de contrôle.

Le projet a pu bénéficier d'un financement en partie du FEAMPA grâce aux aspects d'économie d'eau et de production de nouvelles espèces. Pour obtenir cette aide un dossier a été produit et déposé au niveau régional au service en charge des affaires en lien avec le développement d'une aquaculture durable.

Ce dossier est constitué d'une explication du projet, d'une présentation des résultats attendus et de leur cohérence par rapport aux critères d'attribution des subventions. Il synthétise les dépenses prévues sous la forme d'un listing de tous les devis pour le matériel nécessaire au montage du projet

## Bibliographie

Allen-Davis, D., Saoud, IP., McGraw, W J., Rouse, D B., 2002. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In: Cruz-Suárez, L E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México. Disponible à l'adresse : [https://www.ua.nl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/VI/archivos/IA06.pdf](https://www.ua.nl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VI/archivos/IA06.pdf)

Allen-Davis, D., Samocha, TM., Boyd, CE., 2004. Acclimating Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to Inland, Low-Salinity Waters. SRAC Publication No. 2601. Disponible à l'adresse : <https://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/SRAC-Publication-No.-2601-Acclimating-Pacific-White-Shrimp-Litopenaeus-vannam ei-to-Inland-Low-Salinity-Waters.pdf>

American Panaeid. *Our shrimp*. 2023 [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://penaeid.com/our-shrimp/> (consulté le 30 juillet 2023)

Benchmark Genetics, 2021. Shrimp Larvae Management Guide. Disponible à l'adresse : [https://v-p-bmkgenetics-2022.s3.eu-west-2.amazonaws.com/media/2021/05/01133136/Benchmark-Genetics\\_Shrimp-Larvae-Feeding-Guide\\_DIGITAL\\_ENG.pdf](https://v-p-bmkgenetics-2022.s3.eu-west-2.amazonaws.com/media/2021/05/01133136/Benchmark-Genetics_Shrimp-Larvae-Feeding-Guide_DIGITAL_ENG.pdf)

Cuzon, G., Lawrence, A., Gaxiola, G., Rosas, C., Guillaume, J., 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, Volume 235, Issues 1–4. DOI : 10.1016/j.aquaculture.2003.12.022. Disponible à l'adresse : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484860400002X>

Esparza-Leal, H., Ponce-Palafox, JT., Aragon-Noriega, E. Arredondo-Figueroa, J., García-Ulloa GM., Valenzuela-Quirón, W., 2010. Growth and performance of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) cultured in low-salinity water with different stocking densities and acclimation times.

Aquaculture Research, 41, 878 - 883. DOI : 10.1111/j.1365-2109.2009.02367.x. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2109.2009.02367.x>

FAO, 2022. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Vers une transformation bleue. Rome, FAO. ISBN 978-92-5-136461-1. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.4060/cc0461fr>

FranceAgriMer, 2022a. Chiffres-clés des filières pêche et aquaculture en France en 2022. Production - Entreprises - Échanges – Consommation. Edition juin 2022. Disponible à l'adresse : [https://www.franceagrimer.fr/content/download/89397/document/20220616\\_CC\\_%20PECHE\\_AQUA%202022\\_FR.PDF](https://www.franceagrimer.fr/content/download/89397/document/20220616_CC_%20PECHE_AQUA%202022_FR.PDF)

FranceAgriMer, 2022b. Consommation des produits de la pêche et de l'aquaculture 2021. Edition août 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/70428/document/rapport%20final%20consommation%202021%20.pdf?version=5>

FranceAgriMer, 2022c. Commerce extérieur des produits de la pêche et de l'aquaculture Données 2021. Disponible à l'adresse : <https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/87281/document/BIL-MER-comext-A20.pdf?version=2>

Haget, F., 2019. Perfectionnement en Aquaculture recirculée. BiOPONi (document interne)

Journal officiel de la République Française, 2006. Arrêté du 8 juin 2006 relatif à l'agrément sanitaire des établissements mettant sur le marché des produits d'origine animale ou des denrées contenant des produits d'origine animale. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000819750>

Journal officiel de l'Union européenne, 2008. Décision de la Commission du 20 novembre 2008 établissant des lignes directrices pour les programmes de surveillance zoonositaire fondés sur une analyse des risques prévus par la directive 2003/88/CE du Conseil. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32008D0896>

Le Gouessant, 2020. Gamme vanna, Aliments extrudés pour l'élevage intensif de crevettes. Disponible à l'adresse : [https://aqua.legouessant.com/wp-content/uploads/VANNA\\_-FR\\_TR-\\_05-2020.pdf](https://aqua.legouessant.com/wp-content/uploads/VANNA_-FR_TR-_05-2020.pdf)

Martinez-Cordova, L.R., Campaña-Torres, A., Porchas-Cornejo, M.A., 2002. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) in low water exchange experimental ponds. Aquaculture Research, 2002, 33, 995-998. DOI : 10.1046/j.1365-2109.2002.00752.x. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2109.2002.00752.x>

Rakhmanda, A., Priyadi, A., Parjiyo, Wibisono, BIG., 2020. Production performance of white shrimp *Litopenaeus vannamei* with super-intensive culture on different rearing densities. Jurnal Akuakultur Indonesia 20 (1), 58-64. DOI: 10.19027/jai.20.1.58-64. Disponible à l'adresse : <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jai/article/view/18578>

Sakas, A., 2018. Evaluation of Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Growth and Survival in Three Salinities under RAS Conditions. [Thèse de doctorat] Université de Michigan. Disponible à l'adresse : [https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/123043/Alexis\\_Sakas\\_Thesis.pdf?sequence=1](https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/123043/Alexis_Sakas_Thesis.pdf?sequence=1)

Samocha, T.M., Lawrence, A.L., Collins, C.A., Castille, F.L., Bray, W.A., Davies, C.J., Lee, P.G., Wood, G.F., 2004. Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in High-Density Greenhouse-Enclosed Raceways Using Low Salinity Groundwater, Journal of Applied Aquaculture, 15:3-4, 1-19. DOI: 10.1300/J028v15n03\_01. Disponible à l'adresse : [https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1300%2FJ028v15n03\\_01](https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1300%2FJ028v15n03_01)

SMIPAD, 2018. Newsletter n°2. L'agrément zoonositaire. Disponible à l'adresse : [https://www.smidap.fr/images/pdf/NEWS\\_LETTER/Newsletter\\_2/Article\\_AZS.pdf](https://www.smidap.fr/images/pdf/NEWS_LETTER/Newsletter_2/Article_AZS.pdf)

Suantika, G., Situmorang, M., Nurfathurahmi, A., Taufik, I., Aditiawati, P., Yusuf, N., Aulia, R., 2018. Application of Indoor Recirculation Aquaculture System for White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Growout Super-Intensive Culture at Low Salinity Condition. Journal of Aquaculture Research & Development. 09. DOI : 10.4172/2155-9548.1000530. Disponible à l'adresse : <https://m.eftedlink.com/contents/attachment/5bce8553-2b8d-4bda-a08b-50788a9fd5d7.pdf>

Suwoyo, HS., Hendrajat, EA., 2021. High density aquaculture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in controlled tank. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 777 012022 DOI : 10.1088/1755-1315/777/1/012022. Disponible à l'adresse : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/777/1/012022>

Venero, JA., McAbee, B., Lawson, A., Lewis, BL., Stokes, AD., Leffler, JW., Browdy, CL., 2009. Greenhouse-Enclosed Superintensive Shrimp Production: Alternative to Traditional Ponds in U.S.. Global Aquaculture Alliance 12. 61-64. Disponible à l'adresse : <https://www.globalseafood.org/advocate/greenhouse-enclosed-superintensive-shrimp-production/>

Vijayan, KK., 2018. Shrimp farming in India: status and way forward. Dans Balasubramanian, CP., Anand, S., Kannappan, S., Biju IF., 2018. *Training manual. Recent advances in farming of pacific white shrimp, Penaeus vannamei.* (p. 2-8). Disponible à l'adresse : <https://krishi.icar.gov.in/js/pui/bitstream/123456789/23385/1/NFDB%20training%20final%20manual.pdf>