

L'Institut Agro Rennes-Angers

Site d'Angers  Site de Rennes

Année universitaire : 2021-2022

Spécialité : Ingénieure Agronome

Spécialisation (et option éventuelle) :

Sciences Halieutiques et Aquacoles,  
préparée à l'Institut Agro Rennes-Angers,  
(Aquaculture)

### Mémoire de fin d'études

d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

## Amélioration des performances reproductives des géniteurs *Penaeus monodon* par l'alimentation et sous cahier des charges Agriculture Biologique : optimisation de l'alimentation pré-maturation.

Par : Anouk LAURENT



Larves de *P. monodon* au stade Zoé I (A. Laurent)

Soutenu à Rennes le 15 septembre 2022

Devant le jury composé de :

Président : Bastien SADOUL, Enseignant-Chercheur

Maître de stage : Ewen CORVEC, Chef du Pôle Ecloserie  
OSO Farming LGA

Enseignant référent : Bastien SADOUL, Enseignant-chercheur

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Hervé Le Bris, Enseignant-Chercheur

Stéphane Ralite, Manager en produits aquacoles,  
Lallemand Animal Nutrition



Femelle de l'espèce *Penaeus monodon* (A. Laurent)

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



## ❖ Introduction

La crevette géante tigrée ou *Penaeus monodon* est une espèce de la famille des Pénaeïdés, native des côtes de l'Australie, de l'Asie et de l'Afrique du Sud-Est. Elle fût introduite aux Etats-Unis à la fin des années 1980 et est présente, aujourd'hui, le long des côtes de Floride jusqu'au golfe du Mexique. Il s'agit d'une des crevettes les plus grandes au monde pouvant atteindre 33 cm de long au stade adulte. Cette espèce présente également un dimorphisme sexuel important avec des femelles plus grosses que les mâles (© FAO 2022.).

En 2019, la production mondiale de *P. monodon* atteignait 774 000 tonnes pour 6 milliards de chiffre d'affaires (USD) contre, 5 millions de tonnes pour *L. vannamei* pour 32 milliards de chiffre d'affaires (USD) (FIGIS). A l'échelle de Madagascar, la production de *P. monodon* représentait en 2019 environ 0,6% de la production mondiale pour un chiffre d'affaires de 40 000 USD (FIGIS). Les crevettes *P. monodon* sont présentes naturellement sur les façades Est et Ouest de Madagascar, notamment la côte Ouest sur laquelle se situe 98% des mangroves du pays (Randrianjafy, Vololomboahangy. (2021)). La présence de 15 000 ha de tannes aménageables pour l'élevage de crevettes a permis, dès les années 1990, le développement de l'aquaculture à Madagascar (Randrianjafy, Vololomboahangy. (2021)).

La crevetticulture à Madagascar a connu un essor considérable et sa production a dépassé, à partir de 2015, celle de la pêche. Mais elle a dû faire face à plusieurs crises consécutives ; entre 1992 et 2002, six entreprises franches se sont installées, il n'en reste aujourd'hui plus que deux.

Overseas Seafood Operations Farming – Les gambas de l'Ankarana (OSO Farming – LGA) est l'entreprise pionnière de l'élevage de gambas biologiques à l'échelle mondiale. C'est aujourd'hui, la seconde ferme d'élevage de *P. monodon* à Madagascar avec une production d'environ 1500 tonnes de crevettes par an. L'entreprise est constituée de deux sites : une éclosérie et une ferme. Le système d'élevage à la ferme est semi-intensif avec 42 bassins de 10 ha destinés au grossissement des crevettes, 15 bassins d'élevage de géniteurs domestiques et 25 bassins de pré-grossissement des juvéniles. Une usine de surgélation et de conditionnement présente sur la ferme assure la préparation des crevettes directement sur site avant leur expédition, principalement en Europe. L'éclosérie est installée 15 km plus au nord de la ferme dans la commune de Mosorolava. Le site est divisé en plusieurs unités de production : l'unité de préparation des géniteurs (UPR), l'unité de maturation, l'unité larvaire et la nurserie. Celles-ci sont soutenues par un laboratoire d'analyse zootechnique, une unité de production de microalgues et une unité de production d'artémia. Dans une démarche d'amélioration continue, un pôle de Recherche & Développement a été lancé depuis 2013 pour améliorer les performances des animaux par domestication et sélection de caractères d'intérêt.

L'éclosérie produit 150 à 200 millions de post-larves par an destinées exclusivement à la production de la ferme. Les futurs reproducteurs domestiques sont élevés à la ferme et sont ensuite envoyés à l'éclosérie en fonction des besoins de production de PL et des capacités de stockage de la ferme et de l'éclosérie. L'ensemble des géniteurs est placé en quarantaine et testé exempt de maladies pour rentrer dans la banque de géniteurs (UPR) de l'éclosérie. Cette unité a pour objectif d'optimiser par l'alimentation la fin de la croissance et l'accumulation de réserves, indispensables à l'obtention de bonnes performances reproductives. La bonne

performance des géniteurs, domestiques ou sauvages, est d'une importance cruciale pour le fonctionnement de la ferme puisqu'ils sont à la base de la production.

A la ferme, les géniteurs sont nourris avec de l'aliment formulé supplémenté en aliments frais dont l'apport augmente au fur et à mesure de leur croissance. Puis leur préparation à la reproduction se poursuit à l'UPR avec un protocole de nourrissage en deux étapes distinctes et successives : une phase de pré-enrichissement et une phase d'enrichissement (ou pré-maturation) de 3 semaines. Cette phase finale d'enrichissement a pour objectif d'aider à la maturation gonadique des géniteurs avant leur entrée en ponte en augmentant et diversifiant la part en aliments frais d'où le terme d'enrichissement. Les pratiques de nourrissage des géniteurs varient selon les fermes mais des régimes avec un mélange d'aliments frais et d'aliments formulés ont démontré de meilleures performances reproductives (Chimsung, 2014).

La détermination d'un régime alimentaire plus efficient pour la reproduction des géniteurs est un des points clés que l'entreprise cherche à renforcer. En effet, il est important de connaître la contribution des régimes alimentaires à la préparation des géniteurs car un déséquilibre dans l'apport en nutriments essentiels aux géniteurs peut diminuer leurs performances reproductives (Coman et al., 2006). La composition biochimique des œufs est fortement liée au régime des géniteurs ; la qualité de leur composition biochimique conditionne les 1<sup>ères</sup> phases de développement larvaire avant d'acquérir un mode exo-trophique de nutrition (Cahu, 1998).

Ce stage a pour objectif d'optimiser le protocole de nourrissage en se focalisant sur la dernière phase d'enrichissement avant l'entrée en maturation, afin d'améliorer les performances reproductives des géniteurs. Pour cela, plusieurs tests ont été réalisés : l'un avait pour objectif d'évaluer l'effet de la durée de la période d'enrichissement, un 2<sup>ème</sup> a permis d'étudier l'effet du temps de stabulation des géniteurs en UPR. Puis un 3<sup>ème</sup> a testé deux régimes dont les compositions en aliments frais permettaient de se rapprocher des taux en nutriments d'intérêt retrouvés dans les ovaires matures de *P. monodon*.

Ce résumé présentera succinctement les liens entre l'alimentation et la reproduction des géniteurs *P. monodon* ainsi que la conception et les résultats des tests menés au cours de ce stage.

## ❖ Bibliographie

Il convient de distinguer la nutrition de l'alimentation : la nutrition est assimilée à la science de la nutrition impliquant l'ensemble des processus qui apporte les nutriments et l'énergie nécessaire au bon fonctionnement des organismes. Tandis que, dans le cadre d'un élevage, l'alimentation se réfère à la formation de régimes alimentaires et à la distribution d'aliments.

Les crustacés décapodes sont attirés vers leur nourriture grâce à des chémorécepteurs externes présents sur leurs appendices (Darodes de Tailly, 2021). Ce comportement explique l'importance des attractants dans l'alimentation en élevage ainsi que les recherches sur la taille et la tenue des aliments dans l'eau (Guillaume, 1999). Ensuite, l'organe principalement responsable de la digestion et de l'absorption est l'hépatopancréas qui représente 2 à 6% de la masse corporelle.

De nombreux facteurs peuvent faire varier l'ingestion volontaire et la métabolisation des aliments. Ces derniers sont pris en compte afin de minimiser la quantité d'aliments non ingérés

et de maximiser l'assimilation des nutriments. Il y a les facteurs biotiques tels que l'espèce, le stade de développement ou l'état physiologique (stress, mue). Il y a également les facteurs abiotiques comme la température, la photopériode, la concentration en dioxygène, la quantité de matières en suspension, le pH, la concentration ammoniacale etc. L'ensemble de ces facteurs doivent être pris en compte pour ajuster la quantité d'aliment distribué selon les objectifs définis par les éleveurs. Très souvent, c'est l'accumulation d'observations et l'expérience des éleveurs qui permettent aux entreprises aquacoles de bien gérer l'alimentation de leurs animaux.

Néanmoins, comme dit précédemment le comportement alimentaire varie énormément selon la physiologie des crevettes notamment en période de reproduction.

La maturation peut correspondre à la maturation fonctionnelle c'est-à-dire la capacité de se reproduire grâce au développement des organes génitaux secondaires (thélycum et pétaasma). Cependant, la maturation est ici entendue comme la maturité physiologique soit le développement des gonades et leur fertilisation. En effet, chez les pénéides les organes sexuels secondaires se développent avant les ovaires et les testicules (Primavera).

La maturation des femelles *P. monodon* a été décrite en 4 étapes au cours desquelles la taille des ovaires augmente notamment au niveau du 1<sup>er</sup> métamère après le céphalothorax et sa couleur s'intensifie. En élevage, la maturation des mâles se fait facilement tandis que celle des femelles requiert une induction par voie endocrine.

Au cours du développement ovarien, les crevettes doivent également acquérir suffisamment de réserves pour assurer une bonne qualité et survie larvaire. C'est pourquoi les géniteurs ont des besoins nutritionnels plus importants et plus spécifiques qui se traduisent par de nombreux changements dans la composition nutritionnelle des tissus (hépatopancréas, ovaires) (Primavera). La mise en place de protocoles d'alimentation spécifiques aux géniteurs est donc indispensable pour aider à la maturation et à la reproduction des crevettes.

*Penaeus monodon* a un cycle amphibiotique c'est-à-dire qu'une fois matures, les femelles pondent leurs œufs sur les fonds océaniques, au large, puis les larves se développent hors de l'œuf et se dirigent vers les estuaires. Le développement embryonnaire se divise en plusieurs phases de mues successives : 6 stades nauplius, 3 stades zoé et 3 stades mysis avant d'atteindre le stade post-larve. Durant les six stades nauplius, les larves sont dépourvues de tube digestif (Guillaume, 1999). L'ontogénèse est donc assurée par les réserves vitellines de l'œuf et sa composition biochimique dépend directement de l'alimentation des géniteurs et détermine son bon développement (Marsden, 2008).

Parmi les nutriments requis, les lipides sont le principal substrat énergétique de la phase endotrophe des larves et constituent 20% de la MS des Nii I et 8% des Nii VI (Guillaume, 1999). Il existe plusieurs classes de lipides dont les stérols qui sont des lipides simples (sans acides gras) comme le cholestérol mais la plupart des lipides sont des molécules complexes avec des acides gras estérifiés en groupe alcool (triacylglycérol) ou amine (sphingolipides). Et parmi les acides gras, on distingue les acides gras polyinsaturés qui contiennent de longues chaînes de carbone avec deux ou plus, doubles liaisons (National Academies Press, 2011). Ce sont les acides gras polyinsaturés de la série n-3 qui sont prédominants dans les ovaires matures des pénéides notamment en EPA (20 :5 n-3) et DHA (22 :6 n-3) (Primavera). De manière générale, les AGPI sont des constituants indispensables à la formation de la

membrane biologique des cellules et donc au développement rapide des cellules pendant l'ovogénèse et les phases embryonnaires. Cependant, les crustacés ont des capacités limitées dans la synthèse de novo d'acides gras polyinsaturés (Chang et O'Connor, (1983) ; Mourente, (1996) cité dans Wouters et al., 2001) et sont incapables de synthétiser des stérols (Kanazawa et al., (1988) cité dans Wouters et al., 2001). L'augmentation des besoins en lipides des géniteurs est assurée en grande partie par leur alimentation.

Cette forte concentration en lipides doit être accompagnée d'un apport en vitamines C (acide ascorbique) et E ( $\alpha$ -tocophérol) afin de protéger les lipides intracellulaires et membranaires de la peroxydation.

Les caroténoïdes doivent aussi être présents dans les régimes alimentaires des géniteurs (sauvages ou d'élevage) car ils ne sont pas synthétisables par les animaux ; or leur rôle d'antioxydant est essentiel pour obtenir de bonnes performances reproductives. Au cours de la vitellogenèse, les caroténoïdes sont transférés de l'hépatopancréas aux ovaires, dont 80% des caroténoïdes totaux sont sous forme d'astaxanthine (Wouters et al., 2001).

Enfin, les besoins en protéines pour une espèce à tendance carnivore comme *P. monodon*, sont plus élevés que pour des espèces à tendance omnivore et augmentent d'autant plus pendant la maturation ovarienne. A maturité, 70% de la MS des ovaires de *P. monodon* sont constitués de protéines et 21% de lipides (Marsden, 2008). La protéine majeure accumulée dans les ovaires puis dans les œufs est la vitelline d'où le terme de vitellogenèse qui caractérise le développement ovarien des crevettes. Une fois dans les œufs, cette caroténo-lipoprotéine se clive en protéines, lipides et caroténoïdes et sera le support du bon développement embryonnaire et larvaire.

En élevage, les régimes pour aider à la maturation des géniteurs *P. monodon* ont été développés à la suite d'essais empiriques avec différentes combinaisons et proportions d'aliments frais et/ou formulés (Coman, 2006). Plusieurs études ont démontré qu'une bonne maturation des crevettes était obtenue avec un mélange d'aliments frais et d'aliments formulés.

Des variations de la composition biochimique des aliments frais due à leur provenance, la saison, leur stade de maturité sexuelle, la qualité de conservation des aliments frais peuvent modifier la valeur nutritionnelle des régimes basés sur des ingrédients frais. Il est donc intéressant d'avoir une variété d'aliments frais dans les régimes notamment pour obtenir un profil en lipides avec un fort pourcentage en AGPI et un meilleur équilibre nutritif (Chimsung, 2013). Un régime plus équilibré en termes de proportions d'aliments frais améliore les performances reproductives chez les géniteurs *P. monodon* comparé à un régime principalement composé de calamar. Cela peut provenir d'un profil en acides gras plus équilibré et donc de meilleures performances sur la reproduction des géniteurs (Hoa et al., 2009).

De manière générale, il n'y a pas de consensus sur l'importance relative des acides gras n-3 ou n-6. De plus, les aliments frais apparaissent intéressants pour leurs profils en acides gras mais ils contiennent d'autres nutriments et hormones qui peuvent expliquer leur rôle dans la stimulation de la maturation ovarienne. Parmi les aliments frais souvent cités, il y a les vers polychètes, le calamar, les mollusques (huîtres, moules, palourdes), les crustacés, le foie de vache ou de morue (Chimsung, 2013).

## ❖ Matériels et méthodes

Les tests ont été réalisés dans des bacs placés au sein d'une serre opaque, dédiée à la R&D. Il a été utilisé des géniteurs mâles et femelles issus de la ferme. Une phase de design expérimental a été conduite en amont des tests afin de déterminer le nombre adéquat de crevettes par modalité testée, la répartition de ces modalités par bac ainsi que les sources de variations potentielles.

Une fois les animaux transférés dans les bacs R&D, une phase d'acclimatation en eau claire, de quelques jours, permettait d'éliminer et de remplacer les animaux morts. Une deuxième phase de préparation du milieu d'élevage consistait en la mise en floc des bacs. L'installation du floc durait environ une semaine et était suivie pour visualiser et mesurer les matières en suspension (MES).

Les paramètres physico-chimiques dont la température, la quantité d'oxygène dissous, le pH et le potentiel Redox étaient suivis quotidiennement. La qualité du bio-floc était suivie en mesurant les MES tous les deux jours. De plus, la concentration en ammoniac et en nitrite de chaque bac était mesurée afin de suivre la dégradation des déchets azotés par le bio-floc.

Les bacs étaient également nettoyés, avec une épuisette afin d'éliminer les exuvies et de comptabiliser les animaux morts.

Plusieurs paramètres ont été suivis pour évaluer l'effet des tests sur les performances reproductives des géniteurs dont le taux de grossissement, le taux de survie, le taux de fertilisation des œufs et le taux d'éclosion.

Dans le but de déterminer si la variabilité des facteurs étudiés était significativement supérieure à la variabilité résiduelle, des analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel RStudio 2022.07.1. De plus, il a été vérifié statistiquement avant le début de chaque test que les poids n'étaient pas significativement différents entre les modalités testées. Ainsi, il était possible de conclure quant à des effets potentiels des tests sur le grossissement des animaux.

## ❖ Résultats et discussion

Les tests ont été conduits sur des géniteurs mâles et femelles mais les résultats indiqués ci-dessous concernent uniquement les géniteurs femelles.

D'après les résultats, l'effet de la durée de la phase d'enrichissement ne modifie pas significativement le taux de grossissement et le taux de survie. En termes de performances de reproduction, seul le nombre moyen d'œufs produits par ponte était significativement différent entre les traitements. Parmi les trois traitements testés, ce sont les performances totales et moyennes du traitement témoin qui étaient les plus faibles. Il existe peu d'information sur l'effet de la durée de la phase d'enrichissement chez les géniteurs *P. monodon* dans le but d'améliorer leurs performances reproductives. Les durées indiquées dans la littérature varient énormément : d'une semaine avant le début des pontes (Chung et al., 2010), à 3 semaines avant induction puis 17 jours post-induction (Coman et al., 2011) ou 1 mois pré-induction et 3 mois post-induction (Quinitio et al., 1996), à 2 mois post-induction (Sangpradub et al., 1994), à 3 mois pré-induction et 1 mois post-induction (Hoa, 2009). Néanmoins, l'une des solutions pour améliorer la production des géniteurs est la nutrition et la stratégie de nourrissage. Les besoins énergétiques des crevettes augmentent lors du développement gonadique car cela implique de synthétiser et/ou d'accumuler des réserves indispensables au développement des

œufs. Nous pouvons supposer que les géniteurs ont accumulé davantage de nutriments riches en énergie lorsque la phase d'enrichissement était la plus longue.

Ensuite, le temps de stabulation des géniteurs le plus élevé améliorerait significativement le taux de grossissement et le taux de survie. Nous pouvons supposer que des géniteurs avec un meilleur taux de survie étaient moins stressés et donc capables d'allouer davantage d'énergie pour le grossissement. Cependant, cela ne s'est pas traduit par une amélioration significative des performances reproductives. Plusieurs auteurs rapportent d'une augmentation de la fécondité avec la taille des femelles chez les Pénaéidés ((Motoh, (1981), Makinouchi et Primavera, (1987), Cavalli et al., (1997), Hoang et al., (2002) cités dans Peixoto et al., 2004). Mais l'effet du poids sur les performances reproductives reste discutable car les études rapportent des poids optimaux très variables (Chotikun (1988), Tansutapanich et al., (1989) et Motoh (1981) cité dans Menasveta, 1994).

L'objectif du 3<sup>ème</sup> test était de se rapprocher de la composition lipidique des ovaires matures chez *P. monodon* en diversifiant les sources d'aliments frais. D'après l'évaluation des quantités ingérées, les apports en protéines ont été suffisants (supérieurs à 45% (Chimsung, 2013)) et semblent être corrélés au taux de grossissement des femelles mais sans différences significatives entre les régimes.

Les protéines présentes dans les œufs assurent le développement des tissus tandis que l'énergie est apportée par les lipides qui supportent aussi la formation membranaire. Initialement, les apports en lipides des régimes étaient déjà inférieurs à ce qui est retrouvé dans les ovaires matures de *P. monodon* (inférieurs à 10%) (Marsden et al., 1992). Cela peut avoir eu une incidence sur le développement des ovaires et la capacité des crevettes à maturer.

Les aliments frais utilisés sont notamment plébiscités pour leur richesse en AGPI : les ratios en DHA/EPA et ARA/EPA prévus par les régimes semblent avoir été obtenus avec les quantités ingérées. Il aurait été intéressant d'analyser, pour chaque régime, la composition nutritionnelle (ou lipidique) des ovaires et des œufs ainsi que ceux des aliments frais. En effet, nous avons tenté d'observer une différence sur les performances reproductives en fonction des ratios ARA/EPA et DHA/EPA mais d'autres paramètres comme l'équilibre n-3/n-6, le total lipidique en acides saturés ou en AGPI peuvent influencer la maturation et la reproduction des crevettes. Une analyse détaillée de la composition lipidique permettrait de mettre en corrélation les performances reproductives avec les intérêts nutritionnels des différents régimes et/ou aliments.

De surcroît, l'évaluation de l'ingéré au cours du test reste une estimation très approximative et difficile à mettre en place à la fois pour des aliments formulés (granulés) et des aliments frais.

En termes de performances reproductives, aucune différence significative a été obtenue selon les régimes testés. Le régime avec la plus forte teneur en moules était le plus performant des 3 régimes testés grâce à un plus fort taux de fécondation et d'éclosion par ponte. Nous n'avons pas analysé la composition nutritionnelle des aliments frais utilisés mais de nombreuses études soulignent l'importance de micronutriments tels que les vitamines ou les caroténoïdes. Les performances, en moyenne, plus intéressantes du régime riche en moules peuvent s'expliquer par l'apport en caroténoïdes plus élevé dans les moules comparé aux autres aliments frais utilisés (Linan-Cabello, 2004 ; Bierkerger et al., (1993), Partali et al., (1989) cités dans Quintino et al., 1996). Les crustacés sont incapables de synthétiser *de novo* ces

molécules donc seule l'alimentation leur assure un apport. Physiologiquement, les caroténoïdes sont accumulés dans les ovaires au cours de l'ovogénèse puis transmis dans les œufs. De nombreux rôles leurs sont attribués liés à la pigmentation, à la protection des lipides, à la régulation hormonale.

### ❖ Conclusion

L'amélioration de la nutrition des géniteurs est reconnue comme l'un des leviers d'action pour aider au développement gonadique, avant la ponte, et produire des post-larves en quantité et de bonne qualité. Ce stage s'est focalisé sur l'optimisation de la phase prématuration du protocole de nourrissage, dernière étape avant l'entrée en maturation des géniteurs de l'écloserie. Cela repose principalement sur l'utilisation d'aliments frais riches en protéines, en lipides et en nutriments particuliers tels que les vitamines, le cholestérol ou les caroténoïdes qui ne sont pas synthétisable *de novo*.

Sur le long terme, une solution envisageable et mutualisable avec la nutrition pour améliorer les performances reproductives des géniteurs est la sélection génétique d'animaux avec de hautes performances de pontes.

### ❖ Bibliographie

BARDERA, Guillermo, USMAN, Nafiha, OWEN, Matthew, POUNTNEY, Daniel, SLOMAN, Katherine A. et ALEXANDER, Mhairi E. The importance of behaviour in improving the production of shrimp in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* [en ligne]. Novembre 2019, Vol. 11, no 4, p. 1104-1132. DOI 10.1111/raq.12282

CAHU, C., GUILLAUME, J.C., STÉPHAN, G. et CHIM, L. Influence of phospholipid and highly unsaturated fatty acids on spawning rate and egg and tissue composition in *Penaeus vannamei* fed semi-purified diets. *Aquaculture* [en ligne]. Septembre 1994, Vol. 126, no 1-2, p. 159-170. DOI 10.1016/0044-8486(94)90257-7

CAHU, C.L., CUZON, G. et QUAZUGUEL, P. Effect of highly unsaturated fatty acids,  $\alpha$ -tocopherol and ascorbic acid in broodstock diet on egg composition and development of *Penaeus indicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* [en ligne]. Novembre 1995, Vol. 112, no 3-4, p. 417-424. DOI 10.1016/0300-9629(95)02009-8

CHIMSUNG, Noppawan. Maturation diets for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) broodstock: a review. 2014, p. 9.

COMAN, G.J., ARNOLD, S.J., CALLAGHAN, T.R. et PRESTON, N.P. Effect of two maturation diet combinations on reproductive performance of domesticated *Penaeus monodon*. *Aquaculture* [en ligne]. Mars 2007, Vol. 263, no 1-4, p. 75-83. DOI 10.1016/j.aquaculture.2006.10.016

COMAN, G.J., ARNOLD, S.J., PEIXOTO, S., CROCOS, P.J., COMAN, F.E. et PRESTON, N.P. Reproductive performance of reciprocally crossed wild-caught and tank-reared *Penaeus monodon* broodstock. *Aquaculture* [en ligne]. Mars 2006, Vol. 252, no 2-4, p. 372-384. DOI 10.1016/j.aquaculture.2005.07.028

COMAN, Greg J., ARNOLD, Stuart J., WOOD, Andrew T. et PRESTON, Nigel P. Evaluation of egg and nauplii production parameters of a single stock of domesticated *Penaeus monodon* (Giant Tiger Shrimp) across generations. *Aquaculture* [en ligne]. Juin 2013, Vol. 400-401, p. 125-128. DOI 10.1016/j.aquaculture.2013.03.015

CROCOS, Peter J. et KERR, J.D. Factors affecting induction of maturation and spawning of the tiger prawn, *Penaeus esculentus* (Haswell), under laboratory conditions. *Aquaculture* [en ligne]. Novembre 1986, Vol. 58, no 3-4, p. 203-214. DOI 10.1016/0044-8486(86)90086-4

CROCOS, P.J. et COMAN, G.J. Seasonal and age variability in the reproductive performance of *Penaeus semisulcatus* broodstock: optimising broodstock selection. *Aquaculture* [en ligne]. Septembre 1997, Vol. 155, no 1-4, p. 55-67. DOI 10.1016/S0044-8486(97)00109-9

DAGNELIE, Pierre. La planification des expériences : choix des traitements et dispositif expérimental. [s. d.], p. 26

DARODES DE TAILLY, Jean-Benoît, KEITEL, Jonas, OWEN, Matthew A.G., ALCARAZ-CALERO, Jose M., ALEXANDER, Mhairi E. et SLOMAN, Katherine A. Monitoring methods of feeding behaviour to answer key questions in penaeid shrimp feeding. *Reviews in Aquaculture* [en ligne]. Septembre 2021, Vol. 13, no 4, p. 1828-1843. DOI 10.1111/raq.12546

DEENARN, Pacharawan, TOBWOR, Punsra, LEELATANAWIT, Rungnapa, WONGTRIPHOP, Somjai, KHUDET, Jutatip, KAROONUTHAISIRI, Nitsara, VICHAI, Vanicha et WIMUTTISUK, Wanarit. Dynamics of fatty acid regulatory genes during ovarian development in *Penaeus monodon*. *Reproduction* [en ligne]. Septembre 2018. [Consulté le 20 août 2022]. DOI 10.1530/REP-18-0143

GALGANI, Marie-Lise, CUZON, G, GALGANI, F et GOGUENHEIM, J. Influence du régime alimentaire sur la reproduction en captivité de *Penaeus indicus*. *Aquaculture* [en ligne]. Octobre 1989, Vol. 81, no 3-4, p. 337-350. DOI 10.1016/0044-8486(89)90158-0

GUILLAUME, Jean (dir.). Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Paris : Issy-les-Moulineaux : INRA ; IFREMER, 1999. Du labo au terrain. ISBN 978-2-7380-0810-7. SH156 .N8913 1999

HOA, Nguyen Duy, WOUTERS, Roeland, WILLE, Mathieu, THANH, Vu, DONG, Tran Kim, VAN HAO, Nguyen et SORGELOOS, Patrick. A fresh-food maturation diet with an adequate HUFA composition for broodstock nutrition studies in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *Aquaculture* [en ligne]. Décembre 2009, Vol. 297, no 1-4, p. 116-121. DOI 10.1016/j.aquaculture.2009.09.005

HUANG, Jian-Hua, JIANG, Shi-Gui, LIN, Hei-Zhao, ZHOU, Fa-Lin et YE, Le. Effects of dietary highly unsaturated fatty acids and astaxanthin on the fecundity and lipid content of pond-reared *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. *Aquaculture Research* [en ligne]. Février 2008, Vol. 39, no 3, p. 240-251. DOI 10.1111/j.1365-2109.2007.01868.x

JIANG, Song, ZHOU, Fa-lin, YANG, Qi-bin, HUANG, Jian-hua, YANG, Li-shi et JIANG, Shi-gui. The effect of feeding frequency on the growth, reproduction performance, body composition and digestive enzyme activity of *Penaeus monodon* broodstock. *Aquaculture Research* [en ligne]. Novembre 2020, Vol. 51, no 11, p. 4623-4630. DOI 10.1111/are.14808

LIAO, I C et LIU, F G. A brief review of nutritional studies for *Penaeus monodon*. [s. d.], p. 26

LIÑÁN-CABELLO, M.A., PANIAGUA-MICHEL, J. et HOPKINS, P.M. Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustaceans: Carotenoids and retinoids in crustaceans. *Aquaculture Nutrition* [en ligne]. Décembre 2002, Vol. 8, no 4, p. 299-309. DOI 10.1046/j.1365-2095.2002.00221.x

LIÑÁN-CABELLO, M.A., PANIAGUA-MICHEL, J. et ZENTENO-SAVÍN, T. Carotenoids and retinal levels in captive and wild shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Carotenoids and retinal levels in *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* [en ligne]. Décembre 2003, Vol. 9, no 6, p. 383-389. DOI 10.1046/j.1365-2095.2003.00267.x

LIÑÁN-CABELLO, Marco Agustin et PANIAGUA-MICHEL, Jesus. Induction factors derived from carotenoids and vitamin A during the ovarian maturation of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International* [en ligne]. 2004, Vol. 12, no 6, p. 583-592. DOI 10.1007/s10499-004-1088-7

MARSDEN, Gay. FACTORS AFFECTING REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF THE PRAWN,. [s. d.], p. 211

MARSDEN, Gay E., MCGUREN, John J., HANSFORD, Shane W. et BURKE, Michael J. A moist artificial diet for prawn broodstock: its effect on the variable reproductive performance of wild caught *Penaeus monodon*. *Aquaculture* [en ligne]. Mars 1997, Vol. 149, no 1-2, p. 145-156. DOI 10.1016/S0044-8486(96)01430-5

MARSDEN, Gay, MATHER, Peter et RICHARDSON, Neil. Captivity, ablation and starvation of the prawn *Penaeus monodon* affects protein and lipid content in ovary and hepatopancreas tissues. *Aquaculture* [en ligne]. Octobre 2007, Vol. 271, no 1-4, p. 507-515. DOI 10.1016/j.aquaculture.2007.04.076

MENASVETA, Piamsak, SANGPRADUB, Sakon, PIYATIRATITIVORAKUL, Somkiat et FAST, Arlo W. Effects of Broodstock Size and Source on Ovarian Maturation and Spawning of *Penaeus monodon* Fabricius from the Gulf of Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society* [en ligne]. Mars 1994, Vol. 25, no 1, p. 41-49. DOI 10.1111/j.1749-7345.1994.tb00802.x

MEUNPOL, O., DUANGJAI, E., YOONPUN, R. et PIYATIRATITIVORAKUL, S. Detection of prostaglandin E2 in polychaete *Perinereis* sp. and its effect on *Penaeus monodon* oocyte development in vitro. *Fisheries Science* [en ligne]. Mars 2010, Vol. 76, no 2, p. 281-286. DOI 10.1007/s12562-009-0208-8

MEUNPOL, Oraporn, MEEJING, Panadda et PIYATIRATITIVORAKUL, Somkiat. Maturation diet based on fatty acid content for male *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. *Aquaculture Research* [en ligne]. Septembre 2005, Vol. 36, no 12, p. 1216-1225. DOI 10.1111/j.1365-2109.2005.01342.x

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) (dir.). Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C: National Academies Press, 2011. ISBN 978-0-309-16338-5. SH156 .N865 2011

ORTIZ-GUILLÉN, Sara, MAGAÑA-GALLEGOS, Eden, ARÉVALO, Miguel, CUZON, Gerard et GAXIOLA, Gabriela. Partial substitution of frozen-fresh food by an experimental diet in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda: Dendrobranchiata: Penaeidae) broodstock. *Animal Reproduction Science* [en ligne]. Juillet 2022, Vol. 242, p. 107001. DOI 10.1016/j.anireprosci.2022.107001

OSO Farming – Les Gambas de l’Ankarana, 2021. Rapport Annuel : Intégration Sociale et Environnementale (document interne).

PAIBULKICHAKUL, Chalee, PIYATIRATITIVORAKUL, Somkiat, SORGELOOS, Patrick et MENASVETA, Piamsak. Improved maturation of pond-reared, black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) using fish oil and astaxanthin feed supplements. *Aquaculture* [en ligne]. Septembre 2008, Vol. 282, no 1-4, p. 83-89. DOI 10.1016/j.aquaculture.2008.06.006

PALACIOS, E, IBARRA, A.M et RACOTTA, I.S. Tissue biochemical composition in relation to multiple spawning in wild and pond-reared *Penaeus vannamei* broodstock. *Aquaculture* [en ligne]. Mai 2000, Vol. 185, no 3-4, p. 353-371. DOI 10.1016/S0044-8486(99)00362-2

PEIXOTO, Silvio, CAVALLI, Ronaldo O., WASIELESKY, Wilson, D'INCAO, Fernando, KRUMMENAUER, Dariano et MILACH, Ângela M. Effects of age and size on reproductive performance of captive *Farfantepenaeus paulensis* broodstock. *Aquaculture* [en ligne]. Septembre 2004, Vol. 238, no 1-4, p. 173-182. DOI 10.1016/j.aquaculture.2004.04.024

PRIMAVERA, J Honculada. MATURATION, REPRODUCTION, AND BROODSTOCK TECHNOLOGY. [s. d.], p. 21

QUINITIO, Emilia T, PARADO-ESTEPA, Fe D, MILLANA, Oseni M et BIONA, Henry. Reproductive performance of captive *Penaeus monodon* fed various sources of carotenoids. [s. d.], p. 9

R. ALAVA, Veronica, KANAZAWA, Akio, TESHIMA, Shin-ichi et KOSHIO, Shunsuke. Effects of Dietary Vitamins A,E, and C on the Ovarian Development of *Penaeus japonicus*. *NIPPON SUISAN GAKKAISHI* [en ligne]. 1993, Vol. 59, no 7, p. 1235-1241. DOI 10.2331/suisan.59.1235

RANDRIANJAFY, Vololomboahangy. SITUATION DE LA CREVETTICULTURE À MADAGASCAR : INFORMATIONS PERTINENTES. Juillet 2021, Vol. 1, p. 273-281

Règlement (UE) no 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) no 834/2007 du Conseil (JO L 150 du 14.6.2018, p. 1–92)

REGUNATHAN, C. et WESLEY, S.G. Pigment deficiency correction in shrimp broodstock using *Spirulina* as a carotenoid source. *Aquaculture Nutrition* [en ligne]. Décembre 2006, Vol. 12, no 6, p. 425-432. DOI 10.1111/j.1365-2095.2006.00444.x

SANGPRADUB, Sakon, FAST, Arlo W., PIYATIRATITIVORAKUL, Somkiat et MENASVETA, Piamsak. Effects of different feeding regimes on ovarian maturation and spawning of pond-reared giant tiger prawn in Thailand. *Aquaculture International* [en ligne]. Mars 1994, Vol. 2, no 1, p. 49-58. DOI 10.1007/BF00118532

SANTANDER-AVANCEÑA, Sheryll S., MONTECLARO, Harold M., ESTANTE-SUPERIO, Erish G., CATEDRAL, Demy D. et TRAFALGAR, Rex Ferdinand M. The influence of monosex rearing on gonad maturation and reproductive behavior of Indian white prawn, *Penaeus indicus* broodstock. *Aquaculture* [en ligne]. Avril 2022, Vol. 552, p. 738030. DOI 10.1016/j.aquaculture.2022.738030

SITTIKANKAEW, Kanchana, POOTAKHAM, Wirulda, SONTHIROD, Chutima, SANGSRAKRU, Duangjai, YOOCHA, Thippawan, KHUDET, Jutatip, NOOKAEW, Intawat, UAWISETWATHANA, Umaporn, RUNGRASSAMEE, Wanilada et KAROONUTHAISIRI, Nitsara. Transcriptome analyses reveal the synergistic effects of feeding and eyestalk ablation

on ovarian maturation in black tiger shrimp. Scientific Reports [en ligne]. Décembre 2020, Vol. 10, no 1, p. 3239. DOI 10.1038/s41598-020-60192-2

TAKI, Yasuhiko, PRIMAVERA, Jurgenne H., LLOBRERA, Jose Alvarez, SOUTHEAST ASIAN FISHERIES DEVELOPMENT CENTER, JAPAN et AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION (dir.). Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps: Iloilo City, Philippines, 4-7 December 1984. Iloilo, Philippines : The Dept, 1985. ISBN 978-971-8511-00-8. SH380.6 .I66 1984

TAN-FERMIN, Josefa D. et PUDADERA, Rosario A. Ovarian maturation stages of the wild giant tiger prawn, *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture [en ligne]. Mars 1989, Vol. 77, no 2-3, p. 229-242. DOI 10.1016/0044-8486(89)90205-6

WIMUTTISUK, Wananit, TOBWOR, Punsu, DEENARN, Pacharawan, DANWISSETKANJANA, Kannawat, PINKAEW, Decha, KIRTIKARA, Kanyawim et VICHAI, Vanicha. Insights into the Prostanoid Pathway in the Ovary Development of the Penaeid Shrimp *Penaeus monodon*.

ZAKAR, Tamas (dir.), PLoS ONE [en ligne]. Octobre 2013, Vol. 8, no 10, p. e76934. DOI 10.1371/journal.pone.0076934

WOUTERS, Roeland, LAVENS, Patrick, NIETO, Julia et SORGELOOS, Patrick. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. Aquaculture [en ligne]. Octobre 2001, Vol. 202, no 1-2, p. 1-21. DOI 10.1016/S0044-8486(01)00570-1

XU, X.L., JI, W.J., CASTELL, J.D. et O'DOR, R.K. Influence of dietary lipid sources on fecundity, egg hatchability and fatty acid composition of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*) broodstock. Aquaculture [en ligne]. Février 1994, Vol. 119, no 4, p. 359-370. DOI 10.1016/0044-8486(94)90300-X

#### ❖ **Sitographie**

ADMIN10. L'aquaculture de crevette. Dans : GAPCM [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 1 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.gapcm.org/aquaculture/>

© FAO 2022. *Penaeus monodon*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Kongkeo, H.. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2005-07-29 [Cited Wednesday, March 30th 2022].

FIGIS - Time-series query on: Aquaculture [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 1 avril 2022]. Disponible à l'adresse : [https://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temphq\\_7841555178431432553.xml&outtype=html](https://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temphq_7841555178431432553.xml&outtype=html)