

Survie et croissance de la crevette géante d'eau douce *macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857) nourrie en captivité à base du tourteau du coprah, de la farine et du son de maïs

Luc GANGBE^{1,2*}, Hyppolite AGADJIOUEDE³, Mardochée ACHOH⁴ et Philippe LALEYE²

¹ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884 Cotonou

² Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture de l'Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou

³ Ecole d'Aquaculture de la Vallée de l'Université d'Agriculture de Kétou, BP 43 Kétou, Bénin

⁴ Ecole Polytechnique de l'Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : gangluc02@yahoo.fr

Résumé

La crevette géante d'eau douce *Macrobrachium vollenhovenii*, très prisée par les populations locales des vallées du sud Bénin, subit saisonnièrement une forte pression de pêche. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet des régimes alimentaires fabriqués à base des ingrédients locaux sur la survie et la croissance de la crevette d'eau douce *Macrobrachium vollenhovenii* en captivité. Des juvéniles de *M. vollenhovenii* de poids moyen $3,37 \pm 0,45$ g ont été introduits en bassins et nourris avec quatre rations alimentaires R1, R2, R3 et R4 pendant 120 jours. Les crevettes ont été élevées dans 16 bassins randomisés de 1 m^2 et mises en charge à une densité de 20 individus/ m^2 . Au terme de l'élevage, les tailles obtenues sont $5,50 \pm 0,69$ cm ; $5,51 \pm 0,99$ cm ; $5,80 \pm 0,73$ cm et $5,26 \pm 0,62$ cm correspondant respectivement aux R1, R2, R3 et R4. Les valeurs moyennes pondérales correspondant à ces tailles sont respectivement $8,35 \pm 2,95$ g ; $8,59 \pm 4,75$ g ; $9,27 \pm 2,72$ g et $7,26 \pm 2,20$ g. Ces valeurs ne présentent pas de différence significative ($p > 5\%$) aussi bien entre les tailles qu'entre les poids. Les rations R2 et R3 présentent les meilleurs gains moyens quotidiens (GMQ = 0,02 g/j et GMQ = 0,03 g/j respectivement) et les meilleurs quotients nutritifs (QN = 0,44 et QN = 0,34 respectivement). En définitive, la ration performante est la ration R3 puisqu'elle a permis le meilleur gain en poids et le meilleur rendement ($0,98 \text{ g/m}^2$). Les relations entre le poids et la taille montrent que les individus nourris aux rations R1 ($a = 0,08$; $b = 2,67$), R3 ($a = 0,82$; $b = 2,67$) et R4 ($a = 0,08$; $b = 2,69$) ont subi une croissance de type isométrique alors que ceux de la ration R2 ($a = 0,12$; $b = 2,43$) ont subi une croissance allométrique négative.

Mots-clés : *macrobrachium vollenhovenii*, croissance, captivité, rations alimentaires.

Abstract

Survival and growth of giant fresh water shrimp *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857) nourished in captivity using copra cake, flour and bran maize in food

The objective of this work is to evaluate the effect of the diets manufactured at base of the local ingredients on the survival and the growth of fresh water shrimp *Macrobrachium vollenhovenii* in captivity.

The youthful ones of *M. vollehovenii* of average weight 3.37 ± 0.45 g were introduced out of basins and were nourished containing four feed rations R1, R2, R3 and R4 during 120 days. The shrimps were brought in 16 randomized basins of 1m^2 was put in density of 20 individuals/ m^2 . At the end of the experimentation, the total average values of pH of Oxygen and temperature observed do not show any significant difference (ANOVA, $p > 5\%$), they border respectively 7.90 ± 0.15 ; 5.8 ± 0.20 mg/L, $27.91 \pm 1.56^\circ\text{C}$. The average values of the concentrations of the ions ammoniums ($\text{NH}_4\text{-N}$) are located between 0.24 ± 0.09 mg/L and 0.20 ± 0.10 mg/L for the four feed rations. The sizes are 5.50 ± 0.69 cm; 5.51 ± 0.99 cm; 5.80 ± 0.73 cm and 5.26 ± 0.62 cm corresponding respectively to R1, R2, R3 and R4. The weight average values corresponding to these sizes are respectively 8.35 ± 2.95 g; 8.59 ± 4.75 g, 9.27 ± 2.72 g and 7.26 ± 2.20 g. The Analysis Variance between these various values of size and weight do not show any significant difference between them ($p > 5\%$). A regression between the weight and the size shows that the individuals nourished with the rations R1 ($a = 0.08$; $b = 2.67$), R3 ($a = 0.82$; $b = 2.67$) and R4 ($a = 0.08$; $b = 2.69$) underwent growth of an isometric type whereas those of the R2 ration ($a = 0.12$; $b = 2.43$) underwent a negative allometric growth. The rations R2 and R3 present the best daily average profits (GMQ = 0.02 g/j and GMQ = 0.03 g/j respectively) and the best nutritive quotients (QN = 0.44 and QN = 0.34 respectively). Ultimately, the powerful ration is the R3 ration because it allowed the best profit in weight and the best output (0.98 g/ m^2).

Keywords : *macrobrachium vollehovenii*, growth, captivity, Feed rations.

1. Introduction

De toutes les ressources halieutiques exploitées au Bénin, les crustacés notamment les crevettes sont non moins importantes du fait de leur contribution alimentaire protéinique, des revenus qu'elles procurent aux pêcheurs et de leur apport dans l'économie nationale à travers leurs exportations [1]. Au Bénin, les crevettes consommées et exportées sont toutes issues de la cueillette puis qu'aucune structure de production de crevettes d'eau douce ou salée ne s'est installée jusqu'à ce jour. Cette dépendance vis-à-vis des crevettes sauvages uniquement est due à la non maîtrise des techniques d'élevage des crevettes adaptées à notre milieu. La conséquence directe de cet état de chose est la surexploitation de ces ressources en milieu naturel [2 - 6]. La baisse du stock des crevettes des plans d'eau se confirme également à travers le rapport annuel de l'UEMOA qui stipule que la quantité exportée de ces crustacés à partir du Bénin est passée de 703 tonnes en 2002 à 32 tonnes en 2006 [7]. Les études consacrées à la diversité des crevettes dans les eaux douces du Bénin ont révélé qu'il y a plusieurs espèces présentes avec une dominance de *Macrobrachium macrobrachion* (51,51 %) et une abondance pondérale de *Macrobrachium vollehovenii* (89,32 %) dans la lagune de Grand-Popo [6]. Dans la vallée de l'Ouémé, l'espèce la plus dominante est *M. vollehovenii* avec un poids moyen individuel de 160 g et 141 g respectivement dans le lit et la plaine du fleuve et une taille moyenne de 20 cm. *M. vollehovenii* constitue aussi l'espèce la plus abondante dans les échanges commerciaux au niveau local [8]. Il ressort de ces travaux qu'au vu des caractéristiques de l'habitat de *M. vollehovenii*, de ses performances pondérales et de ses potentialités de reproduction, l'espèce *M. vollehovenii* pourrait faire l'objet d'une domestication au Bénin. La maîtrise de la survie et de la croissance des individus en captivité s'avère nécessaire. C'est ce qui justifie le présent travail de recherche dont le but est de mesurer les performances zootechniques des aliments locaux sur la croissance des juvéniles de *M. vollehovenii*.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieux d'étude et échantillonnage des spécimens

Les crevettes ayant servi à notre expérimentation ont été capturées dans la vallée du fleuve Ouémé, dans la localité d'Agonlin-Lowé, un village de l'arrondissement de Gangban dans la commune d'Adjohoun, Département de l'Ouémé. Il est situé entre 06°39'378" latitude Nord et 002°28'571" longitude Est (**Figure 1**). Le site est caractérisé par une période de basses eaux qui s'étend sur sept mois (décembre à juin) et une période de hautes eaux qui va d'août à octobre [9]. Sa végétation est faite principalement de *Mitragyna inermis*, *Andropogon gayanus*, *Echinochloa pyramidalis*, *Polygonum limbaum* et de strates herbacées qui disparaissent à la décrue pour donner place aux cultures [10]. La pêche est l'activité principale dans la localité, l'agriculture étant secondaire [11]. Les engins de pêche utilisés pour la capture des crevettes sont principalement les nasses. Les juvéniles ont été prélevés et transportés dans des sachets plastiques remplis aux tiers (1/3) d'eau et aux deux tiers (2/3) d'oxygène au Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture de l'Université d'Abomey-Calavi (LHA/UAC). Elles sont ensuite stockées et mises en quarantaine dans des bassins de 4 m³ pendant une semaine. Ces bassins sont équipés d'un système d'aération et de renouvellement en eau.

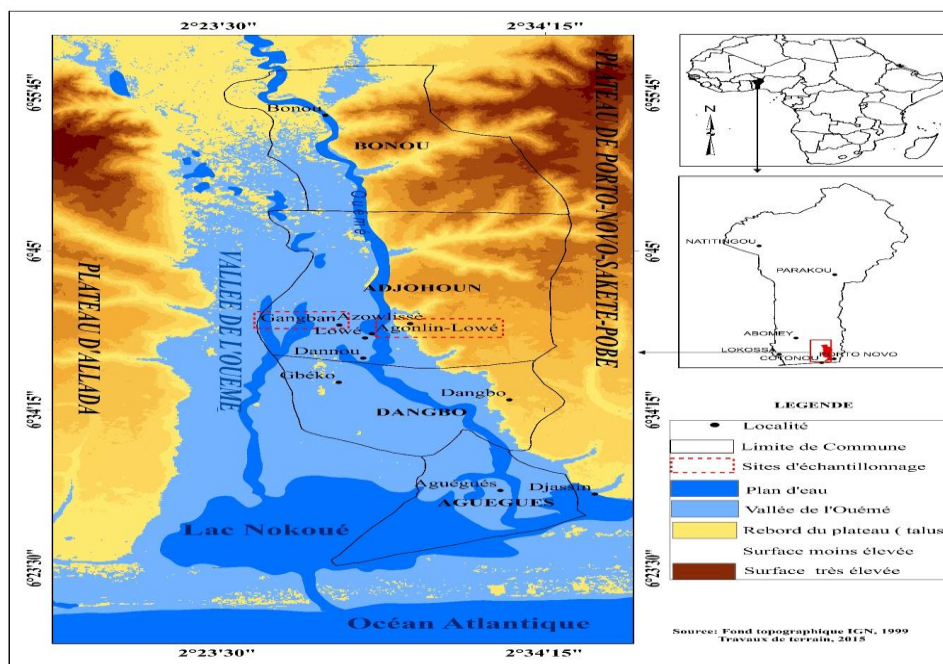


Figure 1 : Carte de la zone d'étude (Gangbè, 2015)

2-2. Dispositif expérimental en station d'expérimentation

Les essais d'élevage sur la crevette *Macrobrachium vollehovenii* ont eu lieu d'avril à août 2015 (120 jours) à la station d'aquaculture expérimentale du Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture (LHA) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC). L'expérimentation a porté sur les juvéniles de crevettes *M. vollehovenii* de poids moyen $5,37 \pm 0,45$ g. Les individus sélectionnés sont ceux dont les caractéristiques morphologiques ne présentaient pas de défaut (blessures et perte de pinces) et qui étaient vigoureux. Le dispositif expérimental était constitué de seize (16) bassins de un mètre carré et de un mètre de hauteur. Quatre rations alimentaires correspondant à quatre traitements alimentaires ont été utilisées.

Chaque traitement est effectué en quatre (4) répétitions avec randomisation totale. Les infrastructures ont été équipées de systèmes d'aération et de renouvellement de l'eau. Les bassins sont remplis aux deux tiers d'eau (2/3) et couverts à moitié par des claies. L'eau est mise dans les bassins une semaine avant l'introduction des crevettes et le démarrage de l'essai. La prise des paramètres notamment la température, l'oxygène dissous et le pH a été quotidienne jusqu'à la mise en charge pour s'assurer de la bonne qualité de l'eau dans les bassins. Chaque bassin est chargé à une densité de 20 crevettes/m² au respect des normes de densité indiquée pour le grossissement dans un système semi-intensif [12].

2-3. Préparation des rations alimentaires

Quatre aliments ont été testés, dont trois ont été fabriqués en station et un témoin (Raanan) acheté dans le commerce. Les ingrédients ayant servi à la fabrication des aliments ont été obtenus sur le marché local. Le choix des ingrédients tels que le maïs, le son de maïs et le tourteau de coco se justifie par le fait qu'ils sont des appâts souvent utilisés localement pour les crevettes et sont disponibles sur les sites d'échantillonnage des crevettes. Le son de maïs et le tourteau de coco sont des sous-produits agroalimentaires moins coûteux, qui pourraient substituer le maïs dans l'aliment des crevettes à un certain taux. Les taux d'incorporation des ingrédients ont été obtenus par la méthode Carré de Pearson [13] en tenant compte de l'exigence en protéine de la crevette d'eau douce *M. vollehovenii* au stade juvénile et de la composition en protéine et en carbohydrate de chaque ingrédient alimentaire. Après les avoir moulus, ces ingrédients ont été pesés en fonction de leur taux d'incorporation, mélangés à l'aide d'un robot mixeur, mouillés à l'eau chaude (eau bouillante) et transformés en pâte et ensuite en granulés de diamètre 2 mm à l'aide du Moulinex (Masterchef compact, 3,5 L). Les granulés fabriqués sont séchés au soleil durant 48 heures puis conservés dans des sceaux plastiques bien couverts et maintenus hors de l'humidité. Le **Tableau 1** présente la proportion des ingrédients constituant les rations fabriquées et la composition centésimale en protéines de toutes les rations.

Tableau 1 : Proportion des ingrédients alimentaires et composition centésimale protéique des rations

Ingrédients	Aliment témoin (R1 = Raanan) (%)	Aliment à la farine de maïs (R2) (%)	Aliment au son de maïs (R3) (%)	Aliment au tourteau de coprah (R4) (%)
Son de blé	-	5	5	5
Tourteau de coprah	-	5	5	5
Tourteau de soja	-	10	10	10
Farine de poisson	-	60	60	60
Liant	-	4	4	4
CMV	-	1	1	1
Coquille d'huître	-	4	4	4
Sel iodé	-	0,5	0,5	0,5
Huile rouge	-	0,5	0,5	0,5
Farine de maïs	-	10	0	0
Son de maïs	-	0	10	0
Tourteau de Coprah	-	0	0	10
Total (%)	100	100	100	100
Protéine (%)	42	40	30,1	29,4

2-4. Nourrissage des crevettes

Durant les 75 premiers jours, les crevettes ont été nourries à 6 % de leur biomasse [14]. Ce taux a été réajusté chaque quinzaine en fonction de la croissance. La ration a été réajustée quotidiennement selon les mortalités enregistrées au niveau de chaque bassin. C'est ainsi que le taux de la ration a été revu à 4 % de la biomasse au cours des 45 derniers jours de l'expérimentation. L'aliment était servi deux fois par jour à raison de 40 % de la ration à 8h et 60 % à 18h30 selon les recommandations de [15].

2-5. Suivi de l'expérimentation

2-5-1. Contrôle de la qualité de l'eau

Le contrôle de la qualité de l'eau avait consisté à la prise des caractéristiques physico-chimiques de l'eau à l'aide d'un oxy-thermomètre (VOLTCRAFT DO-100) et d'un pH-mètre portable (ATC, précision 10^{-2}), au dosage des ions dérivés de déchets azotés au laboratoire et au renouvellement de l'eau du bassin. Les paramètres mesurés sont : la température (Temp), l'oxygène dissous (O_2), le potentiel d'hydrogène (pH) et les ions issus de la dégradation des déchets azotés (ammonium NH_4-N , nitrite NO_2-N , nitrate NO_3-N). La prise des paramètres tels que pH, O_2 et Temp, a été effectuée in situ tous les trois jours (72 h) et trois fois par jour, soit matin, midi et soir (8h, 13h et 18h) selon [14]. Le dosage des ions azotés a été fait par quinzaine au laboratoire [16]. Pour ce faire, un échantillon d'eau des 16 bassins est prélevé dans des bouteilles en plastiques et transféré au laboratoire pour être soumis aux analyses. L'ammonium (NH_4-N), le nitrite (NO_2-N) et le nitrate (NO_3-N) sont dosés au laboratoire à l'aide du spectrophotomètre HACH (DR/2010) [17-18]. Le renouvellement de l'eau a été effectué deux fois par semaine à 8h et avait consisté à diminuer la quantité de l'eau jusqu'à la moitié de son volume et complétée avec l'eau issue directement du forage pour minimiser la concentration des ions ammonium et nitrite et surtout lorsque le pH tend vers des valeurs très basiques (pH 9). Quotidiennement, les déchets constituant les dépôts au fonds de l'eau (restes d'aliment et fèces) sont siphonnés (en cas de surcharge en matières organiques en décomposition). Les valeurs obtenues pour ces différents paramètres sont inscrites sur la fiche de suivi journalier et de suivi par quinzaine de l'expérimentation.

2-5-2. Contrôle des crevettes en élevage

Il s'agit du relevé des mortalités et du contrôle de la croissance. Au cours de l'expérimentation, le contrôle de la croissance était effectué après chaque quinze jour d'élevage et était réalisé les matins à 7h. Le contrôle portait sur un échantillon représentatif de 50 % des crevettes présentes dans chaque bassin, capturées au hasard et pesées individuellement au moyen d'une balance électronique (LUTRON GM-300P, portée 300 g, précision 10^{-2}). A la fin de l'expérience, toutes les crevettes ont été également pesées et la longueur standard de chaque crevette a été prise à l'aide d'un pied à coulisse (MIC G 0-200MMx0,05/8"x1/128" JAPAN).

2-6. Traitement et analyse des données

Pour analyser l'effet des différents aliments sur la survie et la croissance des juvéniles de crevette, une série de méthodes a été utilisée : il s'agit des tableaux regroupant les valeurs des paramètres physiques et chimiques du milieu, des tableaux regroupant les valeurs des paramètres d'appréciation des performances zootechniques calculés pour les différentes rations alimentaires, des courbes de croissance pondérale, des histogrammes de fréquence de distribution des tailles et enfin des droites de régression entre le poids et la taille.

2-6-1. Courbes et histogrammes de fréquences de tailles

Les courbes, les histogrammes de fréquence, les droites et les tests statistiques (ANOVA et t-student) ont été réalisés avec les logiciels (STATISTICA, 2004 version 6) et StatView (SAS Institute, version 5.0.1).

2-6-2. Relations poids-longueur

Elle sont représentées par la **Relation** [19] :

$$Pt = aLt^b \quad (1)$$

Pt est le poids corporel des crevettes en g ; Lt est la longueur totale des crevettes en cm ; a et b étant des paramètres caractéristiques du milieu et de l'espèce.

Par transformation logarithmique, la relation suivante de type linéaire est obtenue :

$$\text{Log Pt} = \text{loga} + b\text{logLt} \quad (2)$$

où a et b sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Cette transformation permet de réduire la variabilité et d'homogénéiser les deux variables (Pt et Lt).

Le coefficient b (lié aux facteurs génétiques et physiologiques de l'espèce), pente de la droite de regression, varie entre 2 et 4 mais il est souvent proche de 3. Il exprime la forme relative du corps d'une crevette. Lorsqu'il est égal à 3, la croissance est dite isométrique. Lorsqu'il s'en éloigne, ou diffère de 3, la croissance est dite allométrique. Un coefficient b supérieur à 3 indique une meilleure croissance en poids qu'en longueur et inversement [20, 21]. Le coefficient a, ordonnée à l'origine, est un coefficient lié aux facteurs écologiques et varie en fonction du moment de la capture, de l'état sanitaire et du degré de développement des gonades. Dans la relation poids-taille, nous avons considéré la longueur standard plutôt que la longueur totale qui subit assez de modifications du fait de la réduction du rostre ou du telson au cours des luttes inter-individuelles pour la défense du territoire surtout en parlant des mâles qui sont très agressifs et territoriaux.

2-6-3. Facteur de condition K

Le facteur de condition K est défini par le rapport entre le poids et la longueur d'une crevette. Il est donné par la **Formule** [22] :

$$K = 100 \times (Pt / Lt^b) \quad (3)$$

K : facteur de condition ; Pt : poids total de la crevette en g ; Lt : longueur totale en cm ; b : coefficient d'allométrie calculé à partir de la formule $Pt = aLt^b$

Les différentes expressions mathématiques utilisées pour calculer les paramètres zootechniques sont les suivantes :

- GMQ : Gain moyen quotidien = $(Pf - Pi)/T$ (4)

- TS(%) : Taux de survie = $(Nf \times 100)/Ni$ (5)

- Gain en Poids (GP) = $Pf - Pi$ (6)

- TPN : Taux de production nette (%) = $(Pf - Pi) \times 100/Pf$ (7)

- TCA : Taux de conversion alimentaire ou

$$\text{Quotient nutritif (g)} = (\text{Quantité d'aliment consommé}) / (\text{Gain en Poids}) \quad (8)$$
- TCS : Taux de croissance spécifique = $(\text{LogPf} - \text{LogPi}) \times 100/T \quad (9)$
- TEP : Taux d'efficience protéinique (g/g) = Protéine consommée/ (GP) (10)
- Rend : Rendement de la récolte (t/ha) = (GP)/ Surface (11)

Pi : Poids initial ; *Ni* : Nombre initial ; *Pf* : Poids final ; *Nf* : Nombre final ; *T* : durée de l'expérimentation ; *Log* : logarithme à base 10.

3. Résultats

3-1. Variation mensuelle des paramètres physico-chimiques

Le **Tableau 2** présente les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau analysés durant quatre mois de traitement alimentaire. Au cours du premier mois, les valeurs moyennes de la température pour les quatre rations correspondent respectivement à $29,64 \pm 1,36^\circ\text{C}$; $30,07 \pm 1,45^\circ\text{C}$; $29,7 \pm 1,59^\circ\text{C}$; $29,94 \pm 1,38^\circ\text{C}$. Au-delà du premier mois, les valeurs de la température ont connu une légère chute pour atteindre au dernier mois de l'essai des valeurs moyennes respectives de $26,17 \pm 1,3^\circ\text{C}$; $26,59 \pm 1,33^\circ\text{C}$; $26,1 \pm 1,23^\circ\text{C}$; $26,4 \pm 1,28^\circ\text{C}$. Les variations mensuelles de l'oxygène dissout au niveau de toutes les rations sont semblables. En effet, au premier mois de l'essai, les plus fortes moyennes d'oxygène sont observées pour toutes les rations alimentaires et sont respectivement $5,95 \pm 0,86 \text{ mg/L}$; $6,08 \pm 0,77 \text{ mg/L}$; $5,94 \pm 0,87 \text{ mg/L}$; $5,86 \pm 0,80 \text{ mg/L}$. Les plus faibles valeurs sont observées au second mois avec des moyennes respectives de $5,58 \pm 0,83 \text{ mg/L}$; $5,58 \pm 0,79 \text{ mg/L}$; $5,4 \pm 0,73 \text{ mg/L}$; $5,54 \pm 0,76 \text{ mg/L}$. Après le second mois d'essai, les valeurs moyennes de l'oxygène remontent progressivement pour atteindre au troisième mois des moyennes respectives de $5,92 \pm 0,80 \text{ mg/L}$; $5,75 \pm 0,83 \text{ mg/L}$; $5,93 \pm 0,79 \text{ mg/L}$; $5,75 \pm 0,79 \text{ mg/L}$. Elles sont ensuite restées quasi constantes jusqu'à la fin de l'essai. Les plus faibles valeurs du pH sont observées au deuxième mois avec des moyennes de $7,66 \pm 0,53$; $7,74 \pm 0,54$; $7,72 \pm 0,60$; $7,77 \pm 0,60$ correspondant respectivement aux rations R1, R2, R3 et R4.

Au-delà du second mois d'essai, les valeurs moyennes du pH montent progressivement pour atteindre au troisième mois les plus fortes valeurs moyennes qui sont respectivement $8,02 \pm 0,56$; $8,03 \pm 0,57$; $8,08 \pm 0,61$; $8,1 \pm 0,63$. Ces valeurs ont subi une légère diminution vers le quatrième mois de l'essai. Les ions ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) présentent des concentrations qui oscillent en moyenne entre $0,20 \pm 0,1 \text{ mg/L}$ et $0,21 \pm 0,11 \text{ mg/L}$ pour les 4 traitements alimentaires. Ces concentrations augmentent légèrement et atteignent au bout des 4 mois, $0,26$ et $0,25 \text{ mg/L}$ respectivement pour les rations R1 et R2. Au niveau de R3 et R4, les variations sont relativement restées très faibles, évoluant en dents de scie entre les valeurs limites de $0,19 \text{ mg/L}$ et $0,22 \text{ mg/L}$. Pour les ions nitrites ($\text{NO}_2\text{-N}$), les concentrations obtenues au premier mois sont $0,15 \text{ mg/L}$; $0,16 \text{ mg/L}$; $0,17 \text{ mg/L}$ et $0,19 \text{ mg/L}$ respectivement pour R1, R2, R3 et R4. Ces valeurs connaissent une augmentation atteignant $0,20\text{-}0,21 \text{ mg/L}$ pour R1, R3 et R4. Au niveau de R2, la concentration de nitrite a baissé atteignant $0,10 \text{ mg/L}$ au dernier mois de l'essai. Pour les ions nitrates ($\text{NO}_3\text{-N}$), les concentrations obtenues au premier mois sont respectivement $12,55 \pm 1,2 \text{ mg/L}$; $11,36 \pm 1,41 \text{ mg/L}$; $11,87 \pm 1,66 \text{ mg/L}$ et $11,73 \pm 1,39 \text{ mg/L}$ respectivement pour R1, R2, R3 et R4. Ces valeurs de nitrate évoluent en dents de scie et de façon peu sensible atteignant des limites de $10,65 \pm 0,48 \text{ mg/L}$ et $13,02 \pm 1,1 \text{ mg/L}$.

Tableau 2 : Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de l'eau

Traitements	Paramètres	Mois de l'essai			
		1er mois	2e mois	3e mois	4e mois
R1	Temp (°C)	29,64 ± 1,36	28,12 ± 1,42	26,83 ± 1,29	26,17 ± 1,3
	Oxy (mg/L)	5,95 ± 0,86	5,58 ± 0,83	5,92 ± 0,80	5,93 ± 1,51
	pH	7,81 ± 0,7	7,66 ± 0,53	8,02 ± 0,56	7,92 ± 0,51
	NH4-N (mg/L)	0,20 ± 0,10	0,22 ± 0,07	0,27 ± 0,08	0,26 ± 0,11
	NO2-N (mg/L)	0,15 ± 0,07	0,20 ± 0,09	0,20 ± 0,07	0,20 ± 0,07
	NO3-N (mg/L)	12,55 ± 1,20	11,92 ± 1,30	11,67 ± 1,03	11,92 ± 0,86
R2	Temp (°C)	30,07 ± 1,45	28,38 ± 1,51	27,22 ± 1,33	26,59 ± 1,33
	Oxy (mg/L)	6,08 ± 0,77	5,58 ± 0,79	5,75 ± 0,83	5,8 ± 1,58
	pH	7,81 ± 0,72	7,74 ± 0,54	8,03 ± 0,57	8,05 ± 0,57
	NH4-N (mg/L)	0,20 ± 0,10	0,22 ± 0,10	0,22 ± 0,10	0,25 ± 0,11
	NO2-N (mg/L)	0,16 ± 0,07	0,14 ± 0,05	0,14 ± 0,07	0,10 ± 0,00
	NO3-N (mg/L)	11,36 ± 1,41	10,65 ± 0,48	10,9 ± 0,6	11,02 ± 0,60
R3	Temp (°C)	29,7 ± 1,59	28,06 ± 1,39	26,75 ± 1,19	26,1 ± 1,23
	Oxy (mg/L)	5,94 ± 0,87	5,4 ± 0,73	5,93 ± 0,79	5,9 ± 1,49
	pH	7,87 ± 0,72	7,72 ± 0,60	8,08 ± 0,61	8,03 ± 0,61
	NH4-N (mg/L)	0,21 ± 0,11	0,22 ± 0,12	0,19 ± 0,07	0,19 ± 0,06
	NO2-N (mg/L)	0,17 ± 0,08	0,17 ± 0,07	0,20 ± 0,07	0,21 ± 0,06
	NO3-N (mg/L)	11,87 ± 1,66	11,45 ± 3,11	11,57 ± 3,22	11,95 ± 2,89
R4	Temp	29,94 ± 1,38	28,28 ± 1,46	27,03 ± 1,26	26,4 ± 1,28
	Oxy	5,86 ± 0,80	5,54 ± 0,76	5,75 ± 0,79	5,7 ± 1,57
	pH	7,86 ± 0,70	7,77 ± 0,60	8,1 ± 0,63	8,04 ± 0,66
	NH4-N (mg/L)	0,20 ± 0,07	0,19 ± 0,10	0,21 ± 0,11	0,21 ± 0,12
	NO2-N (mg/L)	0,19 ± 0,08	0,22 ± 0,10	0,20 ± 0,12	0,20 ± 0,12
	NO3-N (mg/L)	11,73 ± 1,39	13,02 ± 1,10	11,97 ± 1,23	12,22 ± 1,18

Oxy = oxygène ; Temp = température ; pH = potentiel d'hydrogène

Les moyennes globales des paramètres physico-chimiques pour les quatre mois de l'essai et la comparaison de ces moyennes entre ration sont présentées dans le **Tableau 3**. Selon ces résultats, la forte valeur de température ($28,06 \pm 1,52$ °C) est obtenue au niveau de la ration R2 et la plus faible valeur ($27,65 \pm 1,58$ °C) est obtenue au niveau de la ration R3.

La comparaison des moyennes de température révèle une différence significative entre les valeurs obtenues (Anova, $p < 5 \%$). Quant à l'oxygène dissous, les moyennes diffèrent significativement entre les rations R1 et R3 ($p < 5 \%$); par contre, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les autres rations ($p > 5 \%$). En considérant toute la période de l'essai, le plus fort pH a été enregistré au niveau de la ration R4 ($7,94 \pm 0,15$) et le plus faible au niveau de la ration R1 ($7,85 \pm 0,15$). Le test de comparaison des moyennes (ANOVA) révèle que les moyennes de pH des rations R1 et R2 ne montrent aucune différence significative ($p > 0,05$) à l'opposé des autres valeurs de pH enregistrées au niveau des rations R3 et R4. La moyenne obtenue pour la concentration des ions ammoniums (NH₄-N), varie entre $0,20 \pm 0,1$ mg/L et $0,24 \pm 0,09$ mg/L pour les 4 rations et l'analyse de variance appliquée montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les moyennes obtenues. Au niveau des ions nitrites (NO₂-N) et nitrates (NO₃-N), les plus faibles valeurs des concentrations sont obtenues au niveau de la ration R2 et sont respectivement de $0,13 \pm 0,05$ mg/L et $10,98 \pm 0,85$ mg/L. Les plus fortes valeurs de concentration de ces mêmes ions (NO₂-N, NO₃-N) se trouvent au niveau de la ration R4 et sont respectivement de $0,20 \pm 0,10$ mg/L et $12,24 \pm 1,27$ mg/L. Les analyses de variance appliquées ont montré que les valeurs de concentration des ions ammoniums et nitrites obtenues au niveau de la ration R2 diffèrent significativement de celles des autres rations (R1, R3 et R4).

Tableau 3 : Moyenne générale des paramètres physico-chimiques

Rations	Paramètres					
	Temp (°C)	Oxy (mg/L)	pH	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)
R1	27,69 ± 1,53 a	5,84 ± 0,17 a	7,85 ± 0,15 a	0,24 ± 0,09 a	0,18 ± 0,07 a	12,01 ± 1,11 a
R2	28,06 ± 1,52 b	5,8 ± 0,20 ab	7,90 ± 0,15 a	0,22 ± 0,10 a	0,13 ± 0,05 b	10,98 ± 0,85 b
R3	27,65 ± 1,58 c	5,90 ± 0,26 b	7,92 ± 0,16 b	0,20 ± 0,09 a	0,19 ± 0,07 a	11,71 ± 2,66 ab
R4	27,91 ± 1,56 d	5,7 ± 0,13 ab	7,94 ± 0,15 c	0,20 ± 0,10 a	0,20 ± 0,10 a	12,24 ± 1,27 a
Significativité	*	*	*	NS	*	*

*Sur une colonne, les moyennes portant les mêmes lettres ne diffèrent significativement pas alors que celles ayant des lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5 %; * $p < 0,05$*

3-2. Evaluation pondérale de la croissance

La **Figure 2** présente l'évolution du poids moyen des crevettes en fonction des quatre mois de traitement alimentaire. Suivant cette évolution, le poids moyen est resté stationnaire le premier mois pour les trois premières rations (R1, R2 et R3). C'est à partir du second mois qu'un léger gain en poids a été constaté. Quant à la ration R4, l'augmentation en poids n'est constatée qu'à partir du deuxième mois d'essai. Au quatrième mois de l'essai, les poids moyens des crevettes pour les quatre rations sont respectivement $8,35 \pm 2,95$ g; $8,59 \pm 4,75$ g; $9,27 \pm 2,72$ g; $7,26 \pm 2,20$ g; soit un gain de poids de 2,93; 3,70; 3,66 et 1,71. Il en ressort qu'à l'issue de l'essai, un gain de poids a été constaté au niveau de toutes les rations (T student $p < 0,05$).

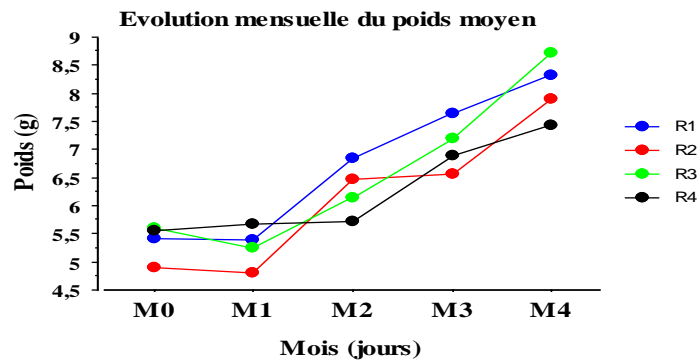


Figure 2 : Courbes d'évolution de la croissance pondérale par mois des crevettes

Les poids moyens des crevettes par ration à l'issue des quatre mois d'essai et le test statistique associé sont présentés dans le **Tableau 4**. Le gain maximal de poids est obtenu avec la ration R3 ($9,27 \pm 2,72$ g) et celui le plus faible est obtenu avec la ration R4 ($7,26 \pm 2,20$). Le test de comparaison des moyennes révèle qu'aucune différence significative n'a été enregistrée entre les poids moyens des crevettes nourries avec les différentes rations (ANOVA $p > 0,05$). De plus, le faible coefficient de variation est également obtenu avec la ration R3, ceci témoigne de l'homogénéité en poids des crevettes ayant été nourries à base de cette ration.

Tableau 4 : Comparaison des moyennes pondérales finales

Rations	Poids (g)			
	Moy	Max	Min	CV
R1	$8,35 \pm 2,95$ a	13,35	4,80	0,35
R2	$8,59 \pm 4,75$ a	24,36	4,36	0,55
R3	$9,27 \pm 2,72$ a	12,18	3,82	0,29
R4	$7,26 \pm 2,20$ a	13,1	4,09	0,33
Significativité	NS			

Les moyennes portant la lettre ne diffèrent pas significativement ; NS = non significatif ; Moy = moyenne ; Min = minimum ; Max = maximum ; CV = Coefficient de Variation

3-3. Structures de tailles des crevettes élevées

La **Figure 3A** présente la distribution de fréquence de tailles d'un échantillon de 12 individus de crevettes juvéniles nourries à base de la ration R1 (Raanan). Selon cette figure, les crevettes ont une taille comprise entre 4,6 cm et 6,5 cm après les quatre mois d'essai. La taille moyenne atteinte est de $5,5 \pm 0,69$ cm. L'histogramme de fréquence de taille est uni-modal et la taille modale est de 5,26 cm. Au niveau de l'échantillon, les individus ayant une taille comprise entre 5,5 cm et 6 cm sont absents ; c'est ce qui justifie les sauts observés au niveau de la distribution de tailles de la **Figure 3A**. Au niveau de la **Figure 3B**, 19 crevettes ont une taille comprise entre 4,2 cm et 8,2 cm avec une moyenne de $5,51 \pm 0,99$ cm pour toute la durée de l'expérimentation. La distribution est uni-modale et la taille modale est de 4,8 cm. Les sauts observés au sein de la distribution de tailles traduisent l'absence au sein de l'échantillon des individus dont la taille est comprise entre 5 cm et 5,4 cm ; 6,6 cm et 7 cm et enfin entre 7,4 cm et 7,8 cm. Sur un échantillon de 11 individus, la distribution de tailles obtenue pour les crevettes nourries à base de la ration R3 est présentée à la **Figure 3C**.

D'après cette **Figure**, la taille des crevettes est comprise entre 4,40 cm et 6,70 cm avec une moyenne de $5,80 \pm 0,73$ cm. L'histogramme de fréquence est uni-modal avec le mode correspondant à 5,89 cm. Les individus dont les tailles sont comprises entre 4,63 cm et 5,09 cm d'une part ; 5,32 cm et 5,78 cm d'autre part sont absents dans la population. La **Figure 3D** montre la distribution de tailles de 19 individus de crevettes juvéniles élevées à base de la ration R4 (Ration au tourteau de coprah). Les tailles des crevettes varient entre 4,5 cm et 6,6 cm avec une moyenne de $5,26 \pm 0,62$ cm et une taille modale correspondant à 5,02 cm. Cette distribution de tailles signale également l'absence des individus dont les tailles se trouvent entre 5,55 cm et 5,76 cm.

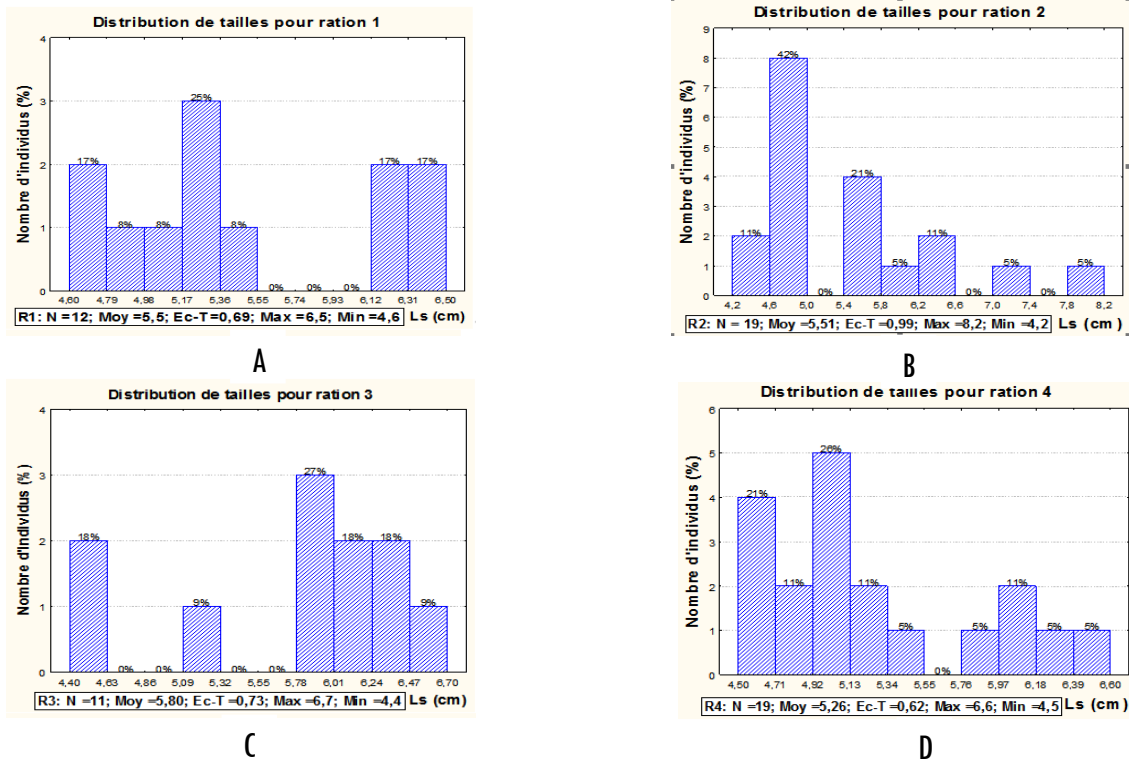


Figure 3 : Histogramme de fréquences de tailles des crevettes nourries avec la ration R1 (A), R2 (B), R3 (C), R4 (D)

Une Analyse de Variance (**Tableau 5**) appliquée aux différentes modalités de tailles des crevettes observées au niveau des quatre rations alimentaires indique qu'il n'y a pas de différence significative (ANOVA, $p > 0,05$) entre les tailles moyennes des crevettes élevées avec les différentes rations considérées (R1, R2, R3 et R4). En termes de taille, la ration R4 présente le plus faible coefficient de variation et par conséquent est relativement plus homogène.

Tableau 5 : Taille moyenne des lots de crevettes en fin d'essai correspondant aux quatre rations

Rations	Tailles (unité)			
	Moy	Max	Min	CV
R1	$5,50 \pm 0,69$ a	6,5	4,6	0,12
R2	$5,51 \pm 0,99$ a	8,2	4,2	0,17
R3	$5,80 \pm 0,73$ a	6,7	4,4	0,12
R4	$5,26 \pm 0,62$ a	6,6	4,5	0,11
significativité	NS			

Les moyennes portant la lettre ne diffèrent pas significativement ; NS = non significatif ; Moy = moyenne ; Min = minimum ; Max = maximum ; CV = Coefficient de Variation

3-4. Relations poids-longueur

La courbe de régression du poids total (Pt) en fonction de la longueur standard (Ls) des crevettes correspondant à la ration R1 est illustrée sur la **Figure 7A** suivant l'équation : $Pt = 0,084 Ls^{2,674}$ ($r = 0,95$, $p < 0,001$). Le coefficient d'allométrie b est égal à 2,674 et l'intervalle de confiance (IC) à 95% est de [2,07 et 3,27]. Cette valeur du coefficient b est sensiblement égale à 3 (T student $p < 0,05$); il en résulte une croissance isométrique signifiant que les crevettes nourries avec la ration R1 croissent aussi bien en poids qu'en longueur. La **Figure 7B** montre la régression entre le poids total (Pt) et la longueur standard (Ls) pour un échantillon de 19 crevettes nourries avec la ration R2. Cette relation est traduite par l'équation suivante : $Pt = 0,127 Ls^{2,432}$ ($r = 0,95$, $p < 0,001$). Le coefficient d'allométrie $b = 2,432$ dont l'intervalle de confiance à 95 % est de [2,01 - 2,85], présente une valeur strictement inférieure à 3 (T student $p < 0,05$), ceci permet de conclure qu'il s'agit d'une croissance allométrique négative, c'est à dire que les crevettes nourries avec la ration R2 croissent plus en longueur qu'en poids. A partir de la **Figure 7C**, la courbe de régression entre le poids total (Pt) et la longueur standard (Ls) des crevettes nourries avec la ration R3, est présentée suivant l'équation : $Pt = 0,82 Ls^{2,671}$ ($r = 0,98$, $p < 0,001$). Cette valeur de b est comprise entre [2,23 - 3,10] à 95 % et est sensiblement égale à 3 (T student $p < 0,05$). Il en résulte une croissance de type isométrique indiquant que les crevettes nourries avec la ration R3 croissent aussi bien en longueur qu'en poids. La régression entre le poids total (Pt) et la longueur standard (Ls) des crevettes de la ration R4 (**Figure 7D**) est traduite par l'équation $Pt = 0,08 Ls^{2,694}$ ($r = 0,96$, $p < 0,001$). Le coefficient d'allométrie $b = 2,694$ est compris entre l'intervalle de confiance [2,28-3,10] à 95%. Cette valeur de b est sensiblement égale à 3 (T student $p < 0,05$) et permet de dire que la croissance est isométrique ; c'est à dire que les crevettes nourries avec la ration R4 croissent aussi bien en longueur qu'en poids.

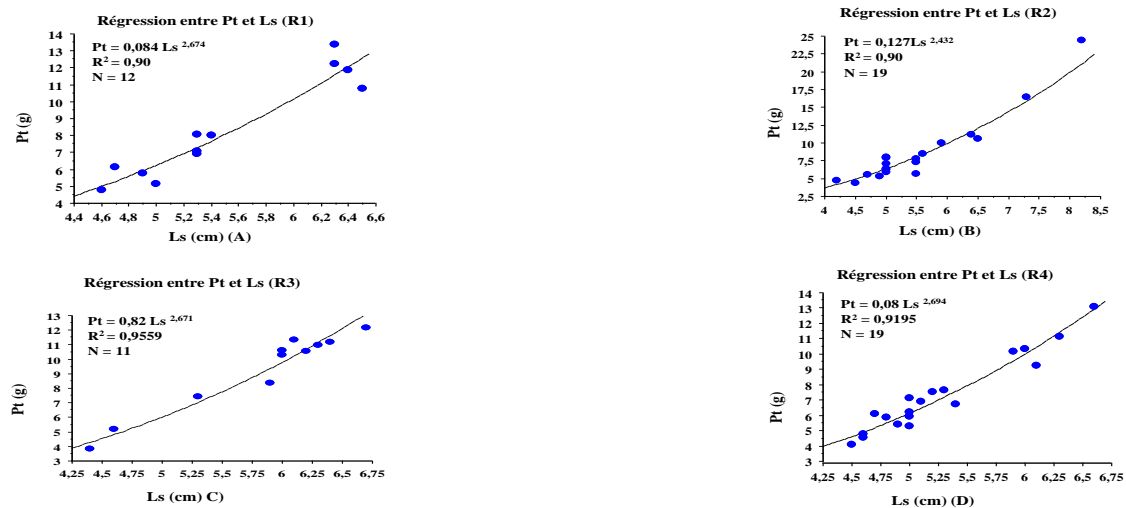


Figure 4 : Relations poids – longueur des juvéniles de crevettes nourries avec les rations R1 (A), R2 (B), R3 (C), R4 (D)

Le **Tableau 6** fait la synthèse des différents coefficients et constantes liés aux diverses expressions mathématiques de croissance. Il s'agit des coefficients d'allométrie a et b , du coefficient de détermination R^2 , de l'intervalle de confiance (IC) et du facteur de condition K . Le facteur de condition est relativement élevé pour la ration R2 ($K = 12,82 \pm 1,71$ %) alors que ceux des rations R1, R3 et R4 sont respectivement $8,53 \pm 0,9$ %, $8,20 \pm 0,63$ % et $8,09 \pm 0,73$ %. Au niveau de la ration R2, il diffère hautement et significativement de celui des autres rations (R1, R3, R4 ; $p < 0,0001$).

Tableau 6 : Synthèse des constantes de régression et des modèles de croissance

Rations	a	b	IC (95%)	R ²	r	K (moyen) (%)	Type de croissance
R1	0,08	2,67	[2,07 - 3,27]	0,9061	0,95	8,53 ± 0,9 a	Isométrique
R2	0,12	2,43	[2,01 - 2,85]	0,8976	0,94	12,82 ± 1,71 b	Allométrique négative
R3	0,82	2,67	[2,23 - 3,10]	0,9559	0,97	8,20 ± 0,63 a	Isométrique
R4	0,08	2,69	[2,28 - 3,10]	0,9195	0,95	8,09 ± 0,73 a	Isométrique

Significativité *

*Sur une colonne, les moyennes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement alors que celles portant des lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5 % ; *p < 0,05*

3-5. Performances zootechniques des rations alimentaires

Le **Tableau 7** présente les paramètres zootechniques correspondant aux quatre rations alimentaires R1, R2, R3 et R4. Le gain moyen quotidien le plus élevé est obtenu avec la ration R3 (GMQ = 0,03 g/j) et le plus faible avec la ration R4 (GMQ = 0,01 g/j). Il en est de même pour le taux de production nette et le rendement qui sont de 41,31 % et 0,98 g/m² pour R3 d'une part et de 23,44 % ; 0,42 g/m² pour R4 d'autre part. Le taux de survie le plus élevé est obtenu avec les rations R2 et R4 (TS = 23,75 %) et le plus faible avec la ration R3 (TS = 13,75 %). Le taux de conversion alimentaire et le taux d'efficacité protéiniques les plus élevés sont obtenus avec la ration R4 (TCA = 0,84 ; TEP = 0,24) et les plus faibles taux sont obtenus avec la ration R3 (TCA = 0,34 ; TEP = 0,10). Quant au taux de croissance spécifique, la forte valeur est obtenue avec les rations R3 et R2 (TCS = 0,19 %) et la faible valeur avec la ration R1 (TCS = 0,14 %). La ration R2 présente un gain de poids proche de la ration R3 et un taux de survie proche de la ration R4. En plus son taux d'efficacité protéinique (0,17) est intermédiaire à ceux de R3 et R4 et son taux de conversion alimentaire (0,44) est sensiblement égal à celui de la ration R3 mais largement inférieur à celui de la ration R4. Le rendement de cette ration (0,86 g/m²) est très proche de celui de la ration R3 qui est le plus élevé.

Tableau 7 : Paramètres zootechniques des crevettes

Paramètres zootechniques	Rations			
	R1	R2	R3	R4
GMQ (g/j)	0,02	0,02	0,03	0,01
TS (%)	15	23,75	13,75	23,75
GP (g)	2,72	3,44	3,95	1,7
TPN (%)	33,41	41,29	41,31	23,44
TCA ou QN	0,43	0,44	0,34	0,84
TCS (%/j)	0,14	0,19	0,19	0,09
TEP	0,18	0,17	0,10	0,24
Rend (g/m ²)	0,68	0,86	0,98	0,42

4. Discussion

Les valeurs des paramètres physiques et chimiques de l'eau enregistrées au cours de l'essai sont sensiblement égales aux valeurs recommandées pour une bonne croissance des crevettes d'eau douce [8, 14, 23 - 26]. Les histogrammes de fréquences de tailles des crevettes révèlent que les structures de tailles des crevettes élevées à base des rations R1 et R3 suivent l'allure d'une courbe de Gauss, alors qu'elles ne le sont pas pour les rations R2 et R4. Cette distribution de tailles des crevettes correspondant aux rations R2 et R4 est due à une hétérogénéité de tailles au niveau de l'échantillon qui est caractérisé par la dominance des plus grandes crevettes ou par une prédominance de crevettes mâles dans les échantillons concernés. C'est une distribution pareille que [14] a observé sur *M. rosenbergii* où les tailles sont hétérogènes dans un élevage mono-sexe mâle et généralement homogène chez les femelles. Au niveau des quatre distributions, les tailles absentes au niveau des histogrammes de fréquence sont dues à la mort des individus de ces classes de taille au cours de l'essai ou à leur absence dans les échantillons de départ (un échantillon hétérogène). Ce cas d'hétérogénéité a été déjà notifié au cours d'un essai d'élevage des juvéniles de la même espèce en bacs sous hangar [27]. La taille moyenne par ration est respectivement $5,50 \pm 0,69$ cm ; $5,51 \pm 0,99$ cm ; $5,80 \pm 0,73$ cm ; $5,26 \pm 0,62$ cm. La plus forte moyenne de taille obtenue avec la ration R3 serait due au taux de protéine de 30,1 % de l'aliment, sensiblement égal à 30 % et la plus faible est obtenue avec la ration R4 renfermant 29,4 % de protéine.

Cette observation a été pareille pour la croissance pondérale des crevettes dont le poids moyen au terme de l'expérimentation en fonction des rations est respectivement de $8,35 \pm 2,95$ g ; $8,59 \pm 4,75$ g ; $9,27 \pm 2,72$ g ; $7,26 \pm 2,20$ g. Ces résultats correspondent à ceux de [28] qui a obtenu la meilleure croissance en taille et en poids chez les juvéniles de *M. rosenbergii* avec un taux de protéine de 30% dans la ration servie. Ce taux correspond également à celui recommandé par l'institution française [29] pour les juvéniles de *M. rosenbergii*. Selon [14], un aliment destiné au grossissement des crevettes doit présenter une teneur en protéine comprise entre 25-30 % pour une bonne rentabilité en biomasse de crevette. Par contre, [30] et [31], à l'issue de leurs différents travaux sur *M. rosenbergii*, ont obtenu des résultats quasi différents stipulant que le meilleur taux de protéine pour la croissance est de l'ordre de 35 % dans la ration ; [32], ont montré également qu'un niveau de protéine supérieur à 30 % est idéal pour une meilleure croissance et une meilleure efficacité protéinique pour l'espèce *M. rosenbergii*; ce qui n'est pas le cas dans la présente étude. Le faible gain en taille et en poids obtenu avec la ration R4 malgré son taux de protéine de 29,4 % serait dû à une faible digestibilité de l'aliment au tourteau de Coprah (50 % de fibres selon [33]) qui est le substituant caractéristique de cette ration.

Il serait aussi dû au taux de méthionine relativement faible par rapport à la quantité de protéine contenue dans le tourteau de coprah 1,56 % de méthionine [34] contrairement à celui du maïs qui est de 2,1 % par rapport à sa quantité de protéine [35]; cela se justifie puisque la méthionine est indispensable à la croissance des crevettes surtout les *Macrobrachium* sp [36]. L'absence de croissance pondérale observée au cours du premier mois d'essai serait due au stress de manipulation au démarrage de l'essai et au temps d'adaptation des crevettes à leur nouveau milieu et à leur nouveau type d'aliment. Ce résultat est similaire à celui obtenu par [37, 38], sur les post-larves de *M. rosenbergii* élevées dans un système rotationnel. Dans un système rotationnel [24], les crevettes sont déplacées périodiquement d'un milieu à un autre lorsque l'eau du milieu d'élevage est chargée de déchets (fèces, restes d'aliment). Dans ces conditions, les crevettes sont soumises à des stress de manipulation. Dans un système intégré [39], les déchets en suspension dans l'eau d'élevage sont systématiquement filtrés sans grandes perturbations au niveau des crevettes. [37], dans un système rotationnel, avaient observé que quels que soient la densité de charge, le sexe et l'aliment utilisé, la croissance des post-larves était presque nulle pour les 30 premiers jours de l'expérimentation.

Par contre, ce même auteur a obtenu des résultats contraires pour les post-larves de la même espèce élevée dans le système intégré où le gain en poids est remarqué déjà au premier mois. L'étude des caractéristiques de croissance par la régression entre le poids et la longueur montre que, pour les lots de crevettes correspondant aux rations R1, R3 et R4, la croissance est isométrique alors qu'elle est allométrique négative pour la ration R2. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus en milieu naturel par certains chercheurs ([40, 41] dans la vallée de l'ouémé ; [6] dans la vallée du Mono ; [42] au Nigéria), qui avaient observé une croissance allométrique positive dans un échantillon non stratifié par sexe de l'espèce *M. vollehovenii*. Selon [8], dans un échantillon stratifié par sexe sur le même site (vallée de l'Ouémé), la croissance est allométrique négative pour les femelles tandis que les mâles présentent une croissance isométrique. Aussi [26] ont-ils fait la même observation sur les espèces de *M. vollehovenii* et *M. macrobrachion* dans la lagune Lekki au Nigéria. Le mode de croissance observé au niveau du lot de crevettes correspondant à la ration R2 (croissance allométrique négative) peut s'expliquer par la dominance des individus de sexe femelle. Les lots de crevettes correspondant aux rations R1, R3 et R4 restent dominés par des mâles. Le facteur de condition relativement meilleur ($12,82 \pm 1,71$ %) correspondant à la ration R2 est bien corrélé avec les bonnes performances de croissance du lot de crevettes nourries avec cette ration.

Les conditions écologiques de croissance des crevettes nourries avec la ration R2 sont relativement meilleures par rapport à celles des crevettes nourries avec les rations R1, R3 et R4 dont les facteurs de condition sont respectivement $8,53 \pm 0,9$ %, $8,20 \pm 0,63$ % et $8,09 \pm 0,73$ %. Ce facteur de condition élevé obtenu avec le lot de crevette nourrie avec la ration R2 est dû à une bonne appétence de cette ration, et par conséquent moins de rejet de fèces et moins d'aliment résiduel qui peuvent, en se décomposant, polluer le milieu d'élevage. L'analyse des paramètres zootechniques a montré que la ration R3 (30,1 % de protéine) présente le gain de poids le plus élevé (GP = 3,95 g), taux de croissance spécifique (TCS = 0,19 %/j) et rendement (Rend = 0,98 g/m²). Ces observations sont similaires à ceux de [31] sur l'espèce *M. rosenbergii* qui avait obtenu le meilleur gain en poids avec une ration à 30 % de protéine. D'après les travaux de Habashy [43], le taux de protéine permettant un meilleur gain en poids et un meilleur taux de survie pour *M. rosenbergii* est situé 25 - 35 % pour une densité de 10 individus/m². Ce qui confirme le meilleur gain en poids obtenu avec la ration R3 dans notre étude. Par contre, le plus faible taux de survie (TS = 13,75 %) obtenu avec cette même ration diffère des résultats obtenus par le même auteur. La faible performance zootechnique est observée avec la ration R4 (29,4 % de protéine) où le gain en poids, le taux de croissance spécifique et le rendement sont respectivement de 1,7 g; 0,09 %/j; 0,42 g/m².

Cette faible performance enregistrée avec la ration R4 malgré son taux de protéine acceptable selon les observations de [14] sur *M. rosenbergii*, pourrait être due à la faible digestibilité de cette ration dont le taux en fibre avoisine 50 % et n'est pas favorable en aquaculture [33]. Le taux de survie relativement élevé obtenu avec les rations R2 et R4 (TS = 23,75 %) est dû d'une part à la prédominance des femelles au niveau de l'échantillon de crevettes correspondant à R2 et d'autre part à l'homogénéité très peu prononcée observée au niveau de l'échantillon de crevettes correspondant à la ration R4 [14]. Les faibles taux de conversion alimentaire et d'efficacité protéinique sont obtenus par les rations R2 (40 % de protéine) et R3 (30,1 % de protéine). Ces résultats sont similaires à ceux de [31, 32] qui ont obtenu les plus faibles taux d'efficacité protéinique et de conversion alimentaire avec une ration à 30 % de protéine sur *M. rosenbergii*. [30] en a eu avec les taux de protéine de 32 % et de 35 %. La déduction directe de tout ce qui précède est que les meilleures rations en termes de performances sont les rations R3 et R2. Le fort taux de mortalité observé au niveau de toutes les rations n'est systématiquement pas inféodé à l'alimentation. Les mortalités sont dues essentiellement aux stress de mue, à la manipulation lors des pêches de contrôle, au cannibalisme. Ces observations correspondent aux résultats obtenus par [27]. Le taux élevé de mortalité pourrait également être lié à l'absence de substrat (cailloux et sable) et de refuges (tuyaux PVC en pipe) au fonds des bassins de

l'essai, leur permettant d'être à l'abri du caractère cannibale de leur congénère surtout au cours de la mue. Cette observation a été faite par [44], sur l'espèce *Macrobrachium nobilii* où pour une densité de 22 juvéniles/m², et en présence de substrat et de refuge dans les aquariums, le taux de mortalité a été de 0 % au bout de 60 jours d'expérimentation pour ceux qui ont un poids moyen initial de 337 ± 47 mg et de 9 % pour ceux dont le poids initial est 732 ± 90 mg. En outre, les mortalités pourraient aussi être dues à la taille de mise en charge où la dominance s'exprimait déjà. C'est ce qui explique le meilleur taux de survie enregistré sur les post-larves et les juvéniles de premier rangs; étant donné qu'ils ne sont pas encore en mesure d'exprimer une quelconque dominance et de pratiquer le cannibalisme. C'est ce que traduisent les résultats de [45], qui avaient obtenu sur les post-larves de *M. rosenbergii*, un taux de survie avoisinant 95 % au bout de 90 jours d'essai d'alimentation en substituant la farine de poisson par *Chorella vulgaris*. Tous ces aspects réunis expliquent le taux élevé de mortalité observé au cours de la présente expérimentation.

5. Conclusion

A l'issue de cette étude consacrée à la survie et la croissance des juvéniles de crevettes *Macrobrachium vollenhovenii* nourries en captivité avec quatre rations alimentaires locales, nous retenons que les résultats obtenus vont constituer une base de données scientifiques pour de nouvelles investigations. Ceci va permettre de maîtriser tous les contours de l'élevage de cette espèce de crevette au Bénin. En effet, nous avons obtenu dans les conditions de notre expérimentation que les paramètres physico-chimiques n'ont constitué guère un frein pour l'expression des performances de croissance des crevettes. C'est la ration R3 (au son de maïs avec 30,1 % de protéine) qui a permis d'obtenir le meilleur gain en poids suivi de la ration R2 (à la farine de maïs avec 40 % de protéine). La ration R4 (au tourteau de coprah avec 29,4 % de protéine) a été moins performante en termes de sa capacité à induire la croissance et de ses qualités zootechniques. A la suite de cette étude, d'autres aspects seront testés et maîtrisés en vue de la réussite totale de la domestication de la crevette d'eau douce *M. vollenhovenii* au Bénin.

Remerciements

Les auteurs remercient les Responsables du Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) du Programme Cadre d'Appui à la Diversification Agricole (ProCAD) au Bénin pour avoir financé ces travaux. Le premier auteur de cette publication réalise ses recherches doctorales dans ce cadre.

Références

- [1] - L. R. WELCOMME, Evaluation de la pêche intérieure, son état actuel et ses possibilités. Rome. FAO AT. 2938, (1971) 95 p.
- [2] - ROCHE INTERNATIONALE, Etude du Projet d'Aménagement des plans d'eau du sud-Bénin. Vol II- Le diagnostic approfondi. Tome I : Le cadre et le contexte de l'étude, (2000) 315 p + Annexes.
- [3] - P. LALEYE, A. CHIKOU, J. C. PHILIPPART, G. TEUGELS, et P. VANDEWALLE, Etude de la diversité ichthyologique du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cybum*, 28(04) (2004) 329 - 339.
- [4] - M. C. S. VILLANUEVA, Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'Ouest. Adaptations aux pressions environnementales. Thèse de doctorat. INPT/ENAST/Toulouse, (2004) p 246.

- [5] - A. CHIKOU, Etude de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poissons-chats (Teleostei, Siluriformes) dans le delta de l'Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat du 3^{ème} cycle. FSA/ UNB, (2006) 459 p.
- [6] - H. AGADJIHOUEDE, A. CHIKOU, et P. LALEYE, Diversité et abondance des crevettes d'eau douce dans la lagune de Grand-Popo (Bas Mono) au sud du Bénin. Actes du 2^{ème} Colloque de l'UAC des Sciences, Cultures et Technologies, Sciences agronomiques, (2009) p 462 - 469.
- [7] - OMC/FAO/UEMOA, Problématique sur la filière crevette et produits de pêche au Bénin, appui aux systèmes d'informations sur les mesures sanitaires et phytosanitaires au Bénin, (2007) 336p.
- [8] - L. GANGBE, Contribution à la valorisation de la crevette géante d'eau douce *Macrobrachium vollehovenii* dans le delta de l'Ouémé : Biologie, exploitation et essais d'acclimatation, Mémoire de DEA en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, (2011) p 93.
- [9] - V. PFEIFFER, T. M. AFFOMASSE et C. A. MAMA, Une analyse socio-économique de la pêche lagunaire au Bénin. Rapport d'étude, (1988) 99 p.
- [10] - N. SOKPON et V. ADJAKIDJE, Caractérisation de flore et de la végétation des complexes Est et Ouest des zones humides du Sud-Bénin. Rapport de Consultation PAZH - Bénin, (2001) p 33.
- [11] - P. LALEYE, D. AKELE et J. C. PHILIPPART, La pêche traditionnelle dans les plaines inondables du fleuve Ouémé au Bénin .Cahiers d'éthologie, 22(2) (2005) 25 - 38.
- [12] - FAO/OMS, Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of fish Consumption, Rome, 25-29 January 2010. FAO — Rapport sur les pêches et l'aquaculture n° 978. Rome, FAO, (2011) p 50.
- [13] - S. D. BOLBOACA, L. JANTSCHI, A. F. SESTRAS, R. E. SESTRAS and D. C. PAMFIL, Pearson-Fisher Chi-Square Statistic Revisited, 2 (2011) 528 - 545.
- [14] - J.M. GRIESSINGER, D. Lacroix et P. GONDOUIN, Elevage de la crevette tropicale d'eau douce. ISBN 2-905434-31-7, (1991) p 394.
- [15] - S. NANDLAL and T. PICKERING, Freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming in Pacific Island countries. Hatchery Opearation, 1 (2005) p 40.
- [16] - H. AGADJIHOUEDE, E. MONTCHOWUI, A. CHIKOU et P. LALEYE, Libération comparée de sels dans l'eau par la minéralisation de l'azolla, la bouse de vache, la fiente de volaille et les sons de riz et de maïs utilisés en pisciculture. Int. J. Biol. Chem. Sci., 4(2) (2011) 1883-1897.
- [17] - HACH, Packaging guide. DREL/2010 Advanced Water Quality Laboratory, (1991) 205 p.
- [18] - A. E. GREENBERG, L. S. CLESCERI, A. D. EATON and M. A. H. FRANSON, "Standard methods for the examination of water and wastewater". 18th Edition. Am. Publ. Health Assoc., 4 (1992) 108 - 113.
- [19] - E. D. le CREN, The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and coordination in the perch, *Perca fluviatilis*. J. Anim. Ecol, 20(1951) 201 - 219.
- [20] - J. C. MICHA, Etude des populations piscicoles de Oubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces de l'étang de pisciculture. Ed. CTFT. Paris, (1973) 110 p.
- [21] - W. E. RICKER, Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bull. Office des recherches sur les pêcheries du Canada 191F. Ottawa, (1980) 409 p.
- [22] - W. TESCH, Age and growth. In: Methods for assessment of fish production in fresh water. 2nd ed. (Ricker W. E. ed). International biological Program. Oxford and Edinburgh, (1971) Pp 97 - 130.
- [23] - M. B. New, Farming freshwater prawns: a manuel for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FOA Fisheries Technical Paper No. 428. FAO, Rome, Italy, (2003) 11 - 27.
- [24] - D. T. NHAN, M. WILLE, L. T. Hung and P. SORGELOOS, Effects of larval stocking density and feeding regime on larval rearing of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Aquaculture, 300 (2010) 80 - 86.
- [25] - C. M. MARCELA, Effect of temperature on the survival and growth of freshwater prawns *Macrobrachium borellii* and *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Palaemonidae). 101(3) (2011) 233 - 238.
- [26] - O. A. LAWAL-ARE and A. T. OWOLABI, Comparative Biology of the Prawns *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots) and *Macrobrachium vollehovenii* (Herklots) From Two Interconnecting Fresh/Brackish Water Lagoons in South-West Nigeria. J. Marine Sci. Res. Dev, 2 (2) (2012) 1 - 8.

- [27] - G. HOUNKPONOU, Etude préliminaire de l'effet de la densité de charge et de l'alimentation sur la survie et la croissance des juvéniles de *Macrobrachium vollenhovenii*, Mémoire de Master en Gestion des Ressources Naturelles et Biodiversité FSA/UAC, (2014) 60 p.
- [28] - L. JOCELYN and ANTIPORDA, Optimum Dieteray Protein Requirement for *Macrobrachium rosenbergii* juveniles. FAO/NACA/WP/86/45, (1986) 98 p.
- [29] - IFREMER, Fiches Descriptives d'Elevage des Principales Espèces Marines d'Intérêt Aquacole en France, (1991) 67 - 78.
- [30] - B. C. POSADAS, Effects of two Pelletized formulations on Experimental Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* Pond Production, Processing, and Costs. Journal of Applied aquaculture, 16(3-4) (2008) 155 - 165.
- [31] - Y. S. AL-HAFEDH, Effects of Protein Level on Growth Feed Conversion and Protein Efficiency Ratio of Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in Outdoor Concrete Tanks. Journal of Applied Aquaculture, 19(1) (2008) 51 - 60.
- [32] - P. K. MUKHADHYAY, P. V. RANGACHARYLU, M. GOPA, and B. B. JANA, Applied Nutrition in freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* culture. Journal of Applied aquaculture, 13(3-4) (2008) 317-340.
- [33] - J. GUILLAUME, S. KAUSHIK, P. BERGOT et R. METAILLER, Nutrition et Alimentation des poissons et crustacés, éd. INRA-IFREMER, (1999) 354 - 355.
- [34] - S. ROUSSOS, L. HANNIBAL, A. DURAND, M. DIEZ, G. SAUGEDO, D. MONTET et J. GRAILLE, Enrichissement en protéine du tourteau de coprah: sélection de champignon filamenteux en FMS. Oléagineux, 49(5) (1994) 235 - 247.
- [35] - R. PION, C. BELSUNCE et G. FAUCONNEAU, Composition en Acides Aminés de quelques aliments. Annales de Biologie animale, biochimie, biophysique, 3 (hs1), (1963) 11 - 18.
- [36] - AQUACOP, Premiers essais d'élevage de *Macrobrachium rosenbergii* en Polynésie, Rapport Interne IFREMER, COP, (1994) 10 - 12.
- [37] - L. M. LAN, D. N. LONG and J. C. MICHA, The effects of densities and feed types on the production of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in the rotational rice-prawn system. Aquaculture Research, 37, (2006) 1297 - 1304.
- [38] - L. M. LAN, J. C. MICHA, D. N. LONG and P. T. YEN, Effect of Densities and Cultur Systems on Growth, Survival, Yied, and Economic Return of Freswater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* Farming in the Rice field in the Mekong Delta Vietnam. Journal of Applied Aquaculture, 18, 1, (2008) 43 - 62.
- [39] - W. C. VALENTI and W. H. DANIELS, Recirculation hatchery systems and management. In: M.B. New and W.C. Valenti, (Eds.), Freshwater Prawn Culture. Oxford, England, Blackwell Science, (2000) 69 - 90 pp.
- [40] - M. D. KOUTON, Diversité, écologie et exploitation des crevettes d'eau douces dans la basse vallée de l'Ouémé : Cas de la commune d'Adjohoun au Bénin. Mémoire de Thèse d'Ingénieur Agronome, (2004) 122 p.
- [41] - D. WENON, Ecologie et exploitation des crevettes d'eau douce dans la basse vallée de l'Ouémé : cas d'Agonlin-Lowé dans la commune d'Adjohoun. Mémoire de Thèse d'Ingénieur Agronome, (2005) 100 p.
- [42] - F. M. NWOSU and WOLFI, Studies on the biology, ecology and fishery impact on the *Macrobrachium* species in the cross river Estuary, Nigeria (PHD Thesis.), University of calabar, Nigeria, (2000) 224 p.
- [43] - M. M. HABASHY, Growth and body Composition of juvenile Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, Feed Different Dietary Protein/Starch Ratios. Global Veterinaria, 3(1) (2009) 45 - 49.
- [44] - P. MARIAPPAN, and C. BALASUNDARAN, Effect of Shelters, Densities, and weight groups on survival, Growth and Limb Loss the freshwater Prawn *Macrobrachium nobilii* (henderson and Matthai, 1990). Journal of Applied Aquaculture, 15(3-4) (2008) 51 - 62.
- [45] - S. RADHAKRISHNAN, P. SARAVANA BHAVAN, C. SEENIVASAN and T. MURALISANKAR, Effect of dietary replacement of fishmeal with *Chlorella vulgaris* on growth performance, energy utilization and digestive enzymes in *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. International Journal of Fisheries aquaculture, 7(5) (2015) 62 - 85.