

Effets du calcium alimentaire sur les paramètres de croissance de l'escargot *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), en élevage hors-sol

[Effects of dietary calcium on the growth parameters of the snail *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), under indoor rearing]

KARAMOKO Mamadou¹, SIKA Nygblé Angèle épouse PIBA¹, ADOU Coffi Franck Didier², OTCHOUMOU Atcho¹, and KOUASSI Kouassi Philippe³

¹Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, Université Nangui Abrogoua, BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Département des Sciences et Technologie, Ecole Normale Supérieure – Cocody, Abidjan, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de Zoologie-Biologie Animale, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 01 BP V34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Some young snails of *Limicolaria flammea* species of two weeks old, with an average live weight of $0,07 \pm 0,002$ g and an average length of shell of $7,5 \pm 0,03$ mm were subjected to five (5) diets including two containing green fodder (R₁:constituted by a mixture of leaves of *Lactuca sativa* (Asteraceae) and *Palisota hirsuta* (Commelinaceae) and R₂:composed of leaves of *Carica papaya* (Caricaceae) and *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae) and three modes concentrated in the form of flour (R₃, R₄ and R₅), of variable calcium contents (6,82%, 12,02% and 16,01% respectively) in order to determine the calcium rate suitable for induce better growth performances. The study shows that the growth of the snail *L. flammea* is notably influenced by the calcium contents of the food it consumes. The growth performances obtained by the concentrated diets are much higher than those induced by green fodder. The concentrated food is better consumed, promotes the profits of size and weight and reduces mortality, contrary to a food exclusively based exclusively on vegetables that give not very promising results. The optimal calcium rate inducing a harmonious growth is 16,01%. Moreover, the animals which were fed with this diet had shells that harden in the first weeks of treatment, unlike those nourished with the vegetable diets that maintain shells very fragile during the first two months.

KEYWORDS: breeding, food, growth, mollusc, rate of survival.

RESUME: De jeunes escargots *Limicolaria flammea* âgés de deux semaines, avec un poids vif moyen de $0,07 \pm 0,002$ g et une longueur moyenne de coquille de $7,5 \pm 0,03$ mm ont été soumis à cinq (5) régimes alimentaires dont deux à base de fourrages verts (R₁: constitué par un mélange de feuilles de *Lactuca sativa* (Asteraceae) et de *Palisota hirsuta* (Commelinaceae) et R₂: composé de feuilles de *Carica papaya* (Caricaceae) et de *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae) et trois régimes concentrés sous forme de farine (R₃, R₄ et R₅), de teneurs en calcium variables (6,82%, 12,02% et 16,01% respectivement) en vue de déterminer le taux de calcium susceptible d'induire de meilleures performances de croissance. La croissance de l'escargot *L. flammea* est notablement influencée par les teneurs en calcium des aliments qu'il consomme. Les performances de croissance obtenues par les régimes concentrés sont largement supérieures à celles induites par les fourrages verts. L'aliment concentré est mieux consommé, favorise les gains de taille et de poids et réduisent leur mortalité chez l'escargot, contrairement à une alimentation exclusivement à base végétaux qui donne des résultats peu promoteurs. Le taux optimal de calcium induisant une croissance harmonieuse est de 16,01%. En outre, les animaux qui ont été nourris à ce

régime avaient des coquilles qui durcissent dès les premières semaines de traitement, à la différence de ceux nourris aux régimes végétaux qui conservent des coquilles très fragiles pendant les deux premiers mois.

MOTS-CLEFS: alimentation, élevage, croissance, mollusque, taux de survie.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire fait partie des pays ouest africains les plus touchés par le déficit en protéines animales [1], [2], [3]. Selon le Ministère de la Production Animale et des Ressources Halieutiques (MIPRH), le déficit en viande et abats était de (53,65%) en 2007. Pour faire face à cette situation, le pays importe plus de 50% de ses besoins en viande. En outre, le Gouvernement a initié la mise en place d'élevages semi-intensifs d'animaux à cycle biologique court (lapin, volaille, porc, etc...), le développement de la pisciculture, de l'aulacodiculture et de l'élevage des escargots comestibles africains encore appelé achatiniculture [4].

De nombreux travaux relatifs à l'écologie, l'alimentation, la croissance et la reproduction ont contribué au développement de l'achatiniculture en Afrique [5], [6], [7], [8]. Cette activité est considérée comme une importante source de revenus financiers pour les populations qui la pratiquent.

En Côte d'Ivoire, l'essentiel des travaux de recherche menée depuis des décennies n'ont porté que sur deux espèces d'escargot du genre *Achatina* [*Achatina achatina* (Linné, 1758) et *Achatina fulica* (Bowdich, 1820)] deux autres du genre *Archachatina* [*Archachatina ventricosa* (Gould 1850) et *Archachatina marginata* (Swainson, 1821)]. Cependant, bien que consommée par certaines populations en Côte d'Ivoire et dans la sous-région, l'espèce *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) demeure encore mal connue et aucune étude n'avait concerné cet escargot jusqu'à une époque très récente.

Dans ce travail, il s'agit de déterminer les besoins nutritionnels de ce mollusque afin d'améliorer sa croissance, de réduire les mortalités et de réduire son cycle de développement en associant une forte productivité. Ainsi, nous avons choisi d'étudier les effets du taux de calcium alimentaire sur la croissance en ce sens que ce minéral constitue un élément primordial dans la physiologie, les performances biologiques et sa présence dans la chair de l'escargot serait bénéfique pour le consommateur [9], [10], [11]. Dans le souci de rechercher une meilleure alimentation susceptible d'améliorer le poids marchand de cet animal, nous avons comparé les effets de deux types d'aliment dont l'un exclusivement à base de végétaux et l'autre, sous forme concentrée de farine, sur la croissance de l'escargot *Limicolaria flammea*, en milieu d'élevage.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 CADRE EXPÉRIMENTAL

Cette étude a été réalisée au centre d'achatiniculture de l'Université d'Abobo-Adjamé, [actuelle Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire)]. Ce centre comporte un bâtiment où l'élevage se fait sous abris et une zone d'expérimentation en plein air. La température et l'humidité relative mensuelles moyennes dans le bâtiment d'élevage ont été respectivement de $26,7 \pm 1,4$ °C et de $82,6 \pm 1,4$ %. La photopériode a été 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité.

2.2 ENCEINTES D'ÉLEVAGE

Les escargots ont été élevés dans des bacs en matière plastique de longueur 0,66 m, de largeur 0,6 m et de hauteur 0,2 m soit une surface de base d'environ $0,4 \text{ m}^2$ et un volume de $0,08 \text{ m}^3$. Ces enceintes sont dotées de couvercle de type moustiquaire constituant un dispositif anti-fuite. Leur fond est recouvert de terreau à une hauteur de 4 cm d'épaisseur.

2.3 ANIMAUX

Les animaux utilisés dans ce travail sont des Mollusques, Gastéropodes, Pulmonés. Ils appartiennent à l'ordre des Stylommatophores, à la super famille des Achatinaceae, à la famille des Achatinidae, au genre *Limicolaria* et à l'espèce *Limicolaria flammea* (Müller, 1714).

3 MÉTHODES

300 jeunes *L. flammaea* âgés de deux semaines, avec un poids vif moyen de $0,07 \pm 0,002$ g et une longueur moyenne de coquille de $7,5 \pm 0,03$ mm ont été répartis dans 15 enceintes d'élevage à la densité de 100 escargots / m²; soit 20 individus / bac. Ces escargots sélectionnés pour l'étude sont nés de reproducteurs issus de la ferme achatinique de l'Université. Ils ont été choisis selon des critères essentiellement morphologiques: poids vif et longueur moyenne de coquille sensiblement égaux, coquille bien formée, individus exempts de traumatisme; c'est-à-dire sans blessure, ni cassure de la coquille. Ils ont été élevés dans des bacs en matière plastique, de forme parallélépipédique à base rectangulaire ayant une surface de 2096 cm² pour un volume de 35600 cm³. Ces bacs sont perforés à la base et sur les côtés pour faciliter le drainage de l'eau d'arrosage et la circulation de l'air. Ils sont dotés de couvercles de type moustiquaire constituant un dispositif antifuite. Leur fond est recouvert d'une litière de 4 cm d'épaisseur de sable fin stérilisé par chauffage.

Ces juvéniles ont été soumis à cinq régimes alimentaires dont deux à base de fourrages verts (R₁ et R₂) et trois concentrés sous forme de farine (R₃, R₄ et R₅):

-R₁ est constitué par un mélange de 50% de feuilles de *Lactuca sativa* (Asteraceae) et de 50% de feuilles de *Palisota hirsuta* (Commelinaceae);

-R₂ est constitué par un mélange de 50% de feuilles de *Carica papaya* (Caricaceae) et de 50% de feuilles de *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae).

Ces végétaux ont été choisis à l'issue des expériences d'inventaire et de préférence alimentaires au cours desquelles ces plantes ont été parmi les mieux consommées par les escargots.

Quant à R₃, R₄ et R₅, nous avons fait varier les teneurs en calcium d'un régime à l'autre. Les différents constituants dont les proportions sont présentées dans le Tableau I ont permis de fabriquer ces trois régimes alimentaires à raison d'une teneur théorique en calcium de 6,82% pour R₃, 12,02% pour R₄ et 16,01% pour R₅.

Il s'agit de faire une étude comparée des effets de deux régimes alimentaires à base de végétaux frais (R₁ et R₂) et de trois régimes alimentaires concentrés sous forme de farine (R₃, R₄ et R₅) de teneurs en calcium différentes sur les performances de croissance de l'escargot *L. flammaea*. L'expérience est répétée trois fois pour chaque composition alimentaire.

Chaque type d'aliment est pesé et servi à un groupe de trois bacs d'escargots. L'aliment à base de végétaux frais est servi à raison de 20 g (soit 10 g par plante). Il en est de même pour chaque aliment concentré de farine. Ces aliments sont servis tous les cinq jours. Ils sont pesés au début de chaque expérience et au bout des cinq jours, les refus sont retirés des bacs, également pesés après séchage à l'étuve (80 °C). Pour chaque régime alimentaire, un témoin de 100 g est aussi séché à l'étuve à 80 °C afin d'estimer les ingestions alimentaires en poids sec.

Tous les 15 jours, 40 escargots sont prélevés au hasard dans chaque bac, pesés et la longueur de la coquille mesurée. Les mortalités sont notées.

Du fait de la fragilité des juvéniles, une bonne hygiène est indispensable pour leur survie. Il faut donc entretenir les enceintes d'élevage en les débarrassant des déchets constitués par les restes d'aliment, les crottes et les escargots morts. Ces derniers sont aussitôt remplacés par d'autres escargots de taille, de poids et d'âge similaires pour respecter les densités de départ. Aussi, la litière doit-elle être périodiquement remplacée. Les animaux ont ainsi été suivis jusqu'aux premières pontes. Cette étude a duré 12 mois (de Mai 2007 à Avril 2008).

3.1 EXPRESSION DES RÉSULTATS

Au terme de cette expérience, l'ingestion alimentaire, la croissance pondérale, la croissance coquillière et le taux de mortalité cumulée ont été calculés selon les formules utilisées par [12] et [13]:

$$\text{Ingestion alimentaire (IA): IA (g / j / g de poids vif) = Q / Pm}$$

avec Q: quantité moyenne d'aliment quotidiennement consommé; Pm: poids moyen de l'escargot (g), sachant que: $Q (g / j) = (q_i - q_f) / t$ avec q_i: quantité initiale de végétaux (g); q_f: quantité finale de végétaux (g); t: durée de la consommation en nombre de jour.

$$\text{Croissance pondérale (CP): CP (g / j) = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)}$$

$$\text{Croissance coquillière (CC): CC (mm / j) = (L_2 - L_1) / (T_2 - T_1)}$$

Taux de mortalité cumulée (TMC): $TMC (\%) = Nm \times 100 / Ei$

Avec P_1 (g) = poids moyen initial; P_2 (g) = poids moyen final; T_1 (j) = temps initial; T_2 (j) = temps final; L_1 (mm) = longueur initiale de coquille; L_2 (mm) = longueur finale de coquille; Nm = nombre total d'escargots morts; Ei = effectif initial des escargots.

3.2 ANALYSES STATISTIQUES

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide de logiciels STATISTICA version 6.0, et Microsoft Excel 2003. Les valeurs moyennes des différentes variables de croissance et de reproduction ont été comparées au moyen d'une analyse de variance (ANOVA) à un facteur suivie du test de comparaison multiple de STUDENT-NEWMANN-KEULS au seuil de 5%. Avant l'utilisation de l'ANOVA, la normalité de la distribution des données a été vérifiée avec le test de Shapiro-Wilk. L'homogénéité des variances a été testée à l'aide du test de Brown et Forsythe.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne plus ou moins écart type. Les corrélations entre les différents variables de croissance ont également été calculées.

4 RÉSULTATS

Les escargots soumis aux différents régimes alimentaires avaient initialement un poids vif moyen de $0,07 \pm 0,08$ g, une longueur moyenne de coquille de $7,5 \pm 0,12$ mm et âgés de deux semaines. Après 12 mois d'expérimentation, ils ont acquis un poids vif moyen de $3,25 \pm 0,02$ g; $3,17 \pm 0,02$ g; $4,54 \pm 0,03$ g; $5,27 \pm 0,01$ g et $6,88 \pm 0,04$ g avec un gain de poids vif respectif de $3,18 \pm 0,02$ g; $3,10 \pm 0,02$ g; $4,47 \pm 0,03$ g; $5,20 \pm 0,01$ g; $6,81 \pm 0,04$ g respectivement pour les régimes R_1 , R_2 , R_3 , R_4 et R_5 (Tableau II). Les longueurs de coquille induites par ces régimes sont respectivement de $38 \pm 0,21$ mm; $37,5 \pm 1,32$ mm; $39,7 \pm 0,8$ mm; $41 \pm 0,1$ mm et $42 \pm 0,004$ mm avec un gain respectif de $30,50 \pm 0,21$ mm; $30 \pm 1,32$ mm; $32,20 \pm 0,8$ mm; $33,50 \pm 0,1$ mm et $34,50 \pm 0,95$ mm.

Les gains de poids vif et de longueurs de coquille sont meilleurs avec les régimes concentrés: dans l'ordre, R_5 ($6,81$ g; $34,50$ mm), R_4 ($5,20$ g; $33,50$ mm), R_3 ($4,47$ g; $32,20$ mm), R_2 ($3,10$ g; 30 mm) et R_1 ($3,18$ g; $30,50$ mm). Les croissances pondérales journalières moyennes sont de $0,006 \pm 0,001$ g / j; $0,007 \pm 0,002$ g / j; $0,01 \pm 0,002$ g / j; $0,012 \pm 0,003$ g / j et $0,02 \pm 0,003$ g / j respectivement pour les régimes R_1 , R_2 , R_3 , R_4 et R_5 , tandis que les croissances coquillières journalières moyennes sont de $0,01 \pm 0,002$ mm / j; $0,01 \pm 0,001$ mm / j; $0,01 \pm 0,003$ mm / j; $0,08 \pm 0,004$ mm / j et $0,02 \pm 0,004$ mm / j pour les mêmes régimes

L'ingestion alimentaire est de l'ordre de $0,08 \pm 0,03$ g / j / g de poids vif (R_1); $0,05 \pm 0,02$ g / j / g de poids vif (R_2); $0,11 \pm 0,01$ g / j / g de poids vif (R_3); $0,12 \pm 0,04$ g / j / g de poids vif (R_4) et $0,13 \pm 0,03$ g / j / g de poids vif (R_5). Les taux de mortalité cumulée varient selon les régimes alimentaires: $57 \pm 1,32\%$ (R_1); $60 \pm 1,02\%$ (R_2); $22 \pm 1,06\%$ (R_3); $16 \pm 1,01\%$ (R_4) et $12 \pm 0,32\%$ (R_5). La mortalité est plus élevée chez les animaux nourris avec les régimes à base de végétaux que chez ceux soumis à un régime d'aliments concentrés.

L'évolution du poids vif (Figure 1) et de la longueur de coquille (Figure 2) en fonction du temps, pour les différents régimes alimentaires, présentent dans l'ensemble, une allure croissante. L'on remarque un gain de poids entre 15 et 60 jours qui devient faible au-delà de cette période. Les courbes des régimes R_1 et R_2 sont distinctes de celles des régimes R_3 , R_4 et R_5 et présentent des valeurs de croissance relativement inférieures. La croissance induite par les aliments concentrés est nettement supérieure à celle induite par les aliments à base de fourrages verts.

Les escargots nourris au régime R_5 présentent les meilleures performances de croissances pondérale et coquillière, tandis que les plus faibles valeurs de croissance pondérale sont fournies par le régime R_2 et les plus faibles valeurs de croissance coquillière, par le régime R_1 .

Par ailleurs, le phénomène de ponte influence l'allure des courbes pour tous les régimes alimentaires (Figures 1 et 2). Cela se traduit par un ralentissement de la croissance pondérale et de la croissance coquillière durant les semaines qui suivent immédiatement la première ponte. Les escargots croissent jusqu'à la première ponte où la décharge des œufs diminue les vitesses de croissances pondérale et coquillière. Après cette période, l'on remarque un gain de poids et de taille jusqu'à une autre ponte où le phénomène se reproduit.

La comparaison des poids vifs moyens par l'analyse de variance, suivi du test de Student-Newmann-Keuls montre qu'il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre les régimes végétaux (R_1 , R_2) et l'ensemble des régimes concentrés (R_3 , R_4 et R_5). Il

en est de même pour les longueurs moyennes de coquille. Pour les croissances coquillières, l'on note une différence significative ($P < 0,05$) entre les régimes R_1 , R_2 , R_3 et les régimes R_4 et R_5 . Quant à l'ingestion alimentaire, il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre les régimes R_1 et R_2 , mais pas de différence significative ($P > 0,05$) entre les trois régimes concentrés de farine.

La mortalité des animaux nourris aux régimes de fourrage vert R_1 et R_2 est statistiquement différente de celle des escargots soumis aux régimes concentrés de farine R_3 , R_4 et R_5 ($P < 0,05$). Il y a une nette démarcation entre les valeurs de ces différents paramètres obtenues avec les régimes concentrés de farine et celles obtenues avec les aliments à base de végétaux. Les meilleures performances de croissance sont obtenues avec les régimes concentrés, particulièrement avec R_5 et R_4 .

Le Tableau III indique que les croissances pondérale et coquillière ($r = 0,96$) ainsi que le poids vif et la longueur de coquille ($r = 0,90$) sont fortement corrélés. L'ingestion alimentaire est fortement corrélée avec le poids vif ($r = 0,87$) et la longueur de coquille ($r = 0,82$).

4.1 VALEUR NUTRITIONNELLE DES REGIMES ALIMENTAIRES

Le Tableau IV présente les caractéristiques biochimiques des différents régimes alimentaires. On constate une différence entre les nutriments constitutifs des formules théoriques calculées lors de la fabrication des aliments et ceux réellement dosés des régimes concentrés. Les teneurs théoriques en calcium des régimes R_3 , R_4 et R_5 sont 6,82%, 12,02% et 16,01%; alors que celles obtenues après dosage sont 5,52%; 11,77% et 15,80% respectivement. Les différences de teneurs observées entre valeurs théoriques et valeurs après dosage s'expliquent par le fait que les valeurs théoriques sont calculées sur la base des teneurs moyennes de chaque nutriment existant dans les tables alimentaires. Il faut noter que les régimes à base de végétaux frais (R_1 et R_2) sont riches en eau, contrairement aux régimes concentrés de farine (R_3 , R_4 et R_5). Par contre, les régimes concentrés ont une forte teneur en matière minérale (R_5 : 45%; R_4 : 36,36%; R_3 : 21,21%). On remarque une proportion élevée de calcium au niveau des régimes concentrés (15,08%; 11,77% et 5,52% respectivement pour R_5 , R_4 et R_3); ce qui n'est pas le cas pour les régimes de fourrage vert 1,22% (R_2) et 0,28% (R_1).

Concernant la matière organique, les régimes R_3 , R_4 et R_5 contiennent plus de 19% de protéines, plus de 2% de sucres totaux et plus de 2,30% de lipides contrairement aux régimes de végétaux où ces teneurs sont respectivement inférieures à 7% (protéines), à 2% (sucres totaux), à 2,30% (matières grasses). Au plan énergétique, les régimes R_3 , R_4 et R_5 fournissent plus de 2,30 cal / g alors que les régimes R_1 et R_2 fournissent moins de 2 cal / g.

5 DISCUSSION

Bien que certains fourrages verts aient été les mieux consommés, il faut noter que les performances de croissance induites par ces plantes demeurent relativement faibles. Ainsi, les croissances pondérale et coquillière induites par les régimes à base de fourrages verts (R_1 et R_2) sont largement inférieures à celles induites par les régimes concentrés de farine (R_3 , R_4 et R_5). Des observations similaires ont été faites par [1], [14] et [15], chez les escargots géants *A. achatina*, *A. fulica*, *A. marginata* et *A. ventricosa*. Ces résultats semblent liés à la relative pauvreté des régimes végétaux en nutriments (matière organique et matière minérale, en l'occurrence le calcium) indispensables à une croissance harmonieuse des escargots, contrairement aux régimes concentrés qui sont riches en ces éléments. Les aliments composés apportent aussi bien les protéines, les minéraux, les vitamines que l'énergie dont les animaux ont besoin. Leur apport calcique est relativement important. Ces aliments sont mieux consommés par les escargots. Ils améliorent la croissance et réduisent la mortalité.

Pour croître, l'escargot a besoin d'une énorme quantité de sels minéraux, ce qui fait dire à [16] que sa croissance dépend de sa nourriture. Le fait que ce mollusque ait besoin de calcium pour la confection et la croissance de sa coquille n'est plus à démontrer, mais ce qui reste à être élucidé est la quantité et la rythmicité de ce besoin en fonction de l'âge de l'individu. De nombreux travaux ont abordé l'importance du calcium dans la croissance et la reproduction de l'escargot. Ainsi, [17] et [18] ont-ils démontré que l'escargot *Helix aspersa* est capable de capter le calcium lithique par la partie du pied en contact avec le sol. [19] a confirmé le rôle prépondérant de ce minéral dans la croissance, la fécondité et la production d'œufs chez les Gastéropodes Pulmonés terrestres. Selon [20], les escargots préfèrent vivre sur une terre franche à pH neutre, non argileuse et renfermant du calcaire. Cependant, l'apport en calcium doit couvrir les besoins particulièrement importants des escargots durant leur croissance. La plupart des études réalisées ayant concerné les escargots des pays tempérés, nous pensons que, du fait de leur taille relativement grande, les escargots africains ont besoin davantage de calcium pendant leur croissance par rapport à ceux des pays européens.

L'utilisation des fourrages verts pour l'alimentation de *L. flammea* donne des résultats de croissance faible comme l'ont démontré [21], [1], [14] et [15] chez *A. achatina*, *A. fulica* et *A. ventricosa*. Pour ces auteurs, l'utilisation d'aliments végétaux comme les fourrages verts, les fruits et les tubercules de certains végétaux donnent des performances de croissance relativement faibles et moyennes. Or la modernisation de l'achatiniculture ne s'accommode pas à une alimentation à base de végétaux qui donne de faibles rendements de croissance à cause de leur faible teneur en calcium. Par ailleurs, l'utilisation d'aliments concentrés de farine améliore les performances de croissance de *L. flammea*. En Côte d'Ivoire, les premiers essais d'aliments d'escargots avaient utilisé de la farine de poisson comme source de protéines. Ces compositions d'aliments étaient non seulement onéreuses, mais aussi, peu digestes par l'organisme de l'escargot et donnaient de faibles performances de croissance et de reproduction [1]. Nos résultats montrent que les régimes R₄ et R₅ présentent le meilleur profil d'un aliment de croissance pour cet escargot par rapport à une alimentation à base de végétaux. Il faut noter que les aliments concentrés utilisés dans nos expériences ont été confectionnés avec du soja comme source de protéines, en remplacement de la farine de poisson traditionnellement utilisée. Cette formulation nous a permis d'obtenir des résultats nettement remarquables. Ainsi, nous avons observé qu'un taux de 12,02 % de calcium induit une croissance pondérale de 0,012 g / j et une croissance coquillière de 0,08 mm / j chez *L. flammea*, tandis que [14] et [15] ont observé une croissance pondérale de 0,27 g / j et une croissance coquillière de 0,16 mm / j chez *A. ventricosa*. Un taux de 16,01% de calcium induit une croissance pondérale de 0,017 g / j et une croissance coquillière de 0,024 mm / j chez *L. flammea* contre respectivement 0,24 g / j et 0,13 mm / j chez *A. ventricosa*.

Par ailleurs, lorsqu'il sort de l'œuf, le nouveau-né *L. flammea* est tout petit. Sa coquille est très fragile et presque transparente; ce qui explique les taux de mortalité néonatale importants en milieu d'élevage, surtout lorsque la teneur en calcium des aliments proposés aux escargots est faible. Tout au long de sa vie, il va consolider et agrandir sa coquille d'abord, grâce au calcium contenu dans le mucus et ensuite, grâce au calcium qu'il va tirer de sa nourriture et du sol. Nous avons constaté que les escargots nourris aux régimes concentrés avaient des coquilles qui durcissent dès les premières semaines de traitement, à la différence de ceux nourris aux régimes végétaux qui conservent des coquilles très fragiles pendant les deux premiers mois. Nous savons qu'une coquille d'escargot contient environ de 89 à 99% de carbonate de calcium [2], [19].

La teneur de l'aliment en calcium exerce une influence notable sur le taux de mortalité des animaux. En effet, au cours de nos expériences, les régimes concentrés de farine ont présenté une mortalité relativement faible par rapport aux régimes à base de végétaux. Un taux de calcium alimentaire de 12,02% induit une mortalité de 16% chez *L. flammea*, alors que [1] a observé 20% chez *A. achatina*, 52% chez *A. fulica* et 37% chez *A. ventricosa*. Avec 16,01% de calcium alimentaire, l'on observe une mortalité de 12% chez *L. flammea* contre 17% chez *A. achatina*, 43,33% chez *A. fulica* et 27% chez *A. ventricosa*. Cette situation a fait dire à [22] qu'à des taux de 12,02% et de 16,01% de calcium alimentaire, la croissance est meilleure et les mortalités faibles chez *A. achatina*, *A. fulica* et *A. ventricosa*. Ces faibles performances de croissance et les mortalités induites par les fourrages verts pourraient s'expliquer par le fait que l'aliment végétal, bien que renfermant des nutriments capables de satisfaire les besoins physiologiques de l'escargot, est caractérisé par une relative pauvreté en calcium, contrairement aux régimes concentrés de farine qui sont équilibrés en qualité et en quantité de nutriments constitutifs. Il y a une nette amélioration des performances de croissance avec les aliments concentrés de farine.

Comme nos résultats le montrent, le calcium est un élément important dans la vie de l'escargot. Une augmentation progressive de la teneur en calcium de l'aliment engendre une amélioration des performances biologiques de *L. flammea*. Elle réduit les mortalités dues aux chutes et bris de coquille en milieu d'élevage.

Vue leurs valeurs nutritionnelles, ces régimes concentrés mettent à la disposition des escargots, plus de matière organique, plus de matière minérale avec une teneur relativement élevée en calcium et fournissent plus d'énergie, contrairement aux régimes à base de végétaux frais. En effet, le calcium ne peut être le seul responsable de l'amélioration de la croissance de *L. flammea*. Il est indispensable de relever l'action synergique de l'ensemble des éléments minéraux, des protéines et lipides. Les taux élevés de calcium favorisent la formation d'une coquille lourde et très résistante. En fait, la plupart des mortalités en milieu d'élevage hors-sol seraient dues aux cassures de coquille, suite aux chutes, aux manipulations et aux parasitoses. Cependant, il faut être prudent, car l'augmentation considérable du taux de calcium dans l'aliment de l'escargot pourrait avoir des limites. Ce type d'alimentation pourrait contribuer à produire une coquille énorme et solide plutôt que de produire de la chair. Ainsi, [23] a pu observer que chez *A. achatina*, à partir de 12,02% de calcium alimentaire, l'animal a tendance à produire beaucoup plus de coquille que de chair. Pour l'homme, l'escargot n'est prisé que pour sa chair. Il est donc impérieux de déterminer les quantités adéquates de calcium à incorporer à l'aliment de l'escargot pour réduire les mortalités par bris de coquille en milieu d'élevage; mais surtout, pour permettre à l'escargot de produire de la chair et de la coquille dans des proportions acceptables.

Par ailleurs, il est préférable de nourrir les escargots avec des aliments concentrés de farine, plutôt qu'avec des végétaux. Cela est plus efficace et plus hygiénique, car cet aliment ne pourri pas et les excréments des escargots sont secs et moins nombreux. En outre, les aliments concentrés (R₄ et R₅) qui ont fourni de meilleures performances de croissance et de reproduction au cours de nos travaux ont été confectionnés à partir d'une source de protéines végétales: le soja. En effet, le soja utilisé comme substitut à la farine de poisson, a l'avantage d'être disponible sur les marchés à tout moment et relativement à moindre coût par rapport à la farine de poisson traditionnellement utilisée. L'escargot étant végétarien, ces régimes alimentaires à base de protéines végétales ont été consommés en grande quantité et digérés par l'organisme des animaux; ce qui a contribué à leurs meilleures performances sur la croissance.

Tableau I: Composition centésimale (g / 100 g) des trois régimes concentrés de farine

Constituants	REGIMES ALIMENTAIRES		
	R ₃ (6,82% de calcium)	R ₄ (12,02% de calcium)	R ₅ (16,01% de calcium)
Maïs	10	10	10
Tourteau de coton	16	16	16
Soja (graines entières)	-	16	16
Farine de poisson	16	-	-
Blé tendre remoulage bis	43	15	15
Phosphate bicalcique	-	4	4
Vitamines	-	0,5	0,5
Carbonate de calcium	-	28,70	38
Chlorure de sodium	-	0,40	0,40
Calphosel escargot	15	-	-
Oligo-éléments	-	0,10	0,10
Agar-agar	-	9,30	-
- Total	100	100	100

Tableau II: Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de croissance et de mortalité cumulée chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires de teneurs en calcium différentes, pendant 12 mois

	Régimes alimentaires				
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
Ingestion alimentaire (g / j / g de poids vif)	0,08 ^b \pm 0,03	0,05 ^b \pm 0,02	0,11 ^a \pm 0,01	0,12 ^a \pm 0,04	0,13 ^a \pm 0,03
Longueur moyenne de coquille (mm)	38 ^b \pm 0,21	37,5 ^b \pm 1,32	39,7 ^{ab} \pm 0,8	41 ^a \pm 0,1	42 ^a \pm 0,95
Gain de taille (mm)	30,50 ^b \pm 0,21	30 ^b \pm 1,32	32,20 ^{ab} \pm 0,8	33,50 ^a \pm 0,1	34,50 ^a \pm 0,95
Croissance coquillière journalière (mm / j)	0,01 ^b \pm 0,002	0,01 ^b \pm 0,001	0,01 ^b \pm 0,003	0,08 ^a \pm 0,004	0,02 ^b \pm 0,004
Poids vif moyen (g)	3,25 ^d \pm 0,02	3,17 ^d \pm 0,02	4,54 ^c \pm 0,03	5,27 ^b \pm 0,01	6,88 ^a \pm 0,04
Gain de poids (g)	3,18 ^b \pm 0,02	3,10 ^b \pm 0,02	4,47 ^{ab} \pm 0,03	5,20 ^a \pm 0,01	6,81 ^a \pm 0,04
Croissance pondérale journalière (g / j)	0,006 ^b \pm 0,002	0,007 ^b \pm 0,001	0,01 ^b \pm 0,002	0,012 ^b \pm 0,003	0,02 ^a \pm 0,003
Mortalité cumulée (%)	57 ^a \pm 1,32	60 ^a \pm 1,02	22 ^b \pm 1,06	16 ^b \pm 1,01	12 ^b \pm 0,32

NB: Les valeurs moyennes des lignes indexées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes (P < 0,05)

R₁: 0,28% de Ca; R₂: 1,22% de Ca; R₃: 6,82% de Ca; R₄: 12,02% de Ca et R₅: 16,01% de Ca

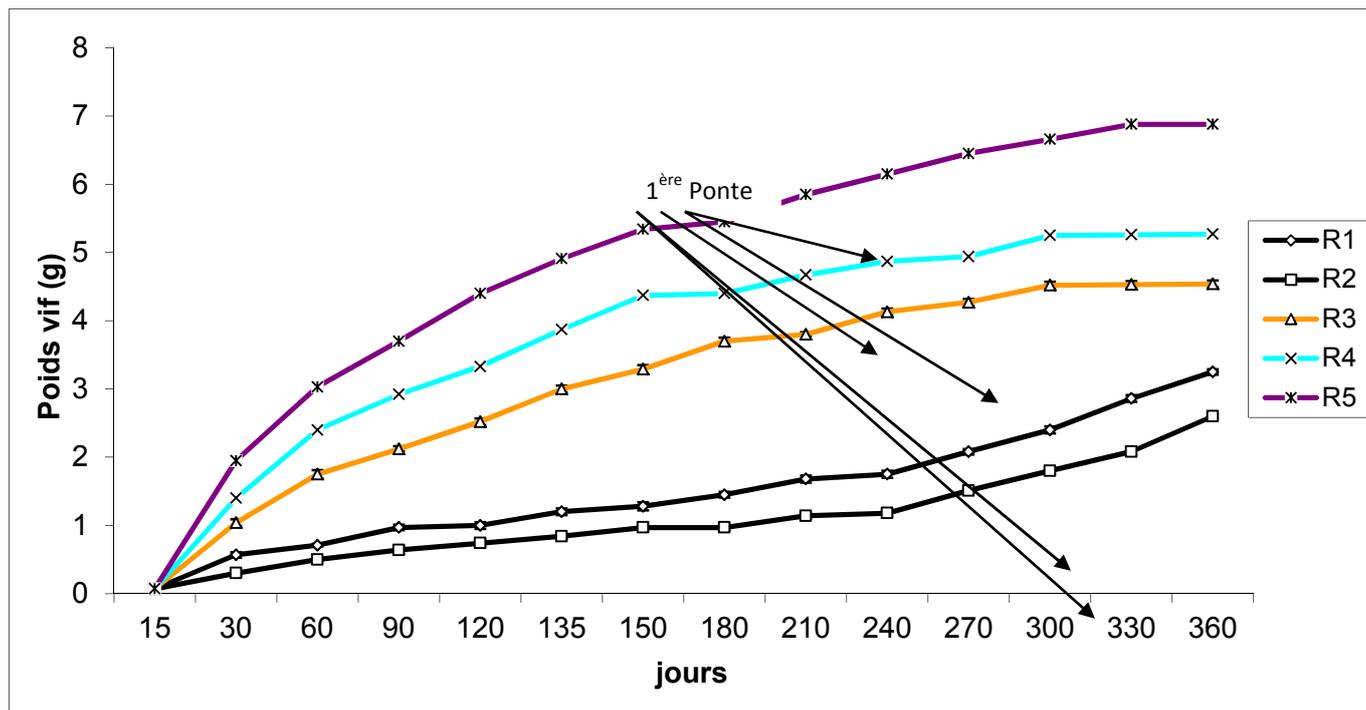


Figure 1: Évolution du poids vif en fonction du temps, chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R_1 à R_5) de teneurs en calcium différentes

R_1 : 0,28% de Ca; R_2 : 1,22% de Ca; R_3 : 6,82% de Ca; R_4 : 12,02% de Ca et R_5 : 16,01% de Ca

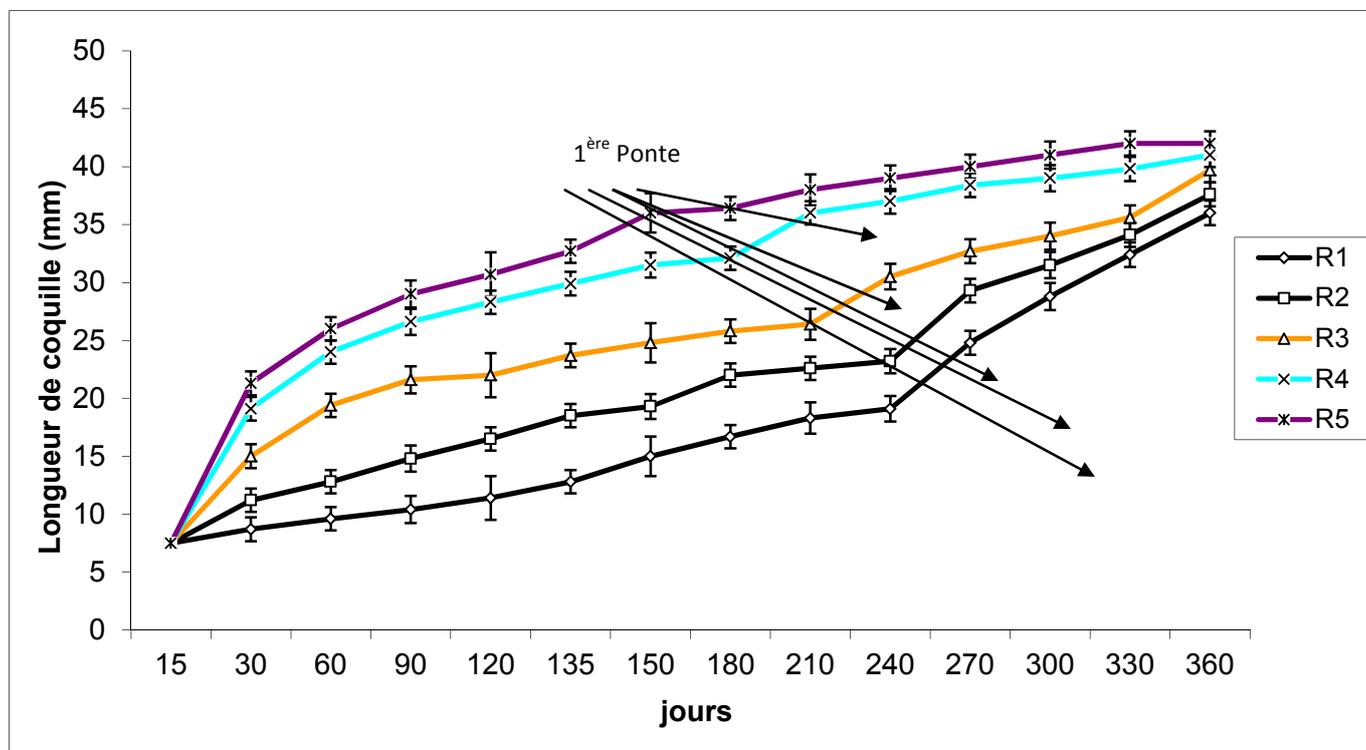


Figure 2: Évolution de la longueur coquillière en fonction du temps, chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R_1 à R_5) de teneurs en calcium différentes

R_1 : 0,28% de Ca; R_2 : 1,22% de Ca; R_3 : 6,82% de Ca; R_4 : 12,02% de Ca et R_5 : 16,01% de Ca

Tableau III: Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de croissance pris deux à deux chez *Limicolaria flamma* (Müller, 1774)

	Ingestion alimentaire	Longueur de coquille	Croissance coquillière	Poids vif	Croissance pondérale
Ingestion alimentaire					
Longueur de coquille	0,82				
Croissance coquillière	0,55	0,52			
Poids vif	0,87	0,90	0,81		
Croissance pondérale	0,66	0,77	0,96	0,77	

Tableau IV: Valeur nutritionnelle des différents régimes alimentaires (en % de matière sèche)

	Constituants (en % de matière sèche)						
	Matière sèche	Protéines	Sucres totaux	Matières grasses	Matières minérales	Calcium	Energie brute (cal / g)
R ₁	15,67	3,62	1,07	1,6	12,17	0,28	1,9
R ₂	31,57	7,42	1,4	2,06	17,32	1,22	1,04
R ₃	78,61	19,89	2,78	2,32	21,21	5,52	3,62
R ₄	81,07	19,86	3,3	2,36	36,36	11,77	2,85
R ₅	83,13	19,85	3,04	2,34	45	15,08	2,38

R₁: 0,28% de Ca; R₂: 1,22% de Ca; R₃: 6,82% de Ca; R₄: 12,02% de Ca et R₅: 16,01% de Ca

6 CONCLUSION

Cette étude montre que la croissance de l'escargot *L. flamma* est notablement influencée par les teneurs en calcium des aliments qu'il consomme. Les régimes concentrés semblent être appropriés à une croissance harmonieuse. Les animaux qui en ont été nourris avaient des coquilles qui durcissent dès les premières semaines de traitement, à la différence de ceux nourris aux régimes végétaux qui conservent des coquilles très fragiles pendant les deux premiers mois. Ils sont mieux consommés, favorisent les gains de taille et de poids chez l'escargot et réduisent leur mortalité, contrairement à une alimentation exclusivement à base de fourrages verts.

RÉFÉRENCES

- [1] A. Otchoumou, Effet de la teneur en calcium d'aliments composés et de la photopériode sur les performances biologiques chez trois espèces d'escargots Achatinidae de Côte d'Ivoire élevées en bâtiment. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles en Biologie et Ecologie Animales, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan-Côte d'Ivoire, 171p, 2005.
- [2] O. Fagbuaro, J. A. Oso, J. B. Edward, R. F. Ogunleye, "Nutritional status of four species of giant land snails in Nigeria," *Journal of Zhejiang University-Science B*, 7(9): 686- 689, 2006.
- [3] K. D. Kouassi, A. Otchoumou, et D. Gnagri, "Le commerce des escargots (*Achatina achatina*), une activité lucrative en Côte d'Ivoire," *Livestock Research for Rural Development*, Volume 20, Article #58, 2008. From <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/koua20058.htm> (Décembre 2008).
- [4] Miprh (Ministère de la Production Animale et des Ressources Halieutiques): Production et consommation nationales. Direction de la Planification et des Programmes (DPP), Abidjan, Côte d'Ivoire, 4 pages, 2007.
- [5] S. W. Adegbaaju, "A Guide to a successful poultry and snailery business," *Agrocare series*, pp. 22-29, 2000.
- [6] F. A. O. Akinnusi, Comparative Evaluation of fresh fruits, leaves and concentrate feed on the growth and reproductive performance of the African giant snail (*Archachatina marginata*). *Proceedings of the 27th Annual Conference of Nigeria Society for Animal Production (NSAP)*. March 17-21, 2002 Akure, Nigeria, pp 328-330, 2002.

- [7] O. O. Babalola, A.O.Akinsoyinu, "Proximate composition and mineral profile of snail meat from different breeds of land snail in Nigeria," *Pakistan Journal of Nutrition*, 8:1842-1844, 2009.
- [8] J-B. Aman, Effet de la source et de la teneur en calcium du substrat d'élevage sur les performances biologiques d'*Archachatina marginata* (Swainson, 1821). Thèse de Doctorat unique en Biologie et Productions Animales, UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan Côte d'Ivoire, 156p, 2013.
- [9] B. Kebolo, M. Mabela, J. Paulus, "Données préliminaires sur la reproduction en captivité de *Limicolaria* sp à Kinshasa," *Annales de la faculté des sciences*, 1: 47-50, 2002.
- [10] [10] Ramakrishnan U., Semba R. D., Iron Deficiency and Anaemia. In: Nutrition and Health in Developing Countries, 2nd ed. (eds R.D. Semba and M.W. Bloem), Humana Press, Totowa, NJ, pp. 479 – 505, 2008.
- [11] A. J. Adeola, A. I. Adeyemo, J. A. Ogunjobi, S. A. Alaye and K. M. Adelakun, "Effect of natural and concentrate diets on proximate composition and sensory properties of Giant Land Snail (*Archachatina marginata*) meat," *Journal of applied science in environmental sanitation*, 5: 185-189, 2010.
- [12] J. Daguzan, "Contribution à l'élevage de l'escargot petit-gris *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). Elevage mixte (reproduction en bâtiment contrôlé et engraissement en parc extérieur): activité," *Annales de Zootechnie*, 34: 127-148, 1985.
- [13] A. Otchoumou, H. Dosso and A. Fantodji, "The edible African giant snails: fertility of *Achatina achatina* (Linné 1758) *Achatina fulica* (Bowdich, 1820) and *Archachatina ventricosa* (Gould 1850) in humid forest; influence of animal density and photoperiod on fertility in breeding," *Bollettino Malacologico*, 39: 179-184, 2003.
- [14] K. D. Kouassi, A. Otchoumou, H. Dosso, "Effet de l'alimentation sur les performances biologiques chez l'escargot géant africain: *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) en élevage hors sol," *Livestock Research for Rural Development*, 19 (5): 16-20, 2007a.
- [15] K. D. Kouassi, Otchoumou A. et H. Dosso, "Les escargots comestibles de Côte d'Ivoire: Influence du substrat d'élevage sur les paramètres de croissance de *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) en élevage hors sol," *Tropicultura*, 25 (1): 16-20, 2007b.
- [16] A. S. Sami, C. Augustini, F. J. Schwars, "Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls," *Meat Sciences*, 67: 195-201, 2004.
- [17] H. H. Crowell, "Laboratory study of calcium requirements of brown garden snail, *Helix aspersa* Müller," *Proceedings of the Malacological Society*, London. 40: 491-503, 1973.
- [18] J. Fournie, Importance de la capture du calcium au niveau de la sole pédieuse chez *Helix aspersa*. 7^e congrès de la Société Française de Malacologie et Symposium International sur la Biologie Appliquée à la Conchyliculture et à l'Héliciculture. Rennes, 31 Août–5 Septembre 1987.
- [19] F N Engmann, N. A. Afoakwah, P. O. Darko, W. Sefah, "Proximate and Mineral Composition of Snail (*Achatina achatina*) Meat; Any Nutritional Justification for Acclaimed Health Benefits?" *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3 (4) 8- 15, 2013.
- [20] H. Chevallier, L'élevage des escargots. Production et préparation du petit-gris. Éditions du point vétérinaire, Paris, 128 p, 1985.
- [21] I. E. Ebenso, "Composition and sales of domesticated snails *Archachatina marginata* in rural southern Nigeria," *Tropical Science*, 4: 485-187, 2002.
- [22] A. Otchoumou, K. N'Da, H. Dosso et K. D. Kouassi, "Inventaire des végétaux sauvages consommés par l'escargot géant africain *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850): préférences alimentaires," « *Haliotis*, 33: 13-20, 2004.
- [23] A. Otchoumou, M. Dupont-Nivet, A. Ocho, L. Atchibri, H. Dosso, "Body proportions and chemical composition of wild and reared edible snails of Ivory Coast," *Italian Journal of Food Science* 22(1): 1120-1770, 2010.