



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

Mamadou KARAMOKO^{1*}, Nygblé Angèle épouse SIKA PIBA¹, Siaka OUATTARA¹,
Atcho OTCHOUMOU¹ et Kouassi Philippe KOUASSI²

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

² *Laboratoire de Zoologie-Biologie Animale, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody,
01 BPV 34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, courriel : petyhabib@yahoo.fr

Résumé

De jeunes escargots *Limicolaria flammea* âgés de deux semaines, avec un poids vif moyen de $0,07 \pm 0,01$ g et une longueur moyenne de coquille de $7,50 \pm 0,03$ 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 reproduction de l'escargot *L. flammea* est fortement influencée par les teneurs en calcium des aliments qu'il consomme. Les régimes concentrés réduisent la durée du cycle sexuel, en ce sens que la maturité sexuelle qui est tardive (7 mois) avec les aliments végétaux (R₁ et R₂) a été rendue précoce (5 mois) avec ces aliments (R₄ et R₅). La teneur en calcium alimentaire influence le nombre total de pontes, la durée d'incubation et le taux d'éclosion des œufs, alors qu'elle n'a pas d'effet sur le poids et les dimensions de l'œuf. Le taux optimal de calcium induisant une meilleure reproduction varie de 12,02 % à 16,01 %. En outre, les animaux qui ont été nourris à ces régimes ont eu une relative longévité, un nombre élevé de pontes, une durée d'incubation réduite et un taux élevé d'éclosion des œufs, contrairement aux régimes à base de fourrages verts qui donnent des résultats peu prometteurs.

Mots-clés : *calcium, escargot, Limicolaria flammea* (Müller, 1774), *reproduction*.

Abstract

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

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 shell length 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 by leaves of *Carica papaya* (Caricaceae) and *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae) and three concentrated diets 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 reproduction of the snail *L. flammea* is strongly influenced by

the calcium contents of the food which it consumes. The concentrated diets reduce the duration of the sexual cycle, in the sense that the sexual maturity which is late (7 months) with vegetable foods (R_1 and R_2) was made early (5 months) with these food (R_4 and R_5). The dietary calcium content influences the total number of clutches, the duration of incubation and the hatching rate, while it has no effect on the weight and dimensions of eggs. The optimal calcium levels inducing a better reproduction varies from 12,02 % to 16,01 %. Moreover, the animals which were nourished with these diets had a relative longevity, a high number of clutches, reduced incubation time and a high rate of hatching, contrary to the diets containing green fodder which give not very promising results.

Keywords : *calcium, Limicolaria flammea (Müller, 1774), reproduction, snail.*

1. Introduction

L'élevage des escargots africains ou achatiniculture constitue pour les pays en développement dont la Côte d'Ivoire, un moyen de produire localement des protéines animales et des minéraux de qualité, utilisables aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale [1]. De nombreux travaux relatifs à l'écologie, l'alimentation, la croissance et la reproduction ont contribué au développement de l'achatiniculture en Afrique. 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* demeure encore mal connue et aucune étude n'avait concerné cet escargot jusqu'à une époque très récente. En milieu d'élevage, l'alimentation des animaux, du point de vue qualitatif et quantitatif est d'une importance fondamentale dans l'amélioration de leurs performances de croissance et de reproduction [2]. Dans ce travail, il s'agit de déterminer les besoins nutritionnels de ce mollusque afin d'améliorer sa croissance, d'avancer l'âge de la maturité sexuelle, 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 [3, 4]. Dans le souci de rechercher une meilleure alimentation pour cet animal, nous avons comparé les effets d'aliments végétaux et d'aliments concentrés sous forme de farine, contenant différentes concentrations de calcium, sur la maturité sexuelle et les performances de reproduction de l'escargot *L. flammea*, en milieu d'élevage.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

2-1-1. Cadre expérimental

Cette étude a été réalisée au centre d'achatiniculture de l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire) (ex-Université d'Abobo-Adjamé). 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 $26,7 \pm 1,4^\circ \text{C}$ et de $82,6 \pm 1,4 \%$. La photopériode a été 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité.

2-1-2. 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, 1774).

2-2. Méthodes

2-2-1. Elevage

300 jeunes *L. 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 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 anti fuite. 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 (R_1 et R_2) et trois concentrés sous forme de farine (R_3 , R_4 et R_5): - R_1 est constitué par un mélange de 50 % de feuilles de *Lactuca sativa* (Asteraceae) et de 50 % de feuilles de *Palisota hirsuta* (Commelinaceae); - R_2 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 ces escargots. Quant à R_3 , R_4 et R_5 , 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 1** ont permis de fabriquer ces trois régimes alimentaires à raison d'une teneur théorique en calcium de 6,82 % pour R_3 , 12,02 % pour R_4 et 16,01 % pour R_5 . Il s'agit de faire une étude comparée des effets de deux régimes alimentaires à base de végétaux frais (R_1 et R_2) et de trois régimes alimentaires concentrés sous forme de farine (R_3 , R_4 et R_5) de teneurs en calcium différentes, sur les performances de croissance de l'escargot *L. flammea*. 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 par régime alimentaire, 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.

2-2-2. Collecte des données de reproduction

Le substrat d'élevage des reproducteurs est régulièrement fouillé afin de découvrir les pontes éventuelles. Ainsi, les œufs recueillis sont placés dans les enceintes d'incubation au fur et à mesure de leur collecte.

Tableau 1 : 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

L'intérieur de ces bacs est recouvert de bourre de noix de coco [*Cocos nucifera* (Arecaceae)]. En effet, utilisées comme substrat d'incubation, ces fibres arrosées convenablement, donnent un meilleur taux d'éclosion. Aussi, après l'éclosion des œufs, les nouveau-nés ont-ils la facilité d'en sortir. Les œufs sont ramassés à l'aide d'une petite cuillère en plastique et recueillis dans une passoire également en plastique. Ils sont alors nettoyés à l'eau avec un pinceau très souple. Une fois débarrassés des impuretés, ils sont triés, comptés, pesés et mesurés sur du papier millimétré. Toutefois, ces manipulations sont faites avec un grand soin pour éviter de casser les œufs ou de les laisser desséchés par l'air. Alors, nous avons relevé la date de ponte, le nombre de pontes par individu, le nombre d'œufs par ponte, le nombre total d'œufs pondus, les dimensions de l'œuf et son poids. Les œufs sélectionnés pour l'incubation sont répartis dans l'incubateur avec un numéro indiquant leur compartiment d'origine. Du fait de la grande capacité de la bourre de noix de coco (substrat d'incubation) à conserver l'humidité, les œufs sont arrosés une fois par semaine afin d'éviter tout excès d'eau préjudiciable à une bonne éclosion. Les œufs ainsi placés dans l'incubateur ne sont plus touchés jusqu'à l'observation des premières éclosions. Nous notons alors la durée d'incubation et le taux d'éclosion des œufs.

La collecte des données de reproduction a été faite dans les mêmes conditions de température, d'humidité relative moyenne de l'air et de photopériode que précédemment. Cette étude a duré 12 mois (de Mai 2007 à Avril 2008).

2-2-3. 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 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 % [5]. Avant l'utilisation de l'ANOVA, la normalité de la distribution des données a été vérifiée avec le test de Shapiro-Wilk [6]. L'homogénéité des variances a été testée à l'aide du test de Brown et Forsythe [7]. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne plus ou moins écart type. Les corrélations entre les différents paramètres de reproduction ont également été calculées.

3. Résultats

Les animaux soumis aux différents régimes alimentaires ont pondu à différentes dates. Les premières pontes ont été observées à 5 mois (150 jours) d'âge pour R_4 (12,02 % de calcium) et R_5 (16,01 % de calcium); à 6 mois (180 jours) d'âge pour R_3 (6,82 % de calcium) et à 7 mois (210 jours) d'âge pour R_1 et R_2 (**Figures 1 et 2**). La ponte est liée aux gains de poids et de taille. Elle influence l'allure des courbes pour tous les régimes alimentaires. 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. Pour les escargots soumis aux régimes R_3 , R_4 et R_5 , les premières pontes ont eu lieu alors que les animaux avaient un poids vif moyen respectif de $3,50 \pm 0,01$ g, $3,45 \pm 1,08$ g et $4,18 \pm 0,04$ g avec des longueurs de coquilles respectives de $32 \pm 2,12$ mm, $33 \pm 2,38$ mm et $32,7 \pm 1,84$ mm (**Tableau 2**). Au niveau des régimes végétaux R_1 et R_2 , les individus ont pondu pour la première fois lorsqu'ils pesaient respectivement $2,26 \pm 0,08$ g et $2,71 \pm 0,18$ g avec des longueurs moyennes de coquilles respectives de $32,36 \pm 2,21$ mm et $31,36 \pm 3,08$ mm. Les escargots ont pondu plusieurs fois et le nombre moyen de pontes varie d'un régime alimentaire à l'autre (R_1 : $2 \pm 0,04$; R_2 : $2 \pm 0,06$; R_3 : $4 \pm 0,02$; R_4 : $5 \pm 0,12$ et R_5 : $6 \pm 1,04$). Le nombre moyen d'œufs par ponte est de $23,33 \pm 2,4$ (R_1); $24 \pm 1,4$ (R_2); $25,67 \pm 1,01$ (R_3); $30,33 \pm 4,04$ (R_4) et $35,33 \pm 3,02$ (R_5) (**Tableau 3**).

Pour pondre, l'animal creuse une cavité d'environ 2 cm de diamètre et 4 cm de profondeur dans la litière (terre) où il dépose lentement ses œufs. Lorsqu'il est perturbé ou que le sol est dur, il dépose ses œufs à la surface ou même en dessous des aliments végétaux servis *ad libitum*. Le temps de déposition des œufs peut durer entre 2 et 5 heures. La ponte a généralement lieu tôt le matin. Occasionnellement, certaines pontes peuvent être observées à d'autres heures de la journée. Après la ponte, la femelle prend le soin de fermer la cavité. Nous n'avons observé aucune autre attention parentale vis-à-vis des nids de ponte. Les œufs sont donc abandonnés après la ponte. *L. flammea* en milieu d'élevage, pond toute l'année. Ces œufs sont de forme ellipsoïdale à structure calcaire avec une couleur qui varie du jaune citron au blanc, selon l'âge du pondreur. Le grand diamètre de l'œuf varie de 3,5 à 4,5 mm (avec une moyenne de $4 \pm 0,02$ mm) et le petit diamètre, de 3,2 mm à 3,9 mm (avec une moyenne de $3,6 \pm 0,02$ mm). Son poids moyen est de $0,03 \pm 0,02$ g. L'œuf est couvert par une mince couche de mucus qui le protège contre l'assèchement et l'empêche de rouler. Les jeunes escargots produisent des œufs de petite taille. La taille de l'œuf s'améliore avec la taille et l'âge des individus.

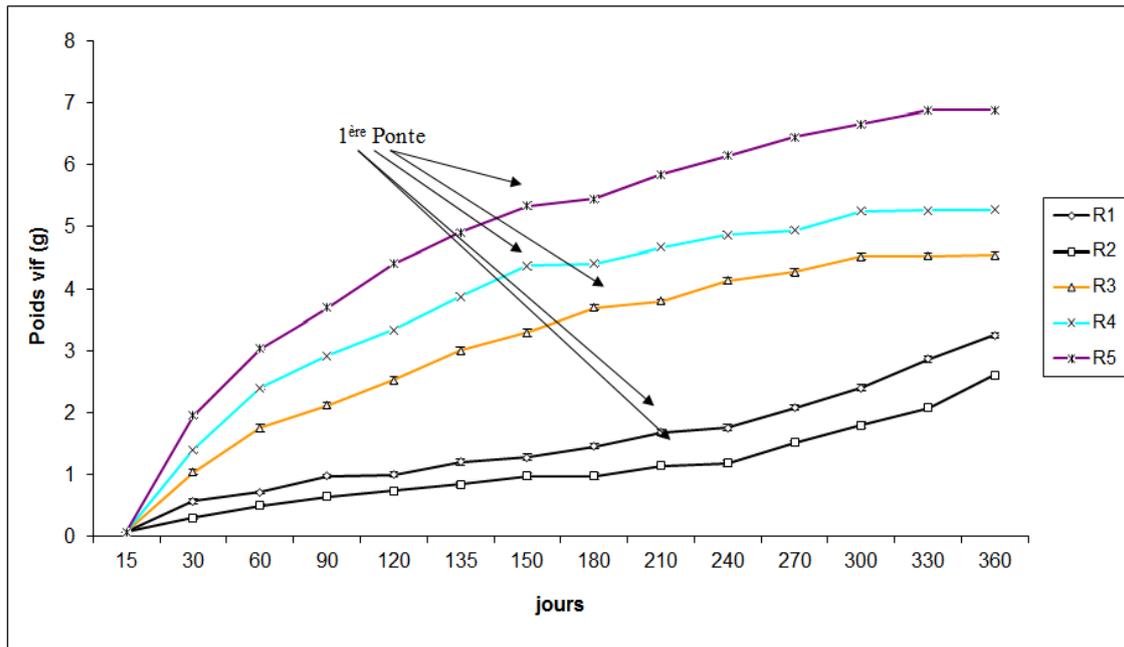


Figure 1 : Évolution du poids vif en fonction du temps, chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R_1 à R_5) de teneurs en calcium différentes

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

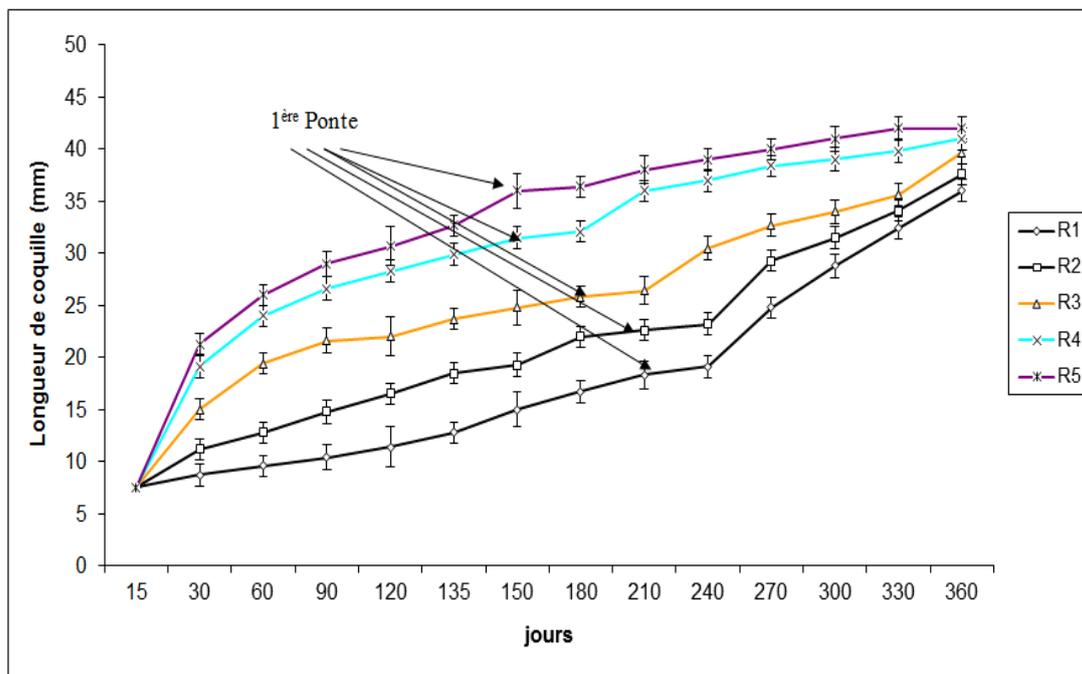


Figure 2 : Évolution de la longueur coquillière en fonction du temps, chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R_1 à R_5) de teneurs en calcium différentes

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 2 : *Âges, valeurs moyennes de poids vifs et de longueurs de coquilles à la première ponte chez Limicolaria flammea (Müller, 1774), en fonction des régimes alimentaires*

Régimes alimentaires	Age (mois)	Poids vif (g)	Longueur de coquille (mm)
R ₁	7	2,26 ± 0,08	32,36 ± 2,21
R ₂	7	2,71 ± 0,18	31,36 ± 3,08
R ₃	6	3,50 ± 0,01	32 ± 2,12
R ₄	5	3,45 ± 1,08	33 ± 2,38
R ₅	5	4,18 ± 0,04	32,7 ± 1,84

Tableau 3 : *Valeurs moyennes (± écart type) des variables de reproduction 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
Nombre moyen de pontes	2 ^b ± 0,04	2 ^b ± 0,06	4 ^{ob} ± 0,02	5 ^a ± 0,12	6 ^a ± 1,04
Nombre moyen d'œufs par ponte	23,33 ^c ± 2,4	24 ^c ± 1,4	25,67 ^c ± 1,01	30,33 ^b ± 4,04	35,33 ^a ± 3,02
Nombre total d'œufs pondus	45,33 ^d ± 1,14	50,33 ^d ± 3,04	98 ^c ± 1,16	148 ^b ± 2,4	218 ^a ± 4,01
Poids d'un œuf (g)	0,03 ^a ± 0,04	0,03 ^a ± 0,02	0,03 ^a ± 0,01	0,03 ^a ± 0,01	0,03 ^a ± 0,04
Grand diamètre d'un œuf (mm)	4 ^a ± 0,02	4 ^a ± 0,01	4 ^a ± 0,02	4 ^a ± 0,03	4 ^a ± 0,04
Petit diamètre d'un œuf (mm)	3,6 ^a ± 0,01	3,6 ^a ± 0,04	3,6 ^a ± 0,03	3,6 ^a ± 0,02	3,6 ^a ± 0,04
Durée d'incubation (j)	20 ^a ± 0,17	19,33 ^a ± 1,04	15 ^b ± 1,03	14 ^b ± 2,04	12 ^c ± 1,01
Taux d'éclosion (%)	22,41 ^e ± 2,1	24,01 ^d ± 2,13	35,61 ^c ± 3,09	37,50 ^b ± 1,08	53,10 ^a ± 4,03

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

Il faut noter que cet escargot pond de petits œufs de taille et de poids similaires à ceux de *A. fulica*, mais inférieurs à ceux de *A. achatina*, de *A. ventricosa* et de *A. marginata*. La durée d'incubation varie de 19,33 ± 1,04 jours (R₂) à 20 ± 0,17 jours (R₁) pour les régimes à base de végétaux et de 12 ± 1,01 jours (R₅) à 15 ± 1,03 jours (R₃) pour les aliments composés. Le meilleur taux d'éclosion est obtenu avec le régime R₅ (53,10 ± 4,03 %) par rapport aux régimes R₁ (22,41 ± 2,1%) et R₂ (24,01 ± 2,13%). Les œufs d'une même ponte éclosent progressivement, dans un intervalle de 10 jours maximum. En moyenne deux jours avant l'éclosion, l'œuf devient mou. Après l'éclosion, les nouveau-nés mangent les restes de leurs propres coquilles et même souvent, les œufs non viables. Nous avons constaté que les œufs de petite taille ont tendance à éclore de façon plus précoce que les œufs de grande taille. Par ailleurs, le poids de l'œuf et ses dimensions ne varient pas quel que soit le régime alimentaire. La comparaison des nombres totaux de pontes, des durées d'incubation et des taux d'éclosion par l'analyse de variance suivi du test de Student-Newmann-Keuls révèle une différence significative entre les différentes valeurs de ces paramètres (P < 0,05).

Quant aux nombres de pontes et aux nombres d'œufs par ponte, il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre les régimes de fourrages verts (R_1 et R_2) et les régimes concentrés de farine (R_3 , R_4 et R_5). En outre, l'analyse ne relève aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les poids et les dimensions de l'œuf quel que soit le régime alimentaire. La teneur en calcium alimentaire influence fortement le nombre total de pontes, la durée d'incubation et le taux d'éclosion des œufs, alors qu'elle n'a pas d'effet sur le poids et les dimensions de l'œuf. Les œufs issus des différentes pontes présentent les mêmes caractéristiques d'un régime à l'autre. Le taux d'éclosion est fortement corrélé positivement au nombre de pontes ($r = 0,86$), au nombre d'œufs par ponte ($r > 0,93$), mais négativement à la durée d'incubation ($r = -0,89$) (**Tableau 4**). En outre, le taux de ponte est corrélé à un degré moindre au nombre d'œufs par ponte ($r = 0,77$). Le **Tableau 5** 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.

Tableau 4 : Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de reproduction pris deux à deux chez *Limicola flamma* (Müller, 1774)

	Nombre de pontes	Nombre d'œufs par ponte	Nombre total d'œufs pondus	Poids de l'œuf	Durée d'incubation	Taux d'éclosion
Nombre de pontes						
Nombre d'œufs par ponte	0,77					
Nombre total d'œufs pondus	0,87	0,96				
Poids de l'œuf	-0,04	0,01	0,02			
Durée d'incubation	-0,78	-0,82	-0,89	-0,08		
Taux d'éclosion	0,86	0,93	0,97	-0,001	-0,89	

Tableau 5 : 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)
R₁	15,67	3,62	1,07	1,6	12,17	0,28	1,9
R₂	31,57	7,42	1,4	2,06	17,32	1,22	1,04
R₃	78,61	19,89	2,78	2,32	21,21	5,52	3,62
R₄	81,07	19,86	3,3	2,36	36,36	11,77	2,85
R₅	83,13	19,85	3,04	2,34	45	15,08	2,38

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.

4. Discussion

Il y a une égalité entre les âges de maturité sexuelle chez les individus nourris aux régimes à base de végétaux frais, contrairement à ceux soumis aux régimes concentrés de farine où l'âge de première ponte est avancé à mesure que le taux de calcium alimentaire augmente. Les animaux nourris aux régimes concentrés de farine pondent de façon précoce par rapport à ceux nourris aux régimes végétaux. Chez *L. flammaea*, à ce stade de la vie, le poids vif et la longueur de la coquille varient d'un régime à l'autre. Toutefois, nous observons que les régimes à forts taux de calcium permettent à l'animal de croître rapidement en un temps relativement court. Les aliments R_1 (0,28 % de calcium) et R_2 (1,22 % de calcium) induisent les premières pontes à sept mois d'âge, alors qu'avec les aliments R_4 (12,02 % de calcium) et R_5 (16,01 % de calcium), ce phénomène s'observe à l'âge de cinq mois. Les résultats de reproduction obtenus avec les régimes R_3 , R_4 et R_5 sont conformes à ceux observés en milieu naturel et en élevage par [8] sur cette même espèce au Nigeria. Cet auteur estime que dans les conditions optimales, la maturité gamétique est atteinte à partir de trois mois d'âge chez *L. flammaea* et certains individus commencent à pondre vers la fin de leur quatrième mois d'âge.

Les régimes concentrés ont un résultat remarquable, en ce sens qu'ils permettent d'avancer l'âge de maturité sexuelle à 5 mois pour R_4 et R_5 , et à 6 mois pour R_3 . [4] observe qu'un taux 6,82 % de calcium alimentaire a permis d'avancer l'âge de maturité sexuelle à deux mois chez *A. fulica*, réduisant ainsi le cycle de reproduction à trois mois au lieu de huit mois. Avec les régimes de fourrages verts, il faut attendre 7 mois pour voir des animaux de tailles et de poids relativement petits, pondre pour la première fois. En outre, tous les individus ayant pondu pour la première fois ont un poids vif supérieur à 3 g et une longueur de coquille supérieure à 32 mm, comme si ce phénomène exigeait que l'animal ait une certaine dimension, plutôt que d'être plus âgé. La maturité sexuelle de cet escargot semble dépendre du fait que l'animal atteigne un certain poids et une certaine longueur de coquille, plutôt que de son âge. Ainsi, certains escargots rabougris, bien qu'ils soient âgés (jusqu'à un an dans certains cas), peuvent ne pas pondre. *L. flammaea* atteint relativement tôt sa maturité sexuelle et passe une longue partie de sa vie en plein état de maturité sexuelle. Les différences aussi bien au niveau de l'âge de maturité sexuelle, du poids vif que de la longueur de la coquille peuvent s'expliquer par la qualité du régime alimentaire. La maturité sexuelle qui est tardive (7 mois) avec les aliments végétaux est précoce (5 mois) avec les aliments composés.

En outre, la relative longévité des escargots, le nombre élevé de pontes, la durée d'incubation et le taux élevé d'éclosion des œufs observés avec les régimes concentrés pourraient s'expliquer par l'effet du calcium sur la calcification de la coquille de l'escargot et de ses œufs, comme l'ont observé [9]. Le nombre d'œufs pondus n'est pas constant. Il varie d'un individu à l'autre et d'une ponte à l'autre. La plupart des œufs issus de la première ponte sont incapables de produire des naissains. Le nombre d'œufs par ponte varie d'un individu à l'autre et est influencé par les conditions du milieu: température, apport hydrique (humidité relative de l'air ou arrosage). Des animaux stressés présentent une fécondité diminuée à tous les niveaux [10]. En condition d'élevage, *L. flammaea* produit plus d'œufs avec un taux élevé d'éclosion, même si cela est inférieur à ses performances en milieu naturel [8]. La durée d'incubation est le laps de temps qui s'écoule entre la ponte et la sortie des infantiles du substrat d'incubation [11]. Chez *L. flammaea*, l'incubation a une durée moyenne de $19 \pm 0,6$ jours; elle varie de 12 jours (R_5) à 20 jours (R_1). Des résultats similaires ont été obtenus par [12] qui estime que le temps d'incubation varie au sein de cette espèce, de 14 à 28 jours. L'incubation semble être contrôlée par certains facteurs comme la température, la nature du substrat et l'apport hydrique [13, 14]. En outre, un taux de 16,01 % de calcium induit 53,10 % d'éclosion chez *L. flammaea*, comparativement à 11,79 % chez *A. fulica*, 43 % chez *A. marginata* et 53,33 % chez *A. ventricosa*.

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. flammaea*. Elle réduit les mortalités dues aux chutes et bris de coquille en milieu d'élevage. Les meilleures performances de reproduction sont obtenues avec les régimes R_5 , et R_4 . Ces régimes permettent aux escargots de produire, plusieurs fois dans l'année, un grand nombre d'œufs avec un taux d'éclosion élevé après un temps d'incubation relativement court. 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 des performances de croissance et de reproduction de *L. flammaea*. Il est indispensable de relever l'action synergique de l'ensemble des éléments minéraux, des protéines et lipides dans la croissance et la reproduction. 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, [3] 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 pourrait pas et les excréments des escargots sont secs et moins nombreux. En outre, les aliments concentrés (R_4 et R_5) qui ont fourni une reproduction harmonieuse 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 reproduction.

5. Conclusion

Cette étude montre que la reproduction de l'escargot *L. flammea* est notablement influencée par les teneurs en calcium des aliments qu'il consomme. Les régimes concentrés réduisent la durée du cycle sexuel, en ce sens que la maturité sexuelle qui est tardive (7 mois) avec les aliments végétaux (R_1 et R_2) a été rendue précoce (5 mois) avec ces aliments (R_4 et R_5). Par l'effet du calcium, ces derniers régimes ont favorisé une relative longévité des escargots, un nombre élevé de pontes, une durée d'incubation réduite et un taux élevé d'éclosion des œufs, contrairement aux régimes à base de fourrages verts.

Références

- [1] - 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) (2010) 1120-1770.
- [2] - M. DIOMANDE, A. V. KIPRE, M. KOUSSEMON & A. KAMENAN, "*Substitution de la farine de poisson par celle de l'escargot Achatina fulica dans l'alimentation des poules pondeuses en Côte d'Ivoire*", Livestock Research for Rural Développement, (2008) 20 (1). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/1diom20002.htm>
- [3] - 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) (2013) 8-15.
- [4] - 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, (2013) 156 p.
- [5] - P. DAGNELIE, "*Théories et méthodes statistiques*", Applications agronomiques, Les presses agronomiques de Gembloux, 2 (1975) 463 p.
- [6] - S. S. SHAPIRO, M. B. WILK & H. J. CHEN, "*A comparative study of various tests of mortality*", Journal of the American Statistical Association, 63 (1968) 1343-1372.
- [7] - M.B. BROWN & A.B. FORSYTHE, "*Robust test for the equality of variance*", Journal of the American Statistical Association, 69 (1974) 264-267.
- [8] - R. I. EGONMWAN, "*Reproductive Biology and growth of Land snails Archachatina marginata ovum and Limicolaria flammea*", Ph. D. Thesis, Department of Zoology, Oxford University, (1988) 367 p.
- [9] - 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 (2009) 1842-1844.
- [10] - A. J. ADEOLA, A. I. ADEYEMO, J. A. OGUNJOBI, S. A. ALAYE & 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 Sciences in Environmental Sanitation, 5 (2010) 185-189

- [11] - A. OTCHOUMOU, "*Effet du calcium et de la photopériode sur la biologie et la composition biochimique de la chair de Achatina achatina, Achatina fulica et Archachatina ventricosa en élevage hors-sol*", Thèse d'État ès Sciences Naturelles, Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), (2005) 178 p.
- [12] - R. I. EGONMWAN, "*Maturation timing in the land snails Archachatina marginata ovum (Pfeiffer) and Limicolaria flammea (Müller)*", Invertebrate Reproduction and Development, 46 (2-3) (2004) 159-172.
- [13] - T. ČEJKA & L. HAMERLÍK, "*Land snails as indicators of soil humidity in Danubian woodland (SW Slovakia)*", Polish Journal of Ecology 57 (2009) 741-747.
- [14] - K. D. KOUASSI, "*Effets de l'alimentation et du substrat d'élevage sur les performances biologiques de Archachatina ventricosa et quelques aspects de la collecte des escargots géants de Côte d'Ivoire*", Thèse de doctorat unique, Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), N° 32 (2008) 125 p.