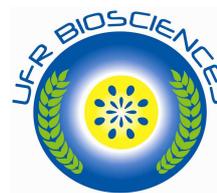


MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Laboratoire de Zoologie-Biologie Animale

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
Union - Discipline - Travail



N° d'Ordre 604 / 2009

THÈSE

Présentée à l'UFR Biosciences pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE COCODY-ABIDJAN

Spécialité: Écologie Animale

Par

KARAMOKO Mamadou

Thème

**Étude de la biologie, de l'écologie et du comportement
d'un escargot terrestre d'intérêt économique,
Limicolaria flammea (Müller, 1774), en milieu d'élevage**

Soutenue publiquement le 25 Avril 2009, devant le jury composé de

M. TRAORÉ Dossahoua,	Professeur,	Université de Cocody-Abidjan,	Président
M. KOUASSI Kouassi Philippe,	Maître de Conférences,	Université de Cocody-Abidjan,	Directeur de Thèse
M. OTCHOUMOU Atcho,	Maître de Conférences,	Université d'Abobo-Adjamé,	Codirecteur de Thèse
M. YAPI Yapi Grégoire,	Docteur d'Etat, Chargé de Recherches,	CEMV-Université de Bouaké,	Rapporteur
M. TANO Yao,	Professeur,	Université de Cocody-Abidjan,	Examineur
M. KONÉ Tidiani,	Maître de Conférences,	Université de Cocody-Abidjan,	Examineur

DÉDICACE

Nous dédions ce mémoire

à notre père Bibi KARAMOKO,

à notre mère Nogoténin KARAMOKO

et à notre grand frère Vassoukou KARAMOKO

qui sont couchés à jamais !

AVANT-PROPOS

La présente thèse est le fruit d'une collaboration entre le Laboratoire de Zoologie et Biologie Animale de l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan et le Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales de l'UFR des Sciences de la Nature de l'Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire). Les études expérimentales ont été réalisées à la ferme d'achaticulture de l'Université d'Abobo-Adjamé.

Ces recherches ont été rendues possibles grâce à la collaboration et au soutien indéfectible de personnes que nous citons afin de leur exprimer toute notre gratitude.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur **KATI-COULIBALY Séraphin**, Maître de Conférences, Doyen de l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan, pour la formation que nous avons reçue et pour l'opportunité qu'il nous a donnée de réaliser ce travail en acceptant notre inscription à ce Diplôme.

A Monsieur **TANO Yao**, Professeur Titulaire à l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan, Directeur du Laboratoire de Zoologie et de Biologie Animale, nous voudrions exprimer notre respectueuse gratitude, d'abord, pour avoir permis la réalisation de cette thèse dans son Laboratoire, ensuite, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et de faire partie du jury.

Nous tenons à remercier Monsieur **TRAORE Dossahoua**, Professeur Titulaire à l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan, pour avoir spontanément accepté, malgré ses nombreuses occupations, d'examiner ce mémoire et pour l'honneur qu'il nous fait de présider le jury de cette thèse. Qu'il soit assuré de notre profond respect.

Il nous est agréable d'exprimer notre infinie gratitude à Monsieur **KOUASSI Kouassi Philippe**, Professeur Titulaire à l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan, pour avoir accepté, malgré ses nombreuses charges, d'assurer l'encadrement scientifique de ce travail. Ses remarques et ses sages conseils nous ont grandement aidé dans l'organisation et surtout dans l'orientation de ce travail. Qu'il soit assuré de notre infinie reconnaissance pour sa sollicitude, sa disponibilité et ses encouragements.

Nous voudrions exprimer notre profonde et respectueuse reconnaissance à Monsieur **OTCHOUMOU Atcho**, Maître de Conférences à l'UFR des Sciences de la Nature de l'Université d'Abobo-Adjamé, Co-directeur de cette thèse qui a spontanément accepté d'assurer l'encadrement technique de ce travail. Par ses conseils avisés, ses encouragements et son goût prononcé pour le travail bien fait, il nous a formé à l'étude de la biologie des escargots et à leur élevage. Il a suivi notre travail, émis des critiques, réorienté certains aspects quand il le fallait. Qu'il trouve ici l'expression de notre sincère gratitude.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur **YAPI Yapi Grégoire**, Docteur d'Etat, Chargé de Recherches au Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire (C.E.M.V.) de l'Université de Bouaké, pour avoir accepté d'instruire cette thèse et de faire partie du jury. Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance à Monsieur **KONÉ Tidiani**, Maître de Conférences à l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan, pour avoir accepté d'examiner cette thèse et d'en être un membre du jury. Ses critiques avisées et ses suggestions nous ont été d'une aide précieuse dans l'organisation de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

Nos sincères remerciements vont à l'endroit du Directeur du Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animales de l'Université d'Abobo-Adjamé, le **Professeur DAGNOGO Mamadou** et de tous les Enseignants-Chercheurs, pour avoir permis la réalisation de la partie pratique de cette thèse dans leur laboratoire.

A Monsieur **N'GUESSAN Kouakou Edouard**, Maître de Conférences à l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody-Abidjan, Directeur du Centre National de Floristique (CNF), nous voudrions adresser nos vifs remerciements pour avoir permis l'identification des végétaux utilisés dans ce travail. Que les **Docteurs IPOU Ipou Joseph, ADOU Yao Constant** et le technicien **M. ASSI Yapo Jean** trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

A Messieurs **SANGARE Karim** et **OUATTARA Karim**, respectivement Directeur et laborantin du Laboratoire Central de Nutrition Animale (LACENA), nous voudrions exprimer notre profonde gratitude pour l'analyse chimique des végétaux et la confection des aliments.

Nous voudrions exprimer notre sincère reconnaissance au **Docteur YAO Stanislas Silvain** pour sa fraternité, ses conseils et les multiples sacrifices consentis à notre égard; au **Docteur AKPESSE Alexandre** dont les encouragements et les conseils nous ont été d'un apport précieux dans l'amorce de ce travail; aux **Docteurs N'ZI Konan Gervais** et **BOUAFOU Guy Marcel** et au **Doctorant BAMBA Mamadou** qui nous ont aidé dans le traitement des données et dans l'élaboration de ce document. Que le **Docteur BOMISSO Edson Lézin** soit assuré de notre infinie gratitude pour les analyses statistiques de nos données. Nous ne saurions dire merci au **Docteur ASSANVO Amoikon** pour sa sympathie et son soutien moral et matériel.

Nous remercions sincèrement nos collègues du Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales de l'Université d'Abobo-Adjamé, le **Docteur KOUASSI Kouadio Daniel** et les **Doctorants MEMEL Jean Didier, AMAN Jean-Baptiste, ADOU Didier** et **AGONGNIKPO Eric**, pour leur esprit d'équipe, leur sympathie et leur disponibilité durant ces années de rudes épreuves.

Nous pensons à tous nos parents pour le réconfort et l'aide inestimable qu'ils nous ont apportés. Nous citons particulièrement Messieurs **KONÉ KAMARATÉ Souleymane, KARAMOKO Lassina** (Bodo), **TAMBLA Vagbama, KARAMOKO Mamadou (M), Ibrahima KARAMOKO** et Madame **KARAMOKO Fatou** qui, durant ces longues années avant la finition de ce travail, ont cru en nous et nous ont apporté un soutien moral, matériel et financier.

Enfin, nous voudrions exprimer notre sincère reconnaissance à tous nos amis et connaissances que nous n'avons pu citer ici à cause de leur nombre proluxe. A eux, mille et un mercis !

SOMMAIRE

Dédicace.....	i
Avant-propos.....	ii
Sommaire.....	v
Liste des abréviations.....	viii
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux.....	xi
Introduction.....	1
Chapitre I: Généralités.....	5
1.1. Généralités sur les escargots	6
1.1.1. Classification	6
1.1.2. Distribution géographique de <i>Limicolaria flammea</i>	7
1.1.3. Description morphologique et anatomique.....	10
1.1.3.1. Morphologie.....	10
1.1.3.2. Anatomie	16
1.1.4. Biologie.....	22
1.1.4.1. Locomotion.....	22
1.1.4.2. Activités trophiques.....	22
1.1.4.3. Reproduction.....	24
1.1.5. Écologie et éthologie.....	26
1.1.5.1. Rythme de vie.....	26
1.1.5.2. Activités journalières.....	26
1.1.5.3. Influence des facteurs environnementaux.....	27
1.1.6. Facteurs de régulation de la croissance et de la reproduction.....	28
1.1.7. Ennemis naturels des escargots.....	28
1.1.8. Espèce étudiée: <i>Limicolaria flammea</i>	31
1.1.8.1. Position systématique.....	31
1.1.8.2. Choix de l'espèce étudiée.....	31
1.1.8.3. Valeur nutritionnelle de <i>Limicolaria flammea</i>	34
1.2. Milieu d'étude.....	34
1.2.1. Situation géographique.....	34
1.2.2. Milieu naturel.....	35
1.2.2.1. Données climatiques.....	35
1.2.2.4. Végétation.....	38
1.2.2.5. Faune.....	28
1.2.3. Ferme d'achaticulture de l'Université d'Abobo-Adjamé.....	39
1.2.4. Forêt de l'Université d'Abobo-Adjamé.....	39
Chapitre II: Matériel et méthodes.....	43
2.1. Matériel.....	44
2.1.1. Matériel biologique.....	44
2.1.1.1. Escargots.....	44

2.1.1.2. Aliments.....	44
2.1.2. Matériel d'élevage.....	47
2.1.2.1. Enceintes d'élevage.....	47
2.1.2.2. Enceintes d'incubation.....	51
2.1.2.3. Substrats d'élevage et d'incubation.....	51
2.1.3. Matériel de laboratoire.....	51
2.1.3.1. Instruments de mesure.....	51
2.1.3.2. Instruments d'analyse chimique	51
2. 2. Méthodes.....	53
2.2.1. Etude de l'effet de la densité d'élevage sur les performances biologiques de <i>Limicolaria flammea</i>	53
2.2.1.1. Choix de l'aliment.....	53
2.2.1.2. Etude de l'effet de la densité d'élevage sur la croissance	54
2.2.1.3. Etude de l'effet de la densité d'élevage sur la reproduction	55
2.2.2. Etude du rythme d'activité de <i>Limicolaria flammea</i> en milieu d'élevage....	57
2.2.3. Etude du comportement trophique de <i>Limicolaria flammea</i>	58
2.2.3.1. Choix de l'aliment.....	58
2.2.3.2. Inventaire alimentaire.....	58
2.2.3.3. Préférences alimentaires.....	60
2.2.3.4. Analyse chimique des plantes les plus consommées et des régimes concentrés de farine.....	61
2.2.3.5. Estimation de l'abondance des végétaux.....	66
2.2.3.6. Estimation des ravages sur quelques végétaux	66
2.2.4. Etude de l'effet de la teneur en calcium alimentaire sur les performances biologiques de <i>Limicolaria flammea</i>	67
2.2.4.1. Choix de l'aliment.....	68
2.2.4.2. Elevage des géniteurs et collecte des nouveau-nés.....	68
2.2.4.3. Elevage des nouveau-nés et collecte des paramètres de croissance et de reproduction.....	69
2.2.5. Analyses statistiques.....	70
2.2.5.1. Analyse de variance.....	70
2.2.5.2. Analyse en composantes principales (ACP).....	70
Chapitre III: Résultats et discussion.....	72
3.1. Effet de la densité d'élevage sur les performances biologiques de <i>Limicolaria flammea</i>	73
3.1.1. Effet de la densité d'élevage sur la croissance	73
3.1.2. Effet de la densité d'élevage sur la reproduction	77
3.1.3. Discussion.....	80
3.1.4. Conclusion	85
3.2. Rythme d'activité de <i>Limicolaria flammea</i> en milieu d'élevage.....	86
3.2.1. Discussion.....	89
3.2.2. Conclusion	90
3.3. Comportement trophique de <i>Limicolaria flammea</i>	90
3.3.1. Inventaire alimentaire.....	90
3.3.2. Préférences alimentaires.....	93

3.3.3. Composition chimique des végétaux les mieux consommés	106
3.3.4. Abondance des végétaux.....	112
3.3.5. Ravages sur quelques cultures et plantes sauvages.....	112
3.3.6. Discussion.....	117
3.3.7. Conclusion	120
3.4. Effet de la teneur en calcium alimentaire sur les performances biologiques de <i>Limicolaria flammaea</i>	121
3.4.1. Effets de la teneur en calcium alimentaire sur la croissance.....	121
3.4.2. Effet de la teneur en calcium alimentaire sur la reproduction	126
3.4.3. Valeur nutritionnelle des régimes alimentaires.....	132
3.4.4. Discussion.....	135
3.4.5. Conclusion	140
Conclusion et perspectives.....	141
Conclusion	142
Perspectives.....	143
Références bibliographiques.....	145
Index.....	159
Annexes.....	167

LISTE DES ABREVIATIONS

AOAC:	Association of Official Analytical Chemist
Bnetd:	Bureau national d'études techniques et de développement
CEMV:	Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire
CNF:	Centre National de Floristique
ENSA:	Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie
FILTISAC:	Filature et Tissage des Sacs
HMA:	Hôpital Militaire d'Abidjan
LACENA:	Laboratoire Central de Nutrition Animale
PNB:	Parc National du Banco
SODEXAM:	Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique
SPSS:	Statistical Package for the Social Sciences
UFR:	Unité de Formation et de Recherche

LISTE DES FIGURES

Figure 1:	Classification des Achatinidae.....	8
Figure 2:	Aire de répartition africaine des escargots du genre <i>Limicolaria</i>	9
Figure 3:	Coquilles de l'escargot <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	11
Figure 4:	Structure d'une coquille d'escargot.....	13
Figure 5:	Escargot operculé.....	15
Figure 6:	Opercule vu de dessus et de profil	15
Figure 7:	Description anatomique d'un escargot	17
Figure 8:	Système veineux de l'escargot <i>Helix aspersa</i> (Müller, 1774)	18
Figure 9:	Appareil reproducteur de <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	20
Figure 10:	Système nerveux des escargots	21
Figure 11:	Face inférieure de la sole pédieuse montrant les ondes de reptation, lors de la locomotion d'un escargot	23
Figure 12:	Régulation de la croissance et de la reproduction chez l'escargot.....	29
Figure 13:	Morphologie de l'escargot <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	32
Figure 14:	Diagramme ombrothermique de la station d'Abidjan - Aéroport (moyennes de 1997 à 2007; données de la SODEXAM).....	36
Figure 15:	Localisation de l'Université d'Abobo-Adjamé.....	40
Figure 16:	Des étagères du bâtiment d'élevage.....	41
Figure 17:	Enceinte d'élevage pour l'étude de l'effet de la densité animale et du comportement trophique chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	49
Figure 18:	Enceinte d'élevage pour l'étude de l'effet de la teneur en calcium alimentaire et du rythme d'activité en milieu d'élevage chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	50
Figure 19:	Enceintes d'incubation pour l'élevage de <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	52
Figure 20:	Évolution du poids vif, en fonction du temps, pour quatre densités d'élevage (D ₁₀₀ à D ₄₀₀) chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	75
Figure 21:	Évolution de la longueur de coquille, en fonction du temps, pour quatre densités d'élevage (D ₁₀₀ à D ₄₀₀) chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	76

Figure 22:	Évolution de l'activité en milieu d'élevage, de <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) à différents âges, au cours d'un nycthémère.....	88
Figure 23:	Plantes cultivées préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	94
Figure 24:	Plantes sauvages préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	95
Figure 25:	Résultat d'analyse en composantes principales (ACP) sur les végétaux cultivés les mieux consommés par <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) en fonction de leur composition chimique	110
Figure 26:	Résultat d'analyse en composantes principales (ACP) sur les végétaux sauvages les mieux consommés par <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) en fonction de leur composition chimique	111
Figure 27:	Évolution du poids vif en fonction du temps, chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R_1 à R_5) de teneurs en calcium différentes.....	124
Figure 28:	Évolution de la longueur coquillière en fonction du temps, chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R_1 à R_5) de teneurs en calcium différentes.....	125
Figure 29:	Œufs de <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	131

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I:	Liste des végétaux cultivés proposés à <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) en milieu d'élevage.....	45
Tableau II:	Liste des végétaux sauvages proposés à <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) en milieu d'élevage.....	46
Tableau III:	Composition centésimale (g / 100 g) des trois régimes concentrés de farine.....	48
Tableau IV:	Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de croissance et de mortalité cumulée chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) soumis à quatre densités d'élevage pendant 12 mois.....	74
Tableau V:	Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de croissance pris deux à deux chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	78
Tableau VI:	Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de reproduction chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) soumis à quatre densités d'élevage pendant 12 mois.....	79
Tableau VII:	Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de reproduction pris deux à deux chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	81
Tableau VIII:	Pourcentages d'escargots <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) actifs et inactifs à différentes heures pour des individus ayant des âges différents.....	87
Tableau IX:	Liste des végétaux cultivés consommés par <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) en milieu d'élevage.....	91
Tableau X:	Liste des végétaux sauvages consommés par <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) en milieu d'élevage.....	92
Tableau XI:	Plantes cultivées préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammea</i> (végétaux présentés par couple).....	96
Tableau XII:	Plantes sauvages préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammea</i> (végétaux présentés par couple).....	98
Tableau XIII:	Plantes cultivées préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammea</i> (végétaux présentés par triplet)	99

Tableau XIV: Plantes sauvages préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammaea</i> (végétaux présentés par triplet).....	101
Tableau XV: Plantes cultivées préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammaea</i> (végétaux présentés par quadruplet).....	102
Tableau XVI: Plantes sauvages préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammaea</i> (végétaux présentés par quadruplet).....	103
Tableau XVII: Combinaison de plantes cultivées et sauvages préférentiellement consommées par <i>Limicolaria flammaea</i> (végétaux présentés par couple)....	104
Tableau XVIII: Composition chimique des végétaux cultivés les mieux consommés par <i>Limicolaria flammaea</i> (Müller, 1774).....	107
Tableau XIX: Composition chimique des végétaux sauvages les mieux consommés par <i>Limicolaria flammaea</i> (Müller, 1774).....	108
Tableau XX: Nombre de plantes cultivées observées par cuvette de 100 m ² dans les plantations.....	113
Tableau XXI: Nombre de plantes sauvages observées par cuvette de 100 m ² dans la forêt de l'Université d'Abobo-Adjamé.....	114
Tableau XXII: Estimation des ravages causés par <i>Limicolaria flammaea</i> (Müller, 1774), à court et à moyen termes, sur les végétaux cultivés les mieux consommés.....	115
Tableau XXIII: Estimation des ravages causés par <i>Limicolaria flammaea</i> (Müller, 1774), à court et à moyen termes, sur les végétaux sauvages les mieux consommés.....	116
Tableau XXIV: Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de croissance et de mortalité cumulée chez <i>Limicolaria flammaea</i> (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires de teneurs en calcium différentes, pendant 12 mois.....	122
Tableau XXV: Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de croissance pris deux à deux chez <i>Limicolaria flammaea</i> (Müller, 1774)....	127
Tableau XXVI: Ages, valeurs moyennes de poids vifs et de longueurs de coquilles à la première ponte chez <i>Limicolaria flammaea</i> (Müller, 1774), en fonction des régimes alimentaires.....	128

Tableau XXVII: Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de reproduction chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires de teneurs en calcium différentes, pendant 12 mois.....	129
Tableau XXVIII: Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de reproduction pris deux à deux chez <i>Limicolaria flammea</i> (Müller, 1774).....	133
Tableau XXIX: Valeur nutritionnelle des différents régimes alimentaires (en % de matière sèche).....	134

INTRODUCTION

En Afrique subsaharienne et particulièrement en Côte d'Ivoire, l'escargot constitue une denrée fortement appréciée (ZONGO et al., 1990; OTCHOUMOU et al., 2003a; 2003b; 2004a; 2004b; N'DA et al., 2004). Sa chair tendre, savoureuse, très riche en protéines, en sels minéraux et surtout en fer, représente une source alternative de protéines animales aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain (ABOUA & BOKA, 1996; FABGUARO et al., 2006).

La forte pression de ramassage de ces animaux, du fait de la demande de plus en plus croissante pour la consommation locale et sous-régionale ainsi que la destruction de leur biotope par l'homme et les ennemis naturels sont autant de facteurs qui réduisent énormément les densités d'escargots dans la nature. Face à cette situation, l'approfondissement des connaissances sur leur biologie, leur écologie et surtout la mise au point de techniques d'élevage appropriées contribueraient énormément à leur conservation et à leur gestion efficiente.

Les escargots sont des Mollusques Gastéropodes terrestres, pulmonés, appartenant à l'ordre des Stylommatophores. En Afrique, ils sont regroupés au sein de la famille des Achatinidae. Leur importance pour l'homme n'est plus à démontrer. Notons que depuis le XVII^e siècle, les escargots constituent un modèle privilégié pour la recherche fondamentale et appliquée (MOQUIN-TANDON, 1851). Ils ont été utilisés en neurobiologie, en génétique des populations, en écotoxicologie et en zootechnie (CHASE, 1986; MADEC, 1989; BALABAN, 1993; DUPONT-NIVET et al., 1997a; 1997b; 1998).

De nombreux travaux portant sur les techniques d'élevage (WAITKUWAIT, 1987; UPATHAM et al., 1988; HODASI, 1989; COBBINAH, 1993), le rythme d'activité (HODASI, 1979; OTCHOUMOU et al., 1989-1990; ZONGO et al., 1990), la croissance et la reproduction (HODASI, 1975; CHEVALLIER, 1985; OTCHOUMOU et al., 2003b), la nutrition (IRELAND, 1991; IMEVBORÉ & AJAYI, 1993; OTCHOUMOU, 2005) et les circuits de commercialisation (CODJIA, 2001; EKOUE & KUEVI-AKUE, 2002; KOUASSI, 2008) ont contribué au développement de l'élevage des escargots en Afrique.

La réussite de la production et surtout la vulgarisation de l'achatiniculture passent non seulement par la connaissance des espèces d'escargots les mieux adaptées aux conditions d'élevage, mais aussi par la maîtrise de certains facteurs biotiques et abiotiques qui

influencent directement leur production. Il s'avère donc nécessaire de poursuivre la recherche pour mettre en exergue l'intérêt économique et les possibilités d'élevage à travers la détermination des densités de mise en charge compatibles, les rythmes d'activité, le comportement alimentaire et la formulation d'aliments concentrés susceptibles d'améliorer la croissance et la reproduction des espèces encore mal connues.

Le choix de *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) comme modèle biologique pour notre étude s'explique par le fait qu'à l'instar des escargots géants, cette espèce est consommée dans certaines régions du Nigeria, du Togo, du Liberia, du Bénin (EGONMWAN, 1988; EDJIDIKE et al., 2004; FAGBUARO et al., 2006) et de la Côte d'Ivoire. Cependant, l'approvisionnement des consommateurs se fait essentiellement à partir de produits de ramassage dans la nature. En outre, en Côte d'Ivoire, peu d'espèces d'escargots ont fait l'objet de travaux de recherches, alors que la famille des Achatinidae regorge d'espèces économiquement intéressantes que l'on pourrait valoriser et vulgariser afin de diversifier la culture des escargots. L'essentiel des travaux de recherches déjà réalisés a porté sur le comportement alimentaire, le rythme d'activité, la croissance, la reproduction et les techniques d'élevage de deux espèces du genre *Achatina* (*Achatina achatina* (Linné, 1758) et *A. fulica* (Bowdich, 1720)) et deux espèces du genre *Archachatina* (*Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) et *A. marginata* (Swainson, 1821)).

Bien que présent autour des habitations humaines et dans les plantations, *Limicolaria flammea* demeure encore mal connu en Côte d'Ivoire et l'on dispose de très peu de données concernant sa biologie et son écologie. Notre étude permettra non seulement de mettre en évidence les performances biologiques de l'animal et les normes zootechniques appropriées à son élevage, mais aussi, à valoriser une source insoupçonnée de protéines pour les populations. La maîtrise de la production de ce Mollusque pourrait contribuer d'une part, à combler le déficit en protéines de nombreux ménages, à améliorer les revenus financiers des acteurs de la filière escargot et d'autre part, à acquérir une banque de données scientifiques fiables nécessaires à l'étude et à la gestion durable de ces animaux.

Le présent travail a eu pour cadre la ferme d'achatiniculture de l'Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan-Côte d'Ivoire). Les expériences ont duré 4 ans (de mai 2004 à avril 2008). Il a pour objectif général, de valoriser et de mettre au point une technique de production de l'escargot *Limicolaria flammea* en vue d'une meilleure disponibilité des ressources protéiques et de produire des ressources financières.

Les objectifs spécifiques visent à:

- rechercher l'influence de la densité d'élevage sur la croissance et la reproduction;
- observer le rythme d'activité en milieu d'élevage;
- suivre le comportement alimentaire;
- rechercher l'influence de la teneur en calcium d'aliments composés sur la croissance et la reproduction.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres: le premier présente les généralités sur les escargots, le second traite du matériel et des méthodes d'étude et le troisième est consacré aux résultats et à leur discussion. Nous terminerons par une conclusion suivie de perspectives.

CHAPITRE I:
GÉNÉRALITÉS

1.1. Généralités sur les escargots

1.1.1. Classification

La taxonomie des escargots géants d'Afrique est encore mal connue et même considérée par certains auteurs comme étant complexe et très controversée (MEAD, 1950, 1979; GRASSE et al., 1961). Celle de *Limicolaria flammea* au sein du règne animal reste à être élucidée (EGONMWAN, 1988; STIEVENART & HARDOUIN, 1990; ANONYME, 1999a). Cependant, les travaux sur les escargots géants africains (ABBOTT, 1989), sur la classification des Achatinidae (BEQUAERT, 1950), sur les genres *Burtoa* et *Limicolaria* (CROWLEY & PAIN, 1970), sur l'examen de l'anatomie de l'appareil génital des Achatinidae (MEAD, 1961) et sur la systématique des escargots (THIELE, 1963) ont permis de montrer que *Limicolaria flammea* appartient à:

- l'embranchement des Mollusques: ce sont des animaux aquatiques ou terrestres. Ils sont invertébrés, leur corps est mou, non segmenté et présente une symétrie plus ou moins bilatérale. Ils sont souvent dotés d'une coquille. Cet embranchement est constitué de sept classes dont celle des Gastéropodes à laquelle appartiennent les escargots;
- la classe des Gastéropodes: elle regroupe des Mollusques céphalisés, se déplaçant grâce aux ondes musculaires de la sole de leur "pied". La plupart de ces animaux possède une coquille univalve présentant un enroulement et une torsion dans la région dorsale. Aussi, le manteau suit-il ces déformations et il en résulte une coquille enroulée en spirale. Cette spiralisation implique une torsion de la masse viscérale;
- la sous-classe des Pulmonés: elle comprend les Gastéropodes terrestres ou fluviatiles respirant par un poumon richement vascularisé. Ce poumon débouche sur l'extérieur par un orifice pulmonaire appelé pneumostome. Les Pulmonés comprennent deux grands groupes:
 - l'ordre des Basommatophores: il renferme les escargots d'eau douce;
 - l'ordre des Stylommatophores: il englobe les escargots et les limaces terrestres;

- l'ordre des Stylommatophores: il se caractérise par deux paires de tentacules rétractiles;
- la famille des Achatinidae: issue de la superfamille des Achatinacae (ABBOTT, 1989), cette famille comprend les genres suivants:

Achatina (Lamarck, 1799), *Archachatina* (Albers, 1850), *Atopocochlis* (Muller, 1774), *Burtoa* (Bourguignat, 1889), *Callistopepla* (Ancey, 1888), *Columna* (Perry, 1811), *Lignus* (Gray, 1834), *Limicolaria* (Schumacher, 1817), *Metachatina* (Pilsbry, 1904), *Perideriopsis* (Putzeys, 1898), *Pseudachatina* (Albers, 1850).

Ces genres comprennent au total 67 espèces réparties en 71 taxa (figure 1).

- Le genre *Limicolaria* renferme 10 espèces qui sont:

Limicolaria aurora (Jay, 1839), *Limicolaria charbonnieri* (Bourguignat, 1889), *Limicolaria distincta* (Putzeys, 1898), *Limicolaria martensi* (Martens 1895), *Limicolaria martensiana* (Smith, 1880), *Limicolaria dimidiata* (Martens, 1880), *Limicolaria saturata* (Smith, 1895), *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), *Limicolaria smithii* (Preston, 1906), *Limicolaria kambeul* (Bruguière, 1792).

Certaines de ces espèces comportent des sous-espèces; c'est le cas de:

- *Limicolaria flammea* avec *Limicolaria flammea festiva* (Martens, 1869) et *Limicolaria flammea spekiana* (Grandidier, 1881);
- *Limicolaria kambeul* avec *Limicolaria kambeul turriiformis* (Bruguière, 1792);
- *Limicolaria martensi* avec *Limicolaria martensi karagweensis* (Kobelt, 1913) et *Limicolaria martensi pallidistriga* (Martens, 1895);
- *Limicolaria martensiana* avec *Limicolaria martensiana laikipiaensis* (Smith, 1913);
- *Limicolaria saturata* avec *Limicolaria saturata chromatica* (Pilsbry, 1904).

1.1.2. Distribution géographique de *Limicolaria flammea*

Les Achatinidae sont natifs de l'Afrique. Le premier fossile record y a été observé au Pléistocène (MEAD, 1950). L'aire de répartition géographique des escargots géants africains a été établie par PILSBRY (1919), puis confirmée par CROWLEY & PAIN (1970). Selon ces auteurs, le biotope des escargots du genre *Limicolaria* couvre essentiellement l'Afrique occidentale, l'Afrique centrale, et la moitié ouest de l'Afrique orientale (figure 2).

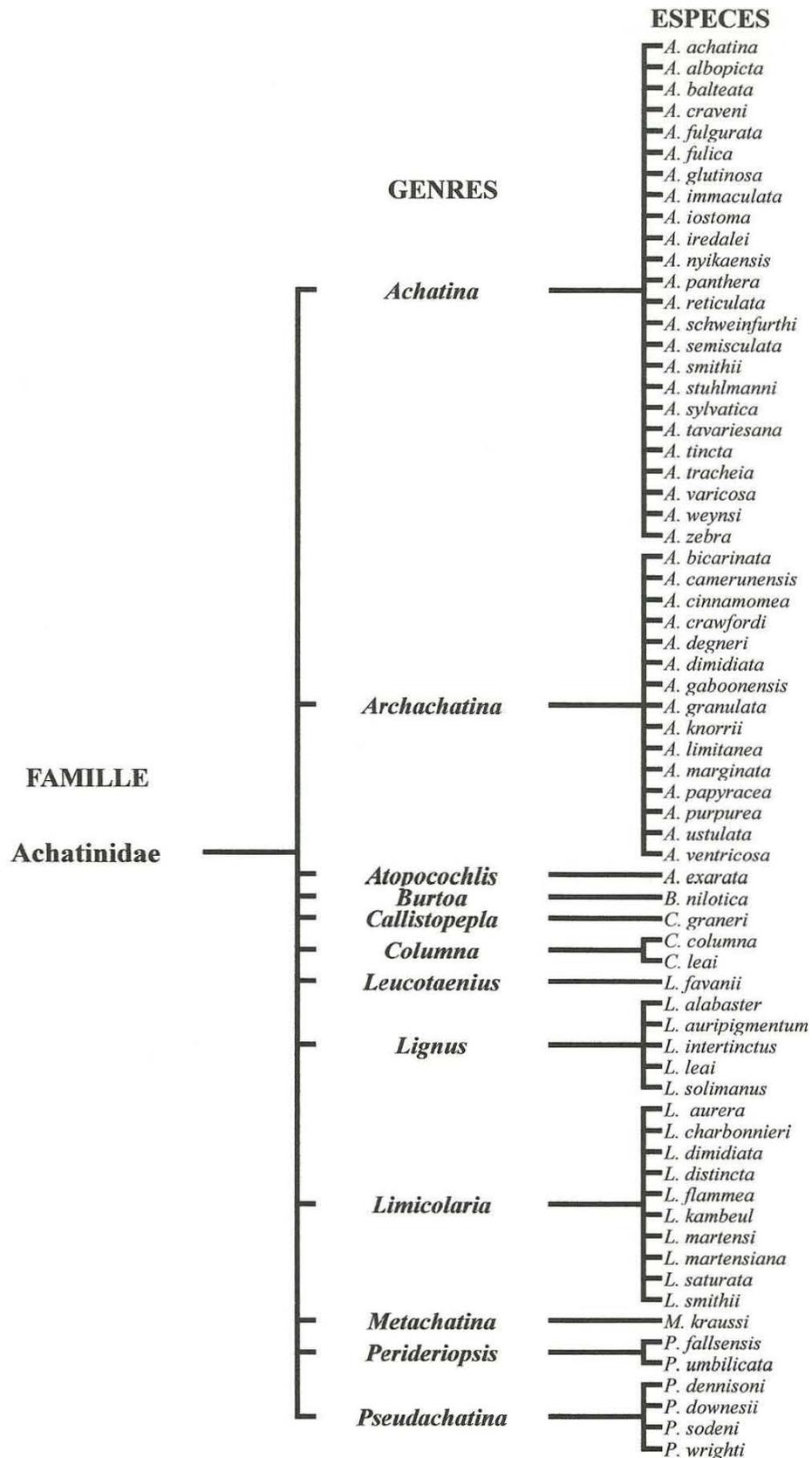


Figure 1: Classification des Achatinidae (ABBOTT, 1989)

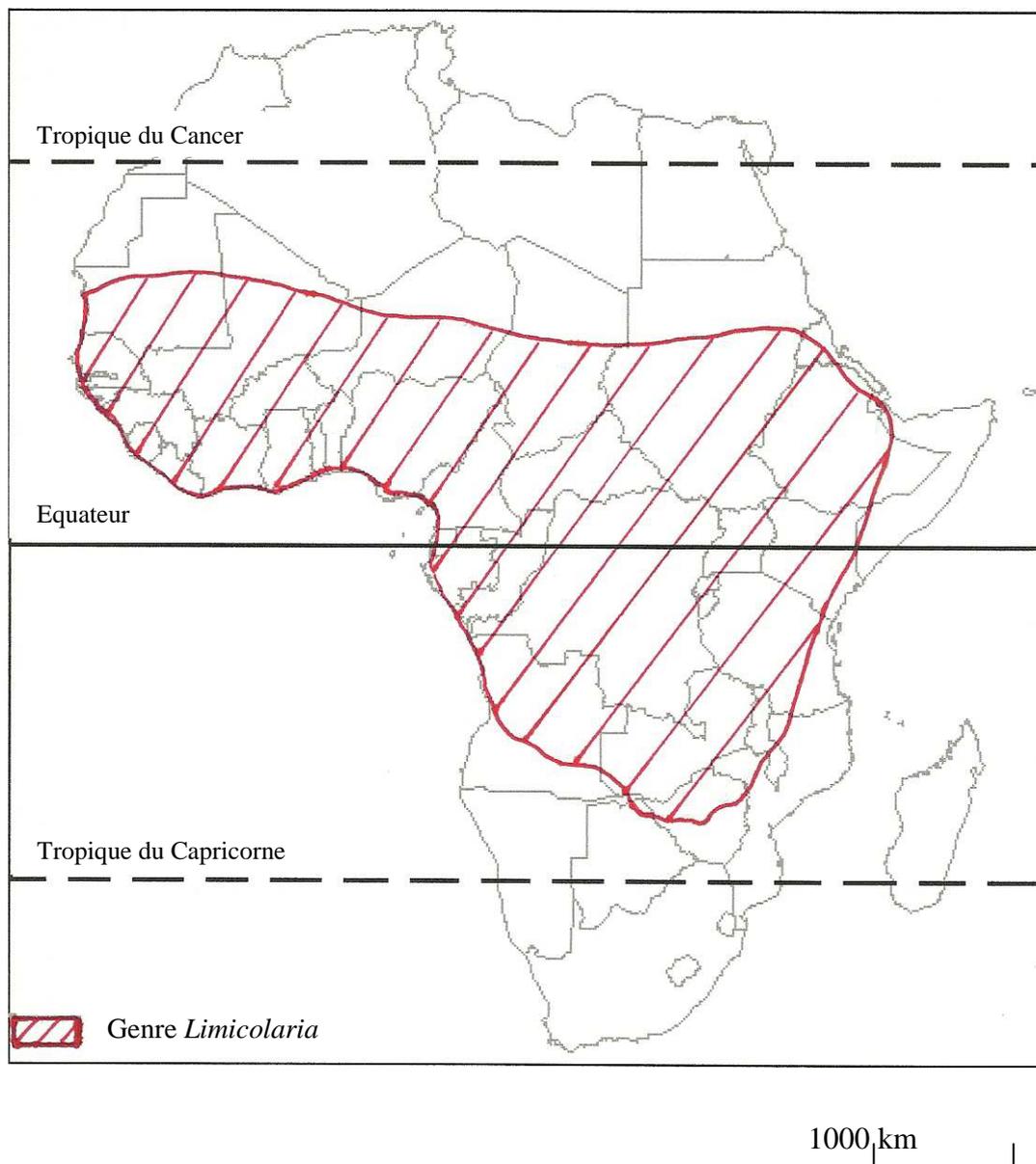


Figure 2: Aire de répartition africaine des escargots du genre *Limicolaria*
(PILSBRY, 1919 modifié)

En Côte d'Ivoire, la faune des Achatinidae est constituée par les genres *Achatina*, *Archachatina*, *Limicolaria*, *Lignus* et *Burtoa*. Leur distribution sur l'ensemble du territoire est encore mal connue, car des études taxonomiques approfondies restent à faire (ANONYME, 1999a).

1.1.3. Description morphologique et anatomique

1.1.3.1. Morphologie

D'une manière générale, le corps d'un escargot est composé de trois parties: la tête, le pied et la coquille univalve qui recouvre la masse viscérale.

a. Tête

Elle est bien différenciée et située à l'extrémité antérieure de l'animal. La tête porte deux paires de tentacules rétractiles dont les supérieurs, plus longs, portent à leurs extrémités les organes de la vue. Les tentacules inférieurs, plus courts, servent au toucher. En outre, la tête comprend la bouche qui, placée en position médiane, est pourvue d'une radula qui est un appareil masticateur caractéristique de l'animal. La bouche est entourée de quatre lèvres dont une inférieure, une supérieure et deux latérales. La tête porte également un orifice génital situé en arrière de l'implantation du grand tentacule droit (PEAKE, 1978).

b. Pied

C'est la partie basse du corps. En effet, l'escargot en extension repose sur le sol par une masse musculaire large ou sole pédieuse (pied), s'étendant en arrière et en avant de la coquille. C'est un organe musculeux, épais, aplati, visqueux qui porte le mollusque et sa coquille. Ce pied sert d'organe de fixation et de locomotion, mais le déplacement se fait par reptation suivant des ondes successives qui se propagent le long de la sole pédieuse (PEAKE, 1978).

c. Coquille

La coquille de l'escargot (figure 3) est un squelette externe formé par la face dorsale et le bord libre du manteau. Elle est essentiellement composée de carbonate de calcium. Elle est spiralée, de forme et de couleur variables selon les espèces.

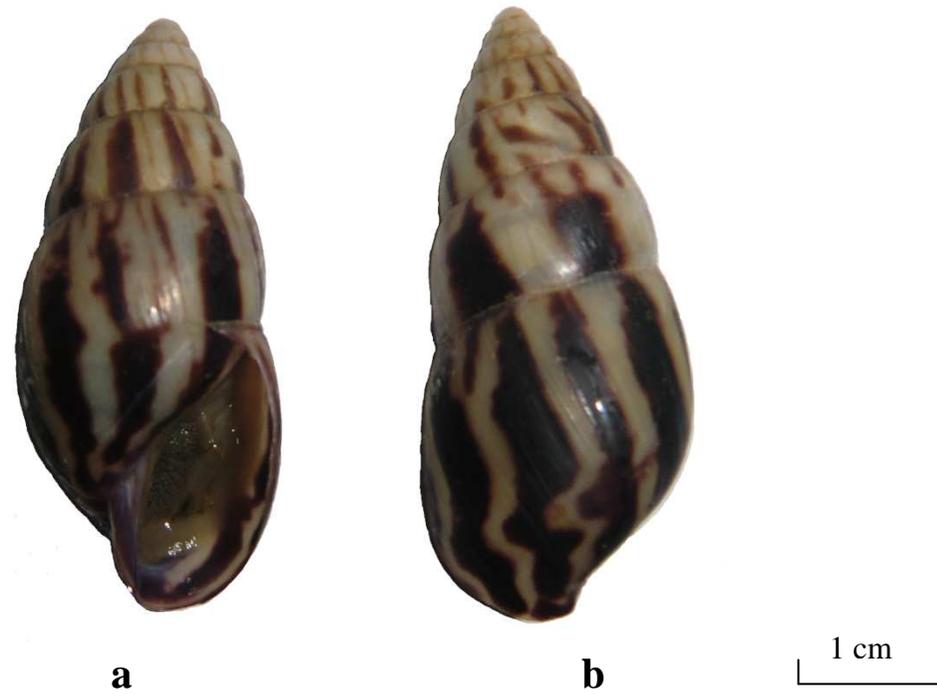


Figure 3: Coquilles de l'escargot *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

a: vue de face

b: vue de dos

La coquille, univalve, est constituée par l'agencement tubulaire de sections ovalaires d'une spire hélicoïdale dextre s'enroulant autour d'un axe vertical plein appelé columelle. Le dernier tour de cette spire aboutit à l'ouverture de la coquille limitée par le péristome.

Du point de vue structural, la coquille est constituée de trois couches différentes sécrétées par le manteau (ROUSSELET, 1979). De l'extérieur vers l'intérieur, on distingue (figure 4):

- le *péριοstracum* (A), une mince couche cuticulaire de conchyoline qui recouvre la coquille et la rend luisante. C'est une sorte de vernis protecteur très résistant sécrété par un sillon glandulaire du bord du manteau. C'est là que sont localisés les colorants pour la couleur de la coquille;

- l'*ostracum* (BC) qui est l'ossature de la coquille, constituée de prismes de calcite ayant cristallisé au sein d'une matrice protéique. Ces prismes sont disposés perpendiculairement à la surface de la coquille;

- l'*hypostracum* ou la couche lamelleuse (D), sécrétée par toute la surface dorsale du manteau, résulte d'empilements réguliers de lames de conchyoline et de carbonate de calcium. Toutes les couches sont parallèles entre elles et à la surface de la coquille, imbriquées comme les tuiles d'un toit.

La coquille représente en moyenne 27 à 35 % du poids total de l'animal (ROUSSELET, 1982; CHEVALLIER, 1985; BONNET et al., 1990; STIEVENART, 1996).

d. Autres structures

• Peau

La peau de l'escargot possède un épiderme qui présente deux types de cellules. On distingue d'une part, les cellules de revêtement qui recouvrent la partie de la peau en dessous de la coquille et les organes sortant de celle-ci. Elles permettent à l'animal, soit de limiter sa déshydratation, soit inversement de se réhydrater (ROUSSELET, 1982). D'autre part, on a les cellules glandulaires qui sont de trois types:

- les cellules à mucus sécrétant le mucus qui recouvre tout le corps en le maintenant toujours humide et souple;
- les cellules calcaires et les cellules à conchyoline qui ont un rôle primordial dans l'élaboration, la réparation de la coquille et dans la formation de l'opercule ou épiphragme calcaire.

La peau est munie de nombreux pores permettant la régulation de l'humidité.

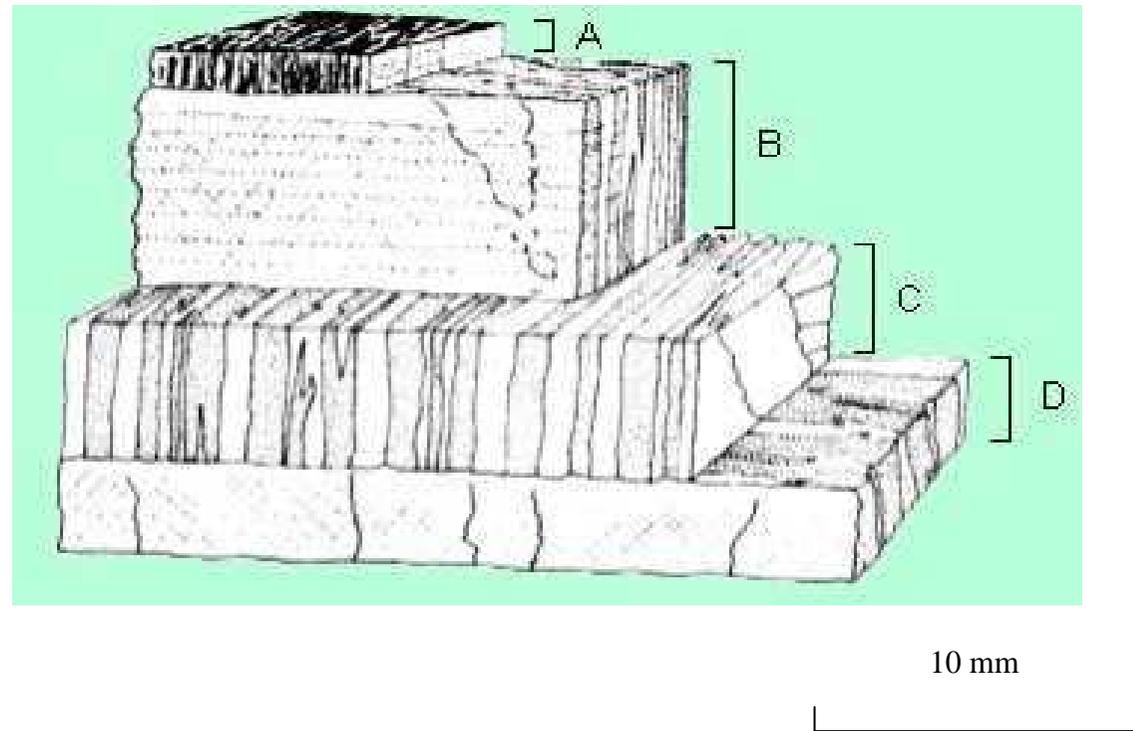


Figure 4: Structure d'une coquille d'escargot (TOMPA, 1984)

A: *péριοstracum*; BC: *ostracum*; D: *hypostracum*

● **Mucus**

Il est sécrété par des glandes situées dans la partie antérieure du pied et sur le reste du corps en dehors de la coquille. Il entre dans la composition de la coquille en ce sens qu'il contient du calcium qui sert à la croissance de celle-ci. Il protège l'escargot contre la perte d'eau et contribue à sa régulation thermique. Le mucus est un mélange de plusieurs composés tels que l'allantoïne, le collagène et l'élastine qui lui permettent à la fois d'avancer plus facilement en glissant sur les obstacles et de se fixer même verticalement sur certains supports. Il est épais, il durcit et sèche au contact de l'air en laissant une traînée brillante à la lumière lorsque l'animal se déplace. Le mucus protège l'escargot des agressions extérieures, bactériennes et fongiques. Il permet à l'animal de se débarrasser de substances comme les métaux lourds (TOMPA, 1984). Par ailleurs, la richesse du mucus en acide sialique, cible du virus de la grippe amène les chercheurs à se poser des questions sur la capacité des escargots à abriter une partie du cycle de ce virus.

● **Opercule**

L'opercule est un mince couvercle qui obture temporairement la coquille des Mollusques Gastéropodes (figure 5). Il s'agit en fait d'un voile de mucus plus ou moins imprégné de calcaire produit par des replis muqueux entourant le pneumostome et qui ferme l'ouverture de la coquille. Il se solidifie en séchant. Cette membrane protectrice est indispensable à l'estivation ou à l'hibernation (AUBERT, 1986).

Beaucoup d'Achatinidae sont capables de sécréter un opercule protecteur pour fermer temporairement l'ouverture de leurs coquilles; ce qui est considéré, pour les espèces vivant en milieux secs d'Afrique, comme une grande valeur de survie (PILSBRY, 1919; HODASI, 1982). L'opercule peut être fin, c'est à dire une simple protection de mucus lorsque la période d'inactivité est courte ou encore être une fermeture solide, consistante: on parlera alors d'épiphragme. Celui-ci protège l'escargot de la déshydratation en cas d'estivation ou d'hibernation trop longue (PEAKE, 1978). L'observation attentive d'un opercule permet d'y voir un orifice (une fente) par lequel s'effectuent les échanges gazeux avec l'extérieur (figure 6) (SPEISER, 2001).



Figure 5: Escargot operculé

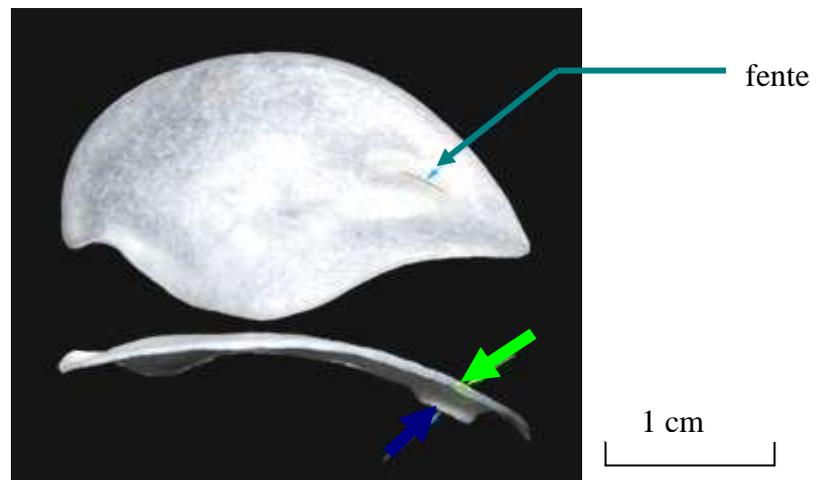


Figure 6: Opercule vu de dessus et de profil
(SPEISER, 2001)

NB: flèches bleue et verte: sens de la circulation de l'air

1.1.3.2. Anatomie

a. Masse viscérale

Un escargot retiré de sa coquille présente deux parties distinctes (figure 7):

- une zone antérieure recouverte par le manteau dont le plafond, richement vascularisé, correspond au poumon;
- une zone postérieure qui est la masse viscérale proprement dite portant les organes vitaux de l'animal (cœur, rein, glande digestive, glande de l'albumen) (MARCHE-MARCHARD, 1977).

b. Différents appareils

• Appareil digestif

Chez tous les Gastéropodes, l'appareil digestif a la forme d'un "V" par suite de la torsion de 180° de la région dorsale. Ainsi, l'anus se trouve-t-il vers l'avant droit de l'animal, rapproché de la bouche. La bouche donne accès à un bulbe buccal musculeux dotée d'une langue trapue, recouverte d'une lame chitineuse appelée "radula": c'est l'appareil masticateur. Elle est garnie de milliers de dents microscopiques disposées en rangées parallèles. La cavité buccale se poursuit par l'œsophage à la surface duquel se trouve une paire de glandes salivaires, le jabot qui réalise la pointe du "V", l'estomac, l'intestin accolé à l'hépatopancréas sur toute sa longueur et enfin le rectum débouchant près du pneumostome par l'anus (ROUSSELET, 1982).

En présence des diastases sécrétées par les glandes salivaires, l'hépatopancréas assure la fonction de digestion. Elle est constituée de trois types de cellules:

- les cellules sécrétoires;
- les cellules de résorption;
- les cellules calcaires.

• Appareil circulatoire

Le sang de l'escargot est un liquide pâle appelé hémolymphe. L'oxygène y est porté par l'hémocyanine qui est une chromoprotéine assurant la même fonction que l'hémoglobine des Mammifères. L'hémocyanine devient bleue au contact de l'air. L'appareil circulatoire est ouvert et met l'hémocyanine directement en contact avec les tissus (figure 8).

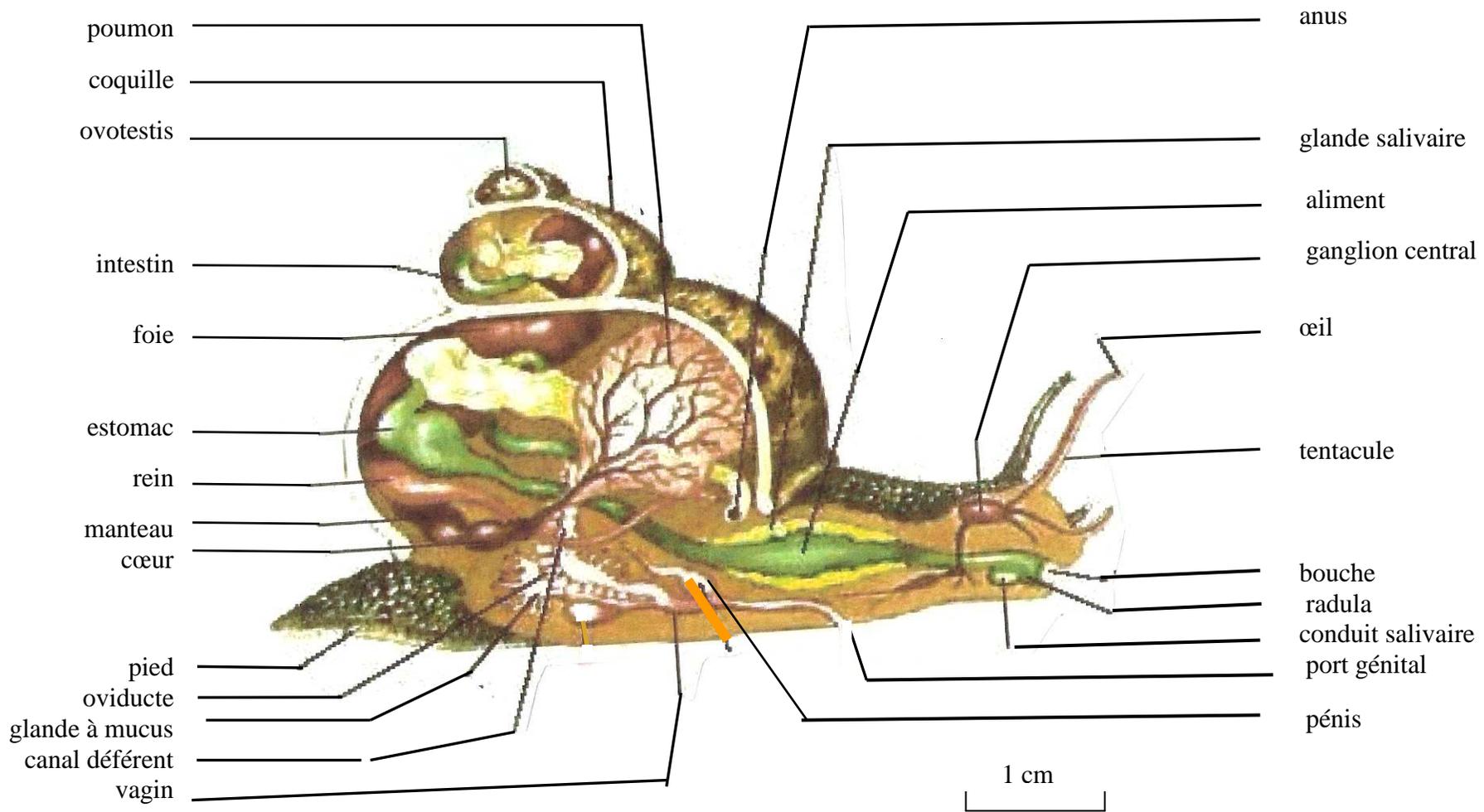


Figure 7: Description anatomique d'un escargot (TOMPA, 1984)

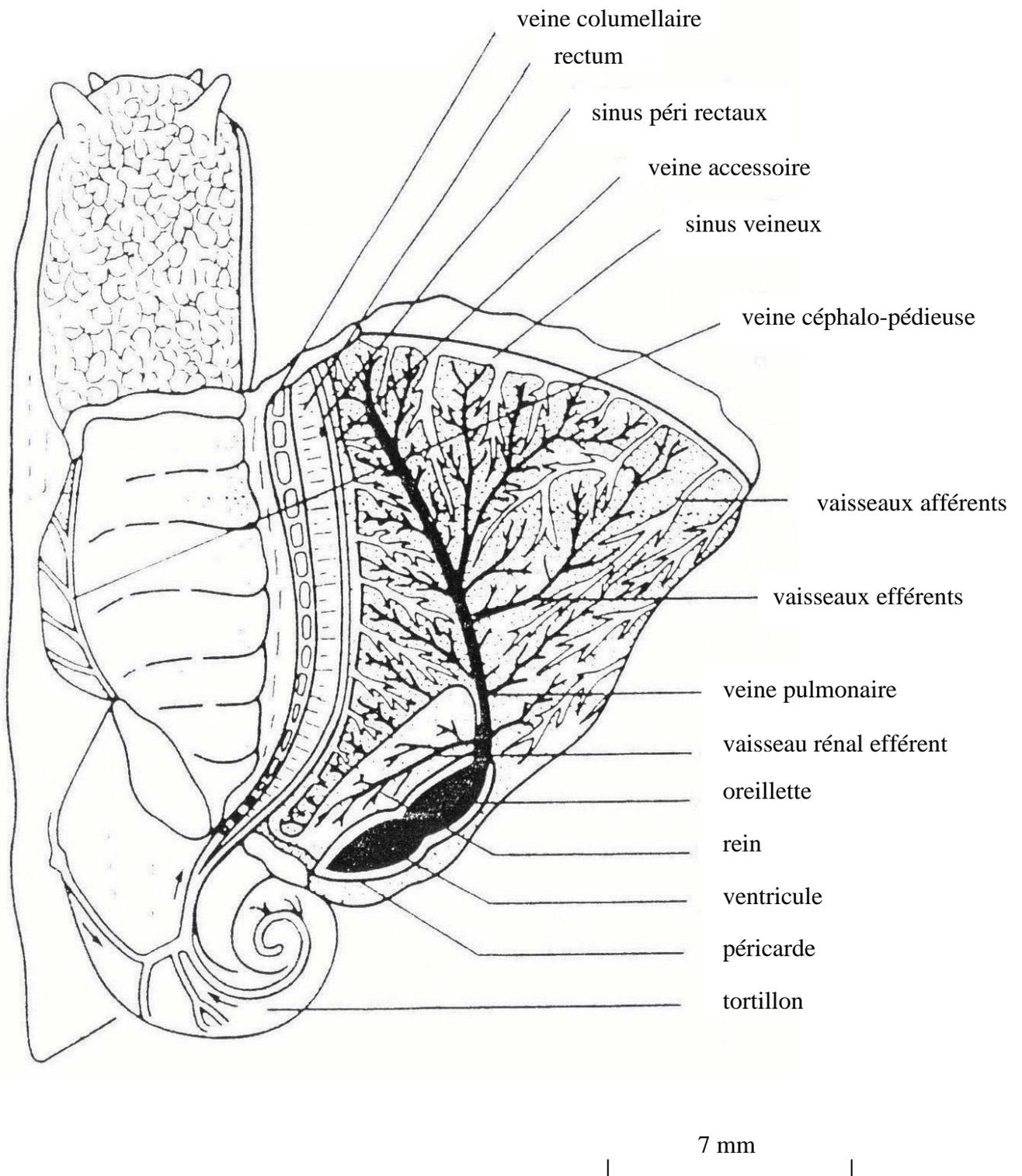


Figure 8: Système veineux de l'escargot *Helix aspersa* (Müller, 1774)
(CHEVALLIER, 1982)

Le cœur baigne dans le liquide péricardique. Il n'est formé que d'une oreillette piriforme, d'un ventricule allongé d'où partent deux aortes (BEAUMONT & CASSIER, 1998). L'aorte antérieure irrigue le pied et la région céphalique. L'aorte postérieure inonde la quasi-totalité du tortillon viscéral. Ces deux aortes envoient des artères aux différents organes et un système de tissus veineux ramène le sang au cœur (CHEVALIER, 1985). La fréquence cardiaque est étroitement liée à la température et à l'état physiologique de l'animal.

• **Appareil respiratoire**

Le poumon est plaqué contre la coquille. Il est formé de fines ramifications dans lesquelles s'effectue l'oxygénation du sang. Il communique avec l'extérieur par le pneumostome qui s'ouvre et se referme continuellement pendant la respiration. L'escargot a également une respiration cutanée (CHEVALLIER, 1985).

• **Appareil excréteur**

Il est représenté par un rein rudimentaire unique appelé organe de BOJANUS. Ce rein est situé du côté gauche de l'animal entre le cœur et le rectum. Il assure l'élimination des déchets par le pore urinaire situé entre l'anus et le pneumostome (PEAKE, 1978).

• **Appareil génital**

L'escargot est un animal hermaphrodite vrai, c'est-à-dire qu'il est mâle et femelle à la même période. Son appareil génital est complexe et occupe une grande partie de la cavité viscérale (CHEVALLIER, 1982). Il comprend:

- une partie initiale hermaphrodite: l'ovotestis qui produit les spermatozoïdes et les ovules;
- une partie intermédiaire regroupant les voies mâle et femelle: l'ovispermiducte;
- une partie terminale où se rejoignent ces voies pour aboutir à un orifice génital commun (figure 9).

L'escargot est habituellement ovipare et bien qu'il soit hermaphrodite, des accouplements sont nécessaires pour qu'il y ait fécondation et ponte (CODJIA & NOUMOUVI, 2002).

• **Système nerveux**

Il est composé par une paire de ganglions stomatogastriques qui innerve la plus grande partie du tube digestif et un système nerveux central condensé (figure 10).

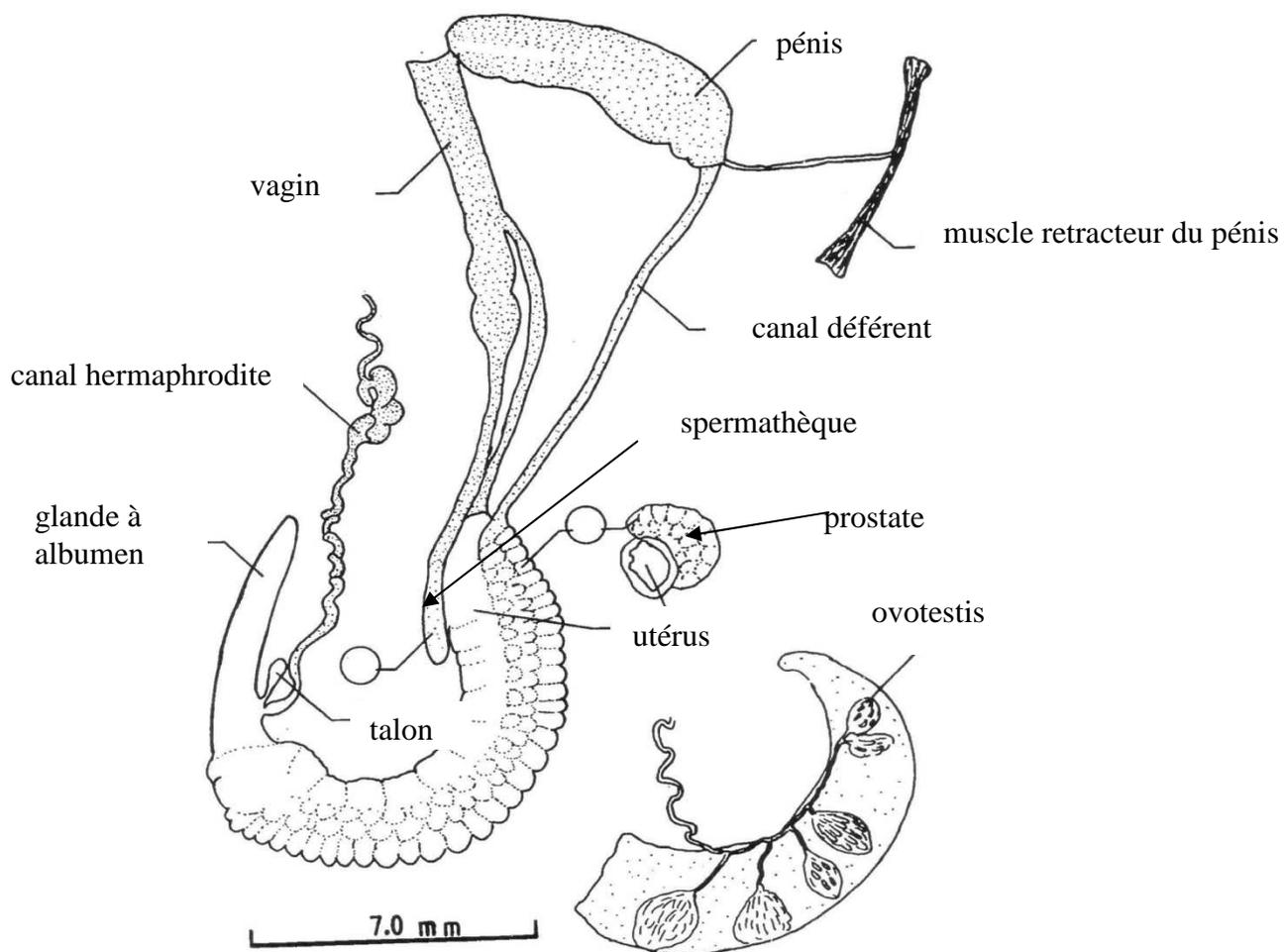


Figure 9: Appareil reproducteur de *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)
(EGONMWAN, 2004)

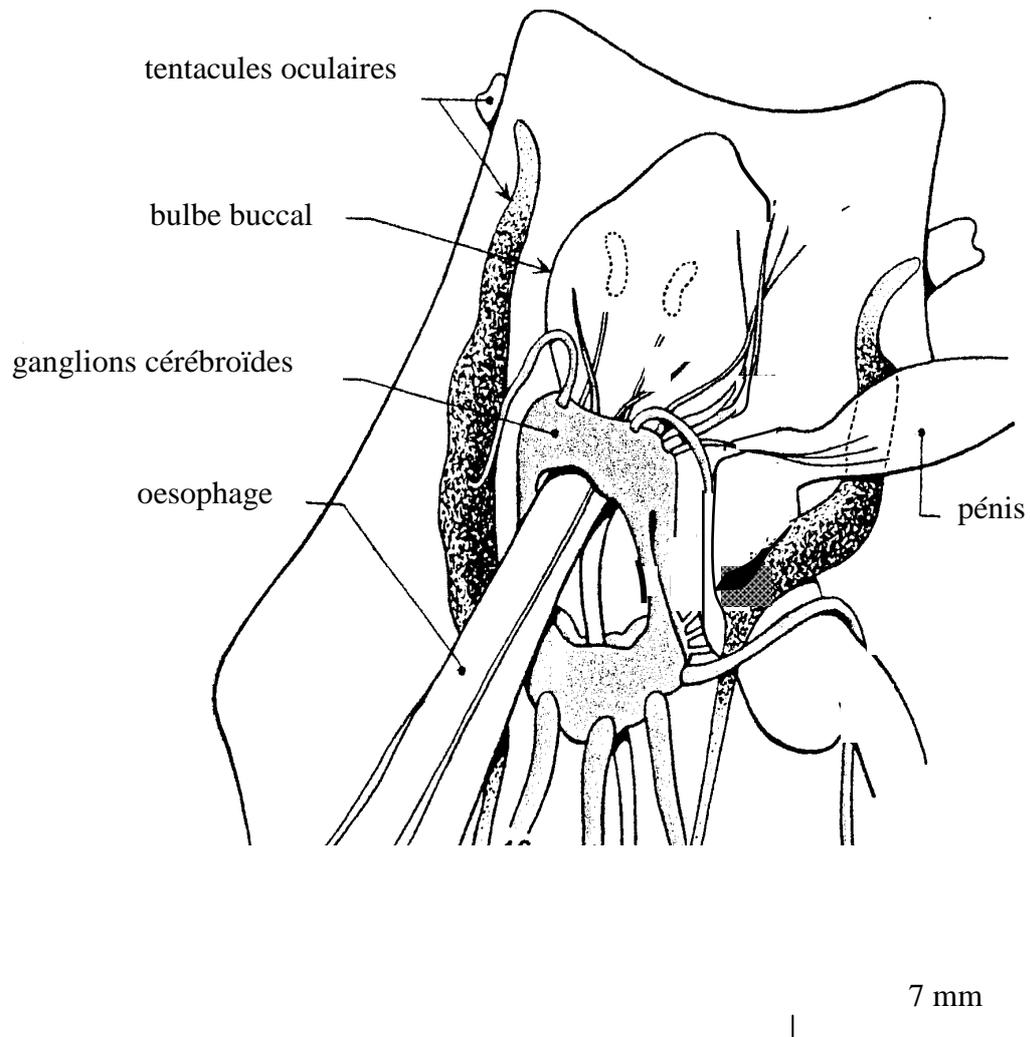


Figure 10: Système nerveux des escargots (BEAUMONT & CASSIER, 1998)

Le cerveau est relié à une masse ganglionnaire sous-œsophagienne qui comprend:

- les ganglions cérébroïdes;
- les ganglions pédieux;
- les ganglions viscéraux.

La peau de l'escargot est parsemée de cellules neuro-épithéliales responsables des sensibilités tactile et olfactive. En fait, l'escargot est doué d'une sensibilité tactile généralisée sur toutes les portions du corps non recouvertes par la coquille, mais aiguë surtout au bord du pied et dans la portion antérieure du corps, particulièrement autour de la bouche et sur les extrémités des deux paires de tentacules où elle atteint son maximum d'acuité (CHEVALIER, 1985). L'escargot sent les odeurs par la surface entière de son corps. Cette sensibilité est maximale au niveau de la tête (tentacules, lèvres...). Au niveau des ganglions nerveux pédieux, se trouvent des otocystes qui représentent l'organe de l'équilibre et celui de l'ouïe. La vue est assurée par un œil rudimentaire situé sur la face interne de chacun des longs tentacules. Pour goûter, l'escargot utilise ses courts tentacules inférieurs (BEAUMONT & CASSIER, 1998).

1.1.4. Biologie

1.1.4.1. Locomotion

L'escargot se déplace en contractant et relâchant les muscles du pied (PEAKE, 1978). Il y a deux ensembles de muscles, chacun exécutant une tâche différente. Pour avancer, le premier ensemble se contracte, tirant l'animal vers l'avant et le poussant de l'arrière. En même temps, le deuxième ensemble tire la surface extérieure de la plante du pied vers l'avant. Les deux ensembles peuvent se déplacer séparément, créant ainsi une sorte de locomotion appelée reptation (figure 11). Grâce à son mucus, l'escargot peut se déplacer par-dessus le matériel rugueux ou tranchant et ramper sur les surfaces verticales (TAKEDA & OZAKI, 1986b). Il faut signaler que l'escargot se déplace seulement vers l'avant.

1.1.4.2. Activités trophiques

L'escargot géant africain a un régime essentiellement végétarien, avec des préférences qui varient avec les besoins du moment (HODASI, 1979; FAO, 1988). De nombreuses espèces végétales ont été testées au cours d'expériences d'inventaires alimentaires (AJAYI *et al.*, 1978; HODASI, 1986; COBBINAH & OSEI-N'KROUMAH, 1988; OTCHOUMOU *et al.*, 1989-1990; EGONMWAN, 1991; IMEVBOR & AJAYI, 1993; AWAH & NANA, 1995;

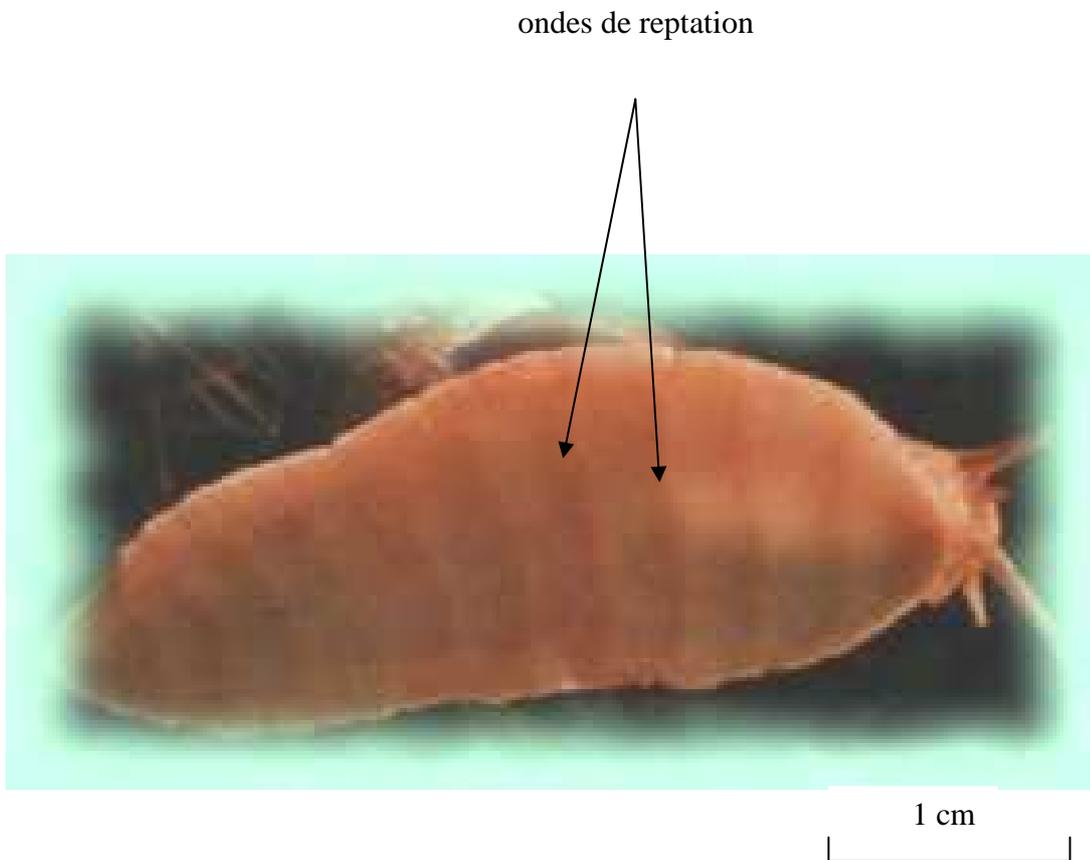


Figure 11: Face inférieure de la sole pédieuse montrant les ondes de reptation, lors de la locomotion d'un escargot (PEAKE, 1978)

HODASI, 1995; OTCHOUMOU *et al.*, 2004a). Ces travaux ont montré que le *preferendum* alimentaire varie avec l'âge des individus. Pour leur croissance, les plus jeunes préfèrent les feuilles tendres alors que les reproducteurs choisissent les fruits (STIEVENART, 1996). En effet, les escargots se nourrissent dans une gamme très variée de végétaux allant des racines aux feuilles en passant par les tubercules et les fruits (HARDOUIN *et al.*, 1995). Par ailleurs, STIEVENART & HARDOUIN (1990) ont montré que l'escargot peut être saprophage, coprophage et même pratiquer du cannibalisme sur des sujets malades ou moribonds. Les besoins en éléments minéraux sont énormes, surtout pour la production de la coquille et la formation de l'œuf et de ses enveloppes. Ainsi, en élevage, la nutrition des escargots doit-elle couvrir les besoins particulièrement importants en calcium et en protéines, éléments indispensables à leur croissance pondérale et coquillière.

1.1.4.3. Reproduction

L'escargot est un animal ovipare et hermaphrodite; c'est-à-dire qu'il est à la fois mâle et femelle. Il s'agit d'un hermaphrodisme protandre en ce sens que dans une même lignée de cellules souches, les spermatogonies évoluent rapidement en spermatozoïdes par rapport aux ovogonies qui donneront plus tard les ovules (N'DA *et al.*, 2004; OTCHOUMOU, 2005). L'accouplement est nécessaire pour la reproduction naturelle; on parle de reproduction croisée (CODJIA & NOUMONVI, 2002).

L'âge de la maturité sexuelle est l'âge auquel les individus deviennent capables de produire des gamètes mâles et femelles fécondants et fécondables. Cette phase de la vie de l'escargot est influencée par l'espèce, l'alimentation et les conditions environnementales (ROUSSELET, 1979; ZONGO *et al.*, 1990).

Au moment de l'accouplement, chaque partenaire introduit son pénis dans le vagin de l'autre et y dépose du sperme à l'aide de son spermatophore. Le sperme gagne ensuite le réceptacle séminal d'où les spermatozoïdes remonteront par l'ovispermiducte jusqu'au canal hermaphrodite où ils pourront féconder les ovules libérés par l'ovotestis (STIEVENART & HARDOUIN, 1990). Selon CHEVALLIER (1985), la fréquence des accouplements et celle des pontes sont en relation avec les conditions du milieu. Les accouplements ne sont pas toujours suivis de ponte. Ils consistent en un échange de sperme et sa durée varie selon l'espèce d'escargot.

Pour un éleveur, il est indispensable de chiffrer les performances de croissance et reproduction des escargots mis en culture.

Au niveau de la croissance, l'on distingue deux facteurs:

- le taux de croissance qui est la variation de la croissance par rapport au temps,
- le rendement écologique de croissance qui désigne le taux de production par rapport à la quantité d'aliment ingéré (CHEVALIER, 1985).

Au niveau de la reproduction, la fertilité, la fécondité et le rendement de reproduction sont autant de paramètres chiffrables dont les valeurs permettent à l'achaticulteur de juger des qualités zootechniques de son travail et de comparer ses résultats à ceux d'autres éleveurs ou à ceux de la recherche scientifique (CHEVALLIER, 1985).

La fertilité est la potentialité de reproduction d'un ensemble d'animaux adultes. Elle s'exprime par deux indices:

- le taux d'accouplement qui désigne le pourcentage d'individus s'étant accouplés au moins une fois;
- le taux de reproduction qui correspond au pourcentage d'animaux ayant pondu.

La fécondité (ou la prolificité) correspond à la production effective d'œufs ou de petits escargots par reproducteurs ayant pondu. Elle est chiffrée par:

- le nombre moyen d'œufs par ponte;
- le nombre moyen de pontes par pondeur;
- le nombre moyen d'œufs produits par pondeur;
- le nombre moyen d'œufs éclos par pondeur.

Le rendement de reproduction correspond à la fécondité calculée sur l'ensemble des reproducteurs (escargots mis à reproduire, pondeurs et non pondeurs confondus). Ce rendement se chiffre par:

- le nombre moyen de pontes par reproducteur;

- le nombre moyen d'œufs produits par reproducteur;
- le nombre moyen d'œufs éclos par reproducteur.

1.1.5. Écologie et éthologie

La niche écologique des escargots est très variée. Leur étonnante faculté d'adaptation leur permet de survivre même lorsque les conditions climatiques et le manque d'aliment semblent rendre la vie impossible. Ces mollusques opposent à toute difficulté, une résistance passive, en évitant de gaspiller leur énergie. Leur capacité de jeûne est extraordinaire (ZONGO, 1994).

1.1.5.1. Rythme de vie

La vie des Achatinidae est rythmée par deux grandes phases:

- une phase de vie active pendant la saison des pluies. L'escargot rampe à la recherche de nourriture ou de partenaire sexuel.
- Une phase de vie ralentie en saison sèche. L'animal mène une vie léthargique qui se traduit par une estivation au cours des mois chauds de l'année et une hibernation durant l'harmattan (décembre à février). Cette léthargie considérée comme un "repos physiologique", se caractérise par la formation d'un opercule par l'escargot après s'être enfoui dans le sol ou s'être fixé à un support. Ce phénomène disparaît et l'escargot redevient actif dès les premières pluies.

1.1.5.2. Activités journalières

A l'instar de nombreux invertébrés, les principales fonctions physiologiques de l'escargot sont très dépendantes des conditions du milieu de vie. Ainsi, les Achatinidae présentent-ils une activité journalière rythmée par le cycle jour-nuit. Cependant, cette activité est inhibée par des conditions défavorables de température et d'humidité relative de l'air (CHEVALLIER, 1974; BAILEY, 1975, 1981; STIEVENART, 1990).

L'escargot géant africain est essentiellement actif pendant la nuit (HODASI, 1979; OTCHOUMOU *et al.*, 1989-1990; ZONGO *et al.*, 1990). Par ailleurs, STIEVENART (1996) signale des activités diurnes au crépuscule et à l'aurore, surtout après des pluies.

1.1.5.3. Influence des facteurs environnementaux

a. Eau

L'eau est indispensable à la vie de l'escargot. Cet animal préfère un taux élevé d'humidité relative de l'air ambiant ($\geq 75\%$) (TAKEDA & OZAKI, 1986a). Il est d'ailleurs actif durant les périodes humides du jour (aurore et crépuscule) et pendant la nuit, en dehors desquelles il s'abrite sous la végétation ou sous d'autres matériaux (STIEVENART & HARDOUIN, 1990). Par ailleurs, l'eau de boisson constitue aussi le support idéal pour la propagation et la multiplication d'agents pathogènes (KLEIN, 1987). C'est pourquoi le respect des règles d'hygiène est primordial en milieu d'élevage.

b. Air

L'air est indispensable à la respiration, mais les courants d'air, les vents sec et froid sont nocifs pour l'escargot en ce sens qu'ils absorbent la rosée et déshydratent l'animal.

c. Température

L'escargot est poïkilotherme; c'est-à-dire qu'il ne contrôle pas sa température corporelle. Ainsi, ses fonctions physiologiques sont-elles directement influencées par la température du milieu extérieur. La température joue un rôle important dans le rythme de vie de l'escargot (ZONGO, 1994).

d. Sol

La qualité de la portion de terre sur laquelle vit l'escargot est d'autant plus importante que celui-ci mène une partie de sa vie en surface et une autre partie dans le sol même. Un bon élevage nécessite une terre humide, aérée avec un pH neutre ou légèrement acide. Le contact avec la terre semble indispensable à la bonne croissance des escargots. La terre leur apportera divers sels minéraux dont le carbonate de calcium, le magnésium ainsi que d'autres substances présentes dans la matière organique dont, peut-être, les facteurs de stimulation de la croissance (GOMONT *et al.*, 1989). Aussi, un substrat de qualité agit-il positivement sur la reproduction des escargots, autrement dit, sur le taux d'éclosion des œufs (STIEVENART & HARDOUIN, 1990; KOUASSI *et al.*, 2007b).

e. Lumière

La lumière influence la croissance et les fonctions de reproduction de l'escargot (ROUSSELET, 1982). Ainsi, EGONMWAN (1991) a montré que *Limicolaria flammea* soumis à 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité a une croissance supérieure à celle des individus de la même espèce soumis à 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité. Pour OTCHOUMOU (1997), une photopériode de 12 heures de lumière / 24 améliore la croissance et la reproduction chez *Achatina achatina*, *Achatina fulica* et *Archachatina marginata* variété *ventricosa*.

f. Densité d'élevage

En milieu d'élevage, l'escargot est sensible à la densité de mise en charge (CHEVALLIER, 1985). Pour rentabiliser ses installations, l'éleveur devra rechercher à placer le plus grand nombre possible d'animaux au mètre carré, à condition que cette densité n'entraîne pas de troubles chez les animaux.

D'une façon générale, la densité de mise en charge influence aussi bien la croissance que la reproduction des Achatinidae. Ainsi, les résultats de OTCHOUMOU (1997) sur *Achatina fulica* ont-ils montré que cet escargot présente une croissance et une reproduction maximales avec une densité de 50 escargots / m², alors que ces performances diminuent au fur et à mesure que la densité augmente.

1.1.6. Facteurs de régulation de la croissance et de la reproduction

Les escargots sont des animaux poïkilothermes et leur épanouissement physiologique est fortement dépendant des conditions du milieu extérieur (ROUSSELET, 1979; CHEVALLIER, 1985). Ainsi, GOMOT & DERAY (1987) ont-ils montré que la croissance et la reproduction des Achatinidae sont régulées par certains facteurs comme l'alimentation, la densité animale, la température, l'humidité relative de l'air et la photopériode. Ces auteurs ont proposé une régulation neuro-hormonale (à différents degrés) de la croissance et de la reproduction des escargots par ces différents facteurs du milieu (figure 12).

1.1.7. Ennemis naturels des escargots

Les œufs d'escargot sont attaqués par des vers Nématodes de la famille des Rhabditidae. Ces vers sont souvent observés dans le vitellus d'œufs abortifs. De même, certains Arthropodes comme les larves carnivores de Diptères, d'Acariens et de Collembolles exercent une action destructrice sur les œufs (CHEVALLIER, 1985).

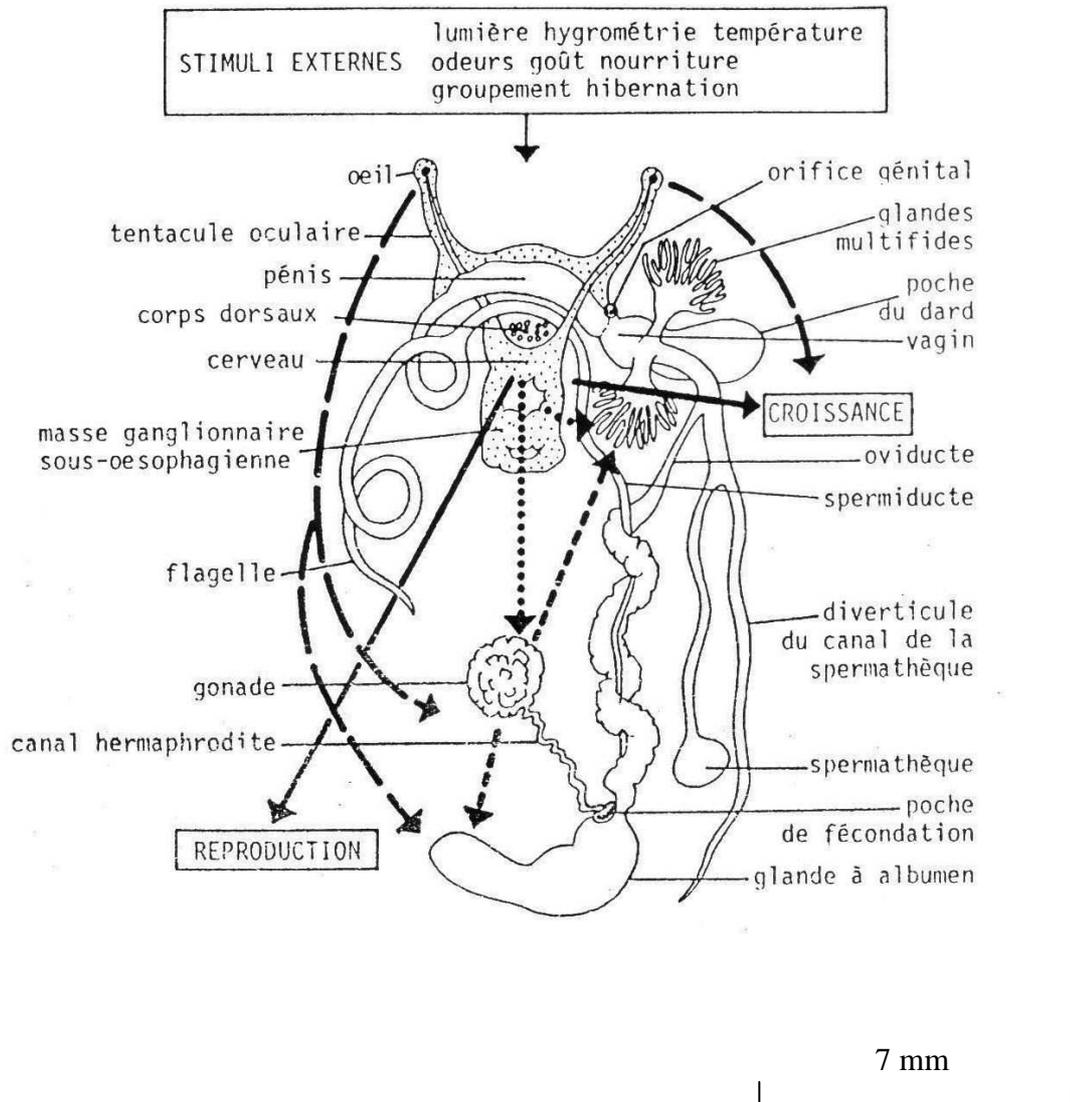


Figure 12: Régulation de la croissance et de la reproduction chez l'escargot (GOMOT & DERAY, 1987)

Légende:

- > Très forte régulation neuro-hormonale
- > Forte régulation neuro-hormonale
- > Moyenne régulation neuro-hormonale
-> Faible régulation neuro-hormonale

Les escargots jeunes et adultes comptent de nombreux prédateurs parmi les Insectes (fourmis, scarabées), les Myriapodes (scolopendres), les Batraciens (crapauds, grenouilles), les Reptiles (lézards, couleuvres), les Oiseaux (corbeaux) et les Mammifères (souris, rats, hérisson).

Les escargots adultes peuvent eux-mêmes être touchés par des agents pathogènes pouvant avoir une influence sur la reproduction (RAUT, 1993). Au nombre des parasites, on peut citer:

- le genre *Riccardoella*, un Acarien qui suce l'hémolymphe de l'escargot le rendant sensible à d'autres parasites. Il a été observé chez *Achatina fulica*;

- *Angiostoma aspersa*, un Nématode dont les larves se logent entre le corps et la coquille de l'escargot, capable de désolidariser le manteau de la coquille (TOMPA, 1984).

L'escargot malade présente un corps soit rétracté dans la coquille, soit sorti de cette dernière mais lâche et/ou gonflé (ZONGO, 1994).

Au niveau des escargots d'Europe, ROUSSELET (1979) et RAUT (1993) ont identifié certaines pathologies comme:

- l'hydropisie, une affection d'origine bactérienne caractérisée par une accumulation de liquide organique par humidité excessive;

- la maladie des "90 jours" où l'escargot se laisse mourir et un liquide bleu clair envahit la coquille. Cette situation pourrait s'expliquer par la consommation d'aliments contenant du cuivre dont la concentration progressive, dans les tissus de l'animal, entraîne sa mort au bout de 90 jours.

- la mycose des pontes, une affection des œufs due à un excès d'humidité ou à une mauvaise qualité de la litière. Ainsi, ces œufs ont-ils une couleur anormale (rose, claire, jaune ou grise), se dessèchent et pourrissent.

Il est difficile de parler des affections parasitaires de l'escargot géant d'Afrique en ce sens que très peu de données bibliographiques semblent disponibles en la matière (STIEVENART & HARDOUIN, 1990). Toutefois, à l'instar de *Achatina fulica*, certains escargots du genre *Limicolaria* (*Limicolaria aurora*) ont été identifiées comme hôtes intermédiaires du Nématode *Angiostromylus cantonensis*, agent responsable de la méningo-encéphalite à éosinophiles, une maladie parfois mortelle pour l'homme (MEAD & PALEY, 1992). Pour améliorer la qualité sanitaire et accroître les performances zootechniques de

l'élevage, il est impérieux de poursuivre les investigations pour la connaissance des pathologies parasitaires et infectieuses de ces Mollusques d'Afrique. Il faut donc recommander aux manipulateurs et consommateurs d'escargots africains, le respect des règles élémentaires d'hygiène. Il faut s'approvisionner en sujets sains et les cuire suffisamment longtemps à de fortes températures avant de les ingérer.

Par ailleurs, des accidents d'origines diverses peuvent survenir, affectant physiquement l'escargot. Des malformations congénitales peuvent entraîner l'apparition de tentacules surnuméraires ou même une déformation de la coquille (SPEISER, 2001).

1.1.8. Espèce étudiée: *Limicolaria flammea*

1.1.8.1. Position systématique

Règne:	animal
Embranchement:	Mollusques
Classe:	Gastéropodes
Sous-classe:	Pulmonés
Ordre:	Stylommatophores
Super famille:	Achatinaceae
Famille:	Achatinidae
Genre:	<i>Limicolaria</i>
Espèce:	<i>Limicolaria flammea</i> (figure 13).

1.1.8.2. Choix de l'espèce étudiée

Plusieurs raisons ont guidé notre choix.

a. Raisons scientifiques

En Côte d'Ivoire, l'escargot *Limicolaria flammea* demeure encore mal connu. En effet, l'on dispose de peu de données sur la systématique, l'anatomie, la physiologie, la reproduction, l'écologie et les performances de croissance de cet escargot.



1 cm

Figure 13: Morphologie de l'escargot *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

L'étude de ces différents paramètres permettra de mieux connaître l'animal et d'établir les normes zootechniques appropriées à son élevage. Ce travail contribuera également à l'acquisition d'une banque de données scientifiques fiables nécessaires à l'étude et à une gestion durable de ces Mollusques.

b. Raisons économiques

L'élevage des escargots en Côte d'Ivoire, porte essentiellement sur les individus du genre *Achatina* (*Achatina achatina* et *Achatina fulica*) et du genre *Archachatina* (*Archachatina ventricosa* et *Archachatina marginata*). Il s'agit de valoriser une espèce d'escargot mal connue en vue de diversifier les ressources achatinicoles et de mettre à la disposition des acteurs de la filière escargot une nouvelle source de revenus financiers.

Limicolaria flammea qui a une taille voisine de celle des escargots d'Europe pourrait être exporté sur les marchés européens. Une production à grande échelle pourrait également favoriser la conquête de certains marchés africains comme le Nigeria où cette espèce d'escargot est fréquemment observée sur les marchés (EGONMWAN, 2004). Ainsi, une production locale et contrôlée d'espèces variées d'escargots contribuerait-elle à la conservation et à la bonne exploitation d'une ressource intéressante tant sur le plan nutritionnel que sur le plan économique.

c. Raisons gastronomiques

Il s'agit de mettre en valeur une espèce d'escargot longtemps négligée et de mettre à la disposition des populations une nouvelle source de protéines animales.

d. Raisons médicinales

D'une manière générale, la chair d'escargot est reconnue pour sa richesse en fer et en protéines (GRAHAM, 1978; ZONGO *et al.*, 1990; OTCHOUMOU, 2005). Cette richesse en fer fait que la chair d'escargot est utilisée dans le traitement des anémies (OYENUGA, 1962). Aujourd'hui, il est de plus en plus question de l'utilisation du mucus "la bave" de l'escargot dans la mise au point de médicaments antitussifs et surtout dans la confection de pommades contre le vieillissement. En Afrique, la coquille d'escargot est incinérée et appliquée sur la peau pour soigner les brûlures (OUEVAULLIER *et al.*, 1999).

1.1.8.3. Valeur nutritionnelle de *Limicolaria flammea*

Les escargots présentent une excellente valeur nutritive. De nombreux travaux (ABOUA, 1995; FAGBUARO *et al.*, 2006; DIOMANDE *et al.*, 2008) ont montré que ces animaux constituent une importante source de protéines, mais pauvre en lipide. Ainsi, ABOUA (1995) a relevé un taux de 40 % de protéines chez *Achatina fulica*, tandis que FAGBUARO *et al.* (2006) en signalait 20 % chez *Archachatina marginata*, 19,66 % chez *Limicolaria flammea* et 19,27 % chez *Achatina achatina*.

La chair d'escargot est également riche en sels minéraux. Les résultats de FAGBUARO *et al.* (2006) ont montré que *Limicolaria flammea* est relativement riche en fer (9,46 % contre 9,43 % chez *Achatina achatina* et 9,41 % chez *Archachatina marginata*), en calcium (2,08 % contre 2,04 % chez *Achatina achatina* et 2,07 % chez *Archachatina marginata*), en phosphore (1,53 % contre 1,31 % chez *Achatina achatina* et 1,23 % chez *Archachatina marginata*), en potassium (1,97 % contre 1,93 % chez *Achatina achatina* et 2,09 % chez *Archachatina marginata*) et en sodium (0,63 % contre 0,60 % chez *Achatina achatina* et 0,30 % chez *Archachatina marginata*). La consommation de la chair d'escargot est alors recommandée aussi bien pour les jeunes gens que pour les personnes adultes en ce sens qu'elle est à mesure de combler certains déficits en nutriments essentiels pour l'organisme.

Par ailleurs, en plus de son utilisation dans l'alimentation de l'homme, les escargots peuvent contribuer à nourrir certains animaux d'élevage. C'est ainsi que DIOMANDE *et al.* (2008) estiment que les escargots séchés puis broyés peuvent être un substitut aux farines de poissons ou de viande. Les porcs consomment les escargots vivants avec leurs coquilles. Les déchets de préparation (hépatopancréas) sont aussi valorisables comme aliment dans les élevages de poissons et de porcs (ABOUA, 1990; HARDOUIN *et al.*, 1995).

1.2. Milieu d'étude

Nos travaux se sont déroulés à Abidjan (Côte d'Ivoire), au bâtiment d'achatiniculture de la ferme expérimentale de l'Université d'Abobo-Adjamé.

1.2.1. Situation géographique

Située au Sud-Est de la Côte d'Ivoire en bordure de l'Océan Atlantique, la ville d'Abidjan se trouve entre 5°10 et 5°30 de latitude Nord et 3°5 et 4°10 de longitude Ouest (ANONYME, 1999b).

Elle fait partie de la région des lagunes et couvre une superficie de 57 735 ha dont 8 981 ha de lagune avec une population d'environ 790 000 habitants en l'an 2000. Abidjan est la principale ville et la capitale économique de la Côte d'Ivoire.

1.2.2. Milieu naturel

1.2.2.1. Données climatiques

a. Saisons

Le District d'Abidjan qui couvre notre zone d'étude est caractérisé par un climat attiéen avec quatre saisons:

- une grande saison des pluies, d'avril à juillet avec un pic en juin;
- une petite saison sèche, de juillet à août;
- une petite saison des pluies, de septembre à novembre;
- une grande saison sèche, de décembre à mars (ANONYME, 1999a).

b. Température

Les températures annuelles varient peu, l'amplitude étant de 4 °C. Le mois d'avril est le plus chaud ($28,3 \pm 0,8$ °C) et le mois d'août est le moins chaud ($24,3 \pm 0,8$ °C). Durant ces dix dernières années (1997-2007), la température annuelle moyenne a été de $26,7 \pm 1,4$ °C (données de la SODEXAM).

c. Précipitations

Les données enregistrées sur dix ans (1997-2007) donnent une moyenne de $110,5 \pm 74,1$ mm / mois. Les pluies sont réparties sur toute l'année. Juin est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de $269,4 \pm 109,8$ mm. Le mois de janvier est généralement le plus sec avec une moyenne de $22,2 \pm 12,1$ mm (données de la SODEXAM).

d. Diagramme ombrothermique

Ce diagramme proposé par GAUSSEN (1955) permet de déterminer les périodes sèches et humides. En effet, sur ce diagramme, (figure 14) sont indiqués les températures et les précipitations moyennes mensuelles, l'échelle des précipitations étant le double de celle des températures.

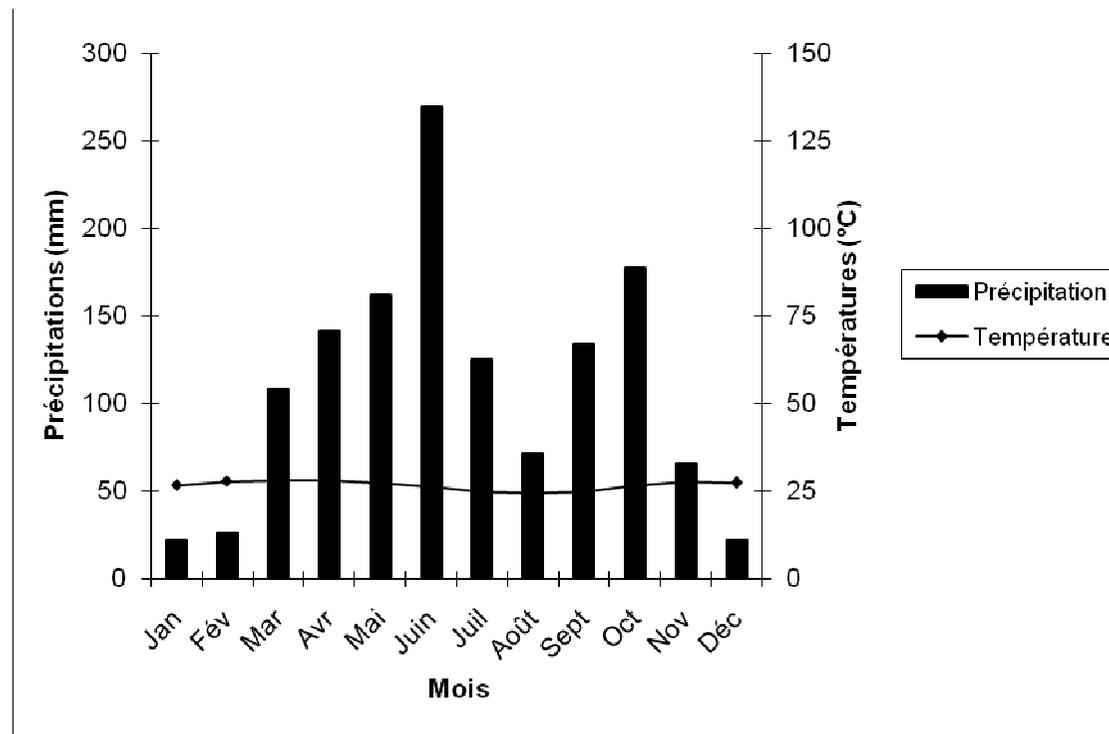


Figure 14: Diagramme ombrothermique de la station d'Abidjan – Aéroport (moyennes de 1997 à 2007; données de la SODEXAM)

Lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de celles des températures, le mois est considéré comme sec. Le contraire indique plutôt un mois pluvieux.

L'analyse de ce diagramme nous permet de confirmer l'alternance de saisons sèches et humides tout au long de l'année. En effet, lorsqu'on regarde le régime des précipitations, nous constatons que les mois de décembre, janvier et février sont des périodes relativement sèches, tandis que la pluviométrie augmente entre avril et juillet. En outre, l'on remarque une légère augmentation de la pluviométrie entre septembre et novembre. Août constitue une courte période sèche, ce qui permet de confirmer l'existence de quatre saisons comme indiqué plus haut.

e. Humidité relative de l'air ambiant

Du fait de la répartition des pluies sur tous les mois, l'humidité relative de l'air ambiant reste élevée toute l'année. Sa plus forte valeur est observée en juin (87,7 % \pm 1,8), contrairement au mois de janvier où elle est relativement moins prononcée (78,4 % \pm 5,7). L'humidité relative moyenne annuelle varie très peu d'une année à l'autre (données de la SODEXAM).

f. Vent

La ville d'Abidjan perçoit trois catégories de vents, en l'occurrence:

- les moussons, vents humides d'origine marine, orientés du Sud-Ouest au Nord-Est et perceptibles pendant le mois de juin.
- les brises de mer, chaudes, humides et persistantes durant toute l'année avec une grande intensité au sud. Ce sont des courants d'air marins orientés du Sud vers le Nord et qui provoquent d'abondantes précipitations.
- l'harmattan, un vent sec souffrant du Nord vers le Sud, de décembre à février. Il devient de plus en plus sensible à mesure que les années passent (ANONYME, 1999a).

g. Relief

Le relief d'Abidjan est dominé par des plaines avec des plateaux vallonnés au nord. Le relief est peu accidenté avec de nombreux bas-fonds et marécages. Les roches observées sont de nature métamorphique (schistes, grès, arkose, gneiss) et volcano-sédimentaire. Ce sont des roches résistantes à l'érosion (ANONYME, 1999a).

h. Sols

Notre zone d'étude se trouve essentiellement sur des sols ferrallitiques fortement dégradés, avec présence de granites et de schistes (PERRAUD, 1971). Ces sols sont riches en éléments fins argileux et la fraction sableuse est dominée par du sable fin, représenté plus au sud. Le mauvais drainage des bas-fonds favorise l'accumulation de matières organiques pouvant former une véritable tourbe et donner des sols hydromorphes organiques plus ou moins permanents (CHARLES-DOMINIQUE, 1993). La distribution spatiale des sols conditionne la répartition des escargots en forêt. En effet, l'escargot affectionne les sols ferrallitiques et les sols calcaires humides pour y prélever le fer, le calcium et l'eau nécessaires à son métabolisme (CHEVALLIER, 1985).

1.2.2.4. Végétation

De nombreux travaux définissent deux ensembles juxtaposés de forêts denses dans le bloc forestier ivoirien. Ces ensembles correspondent à deux types physiologiques fondamentaux (MANGENOT, 1956; AKE ASSI, 1963; GUILLAUMET, 1967):

-les forêts ombrophiles (AUBERVILLE, 1936) ou "rain-forest" ou encore "evergreen rain-forest", actuellement appelées forêts denses humides sempervirentes.

-les forêts mésophiles (MANGENOT *et al.*, 1948; SCHNELL, 1952) ou tropophiles (AUBERVILLE, 1936) ou encore "deciduous-forests", actuellement désignées sous le nom de forêts denses humides semi-décidues.

Le district d'Abidjan fait partie du domaine des forêts denses humides sempervirentes présentant, par endroits, des forêts marécageuses, des forêts de mangroves et une savane de basse côte. Cette végétation est caractérisée par des strates de grands arbres, d'arbustes, d'herbes et de lianes. Une partie du district est occupée par la forêt du Parc National du Banco. Cependant, cette richesse forestière est mise à rude épreuve, ces dernières années, par une déforestation intensive liée aux effets de l'urbanisation, des méthodes culturales extensives (plantations de palmiers à huile, de cocotiers, de caféiers, d'hévéa) et à une exploitation forestière abusive (ANONYME, 1999a).

1.2.2.5. Faune

La présence de la forêt du Parc National du Banco fait que la ville d'Abidjan bénéficie d'une faune riche et variée. On y trouve notamment des singes, des aulacodes, des serpents, des mangoustes, des buffles de forêt, des oiseaux, des escargots, des insectes, etc. (ANONYME, 1999a).

A cela, il faut ajouter l'immense faune aquatique, tout aussi riche que variée et dont quelques représentants sont les Poissons, les Crustacés, les Mollusques et les Tortues.

1.2.3. Ferme d'achaticulture de l'Université d'Abobo-Adjamé

L'Université est située au Nord-Est d'Abidjan à mi-parcours entre les communes d'Adjamé et d'Abobo, à l'emplacement de l'ex-école nationale supérieure d'agronomie (figure 15). Elle est limitée au nord par la commune d'Abobo, au sud par le quartier Williamsville, à l'ouest par l'axe routier Adjamé-Abobo et FILTISAC (usine de filature) et à l'est par l'hôpital militaire d'Abidjan (HMA). Elle est bâtie sur une superficie d'environ 339 ha.

Située au nord-est de l'Université, la ferme expérimentale regroupe une unité d'aulacodiculture, une unité de porciculture, une unité d'entomologie, des bâtiments d'aviculture, un bâtiment d'achaticulture et des parcelles de culture expérimentales (palmiers à huile, cocotiers, caféiers, bananiers, rotins, pois de terre).

● Bâtiment d'élevage

C'est un bâtiment rectangulaire de 8,6 m de long sur 7,7 m de large. Formé d'une seule pièce, ce bâtiment est constitué de quatre murets avec quatre rangées de claustras sur chaque longueur. La toiture du bâtiment est conique avec une ouverture dans la partie supérieure. Les claustras et l'ouverture dans la toiture assurent une bonne aération de la salle d'élevage. Des plantes rampantes de *Passiflora edulis* (Passifloraceae) ensemencées et recouvrant la toiture du bâtiment, permettent d'atténuer les rayonnements solaires. A l'intérieur du bâtiment, sont disposées le long des murs, à 1,8 m du sol, trois rangées d'étagères superposées sur lesquelles sont installées les enceintes d'élevage (figure 16).

1.2.4. Forêt de l'Université d'Abobo-Adjamé

Elle constitue un bras du Parc National du Banco (PNB). Initialement soudée en un bloc compact, cette forêt est aujourd'hui scindée en trois parcelles de superficies variables. L'ensemble couvre une superficie d'environ 5 ha (KOUASSI *et al.*, 2007a).

Elle fait partie de l'ensemble des forêts denses ombrophiles sempervirentes caractérisées par une température moyenne variant de 25,4 °C à 33 °C, une forte pluviométrie (de l'ordre de 2000 mm / an) et une humidité relative de l'air d'environ 86 %. Comme partout en régions tropicales humides, les jours et les nuits ont une durée de 12 heures chacune.

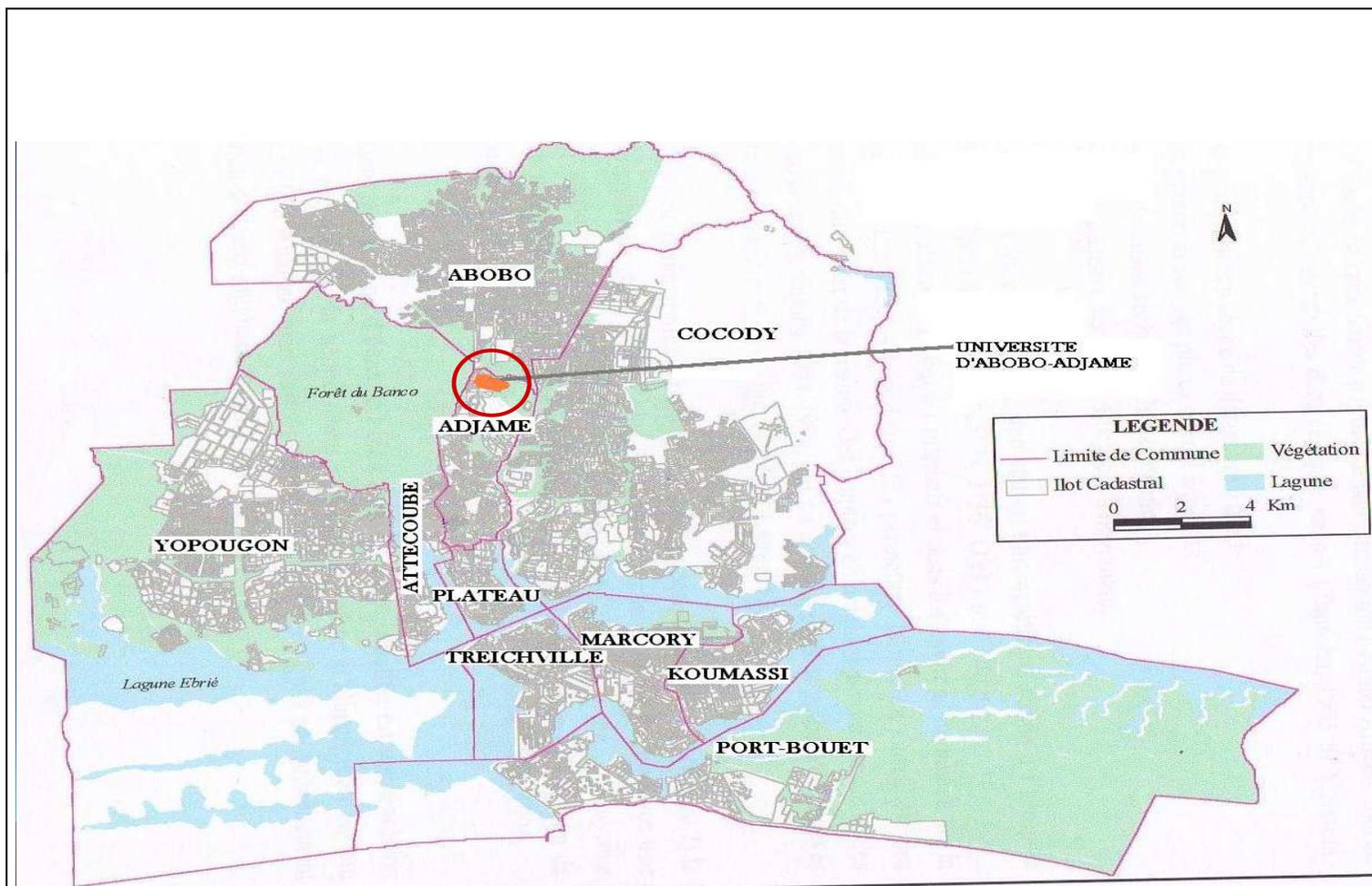


Figure 15: Localisation de l'Université d'Abobo-Adjamé (ANONYME, 1999b)



25 cm

Figure 16: Des étagères du bâtiment d'élevage

Selon DA (1992), cette forêt renferme de nombreuses espèces végétales dont les plus fréquentes sont *Turraeanthus africanus* (Meliaceae) et *Heisteria parvifolia* (Erythrophalaceae). On y trouve:

- de grands arbres:

Khaya ivoriensis (Meliaceae), *Carapa procera* (Meliaceae); *Piptadeniastrum africanum* (Fabaceae), *Mallotus oppositifolius* (Euphorbiaceae), *Hunteria ebumea* (Apocynaceae), *Lophira alata* (Ochnaceae);

- des arbustes:

Coffea afzelii (Rubiaceae), *Trichilia monadelpha* (Meliaceae), *Rauwolfia vomitoria* (Apocynaceae), *Cecropia peltata* (Moraceae), *Laportea aestuans* (Urticaceae), *Macaranga beilei* (Euphorbiaceae), *Monodora myristicata* (Annonaceae);

- des lianes:

Ancistrophyllum laeve (Arecaceae);

- des herbes:

Palisota hirsuta (Commelinaceae), *Geophila obvallata* (Rubiaceae).

CHAPITRE II:
MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel biologique

2.1.1.1. Escargots

Les escargots utilisés dans ce travail appartiennent à l'espèce *Limicolaria flammea*. Ils ont été collectés sur le site de l'Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire). Il s'agit d'individus exempts de traumatisme; c'est-à-dire sans blessure, ni cassure de la coquille.

2.1.1.2. Aliments

Les aliments utilisés au cours de ces expérimentations sont d'une part, des feuilles provenant d'herbes, d'arbustes et d'arbres de différentes espèces de végétaux et d'autre part, des aliments concentrés sous forme de farine.

Pour l'étude de l'effet de la densité des animaux en élevage sur la croissance, la reproduction et l'étude du rythme d'activité en milieu d'élevage, nous avons servi des feuilles *Carica papaya* (Caricaceae) comme aliment aux escargots.

Pour l'étude du comportement trophique, les feuilles de 60 espèces végétales dont 30 cultivées et 30 sauvages ont servi d'aliment (tableaux I et II). Ces végétaux ont été récoltés dans les plantations et à différents endroits de la forêt de l'Université d'Abobo-Adjamé.

Pour l'étude de l'effet du taux de calcium alimentaire sur la croissance et la reproduction, les escargots 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).

Tableau I: Liste des végétaux cultivés proposés à *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) en milieu d'élevage

N°	Nom usuel	Nom scientifique	Famille
1	Anacardier	<i>Anacardium occidentale</i> Linné	(Anacardiaceae)
2	Arachide	<i>Arachis hypogaea</i> Linné	(Fabaceae)
3	Aubergine	<i>Solanum melongena</i> Linné	(Solanaceae)
4	Avocatier	<i>Persea americana</i> Mill.	(Lauraceae)
5	Banane douce	<i>Musa corniculata</i> Linné	(Musaceae)
6	Cacaoyer	<i>Theobroma cacao</i> Linné	(Malvaceae)
7	Canne à sucre	<i>Saccharum officinarum</i> Linné	(Poaceae)
8	Chou	<i>Brassica oleracea</i> Linné	(Brassicaceae)
9	Badamier	<i>Terminalia catappa</i> Linné	(Combretaceae)
10	Concombre	<i>Cucumis sativus</i> Linné	(Cucurbitaceae)
11	Corossolier	<i>Annona muricata</i> Linné	(Annonaceae)
12	Epinard	<i>Basela alba</i> Linné	(Chenopodiaceae)
13	Gingembre	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	(Zingiberaceae)
14	Gombo	<i>Abelmoschus esculentus</i> (Linné) Moench	(Malvaceae)
15	Haricot	<i>Phaseolus vulgaris</i> Linné	(Fabaceae)
16	Igname	<i>Dioscorea batatas</i> Linné	(Dioscoreaceae)
17	Laitue	<i>Lactuca sativa</i> Linné	(Asteraceae)
18	Maïs	<i>Zea mays</i> Linné	(Poaceae)
19	Manguier	<i>Mangifera indica</i> Linné	(Anacardiaceae)
20	Manioc	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	(Euphorbiaceae)
21	Oignon	<i>Allium cepa</i> Linné	(Alliaceae)
22	Oranger	<i>Citrus sinensis</i> Linné	(Rutaceae)
23	Palmier à huile	<i>Elaeis guineensis</i> Jacques	(Arecaceae)
24	Papayer	<i>Carica papaya</i> Linné	(Caricaceae)
25	Passion	<i>Passiflora edulis</i> Sims	(Passifloraceae)
26	Patate	<i>Ipomoea batatas</i> Linné	(Convolvulaceae)
27	Persil	<i>Petroselinum crispum</i> Mill.	(Apiaceae)
28	Piment	<i>Capsicum frutescens</i> Linné	(Solanaceae)
29	Taro	<i>Xanthosoma maffafa</i> Aké Assi	(Araceae)
30	Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i> Linné	(Solanaceae)

Tableau II: Liste des végétaux sauvages proposés à *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) en milieu d'élevage

N°	Nom scientifique	Famille
1	<i>Acalypha hispida</i> Linné	(Euphorbiaceae)
2	<i>Acalypha vilkesiana</i> Linné	(Euphorbiaceae)
3	<i>Aframomum sceptrum</i> Schumacher	(Zingiberaceae)
4	<i>Alchornea cordifolia</i> Schumacher	(Euphorbiaceae)
5	<i>Alternanthera sessilis</i> Linné	(Amaranthaceae)
6	<i>Amaranthus spinosus</i> Linné	(Amaranthaceae)
7	<i>Breynia disticka</i> Linné	(Euphorbiaceae)
8	<i>Cananga odorata</i> (Lamarck) Hook. & Thomson	(Annonaceae)
9	<i>Cassia siamea</i> Lamarck	(Caesalpiniaceae)
25	<i>Cecropia peltata</i> Linné	(Moraceae)
10	<i>Chrysopogon aciculatus</i> (Retz.) Trin.	(Poaceae)
11	<i>Clerodendrum paniculatum</i> Linné	(Verbenaceae)
12	<i>Croton lobatus</i> Linné	(Euphorbiaceae)
13	<i>Ficus benjamina</i> Linné	(Moraceae)
14	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	(Lamiaceae)
15	<i>Heliotropium indicum</i> Linné	(Boraginaceae)
16	<i>Laportea aestuans</i> Linné	(Urticaceae)
17	<i>Lophira alata</i> Banks	(Ochnaceae)
18	<i>Nephrolepis biserrata</i> Schott	(Nephrolepidaceae)
19	<i>Palisota hirsuta</i> Schumacher	(Commelinaceae)
20	<i>Phaulopsis falcisepala</i> Clarke	(Acanthaceae)
21	<i>Phyllanthus muellerianus</i> Kuntze	(Euphorbiaceae)
22	<i>Pueraria phaseoloides</i> Roxb.	(Fabaceae)
23	<i>Rauwolfia vomitoria</i> Aké Assi	(Apocynaceae)
24	<i>Sarcophrynium brachystachys</i> Linné	(Verbenaceae)
26	<i>Sida acuta</i> Aké assi	(Malvaceae)
27	<i>Solanum torvum</i> Linné	(Solanaceae)
28	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	(Sterculiaceae)
29	<i>Trianthema portulacastrum</i> Linné	(Aizoaceae)
30	<i>Trichilia monadelpha</i> Thonn.	(Meliaceae)

Les régimes R₃, R₄ et R₅ sont de teneurs en calcium différentes. Les différents constituants dont les proportions sont présentées dans le tableau III 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.

2.1.2. Matériel d'élevage

L'élevage des escargots a été réalisé avec un matériel similaire à celui utilisé par OUTCHOUMOU (2005) durant ses travaux sur l'effet du calcium et de la photopériode sur la composition biochimique de la chair de *Achatina achatina*, *Achatina fulica* et *Archachatina ventricosa* en élevage hors-sol et par KOUASSI et al. (2007a; 2007b) au cours de leurs recherches sur les effets de l'alimentation et du substrat d'élevage sur les performances biologiques chez l'escargot *Archachatina ventricosa* en élevage hors sol.

2.1.2.1. Enceintes d'élevage

Les enceintes utilisées sont des bacs en matière plastique, de forme trapézoïdale à base carrée de 20,5 cm de côté avec une hauteur de 14 cm; soit une surface de 420 cm² et un volume de 8600 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. Un dispositif anti-fuite constitué par le couvercle également en plastique, adhère au pourtour du bac à la manière d'un bouton pression (figure 17). Ces enceintes d'élevage ont été utilisées pour l'étude de l'effet de la densité d'élevage sur la croissance, la reproduction et pour l'étude sur le comportement alimentaire.

Pour étudier l'effet du taux de calcium alimentaire et le rythme d'activité de *Limicolaria flammea* en milieu d'élevage, nous avons utilisé des bacs en matière plastique, de forme parallélépipédique à base rectangulaire (50,5 cm de longueur, 41,5 cm de largeur et 17,5 cm de hauteur). Ils ont une surface de 2096 cm² pour un volume de 35600 cm³. Ces bacs sont également perforés à la base et sur les côtés pour faciliter le drainage de l'eau d'arrosage et la circulation de l'air. Un grillage de type moustiquaire en polystyrène porté par un cadre rectangulaire en bois constitue le couvercle des bacs. Ce dispositif empêche la fuite des escargots (figure 18). Ces bacs ont été disposés sur les étagères d'un portoir installé contre les murs intérieurs du bâtiment d'élevage.

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

Constituants	REGIMES ALIMENTAIRES		
	R₃ (6,82 % de calcium)	R₄ (12,02 % de calcium)	R₅ (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



2 cm



Figure 17: Enceinte d'élevage pour l'étude de l'effet de la densité animale et du comportement trophique chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)



Figure 18: Enceinte d'élevage pour l'étude de l'effet de la teneur en calcium alimentaire et du rythme d'activité en milieu d'élevage chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

2.1.2.2. Enceinte d'incubation

Pour estimer le taux d'éclosion des œufs, nous avons utilisé des bacs également en plastique et semblables aux enceintes d'élevage. Seulement, l'incubateur a une dimension réduite. Il a une longueur de 11,5 cm, une largeur de 11,5 cm, une hauteur de 7,5 cm pour une surface de base de 132,25 cm² et un volume de 965,42 cm³ (figure 19). Ces enceintes ont été disposées sur des étagères à l'intérieur du bâtiment d'élevage.

2.1.2.3. Substrats d'élevage et d'incubation

L'intérieur des bacs d'élevage est recouvert d'une litière constituée par une portion de sol d'une hauteur de 4 cm, préalablement stérilisée par chauffage à l'étuve à 60 °C pendant 3 heures.

Quant aux bacs d'incubation, ils sont remplis de bourre de noix de coco (*Cocos nucifera* (Arecaceae)). En effet, des travaux antérieurs (OTCHOUMOU, 2005; KOUASSI et al., 2007b) ont montré qu'utilisées comme substrat d'incubation, ces fibres arrosées convenablement, donnent un meilleur taux d'éclosion. Aussi, après l'éclosion des oeufs, les nouveau-nés ont-ils la facilité d'en sortir.

2.1.3. Matériel de laboratoire

2.1.3.1. Instruments de mesure

- Une balance électronique de type Sartorius Iso 9001, sensible au 1 / 100 mg près a été utilisée pour les pesées (poids vifs d'animaux, quantités d'aliments et poids des œufs).
- Un pied à coulisse sensible au 1 / 10 mm près a servi à mesurer les longueurs de coquilles.
- Un thermomètre gradué en degré Celsius (°C) a permis d'enregistrer la température ambiante chaque jour à 10 heures et à 16 heures.
- Un hygromètre a permis d'enregistrer l'humidité relative de l'air ambiant aux mêmes heures.

2.1.3.2. Instruments d'analyse chimique

Ils sont composés:

- d'une étuve de marque SELECTA ayant servi pour le séchage des végétaux;
- d'un four à moufle Nabertherm L 24 / 12 pour l'incinération;



2 cm
└──┘

Figure 19: Enceintes d'incubation pour l'élevage de *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

- d'un spectrophotomètre d'absorption atomique Perkin Elmer modèle 380;
- de creusets en porcelaine;
- de papiers filtres;
- de verrerie (tubes à essais, éprouvettes graduées, pipettes, fioles jaugées, erlenmeyers et entonnoirs);
- de produits chimiques (acide chlorhydrique, hépatomolybdate d'ammonium, acide nitrique, solution étalon, eau distillée).

2. 2. Méthodes

2.2.1. Etude de l'effet de la densité d'élevage sur les performances biologiques de

Limicolaria flammea

2.2.1.1. Choix de l'aliment

Limicolaria flammea est une espèce d'escargot encore mal connue en Côte d'Ivoire et très peu de données sont actuellement disponibles concernant sa biologie, son écologie et ses performances de reproduction. Ainsi, le choix des feuilles de *Carica papaya* (Caricaceae) comme aliment dans l'étude de l'effet de la densité d'élevage sur la croissance et la reproduction a-t-il été guidé par le souci d'éviter les effets néfastes que pourrait avoir une combinaison d'aliments non encore maîtrisée. En effet, OTCHOUMOU (1991), ODJO (1992) puis KOUDANDE & EHOINSOU (1995) ont montré que ces feuilles faisaient partie des fourrages verts les plus consommés par les escargots (*Achatina achatina*, *Achatina fulica* et *Archachatina marginata*) et leur permettaient d'obtenir de meilleures performances biologiques. En outre, l'analyse de la composition chimique de ces feuilles a montré qu'elles contiennent plus de calcium que les feuilles de *Lactuca sativa* (Asteraceae), de *Brassica oleraceae* (Brassicaceae), de *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae) et de *Xanthosoma maffafa* (Araceae). Le calcium est indispensable à la confection de la coquille des escargots (OTCHOUMOU, 1991).

2.2.1.2. Etude de l'effet de la densité d'élevage sur la croissance

En matière d'élevage, il est important de connaître les densités de mise en charge appropriées à chaque espèce d'escargot afin d'éviter des troubles liés à une surcharge biotique. Cette étude a été inspirée des travaux de OTCHOUMOU (1997) et de ATEGBO (1998) qui ont soumis les escargots *Achatina fulica*, *Archachatina ventricosa* et *Achatina achatina* à des densités de 50, 100 et 200 animaux / m² afin d'étudier les effets de la densité d'élevage sur la croissance et la reproduction de ces animaux. Le choix des densités a été fait en fonction de la taille des animaux utilisés. *Limicolaria flammea* présente un gabarit largement inférieur à celui de ces animaux. Ainsi, avons nous utilisé des densités supérieures ou égales à 100 escargots /m² car nous pensons qu'à espace égal, il est possible de mettre en charge un nombre élevé de *Limicolaria flammea*, contrairement aux espèces d'escargot utilisées par ces auteurs.

Nous avons utilisé 120 escargots âgés de 2 mois, de poids vif moyen de $1,20 \pm 0,12$ g et de longueur moyenne de coquille de $15,37 \pm 2,34$ mm. Ces animaux ont été repartis en 4 densités: 100 escargots / m² (soit 4 escargots / bac), 200 escargots / m² (soit 8 escargots / bac), 300 escargots / m² (soit 12 escargots / bac), 400 escargots / m² (soit 16 escargots / bac).

Chaque densité est répétée trois fois; ce qui a nécessité l'utilisation de 12 enceintes d'élevage. L'intérieur des bacs est recouvert d'une litière de 4 cm d'épaisseur de sable fin, préalablement stérilisée par chauffage à l'étuve à 60 °C pendant 3 heures. Les animaux ont été mis en observation pendant deux semaines dans des bacs similaires pour les habituer à la vie en captivité. Les enceintes d'élevage sont installées sur des étagères en bois, à un mètre de hauteur à l'intérieur du bâtiment d'élevage.

L'aliment constitué de feuilles fraîches de *Carica papaya* (Caricaceae) est servi ad libitum dans chaque bac à raison de 20 g pour cinq jours. Au début et à la fin des cinq jours, les enceintes sont nettoyés et les aliments pesés. Les animaux sont pesés et les coquilles mesurées tous les 15 jours. Avant chaque mesure, les animaux et les végétaux sont nettoyés afin de les débarrasser des déchets et de la terre. De même, l'ingestion alimentaire, la croissance pondérale, la croissance coquillière et le taux de mortalité sont déterminés. Pour maintenir une humidité convenable au milieu d'élevage, un arrosage manuel est fait tous les jours à 10 heures. Durant les périodes chaudes de l'année, cette opération a lieu 2 fois par jour

(à 10 heures et à 16 heures). La température et l'humidité relative de l'air mensuelles moyennes dans le bâtiment d'élevage ont été respectivement de $26,7 \pm 1,4^{\circ}$ C et de $82,6 \pm 1,4$ %. La photopériode a été 12heures de lumière et 12 heures d'obscurité.

2.2.1.3. Etude de l'effet de la densité d'élevage sur la reproduction

L'étude a été réalisée sur les mêmes densités que celles utilisées pour la détermination des paramètres de croissance.

Pour déterminer les paramètres de ponte, un suivi quotidien a été fait pour nettoyer les enclos et les débarrasser des escargots morts. Ceux-ci sont aussitôt remplacés par des animaux de dimensions similaires et élevés dans les mêmes conditions expérimentales afin de maintenir les densités de départ. Le substrat d'élevage est débarrassé des déchets alimentaires et fécaux, fouillé pour sortir les œufs et remué pour le rendre meuble.

Chaque jour, le substrat d'élevage des reproducteurs est fouillé afin de découvrir les pontes éventuelles. Ainsi, les œufs recueillis sont-ils placés dans les enceintes d'incubation au fur et à mesure de leur collecte. Les œufs sont ramassés à l'aide d'une petite cuillère en plastique et recueillis dans une passoire également en plastique. Ces œufs 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 total.

Les œufs sélectionnés pour l'incubation sont ceux dont les coquilles ne sont pas cassées et qui ont une taille presque identique. Ils sont répartis dans l'incubateur avec un numéro indiquant leur compartiment d'origine. Le substrat d'incubation est la bourre de noix de coco (*Cocos nucifera* (Arecaceae)). Les œufs sont enfouis dans ce substrat préalablement mouillé. Du fait de la grande capacité de la bourre de noix de coco 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 portant sur l'effet de la densité d'élevage sur les performances biologiques de l'escargot *Limicolaria flammea* a duré 12 mois (de Mai 2004 à Avril 2005).

Au terme de cette expérience, l'ingestion alimentaire, la croissance pondérale, la croissance coquillière et le taux de mortalité cumulée ont été calculés tous les 15 jours selon les formules utilisées par DAGUZAN (1985) et OTCHOUMOU et al. (2003b):

- Ingestion alimentaire (IA):

C'est la quantité d'aliment ingéré par jour et par gramme de poids vif de l'animal.

$$IA \text{ (g / j / g de poids vif)} = Q / P_m$$

avec Q: quantité moyenne d'aliment vert quotidiennement consommé;

P_m: poids moyen de l'escargot (g), sachant que:

$$Q \text{ (g/j)} = (q_i - q_f) / t$$

avec q_i: quantité initiale de végétaux (g); q_f: quantité finale de végétaux (g); t: durée de la consommation en nombre de jours

- Croissance pondérale journalière (CP)

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

avec P₁ (g) = poids moyen initial; P₂ (g) = poids moyen final; T₁ (j) = temps initial; T₂ (j) = temps final.

- Croissance coquillière journalière (CC)

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

avec L_1 (mm) = longueur initiale de coquille; L_2 (mm) = longueur finale de coquille; T_1 (j) = temps initial; T_2 (j) = temps final.

- Taux de mortalité cumulée (TMC)

$$\text{TMC (\%)} = \text{Nm} \times 100 / \text{Et}$$

avec Nm = nombre total d'escargots morts; Et = effectif initial des escargots.

2.2.2. Etude du rythme d'activité de *Limicolaria flammea* en milieu d'élevage

Cette étude permet de déterminer les activités de l'escargot *Limicolaria flammea* et partant, son répertoire comportemental en milieu d'élevage. Elle a été réalisée sur la base des travaux de OTCHOUMOU et al. (1989-1990) et ATEGBO (1998) portant sur les états comportementaux de l'escargot *Achatina achatina*. La méthodologie choisie a permis à ces auteurs non seulement de déterminer la rythmicité des activités, mais aussi, de mettre en évidence les exigences de cet escargot quant à certains facteurs de son cadre de vie (température, nature du substrat d'élevage, humidité du milieu).

Nous avons utilisé 60 escargots, répartis dans trois bacs à la densité de 100 individus / m²; c'est-à-dire trois bacs de 20 escargots chacun. Ces animaux étaient des juvéniles d'environ deux semaines d'âge d'un poids vif moyen de $0,07 \pm 0,001$ g et d'une longueur moyenne de coquille de $7,5 \pm 0,02$ mm.

Les escargots répartis dans les enceintes d'élevage ont fait l'objet de plusieurs observations à différents stades de leur vie. En effet, pour cette étude, nous avons effectué deux observations successives pour chaque classe d'âge. Ces observations ont été faites à 6h, 10h, 14h, 18h, 22h et 2h sur l'ensemble des escargots. La première série d'observations a été réalisée sur les juvéniles de deux semaines d'âge, la deuxième série, sur les mêmes escargots âgés de cinq mois et la troisième séries d'observations à 10 mois d'âge. Ces différentes observations ont consisté à noter à chacune des heures sus-citées, le nombre d'escargots actifs, le nombre de ceux inactifs; c'est-à-dire qui sont soit enfouis dans le substrat d'élevage, soit au repos sur les parois de l'enceinte. Il faut noter que durant cette expérience, les animaux

ont été nourris avec des feuilles de *Carica papaya* (Caricaceae), choisies selon les mêmes critères que dans l'expérience précédente. Les résultats sont exprimés en pourcentage. L'expérience a duré dix mois (de Novembre 2004 à Août 2005). Les différentes observations ont été réalisées à une température moyenne de $26,7 \pm 1,4$ °C et à une humidité relative moyenne $82,6 \pm 1,4$ %.

2.2.3. Etude du comportement trophique de *Limicolaria flammea*

La connaissance du régime alimentaire d'un animal est d'une importance fondamentale en biologie, en écologie et en conservation de la flore. Cette étude qui vise à élucider l'activité trophique de l'escargot *Limicolaria flammea* a été réalisée suivant une technique expérimentale utilisée par OTCHOUMOU *et al.* (2004c) pour déterminer le comportement alimentaire de l'escargot *Achatina achatina*. Le choix de cette méthodologie s'explique par le fait qu'elle a permis à ces auteurs, non seulement de faire un inventaire des végétaux sauvages consommés, mais surtout, de déterminer le *preferendum* alimentaire et même d'évaluer les dégâts causés par cet escargot sur quelques végétaux.

2.2.3.1. Choix de l'aliment

Les végétaux utilisés comme aliment durant ces expériences ont été choisis après une observation dans la nature. Pour certaines espèces, le choix a été guidé par le fait que nous avons l'habitude d'observer des escargots du genre *Limicolaria* sur les feuilles de ces végétaux. D'autres ont, par contre, été choisis pour l'aspect de leurs feuilles, ou même au hasard.

Pour les végétaux cultivés, les choix ont été plutôt guidés par un souci de détermination d'éventuels dégâts causés par ces escargots dans les plantations. Il s'agit de voir si les escargots du genre *Limicolaria* constituent une menace pour l'agriculture.

D'une manière générale, il s'agit d'apprécier la destruction de la flore par ces escargots.

2.2.3.2. Inventaire alimentaire

Cette expérience a nécessité la sélection de 12 escargots pour chaque aliment et le prélèvement des feuilles de 60 espèces végétales dont 30 plantes cultivées et 30 plantes sauvages. Les escargots choisis ont un poids vif moyen de $1,20 \pm 0,01$ g, une longueur moyenne de coquille de $15,37 \pm 0,32$ mm et un âge estimé à 2 mois. Ils ont été répartis dans

trois bacs, à raison de quatre individus par bac. Chaque expérience est répétée trois fois. Les animaux ont été préalablement mis en observation pendant deux semaines, dans des bacs similaires pour les acclimater à la vie en captivité.

L'expérience a consisté à mettre les escargots à jeun pendant deux jours, puis à leur proposer un aliment constitué de feuilles d'une espèce végétale pendant 5 jours à raison de 20 g par bac. Un bac témoin, contenant la même quantité de plante est placé dans les mêmes conditions expérimentales et permet de faire les corrections de poids dues à la dessiccation du matériel végétal. Les animaux morts durant l'expérience ont été aussitôt remplacés afin de maintenir les densités de départ. Un arrosage régulier est effectué dans chaque bac afin de maintenir une humidité convenable de la litière.

Tous les 5 jours, les escargots ont été retirés des bacs, soigneusement nettoyés pour les débarrasser des déchets et des restes de terre. Ils sont pesés, ainsi que les restes d'aliment au 1 / 100 de mg près.

Après plusieurs jours d'élevage, l'ingestion alimentaire, le taux moyen journalier de consommation, le rendement écologique de croissance et l'indice de transformation ont été calculés selon les formules utilisées par EGONMWAN (1988) et OTCHOUMOU *et al.* (2004a, 2005a, 2005b):

-Ingestion alimentaire (IA):

La quantité d'aliment ingéré par jour et par gramme de poids vif de l'animal a été déterminée à l'aide de la formule utilisée au cours de l'étude des densités de mise en charge.

-Taux moyen journalier de consommation (TMJC):

C'est le rapport entre le poids de l'aliment ingéré en moyenne par jour par un escargot et le poids moyen de l'animal calculé sur la durée des relevés.

Soit P_1 = poids initial de l'escargot, P_2 = poids final, P_m = poids moyen,

$$P_m = (P_1 + P_2) / 2$$

$\text{TMJC (\%)} = (Q \times 100) / P_m$

avec Q: quantité moyenne de végétaux verts quotidiennement consommée (g); P_m : poids moyen de l'escargot (g).

Signalons que ce taux est calculé non pas sur un seul escargot, sur un lot d'individus de taille homogène, P_1 et P_2 correspondant à la biomasse initiale et à la biomasse finale du lot.

-Rendement écologique de croissance (REC):

C'est le taux de production de la biomasse par rapport à la quantité d'aliment ingéré.

$$\text{REC (\%)} = (\Delta P \times 100) / Q$$

avec ΔP : gain de poids (g) pendant l'intervalle de temps Δt ;

Q: quantité d'aliment frais consommée (g) pendant l'intervalle de temps Δt .

-Indice de transformation (IT):

C'est le rapport entre l'aliment consommé et la production. En fait, cet indice désigne la quantité d'aliment qu'il faut pour produire un kilogramme de matière animale.

$$\text{IT} = 100 / \text{REC}$$

2.2.3.3. Préférences alimentaires

Les 6 plantes cultivées et les 6 plantes sauvages les plus consommées durant l'inventaire alimentaire ont été retenues et proposées aux escargots afin de déterminer leur préférence alimentaire. Les manipulations se sont déroulées dans les mêmes conditions expérimentales que précédemment avec l'utilisation des mêmes lots d'escargots placés dans des dispositifs à choix multiple. Trois types d'expériences ont été réalisés:

- d'abord, les feuilles des plantes cultivées ont été proposées aux escargots par binôme à raison de 10 g par plante; par trinôme à raison de 7 g par plante et par quadrinôme à raison de 5 g par plante;
- ensuite, cette opération a été répétée avec les plantes sauvages;
- enfin, une dernière combinaison de plantes cultivées et de plantes sauvages a été proposée par couple à raison de 10 g par plante. Au bout des 5 jours d'alimentation, les refus d'aliments, les aliments témoins et les animaux sont pesés. Nous avons déterminé la quantité ingérée de chaque plante du binôme, du trinôme et du quadrinôme proposés; le niveau de préférence des aliments ainsi que le taux moyen journalier de consommation, le rendement écologique de croissance et l'indice de transformation. L'étude du comportement alimentaire de *Limicolaria flammea* a été réalisée à une température moyenne de $26,7 \pm 1,4$ °C et à une

humidité relative moyenne $82,6 \pm 1,4$ %. Elle a duré 17 mois (d'Octobre 2005 à Février 2007).

2.2.3.4. Analyse chimique des plantes les plus consommées et des régimes concentrés de farine

La composition chimique de ces aliments a été déterminée par la méthode d'analyse chimique (AOAC, 1990) afin de mieux comprendre le preferendum des escargots. La détermination a porté sur les teneurs en eau, en matière sèche, en matières grasses, en protéines, en cellulose, en extractifs non azotés, en cendres, en calcium, en phosphore, en sodium, en potassium, en énergie et en sucres.

a. Humidité et matière sèche

Le taux de matière sèche a été déterminé à partir du taux d'humidité. En effet, la teneur en eau est obtenue après le séchage à 60 °C de la matière fraîche des espèces végétales pendant 24 h, puis après le broyage des produits séchés. 5 g d'échantillon broyé sont placés à l'étuve à 105 °C pendant 24 h.

Les taux d'humidité et de matière sèche sont déterminés à l'aide des expressions de PEARSON (1976):

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = [(M_1 - M_2) \times 100] / M_1$$

$$\text{Taux de matière sèche (\%)} = 100 - \text{taux d'humidité (\%)}$$

M_1 = masse de l'échantillon (5 g) avant le séchage à 105 °C

M_2 = masse de l'échantillon (variable) après le séchage à 105 °C.

b. Protéines brutes

La méthode de KJEDAHN (PEARSON, 1976) utilisée comporte trois étapes: la minéralisation, la distillation et le titrage de l'ammoniac à l'aide de l'acide sulfurique en présence d'un indicateur coloré mixte.

- Pour la minéralisation, 1g de l'échantillon est mis dans un tube à minéraliser en présence de sulfate de cuivre (CUSO₄) comme catalyseur, de 20 mL d'acide sulfurique (CH₂SO₄) à 97 %. L'ensemble est homogénéisé et porté à une température de 400°C pendant 2 h.

- Au cours de la distillation, 10 mL de la solution préparée sont ajoutés à 10 mL d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 40 %. Le mélange obtenu est déversé dans un Becher contenant 20 mL d'acide borique (H₃BO₃) à 2 % et quelques gouttes de l'indicateur coloré mixte. Le nouveau mélange de couleur violette est placé dans le distillateur pendant 10 mn. Après refroidissement, le mélange prend une coloration verdâtre.

- L'azote étant libéré sous forme d'ammoniac, le titrage de celui-ci se fait avec une solution d'acide sulfurique à 0,1 N. La coloration violette marque le virage. Le pourcentage d'azote et le taux de protéines dans l'échantillon sont déterminés selon la formule de PEARSON (1976):

$$\text{Taux de protéines (\%)} = V (\text{H}_2\text{SO}_4) \times 6,25 \times 0,1 \times 14$$

V (H₂SO₄) = volume d'acide sulfurique ayant servi à titrer l'ammoniac (en mL)

6,25 = coefficient de conversion de l'azote en ammoniac

0,1 = normalité de l'acide sulfurique

14 = masse atomique de l'azote.

c. Matières grasses

La méthode utilisée est celle de SOXHLET (BLIGH & DYER, 1959). Elle permet de déterminer la teneur en matières grasses de l'aliment après l'extraction, le refroidissement au dessiccateur et la pesée de celle-ci.

Cinq grammes d'échantillon mélangé à 2 g de sulfate de sodium sont introduits dans une cartouche de WHATMAN contenant l'élément d'extraction (hexane ou benzine de pétrole). Un ballon vide préalablement pesé avec quelques pierres ponce et contenant 60 mL de benzine de pétrole est placé sur le bloc de chauffage de l'appareil de SOXHLET et chauffé à 110 °C. Au bout de 6 heures d'extraction, le ballon est retiré puis le solvant est évaporé à l'étuve à 60 °C pendant 24 heures. Le ballon est enfin mis au dessiccateur, puis pesé avec la

matière grasse. La teneur en matières grasses est alors déterminée et le résultat est exprimé en pourcentage de l'échantillon.

d. Cellulose brute

Un mélange de 3 g d'échantillon, de 2 g d'amiante, de 125 mL de H₂SO₄ (1,02 N) et de 75 mL d'eau distillée est porté à ébullition pendant 10 minutes puis filtré. On ajoute 120 mL de KOH (0,89 N) au résidu et 75 mL d'eau distillée. La solution obtenue est filtrée après ébullition pendant 10 minutes sur l'amiante.

Le résidu est rincé avec de l'eau chaude, puis de l'acétone pour accélérer le séchage. Le résidu d'amiante contenant la cellulose est alors placé dans un creuset en porcelaine pour le faire sécher à l'étuve à 130 °C pendant 2 heures. Après le séchage, le mélange est pesé avec le creuset. On réalise une incinération à 900 °C pendant 30 min, puis on fait une deuxième pesée du creuset avec le résidu sec. La teneur en cellulose brute, en pourcentage de l'échantillon, est déterminée par la méthode d'analyse chimique (AOAC, 1990) de la façon suivante:

$$\% \text{ de cellulose} = (D \times 100) / Pe$$

Pe = prise d'essai (3 g)

D = masse de la cellulose

e. Matière minérale ou teneur en cendres

L'échantillon d'aliment est incinéré et le résidu est pesé. Ainsi, environ 5 g d'échantillon sont-ils placés dans un creuset à incinération. A l'aide d'une plaque chauffante, ce creuset est progressivement chauffé jusqu'à la carbonisation de l'aliment. L'ensemble est introduit dans un four à moufle à 550° C jusqu'à l'obtention de cendres blanches, gris-claires ou rougeâtres. Le creuset est pesé immédiatement après. Le poids du résidu est calculé par déduction de la tare et exprimé en pourcentage de l'échantillon (PEARSON, 1976).

f. Extractifs non azotés (ENA)

Elle se fait par déduction selon la formule (BLIGH & DYER, 1959) suivante:

$$\% \text{ ENA} = [\% \text{ matière sèche} - (\% \text{ cendres} + \% \text{ protéines} + \% \text{ cellulose} + \% \text{ matières grasses})]$$

Le résultat est exprimé en pourcentage d'échantillon.

g. Calcium (Ca)

Cinq g de l'échantillon d'aliment sont calcinés à 550 °C et les cendres sont transvasées dans un bêcher de 250 mL. On ajoute 40 mL d'acide chlorhydrique, 60 mL d'eau et quelques gouttes d'acide nitrique et l'on porte l'ensemble à ébullition pendant 30 minutes avant de le filtrer. Une quantité du filtrat est prélevée et introduite dans un bêcher. On y ajoute 1 mL d'acide citrique, 5 mL de chlorure d'ammonium porté à ébullition et quelques gouttes de vert de bromocrésol, puis 30 mL de solution chaude d'oxalate d'ammonium. Il faut neutraliser ce mélange jusqu'à pH 4,4 puis placer le bêcher dans un bain d'eau bouillante pendant 30 minutes et le filtrer dans un creuset filtrant G₄. L'excès d'oxalate d'ammonium est éliminé avant de dissoudre le précipité dans 50 mL d'acide sulfurique chaud. L'ensemble est titré par la solution de permanganate de potassium jusqu'à obtention d'une coloration rose. Un millilitre de permanganate de potassium 0,1 N correspond à 2,004 mg de calcium. Le résultat est exprimé en pourcentage de l'échantillon (PEARSON, 1976).

h. Phosphore total (P)

L'échantillon est minéralisé par voie sèche et mis en solution acide. La solution est traitée par le réactif Vanado-molybdique. La densité optique de la solution jaune ainsi formée est mesurée au spectrophotomètre à 430 nm. Un gramme de l'échantillon est introduit dans un matras, le Kjeldahl avec 20 mL d'acide sulfurique chauffé. Après refroidissement, on ajoute 2 mL d'acide nitrique et l'ensemble est porté à ébullition. Cette opération est répétée jusqu'à l'obtention d'une solution incolore que l'on filtre après homogénéisation. Une partie du filtrat obtenu est diluée. On en prélève 10 mL auquel on ajoute 10 mL de réactif Vanado-molybdique, puis on mesure la densité optique au spectrophotomètre à 430 nm par comparaison avec une solution obtenue par addition de 10 mL au réactif Vanado-molybdique.

On réalise une courbe d'étalonnage à partir de solutions étalons contenant 5, 10, 20, 30, et 40 µg de phosphore auxquelles on ajoute 10 mL du réactif Vanado-molybdique. La quantité de phosphore est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage et exprimée en pourcentage de l'échantillon (BLIGH & DYER, 1959).

i. Potassium (K) et sodium (Na)

Dix grammes de l'échantillon sont incinérés à 450 °C pendant trois heures. Le résidu d'incinération est transvasé dans un ballon de 500 mL en présence d'eau et de 50 mL d'acide chlorhydrique. Un filtrat est obtenu par chauffage de la solution pendant deux heures à 90 °C suivi d'une filtration. On introduit une partie aliquote du filtrat dans un ballon de 100 mL et on y ajoute 10 mL de solution tampon.

On réalise une courbe d'étalonnage à partir de 5, 10, 15, 20, 25 mL respectivement, de la solution étalon à laquelle on ajoute 10 mL de solution tampon. Les teneurs en potassium et en sodium de la solution sont déterminées par photométrie de flamme à la longueur d'onde de 768 nm, en présence de chlorure de césium et de nitrate d'aluminium.

Le résultat est calculé à l'aide de la courbe d'étalonnage et exprimé en pourcentage de l'échantillon (BLIGH & DYER, 1959).

j. Energie brute

L'énergie est déterminée grâce au coefficient d'ATWATER et ROSA qui estime que 1 g de glucide et 1 g de protéine fournissent 17 calories et 1 g de lipide, 38 calories (BLIGH & DYER, 1959).

k. Sucres totaux

Le dosage des sucres totaux est réalisé par le test au phénol sulfurique (DUBOIS et al., 1956). Pour l'extraction, 2 g de l'échantillon d'aliment sec sont additionnés à 10 mL d'éthanol 80 %. La solution est homogénéisée jusqu'à l'obtention d'une pâte, puis centrifugée à 5000 tours par minutes, pendant 30 minutes. Cent cinquante (150) µL de la solution à doser sont ajoutés à 1 mL de solution de phénol 5 % et à 2 mL d'acide sulfurique concentré (95-98 %). Une homogénéisation douce du mélange réactionnel est réalisée, suivie d'un refroidissement pendant 10 minutes. On procède à la lecture de la densité optique à 490 nm. Le taux de sucres totaux est déterminé grâce à une courbe étalon.

2.2.3.5. Estimation de l'abondance des végétaux

Limicolaria flammea étant essentiellement végétarien, nous avons songé à savoir si son alimentation ne constitue pas une menace pour la conservation de la biodiversité végétale de son milieu de vie. Ainsi, pour estimer les ravages causés par cet escargot sur les plantes cultivées et les plantes sauvages, avons-nous déterminé l'abondance de ces végétaux au sein de la forêt de l'Université d'Abobo-Adjamé et dans les plantations. Cette étude a porté sur les 30 plantes sauvages et les 30 plantes cultivées proposés aux escargots au cours de l'inventaire alimentaire.

Au niveau des plantes sauvages, nous avons utilisé une technique de sondage qui consiste à identifier tous les végétaux concernés par l'étude sur des parcelles délimitées au hasard dans la forêt à cet effet. Cette technique a permis à OTCHOUMOU et al. (2004c) d'estimer l'abondance de quelques végétaux détruits par l'escargot *Achatina achatina* au sein de la forêt de l'Université d'Abobo-Adjamé. Ainsi, 12 cuvettes d'identification de 100 m² de superficie chacune ont été installées de façon aléatoire dans ladite forêt. Chaque cuvette a fait l'objet d'une fouille systématique d'un bout à l'autre pour identifier et compter les végétaux.

Quant aux plantes cultivées, des observations ont été faites dans les plantations où nous avons procédé à un comptage des pieds de chaque espèce végétale sur des parcelles de 100 m². Les fouilles ont eu lieu en juin 2006.

L'abondance de chaque espèce végétale est déterminée à partir du nombre de plantes identifiées par cuvette, permettant ainsi de déterminer leurs densités relatives (DR) de répartition au mètre carré (m²) au sein de la forêt ou de la plantation.

2.2.3.6. Estimation des ravages sur quelques végétaux

Les ravages causés par *Limicolaria flammea* sur quelques plantes cultivées et plantes sauvages ont été déterminés à partir des consommations moyennes rapportées au poids moyen d'une feuille de chaque espèce végétale et au nombre moyen de feuilles présentes sur le végétal aux stades jeune et adulte, en relation avec le temps de destruction dudit végétal et son abondance. Bien entendu, l'estimation des ravages au cours d'une année tient compte de la saison sèche (décembre, janvier, février), considérée comme une période de moindre activité pour les escargots.

L'estimation des ravages sur un végétal sera faite à partir de sa quantité quotidiennement consommée rapportée au nombre moyen de feuilles présentes sur le végétal jeune et adulte en relation avec le temps de destruction du végétal et son abondance dans la plantation ou dans la forêt. Les différents paramètres déterminés ont été calculés selon les formules utilisées par OTCHOUMOU *et al.* (2004c):

-Quantité de végétaux détruits (Qd)

$$Qd = qmi / Pfi$$

avec qmi: quantité moyenne du végétal i consommé dans les différents couples comprenant le végétal i (g); Pfi: poids moyen d'une feuille du végétal i (g)

-Nombre de plants ravagés (Pr)

$$Pr = Qd / Nmf$$

avec Nmf: nombre moyen de feuilles par végétal.

-Abondance des végétaux (DR)

$$DR \text{ (plantes / m}^2\text{)} = \text{Nombre de plantes} / 12 \times 100$$

2.2.4. Etude de l'effet de la teneur en calcium alimentaire sur les performances biologiques de *Limicolaria flammea*

Cette expérience a été réalisée suivant une méthodologie utilisée par IRELAND (1991), OTCHOUMOU *et al.* (2004b) et KOUASSI *et al.* (2007a) pour déterminer l'influence du taux de calcium alimentaire sur les performances biologiques des escargots *Achatina fulica* et *Archachatina ventricosa*. Son choix s'explique par le fait qu'elle a permis à ces auteurs non

seulement de déterminer l'importance du régime alimentaire, mais surtout d'élucider le rôle prépondérant du calcium dans l'élevage de ces escargots.

2.2.4.1. Choix de l'aliment

Les régimes R₁ et R₂ constitués par un mélange de feuilles de végétaux cultivés et sauvages 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.

Les régimes R₃, R₄ et R₅ ont été confectionnés sur la base des résultats obtenus sur l'alimentation de l'escargot *Helix aspersa* (CONAN *et al.*, 1989) et sur l'alimentation des Achatinidae (OTCHOUMOU, 2005). Nous avons fait varier la teneur en calcium d'un régime à l'autre. Les tourteaux de coton et le soja graine susceptibles de renfermer des facteurs antinutritionnels ont été grillés au préalable. L'incorporation de la farine de soja aux régimes pour un escargot végétarien constitue une source importante de protéines à l'instar des farines animales. La composition chimique des végétaux et des différents régimes utilisés a été vérifiée par analyse chimique (AOAC, 1990).

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 et de reproduction de l'escargot *Limicolaria flammea*.

2.2.4.2. Elevage des géniteurs et collecte des nouveau-nés

Des escargots reproducteurs ont été sélectionnés et répartis dans des enceintes d'élevage selon une densité de 100 escargots / m²; soit 20 escargots / bac. Ils ont été nourris à volonté avec des feuilles de *Carica papaya* (Caricaceae) et de *Lactuca sativa* (Asteraceae). La nourriture est fournie *ad libitum*. L'entretien des enceintes d'élevage est réalisé une fois par semaine. Ils sont débarrassés des animaux malades ou morts. Ceux-ci sont remplacés par d'autres escargots actifs et sans traumatisme sur la coquille. Aussi, le substrat d'élevage est-il débarrassé des déchets et restes d'aliments, remué pour le rendre meuble afin de faciliter l'enfouissement des animaux lors de la ponte. Un arrosage régulier assure l'humidification constante du substrat.

Une fois par semaine, le substrat d'élevage est fouillé pour en sortir les éventuels œufs pondus. Les œufs recueillis sont placés dans les enceintes d'incubation dont l'intérieur est

occupé par de la bourre de noix de *Cocos nucifera* (Arecaceae) qui constitue le substrat d'incubation.

Après éclosion, les nouveau-nés sont recueillis, triés et pesés. Une sélection des animaux actifs et exempts de traumatisme est effectuée et ceux retenus sont conduits dans les bacs d'élevage.

2.2.4.3. Elevage des nouveau-nés et collecte des paramètres de croissance et de reproduction

Les individus sélectionnés pour l'étude sont 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. Ils sont repartis dans les enceintes d'élevage à la densité de 100 escargots / m²; soit 20 individus / bac. Ces juvéniles ont été soumis à cinq régimes alimentaires dont deux à base de végétaux frais et trois concentrés de farine. La teneur en calcium varie d'un régime à l'autre. Pour chaque régime, l'expérience est répétée trois fois; ce qui a nécessité un total de 15 bacs d'élevage avec un effectif de 300 jeunes escargots.

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.

Il faut noter que l'élevage des juvéniles de *Limicolaria flammea* exige beaucoup de précautions. Du fait de leur fragilité, 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. Les expériences se sont déroulées à une température moyenne de

26,7 ± 1,4 °C et à une humidité relative moyenne 82,6 ± 1,4 %. Cette étude a duré 12 mois (de Mai 2007 à Avril 2008).

Les paramètres déterminés et l'expression des résultats restent identiques à ceux relatifs à l'étude de l'effet de la densité d'élevage sur la croissance et la reproduction.

2.2.5. Analyses statistiques

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide de logiciels STATISTICA version 6.0, SPSS 12 et Microsoft Excel 2003.

2.2.5.1. Analyse de variance

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 % (DAGNELIE, 1975). Avant l'utilisation de l'ANOVA, la normalité de la distribution des données a été vérifiée avec le test de Shapiro-Wilk (SHAPIRO *et al.*, 1968). L'homogénéité des variances a été testée à l'aide du test de Brown et Forsythe (BROWN & FORSYTHE, 1974).

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

2.2.5.2. Analyse en composantes principales (ACP)

C'est une méthode mathématique d'analyse statistique des données qui consiste à rechercher les directions de l'espace qui représentent le mieux les corrélations entre n variables aléatoires (ESCOFIER & PAGES, 1988). L'ACP porte sur au moins deux variables numériques, permettant une représentation graphique des liens entre variables numériques et des positions des individus par rapport aux vecteurs de ces variables.

Construite à partir de la matrice des corrélations, l'ACP représente graphiquement les liens entre les différentes variables numériques et les deux facteurs. Chaque question est signalée par une droite sur laquelle est posé un rond. Le rond devant le libellé représente les coordonnées de la variable sur les deux facteurs.

La valeur du coefficient de corrélation (r) est comprise entre -1 et $+1$. Si r est significativement différent de 0, les variables ne sont pas indépendantes. Si r est positif, aux fortes valeurs de l'une des variables sont associées les fortes valeurs de l'autre (et aux faibles valeurs de l'une, les faibles valeurs de l'autre); si r est négatif, aux fortes valeurs de l'une sont

associées les faibles valeurs de l'autre (et vice versa). Plus la coordonnée de la variable est forte (proche de 1 ou -1) sur un facteur, plus la variable a de liens avec ce facteur. La position des variables est donc déterminée par leurs coordonnées sur les facteurs. Plus deux variables sont proches, plus leur lien est sensé être fort (BENZECRI, 1973).

Le logiciel utilisé permet de construire deux graphiques (cercle des corrélations et plan de dispersion) en associant d'une part, le fichier des coordonnées des variables au fichier des noms des variables (éléments chimiques) et d'autre part, le fichier des coordonnées des végétaux consommés au fichier des noms de ces végétaux. Ce sont ces deux graphiques juxtaposés qui sont interprétés.

CHAPITRE III:
RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Effet de la densité d'élevage sur les performances biologiques de

Limicolaria flammea

3.1.1. Effet de la densité d'élevage sur la croissance

Les escargots élevés aux différentes densités animales avaient initialement un poids vif moyen de $1,20 \pm 0,12$ g, une longueur moyenne de coquille de $15,37 \pm 2,34$ mm et un âge estimé à $2 \pm 0,01$ mois. Après 12 mois d'expérimentation, ils ont acquis un poids vif moyen de $5,18 \pm 0,03$ g; $4,47 \pm 0,11$ g; $4,16 \pm 0,18$ g; $2,34 \pm 0,21$ g avec des gains de poids respectifs de $3,98 \pm 0,02$ g; $3,27 \pm 0,01$ g; $2,96 \pm 0,01$ g et $1,14 \pm 0,04$ g pour les densités de 100, 200, 300 et 400 escargots / m² (tableau IV). Les longueurs de coquilles induites sont de $41,18 \pm 0,01$ mm; $37,62 \pm 0,02$ mm; $35,97 \pm 0,003$ mm et $32,40 \pm 0,01$ mm avec des gains de taille respectifs de $25,81 \pm 0,02$ mm; $22,25 \pm 0,06$ mm; $20,60 \pm 0,05$ mm et $17,03 \pm 0,07$ mm.

Les croissances pondérales journalières moyennes sont de $0,04 \pm 0,01$ g / j; $0,02 \pm 0,01$ g / j; $0,02 \pm 0,01$ g / j et $0,01 \pm 0,006$ g / j respectivement pour les densités de 100, 200, 300 et 400 escargots / m² tandis que les croissances coquillières journalières moyennes sont de $0,06 \pm 0,03$ mm / j; $0,05 \pm 0,03$ mm / j; $0,03 \pm 0,02$ mm / j et $0,01 \pm 0,002$ mm / j pour les mêmes densités d'élevage.

Les quantités d'aliment ingéré par les escargots sont de $0,14 \pm 0,02$ (g / j / g de poids vif); $0,07 \pm 0,002$ (g / j / g de poids vif); $0,04 \pm 0,004$ (g / j / g de poids vif) et $0,01 \pm 0,002$ (g / j / g de poids vif) respectivement pour les densités de 100, 200, 300 et 400 escargots / m².

Les taux de mortalité cumulée varient d'une densité à l'autre et sont de 16 % (pour 100 escargots / m²); 28 % (pour 200 escargots / m²); 32 % (pour 300 escargots / m²) et 60 % (pour 400 escargots / m²).

Les courbes d'évolution du poids vif (figure 20) et de la longueur de coquille (figure 21) en fonction du temps, pour les différentes densités, présentent dans l'ensemble, une allure croissante. L'on remarque une forte pente entre 60 et 120 jours. Au-delà de 120 jours, elles présentent une pente moyenne. A la différence des autres, la courbe d'évolution du poids vif en fonction du temps obtenue avec la densité de 400 escargots / m² a présenté une faible pente durant l'étude. La ponte est liée au gain de poids et à la croissance de la coquille. Plus les croissances pondérale et coquillière sont rapides, plus la densité d'élevage est faible. Pour chaque densité, l'acte de ponte influence l'allure de la courbe qui se traduit par un ralentissement de la croissance pondérale et de la croissance coquillière durant les semaines qui suivent immédiatement la première ponte.

Tableau IV: Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de croissance et de mortalité cumulée chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) soumis à quatre densités d'élevage pendant 12 mois

	DENSITÉS			
	100 escargots/m ²	200 escargots/m ²	300 escargots/m ²	400 escargots/m ²
Ingestion alimentaire (g/j/g d'escargot)	0,14 ^a \pm 0,02	0,07 ^b \pm 0,002	0,04 ^c \pm 0,004	0,01 ^d \pm 0,002
Longueur moyenne de coquille (mm)	41,18 ^a \pm 0,01	37,62 ^b \pm 0,02	35,97 ^c \pm 0,003	32,40 ^d \pm 0,01
Gain de taille (mm)	25,81 ^a \pm 0,02	22,25 ^b \pm 0,06	20,60 ^c \pm 0,05	17,03 ^d \pm 0,07
Croissance coquillière journalière (mm/j)	0,06 ^a \pm 0,03	0,05 ^b \pm 0,03	0,03 ^c \pm 0,02	0,01 ^d \pm 0,002
Poids vif moyen (g)	5,18 ^a \pm 0,03	4,47 ^b \pm 0,11	4,16 ^c \pm 0,18	2,34 ^d \pm 0,21
Gain de poids (g)	3,98 ^a \pm 0,02	3,27 ^b \pm 0,01	2,96 ^c \pm 0,01	1,14 ^d \pm 0,04
Croissance pondérale journalière (g/j)	0,04 ^a \pm 0,01	0,02 ^{ab} \pm 0,01	0,02 ^{ab} \pm 0,01	0,01 ^b \pm 0,006
Mortalité cumulée (%)	16 ^a	28 ^b	32 ^b	60 ^c

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

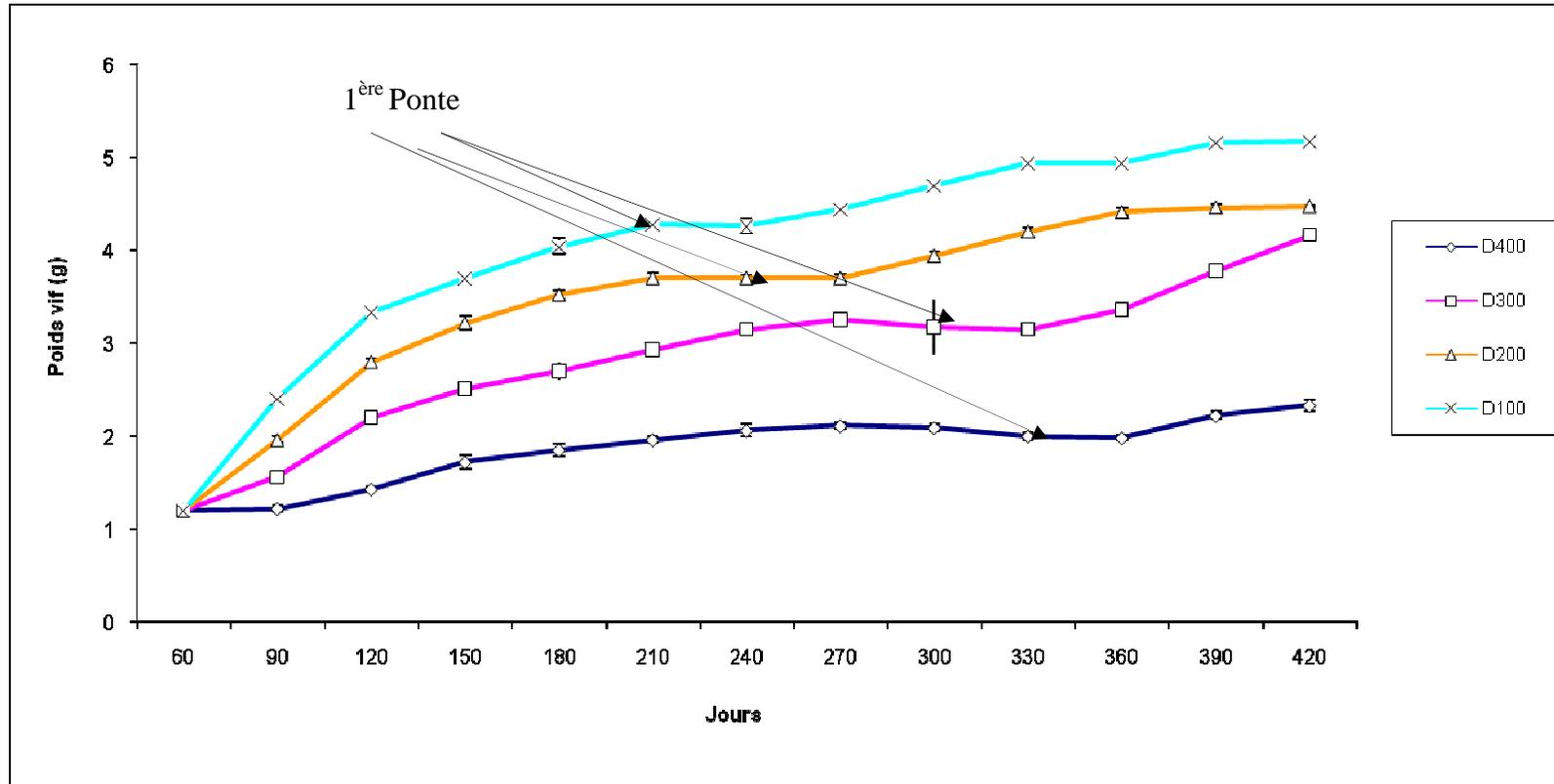


Figure 20: Évolution du poids vif en fonction du temps, pour quatre densités d'élevage (D_{100} à D_{400}) chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

D_{100} : densité de 100 escargots / m^2 ; D_{200} : densité de 200 escargots / m^2 ; D_{300} : densité de 300 escargots / m^2 ; D_{400} : densité de 400 escargots / m^2

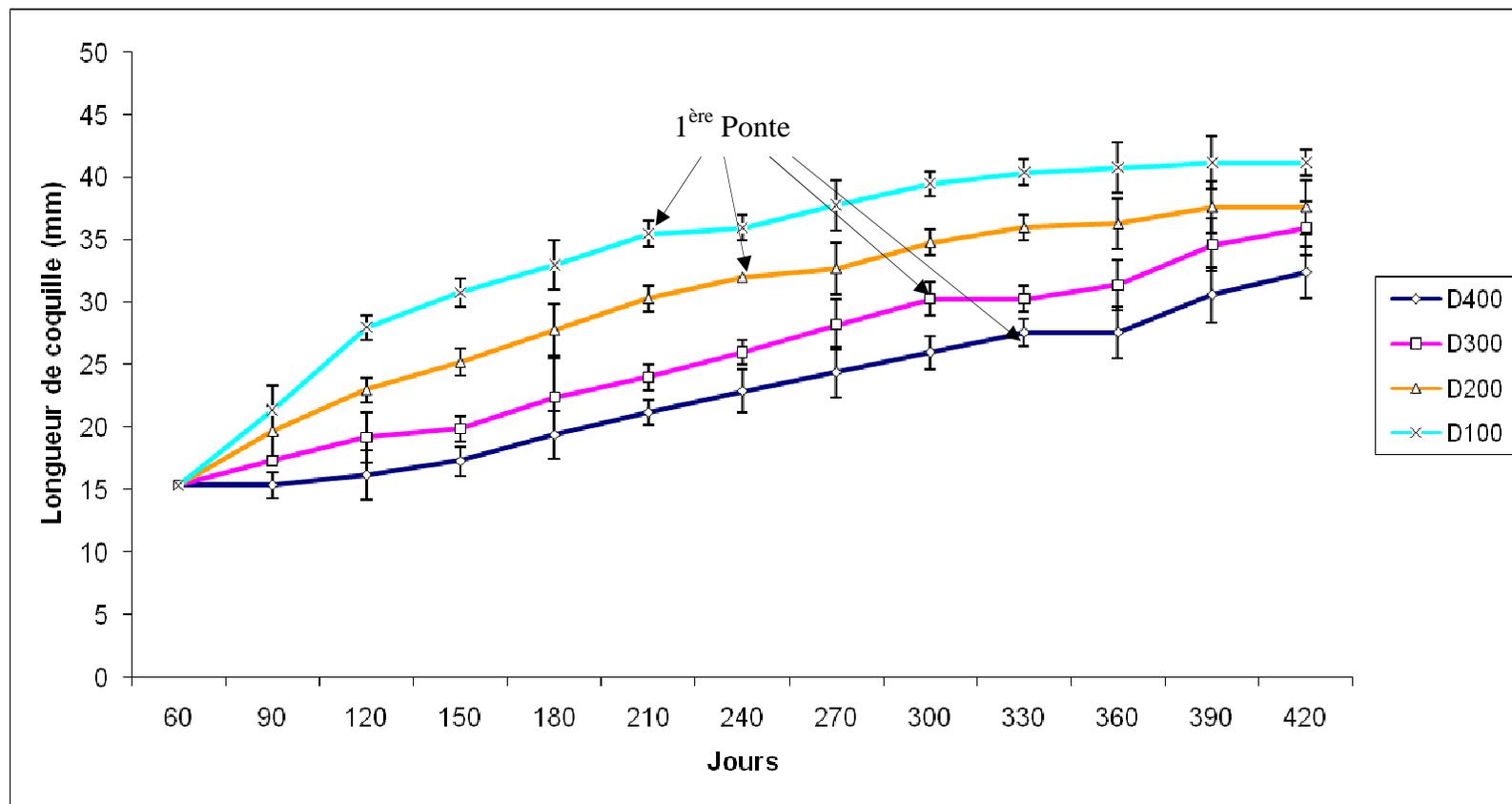


Figure 21: Évolution de la longueur de coquille en fonction du temps, pour quatre densités d'élevage (D₁₀₀ à D₄₀₀) chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

D₁₀₀: densité de 100 escargots / m²; **D₂₀₀**: densité de 200 escargots / m²; **D₃₀₀**: densité de 300 escargots / m²; **D₄₀₀**: densité de 400 escargots / m²

Les croissances pondérale et coquillière atteignent un plateau au bout d'un an pour les différentes densités d'élevage.

La comparaison des moyennes des croissances pondérale et coquillière, des poids vifs, des longueurs de coquille, des ingestions alimentaires et des mortalités cumulées à l'aide du test de Student-Newmann-Keuls montre qu'il y a une différence significative entre les valeurs de ces paramètres selon les densités d'élevage ($P < 0.05$). Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les croissances pondérales induites par les densités de 200 et 300 escargots / m². Ces résultats montrent que la densité d'élevage influence fortement les différents paramètres de croissance chez *Limicolaria flammea* et que cette influence n'est pas ressentie au niveau de la croissance pondérale lorsqu'on passe de 200 à 300 escargots / m². Aussi, faut-il signaler que les valeurs des différents paramètres de croissance diminuent au fur et à mesure que la densité animale augmente.

Les meilleures performances de croissance sont obtenues à la densité de 100 escargots / m². Cette densité induit une bonne ingestion alimentaire, une faible mortalité, contrairement à la densité de 400 escargots / m² où les animaux ont une faible ingestion alimentaire avec plus de mortalité.

La longueur coquillière, la croissance coquillière, le poids vif et la croissance pondérale sont fortement corrélés ($r > 0,9$) avec l'ingestion alimentaire (tableau V). Le taux de mortalité cumulée est par contre fortement et négativement corrélé ($r = - 0,85$) avec l'ingestion alimentaire. Aussi, la longueur coquillière et le poids vif sont fortement corrélés ($r = 0,95$), tandis que les croissances coquillière et pondérale sont moyennement corrélées ($r = 0,66$).

3.1.2. Effet de la densité d'élevage sur la reproduction

Les animaux soumis aux différentes densités d'élevage ont pondu à différentes dates. Les premières pontes ont été observées après 5 mois, 7 mois, 8 mois et 10 mois d'élevage, respectivement pour les densités de 100, 200, 300 et 400 escargots / m². Ils ont pondu durant tous les mois depuis la première ponte. Le nombre moyen de pontes varie de 2 à 6 alors que le nombre moyen d'œufs par ponte varie de 17 œufs à 31 œufs selon les densités d'élevage (tableau VI).

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

	Ingestion alimentaire	Longueur de coquille	Croissance coquillière	Poids vif	Croissance pondérale	Mortalité cumulée
Ingestion alimentaire						
Longueur de coquille	0,99					
Croissance coquillière	0,91	0,86				
Poids vif	0,97	0,95	0,91			
Croissance pondérale	0,69	0,69	0,66	0,69		
Mortalité cumulée	-0,85	-0,82	-0,86	-0,90	-0,78	

Tableau VI: Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de reproduction chez *Limicola flammaea* (Müller, 1774) soumis à quatre densités d'élevage pendant 12 mois

	DENSITÉS			
	100 escargots/m ²	200 escargots/m ²	300 escargots/m ²	400 escargots/m ²
Nombre de ponte	6 ^a	5 ^a	4 ^{ab}	2 ^b
Nombre moyen d'œufs par ponte	31 ^a \pm 2,8	26 ^{ab} \pm 2,1	20 ^{bc} \pm 2,8	17 ^c \pm 1,4
Nombre total d'œufs pondus	184,33 ^a \pm 4,2	126,67 ^b \pm 4,2	82,33 ^c \pm 2,8	31,33 ^d \pm 1,4
Poids d'un œuf (g)	0,03 ^a	0,03 ^a	0,03 ^a	0,03 ^a
Grand diamètre d'un œuf (mm)	4 ^a	4 ^a	4 ^a	4 ^a
Petit diamètre d'un œuf (mm)	3,6 ^a	3,6 ^a	3,6 ^a	3,6 ^a
Durée d'incubation (j)	12 ^a \pm 1,8	14,33 ^b \pm 1,4	16,33 ^c \pm 1,2	22,33 ^d \pm 1,4
Taux d'éclosion (%)	70,33 ^a	57 ^b	43 ^c	22 ^d

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

Le nombre total d'œufs pondus, la durée d'incubation et le taux d'éclosion varient respectivement de $31 \pm 1,4$ œufs à $184,33 \pm 4,2$ œufs; de $12 \pm 1,8$ à $22,33 \pm 1,4$ et de 22 % à 70,33 %, en fonction des densités animales. Par ailleurs, le poids de l'œuf et ses dimensions ne varient pas quelle que soit la densité des animaux en élevage.

La comparaison des nombres totaux de pontes, des durées d'incubation et des taux d'éclosion à l'aide du test de Student-Newmann-Keuls révèle une différence significative entre les valeurs de ces différents paramètres selon la densité ($P < 0,05$). Quant aux nombres de pontes et aux nombres d'œufs par ponte, la différence n'est significative qu'entre les densités de 100 et de 400 escargots / m². Il n'y a pas de différence significative entre les nombres de pontes et entre les nombres d'œufs par ponte aux densités de 200 et de 300 escargots / m². En outre, l'analyse ne relève aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les poids et les dimensions de l'œuf quelle que soit la densité des animaux en élevage.

La densité d'élevage 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'une densité à l'autre.

Le tableau VII indique que la quantité d'œufs produite est corrélée fortement, négativement avec la durée de l'incubation ($r = - 0,95$) et positivement avec le taux d'éclosion ($r = 0,97$). De même, il existe une forte corrélation négative entre la durée de l'incubation et le taux d'éclosion ($r = - 0,96$).

3.1.3. Discussion

L'effet de la densité d'élevage sur la croissance a retenu l'attention de nombreux chercheurs. Leurs recherches étaient centrées seulement sur les Pulmonés aquatiques et celles orientées vers les Pulmonés terrestres concernaient quelques espèces de pays tempérés appartenant aux genres *Helix* et *Cepaea* (OOSTERHOFF, 1977; CAMERON & CARTER, 1979; LUCARZ, 1982; LUCARZ & GOMOT, 1985). Les effets de la densité englobent d'une part, les facteurs de stimulation de la croissance tels que les polypeptides, les glycoprotéines, les lipoprotéines, les acides aminés et les ionophores qui sont probablement produits par l'escargot lui-même à travers les micro-organismes de ses voies digestives (THOMAS, 1973; THOMAS & ARAM, 1974; THOMAS *et al.*, 1975a).

Tableau VII: Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de reproduction pris deux à deux chez
Limicolaria flammea (Müller, 1774)

	Nombre de ponte	Nombre d'œufs par ponte	Nombre total d'œufs pondus	Poids de 1'œuf	Durée d'incubation	Taux d'éclosion
Nombre de ponte						
Nombre d'œufs par ponte	0,68					
Nombre total d'œufs pondus	0,85	0,92				
Poids de 1'œuf	0,07	-0,12	-0,02			
Durée d'incubation	-0,84	-0,87	-0,95	0,04		
Taux d'éclosion	0,92	0,87	0,97	-0,01	-0,96	

D'autre part, les effets de la densité englobent également des facteurs inhibiteurs de croissance comme l'ammoniacque, les métabolites provenant des aliments ou des fèces (SCHEERBROOM, 1978).

Il a été montré qu'en état de captivité, la perturbation de la croissance et de la reproduction sous les fortes densités est aussi due à la réduction de la quantité et de la qualité de l'aliment mis à la disposition des escargots (THOMAS & BENJAMIN, 1974; THOMAS *et al.*, 1983). Une production excessive de mucus ou tous autres facteurs inhibiteurs (les phéromones par exemple) pourraient favoriser cette situation (LEVY *et al.*, 1973; LAZARIDOU-DIMITRIADOU & DAGUZAN, 1981; DAN & BAILEY, 1982; CHAUDRY & MORGAN, 1987).

Le but recherché par l'éleveur, pour rentabiliser ses installations, est de placer le plus grand nombre possible d'animaux au mètre carré d'enceinte d'élevage, à condition que cette densité n'entraîne pas de trouble chez les animaux (CHEVALLIER, 1985).

Nos résultats indiquent que pour des animaux de taille et de poids similaires en début d'expérience, il apparaît une différence notable entre les valeurs de ces deux paramètres après 12 mois d'expérimentation. L'ingestion alimentaire, les croissances pondérale et coquillière diminuent au fur et à mesure que la densité d'élevage augmente. Ainsi, ressort-il qu'une température de $26,7 \pm 1,4$ °C, une humidité relative de l'air de $82,6 \pm 1,4$ % et une densité de 100 escargots / m² favorisent une meilleure croissance chez *Limicolaria flammea*. Cette densité induit une bonne ingestion alimentaire, une faible mortalité, contrairement aux densités relativement élevées de 300 et de 400 escargots / m² où les animaux mangent peu et meurent beaucoup. En effet, TANNER (1966) admet que la croissance d'une population est une fonction décroissante de la densité. Nos résultats corroborent ceux de CODJIA (2001) sur *Archachatina marginata* et ceux de OTCHOUMOU (1997) sur *Achatina achatina*, *Achatina fulica* et *Archachatina ventricosa*. Ces espèces d'escargot qui ont un gabarit supérieur à celui de *Limicolaria flammea* présentent de meilleures performances de croissance à la densité de 50 escargots / m² pour les reproducteurs et de 300 escargots / m² pour les individus plus jeunes. Cette expérience montre que *Limicolaria flammea*, élevé à une forte densité, croît lentement même si les individus sont placés dans un environnement bien entretenu avec une quantité et une qualité convenables de nourriture et d'humidité. Les quantités d'aliments ingérées sous les fortes densités sont moindres par rapport à celles des faibles densités. Cette situation pourrait s'expliquer par une baisse de la qualité de l'aliment (THOMAS *et al.*, 1975b) résultant d'une accumulation de fèces sur l'aliment et aussi de mucus (DAN &

BAILEY, 1982).

Les fortes densités rendent difficile l'accès à la nourriture. En effet, l'augmentation de la densité animale entraîne une augmentation de la quantité de mucus sécrétée par les escargots. Ainsi, le mucus devenu abondant rend-il difficile la locomotion des animaux pour la recherche de nourriture et l'exploitation de leur milieu. L'effet de foule, surtout dans un environnement clos peut aussi affecter négativement le taux d'oxygène disponible dans le milieu. Cela a été remarqué par CHERNIN & MICHELSON (1957a, 1957b) et GHOSE (1959); WRIGHT (1960) chez *Australorbis glabratus* et par CAMERON & CARTER (1979) chez *Helix aspersa*. Le cumul de mucus et le manque d'oxygène peuvent créer des stress et un dysfonctionnement physiologique, car certains animaux mangent peu ou pas du tout. Cette situation a amené LEVY *et al.* (1973), THOMAS *et al.* (1983) à suggérer que pour des escargots placés sous fortes densités, fournir de la nourriture *ad libitum* conduit à la longue à les affamer, puisque l'effet de foule affecte la qualité de l'aliment. La croissance et la reproduction dépendent de la qualité de l'aliment.

L'évolution du poids vif et de la longueur de coquille en fonction du temps pour les différentes densités d'élevage révèlent un ralentissement des croissances pondérale et coquillière durant les semaines qui suivent la première ponte et cela, pour toutes les densités d'élevage. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait qu'au-delà de l'influence de la densité d'élevage sur la croissance, nous remarquons une faible consommation de l'aliment par les escargots durant la période de ponte. Des observations similaires chez *Archachatina marginata* et *Limicolaria flammea* ont permis à EGONMWAN (1988) d'affirmer qu'en période de ponte, l'escargot arrête de s'alimenter et utilise ses réserves intérieures pour assurer ses besoins physiologiques. Cette faible ingestion alimentaire pourrait donc être la cause du ralentissement constaté au niveau des croissances coquillière et pondérale.

En outre, la production progressive d'œufs contribue à une augmentation conséquente de la masse des individus. La ponte, caractérisée par une expulsion des œufs, a entraîné une diminution de cette masse car le poids des œufs s'est soustrait de celui de l'animal qui devient alors plus léger, juste après l'oviposition.

Ces courbes présentent également une tendance générale vers un plateau au bout des 12 mois d'expérimentation, comme si l'on s'avance vers un arrêt de croissance des escargots. Cette situation s'explique d'une part, par le rabougrissement des individus engendré par les fortes densités et d'autre part, par le fait que les individus élevés aux faibles densités s'acheminent effectivement vers un arrêt de croissance après avoir atteint une certaine taille, étant donné

que la longueur coquillière moyenne et le poids vif moyen caractéristiques de cette espèce d'escargot sont respectivement d'environ 6 cm et de 6 g (CROWLEY & PAIN, 1970).

Pour *Limicolaria flammea*, la densité de 100 individus / m² semble favorable à la croissance. Une augmentation progressive de la densité induit de fortes mortalités. EGONMWAN (1988), après avoir soumis *Limicolaria flammea* et *Archachatina marginata* à des densités de 256, de 400 et de 929 individus / m², a montré que les fortes densités ralentissent ou même arrêtent la croissance chez ces deux espèces. L'auteur indique par ailleurs que les fortes densités d'élevage induisent des mortalités plus élevées chez *Limicolaria flammea* que chez *Archachatina marginata*. Cette forte mortalité pourrait s'expliquer d'une part, par une relative fragilité de la première espèce par rapport à la seconde et d'autre part, par une accumulation importante d'urine et de fèces très toxiques, du fait de la surcharge biotique. L'accumulation d'excréments et de déchets entretenus par ce surnombre défavorable, augmente le pH du sol d'élevage. Ce changement dans la composition chimique du sol retarde la croissance et augmente la mortalité (CHEVALLIER, 1982). Toutefois, une partie des mortalités pourrait être attribuée aux compétitions intra spécifiques qui éliminent les individus les plus faibles (DAJOZ, 1974).

Nos résultats révèlent que les escargots pondent après 5 mois, 7 mois, 8 mois et 10 mois de captivité, respectivement pour les densités de 100, 200, 300 et 400 escargots / m². Les travaux réalisés par OTCHOUMOU (1997) ont montré que lorsqu'ils sont élevés à une densité de 50 escargots / m², les escargots *Achatina achatina*, *Achatina fulica* et *Archachatina marginata* observaient leurs premières pontes, respectivement après 17 mois, 6 mois et 9 mois.

Les meilleures performances de reproduction sont obtenues à la densité de 100 escargots / m². Cette densité permet 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. Les différences observées au niveau du nombre de pontes, du nombre d'œufs par ponte, du nombre total d'œufs pondus, de la durée d'incubation et du taux d'éclosion ne peuvent être attribuées qu'aux différentes densités utilisées. SMITH (1966) et OOSTERHOFF (1977) ont montré que la densité d'élevage influence directement la reproduction chez *Arion ater* et chez *Cepaea nemoralis*. Nos données sont en accord avec ceux de HODASI (1979) et de ZONGO (1997) qui ont observé des variations de ces différents paramètres chez *Achatina achatina* élevé à différentes densités. Des observations similaires ont été faites par OTCHOUMOU (1997) aussi bien chez *Achatina achatina* que chez *Achatina fulica* et *Archachatina*

marginata.

Lorsqu'il est élevé à une densité de 100 escargots / m², *Limicolaria flammea* produit en moyenne 31 ± 2,08 œufs par ponte. L'incubation des œufs dure en moyenne 12 ± 1,08 jours avec un taux d'éclosion de 70,33 ± 1,06 %. OTCHOUMOU (1997) a enregistré un nombre moyen d'œufs de 69,28 ± 33,66 chez *Achatina achatina*, 117,04 ± 39,63 chez *Achatina fulica* et 4,80 ± 0,50 chez *Archachatina marginata*. KOUASSI *et al.* (2007a, 2007b) ont enregistré 3 à 12 œufs par ponte chez *Archachatina ventricosa*. La durée moyenne de l'incubation des œufs est de 18,42 ± 5,15 jours chez *Achatina achatina*, 15,65 ± 1,33 jours chez *Achatina fulica* et 29,40 ± 1,01 jours chez *Archachatina marginata* avec des taux d'éclosion respectif de 64,60 ± 24,05 %; 68,41 ± 22,40 % et 62,50 ± 11,18 %.

Lorsque les escargots sont élevés à une densité convenable dans des conditions de température et d'humidité adéquates, *Limicolaria flammea* produit un nombre d'œufs inférieur à celui de *Achatina fulica* et *Achatina achatina*, mais supérieur à celui de *Archachatina marginata* et *Archachatina ventricosa*.

Nos résultats ne montrent aucune différence entre les tailles et les poids des œufs quelle que soient les densités chez *Limicolaria flammea*, comme l'ont déjà observé MARCHE - MARCHARD (1977), HODASI (1979) et ZONGO *et al.* (1990) chez *Achatina achatina* et chez *Achatina fulica*. Les œufs recueillis dans les mêmes conditions expérimentales ont des durées d'incubation et des taux d'éclosion différents d'une densité à l'autre. Différents auteurs affirment que ces différences seraient liées au mois de ponte, à l'âge des reproducteurs, aux conditions atmosphériques et à la nature du substrat d'incubation (HODASI, 1975; EGONMWAN, 1991; OTCHOUMOU, 1997; KOUASSI *et al.*, 2007b).

3.1.4. Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons retenir que la densité d'élevage influence significativement la croissance et la reproduction de *Limicolaria flammea*. Ces deux phénomènes sont des fonctions décroissantes de la densité. Les fortes densités entraînent un retard dans la croissance, perturbent la reproduction et induisent une mortalité élevée, contrairement aux faibles densités. Parmi les densités d'élevage testées au cours de nos expériences, la densité de 100 escargots / m² représente une norme zootechnique idéale pour un élevage efficient de cet escargot.

3.2. Rythme d'activité de *Limicolaria flammea* en milieu d'élevage

L'observation de l'activité de *Limicolaria flammea* durant 24 heures a permis de distinguer deux catégories d'animaux Tableau VIII:

- les escargots actifs;
- les escargots non actifs qui sont soit accrochés aux parois de l'enceinte d'élevage, soit enfouis dans la litière.

A deux semaines d'âge, $29,75 \pm 24,51$ % des animaux sont actifs alors que $19,58 \pm 8,58$ % et $50,66 \pm 21,81$ % sont respectivement au repos sur les parois et enfouis dans la litière. Lorsqu'ils ont 5 mois d'âge, $42,50 \pm 28,54$ % des escargots sont actifs, tandis que $13,91 \pm 7,71$ % sont accrochés aux parois du bac d'élevage et $43,66 \pm 23,21$ % sont enfouis dans le substrat d'élevage. Pour les escargots âgés de 10 mois, $43,75 \pm 28,54$ % sont actifs tandis que $12,95 \pm 6,89$ % se reposent sur les parois de l'enceinte d'élevage et $43,3 \pm 22,46$ % sont enfouis dans la litière.

Au niveau des trois classes d'âge, la proportion d'animaux inactifs durant un nyctémère est de loin plus importante que celle de ceux qui sont actifs. Parmi les animaux inactifs, le pourcentage de ceux qui sont enfouis dans la litière est supérieur à ceux qui s'accrochent aux parois de l'enceinte.

Les proportions d'individus actifs et inactifs observées à différentes heures chez des escargots ayant des âges différents, sont représentées par des histogrammes (figure 22). D'une manière générale, ces histogrammes présentent la même allure d'une classe d'âge à l'autre.

Les individus âgés de deux semaines sont enfouis dans le substrat d'élevage entre 6 h et 14 h. Au delà de 14h, la proportion de ces escargots diminue progressivement jusqu'à 2 h du matin. A 10 h, 26,5 % de ces jeunes escargots sont au repos sur les parois de l'enceinte d'élevage. Cette proportion atteint 33 % à 18 h. Au levé du jour, seulement 9 % de ces animaux sont actifs (à 6 h). Cependant, cette proportion augmente progressivement jusqu'à un pic à 2 h du matin où l'on observe 72 % d'escargots actifs. Nous observons un comportement semblable au niveau des escargots âgés de 5 mois et de ceux âgés de 10 mois. Quelque soit l'âge de l'escargot, le phénomène d'enfouissement est observé de 6 h à 22 h, le repos sur les parois est uniforme dans le temps alors que l'activité est maximale entre 22 h et 2 h du matin. Seulement, la proportion d'animaux inactifs (présents sur les parois de l'enceinte d'élevage ou enfouis dans la litière) diminue progressivement lorsque les animaux passent de deux semaines à 10 mois d'âge, en considérant les mêmes heures du jour.

Tableau VIII: Pourcentages d'escargots *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) actifs et inactifs à différentes heures pour des individus ayant des âges différents

Heures du jour	Escargots actifs (%)						Escargots inactifs (%)											
							Repos sur parois						Escargots enfouis					
							6h	10h	14h	18h	22h	2h	6h	10h	14h	18h	22h	2h
Age des escargots																		
2 semaines	9	11,5	19	21	46	72	17	26,5	12	33	18	11	74	62	69	46	36	17
Moyenne			29,75	± 24,51						19,58	± 8,58				50,66	± 21,81		
5 mois	26	22	27	33,5	54,5	92	14,5	10,5	14	25,5	17	2	59,5	67,5	59	41	29	6
Moyenne			42,5	± 28,54						13,91	± 7,71				43,66	± 23,21		
10 mois	22,5	24	30,5	32	57,5	96	15,4	21,7	12,1	16	11,5	1	62,1	54,3	57,4	52	31	3
Moyenne			43,75	± 28,54						12,95	± 6,89				43,30	± 22,46		

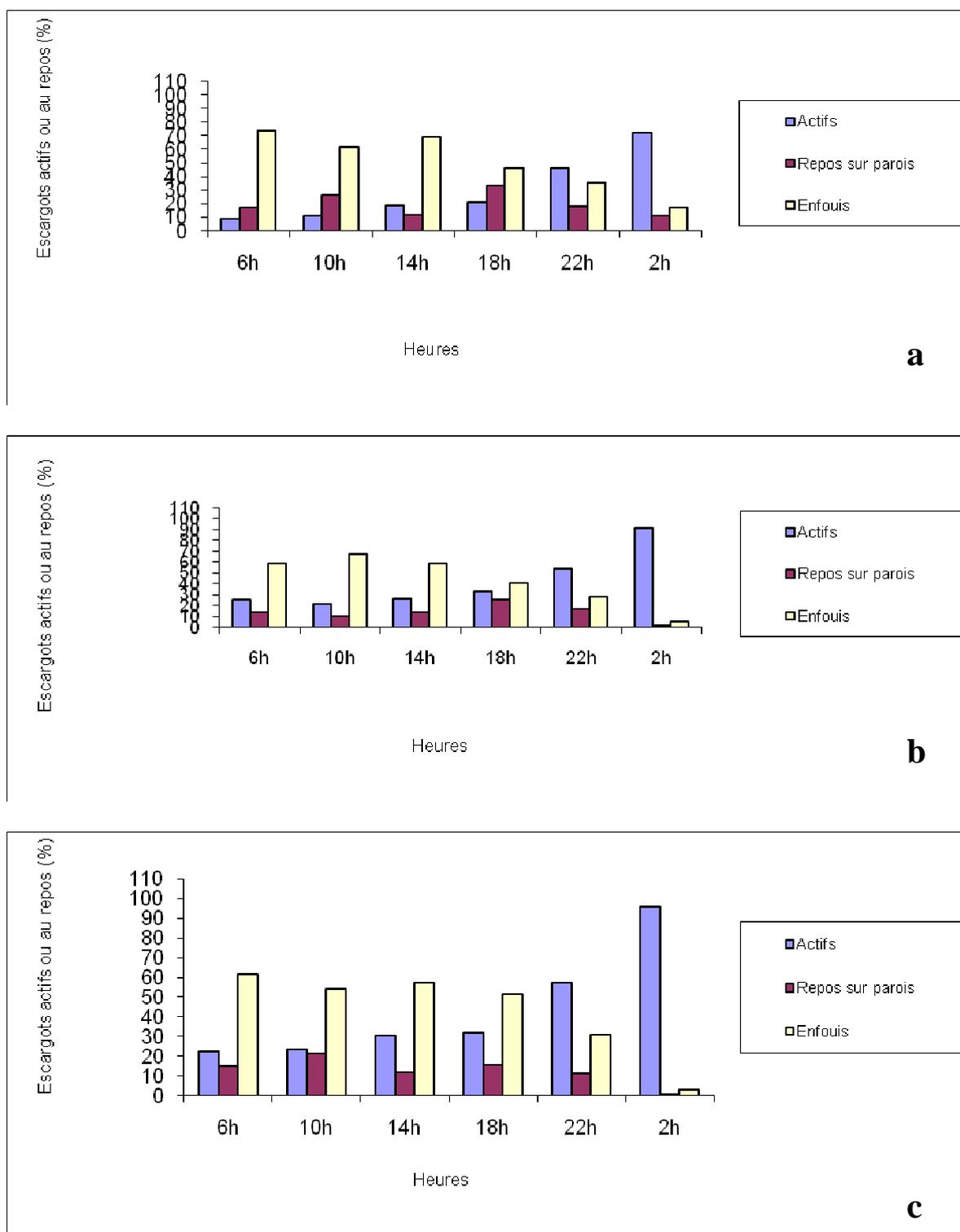


Figure 22: Évolution de l'activité en milieu d'élevage de *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) à différents âges, au cours d'un nyctémère
a: individus âgés de 2 semaines
b: individus âgés de 5 mois
c: individus âgés de 10 mois

Quant aux escargots actifs, leur pourcentage augmente avec l'âge des individus. Il faut noter qu'au niveau des trois classes d'âges, l'activité augmente progressivement à partir de 6h pour atteindre un pic à 2h du matin. Après 2 heures du matin, les escargots deviennent de moins en moins actifs jusqu'au levé du jour.

3.2.1. Discussion

L'étude du comportement des Mollusques a retenu l'attention de nombreux auteurs (DAVIS *et al.*, 1974; HODASI, 1984; TAKEDA & OZAKI, 1986b; BALABAN & CHASE, 1990). La plupart de travaux réalisés concernait les Gastéropodes des régions tempérées. Concernant les escargots africains, très peu d'informations existent. Toutefois, on peut citer l'étude de TAKEDA & OZAKI (1986a) sur *Achatina fulica* en République Centrafricaine. HODASI (1984), puis OTCHOUMOU (1991) ont décrit l'activité biologique globale d'*Achatina achatina*, respectivement au Zaïre et en Côte d'Ivoire. En effet, la plupart des Mollusques disposent d'un important répertoire comportemental dont la complexité varie avec leur système nerveux (DAVIS *et al.*, 1974; KOVAC & DAVIS, 1980; EVERETT *et al.*, 1982; BALABAN & CHASE, 1990).

Nos résultats montrent que plus de la moitié des escargots est active la nuit quel que soit l'âge des individus. Cette situation est favorisée par des conditions de température et d'humidité convenables, du fait de l'arrosage régulier de la litière durant nos expériences. Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par HODASI (1984) et OTCHOUMOU (1991) chez *Achatina achatina* et avec les observations de TAKEDA & OZAKI (1986b) chez *Achatina fulica*. Il faut relever que l'activité diurne de nos animaux, soutenue par les deux arrosages quotidiens, est plus remarquée chez les individus adultes. L'activité semble être liée à l'eau. Un substrat d'élevage bien drainé favorise l'entrée en activité des animaux. Dans la nature, après une pluie ou par temps couvert et humide, la proportion d'escargots actifs peut atteindre 40 % (CHEVALLIER, 1985). Cet auteur a observé que l'activité de *Helix aspersa* peut être diurne si les individus bénéficient d'une journée humide et douce. ROUSSELET (1982) rapporte que l'humidité préférentielle de l'escargot se situe entre 75 et 95 %. STIEVENART & HARDOUIN (1990) situent entre 80 et 90 % d'humidité relative du milieu, l'activité optimale chez les Achatinidae.

Nos résultats montrent également que la forme de repos diurne de *Limicolaria flammea* la plus courante est l'enfouissement puisque la proportion de ceux que l'on trouve sur les parois de l'enceinte d'élevage aux différentes heures de la journée est relativement

faible. HODASI (1982) a montré que les escargots mettaient cette période d'enfouissement à profit pour pondre et déféquer.

Nous remarquons que *Limicolaria flammea* est plus actif la nuit que le jour. Lorsqu'ils sont très jeunes, les escargots sont plus au repos qu'en activité. Leurs activités augmentent proportionnellement avec leur âge, les plus jeunes étant moins actifs que les adultes. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les adultes se déplacent pour la recherche de la nourriture ou d'un partenaire sexuel. Aux premiers jours de leur naissance, les nouveau-nés se nourrissent sur place, à l'aide des restes de coquilles, d'œufs non viables ou même de la terre (CHEVALLIER, 1985), ce qui pourrait expliquer leur faible activité.

3.2.2. Conclusion

L'observation du rythme d'activité de *Limicolaria flammea* à différents âges (2 semaines, 5 mois et 10 mois d'âge) au cours d'un cycle nyctéméral permet d'affirmer que l'activité de cet escargot est essentiellement nocturne. Cette activité augmente avec l'âge des individus et la principale forme de repos est l'enfouissement dans le substrat d'élevage. Toutefois, il ne faut pas négliger l'existence d'activité diurne au crépuscule et à l'aurore ainsi qu'en période très humide. La répartition géographique des Achatinidae correspond d'ailleurs à des régions humides.

3.3. Comportement trophique de *Limicolaria flammea*

3.3.1. Inventaire alimentaire

Les végétaux cultivés et sauvages consommés par l'escargot *Limicolaria flammea* sont consignés dans les tableaux IX et X. Au niveau des plantes cultivées, les mieux consommées sont les feuilles de *Lactuca sativa* (Asteraceae) (0,44 g / j / g de poids vif) et de *Carica papaya* (Caricaceae) (0,37 g / j / g de poids vif), alors que les moins consommées sont les feuilles de *Dioscorea batatas* (Dioscoreaceae) (0,003 g / j / g de poids vif) et de *Solanum melongena* (Solanaceae) (0,003 g / j / g de poids vif).

Les meilleurs rendements écologiques de croissance obtenus sont de 5,98 % avec *Musa corniculata* (Musaceae) et de 3,52 % avec *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae), alors que les meilleurs indices de transformation enregistrés sont de 6,86 avec *Theobroma cacao* (Sterculiaceae) et de 16,72 avec *Musa corniculata* (Musaceae).

Tableau IX: Liste des végétaux cultivés consommés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)
en milieu d'élevage

	Noms communs	IA (g / j / g)	TMJC (%)	REC (%)	IT
<i>Abelmoschus esculentus</i> (Malvaceae)	Gombo	0,02 ^c	2,31	0	-
<i>Allium cepa</i> (Alliaceae)	Oignon	0,04 ^c	4,47	0	-
<i>Anacardium occidentale</i> (Anacardiaceae)	Anacarde	0,12 ^c	12,47	0,66	503,65
<i>Annona muricata</i> (Annonaceae)	Corosolier	0,005 ^c	0,54	0	-
<i>Arachis hypogaea</i> (Fabaceae)	Arachide	0,04 ^{bc}	3,49	0	-
<i>Basela alba</i> (Chenopodiaceae)	<i>Epinard</i>	0,32 ^{ab}	32,15	1,38	72,75
<i>Brassica oleracea</i> (Brassicaceae)	Chou	0,34 ^{ab}	34,46	1,49	67,25
<i>Capsicum frutescens</i> (Solanaceae)	Piment	0,06 ^c	6,45	0	-
<i>Carica papaya</i> (Caricaceae)	Papayer	0,37 ^a	37,47	2,83	35,31
<i>Citrus sinensis</i> (Rutaceae)	Oranger	0,04 ^c	4,34	0	-
<i>Cucumis sativus</i> (Cucurbitaceae)	Concombre	0,08 ^c	8,06	0	-
<i>Dioscorea batatas</i> (Dioscoreaceae)	Igname	0,003 ^c	0,33	0	-
<i>Elaeis guineensis</i> (Arecaceae)	Palmier à huile	0,14 ^c	14,29	1,36	73,67
<i>Ipomoea batatas</i> (Convolvulaceae)	Patate	0,19 ^c	19,40	0,44	228,02
<i>Lactuca sativa</i> (Asteraceae)	Laitue	0,44 ^a	44,13	0,93	106,99
<i>Solanum lycopersicum</i> (Solanaceae)	Tomate	0,02 ^c	2,07	0	-
<i>Mangifera indica</i> (Anacardiaceae)	Manguier	0,04 ^c	4,24	0	-
<i>Manihot esculenta</i> (Euphorbiaceae)	Manioc	0,13 ^c	13,09	3,52	37,87
<i>Musa corniculata</i> (Musaceae)	Banane douce	0,10 ^c	10,32	5,98	16,72
<i>Passiflora edulis</i> (Passifloraceae)	Passion	0,07 ^c	7,38	0	-
<i>Persea americana</i> (Lauraceae)	Avocatier	0,03 ^c	3,38	0	-
<i>Petroselinum crispum</i> (Apiaceae)	Persil	0,13 ^c	13,37	1,62	61,87
<i>Phaseolus vulgaris</i> (Fabaceae)	Haricot	0,02 ^c	2,05	0	-
<i>Saccharum officinarum</i> (Poaceae)	Canne à sucre	0,04 ^c	4,38	0	-
<i>Solanum melongena</i> (Solanaceae)	Aubergine	0,003 ^c	0,36	0	-
<i>Terminalia catappa</i> (Combretaceae)	Badamier	0,08 ^c	8,56	0	-
<i>Theobroma cacao</i> (Sterculiaceae)	Cacaoyer	0,04 ^c	3,85	1,62	6,86
<i>Xanthosoma maffafa</i> (Araceae)	Taro	0,34 ^{ab}	34,06	1,84	54,29
<i>Zea mays</i> (Poaceae)	Maïs	0,08 ^c	7,84	1,18	85,00
<i>Zingiber officinale</i> (Zingiberaceae)	Gingembre	0,01 ^c	1,0057	0	-

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

IA = Ingestion alimentaire; TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Tableau X: Liste des végétaux sauvages consommés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

En milieu d'élevage

	IA (g / j / g)	TMJC (%)	REC (%)	IT
<i>Acalypha hispidu</i> (Euphorbiaceae)	0,0004 ^b	0,04	0	-
<i>Acalypha vilkesiana</i> (Euphorbiaceae)	0,03 ^b	3,29	0	-
<i>Aframomum sceptrum</i> (Zingiberaceae)	0,04 ^b	3,89	0	-
<i>Alchornea cordifolia</i> (Euphorbiaceae)	0,02 ^b	1,79	0	-
<i>Alternanthera sessilis</i> (Amaranthaceae)	0,04 ^b	3,94	0	-
<i>Amaranthus spinosus</i> (Amaranthaceae)	0,08 ^b	7,68	0	-
<i>Breynia distica</i> (Euphorbiaceae)	0,01 ^b	1,07	0	-
<i>Cananga odorata</i> (Annonaceae)	0,02 ^b	2,21	26,49	3,78
<i>Cassia siamea</i> (Caesalpinaceae)	0,26 ^b	25,69	1,26	79,13
<i>Chrysopogon aciculatus</i> (Poaceae)	0,09 ^b	8,87	20,89	4,79
<i>Clerodendrum paniculatum</i> (Verbenaceae)	0,11 ^b	10,65	4,69	21,34
<i>Croton lobatus</i> (Euphorbiaceae)	0,09 ^b	9,76	9,35	10,69
<i>Ficus benjamina</i> (Moraceae)	0,03 ^b	3,19	6,80	14,69
<i>Gmelina arborea</i> (Verbenaceae)	0,03 ^b	2,85	0	-
<i>Heliotropium indicum</i> (Boraginaceae)	0,01 ^b	1,37	0	-
<i>Laportea aestuans</i> (Urticaceae)	0,13 ^b	13,33	3,81	26,25
<i>Lophira alata</i> (Ochnaceae)	0,02 ^b	2,48	0	-
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Oleandraceae)	0,10 ^b	10,27	0,85	117,96
<i>Palisota hirsuta</i> (Commelinaceae)	0,10 ^b	10,44	1,95	51,32
<i>Phaulopsis falcispala</i> (Acanthaceae)	0,16 ^b	15,77	0,56	451
<i>Phyllanthus muellerianus</i> (Euphorbiaceae)	0,03 ^b	2,81	0,44	228,43
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Fabaceae)	0,02 ^b	2,40	0	-
<i>Rauwolfia vomitoria</i> (Apocynaceae)	0,04 ^b	4,29	0	-
<i>Sarcophrynium brachystachys</i> (Verbenaceae)	0,06 ^b	6,33	0	-
<i>Cecropia peltata</i> (Moraceae)	0,09 ^b	9,49	0,79	126,29
<i>Sida acuta</i> (Malvaceae)	0,01 ^b	1,33	0	-
<i>Solanum torvum</i> (Solanaceae)	0,10 ^b	10,32	0,11	935,60
<i>Sterculia tragacantha</i> (Sterculiaceae)	0,32 ^a	32,21	1,44	69,28
<i>Trianthema portulacastrum</i> (Ficoidaceae)	0,01 ^b	0,97	0	-
<i>Trichilia monadelpha</i> (Meliaceae)	0,04 ^b	4,09	0	-

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

IA = Ingestion alimentaire; TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Concernant les plantes sauvages, les feuilles les mieux consommées sont celles de *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae) (0,32 g / j / g de poids vif) et de *Cassia siamea* (Caesalpinaceae) (0,26 g / j / g de poids vif), tandis que les moins consommées sont les feuilles de *Acalypha hispida* (Euphorbiaceae) (0,0004 g / j / g de poids vif) et de *Heliotropium indicum* (Boraginaceae) (0,01 g / j / g de poids vif). *Cananga odorata* (Annonaceae) et *Chrysopogon aciculatus* (Poaceae) présentent aussi bien les meilleurs rendements écologiques de croissance (respectivement 26,49 % et 20,89 %) que les meilleurs indices de transformation (respectivement 3,78 et 4,79).

Les 6 plantes cultivées les mieux consommées sont *Lactuca sativa* (Composaceae) (0,44 g / j / g de poids vif), *Carica papaya* (Caricaceae) (0,37 g / j / g de poids vif), *Brassica oleracea* (Brassicaceae) (0,34 g / j / g de poids vif), *Xanthosoma maffafa* (Araceae) (0,34 g / j / g de poids vif), *Basela alba* (Chenopodiaceae) (0,32 g / j / g de poids vif) et *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae) (0,19 g / j / g de poids vif) (figure 23). Au niveau des végétaux sauvages, les plantes les plus consommées sont *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae) (0,32 g / j / g de poids vif), *Cassia siamea* (0,26 g / j / g de poids vif), *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae) (0,16 g / j / g de poids vif), *Laportea aestuans* (Urticaceae) (0,13 g / j / g de poids vif), *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae) (0,11 g / j / g de poids vif), *Palisota hirsuta* (Commelinaceae) (0,10 g / j / g de poids vif) (figure 24).

Pour les végétaux cultivés, l'analyse de variance montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les quantités ingérées des différentes plantes les mieux consommées, alors qu'il n'y a pas de différence significative ($P > 0,05$) entre celles des autres plantes (les moins consommées). Quant aux végétaux sauvages, l'analyse révèle une différence significative ($P < 0,05$) seulement entre *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae) et les autres plantes. Ces dernières ne présentent pas de différence significative entre elles ($P > 0,05$).

3.3.2. Préférences alimentaires

Parmi les végétaux cultivés proposés par binôme aux animaux (tableau XI), les quantités consommées indiquent que l'escargot *Limicolaria flammea* apprécie les binômes *Basela alba* / *Carica papaya* (9,64 g) et *Lactuca sativa* / *Carica papaya* (9,24 g), mais il consomme moins les binômes *Basela alba* / *Xanthosoma maffafa* (3,83 g) et *Basela alba* / *Ipomoea batatas* (3,82 g).

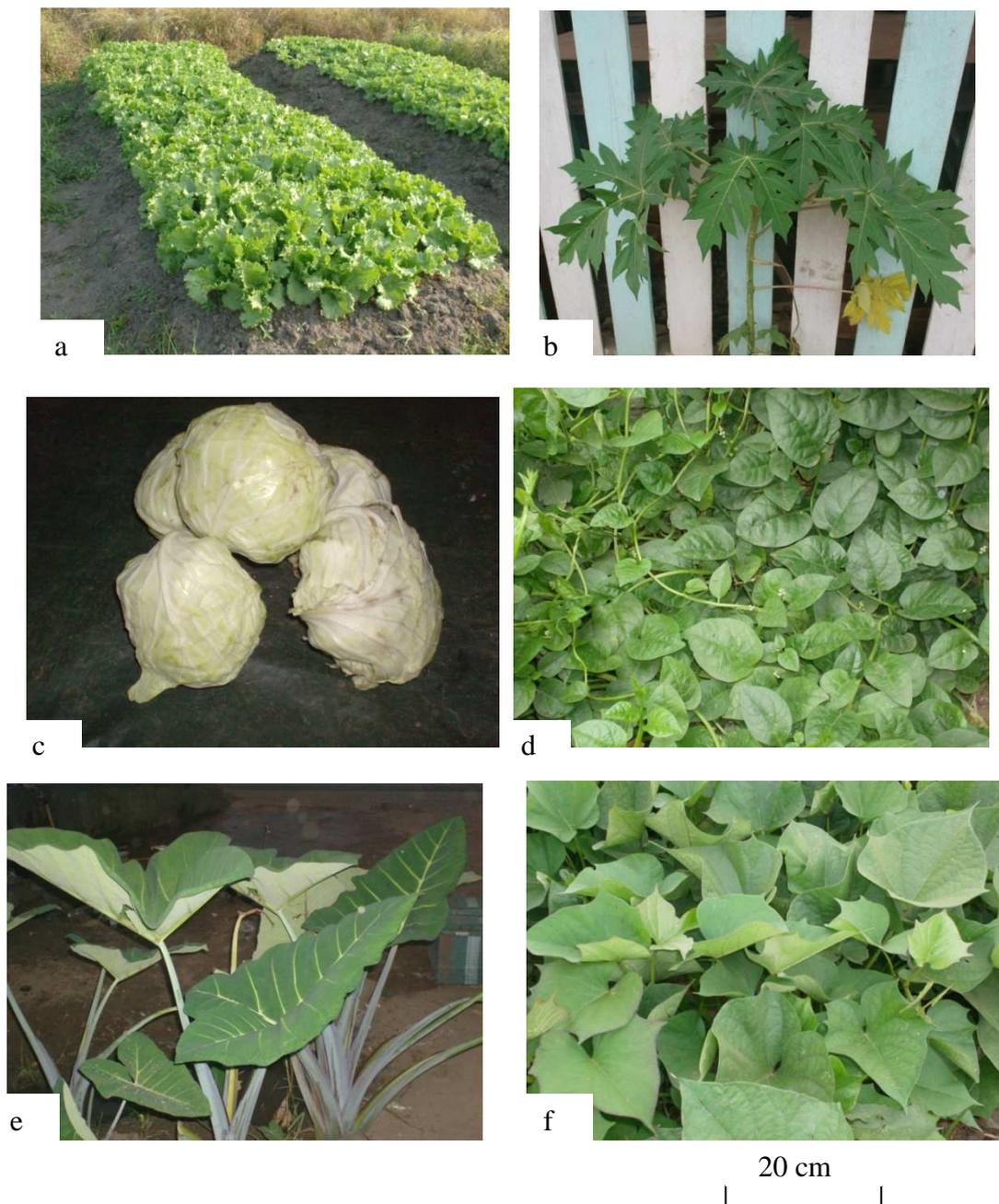


Figure 23: Plantes cultivées préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

- a: *Lactuca sativa* (Asteraceae);
- b: *Carica papaya* (Caricaceae);
- c: *Brassica oleracea* (Brassicaceae);
- d: *Basella alba* (Chenopodiaceae);
- e: *Xanthosoma maffafa* (Araceae);
- f: *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae)

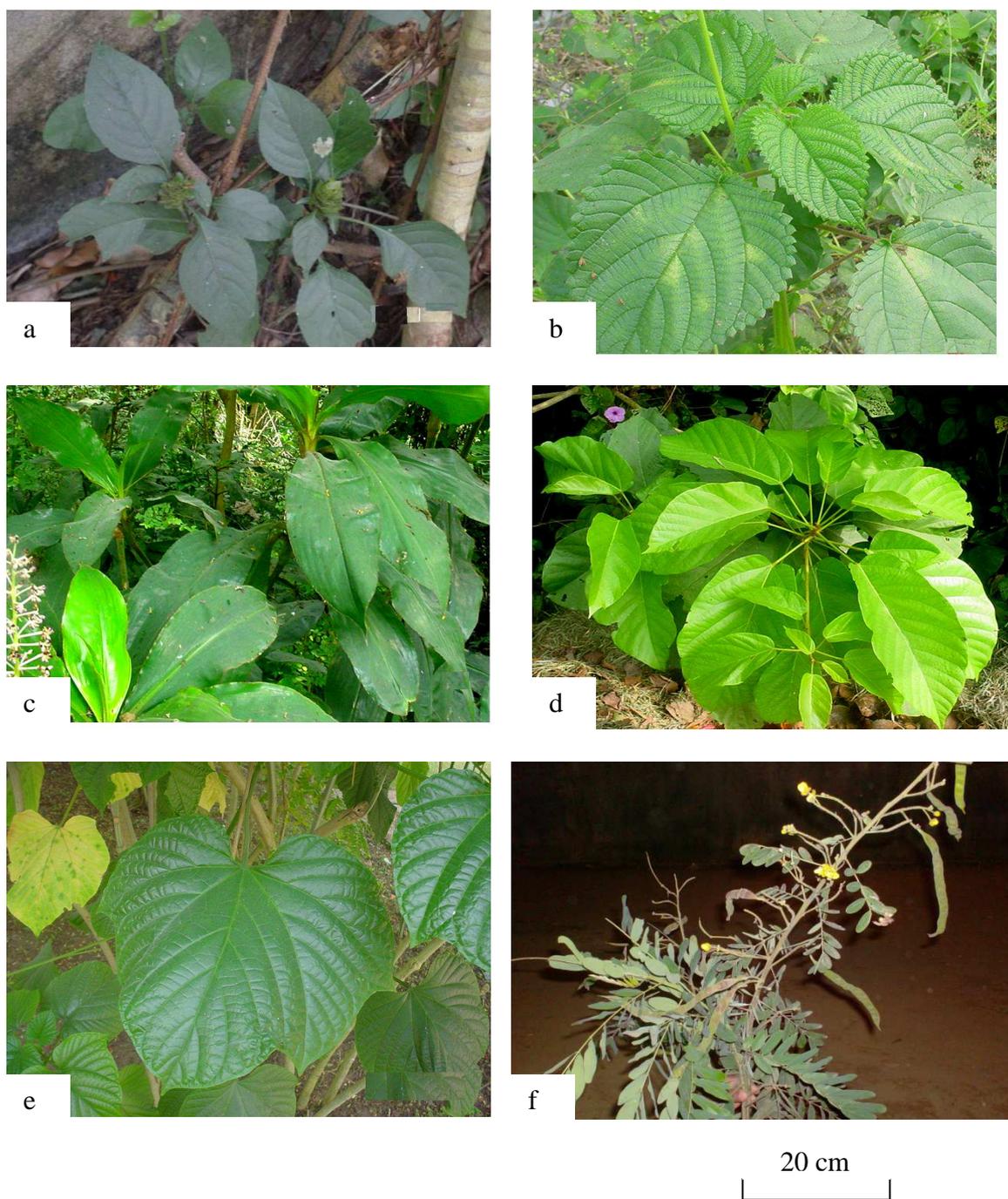


Figure 24: Plantes sauvages préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

- a: *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae)
- b: *Laportea aestuans* (Urticaceae)
- c: *Palisota hirsuta* (Commelinaceae)
- d: *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae)
- e: *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae)
- f: *Cassia siamea* (Caesalpiaceae)

Tableau XI: Plantes cultivées préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea*
(végétaux présentés par couple)

	Consommation (g)			Niveau de préférence	TMJC (%)	REC (%)	IT
	Sous total	Total	Proportion (%)				
<i>Basela alba</i> /	2,74	7,04	38,92	<i>L. sativa</i> >	17,91	3,35	29,86
<i>Lactuca sativa</i>	4,30		61,08	<i>B. alba</i>			
<i>Basela alba</i> /	2,77	9,64	28,73	<i>C. papaya</i> >	21,93	5,06	19,76
<i>Carica papaya</i>	6,87		71,27	<i>B. alba</i>			
<i>Basela alba</i> /	3,33	3,82	87,17	<i>B. alba</i> >	8,32	6,73	14,86
<i>Ipomoea batatas</i>	0,49		12,83	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	2,59	3,83	66,84	<i>B. alba</i> >	7,54	14,59	6,85
<i>Xanthosoma maffafa</i>	1,24		32,38	<i>X. maffafa</i>			
<i>Basela alba</i> /	1,88	4,65	40,43	<i>B.oleracea</i> >	9,03	10,19	9,81
<i>Brassica oleracea</i>	2,77		59,57	<i>B. alba</i>			
<i>Lactuca sativa</i> /	5,18	9,24	56,06	<i>L. sativa</i> >	20,22	6,43	15,55
<i>Carica papaya</i>	4,06		43,94	<i>C. papaya</i>			
<i>Lactuca sativa</i> /	4,43	4,89	90,59	<i>L. sativa</i> >	12,51	6,48	15,44
<i>Ipomoea batatas</i>	0,46		9,41	<i>I. batatas</i>			
<i>Lactuca sativa</i> /	4,84	6,71	72,13	<i>L. sativa</i> >	13,13	2,82	35,47
<i>Xanthosoma maffafa</i>	1,87		27,87	<i>X. maffafa</i>			
<i>Lactuca sativa</i> /	3,92	6,56	59,76	<i>L. sativa</i> >	13,84	5,99	16,67
<i>Xanthosoma maffafa</i>	2,64		40,24	<i>B.oleracea</i>			
<i>Carica papaya</i> /	5,11	5,71	89,49	<i>C. papaya</i> >	14,77	5,62	17,79
<i>Ipomoea batatas</i>	0,60		10,51	<i>I. batatas</i>			
<i>Carica papaya</i> /	4,81	7	68,71	<i>C. papaya</i> >	15,45	7,38	13,55
<i>Xanthosoma maffafa</i>	2,19		31,29	<i>X. maffafa</i>			
<i>Carica papaya</i> /	4,16	6,93	60,03	<i>C. papaya</i> >	16,89	5,98	16,72
<i>Brassica oleracea</i>	2,77		39,97	<i>B.oleracea</i>			
<i>Ipomoea batatas</i> /	0,58	4,16	13,94	<i>X. maffafa</i> >	8,46	9,23	10,84
<i>Xanthosoma maffafa</i>	3,58		86,06	<i>I. batatas</i>			
<i>Ipomoea batatas</i> /	0,68	4,75	14,32	<i>B.oleracea</i> >	11,84	4,56	21,93
<i>Brassica oleracea</i>	4,07		85,68	<i>I. batatas</i>			
<i>Xanthosoma maffafa</i> /	2,18	5,89	37,01	<i>B.oleracea</i> >	15,21	5,26	19,01
<i>Brassica oleracea</i>	3,71		62,69	<i>X. maffafa</i>			

TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Il exprime une préférence sensiblement égale vis-à-vis des binômes *Basela alba* / *Ipomoea batatas* (3,82 g) et *Basela alba* / *Xanthosoma maffafa* (3,83 g) et des binômes *Basela alba* / *Lactuca sativa* (7,04 g) et *Carica papaya* / *Xanthosoma maffafa* (7 g). Les couples *Basela alba* / *Xanthosoma maffafa* et *Basela alba* / *Brassica oleraceae* présentent les meilleurs rendements écologiques de croissance (respectivement 14,59 % et 10,19 %), contrairement aux binômes *Lactuca sativa* / *Xanthosoma maffafa* (2,82 %) et *Basela alba* / *Lactuca sativa* (3,35 %). Les meilleurs indices de transformation sont enregistrés avec *Basela alba* / *Xanthosoma maffafa* (6,85) et *Basela alba* / *Brassica oleraceae* (9,81).

Au niveau des végétaux sauvages (tableau XII), *Limicolaria flammea* apprécie les binômes *Phaulopsis falcisepala* / *Sterculia tragacantha* (3,77 g) et *Phaulopsis falcisepala* / *Laportea aestuans* (3,77 g), mais il consomme moins les binômes *Sterculia tragacantha* / *Cassia siamea* (0,82 g) et *Sterculia tragacantha* / *Clerodendrum paniculatum* (1,45 g). Il exprime une préférence sensiblement égale entre les binômes *Phaulopsis falcisepala* / *Sterculia tragacantha* (3,77 g) et *Phaulopsis falcisepala* / *Laportea aestuans* (3,77 g), les binômes *Phaulopsis falcisepala* / *Cassia siamea* (2,74 g) et *Sterculia tragacantha* / *Palisota hirsuta* (2,71 g), les binômes *Phaulopsis falcisepala* / *Clerodendrum paniculatum* (2,58 g) et *Laportea aestuans* / *Palisota hirsuta* (2,65 g) et entre les binômes *Cassia siamea* / *Clerodendrum paniculatum* (1,58 g) et *Palisota hirsuta* / *Clerodendrum paniculatum* (1,57 g). De même, à l'intérieur des différents couples d'aliments, certaines plantes sont préférées par rapport à d'autre. L'on remarque une préférence sensiblement égale entre *Phaulopsis falcisepala* et *Laportea aestuans*, puis entre *Sterculia tragacantha* et *Palisota hirsuta*. Au regard de l'indice de transformation, les binômes *Sterculia tragacantha* / *Cassia siamea* et *Sterculia tragacantha* / *Clerodendrum paniculatum* présentent les meilleures valeurs. Il en faut respectivement 28,71 kg et 80,44 kg pour produire un kilogramme d'escargot. Ces deux couples de plantes présentent aussi, les meilleurs rendements écologiques de croissance (respectivement 3,48 % et 1,24 %).

Lorsque les végétaux cultivés sont proposés aux escargots par lots de trois (tableau XIII), l'on remarque que les escargots consomment les trinômes *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Xanthosoma maffafa* (5,50 g) et *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Carica papaya* (4,09 g) mieux que les trinômes *Basela alba* / *Ipomoea batatas* / *Brassica oleracea* (1,81 g) et *Xanthosoma maffafa* / *Ipomoea batatas* / *Basela alba* (1,96 g). Le trinôme *Basela alba* / *Ipomoea batatas* / *Brassica oleracea* présente le meilleur rendement écologique de croissance (14,53 %) et le meilleur indice de transformation (6,88).

Tableau XII: Plantes sauvages préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea*
(végétaux présentés par couple)

	Consommation (g)			Niveau de préférence	TMJC (%)	REC (%)	IT
	Sous total	Total	Proportion (%)				
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,69	3,77	71,35	<i>P. falcisepala</i> >	11,09	0,19	503,87
<i>Sterculia tragacantha</i>	1,08		28,64	<i>S. tragacantha</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	1,78	3,77	47,21	<i>P. falcisepala</i> ≈	11,49	0,69	143,73
<i>Laportea aestuans</i>	1,99		52,79	<i>L. aestuans</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,72	2,74	99,27	<i>P. falcisepala</i> >	7,46	0,94	106,58
<i>Cassia siamea</i>	0,02		0,73	<i>C. siamea</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,42	3,53	68,56	<i>P. falcisepala</i> >	10,09	0,99	100,86
<i>Palisota hirsuta</i>	1,11		31,44	<i>P. hirsuta</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,44	2,58	94,57	<i>P. falcisepala</i> >	7,31	0,96	104,41
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,14		5,43	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,16	3,36	4,76	<i>L. aestuans</i> >	9,26	0,43	231,40
<i>Laportea aestuans</i>	3,20		95,24	<i>S. tragacantha</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,38	0,82	46,34	<i>S. tragacantha</i> >	2,29	3,48	28,71
<i>Cassia siamea</i>	0,44		53,66	<i>C. siamea</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	1,34	2,71	49,45	<i>P. hirsuta</i> ≈	7,74	0,78	128,94
<i>Palisota hirsuta</i>	1,37		50,55	<i>S. tragacantha</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	1,12	1,45	77,24	<i>S. tragacantha</i> >	4,02	1,24	80,44
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,33		22,76	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Laportea aestuans</i> /	1,59	1,65	96,36	<i>L. aestuans</i> >	4,79	0,83	119,94
<i>Cassia siamea</i>	0,06		3,64	<i>C. siamea</i>			
<i>Laportea aestuans</i> /	1,61	2,65	60,75	<i>L. aestuans</i> >	6,70	0,59	167,51
<i>Palisota hirsuta</i>	1,04		39,25	<i>P. hirsuta</i>			
<i>Clerodendrum paniculatum</i> /	0,38	2,20	17,27	<i>L. aestuans</i> >	5,14	0,97	102,80
<i>Laportea aestuans</i>	1,82		82,73	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Cassia siamea</i> /	0,09	1,96	4,59	<i>P. hirsuta</i> >	5,19	0,58	173,29
<i>Palisota hirsuta</i>	1,87		95,41	<i>C. siamea</i>			
<i>Cassia siamea</i> /	0,07	1,58	4,43	<i>C. paniculatum</i> >	3,23	0	-
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	1,51		95,57	<i>C. siamea</i>			
<i>Palisota hirsuta</i> /	1,07	1,57	68,15	<i>P. hirsuta</i> >	3,31	0	-
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,50		31,85	<i>C. paniculatum</i>			

TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Tableau XIII: Plantes cultivées préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea*
(végétaux présentés par triplet)

	Consommation (g)			Niveau de préférence	TMJC (%)	REC (%)	IT
	Sous total	Total	Proportion (%)				
<i>Basela alba</i> /	0,88		21,52	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	2,17	4,09	53,06	<i>C. papaya</i> >	7,49	2,94	34,06
<i>Carica papaya</i>	1,04		25,43	<i>B. alba</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,83		22,31	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	2,51	3,72	67,47	<i>B. alba</i>	5,89	6,45	15,50
<i>Ipomoea batatas</i>	0,38		19,22	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	1,47		26,73	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	2,57	5,50	46,73	<i>B. alba</i> ≈	8,46	3,90	25,64
<i>Xanthosoma maffafa</i>	1,46		26,54	<i>X. maffafa</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,39		10,32	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	2,53	3,78	66,93	<i>B. oleracea</i> >	5,93	9,95	10,05
<i>Brassica oleracea</i>	0,86		22,75	<i>B. alba</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,88		37,77	<i>C. papaya</i> >			
<i>Carica papaya</i> /	1,04	2,33	44,64	<i>B. alba</i> >	4,37	2,29	43,69
<i>Ipomoea batatas</i>	0,41		17,59	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,75		24,59	<i>C. papaya</i> >			
<i>Carica papaya</i> /	1,65	3,05	54,09	<i>B. alba</i> >	4,82	9,13	10,96
<i>Xanthosoma maffafa</i>	0,65		21,31	<i>X. maffafa</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,61		19,87	<i>C. papaya</i> >			
<i>Carica papaya</i> /	1,60	3,07	52,12	<i>B. oleracea</i> >	4,81	7,48	13,36
<i>Brassica oleracea</i>	0,86		28,01	<i>B. alba</i>			
<i>Xanthosoma maffafa</i> /	0,80		40,82	<i>B. alba</i> >			
<i>Ipomoea batatas</i> /	0,29	1,96	14,79	<i>X. maffafa</i> >	3,26	6,75	14,81
<i>Basela alba</i>	0,87		44,39	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,48		26,52	<i>B. oleracea</i> >			
<i>Ipomoea batatas</i> /	0,33	1,81	18,23	<i>B. alba</i> >	3,49	14,53	6,88
<i>Brassica oleracea</i>	1,00		55,25	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	1,12		37,33	<i>B. oleracea</i> >			
<i>Xanthosoma maffafa</i> /	0,65	3,00	21,67	<i>B. alba</i> >	4,12	6,55	15,27
<i>Brassica oleracea</i>	1,23		41,00	<i>X. maffafa</i>			

TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Au niveau des plantes sauvages (tableau XIV), les trinômes *Phaulopsis falcisepala* / *Laportea aestuans* / *Cassia siamea* et *Phaulopsis falcisepala* / *Cassia siamea* / *Clerodendrum paniculatum* ont été plus consommés (respectivement 4,54 g et 4,27 g), contrairement à *Phaulopsis falcisepala* / *Sterculia tragacantha* / *Cassia siamea* (1,71 g) et *Phaulopsis falcisepala* / *Palisota hirsuta* / *Sterculia tragacantha* (2,51 g). Le trinôme *Phaulopsis falcisepala* / *Sterculia tragacantha* / *Cassia siamea* présente le meilleur rendement écologique de croissance (15,50 %) et le meilleur indice de transformation (6,45).

Lorsqu'on propose les végétaux cultivés par lots de quatre (tableau XV), les escargots consomment plus les quadrinômes *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Carica papaya* / *Xanthosoma maffafa* (4,68 g) et *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Carica papaya* / *Brassica oleracea* (4,41 g). Ils consomment moins les lots *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Ipomoea batatas* / *Brassica oleracea* (1,91 g) et *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Xanthosoma maffafa* / *Brassica oleracea* (2,94 g). Le lot *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Ipomoea batatas* / *Xanthosoma maffafa* présente non seulement le meilleur rendement écologique de croissance (22,99 %), mais aussi le meilleur indice de transformation (4,35).

Quant aux plantes sauvages (tableau XVI), les lots *Sterculia tragacantha* / *Phaulopsis falcisepala* / *Palisota hirsuta* / *Clerodendrum paniculatum* et *Sterculia tragacantha* / *Palisota hirsuta* / *Cassia siamea* / *Phaulopsis falcisepala* ont été mieux consommés (respectivement 2,99 g et 2,85 g), contrairement à *Sterculia tragacantha* / *Laportea aestuans* / *Phaulopsis falcisepala* / *Clerodendrum paniculatum* et *Phaulopsis falcisepala* / *Sterculia tragacantha* / *Laportea aestuans* / *Cassia siamea* que les escargots ont peu consommé (respectivement 1,04 g et 1,46 g). Le lot *Sterculia tragacantha* / *Palisota hirsuta* / *Phaulopsis falcisepala* / *Laportea aestuans* présente le meilleur rendement écologique de croissance (5,59 %) et le meilleur indice de transformation (17,90).

Lorsque les végétaux cultivés et sauvages sont proposés en binômes (tableau XVII), les escargots consomment plus les binômes *Lactuca sativa* / *Clerodendrum paniculatum* (6,21 g) et *Xanthosoma maffafa* / *Laportea aestuans* (5,72 g). Ils ont moins consommé les binômes *Ipomoea batata* / *Laportea aestuans* (1,61 g) et *Ipomoea batatas* / *Sterculia tragacantha* (1,85 g). Le couple *Ipomoea batatas* / *Sterculia tragacantha* présente le meilleur rendement écologique de croissance (6,68 %) et le meilleur indice de transformation (14,96).

Au regard des niveaux de préférence, lorsque deux végétaux, l'un cultivé et l'autre sauvage sont proposés aux escargots, ceux-ci choisissent de façon préférentielle la plante cultivée.

Tableau XIV: Plantes sauvages préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea*
(végétaux présentés par triplet)

	Consommation (g)			Niveau de préférence	TMJC (%)	REC (%)	IT
	Sous total	Total	Proportion (%)				
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	1,40		50,54	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Laportea aestuans</i> /	0,76	2,77	27,44	<i>L. aestuans</i> >	4,47	11,87	8,43
<i>Sterculia tragacantha</i>	0,61		22,02	<i>S. tragacantha</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	0,95		55,56	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,39	1,71	22,81	<i>S. tragacantha</i> ≈	2,77	15,50	6,45
<i>Cassia siamea</i>	0,37		21,64	<i>C. siamea</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,05		81,67	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Palisota hirsuta</i> /	0,36	2,51	14,34	<i>P. hirsuta</i> >	4,56	8,77	11,40
<i>Sterculia tragacantha</i>	0,10		3,98	<i>S. tragacantha</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,07		65,92	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Clerodendrum paniculatum</i> /	0,17	3,14	5,41	<i>S. tragacantha</i> >	5,19	4,63	21,61
<i>Sterculia tragacantha</i>	0,9		28,66	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,57		56,61	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Laportea aestuans</i> /	1,96	4,54	43,17	<i>L. aestuans</i> >	7,64	3,27	30,55
<i>Cassia siamea</i>	0,01		0,22	<i>C. siamea</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,89		68,48	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Laportea aestuans</i> /	1,3	4,22	30,81	<i>L. aestuans</i> >	7,19	3,48	28,78
<i>Palisota hirsuta</i>	0,03		0,71	<i>P. hirsuta</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	2,87		95,03	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Laportea aestuans</i> /	0,14	3,02	4,64	<i>L. aestuans</i> >	6,22	3,86	25,89
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,01		0,33	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	3,22		95,55	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Cassia siamea</i> /	0,02	3,37	0,59	<i>P. hirsuta</i> >	5,78	5,02	19,93
<i>Palisota hirsuta</i>	0,13		3,86	<i>C. siamea</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	4,16		97,42	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Cassia siamea</i> /	0,02	4,27	0,47	<i>C. paniculatum</i> >	6,76	3,25	30,74
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,09		2,11	<i>C. siamea</i>			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	3,06		95,63	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Palisota hirsuta</i> /	0,13	3,20	3,75	<i>P. hirsuta</i> >	5,43	3,68	27,16
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,01		0,31	<i>C. paniculatum</i>			

TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Tableau XV: Plantes cultivées préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea* (végétaux présentés par quadruplet)

	Consommation (g)			Niveau de préférence	TMJC (%)	REC (%)	IT
	Sous total	Total	Proportion (%)				
<i>Basela alba</i> /	0,67		18,21	<i>C. papaya</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	0,94	3,68	25,54	<i>L. sativa</i> >	5,19	6,35	15,75
<i>Carica papaya</i> /	2,06		55,98	<i>B. alba</i> >			
<i>Ipomoea batatas</i>	0,01		0,27	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	1,05		22,44	<i>L. sativa</i> =			
<i>Lactuca sativa</i> /	1,79	4,68	38,25	<i>C. papaya</i> >	5,91	5,25	15,06
<i>Carica papaya</i> /	1,79		38,25	<i>B. alba</i> >			
<i>Xanthosoma maffafa</i>	0,05		1,07	<i>X. maffafa</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,31		7,03	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	1,88	4,41	42,63	<i>C. papaya</i> >	5,32	7,89	12,68
<i>Carica papaya</i> /	1,12		25,39	<i>B. oleracea</i> >			
<i>Brassica oleracea</i>	1,10		24,94	<i>B. alba</i>			
<i>Basela alba</i> /	1,11		35,58	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	1,72	3,12	55,13	<i>B. alba</i> >	3,69	22,99	4,35
<i>Ipomoea batatas</i> /	0,01		0,32	<i>X. maffafa</i> >			
<i>Xanthosoma maffafa</i>	0,28		0,97	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,18		9,42	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	1,51	1,91	79,06	<i>B. oleracea</i> ≈	2,75	4,73	21,16
<i>Ipomoea batatas</i> /	0,02		1,05	<i>B. alba</i> >			
<i>Brassica oleracea</i>	0,20		10,47	<i>I. batatas</i>			
<i>Basela alba</i> /	0,33		11,22	<i>L. sativa</i> >			
<i>Lactuca sativa</i> /	1,79	2,94	60,88	<i>B. oleracea</i> >	3,94	5,08	19,68
<i>Xanthosoma maffafa</i> /	0,32		10,88	<i>B. alba</i> ≈			
<i>Brassica oleracea</i>	0,50		17,00	<i>X. maffafa</i>			

TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Tableau XVI: Plantes sauvages préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea* (végétaux présentés par quadruplet)

	Consommation (g)			Niveau de préférence	TMJC (%)	REC (%)	IT
	Sous total	Total	Proportion (%)				
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	0,89		60,96	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,33		22,60	<i>S. tragacantha</i> >			
<i>Laportea aestuans</i> /	0,23	1,46	17,75	<i>L. aestuans</i> >	1,83	4,93	20,30
<i>Cassia siamea</i>	0,01		0,68	<i>C. siamea</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,03		1,66	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Palisota hirsuta</i> /	0,27		14,92	<i>L. aestuans</i> >			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	0,93	1,81	51,38	<i>P. hirsuta</i> >	1,43	5,59	17,90
<i>Laportea aestuans</i>	0,58		32,04	<i>S. tragacantha</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,01		0,96	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Laportea aestuans</i> /	0,47		45,19	<i>L. aestuans</i> >			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	0,56	1,04	53,85	<i>S. tragacantha</i> ≈	1,60	4,99	20,03
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	00		00	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,02		0,70	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Palisota hirsuta</i> /	0,82		28,77	<i>P. hirsuta</i> >			
<i>Cassia siamea</i> /	0,02	2,85	0,70	<i>S. tragacantha</i> ≈	4,01	2,99	33,43
<i>Phaulopsis falcisepala</i>	1,99		69,82	<i>C. siamea</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> /	0,30		14,02	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>Phaulopsis falcisepala</i> /	1,69		78,97	<i>S. tragacantha</i> >			
<i>Cassia siamea</i> /	0,13	2,14	6,07	<i>C. siamea</i> >	2,73	2,93	34,15
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,02		0,93	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Sterculia tragacantha</i> / <i>Phaulopsis</i>	0,19		6,35	<i>P. falcisepala</i> >			
<i>falcisepala</i> /	1,50		50,17	<i>P. hirsuta</i> >			
<i>Palisota hirsuta</i> /	1,29	2,99	43,14	<i>S. tragacantha</i> >	4,20	1,90	52,52
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,01		0,33	<i>C. paniculatum</i>			

TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Tableau XVII: Combinaison de plantes cultivées et sauvages préférentiellement consommées par *Limicolaria flammea* (végétaux présentés par couple)

Couples de végétaux présentés	Consommation (g)			Niveau de préférence	TMJC (%)	REC (%)	IT
	Paramètres calculés	Sous total	Total				
<i>Basela alba</i> / <i>Phaulopsis falcisepala</i>	2,56	2,66	96,24	<i>B. alba</i> >	5,96	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Sterculia tragacantha</i>	2,60	2,62	99,24	<i>B. alba</i> >	5,29	0,76	132,32
<i>Basela alba</i> / <i>Laportea aestuans</i>	0,02	1,80	0,76	<i>S. tragacantha</i>	4,78	1,26	79,67
<i>Basela alba</i> / <i>Cassia siamea</i>	1,80	1,96	91,84	<i>B. alba</i> >			
<i>Basela alba</i> / <i>Palisota hirsuta</i>	0,16	2,45	8,16	<i>L. aestuans</i>	5,67	0	0
<i>Basela alba</i> / <i>Clerodendrum paniculatum</i>	2,42	2,50	98	<i>B. alba</i> >	6,17	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	0,05	2,42	2	<i>C. siamea</i>	10,17	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Phaulopsis falcisepala</i>	0,24	2,34	9,02	<i>P. hirsuta</i>	9,22	0,87	115,30
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	2,34	3,66	63,93	<i>B. alba</i> >	8,25	1,33	74,97
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	1,32	3,07	36,07	<i>C. paniculatum</i>	8,70	0,69	145,01
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	4,21	4,28	98,36	<i>L. sativa</i> >	7,25	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	0,07	3,44	1,64	<i>P. falcisepala</i>	18,46	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	3,44	3,47	99,14	<i>L. sativa</i> >	9,72	1,85	53,98
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	0,03	0,03	0,86	<i>S. tragacantha</i>	12,70	0,31	317,60
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	2,34	3,07	76,22	<i>L. sativa</i> >	12,77	0,078	1276,72
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	0,73	2,31	23,78	<i>L. aestuans</i>	12,82	0,70	142,41
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	2,31	2,56	90,23	<i>L. sativa</i> >	12,64	1,03	97,24
<i>Basela alba</i> / <i>Cassia siamea</i>	0,25	3,10	9,77	<i>C. siamea</i>	14,11	0,49	201,58
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	3,10	6,21	49,92	<i>L. sativa</i> >	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Palisota hirsuta</i>	3,11	3,63	50,08	<i>P. hirsuta</i>	14,11	0,49	201,58
<i>Basela alba</i> / <i>Lactuca sativa</i>	3,63	3,77	96,29	<i>L. sativa</i> >	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,14	0,14	3,71	<i>C. paniculatum</i>	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Carica papaya</i>	3,29	4,99	65,93	<i>C. papaya</i> >	12,70	0,31	317,60
<i>Basela alba</i> / <i>Phaulopsis falcisepala</i>	1,70	1,70	34,07	<i>P. falcisepala</i>	12,77	0,078	1276,72
<i>Basela alba</i> / <i>Carica papaya</i>	3,47	4,36	79,59	<i>C. papaya</i> >	12,82	0,70	142,41
<i>Basela alba</i> / <i>Sterculia tragacantha</i>	0,89	0,89	20,41	<i>S. tragacantha</i>	12,64	1,03	97,24
<i>Basela alba</i> / <i>Carica papaya</i>	3,56	4,97	71,63	<i>C. papaya</i> >	14,11	0,49	201,58
<i>Basela alba</i> / <i>Laportea aestuans</i>	1,41	1,41	28,37	<i>L. aestuans</i>	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Carica papaya</i>	4,14	4,26	97,18	<i>C. papaya</i> >	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Cassia siamea</i>	0,12	0,12	2,82	<i>C. siamea</i>	14,11	0,49	201,58
<i>Basela alba</i> / <i>Carica papaya</i>	3,32	4,59	72,33	<i>C. papaya</i> >	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Palisota hirsuta</i>	1,27	3,48	27,67	<i>P. hirsuta</i>	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Carica papaya</i>	3,48	4,27	81,50	<i>C. papaya</i> >	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,79	0,79	18,50	<i>C. paniculatum</i>	12,12	0	-
<i>Basela alba</i> / <i>Ipomoea batatas</i>	1,32	2,26	58,41	<i>I. batatas</i> >	5,92	6,59	15,17
<i>Basela alba</i> / <i>Phaulopsis falcisepala</i>	0,94	0,94	41,59	<i>P. falcisepala</i>	4,49	6,68	14,96
<i>Basela alba</i> / <i>Ipomoea batatas</i>	1,26	1,85	68,11	<i>I. batatas</i> >	4,49	6,68	14,96
<i>Basela alba</i> / <i>Sterculia tragacantha</i>	0,59	0,59	31,89	<i>S. tragacantha</i>	3,09	4,21	23,76
<i>Basela alba</i> / <i>Ipomoea batatas</i>	1,21	1,61	75,16	<i>I. batatas</i> >	3,09	4,21	23,76
<i>Basela alba</i> / <i>Laportea aestuans</i>	0,40	0,40	24,84	<i>L. aestuans</i>	5,26	3,04	32,86
<i>Basela alba</i> / <i>Ipomoea batatas</i>	2,05	2,24	91,52	<i>I. batatas</i> >	5,26	3,04	32,86
<i>Basela alba</i> / <i>Cassia siamea</i>	0,19	0,19	8,48	<i>C. siamea</i>	7,59	1,05	94,91
<i>Basela alba</i> / <i>Ipomoea batatas</i>	1,49	3,88	38,40	<i>I. batatas</i> >	7,59	1,05	94,91
<i>Basela alba</i> / <i>Palisota hirsuta</i>	2,39	2,39	61,60	<i>P. hirsuta</i>	5,82	0,34	290,95
<i>Basela alba</i> / <i>Ipomoea batatas</i>	1,65	2,38	69,33	<i>I. batatas</i> >	5,82	0,34	290,95
<i>Basela alba</i> / <i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,73	0,73	30,67	<i>C. paniculatum</i>	8,82	2,47	40,44
<i>Basela alba</i> / <i>Xanthosoma maffafa</i>	3,70	4,09	90,46	<i>X. maffafa</i> >	10,99	1,001	99,91
<i>Basela alba</i> / <i>Phaulopsis falcisepala</i>	0,39	0,39	9,54	<i>P. falcisepala</i>	10,48	0,57	174,60
<i>Basela alba</i> / <i>Xanthosoma maffafa</i>	3,85	4,44	86,71	<i>X. maffafa</i> >	10,48	0,57	174,60
<i>Basela alba</i> / <i>Sterculia tragacantha</i>	0,59	0,59	13,29	<i>S. tragacantha</i>	11,84	0,34	296,09
<i>Basela alba</i> / <i>Xanthosoma maffafa</i>	3,72	5,73	64,92	<i>X. maffafa</i> >	11,84	0,34	296,09
<i>Basela alba</i> / <i>Laportea aestuans</i>	2,01	2,01	35,08	<i>L. aestuans</i>	11,96	0,84	119,57
<i>Basela alba</i> / <i>Xanthosoma maffafa</i>	4,02	4,25	94,59	<i>X. maffafa</i> >	11,96	0,84	119,57
<i>Basela alba</i> / <i>Cassia siamea</i>	0,23	0,23	5,41	<i>C. siamea</i>			
<i>Basela alba</i> / <i>Xanthosoma maffafa</i>	3,70	5,57	66,43	<i>X. maffafa</i> >			

<i>Palisota hirsuta</i>	1,87		33,57	<i>P. hirsuta</i>			
<i>Xanthosoma maffafa</i> /	3,61	4,05	89,14	<i>X. maffafa</i> >	8,12	0,74	135,33
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,44		10,86	<i>C. paniculatum</i>			
<i>Brassica oleracea</i> /	2,64	3,19	82,76	<i>B. oleracea</i> >	7,42	1,75	57,11
<i>Phaulopsis falcisepala</i>	0,55		17,24	<i>P. falcisepala</i>			
<i>Brassica oleracea</i> /	2,77	3,55	78,03	<i>B. oleracea</i> >	8,9	1,35	74,17
<i>Sterculia tragacantha</i>	0,78		21,97	<i>S. tragacantha</i>			
<i>Brassica oleracea</i> /	2,13	2,86	74,48	<i>B. oleracea</i> >	7,29	1,23	81,07
<i>Laportea aestuans</i>	0,73		25,52	<i>L. aestuans</i>			
<i>Brassica oleracea</i> /	3,17	3,25	97,54	<i>B. oleracea</i> >	8,55	2,92	34,19
<i>Cassia siamea</i>	0,08		2,46	<i>C. siamea</i>			
<i>Brassica oleracea</i> /	3,33	3,86	86,27	<i>B. oleracea</i> >	8,59	1,51	66,12
<i>Palisota hirsuta</i>	0,53		13,73	<i>P. hirsuta</i>			
<i>Brassica oleracea</i> /	3,39	3,73	90,88	<i>B. oleracea</i> >	7,92	1,64	60,95
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	0,34		9,12	<i>C. paniculatum</i>			

TMJC = Taux moyen journalier de consommation; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

D'une manière générale, *Limicolaria flammea* préfère les plantes cultivées aux plantes sauvages. Les niveaux de préférence des différents fourrages verts consommés durant nos expériences indiquent qu'au niveau des plantes cultivées, *Lactuca sativa* (Asteraceae) apparaît comme un aliment de premier choix, ensuite viennent respectivement *Carica papaya* (Caricaceae), *Brassica oleracea* (Brassicaceae), *Basela alba* (Chenopodiaceae), *Xanthosoma maffafa* (Araceae) et *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae). Au niveau des végétaux sauvages, cet escargot préfère par ordre d'importance décroissante, *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae), *Laportea aestuans* (Urticaceae), *Palisota hirsuta* (Commelinaceae), *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae), *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae) et *Cassia siamea* (Caesalpiniaceae).

3.3.3. Composition chimique des végétaux les mieux consommés

Les six espèces végétales cultivées les mieux consommées par *Limicolaria flammea* contiennent tous plus de 80 % d'eau (tableau XVIII). Les teneurs en matières grasses et en protéines brutes varient respectivement de 0,11 % à 1,85 % et de 1,28 % à 12,15 %. Quant à la cellulose et aux extractifs non azotés, ils varient respectivement de 0,63 % à 6,25 % et de 0,58 % à 6,16 %. Parmi les sels minéraux, l'on trouve du calcium, du phosphore, du sodium et du potassium. Les proportions varient d'un sel à l'autre selon l'espèce végétale considérée. Pris individuellement, ces sels minéraux ont une teneur inférieure à 1%. La teneur en calcium varie de 0,07 % à 0,47 % et celle du potassium, de 0,01 % à 0,54 %. Quant au phosphore et au sodium, ils sont respectivement de l'ordre de 0,03 % à 0,1 % et de 0,004 % à 0,21 %.

La composition chimique des six végétaux sauvages les mieux consommés (tableau XIX) montre que ces végétaux contiennent plus de 70 % d'eau et moins de 5 % de sels minéraux. Nous remarquons que les taux de matières grasses et de protéines brutes varient respectivement de 0,67 % à 3,98 % et de 1,01 % à 7,01 %. La cellulose et les extractifs non azotés représentent respectivement entre 0,66 % et 12,23 % et entre 2,78 % et 6,50 %. Concernant les sels minéraux, la teneur en sels de calcium varie de 0,19 % à 0,91 % et celle des sels de potassium, de 0,02 % à 0,15 %. Quant au phosphore et au sodium, ils sont respectivement de l'ordre de 0,08 % à 0,34 % et de 0,001 % à 0,08 %.

Tableau XVIII: Composition chimique des végétaux cultivés les mieux consommés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

	Eau (%)	Matière sèche (%)	Matières grasses (%)	Protéines brutes (%)	Cellulose brute (%)	Extractifs non azotés (ENA) (%)	Cendres (%)	Ca (%)	P (%)	Na (%)	K (%)
<i>Basela alba</i>	93,62	11,72	1,54	2,49	3,92	2,53	1,24	0,47	0,08	0,21	0,01
<i>Brassica oleracea</i>	95,02	4,98	0,11	1,36	0,83	1,87	0,80	0,04	0,03	0,01	0,22
<i>Carica papaya</i>	80,87	19,13	1,83	5,67	2,53	6,16	2,95	0,46	0,10	0,004	0,54
<i>Ipomoea batatas</i>	93,75	22,01	1,85	12,15	6,25	0,58	1,18	0,21	0,07	0,030	0,17
<i>Lactuca sativa</i>	93,57	6,43	0,26	1,28	0,63	1,16	3,10	0,07	0,04	0,05	0,20
<i>Xanthosoma maffafa</i>	85,36	14,64	1,19	3,66	2,39	5,62	1,79	0,20	0,05	0,002	0,44

Tableau XIX: Composition chimique des végétaux sauvages les mieux consommés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

	Eau (%)	Matière sèche (%)	Matières grasses (%)	Protéines brutes (%)	Cellulose brute (%)	Extractifs non azotés (ENA) (%)	Cendres (%)	Ca (%)	P (%)	Na (%)	K (%)
<i>Casia siamea</i>	72,90	47,10	3,98	7,01	12,23	6,50	3,39	0,91	0,08	0,01	0,27
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	80,30	12,32	0,67	2,31	0,66	7,18	1,50	0,19	0,22	0,04	0,32
<i>Laportea aestuans</i>	85,42	11,01	1,32	1,01	1,44	2,78	4,46	0,46	0,34	0,08	0,02
<i>Palisota hirsuta</i>	84,17	10,26	0,84	2,14	0,82	4,86	1,60	0,21	0,11	0,01	0,15
<i>Phaulopsis falcisepala</i>	77,24	17,24	1,12	3,27	2,05	7,88	4,60	0,76	0,10	0,06	0,16
<i>Sterculia tragacantha</i>	70,75	10,34	1,00	1,82	1,01	4,91	1,60	0,26	0,14	0,06	0,10

L'analyse en composantes principales (ACP), considérant comme variables les proportions des différents constituants chimiques et les valeurs d'ingestion alimentaire (IA), de rendement écologique de croissance (REC) et d'indice de transformation (IT), permet de mieux comprendre le *preferendum* alimentaire des animaux.

Au niveau des plantes cultivées, le cercle des corrélations et le plan de dispersion (figures 25a, 25b) dont les axes contribuent à 76,61 % à la variance, montrent qu'au delà de leur forte teneur en eau, les feuilles de *Lactuca sativa* (Asteraceae) et de *Brassica oleracea* (Brassicaceae) présentent un taux d'ingestion élevé. *Xanthosoma maffafa* (Araceae) et *Carica papaya* (Caricaceae) sont ingérés pour leur apport en extractifs non azotés (ENA), en cendres et en sels de potassium (K) tandis que *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae) et *Basela alba* (Chenopodiaceae) fournissent assez de celluloses, de protéines, de matières grasses, de sels de phosphore et de calcium. En outre, la matrice des corrélations (annexe 1) révèle une corrélation négative ($r = - 0,6$) entre l'ingestion alimentaire (IA) et les teneurs en protéines et en celluloses et une corrélation positive ($r = 0,6$) entre l'ingestion alimentaire (IA) et le taux de cendres. L'indice de transformation (IT) est fortement corrélée ($r = 0,6$) aux teneurs en protéines et en celluloses, mais négativement corrélée ($r = - 0,7$) avec le taux d'extractifs non azotés (ENA).

Au niveau des plantes sauvages, le cercle des corrélations et le plan de dispersion (figure 26a, 26b) suivant les axes 1 et 2, qui contribuent à 73,81 % à la variance, montrent que les feuilles de *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae) présentent un bon indice de transformation (IT). *Cassia siamea* (Caesalpinaceae) est ingéré pour ses protéines et ses matières grasses tandis que *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae) et *Palisota hirsuta* (Commelinaceae) apportent assez de sels de potassium. Ces plantes ont un meilleur rendement écologique de croissance (REC). *Laportea aestuans* (Urticaceae) et *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae) sont consommées car elles fournissent assez de sels de sodium et de phosphore.

La matrice des corrélations (annexe 2) révèle une forte corrélation ($r = 0,7$) entre l'ingestion alimentaire (IA) et les matières grasses, les protéines, les celluloses, les extractifs non azotés et les sels de calcium. Quant à l'indice de transformation (IT), il est moyennement corrélé ($r = 0,5$) aux teneurs en cendres et en calcium de l'aliment.

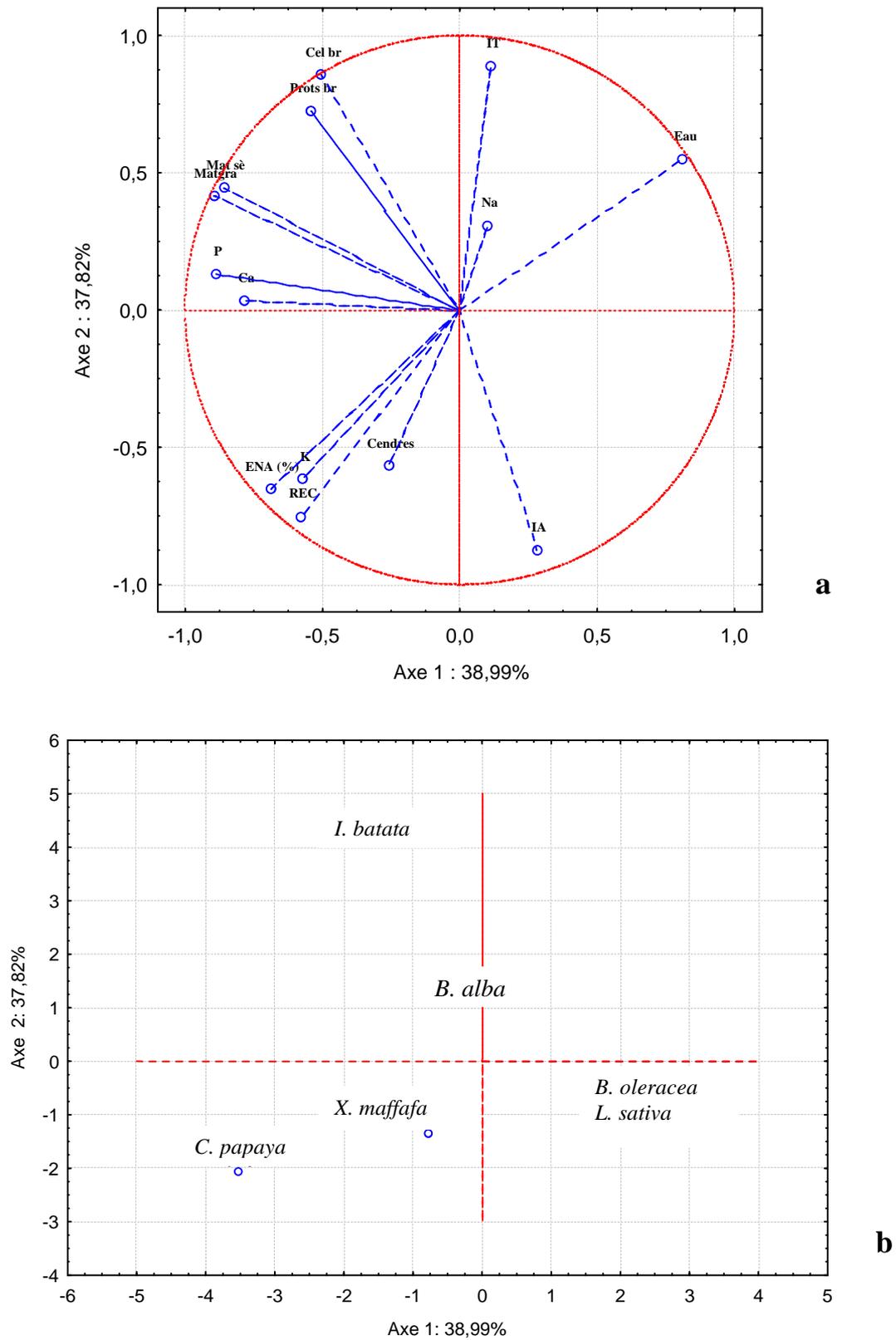


Figure 25: Résultat d'analyse en composantes principales (ACP) sur les végétaux cultivés les mieux consommés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) en fonction de leur composition chimique

a: Cercle des corrélations; **b:** Plan de dispersion

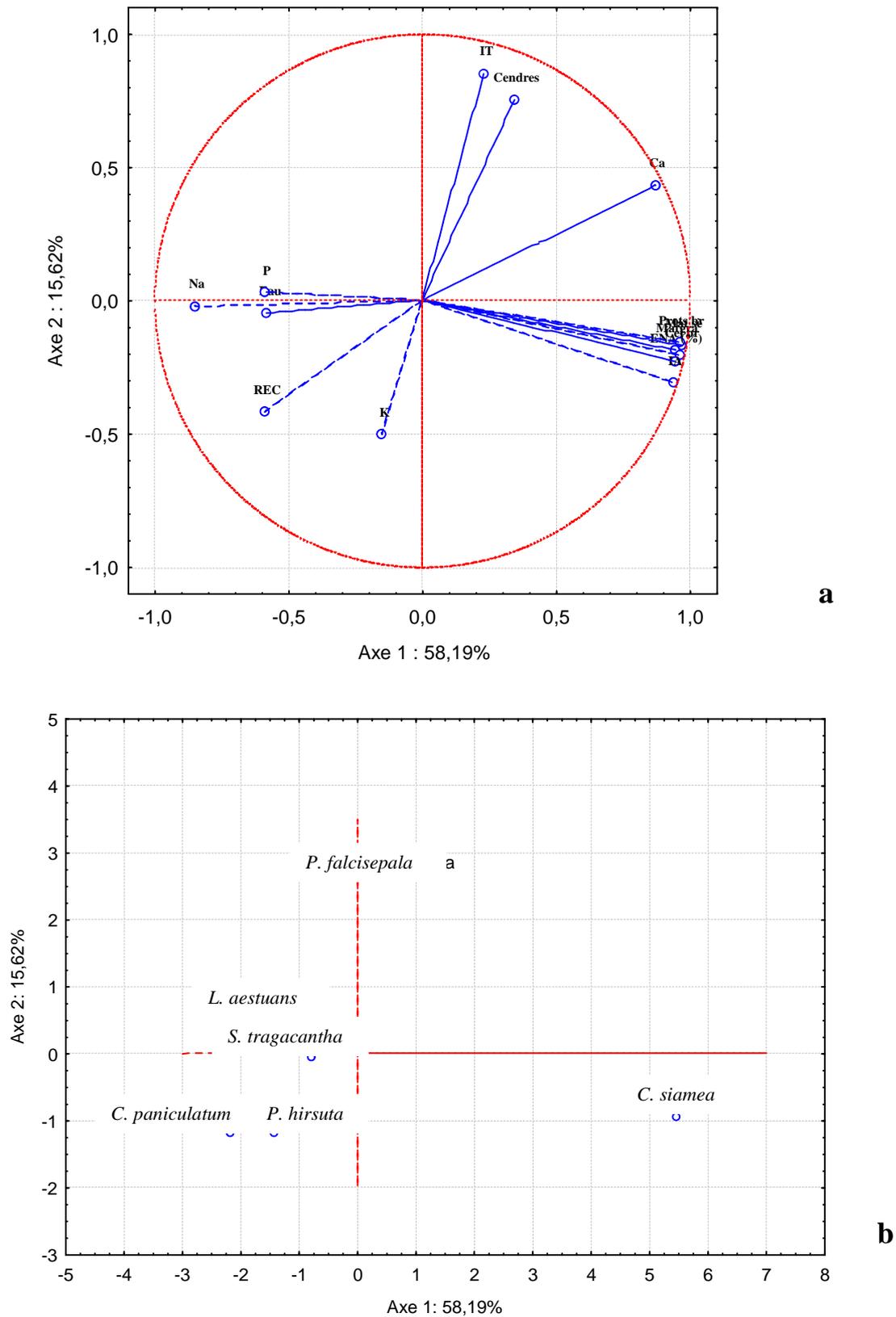


Figure 26: Résultat d'analyse en composantes principales (ACP) sur les végétaux sauvages les mieux consommés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) en fonction de leur composition chimique

a: Cercle des corrélations; **b:** Plan de dispersion

3.3.4. Abondance des végétaux

Les tableaux XX et XXI illustrent les densités relatives de répartition des plantes les mieux consommées respectivement au niveau des plantations et au sein de la forêt de l'Université d'Abobo-Adjamé. Pour les plantes cultivées, les estimations faites sur 100 m², puis à l'hectare indiquent une abondance de *Lactuca sativa* (Asteraceae) (25 plants / m²) et de *Basela alba* (Chenopodiaceae) (25 plants / m²), plantes de petite taille et d'accès facile aux escargots, relativement à *Carica papaya* (Caricaceae) (1 plant / m²) et *Xanthosoma maffafa* (Araceae) (4 plants / m²) dont la grande taille des individus adultes les met hors de portée des escargots.

Quant aux plantes sauvages, l'on remarque une abondance et une distribution régulière de *Palisota hirsuta* (Commelinaceae) (1,19 plant / m²) sur l'ensemble de la forêt tandis que *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae) (0,07 plant / m²), *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae) (0,04 plant / m²), *Cassia siamea* (Caesalpiniaceae) (0,03 plant / m²), *Laportea aestuans* (Urticaceae) (0,01 plant / m²) et *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae) (0,01 plant / m²) sont relativement moins abondantes et observées surtout dans les parties anthropisées de la forêt de l'Université.

Par ailleurs, *Trichilia monadelpha* (Meliaceae), *Sarcophrynium brachystachys* (Verbenaceae), *Rauwolfia vomitoria* (Apocynaceae) et *Cananga odorata* (Anonaceae) dont les feuilles ont été moins consommées par les escargots sont relativement abondantes aussi bien dans les parties vierges que dans les parties anthropisées de la forêt.

3.3.5. Ravages sur quelques cultures et plantes sauvages

L'action destructrice de *Limicolaria flammea* sur les végétaux les plus consommés au cours de notre expérience est présentée dans les tableaux XXII et XXIII. On note que cet escargot est vorace sur les feuilles de *Lactuca sativa* (0,28 feuille / jour / escargot; soit 0,04 plant jeune et 0,01 plant adulte), de *Basela alba* (0,23 feuille / jour / escargot; soit 0,06 plant jeune et 0,02 plant adulte), de *Brassica oleracea* (0,15 feuille / jour / escargot; soit 0,0093 plant jeune et 0,0044 plant adulte) et de *Ipomea batatas* (0,13 feuille / jour / escargot; soit 0,008 plant jeune et 0,002 plant adulte).

Tableau XX: Nombre de plantes cultivées observées par cuvette de 100 m² dans les plantations

	C U V E T T E S												Total	Densité (plants / m ²)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<i>Basela alba</i> (Chenopodiaceae)	2525	2500	2520	2500	2500	2500	2475	2500	2500	2480	2500	2500	30000	25
<i>Brassica oleracea</i> (Brassicaceae)	610	600	600	585	600	615	600	600	600	600	600	590	7200	6
<i>Carica papaya</i> (Caricaceae)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200	1
<i>Ipomoea batatas</i> (Convolvulaceae)	400	400	400	400	375	425	415	400	400	385	400	400	4800	4
<i>Lactuca sativa</i> (Asteraceae)	2500	2525	2500	2520	2500	2500	2500	2500	2475	2500	2480	2500	30000	25
<i>Xanthosoma maffafa</i> (Araceae)	425	400	400	385	400	415	400	400	400	400	400	375	4800	4

Tableau XXI: Nombre de plantes sauvages observées par cuvette de 100 m² dans la forêt de l'Université d'Abobo - Adjamé

	C U V E T T E S												Total	Densité (plants / m ²)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<i>Cassia siamea</i> (Caesalpiaceae)	0	24	0	0	0	4	0	0	2	1	1	0	32	0,03
<i>Clerodendrum paniculatum</i> (Verbenaceae)	0	0	4	0	0	3	0	0	0	1	0	0	8	0,01
<i>Laportea aestuans</i> (Urticaceae)	0	0	0	8	0	0	1	0	2	0	1	0	12	0,01
<i>Palisota hirsuta</i> (Commelinaceae)	11	24	14	9	18	6	60	29	4	46	12	5	238	0,19
<i>Phaulopsis falcisepala</i> (Acanthaceae)	0	59	0	21	0	0	2	0	0	0	0	0	82	0,07
<i>Sterculia tragacantha</i> (Sterculiaceae)	0	17	0	1	0	11	3	6	0	9	0	2	49	0,04

Tableau XXII: Estimation des ravages causés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), à court et à moyen termes, sur les végétaux cultivés les mieux consommés

	Nombre moyen de feuilles		1 jour			1 an			2 ans		
	Végétal jeune	Végétal adulte	Qd (feuilles)	NJP	NPA	Qd (feuilles)	NJP	NPA	Qd (feuilles)	NJP	NPA
<i>Basela alba</i>	04	12	0,23	0,06	0,02	64,21	15,95	5,35	128,43	31,90	10,70
<i>Brassica oleracea</i>	16	34	0,15	0,009	0,004	40,70	2,56	1,20	81,40	5,12	9,58
<i>Carica papaya</i>	12	47	0,03	0,002	0,001	6,99	0,57	0,15	13,97	1,14	0,29
<i>Ipomoea batatas</i>	17	82	0,13	0,008	0,002	36,16	2,20	0,55	72,32	4,40	1,10
<i>Lactuca sativa</i>	07	27	0,28	0,04	0,01	77,91	11,11	2,89	155,81	22,22	28,60
<i>Xanthosoma maffafa</i>	03	06	0,01	0,003	0,002	2,53	0,85	0,41	5,07	1,71	0,83

Qd = Quantité de végétaux détruits; NJP = Nombre de jeunes plants; NPA = Nombre de plants adultes

Tableau XXIII: Estimation des ravages causés par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), à court et à moyen termes, sur les végétaux sauvages les mieux consommés

	Nombre moyen de feuilles		1 jour			1 an			2 ans		
	Végétal jeune	Végétal adulte	Qd			Qd			Qd		
			(feuilles)	NJP	NPA	(feuilles)	NJP	NPA	(feuilles)	NJP	NPA
<i>Casia siamea</i>	285	3000	1,8	0,0063	0,001	495	1,74	0,17	990	3,47	0,33
<i>Clerodendrum paniculatum</i>	04	14	0,01	0,003	0,001	3,11	0,83	0,22	6,22	1,65	0,44
<i>Laportea aestuans</i>	09	22	0,18	0,02	0,01	48,33	5,5	2,25	96,67	11	4,50
<i>Palisota hirsuta</i>	05	14	0,06	0,01	0,004	15,51	2,75	1,10	31,01	5,50	2,20
<i>Phaulopsis falcisepala</i>	12	48	0,82	0,07	0,02	225,5	19,25	4,70	451	38,50	9,40
<i>Sterculia tragacantha</i>	08	27	1,4	0,18	0,05	385	48,13	14,26	770	96,25	28,52

Qd = Quantité de végétaux détruits; NJP = Nombre de jeunes plants; NPA = Nombre de plants adultes

Les dégâts sont relativement moindres sur les feuilles de *Xanthosoma maffafa* (0,009 feuille / jour / escargot; soit 0,003 plant jeune et 0,002 plant adulte) et sur celles de *Carica papaya* (0,03 feuille / jour / escargot; soit 0,002 plant jeune et 0,001 plant adulte). Au bout d'une année, cet escargot peut détruire 11,11 jeunes plants de *Lactuca sativa* et 15,95 jeunes plants de *Brassica oleracea*. En deux ans, ces valeurs sont respectivement de 22,22 et 31,90 jeunes plants.

Au niveau des végétaux sauvages, *Limicolaria flammea* détruit les feuilles de *Cassia siamea* (1,8 feuille / jour / escargot; soit 0,006 plant jeune et 0,001 plant adulte), de *Sterculia tragacantha* (1,4 feuille / jour / escargot; soit 0,18 plant jeune et 0,05 plant adulte), alors que les dégâts sont relativement moindres sur les feuilles de *Palisota hirsuta* (0,06 feuille / jour / escargot; soit 0,01 plant jeune et 0,004 plant adulte) et sur celles de *Clerodendrum paniculatum* (0,01 feuille / jour / escargot; soit 0,003 plant jeune et 0,001 plant adulte). En une année, ce sont 19,25 jeunes plants de *Phaulopsis falcisepala* et 15,95 jeunes plants de *Sterculia tragacantha* qui peuvent être détruits par cet escargot. En deux ans, ces valeurs sont respectivement de 38,50 et 96,25 jeunes plants.

3.3.6. Discussion

Au cours de l'inventaire alimentaire, il a été remarqué que toutes les espèces végétales proposées à l'escargot *Limicolaria flammea* ont été consommées. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par HODASI (1979) qui note que les Achatinidae se nourrissent dans un spectre très varié de végétaux sauvages et cultivés. Notre travail indique que les feuilles de certaines plantes cultivées telles que *Lactuca sativa* (Asteraceae), *Carica papaya* (Caricaceae), *Brassica oleracea* (Brassicaceae), *Basela alba* (Chenopodiaceae), *Xanthosoma maffafa* (Araceae) et *Ipomea batatas* (Convolvulaceae) et des plantes sauvages comme *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae), *Laportea aestuans* (Urticaceae), *Palisota hirsuta* (Commelinaceae), *Cassia siamea* (Caesalpinaceae), *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae) et *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae) sont les mieux consommées. Des résultats similaires ont été obtenus par EGONMWAN (1988) et KARAMOKO *et al.* (2008) chez *Limicolaria flammea*, respectivement au Nigeria et en Côte d'Ivoire, par ZONGO (1994) et OTCHOUMOU *et al.* (2005a; 2005b) chez *Achatina achatina* en Côte d'Ivoire.

L'analyse des variances montre qu'il existe une différence significative entre les valeurs moyennes d'ingestion alimentaire des différents végétaux les mieux consommés. Les différences observées au niveau des quantités ingérées de chaque espèce végétale pourraient

s'expliquer par des différences de texture, de parfum, de saveur et même de teneur en eau et en sels minéraux, éléments qui concourent à une bonne consommation de l'aliment (GALLOIS & DAGUZAN, 1989). En outre, ce comportement alimentaire pourrait s'expliquer par le fait que l'escargot est essentiellement végétarien et recherche particulièrement les plantes jeunes et tendres (ROUSSELET, 1979). Le caractère tendre de ces végétaux serait adapté à l'appareil masticateur de cet escargot. En effet, pour manger, l'animal utilise sa langue dentée comme une rappe. La mâchoire en lame cornée permet de sectionner les feuilles avant de les rapper.

Dans la nature, *Limicolaria flammea* n'est essentiellement pas une espèce de forêt. On la trouve plutôt autour des habitations humaines et dans les parties anthropisées des forêts (RAUT & BARKER, 2002). Ainsi, mesure-t-on aisément ses ravages sur la petite végétation, particulièrement au niveau des cultures et de la végétation de la basse strate. Plusieurs chercheurs ont signalé les dommages causés par les escargots du genre *Limicolaria* sur diverses plantes cultivées (SALAAM, 1938; SPENCE, 1938; GODAN, 1983; EGONMWAN, 1991). Des observations similaires ont été faites chez *Achatina achatina* qui affectionne les feuilles de *lactuca sativa*, de *Brassica oleracea*, de *Carica papaya*, de *Manihot esculentus*, de *Xanthosoma maffafa*, de *Cecropia peltata*, de *Laportea aestuans*, de *Palisota hirsuta* et de *Phaulopsis falcisepala* (OTCHOUMOU *et al.*, 2005b).

Les expériences de préférences alimentaires révèlent que *Limicolaria flammea* marque sa préférence par une consommation plus élevée des fourrages verts qu'il apprécie par rapport aux autres aliments qui lui sont proposés. Ainsi, deux composantes distinctes du *preferendum* alimentaire peuvent-ils être reconnues (LUBCHENCO, 1978; NICOTRI, 1980): l'une relative à la sélection d'un potentiel de végétaux susceptibles d'être consommés (il s'agit de l'attraction), l'autre concerne le taux d'ingestion de cet aliment (c'est la comestibilité). La comestibilité reflète à la fois la vitesse avec laquelle un aliment donné satisfait les besoins physiologiques du sujet et la facilité avec laquelle cet aliment peut être avalé et ingéré (WATSON & NORTON, 1985). Quant à l'attraction, elle comprend un certain nombre de facteurs incluant la capacité de l'herbivore à détecter les odeurs et d'autres caractéristiques qui déterminent la valeur des végétaux. Les niveaux d'ingestion observés chez *Limicolaria flammea* semblent dépendre du caractère appétissant de l'aliment. En effet, cette appétence s'explique par la relative richesse des aliments en protéines et en matières grasses. Ces dernières sont dites palatogènes en ce sens qu'elles favorisent la palatabilité des aliments. En outre, la cellulose brute et les extractifs non azotés, assimilables à des glucides, jouent un rôle

primordial dans le transit intestinal et dans le processus de production énergétique aux côtés des matières grasses. Par ailleurs, la composition chimique des plantes les mieux consommées révèle qu'elles contiennent chacune plus de 70% d'eau; ce qui s'accorde avec les résultats de OTCHOUMOU (1991) et de KARAMOKO *et al.* (2008). Dans son milieu naturel, *Limicolaria flammea* en tant que végétarien, trouve la plus grande partie de l'eau nécessaire à son hydratation dans les fourrages verts qu'il consomme. C'est donc à juste titre que ces plantes préférées contiennent suffisamment d'eau. L'analyse minérale des plantes indique la présence de calcium, de phosphore, de sodium et de potassium qui sont des macro éléments indispensables à l'activité cellulaire et au bon fonctionnement de l'organisme. Bien que leur présence atteste de la qualité minérale de l'aliment pour l'escargot, leurs teneurs demeurent insuffisantes quant à leur influence sur l'appétence de l'aliment et à l'apport qu'ils procurent à l'organisme de l'animal. Nous pensons que les aliments préférentiellement consommés ont la particularité d'être non seulement attractifs par leur parfum, leur saveur et leur tendreté, mais aussi d'être appétibles et digestes du fait de leur relative richesse en nutriments indispensables à un développement harmonieux de l'animal. Quant aux raisons conditionnant le choix d'un aliment par rapport à sa composition en sels minéraux, il s'agit d'un ensemble de paramètres aux interrelations complexes (OTCHOUMOU *et al.*, 2005b). CROLL & CHASE (1977) ont mis en évidence l'aptitude de *Achatina fulica* à mémoriser un aliment à long terme. D'autres facteurs comme l'effet de végétation, les interactions au sein d'une même population, notamment par le biais des traces de mucus (DAN & BAILEY, 1982), la capacité de percevoir une odeur et de remonter ses effluves jusqu'à l'origine chez les escargots (MOENS, 1965; KEKAUOHA, 1966; EISENBERG, 1970; FARKAS & SHOREY, 1976) interviendraient également sur l'activité nutritionnelle de l'escargot. Toutefois, le *preferendum* constaté n'implique pas que les végétaux concernés soient de meilleurs aliments du point de vue du rendement écologique de croissance ou de l'indice de transformation.

Au niveau des végétaux sauvages, vue les quantités d'aliments quotidiennement ingérées, l'on peut dire que *Limicolaria flammea* préfère *Sterculia tragacantha* et *Cassia siamea*. L'indice de transformation montre que le couple *Sterculia tragacantha* / *Cassia siamea* est le meilleur aliment (il en faut 28,71 kg pour produire 1 kg de poids vif de l'escargot).

Concernant les végétaux consommés, le *preferendum* constaté implique que ces plantes soient ingérées en plus grande quantité et donc considérablement ravagées.

Chez l'escargot, l'indice de transformation (IT) pour un aliment est la quantité de ce aliment qu'il faut consommer pour produire 1 kg de poids vif de l'animal. Une valeur élevée de cet indice pour un végétal donné indique que l'animal devrait en consommer davantage. Ainsi, pour son épanouissement, *Limicolaria flammea* a-t-il besoin respectivement de 228,02 kg de *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae), 106,99 kg de *Lactuca sativa* (Asteraceae), de 72,75 kg de *Basela alba* (Chenopodiaceae), de 67,25 kg de *Brassica oleracea* (Brassicaceae), de 54,29 kg de *Xanthosoma maffafa* (Araceae) et de 35,31 kg de *Carica papaya* (Caricaceae) pour produire 1 kg de poids vif. De même, il faut 451 kg de *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae), 79 kg de *Cassia siamea* (Caesalpinaceae), 69,28 kg de *Sterculia tragacantha* (Sterculiaceae), 51,32 kg de *Palisota hirsuta* (Commelinaceae), 26,25 kg de *Laportea aestuans* (Urticaceae) et 21,34 kg de *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae) pour produire 1 kg de poids vif.

Pour l'agriculteur, cette grande consommation des végétaux se traduit par un ravage de ses plants de culture. Au niveau de la forêt, cette situation peut entraîner une perturbation du développement normal des végétaux ou même favoriser la disparition de certaines espèces.

Nous pensons que la grande consommation de ces végétaux, synonyme de ravage, pourrait être due à la présence probable de substances attractives dans ces plantes (VAN DER STEEN *et al.*, 1973; RAO & SINGH, 2000). Aussi, les structures anatomiques de ces végétaux semblent favoriser leur palatabilité. *Limicolaria flammea* ravage peu les feuilles de *Carica papaya* (Caricaceae), *Clerodendrum paniculatum* (Verbenaceae) et de *Cassia siamea* (Caesalpinaceae) du fait de leur grande taille. Les effets néfastes de cet escargot ne sont ressentis sur ces plantes que lorsqu'elles sont encore de jeunes pousses. Il faut noter que les jeunes plantes, qui ont des feuilles plus tendres, ont été plus ravagées que les plantes adultes.

En outre, des travaux préliminaires ont montré que *Limicolaria flammea*, à l'instar de *Achatina fulica*, semble capable de se reproduire aussi bien en région de forêt qu'en région trop sèche pour *Achatina achatina* et *Archachatina ventricosa*. (PLUMER, 1982; HARDOUIN *et al.*, 1995). *Limicolaria flammea* est connu pour son caractère prolifique (HODASI, 1979). Cette capacité d'adaptation et d'expansion rapide fait que cet escargot pourrait à la longue constituer un prédateur de plantes cultivées.

3.3.7. Conclusion

L'étude du comportement alimentaire de *Limicolaria flammea* nous permet de savoir que cet escargot consomme expérimentalement une gamme variée de plantes (cultivées et sauvages) et affectionne celles riches en eau. Du point de vue de la composition chimique et

de la valeur nutritionnelle, le meilleur aliment est constitué par le quadrinôme *Basela alba* / *Lactuca sativa* / *Ipomoea batatas* / *Xanthosoma maffafa*. Cette combinaison fournit un aliment varié avec l'avantage de présenter la meilleure composition chimique, le meilleur rendement écologique de croissance et le meilleur indice de transformation. Les aliments préférés ne sont pas forcément riches en éléments minéraux ou ingérés en plus grande quantité. L'aliment étant un élément déterminant dans la distribution des êtres vivants au sein des écosystèmes, il ressort que cet escargot fréquente les milieux influencés par les activités humaines, en raison de leur relative richesse en espèces végétales qu'il affectionne. *Limicolaria flammea* préfère les plantes cultivées aux plantes sauvages. Toutefois, sans constituer un danger pour la flore de l'Université d'Abobo-Adjamé ni pour les plantations, ce Mollusque demeure un ennemi potentiel pour l'expansion de la biodiversité végétale.

3.4. Effet de la teneur en calcium alimentaire sur les performances biologiques de *Limicolaria flammea*

3.4.1. Effets de la teneur en calcium alimentaire sur la croissance

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 R₁, R₂, R₃, R₄ et R₅ (tableau XXIV). 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, R₅ (6,81 g; 34,50 mm), R₄ (5,20 g; 33,50 mm), R₃ (4,47 g; 32,20 mm), R₂ (3,10 g; 30 mm) et R₁ (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 R₁, R₂, R₃, R₄ et R₅, 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.

Tableau XXIV: Valeurs moyennes (\pm écart type) des paramètres de croissance et de mortalité cumulée chez *Limicola flamma* (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)

L'ingestion alimentaire est de l'ordre de $0,08 \pm 0,03$ g / j / g de poids vif (R₁); $0,05 \pm 0,02$ g / j / g de poids vif (R₂); $0,11 \pm 0,01$ g / j / g de poids vif (R₃); $0,12 \pm 0,04$ g / j / g de poids vif (R₄) et $0,13 \pm 0,03$ g / j / g de poids vif (R₅). Les taux de mortalité cumulée varient selon les régimes alimentaires: $57 \pm 1,32$ % (R₁); $60 \pm 1,02$ % (R₂); $22 \pm 1,06$ % (R₃); $16 \pm 1,01$ % (R₄) et $12 \pm 0,32$ % (R₅). 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 27) et de la longueur de coquille (figure 28) 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 R₁ et R₂ sont distinctes de celles des régimes R₃, R₄ et R₅ 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 R₅ présentent les meilleures performances de croissances pondérale et coquillière, tandis que les plus faibles valeurs de croissance pondérale sont fournies par le régime R₂ et les plus faibles valeurs de croissance coquillière sont, par le régime R₁.

Comme cela a été observé pour l'effet de la densité d'élevage, La ponte est liée au gain de poids et à la croissance de la coquille. 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.

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 (R₁, R₂) et l'ensemble des régimes concentrés (R₃, R₄ et R₅). 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 R₁, R₂, R₃ et les régimes R₄ et R₅. Quant à l'ingestion alimentaire, il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre les régimes R₁ et R₂, mais pas de différence significative ($P > 0,05$) entre les trois régimes concentrés de farine.

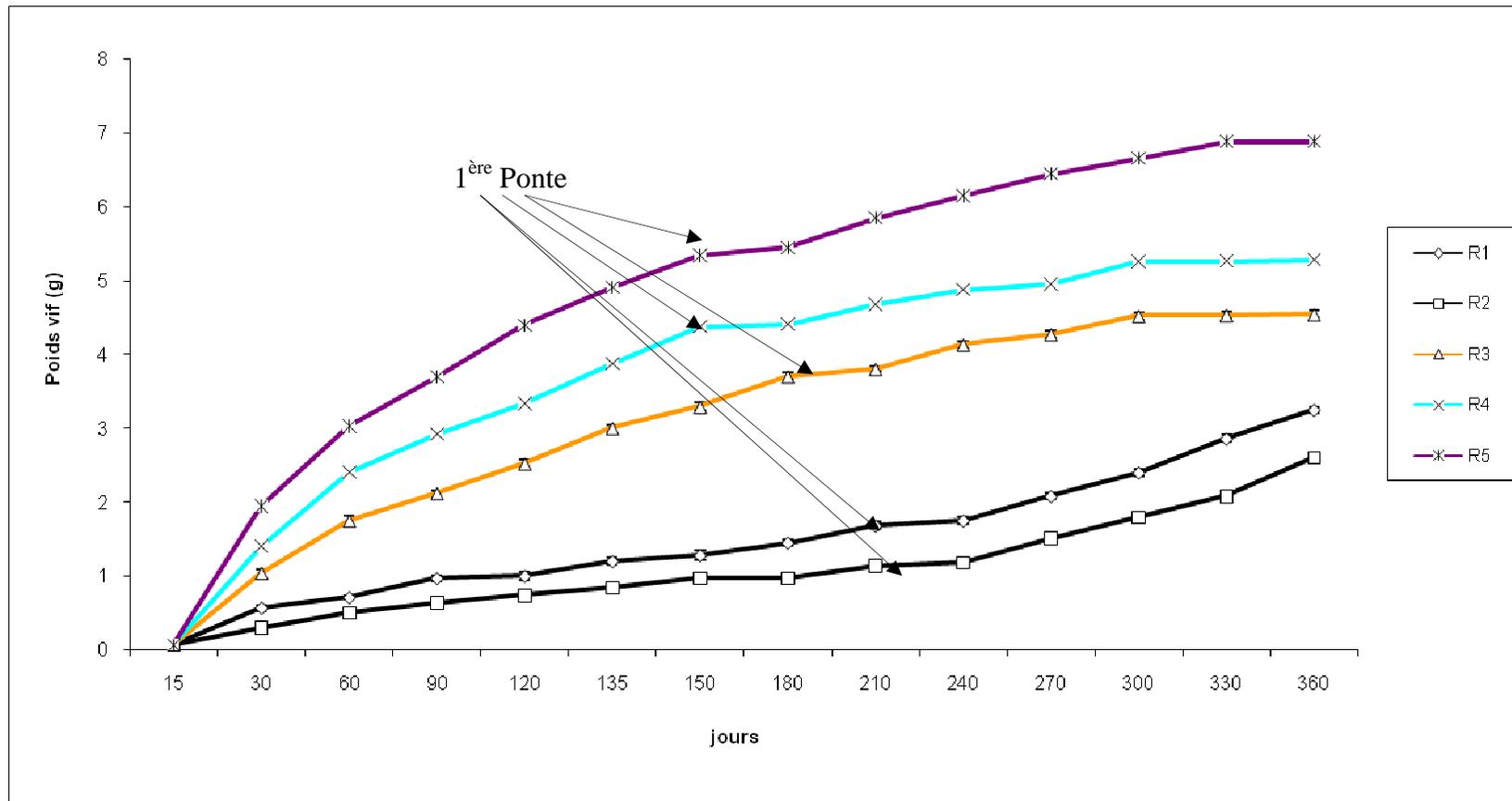


Figure 27: Évolution du poids vif en fonction du temps, chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R₁ à R₅) de teneurs en calcium différentes

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

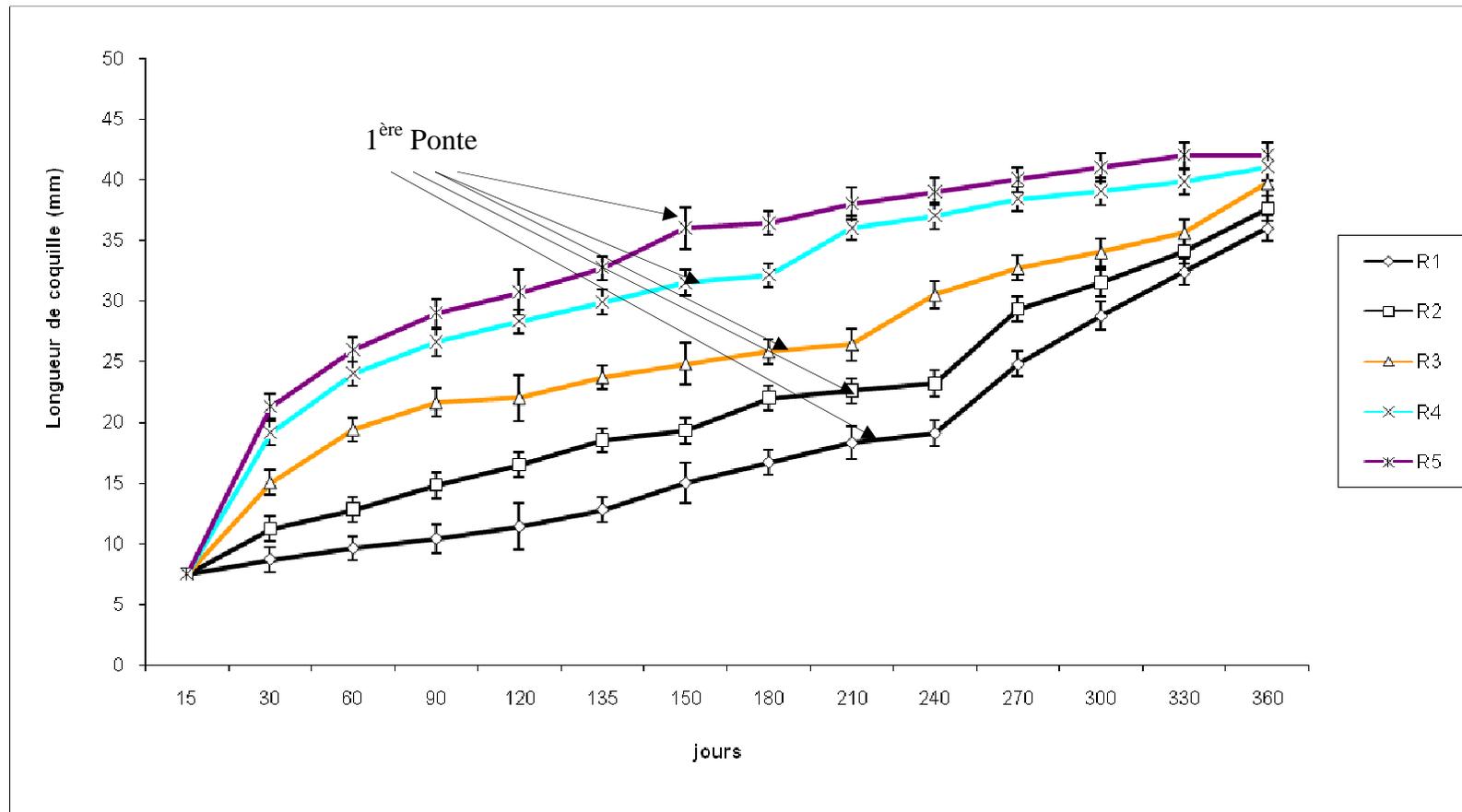


Figure 28: Évolution de la longueur coquillière en fonction du temps, chez *Limicola flammae* (Müller, 1774) soumis à cinq régimes alimentaires (R₁ à R₅) de teneurs en calcium différentes

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

La mortalité des animaux nourris aux régimes de fourrage vert R₁ et R₂ est statistiquement différente de celle des escargots soumis aux régimes concentrés de farine R₃, R₄ et R₅ ($P < 0,05$). 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 R₅ et R₄.

Le Tableau XXV 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 ($r = 0,82$).

3.4.2. Effet de la teneur en calcium alimentaire sur la reproduction

Les animaux soumis aux différents régimes alimentaires ont pondu à différentes dates. Les premières pontes ont été observées à 5 mois d'âge pour R₄ (12,02 % de calcium) et R₅ (16,01 % de calcium); à 6 mois d'âge pour R₃ (6,82 % de calcium) et à 7 mois d'âge pour R₁ et R₂. Pour les escargots soumis aux régimes R₃, R₄ et R₅, 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 XXVI). Au niveau des régimes végétaux R₁ et R₂, 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 (R₁: $2 \pm 0,04$; R₂: $2 \pm 0,06$; R₃: $4 \pm 0,02$; R₄: $5 \pm 0,12$ et R₅: $6 \pm 1,04$). Le nombre moyen d'œufs par ponte est de $23,33 \pm 2,4$ (R₁); $24 \pm 1,4$ (R₂); $25,67 \pm 1,01$ (R₃); $30,33 \pm 4,04$ (R₄) et $35,33 \pm 3,02$ (R₅) (tableau XXVII).

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.

Tableau XXV: Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de croissance pris deux à deux chez *Limicolaria flammea* (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 XXVI: Ages, valeurs moyennes de poids vifs et de longueurs de coquilles à la première ponte chez *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), en fonction des régimes alimentaires

	Age (mois)	Poids vif (g)	Longueur de coquille (mm)
R₁	7	2,26 ± 0,08	32,36 ± 2,21
R₂	7	2,71 ± 0,18	31,36 ± 3,08
R₃	6	3,50 ± 0,01	32 ± 2,12
R₄	5	3,45 ± 1,08	33 ± 2,38
R₅	5	4,18 ± 0,04	32,7 ± 1,84

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

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

Nous n'avons observé aucune autre attention parentale vis-à-vis des nids de ponte. Les œufs sont donc abandonnés après la ponte. *Limicolaria flammea* en milieu d'élevage, pond toute l'année.

Cet escargot pond des œufs de forme ellipsoïdale à structure calcaire dont la couleur varie de jaune citron à blanc, selon l'âge du pondteur (figure 29). 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. Il faut noter que *Limicolaria flammea* pond de petits œufs de taille et de poids similaires à ceux de *Achatina fulica*, mais inférieurs à ceux de *Achatina achatina*, de *Archachatina ventricosa* et de *Archachatina marginata*.

La durée d'incubation varie de $19,33 \pm 1,04$ jours (R_2) à $20 \pm 0,17$ jours (R_1) pour les régimes à base de végétaux et de $12 \pm 1,01$ jours (R_5) à $15 \pm 1,03$ jours (R_3) pour les aliments composés.

Le meilleur taux d'éclosion est obtenu avec le régime R_5 ($53,10 \pm 4,03$ %) par rapport aux régimes R_1 ($22,41 \pm 2,1\%$) et R_2 ($24,01 \pm 2,13\%$).

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.



2 mm
└───┘

Figure 29: Œufs de *Limicola flammea* (Müller, 1774)

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 XXVIII). En outre, le taux de ponte est corrélé à un degré moindre au nombre d'œufs par ponte ($r = 0,77$).

3.4.3. Valeur nutritionnelle des régimes alimentaires

Le tableau XXIX 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 R₃, R₄ et R₅ 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 (R₁ et R₂) sont riches en eau, contrairement aux régimes concentrés de farine (R₃, R₄ et R₅). Par contre, les régimes concentrés ont une forte teneur en matière minérale (R₅: 45 %; R₄: 36,36 %; R₃: 21,21 %). On remarque une proportion élevée de calcium au niveau des régimes concentrés (15,08 %; 11,77 % et 5,52 % respectivement pour R₅, R₄ et R₃); ce qui n'est pas le cas pour les régimes de fourrage vert 1,22 % (R₂) et 0,28 % (R₁).

Concernant la matière organique, les régimes R₃, R₄ et R₅ 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 R₃, R₄ et R₅ fournissent plus de 2,30 cal / g alors que les régimes R₁ et R₂ fournissent moins de 2 cal / g.

Tableau XXVIII: Valeurs du coefficient de corrélation (r) entre les paramètres de reproduction pris deux à deux chez *Limicolaria flammea* (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 XXIX: 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

3.4.4. Discussion

Bien que certains fourrages verts aient été les mieux consommés au cours de l'inventaire alimentaire, il faut noter que les performances de croissance et de reproduction 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-elles 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 OTCHOUMOU (2005) et KOUASSI *et al.* (2007a, 2007b) chez les escargots géants *Achatina achatina*, *Achatina fulica*, *Archachatina marginata* et *Archachatina 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 et à une reproduction 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 induisent une meilleure croissance et une réduction de la mortalité.

Pour sa croissance et sa reproduction, l'escargot a besoin d'une énorme quantité de sels minéraux, ce qui fait dire à PARASHA *et al.* (1986) que la croissance de l'escargot dépend de sa nourriture. Le fait que l'escargot 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, CROWELL (1973) et FOURNIE (1987) 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. PEAKE (1978) a confirmé le rôle prépondérant de ce minéral dans la croissance, la fécondité et la production d'œufs chez les Gastéropodes Pulmonés terrestres. Selon CHEVALLIER (1985), 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 *Limicolaria flammea* donne des résultats de croissance faible comme l'ont démontré COBBINAH *et al.* (1988);

OTCHOUMOU *et al.* (1989-1990), EBENSO (2002) et KOUASSI *et al.* (2007a, 2007b) chez *Achatina achatina*, *Achatina fulica* et *Archachatina 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 *Limicolaria 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 (ZONGO, 1994, OTCHOUMOU, 2005). 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, avons nous 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 *Limicolaria flammea*, tandis que KOUASSI *et al.* (2007a, 2007b) ont observé une croissance pondérale de 0,27 g / j et une croissance coquillière de 0,16 mm / j chez *Archachatina 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 *Limicolaria flammea* contre respectivement 0,24 g / j et 0,13 mm / j chez *Archachatina ventricosa*.

Par ailleurs, lorsqu'il sort de l'œuf, le nouveau-né *Limicolaria 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 (TOMPA, 1984).

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 *Limicolaria flammea*, alors que OTCHOUMOU (2005) a observé 20 % chez *Achatina achatina*, 52 % chez *Achatina fulica* et 37 % chez *Archachatina ventricosa*. Avec 16,01 % de calcium alimentaire, l'on observe une mortalité de 12 % chez *Limicolaria flammea* contre 17 % chez *Achatina achatina*, 43,33 % chez *Achatina fulica* et 27 % chez *Archachatina ventricosa*. Cette situation a fait dire à OTCHOUMOU (2004b) qu'à des taux de 12,02 % et de 16,01 % de calcium alimentaire, la croissance est meilleure et les mortalités faibles chez *Achatina achatina*, *Achatina fulica* et *Archachatina 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.

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 *Limicolaria flammea*, 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 R₁ (0,28 % de calcium) et R₂ (1,22 % de calcium) induisent les premières pontes à sept mois d'âge, alors qu'avec les aliments R₄ (12,02 % de calcium) et R₅ (16,01 % de calcium), ce phénomène s'observe à l'âge de cinq mois.

Les résultats de reproduction obtenus avec les régimes R₃, R₄ et R₅ sont conformes à ceux observés en milieu naturel et en élevage par EGONMWAN (1988) 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 *Limicolaria flammea* 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 R₄ et R₅, et à 6 mois pour R₃. OTCHOUMOU (2005) observe qu'un taux 6,82 % de calcium alimentaire a permis d'avancer l'âge de maturité sexuelle à deux mois chez *Achatina 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. *Limicolaria flammea* 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 BONNET *et al.*, (1990).

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 (CHEVALLIER, 1985). En condition d'élevage, *Limicolaria flammea* produit plus d'œufs avec un taux élevé d'éclosion, même si cela est inférieur à ses performances en milieu naturel (EGONMWAN 1988).

La durée d'incubation est le laps de temps qui s'écoule entre la ponte et la sortie des infantiles du substrat d'incubation (CHEVALLIER, 1982). Chez *Limicolaria flammea*, l'incubation a une durée moyenne de $19 \pm 0,6$ jours; elle varie de 12 jours (R₅) à 20 jours (R₁). Des résultats similaires ont été obtenus par EGONMWAN (2004) 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 (OWINY, 1974; KOUASSI et al., 2007b). En outre, un taux de 16,01 % de calcium induit 53,10 % d'éclosion chez *Limicolaria flammea*, comparativement à 11,79 % chez *Achatina fulica*, 43 % chez *Archachatina marginata* et 53,33 % chez *Archachatina 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 *Limicolaria flammea*. 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 R₅, et R₄. 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 *Limicolaria flammea*. 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, IRELAND (1991) a pu observer que chez *Achatina 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 pourrit 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 et la reproduction.

3.4.5. Conclusion

Cette étude montre que la croissance et la reproduction de *Limicolaria flammea* sont notablement influencées par les teneurs en calcium des aliments qu'il consomme. Contrairement à l'aliment végétal, l'aliment concentré induit une meilleure performance. Les régimes R₃, R₄ et R₅ (respectivement 6,82 %; 12,02 % et de 16,01 % de calcium) ont permis d'améliorer la croissance et de réduire la mortalité, contrairement aux régimes végétaux. Ces régimes réduisent la durée du cycle sexuel. La reproduction est meilleure avec des taux de ponte et d'éclosion élevés après un temps d'incubation réduit.

Au regard de ce qui précède, nous pouvons dire qu'une alimentation concentrée semble être appropriée à une croissance harmonieuse et une bonne reproduction chez *Limicolaria flammea* par rapport à une alimentation exclusivement à base de fourrages verts.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

Au terme de cette étude sur la biologie, l'écologie et le comportement de *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), nous pouvons retenir les points suivants:

1- la densité d'élevage influence significativement la croissance et la reproduction de *Limicolaria flammea*. Les fortes densités entraînent un retard dans la croissance, une perturbation de la reproduction et une mortalité élevée. La densité de 100 escargots / m² induit de meilleures performances biologiques;

2- l'observation du rythme d'activité en milieu d'élevage a montré que *Limicolaria flammea* a une activité préférentiellement nocturne. Une activité diurne existe et est favorisée par une température de 26,5 °C et une hygrométrie de 85 %. Ce comportement ne varie pas quel que soit l'âge des individus;

3- l'étude du comportement trophique a montré que cet escargot consomme une gamme très variée de végétaux. La préférence alimentaire touche les végétaux tendres et riches en eau tels que *Lactuca sativa* (Asteraceae), *Carica papaya* (Caricaceae), *Phaulopsis falcisepala* (Acanthaceae), *Laportea aestuans* (Urticaceae). *Limicolaria flammea* préfère les végétaux cultivés aux végétaux sauvages;

4- le taux de calcium alimentaire a un effet notable sur la croissance et la reproduction. Les aliments concentrés semblent idéales pour l'élevage de cette espèce d'escargot. Cependant, il faut déterminer les quantités adéquates de calcium à incorporer à ces aliments pour que l'escargot produise aussi bien de la chair que de la coquille dans des proportions acceptables pour le consommateur. Aussi, le taux de 16,01 % de calcium améliore-t-il les performances biologiques de *Limicolaria flammea* et réduit la mortalité;

5- *Limicolaria flammea* est une espèce à durée de vie courte (de 12 à 18 mois). Une alimentation équilibrée en qualité et en quantité avec un taux de calcium adéquat (16,01 %) permet d'accélérer la maturité sexuelle et partant, d'avancer l'âge à la première ponte qui passe de 7 à 5 mois.

Perspectives

Cette étude nous permet d'affirmer que l'élevage de *Limicolaria flammea* est possible en Côte d'Ivoire. Loin d'être une aventure risquée, il s'agit bien d'une activité alternative qui pourrait générer des fonds tout en contribuant à la conservation de la biodiversité. Cependant, certains aspects méritent d'être approfondis.

- **Réduction du cycle de développement**

Au cours de nos travaux, la détermination de la maturité sexuelle a été basée sur l'observation des premières pontes. Pour une étude plus approfondie de la biologie de la reproduction de l'espèce, la réalisation de coupes histologiques au niveau de l'ovotestis à différents stades de la vie de l'animal permettrait de donner plus de précisions sur l'évolution des cellules sexuelles et les modifications qui caractérisent la maturité gamétique.

- **Qualité organoleptique de la viande**

L'emploi de l'aliment concentré permet certes de produire de la viande de bonne qualité en peu de temps. Mais, cet escargot dit d'élevage, à la différence de ceux ramassés dans la nature, est taxé d'être moins appétant. Cette situation, tributaire de l'aliment utilisé en élevage, pourrait être remédiée si l'on parvenait à associer l'aliment concentré à l'aliment végétal dans des proportions adéquates. Des études seraient nécessaires dans ce sens.

2.3. Production en masse de l'escargot

La maîtrise de l'élevage de *Limicolaria flammea* en vue d'une production à grande échelle nécessite la réalisation d'essais en milieu naturel. Ainsi, la réalisation de fermes pilotes et la connaissance des circuits de commercialisation des produits d'élevage contribueraient non seulement à la sauvegarde de la biodiversité, mais aussi, à un accroissement des revenus financiers des acteurs de la filière escargot.

- **Autre voie de valorisation de la production des escargots africains**

L'utilisation des escargots dans l'alimentation des animaux en élevage est encore peu étudiée. Cela pourrait être une autre voie de valorisation de l'Achatiniculture à retenir. L'escargot qui constitue une importante source de macro éléments (fer, calcium, phosphore, magnésium, potassium et sodium) pourrait être un excellent substitut aux farines importées de poisson ou de viande, utilisées dans les élevages de volailles et de porcs. En outre, si en Europe, les escargots sont parfois élevés pour récupérer leur mucus qui est utilisé dans

l'industrie cosmétique, alors pourquoi ne pas accorder une chance à l'escargot africain dans ce sens?

- **Pathologies**

Une production efficiente d'escargots ne peut se faire sans une connaissance précise des pathologies de ces animaux. D'une manière générale, les bactéries, les champignons, les protozoaires, les helminthes, les insectes ou tous autres parasites susceptibles de nuire aux escargots géants africains demeurent encore mal connus. Il en est de même pour les maladies causées par ces agents pathogènes. C'est pourquoi, il est impérieux d'envisager une étude sur les parasites et les maladies des escargots géants africains afin de limiter la mortalité, surtout en milieu d'élevage.

- **Formation**

La réduction du cycle de développement, l'amélioration de la qualité organoleptique de la viande, la maîtrise des paramètres de santé en milieu d'élevage et des voies de commercialisation des escargots sont autant de facteurs qui contribuent à l'acquisition de normes zootechniques adaptées à l'achaticulture. Ainsi, est-il impérieux de former les éleveurs aux techniques de construction d'une ferme, à la conduite d'un élevage, aux techniques de fabrication des aliments et à la prophylaxie. Il faut sensibiliser les acteurs de la filière escargot à s'organiser en coopératives pour une meilleure organisation de la vente de leurs productions.

Par ailleurs, cette formation pourrait permettre aux jeunes déscolarisés et aux femmes en milieu rural d'apprendre un métier, de se prendre en charge et de s'insérer ainsi dans le tissu social.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBOTT R. T., 1989.** Compendium of Landshells. A colored guide to more than 2000 of the world's terrestrial shells, 240 p.
- ABOUA F., 1990.** Chemical composition of *Achatina fulica*. *Tropicultura*, 8 (3): 121-122.
- ABOUA F., 1995.** Proximate analysis and mineral content of two giant African snails consumed in the Ivory Coast. *Tropical Science*, 35 (3): 220-222.
- ABOUA F. & BOKA K., 1996.** Les escargots géants comestibles d'Afrique: quelques aspects physiques et préparation en Côte d'Ivoire. *Nature et faune*, 12 (4): 2-9.
- AJAYI S.S., FEWE O.O., MORIARTY C. & AWESU M.O., 1978.** Observations on the biology and nutritive value of the giant African snail *Archachatina marginata*. *Ecology of African Wildlife Journal*, 16: 85-95.
- AKE ASSI L., 1963.** Contribution à l'étude floristique de la Côte d'Ivoire et des territoires limitrophes. Encyclopédie de Biologie, LXI, Lechevalier, Paris, 480 p.
- ANONYME, 1999a.** Diversité Biologique de la Côte d'Ivoire - Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement et de la Forêt, 1999. 273 p.
- ANONYME, 1999b.** Abidjan et ses environs. Centre de Cartographie et de Télédétection du Bureau National d'Études Techniques et de Développement (BNETD), Abidjan, 98 p.
- AOAC, 1990.** Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 15th Ed., Washington D.C. 1214-1221.
- ATEGBO J. M., 1998.** Étude des états comportementaux et des effets de quelques facteurs abiotiques sur la croissance et la reproduction de l'escargot *Achatina achatina* (Linné). Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université de Cocody, 117 p.
- AUBERT C., 1986.** Mémento de l'éleveur d'escargot. ITAVI Éditeur, Paris, 174 p.
- AUBERVILLE A., 1936.** La flore forestière de la Côte d'Ivoire. Centre d'Étude Technique des Forêts Tropicales, Nogent-sur-Marne, volume 3, 286 p.
- AWAH A.A. & NANNA S. A., 1995.** Snail farming in mature rubber plantation: three feeding trials with *Achatina achatina* using some locally available plant resources. Abstracts 12th International Malacological Congress, Vigo, 1995 (A. Guerra, E. Rolan & F. Rocha Eds.), 477- 478.
- BAILEY S. E. R., 1981.** Circannual and circadian rhythms in the snail *Helix aspersa* Müller and the photoperiodic control of annual activity and reproduction. *Journal of Comparative Physiology*, 142: 89-94.
- BAILEY T. G., 1975.** The in vitro culture of reproductive organs of the slug *Agriolimax reticulatus* (Müller). *Netherland Journal of Zoology*, 23, 72-85.

- BALABAN P., 1993.** Behavioral neurobiology of learning in terrestrial snails. *Progress Neurobiology*, **41**: 1-1.
- BALABAN P. & CHASE R., 1990.** Stimulation of mesocerebrum in *Helix aspersa* inhibits the neural network underlying avoidance behavior. *Journal of Comparative Physiology*, **166**: 421-427.
- BEAUMONT A. & CASSIER P., 1998.** Travaux pratiques de biologie animale. Dunod, Paris, 210 p.
- BENZECRI J. P., 1973.** Analyse des données. T2: leçons sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes et travaux du Laboratoire de statistique de l'Université de Paris 6. Dunod, Paris, 197 p.
- BEQUAERT J., 1950.** Studies in the Achatinidae, a group of African land snails. *Bulletin of the museum of Comparative Zoology at Harvard College*, **105**: 1-216.
- BLIGH E. G. & DYER W. J., 1959.** A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemical and Physiology*, **37**: 911.
- BONNET J. C., AUPINEL P. & VRILLON J. L., 1990.** L'escargot *Helix aspersa*: Biologie-élevage, ISBN Editeur, 124 p.
- BROWN M.B. & FORSYTHE A.B., 1974.** Robust test for the equality of variance. *Journal of the American Statistical Association*, **69**: 264-267.
- CAMERON R. A. D. & CARTER M. A., 1979.** Intra- and interspecific effects of population density on growth and activity in some Helicid land snails (*Gasteropoda: Pulmonata*). *Journal of Animal Ecology*, **48**: 237-246.
- CHARLES-DOMINIQUE E., 1993.** L'exploitation de la lagune Aby (Côte d'Ivoire) par la pêche artisanale. *O.R.S.T.O.M.*, 403 p.
- CHASE R., 1986.** Brain cells that command sexual behavior in snail *Helix aspersa*. *Neurobiology*, **17**: 669-679.
- CHAUDHRY M. A. & MORGAN E., 1987.** Factors affecting the growth and fertility of *Bulinus tropicus* (Krauss) (*Gasteropoda*). *Journal of Molluscan Studies*, **53**: 52-61.
- CHERNIN E. & MICHELSON E. H., 1957a.** Studies on the biological control of *Schistosoma*-bearing snails. 111. The effects of population density on growth and fecundity in *Australorbis glabratus*. *American Journal of Hygiene*, **65**: 57-70.
- CHERNIN E. & MICHELSON E. H., 1957b.** Studies on the biological control of *Schistosoma*-bearing snails. Further observations on the effects of crowding on growth and fecundity in *Australorbis glabratus*. *American Journal of Hygiene*, **65**: 71-80.

- CHEVALLIER H., 1974.** Les grands Arions de France: Taxonomie, Biogéographie, Ecologie, Polymorphisme, Croissance et cycle biologique. *Thèse de Doctorat d'Université*, Paris, 128 p
- CHEVALLIER H., 1982.** Facteur de croissance pour l'escargot petit-gris en élevage. *Escargot-écologiste*, **13**: 9-14 Edition ARAH, France.
- CHEVALLIER H., 1985.** L'élevage des escargots. Production et préparation du petit-gris. Éditions du point vétérinaire, Paris, 128 p.
- COBBINAH J. R., 1993.** Snail farming in West Africa. A practical guide, *CTA, N.L.*, 49 p.
- COBBINAH J. R. & OSEI-N'KRUMAH A., 1988.** The effect of food on growth of *Achatina achatina*. *Snail Farming Research*, **2**: 20-24.
- CODJIA J.T. C., 2001.** Alimentation et croissance des escargots géants africains *Archachatina (calachatina) marginata* (Swainson) et *Achatina fulica* (Bowdich) en captivité. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, **2** (2): 141–152.
- CODJIA J. T. C. & NOUMONVI R. C. G., 2002.** Les escargots géants. Guide technique d'élevage n°2. Bureau pour l'échange et la distribution de l'information sur le mini élevage. [Http://www.bib.fsagx.ac.b/bedin/production/guide/pdf/2.pdf](http://www.bib.fsagx.ac.b/bedin/production/guide/pdf/2.pdf)
- CONAN L., BONNET J. C. & AUPINEL P., 1989.** L'escargot «petit-gris». Progrès en alimentation. *Revue de l'alimentation animale*, **3**: 24-27.
- CROLL R. P. & CHASE R., 1977.** A long-term memory for food odours in the land snails *Achatina fulica*. *Behavioural Biology*, **19**: 261-268.
- CROWELL H. H., 1973.** Laboratory study of calcium requirements of brown garden snail, *Helix aspersa* Müller. *Proceedings of the Malacological Society*, London. **40**: 491-503.
- CROWLEY T. E. & PAIN T., 1970.** A monographic revision of the African land snails of the genus *Limicolaria* Schumacher (Mollusca–Achatinidae). Musée Royal de l'Afrique centrale-Tervuren, Belgique. *Annales de Sciences Zoologiques*, **177**: 1–61.
- DA K. P., 1992.** Contribution à la connaissance du phytoplancton de la mare et du complexe piscicole du Banco (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle. Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan. 405 p.
- DAGNELIE P., 1975.** Théories et méthodes statistiques, Applications agronomiques. Les presses agronomiques de Gembloux, **2**: 463 p.

- DAGUZAN J., 1985.** 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.
- DAJOZ R., 1974.** Dynamique des populations. MASSON et Cie, Editeurs, Paris, 301 p.
- DAN N. & BAILEY S.E.R., 1982.** Growth, mortality and feeding rates of the snail *Helix aspersa* at different population density in the laboratory and the depression of activity of helicid snails by other individualism or their mucus. *Journal of Molluscan Studies*, **48**: 257-265.
- DAVIS W. J., MPITSOS G. J. & PINNEO J. M., 1974.** The behavioral hierarchy of the mollusc Pleurobranchae. In The dominant position of the feeding behavior. *Journal of Comparative Physiology*, **90**: 207-224.
- DIOMANDE M., KIPRE A. V., KOUSSEMON M. & KAMENAN A., 2008.** Substitution de la farine de poisson par celle d'escargots *Achatina fulica* dans l'alimentation des poules pondeuses en Côte d'Ivoire. *Livestock Research for Rural Development*, **20**: 208.
- DUBOIS M., GILLES K., HAMILTON J. K., REBERS P. A. & SMITH F., 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Annals of chemistry*, **28**: 350-356.
- DUPONT-NIVET M., GUILLER A. & BONNET J. C., 1997a.** Genetic and environmental variability of adult size in some stocks of the edible snail, *Helix aspersa*. *Journal of zoology*, London, **241**: 1-9.
- DUPONT-NIVET M., MALLARD J., BONNET J. C. & BLANC J. M., 1997b.** Quantitative genetics of growth traits in the edible snail *Helix aspersa* Müller. *Genetical Selection and Evolution*, **29**: 571-587.
- DUPONT-NIVET M., MALLARD J., BONNET J. C. & BLANC J. M., 1998.** Quantitative genetics of reproductive traits in the edible snail *Helix aspersa* Müller. *Journal of experimental Zoology*, **281**: 220-227.
- EBENSO I. E., 2002.** Composition and sales of domesticated snails *Archachatina marginata* in rural southern Nigeria. *Tropical Science*, **4**: 485-187.
- EDJIDIKE B. N., AFOLAYAN T. A. & ALOKAN J. A., 2004.** Observations on some climatic variables and dietary influence on the performance of cultivated African giant land snail (*Archachatina marginata*): notes and records. *Pakistan Journal of Nutrition*, **3** (6): 362-364.

- EGONMWAN R. I., 1988.** Reproductive Biology and growth of Land snails *Archachatina marginata* ovum and *Limicolaria flammea*. Ph. D. Thesis. Department of Zoology, Oxford University, 367 p.
- EGONMWAN R. I., 1991.** Effect of temperature and photoperiod on growth and maturation rate of *Limicolaria flammea* Müller (Gasteropoda, Pulmonata, Achatinidae). *Journal of African Zoology*, **105**: 69-75.
- EGONMWAN R. I., 2004.** Maturation timing in the land snails *Archachatina marginata* ovum (Pfeiffer) and *Limicolaria flammea* (Müller). *Invertebrate Reproduction and Development*, **46** (2-3): 159-172.
- EISENBERG R. M., 1970.** The role of the food in the regulation of the pond snail *Lymnea elodes*. *Ecology*, **51**: 680-684.
- EKOUE S. K. & KUEVI-AKUE K., 2002.** Enquête sur la consommation, la répartition et l'élevage des escargots géants au Togo. *Tropicultura*, **20** (1): 17-22.
- ESCOFIER B. & PAGES J., 1988.** Analyses factorielles simple et multiple. Objectifs, méthodes et interprétation. Dunod, Paris, 232 p.
- EVERETT R. A., OSTFELD R. S. & DAVIS W. J., 1982.** The behavioral hierarchy of the garden snail, *Helix aspersa*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, **59**: 109-126.
- FAGBUARO O., OSO J. A., EDWARD J. B. & OGUNLEYE R. F., 2006.** Nutritional status of four species of giant land snails in Nigeria. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, **7** (9): 686-689.
- FAO, 1988.** Apprentissage agricole: l'élevage des escargots, ISBN Edition, (2); 35 p.
- FARKAS S. R. & SHOREY H. H., 1976.** Anemotaxis and odourtrail following by the terrestrial snail, *Helix aspersa* (Müller). *Animal Behaviour*, **24**: 686-689.
- FOURNIE J., 1987.** 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.
- GALOIS L. & DAGUZAN J., 1989.** Recherches écophysiologiques sur le régime alimentaire de l'escargot petit-gris (*Helix aspersa* Müller) (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). *Halictis*, **19**: 77-86.
- GAUSSEN H., 1955.** Détermination des climats par la méthode des courbes ombrothermiques. *C. R. Acad. Sc. T.*, 240 p.

- GHOSE K. C., 1959.** Observations on the mating and oviposition of two land Pulmonates, *Achatina fulica* Bowdich and *Macrochlamys indica* Godwin-Auten. *Journal of Bombay Natural History Society*, **56** (2): 183-187.
- GODAN D., 1983.** Pest Slugs and Snails. *Springer Verlag*, Berlin, 445 p.
- GOMONT A., BRUKERT S., GOMOT L. & COMBE J. C., 1989.** A contribution of the study of the beneficial effect of soil on the growth of *Helix aspersa*. Snail Farming Research 1986. *Associazione Nazionale Elicicoltori* **1**: 76-83.
- GOMOT L. & DERAY A. 1987.** Les escargots. *La Recherche*, **186**: 302-311.
- GRAHAM S. M., 1978.** Seasonal influences on the nutritional status and iron consumption of a village population in Ghana. Thesis of the University of Guelph, Canada, 180 p.
- GRASSE P. P., POISSON R. A. & TUZET O., 1961.** Zoologie des Invertébrés. Précis des Sciences Biologiques. *Masson et Cie, Ed.*, **1**, 919 p.
- GUILLAUMET J. L., 1967.** Recherche sur la végétation et la flore de la région du bas Cavally (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'État, *ORSTOM*, Paris, 249 p.
- HARDOUIN J., STIEVENART C. & CODJIA J. T. C., 1995.** L'achaticulture. *World Animal Review*, **83**: 29-39.
- HODASI J. K. M., 1975.** Preliminary studies on the feeding and burrowing habits of *Achatina achatina*. *Ghana Journal of Science*, **15**: 193-199.
- HODASI J. K. M., 1979.** Life history studies of *Achatina achatina* (Linné). *Journal of Molluscan Studies*, **45**: 328-339.
- HODASI J. K. M., 1982.** The effects of different light regimes on the behaviour and biology of *Achatina (achatina) achatina* (Linné). *Journal of Molluscan Studies*, **48**:283-293.
- HODASI J. K. M., 1984.** Some observation on the edible giant snails of West Africa. *World Animal Review*, **52**: 24-28.
- HODASI J. K. M., 1986.** Some observation on the feeding behaviour and food preferences of the giant West African snail *Archachatina marginata* (Swainson) (16-95). In: Snail Farming Research, *Associazione Nazionale Elicicoltori, Cherasco (CN)*, Italy, 212 p.
- HODASI J. K. M., 1989.** The potential for snail farming in West Africa. *Monograph. British Crop Protection Council*, **41**: 27-31.
- HODASI J. K. M., 1995.** Effects of different types of food on the growth of *Achatina achatina*. Abstracts 12th International Malacological Congress, Vigo, 1995 (A. Guerra, E. Rolan & F. Rocha Eds.), 488- 489.
- IMEVBORE E. A. & AJAYI S. S., 1993.** Food preference of the African giant snail (*Archachatina marginata*) in captivity. *African Journal of Ecology*, **31** (3): 265-267.

- IRELAND M. P., 1991.** *The effect of dietary calcium on growth, shell thickness and tissue calcium distribution in the snail Achatina fulica.* Comparative Biochemistry & Physiology, **98** (1): 111-116.
- KARAMOKO M., KOUASSI K. D., KOUASSI K. P. & OTCHOUMOU A., 2008.** Inventaire des végétaux sauvages consommés par l'escargot *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) et préférences alimentaires. *Livestock Research for Rural Development*, **20** (12). <http://www.lrrd.org/public-lrrd/proofs/lrrd2012/kara20191.htm>
- KEKAUOHA W., 1966.** Life history and population studies of *Achatina fulica*. *The Nautilus*, **80**, 39-46.
- KLEIN D., 1987.** Consommation en eau par voie digestive chez *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Stylommatophore) en fonction de la température et de l'humidité relative. 7^e Congrès de la Société Française de Malacologie et Symposium International sur la Biologie appliquée à la Conchyculture et à l'Héliciculture. Rennes 31 Août–5 Septembre 1987, 92 p.
- KOUASSI K. D., 2008.** 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, 125p.
- KOUASSI K. D., OTCHOUMOU A. & DOSSO H., 2007a.** 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.
- KOUASSI K. D., OTCHOUMOU A. & DOSSO H., 2007b.** 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.
- KOUDANDE O. D. & EHOINSOU M., 1995.** Influence de l'alimentation sur la production chez *Archachatina sp.* WAR / RMZ, **83** (2): 60-63.
- KOVAC M. P. & DAVIS W. J., 1980.** Neural mechanism underlying behavioral choice in *Pleurobranchaea*. *Journal of Neurophysiology*, **43**: 469-487.
- LAZARIDOU-DIMITRIADOU M. & DAGUZAN J., 1981.** Étude de l'effet du groupement des individus chez *Theba pisana* (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). *Malacologia*, **20** (2): 195-204.

- LEVY M. G., TUNIS M. & ISSEROFF H., 1973.** Population control in snails by natural inhibitors. *Nature*, **241**: 65-66.
- LUBCHENCO J., 1978.** Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *American Naturalist*, **112**: 23-39.
- LUCARZ A., 1982.** Effet du groupement sur la croissance pondérale d'escargots *Helix aspersa* Müller. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'académie des Sciences*, Paris, **294**: 753-756.
- LUCARZ A. & GOMOT L., 1985.** Influence de la densité de population sur la croissance diamétrale et pondérale de l'escargot *Helix aspersa* Müller dans différentes conditions d'élevage. *Journal of Molluscan Studies*, **51**: 105-115.
- MADEC L., 1989.** Etude de la différenciation de quelques populations géographiquement séparées de l'espèce *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné): Aspects morphologiques, écophysiologiques et biochimiques. Thèse de l'Université de Rennes I, 380 p.
- MANGENOT G., 1956.** Les recherches sur la végétation dans les régions tropicales humides de l'Afrique occidentale. Actes du colloque de KANDY (UNESCO), 115-126.
- MANGENOT G., MIEGE J. & AUBERT G., 1948.** Les éléments floristiques de la basse Côte d'Ivoire et leur répartition. *C. R. Biogéographie*, **212**: 30-34.
- MARCHE-MARCHARD J., 1977.** L'Achatine. In: Le Monde animal en Afrique Intertropicale. Editions de l'Ecole, 296-305.
- MEAD A. R., 1950.** Comparative genital anatomy of African Achatinidae (Pulmonata). *Bulletin of the Museum of comparative Zoology at Harvard college*, **105**: 219-291.
- MEAD A. R., 1961.** The giant African snails. A problem in economic malacology, University of Chicago, Press, 102 p.
- MEAD A. R., 1979.** Economic malacology with particular reference to *Achatina fulica*. In: Pulmonates (Edited by Fretter V. And Peake J.). *Academic Press*, New-York, 150 p.
- MEAD A. R. & PALEY L., 1992.** Two Giant African Land Snail Species Spread to Martinique, French West Indies. *The Veliger*, **35** (1): 74-77.
- MOENS R., 1965.** Les radio isotopes en écologie animale: premières informations sur le comportement d'*Agriolimax reticulatus* Müller. *Ghent*, **30**: 1810-1823.
- MOQUIN-TANDON A., 1851.** Mémoire sur l'organe de l'odorat chez les gastéropodes terrestres et fluviatiles. *Annales de Zoologie*, **15**: 151-158.

- N'DA K., OTCHOUMOU A & KOFFI K. J. C., 2004.** Alimentation à base de produits du papayer et maturation ovocytaire chez *Achatina fulica* (Bowdich, 1820) en Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, **22** (4): 168-172.
- NICOTRI M. E., 1980.** Factors involved in herbivore food preference. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **42**: 13-26.
- ODJO M. G., 1992.** Croissance, développement et composition chimique de l'escargot *Achatina achatina* (Linné). Mémoire de DEA, Université Nationale de Côte d'Ivoire (F.A.S.T.), 52 p.
- OOSTERHOFF L. M., 1977.** Variation in growth rate as an ecological factor in the landsnail *Cepaea nemoralis* (L.). *Netherlands Journal of Zoology*, **27** (1): 1-132.
- OTCHOUMOU A., 1991.** Contribution à l'étude de l'escargot géant africain: *Achatina achatina* (Linné); Mémoire de DEA; Université Nationale de Côte d'Ivoire, 59 p.
- OTCHOUMOU A., 1997.** Etude de trois espèces d'escargots comestibles de Côte d'Ivoire: [*Achatina achatina* (Linné), *Achatina fulica* (Bowdich) et *Archachatina ventricosa* (Gould)]; reproduction et croissance en milieu naturel et en élevage. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université de Cocody, 140 p.
- OTCHOUMOU A., 2005.** 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'Etat ès Sciences Naturelles*, Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), 178 p.
- OTCHOUMOU A., DOSSO H. & FANTODJI A., 2003a.** 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.
- OTCHOUMOU A., DOSSO H. & FANTODJI A., 2003b.** Elevage comparatif des escargots juvéniles *Achatina achatina* (Linné, 1758), *Achatina fulica* (Bowdich, 1820) et *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850): influence de la densité animale sur la croissance, l'ingestion alimentaire et le taux de mortalité cumulé. *Revue africaine de santé et Productions animales*, **1** (2): 146-151.
- OTCHOUMOU A., DUPON-NIVET M. & DOSSO H., 2004a.** Les escargots comestibles de Côte d'Ivoire: Effet de quelques plantes, d'aliments concentrés et de la teneur en calcium alimentaire sur la croissance d'*Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) en élevage hors sol en bâtiment. *Tropicultura*, **22** (3): 127-133.

- OTCHOUMOU A., N'DA K., DOSSO H. & KOUASSI K. D., 2004b.** Inventaire des végétaux sauvages consommés par l'escargot géant africain *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) : préférences alimentaires. *Haliotis*, 33: 13-20.
- OTCHOUMOU A., N'DA K., DOSSO H. & KOUASSI K. D., 2005a.** L'escargot géant africain *Achatina fulica* (Bowdich, 1820), une peste potentielle pour les végétaux des forêts anthropisées de Côte d'Ivoire: *Haliotis*, 34: 71-81.
- OTCHOUMOU A., N'DA K. & KOUASSI K. D., 2004c.** Recherche d'un aliment chlorophyllien d'escargot à partir de plantes sauvages et estimation des dégâts causés par *Achatina achatina* (Linné, 1758) sur quelques végétaux. *Annales de Botanique de l'Afrique de l'Ouest*, 4: 35-46.
- OTCHOUMOU A., N'DA K. & KOUASSI K. D., 2005b.** L'élevage des escargots géants comestibles d'Afrique: Inventaire des végétaux sauvages consommés par *Achatina achatina* (Linné, 1758) et préférences alimentaires. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (3): 028. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/3/otch17028.htm>
- OTCHOUMOU A., ZONGO D. & DOSSO H., 1989-1990.** Contribution à l'étude de l'escargot géant africain *Achatina achatina* (Linné). *Annales d'Ecologie*, 21: 31-58.
- OEVAULLIER A., MAINIL J. & GARCET S., 1999.** Le mucus d'*Helix pomatia* L. Préparation, composition, propriétés thérapeutiques et pharmacodynamiques. *Revue de Pathologie Génétique de Composition*, 653: 1514-1538.
- OWINY A. M., 1974.** Some aspects of breeding biology of the equatorial landsnail *Limicolaria martensiana* (Achatinidae: Pulmonata). *Journal of Zoology*, London, 172: 191-206.
- OYENUGA V. A., 1962.** Agriculture in Nigeria. FAO. Rome. 110 p.
- PARASHA R A., KUMAR A. & RAO K. M., 1986.** Role of food in mass cultivation of the freshwater snail *Indoplanorbis exustus*, vector of animal schistosomiasis. *Journal of Molluscan Studies*, 52: 120-124.
- PEAKE J., 1978.** Distribution and ecology of the Stylommatophora. P.429-526. In: V. FRETTER and J.PEAKE (eds). Pulmonates Vol. 2 A Systematics, Evolution and Ecology. Academic Press, London.
- PEARSON D., 1976.** Chemical Analysis of foods, 7th ED. J & A Churchill, London. 214-224.
- PERRAUD A., 1971.** Carte pédologique de la Côte d'Ivoire. In: Atlas de la Côte d'Ivoire, ISBN-Ed. Paris, 172 p.

- PILSBRY H. A., 1919.** A review of the land mollusks of the Belgian Congo chiefly based on the collection of the American museum Congo expedition, 1909-1915. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, vol XL: 1-369.
- PLUMER J. M., 1982.** Reproductive potential and longevity in *Archachatina marginata* Ovum. *Journal of Molluscan Studies*, 48 (3): 366-367.
- RAO I. G. & SINGH D. K., 2000.** Effect of single and binary combination of plant-derived molluscicides on reproduction and survival of the snail *Achatina fulica*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39 (4): 486-493.
- RAUT S. K., 1993.** Quelques pathogènes d'*Achatina* et leur influence sur la production d'escargots géants Africains. *Bulletin semestriel d'information sur le mini-élevage. BEDIM* (FAO/CTA/IMT), 2 (2): 9-10.
- RAUT S. K. & BARKER G. M., 2002.** *Achatina fulica* Bowdich and other Achatinidae as pests in tropical agriculture. Molluscs as crop pests, CABI Publishing, Wallingford, UK, 55-114.
- ROUSSELET M., 1979.** L'élevage des escargots. Edition du point vétérinaire, *Maison Alfort*, 102 p.
- ROUSSELET M., 1982.** L'élevage des escargots. Edition du point vétérinaire, Paris, 132 p.
- SALAAM D., 1938.** Entomologist's Report. Entomology Leaflet 17. Department of Agriculture, Tanganyika Territory, 78 p.
- SCHEERBOOM J. E. M., 1978.** The influence of food quantity and food quality on assimilation, body growth and egg production in the pond snail *Lymnea stagnalis* (L.) with particular reference to the haemolymph-glucose concentration. *Proceedings Koninklijk Nederlandse Akademie van Wetenschappen, C* 81: 184 - 197.
- SCHNELL E., 1952.** Contribution à une étude phytosociologique et phytogéographique de l'Afrique occidentale: les groupements et les unités géobotaniques de la région guinéenne. *Mémoire IFAN*, 18: 45-234.
- SHAPIRO S. S., WILK M. B. & CHEN H. J., 1968.** A comparative study of various tests of mortality. *Journal of the American Statistical Association*, 63: 1343-1372.
- SMITH B. J., 1966.** Maturation of the reproductive tract of *Arion ater* (Pulmonata: Arionidae). *Malacologica*, 4, 325-327.
- SPEISER B., 2001.** Food and feeding behaviour. In: The biology of terrestrial Molluscs. (ed. G. M. BARKER). *CAB International Wallingford*, pp. 259-288.
- SPENCE G. C., 1938.** *Limicolaria* as a pest. *Journal of Conchology*, 3: 21-72.

- STIEVENART C., 1990.** Rearing of giant African snails on soil containing a population of earthworms (*Eisenia foetida*). *Snails farming Research* (Charasco, Italie), vol. **3**: 12-14.
- STIEVENART C., 1996.** Morphologie coquillière, croissance, reproduction et estivation chez les escargots géants africains: observation au laboratoire sur *Archachatina marginata* et *Achatina fulica*. PhD, Institut de Médecine Tropicale, Prince Léopold, Antwerpen, Belgique, 204 p.
- STIEVENART C. & HARDOUIN J., 1990.** Manuel des escargots géants africains sous les tropiques. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, Pays-Bas, 35 p.
- TAKEDA N. & OZAKI T., 1986a.** Induction of behaviour in the snail *Achatina fulica*. *Zoological Magazine*, **92**: 656 p.
- TAKEDA N. & OZAKI T., 1986b.** Introduction of locomotor behaviour in the giant african snail, *Achatina fulica*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **83** (A): 77-82
- TANNER J. T. 1966.** Effects of population density on growth rates of animal population. *Ecology*, **47**: 733-745.
- THIELE J., 1963.** Handbuch der systematischen weichtierkunde. Revue en 1963 par le Professeur J. THIELE. In: Memento de l'élevage d'escargot. ITAVI édition, 1987, p. 10.
- THOMAS J. D., 1973.** Schistosomiasis and the control of molluscan hosts of human schistosomiasis with particular reference to self-regulatory mechanisms. In: Advances of Parasitology. Vol **11**. B. Dawes (ed.). *Academic Press*, London, pp 212-227.
- THOMAS J. D. & ARAM R. H., 1974.** The chemical ecology of *Biomphalaria glabrata* (Say): The effects of media homotypically conditioned by adult snails on the growth of juveniles. *Journal of Experimental Zoology*, **190**: 329-340.
- THOMAS J. D. & BENJAMIN M., 1974.** The effects of population density on growth and reproduction of *Biomphalaria glabrata* (Say) (Gasteropoda: Pulmonata). *Journal of Animal Ecology*, **43**: 31-50.
- THOMAS J. D., GOLDSWORTHY G. J. & BENJAMIN M., 1975a.** Studies on the chemical ecology of *Biomphalaria glabrata*: The effects of chemical conditioning by the snails kept at various densities on their growth and metabolism. *Journal of Zoology*, London, **175**: 421-437.
- THOMAS J. D., GREALY B. & FENNEL C. F., 1983.** The effects of varying the quantity and quality of various plants on feeding and growth of *Biomphalaria glabrata* (Say) (Gasteropoda). *Oikos*, **41**: 77-90.

- THOMAS J. D., LOUGH A. H. & LODGE R. W., 1975b.** The chemical ecology of *Biomphalaria glabrata* (Say), the snail host of *Schistosoma mansoni* Sambon: The search for factors in media conditioned by snails which inhibit their growth and reproduction. *Journal of Applied Ecology*, **12**: 421-436.
- TOMPA A. S., 1984.** Land snails (Stylommatophora), p.47-140. In: K.M. WILBUR (Ed). *The Mollusca*. New York, vol. 7, *Academic Press*, 486 p.
- UPATHAM E. S., MALEEYA K. & VIROON B., 1988.** Cultivation of the giant African snail, *Achatina fulica*. *Journal of Scientific Society of Thailand*, **14**: 24-40.
- VAN DER STEEN W. J., JAGER J. C. & TIEMERSMA D., 1973.** The influence of food quantity on feeding, reproduction and growth in the pond snail *Lymnaea stagnalis* (L) with some methodological comments. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, C* **76**: 47-60.
- WAITKUWAIT E., 1987.** Nutzungsmöglichkeiten der Westafrikanischen Riesenschnecken (Achatinidae), Rapport LACRNA / GTZ. 80 p.
- WATSON D. C. & NORTON T. A., 1985.** Dietary preferences of the common periwinkle, *Littorina littorea*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **88**: 193-211.
- WRIGHT C. A., 1960.** The crowding phenomenon in laboratory colonies of fresh water snails. *Annals of Tropical medicine and Parasitology*, **54**: 224-232.
- ZONGO D., 1994.** L'élevage des escargots, une source insoupçonnée de protéines de haute valeur nutritionnelle. Fiche technique n° 2 ENSA/LACENA, 5-9.
- ZONGO D., 1997.** L'élevage des escargots: une zootechnie nouvelle. *AISA Développement*, n° **4**: 3-9.
- ZONGO D., COULIBALY M., DIAMBRA O. H. & ADJIRI E., 1990.** Note sur l'élevage de l'escargot géant africain *Achatina achatina*. *Nature et faune*, **6** (2): 32-44.

INDEX

Index alphabétique des *taxa* animaux et végétaux

A

- Abelmoschus esculentus* (Linné) Moench (Malvaceae): 45, 91.
- Acalypha hispida* Linné (Euphorbiaceae): 46, 92, 93.
- Acalypha vilkesiana* Linné (Euphorbiaceae): 46, 92.
- Achatina achatina* Linné, 1758 (Achatinidae): 3, 8, 28, 33, 34, 47, 53, 54, 57, 66, 82, 84, 85, 89, 117, 118, 120, 130, 135-137, 139.
- Achatina albopicta* Smith, 1878 (Achatinidae): 8.
- Achatina balteata* Reeve, 1849 (Achatinidae): 8.
- Achatina craveni* Smith, 1881 (Achatinidae): 8.
- Achatina fulgurata* Pfeiffer, 1853 (Achatinidae): 8.
- Achatina fulica* Bowdich, 1720 (Achatinidae): 3, 8, 28, 30, 33, 34, 47, 53, 54, 67, 82, 84, 85, 89, 119, 130, 135-139.
- Achatina glutinosa* Pfeiffer, 1854 (Achatinidae): 8.
- Achatina immaculata* Lamarck, 1822 (Achatinidae): 8.
- Achatina iostoma* Pfeiffer, 1852 (Achatinidae): 8.
- Achatina iredalei* Preston, 1910 (Achatinidae): 8.
- Achatina nyikaensis* Pilsbry, 1909 (Achatinidae): 8.
- Achatina panthera* Fèrussac, 1821 (Achatinidae): 8.
- Achatina reticulata* Pfeiffer, 1845 (Achatinidae): 8.
- Achatina schweinfurthi* Martens, 1873 (Achatinidae): 8.
- Achatina semiscalata* Pilsbry, 1909 (Achatinidae): 8.
- Achatina smithii* Craven, 1880 (Achatinidae): 8.
- Achatina stuhlmanni* Martens, 1892 (Achatinidae): 8.
- Achatina sylvatica* Putzeys, 1898 (Achatinidae): 8.
- Achatina tavariesana* Pfeiffer, 1852 (Achatinidae): 8.
- Achatina tincta* Reeve, 1842 (Achatinidae): 8.
- Achatina tracheia* Connolly, 1929 (Achatinidae): 8.
- Achatina varicosa* Pfeiffer, 1861 (Achatinidae): 8.
- Achatina weynsi* Dautzenberg, 1891 (Achatinidae): 8.
- Achatina zebra* Bruguiere, 1792 (Achatinidae): 8.
- Aframomum sceptrum* Schumacher (Zingiberaceae): 46, 92.
- Alchornea cordifolia* Schumacher (Euphorbiaceae): 46, 92.

- Allium cepa* Linné (Alliaceae): 45, 91.
- Alternanthera sessilis* Linné (Amaranthaceae): 46, 92.
- Amaranthus spinosus* Linné (Amaranthaceae): 46, 92.
- Anacardium occidentale* Linné (Anacardiaceae): 45, 91.
- Ancistrophyllum laeve* (G. Mann & H. Wendl.) Drude (Arecaceae): 42.
- Angiostoma aspersa* Dujardin, 1845 (Angiostomatidae): 30.
- Angiostrongylus cantonensis* Rudolphi, 1808 (Metastrongylidae): 30.
- Annona muricata* Linné (Annonaceae): 45, 91.
- Arachis hypogaea* Linné (Fabaceae) : 45, 91.
- Archachatina bicarinata* Bruguiere, 1792 (Achatinidae) 8
- Archachatina camerunensis* d'Ailly, 1896 (Achatinidae) 8
- Archachatina cinnamomea* Mellvil & Ponsonby, 1894 (Achatinidae) 8
- Archachatina crawfordi* Morelet, 1889 (Achatinidae) 8
- Archachatina degneri* Bequeart & Clanch, 1936 (Achatinidae) 8
- Archachatina dimidiata* Smith, 1878 (Achatinidae) 8
- Archachatina gaboonesis* Pilsbry, 1933 (Achatinidae) 8
- Archachatina granulata* Krauss, 1848 (Achatinidae) 8
- Archachatina knorrii* Jonas, 1839 (Achatinidae) 8
- Archachatina limitanea* Bruggen, 1984 (Achatinidae) 8
- Archachatina marginata* Swainson, 1821 (Achatinidae) 3, 8, 28, 33, 34, 53, 83-85, 130, 135, 139.
- Archachatina papyracea* Pfeiffer, 1845 (Achatinidae) 8
- Archachatina purpurea* Gmelin, 1791 (Achatinidae) 8
- Archachatina ustulata* Lamarck, 1822 (Achatinidae) 8
- Archachatina ventricosa* Gould, 1850 (Achatinidae) 3, 8, 33, 47, 54, 67, 82, 85, 130, 135-137.
- Arion ater* Linné, 1758 (Arionidae):84.
- Atopocochlis exarata* Müller, 1774 (Achatinidae): 8
- Australorbis glabratus* Say, 1818 (Cephalobidae): 83.

B

- Basela alba* Linné (Chenopodiaceae): 45, 91, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 115, 117, 120, 121.
- Brassica oleracea* Linné (*Brassicaceae*): 45, 53, 91, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 115, 117, 118,120.

Breynia disticka Linné (Euphorbiaceae): 46, 92.

Burtoa nilotica Pfeiffer, 1861 (Achatinidae) 8

C

Callistopepla graneri Thiele, 1811 (Achatinidae) 8

Cananga odorata (Lamarck) Hook. & Thomson (Annonaceae): 46, 92, 93, 112.

Capsicum frutescens Linné (Solanaceae): 45, 91.

Carapa procera Linné (Meliaceae): 42.

Carica papaya Linné (Caricaceae): 44, 45, 53, 54, 57, 68, 90, 91, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 142.

Cassia siamea Lamarck (Caesalpiniaceae): 46, 92, 93, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 109, 111, 112, 114, 116, 117, 119, 120.

Cecropia peltata Linné (Moraceae): 42, 46, 92, 118.

Cepaea nemoralis Linné, 1758 (Helicidae): 84.

Chrysopogon aciculatus (Retz.) Trin. (Poaceae): 46, 92, 93.

Citrus sinensis Linné (Rutaceae): 45, 91.

Clerodendrum paniculatum Linné (Verbenaceae): 46, 92, 93, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 109, 111, 112, 114, 116, 117, 120.

Cocos nucifera Linné (Arecaceae): 51, 55, 69.

Coffea afzelii Hiern (Rubiaceae): 42.

Columna columna Jules Janin, 1844 (Achatinidae) 8

Columna leai Tryon, 1866 (Achatinidae) 8

Croton lobatus Linné (Euphorbiaceae): 46, 92.

Cucumis sativus Linné (Cucurbitaceae): 45, 92.

D

Dioscorea batatas Linné (Dioscoreaceae): 45, 90, 91.

E

Elaeis guineensis Jacques (Arecaceae): 45, 91.

F

Ficus benjamina Linné (Moraceae): 46, 92.

G

Geophila obvallata Schumacher (Rubiaceae): 42.

Gmelina arborea Roxb. (Lamiaceae): 46,92.

H

Heisteria parvifolia Sam. (Erythrophalaceae): 42.

Heliotropium indicum Linné (Boraginaceae): 46, 92, 93.

Helix aspersa Müller, 1774 (Helicidae): 18, 83, 89, 135.

Hunteria ebumea Linné (Apocynaceae): 42.

I

Ipomoea batatas Linné (Convolvulaceae): 45, 91, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 104, 106, 107,
109, 110, 112, 113, 115, 117, 120, 121.

K

Khaya ivoriensis Aké Assi (Meliaceae): 42.

L

Lactuca sativa Linné (Asteraceae): 44, 45, 53, 68, 90, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 104, 106,
107, 109, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121, 142.

Laportea aestuans Linné (Urticaceae): 42, 46, 92, 93, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 106,
108, 109, 111, 112, 114, 116-118, 120, 142.

Leucotaenius favanii Lamarck, 1822 (Achatinidae) 8

Lignus alabaster Rang, 1831 (Achatinidae) 8

Lignus auripigmentum Reeve, 1848 (Achatinidae) 8

Lignus intertinctus Gould, 1843 (Achatinidae) 8

Lignus leai Pilsbry, 1933 (Achatinidae) 8

Lignus solimanus Morelet, 1848 (Achatinidae) 8

Limicolaria aurora Jay, 1839 (Achatinidae): 7, 8, 30.

Limicolaria charbonnieri Bourguignat, 1889 (Achatinidae): 7, 8.

Limicolaria dimidiata Martens, 1880 (Achatinidae): 7, 8.

- Limicolaria distincta* Putzeys, 1898 (Achatinidae): 7, 8.
- Limicolaria flammea* Müller, 1774 (Achatinidae): 3, 6-8, 11, 20, 31-34, 44, 47, 49, 50, 52-55, 57, 58, 60-69, 73-79, 81-99, 101, 102, 104, 106-108, 110-112, 115, 117-122, 124, 125, 127-131, 133, 135-140, 142, 143.
- Limicolaria flammea festiva* Martens, 1869 (Achatinidae): 7.
- Limicolaria flammea spekiana* Grandidier, 1881 (Achatinidae): 7.
- Limicolaria kambeul* Bruguière, 1792 (Achatinidae): 7, 8.
- Limicolaria kambeul turiformis* Bruguière, 1792 (Achatinidae): 7.
- Limicolaria martensi* Martens, 1895 (Achatinidae): 7, 8.
- Limicolaria martensi karagweensis* Kobelt, 1913 (Achatinidae): 7.
- Limicolaria martensi pallidistriga* Martens, 1895 (Achatinidae): 7.
- Limicolaria martensiana* Smith, 1880 (Achatinidae): 7, 8.
- Limicolaria martensiana laikipiaensis* Smith, 1913 (Achatinidae): 7.
- Limicolaria saturata* Smith, 1895 (Achatinidae): 7, 8.
- Limicolaria saturata chromatica* Pilsbry, 1904 (Achatinidae): 7.
- Limicolaria smithii* Preston, 1906 (Achatinidae): 7, 8.
- Lophira alata* Banks (Ochnaceae): 42, 46, 92.

M

- Macaranga beilei* Linné (Euphorbiaceae): 42.
- Mallotus oppositifolius* Geiseler (Euphorbiaceae): 42.
- Mangifera indica* Linné (Anacardiaceae): 45, 91.
- Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae): 45, 53, 90, 91, 108.
- Metachatina kraussi* Pfeiffer, 1846 (Achatinidae): 8.
- Monodora myristicata* Linné (Annonaceae): 42.
- Musa corniculata* Linné (Musaceae): 45, 90, 91.

N

- Nephrolepis biserrata* Schott (Nephrolepidaceae): 46, 92.

P

- Palisota hirsuta* Schumacher (Commelinaceae): 42, 44, 46, 92, 93, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 109, 111, 112, 114, 116-118, 120.

- Passiflora edulis* Sims (Passifloraceae): 39, 45, 91.
- Perideriopsis fallsensis* Dupius & Putzeys, 1900 (Achatinidae) 8
- Perideriopsis umbilicata* Putzeys, 1898 (Achatinidae) 8
- Persea Americana* Mill. (Lauraceae): 45, 91.
- Petroselinum crispum* Mill. (Apiaceae): 45, 91.
- Phaseolus vulgaris* Linné (Fabaceae): 45, 91.
- Phaulopsis falcisepala* Clarke (Acanthaceae): 44, 46, 92, 93, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 109, 111, 112, 114, 116-118, 120, 142.
- Phyllanthus muellerianus* Kuntze (Euphorbiaceae): 46, 92.
- Piptadeniastrum africanum* Brenan (Fabaceae): 42.
- Pseudachatina dennisoni* Pfeiffer, 1846 (Achatinidae) 8
- Pseudachatina downesii* Sowerby, 1838 (Achatinidae) 8
- Pseudachatina sodeni* Sowerby, 1838 (Achatinidae) 8
- Pseudachatina wrighti* Sowerby, 1853 (Achatinidae) 8
- Pueraria phaseoloides* Roxb. (Fabaceae): 46, 92.
- R**
- Rauwolfia vomitoria* Aké Assi (Apocynaceae): 42, 46, 92, 112.
- S**
- Saccharum officinarum* Linné (Poaceae): 45, 92.
- Sarcophrynium brachystachys* Linné (Verbenaceae): 46, 92, 112.
- Sida acuta* Aké assi (Malvaceae): 46, 92.
- Solanum lycopersicum* Linné (Solanaceae): 45, 91.
- Solanum melongena* Linné (Solanaceae): 45,90, 91.
- Solanum torvum* Linné (Solanaceae): 46, 92.
- Sterculia tragacantha* Lindl. (Sterculiaceae): 46, 92, 93, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 109, 111, 112, 114, 116, 117, 119, 120.
- T**
- Terminalia catappa* Linné (Combretaceae): 45, 91.
- Theobroma cacao* Linné (Malvaceae): 45, 90, 91.
- Trianthema portulacastrum* Linné (Aizoaceae): 46, 92.
- Trichilia monadelpha* Thonn. (Meliaceae): 42, 46, 92, 112.

Turraeanthus africanus Pellegrine (Meliaceae): 42.

X

Xanthosoma maffafa Aké Assi (Araceae): 45, 53, 91, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 104, 106,
107, 109, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121.

Z

Zea mays Linné (Poaceae): 45, 91.

Zingiber officinale Roscoe (Zingiberaceae): 45, 91.

ANNEXES

Annexe 1

Matrice des corrélations entre la composition chimique, l'ingestion alimentaire, le rendement écologique de croissance et l'indice de transformation des plantes cultivées les mieux consommées par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

	Eau	Matière sèche	Matières grasses	Protéines brutes	Cellulose brute	ENA	Cendres	Ca	P	Na	K	IA	REC	IT
Eau														
Matière sèche	-0,49													
Matières grasses	-0,47	0,92												
Protéines brutes	-0,10	0,88	0,72											
Cellulose brute	0,06	0,80	0,81	0,86										
ENA	-0,93	0,29	0,35	-0,13	-0,18									
Cendres	-0,54	0,04	0,004	-0,16	-0,38	0,36								
Ca	-0,50	0,54	0,80	0,20	0,44	0,50	0,13							
P	-0,56	0,74	0,89	0,46	0,55	0,44	0,25	0,93						
NA	0,40	-0,15	0,18	-0,21	0,26	-0,26	-0,23	0,50	0,26					
K	-0,90	0,34	0,17	0,07	-0,26	0,81	0,50	0,09	0,23	-0,75				
IA	-0,22	-0,64	-0,57	-0,82	-0,89	0,29	0,68	-0,13	-0,24	-0,04	0,26			
REC	-0,84	0,11	0,20	-0,28	-0,35	0,91	0,38	0,50	0,45	-0,22	0,75	0,42		
IT	0,52	0,39	0,22	0,74	0,67	-0,72	-0,28	-0,26	-0,05	-0,01	-0,44	-0,70	-0,83	

ENA = Extractifs non azotés; Ca = Calcium; P = Phosphore; Na = Sodium; K = potassium; IA = Ingestion alimentaire; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

Annexe 2

Matrice des corrélations entre la composition chimique, l'ingestion alimentaire, le rendement écologique de croissance et l'indice de transformation des plantes sauvages les mieux consommées par *Limicolaria flammea* (Müller, 1774)

	Eau	Matière sèche	Matières grasses	Protéines brutes	Cellulose brute	ENA	Cendres	Ca	P	Na	K	IA	REC	IT
Eau														
Matière sèche	-0,47													
Matières grasses	-0,43	0,97												
Protéines brutes	-0,53	0,97	0,90											
Cellulose brute	-0,46	0,99	0,99	0,94										
ENA	-0,53	0,98	0,91	0,99	0,95									
Cendres	0,13	0,28	0,32	0,18	0,27	0,14								
Ca	-0,35	0,80	0,78	0,77	0,78	0,73	0,75							
P	0,59	-0,46	-0,35	-0,63	-0,42	-0,55	0,20	-0,35						
NA	0,39	-0,77	-0,85	-0,71	-0,81	-0,67	-0,37	-0,73	0,47					
K	0,39	-0,13	-0,17	-0,02	-0,12	-0,07	-0,50	-0,37	-0,38	0,005				
IA	-0,46	0,98	0,98	0,93	0,99	0,95	0,17	0,71	-0,42	-0,78	-0,07			
REC	0,57	-0,37	-0,35	-0,46	-0,36	-0,36	-0,24	-0,55	0,80	0,67	-0,06	-0,31		
IT	-0,20	0,05	-0,05	0,16	-0,01	0,07	0,56	0,53	-0,42	-0,09	-0,19	-0,11	-0,63	

ENA = Extractifs non azotés; Ca = Calcium; P = Phosphore; Na = Sodium; K = potassium; IA = Ingestion alimentaire; REC = Rendement écologique de croissance; IT = Indice de transformation

RESUME

L'étude de la biologie, de l'écologie et du comportement de l'escargot terrestre d'intérêt économique, *Limicolaria flammea* (Müller, 1774), en milieu d'élevage indique que la densité d'élevage influence significativement la croissance et la reproduction de ce Mollusque. Les fortes densités entraînent un retard dans la croissance, une perturbation de la reproduction et augmentent la mortalité, contrairement aux faibles densités. La densité de 100 escargots / m² représente une norme zootechnique idéale pour un élevage efficient de cet escargot. Cet animal présente une activité préférentiellement nocturne. Cette activité augmente avec l'âge des individus et la principale forme de repos est l'enfouissement dans le substrat d'élevage. Il consomme expérimentalement une gamme variée de plantes (cultivées et sauvages) et sait marquer sa préférence alimentaire. Il préfère les plantes cultivées aux plantes sauvages et consomme mieux celles qui sont tendres et riches en eau. La croissance et la reproduction sont également influencées par la teneur en calcium des aliments que l'animal consomme. Les meilleures performances biologiques sont obtenues avec les aliments concentrés. En effet, les régimes contenant 12,02 % et 16,01 % de calcium ont permis d'améliorer la croissance et de réduire la mortalité, contrairement aux fourrages verts. Une alimentation équilibrée avec un taux de calcium de 16,01 % permet d'accélérer la maturité sexuelle et partant, d'avancer l'âge à la première ponte qui passe de 7 à 5 mois, avec des taux de ponte et d'éclosion élevés après un temps d'incubation réduit.

Mots clés: escargot terrestre, comportement alimentaire, croissance, *Limicolaria flammea*, reproduction.

ABSTRACT

The study of the biology, the ecology and the behaviour of the land snail of economical interest, *Limicolaria flammea* (Müller, 1774) in breeding area indicates that the breeding density influences significantly the growth and the reproduction of this Mollusc. It arises that high densities bring lateness on the growth, a disruption of the reproduction and increase the mortality, contrary to the weak densities. The density of 100 snails / m² represents an ideal zootechnical norm for the breeding of this snail. This animal presents preferentially a nocturnal activity wich increase with its age. Its main form of rest is to bury into the breeding litter. It experimentally consumes miscellaneous cultivated an wild vegetables and is able to mark its dietary preference. It prefers cultivated plants to wild one and likes those wich are tender and rich in water. The growth and the reproduction are also influenced by the dietary calcium. The best biological performances were obtained with concentrated diets. In fact, the diets containing 12,02 % and 16,01 % of calcium permitted to increase the growth and to reduce the death rate, contrary to green fodders. A balanced diet, with a calcium rate of 16,01 % permitted to accelerate the sexual maturity, and then, to advance the age of first eggs laying (from 7 to 5 months), with a high rate of egg laying and a short time of clutch.

Key words: Dietary behaviour, growth, land snail, *Limicolaria flammea*, reproduction.