



CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ENTOMOPHAGIE A KINSHASA

NSEVOLO MIANKEBA PAPY

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
COMPLEMENTAIRE EN PROTECTION DES CULTURES TROPICALES ET SUBTROPICALES**

ANNEE ACADEMIQUE 2011-2012

PROMOTEUR : Prof. FREDERIC FRANCIS

*Toute reproduction du présent document,
par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec
l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique¹ de la Faculté
Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux.*

Le présent document n'engage que son auteur.

¹ Dans ce cas, l'autorité académique est représentée par le(s) promoteur(s) membre(s)
du personnel enseignant de la FUSAGx.



CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ENTOMOPHAGIE A KINSHASA

NSEVOLO MIANKEBA PAPY

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
COMPLEMENTAIRE EN PROTECTION DES CULTURES TROPICALES ET SUBTROPICALES**

ANNEE ACADEMIQUE 2011-2012

PROMOTEUR : Prof. FREDERIC FRANCIS

Ce travail a été réalisé au sein de l'Unité d'Entomologie Fonctionnelle et Evolutive de Gembloux Agro-Bio Tech (ULg).

Remerciements

Mes remerciements s'adressent en premier à mon Père, pour son soutien pendant toutes ces années, ses conseils avisés et la discipline inculquée qui porte aujourd'hui ses fruits ;

J'exprime également mes profonds remerciements à mon promoteur, le Professeur Frédéric FRANCIS, pour m'avoir offert l'opportunité de travailler dans son équipe. Merci pour son encadrement, ses directives et l'esprit ouvert avec lequel il motive chacun ;

J'exprime également ma gratitude à l'endroit du Professeur Eric HAUBRUGE, Vice-Recteur de Gembloux Agro-Bio Tech. pour avoir accepté de me ramener des échantillons depuis Kinshasa ;

Je tiens également à remercier de manière particulière Ludovic SABLON, pour m'avoir accompagné de bout en bout. Merci pour Minitab, pour ses nombreuses corrections et suggestions qui ont permis à ce travail d'avoir sa forme définitive ;

Que toute l'équipe de l'Unité d'Entomologie trouve ici l'expression de ma gratitude : à Taofic ALABI pour sa précieuse aide dans la préparation des échantillons et dans les analyses de labo ; à Nicolas PONCELET pour m'avoir initié avec patience aux analyses moléculaires ; à Jeannine BORTELS pour m'avoir offert généreusement les échantillons de référence et une documentation bien sélectionnée ; à Emilie BOSQUEE pour toutes ces heures de TP et à tous ceux qui aiment la tarte ou le café, avec lesquels j'ai passé des moments amicaux ;

Des remerciements tout particuliers à l'endroit du Professeur Christophe BLECKER de l'unité de Science des aliments et formulations, à Sandrino FILOCCO et Thomas PLACUCCI pour m'avoir assisté et offert l'opportunité de travailler au sein du laboratoire ;

Un tout grand merci également au Docteur Yves BROSTAU de l'unité de Statistique, Inform. et Math. appliquée à la Bioingénierie pour ses précieux conseils et orientations au sujet des différents tests statistiques réalisés dans ce travail ;

Mes remerciements s'adressent aussi au Professeur Philippe LEPOIVRE de l'unité de Phytopathologie et à toute son équipe notamment pour la quantification de l'ADN des échantillons utilisés en RAPD;

Mes remerciements vont également à la CUD pour l'opportunité de bourse, ainsi qu'aux Professeurs Claude BRAGARD et Anne LEGREVE de l'UCL pour les enseignements dispensés ;

A tous mes collègues, et compagnons du G8 avec lesquels j'ai partagé tous ces moments de stress, mais également de belles expériences et des moments d'amitié ; à ma famille et ma belle-famille auxquelles je reste attaché ; à ma très chère cellule pour ces beaux vendredis passés ensemble ; à mes amis et à tous ceux que j'ai sans doute oublié ; j'adresse ici ma profonde reconnaissance et une gratitude que des mots ne suffiront pas à exprimer.

Résumé

Les données recueillies lors de cette étude révèlent que l'entomophagie est bien intégrée à Kinshasa. Cette habitude alimentaire est pratiquée au même titre par près de 80% d'hommes et de femmes de tous âges et niveaux d'études. Son importance culturelle et le rôle majeur exercé par les femmes dans cette filière ; principales actrices et bénéficiaires des revenus générés par le commerce des insectes, ont également été mis en évidence.

La composition chimique de 11 espèces d'insectes vendus sur les marchés locaux a été étudiée afin de mieux caractériser leur apport nutritionnel. Des teneurs élevées en protéines, en acides aminés essentiels et en lipides, proches de celles publiées par certains auteurs ont été trouvées, mais également des teneurs sensiblement supérieures à celles indiquées pour des espèces de même famille. Un typage moléculaire basé sur des amorces aléatoires (RAPD) a également été réalisé pour identifier une espèce consommée s'apparentant à une espèce de référence. Quoique les résultats ne soient pas concluants quand à la similarité entre ces deux espèces, les amorces ayant donné les meilleurs produits d'amplification sont proposés.

Les résultats de cette étude mettent ainsi en évidence la contribution de l'entomophagie à la réduction de l'insécurité alimentaire à Kinshasa, ses implications sociales (contribution à la réduction de la pauvreté et autonomisation des femmes) au regard des revenus appréciables générés par le commerce des insectes, et les besoins encore nécessaires pour une meilleure caractérisation des espèces consommées dans la capitale du pays.

Mots – clés : Entomophagie ; protéines, lipides, culture, revenus, amorces, insectes.

Abstract

The data collected during this study indicate that entomophagy is well integrated in Kinshasa. This eating habit is practiced in the same way by almost 80% of men and women of all ages and levels of education. Its cultural significance and the role exercised by women in this sector, main actors and beneficiaries of the income generated by the trade of insects, were also highlighted.

The chemical composition of 11 species of insects sold in local markets has been studied to better characterize their nutritional intake. High levels of protein, essential amino acids and lipids similar to those reported by some authors have been found, but also levels significantly higher than those reported for species of the same family. Molecular typing based on random primers (RAPD) has been performed to identify a species consumed akin to a reference species. Although the results are inconclusive about the similarity between these two species, the primers that gave the best amplification products are proposed.

The results of this study thus highlight the contribution of entomophagy to reduce food insecurity in Kinshasa, its social implications (contribution to poverty alleviation and empowerment of women) with respect to revenues generated by the trade of insects, and remaining requirements for a better characterization of species consumed in the country's capital.

Key-words: Entomophagy, proteins, amino acids, lipids, culture, income, insects.

Table des matières

<i>Remerciements</i>	<i>iv</i>
<i>Résumé</i>	<i>v</i>
<i>Abstract</i>	<i>v</i>
<i>Table des matières</i>	<i>vi</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>viii</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>ix</i>
<i>Liste des annexes</i>	<i>x</i>
INTRODUCTION	<i>i</i>
1. BIBLIOGRAPHIE	1
1. PRESENTATION DE LA VILLE DE KINSHASA	1
1.1. Localisation géographique	1
1.2. Climat	1
1.3. Hydrographie	1
1.4. Relief, sols et végétation	2
1.5. Situation administrative	2
1.6. Population et démographie	3
2. GENERALITES SUR LES INSECTES.....	4
2.1. Introduction	4
2.2. Insectes : Aperçu général	4
2.3. Insectes : Rôle écologique, nuisibilité, utilité	9
3. L'ENTOMOPHAGIE	11
3.1. Histoire	11
3.2. Entomophagie : Cas de Kinshasa en R.D. Congo.....	19
4. TECHNIQUES DE TYPAGE MOLECULAIRE ET D'ANALYSE CHIMIQUE	22
4.1. Techniques moléculaires.....	22
4.2. Techniques d'analyse chimique	24
2. OBJECTIFS ET INTERETS DE L'ETUDE	26
3. MATERIEL ET METHODES	27
3.1. Matériel biologique.....	27
3.2. Identification morphologique des espèces.....	29
3.3. Technique de typage moléculaire : RAPD	29
3.4. Analyse de la composition chimique des échantillons	32

3.5. Enquêtes sur l'entomophagie à Kinshasa	35
3.6. Traitement des données et analyse statistique	35
4. RESULTATS ET DISCUSSION	36
4.1. Inventaire des espèces collectées	36
4.2. Résultats des enquêtes.....	36
4.3. Analyse des teneurs en protéines et lipides	51
4.4. Résultats de l'analyse moléculaire	56
5. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	59
BIBLIOGRAPHIE	60
ANNEXES	66

Liste des figures

Figure 1 : Carte géographique de la ville de Province de Kinshasa	3
Figure 2 : Quelques types d'antennes et de pattes (mante vs bousier)	5
Figure 3 : Structure de la cuticule des insectes	6
Figure 4 : Cuticule - matrice de protéines	7
Figure 5 : Coupe transversale du tégument	7
Figure 6 : Système glandulaire et organes internes d'une ouvrière	9
Figure 7 : Insecte (Hémiptère) piqueur-suceur	10
Figure 8 : Schéma fonctionnement Analyseur automatisé – Méthodes DUMAS	35
Figure 9 : Diagramme des interactions : Sexe*Age vs Quantité	48
Figure 10: Profils RAPD de l'ADN des échantillons amplifiés	57

Liste des tableaux

Tableau 1.	Ordres et diversité spécifique chez les insectes _____	4
Tableau 2.	Nombre d'espèces d'insectes consommés par continent/pays _____	11
Tableau 3.	Nombre d'espèces d'insectes comestibles dans le monde _____	11
Tableau 4.	Contenu en protéines et acides aminés de différents ordres d'insectes _____	12
Tableau 5.	Composition en acides gras de quelques chenilles _____	13
Tableau 6.	Contenu en acides gras pour quelques ordres d'insectes _____	13
Tableau 7.	Composition chimique de quelques chenilles consommées en Afrique _____	13
Tableau 8.	Teneur en vitamines de chenilles comestibles _____	13
Tableau 9.	Quelques ordres et familles d'espèces consommées en RDC _____	19
Tableau 10a.	Disponibilité en chenilles dans quelques provinces de la RDC _____	20
Tableau 10b.	Composition en acides gras pour quelques espèces ... RDC _____	20
Tableau 11.	Facteurs de conversion des valeurs de l'azote en protéine _____	25
Tableau 12.	Echantillons de Chenilles collectées _____	27
Tableau 13.	Echantillons de Coléoptères _____	28
Tableau 14.	Echantillons d'Orthoptères _____	28
Tableau 15.	Echantillons d'Isoptères _____	28
Tableau 16.	Echantillons identifiés taxonomiquement _____	29
Tableau 17.	Echantillons analysés pour la teneur en protéines _____	32
Tableau 18.	Echantillons retenus pour extraction lipides totaux _____	34
Tableau 19.	Inventaire des espèces d'insectes collectées à Kinshasa _____	36
Tableau 20.	Répartition des consommateurs en classes d'âge _____	40
Tableau 21.	Modalités de préparation/consommation d'insectes _____	41
Tableau 23.	Résultats analyse de variance pour les interactions _____	45
Tableau 22.	Fréquences de consommation (insectes vs produits carnés) _____	47
Tableau 24.	Teneur moyenne en protéines (exprimée en % de poids sec) _____	52
Tableau 25.	Composition en acides aminés essentiels _____	55
Tableau 26.	Composition en (8) acides aminés non essentiels _____	53
Tableau 27.	Teneur en lipides totaux (exprimée en % de matière sèche) _____	54
Tableau 28.	Dosage de l'ADN extrait des échantillons _____	56
Tableau 29.	Séquences des amorces aléatoires _____	56

Liste des annexes

Annexe 1. Questionnaire d'enquête auprès des consommateurs _____	ii
Annexe 2. Questionnaire d'enquête auprès des vendeurs _____	iii
Annexe 3. Données – Enquête auprès des vendeurs _____	iv
Annexe 4. Données – Enquête auprès des consommateurs _____	vi
Annexe 5. Résultats - analyse composition en acides aminés _____	xi
Annexe 6. Echantillons d'insectes collectés et consommés à Kinshasa – Photos. _____	xii

INTRODUCTION

Les insectes sont des acteurs majeurs dans le fonctionnement des écosystèmes. A elle seule, cette classe d'Arthropodes représente environ 75% des espèces animales décrites et identifiées à ce jour (DAJOZ, 2006).

Cette formidable biomasse que représentent les insectes affecte quotidiennement la vie de l'homme et lui permet également de s'alimenter. L'entomophagie – pratique consistant à se nourrir d'insectes - fait ainsi partie des habitudes alimentaires de nombreuses populations dans le monde et contribue significativement à réduire les problèmes de carences en protéines, lipides, vitamines et/ou minéraux (RAMOS-ELORDUY, 2005).

En effet, en raison de leur valeur nutritive et de leur relative abondance durant certains mois de l'année, les insectes représentent une source fiable et durable de protéines animales de haute qualité (MALAISSE, 1997).

En République Démocratique du Congo (R.D. Congo) notamment, pays sur lequel portera notre étude, plusieurs espèces d'insectes sont fréquemment consommées. Pourtant, malgré les différentes techniques de récolte, de conservation et de gestion de la biodiversité mises en place, la disponibilité de ces précieuses sources de protéines fluctue significativement, restant encore totalement dépendante des variations saisonnières (MAPUNZU, 2002).

De plus, malgré l'importance de l'entomophagie parmi les habitudes alimentaires au niveau national depuis des décennies, très peu de données existent sur la taxonomie précise des différentes espèces consommées ainsi que sur leur relative valeur nutritive. Par ailleurs, il n'existe aucun relevé précis de la variabilité des espèces consommées dans les différentes régions de la R.D. Congo. Des considérations relatives aux coutumes, aux préférences ethniques ou à des prohibitions pourraient ainsi intervenir, parallèlement aux aspects relatifs au goût et à la valeur nutritive.

L'entomophagie en R.D. Congo mérite donc plus d'attention, connaissant ses avantages nutritionnels et économiques, mais également ses conséquences possibles sur la dynamique des populations d'insectes et sur les interactions écologiques entre plantes – insectes. Le défi majeur reste celui d'établir un système de production durable qui prenne en compte tant les besoins relatifs à la sécurité alimentaire de la population congolaise que ceux en rapport avec la protection de l'environnement et la préservation des équilibres écologiques.

C'est dans ce contexte que ce travail a été réalisé. Ses objectifs étant essentiellement l'inventaire partiel de la biodiversité relative à l'entomophagie à Kinshasa et une meilleure caractérisation taxonomique, biochimique et moléculaire des différentes espèces d'insectes consommées à travers la capitale du pays.

1. BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

1. PRESENTATION DE LA VILLE DE KINSHASA

1.1. Localisation géographique

La ville de Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo (R.D. Congo), a pour limites géographiques la province du Bandundu au Nord et à l'Est ; la province du Bas-Congo au Sud et la République du Congo (Brazzaville) ; dont elle est séparée par une partie du fleuve Congo, à l'Ouest.

La ville province de Kinshasa s'étend sur 9.965 Km², soit 0,42 % du territoire national et se situe à l'Ouest du pays, entre 3,9 - 5,1 degrés de latitude Sud et 15,1 - 16,6 degrés de longitude Est (ANONYME, 2005).

1.2. Climat

Le climat de la ville de Kinshasa est de type tropical chaud et humide (soudano-guinéen), caractérisé par deux grandes saisons : une saison de pluies d'une durée de 8 mois (de mi-septembre à mi-mai) avec une inflexion de pluviosité entre mi-décembre et mi-février, et une saison sèche de 4 mois (de mi-mai à mi-septembre) (ANONYME, 1999).

Les écarts de température s'établissent en général comme suit : (i) plus de 18°C pour la température diurne du mois le plus froid de l'année en saison sèche et (ii) environ 22°C pour la température nocturne du mois le plus chaud en saison de pluies (ANONYME, 2005).

Du point de vue pluviométrique, ANONYME (2005) précise que durant les trois dernières décennies, la moyenne pluviométrique annuelle observée dans la capitale est de 1.529,9 mm et le minimum mensuel se situe en dessous de 50 mm. Le mois de novembre connaît le plus important volume des précipitations, avec une moyenne de 268,1 mm. Environ 40 % des précipitations tombent entre les mois d'octobre, novembre et décembre qui sont les mois les plus humides de l'année.

1.3. Hydrographie

L'intérieur de la capitale est baigné par quelques rivières (Ndjili, Nsele, etc.). Le plateau des Bateke est pour sa part drainé par la Bombo et ses affluents (Lufimi et Munene). Le Fleuve Congo, au niveau de la Ville Province de Kinshasa, prend de l'extension et atteint à certains endroits plus de 20 Km de largeur. C'est sa dernière partie dans la Cuvette Centrale, avant les rapides de Kinsuka à l'Ouest de Kinshasa (ANONYME, 1999 ; ANONYME, 2005).

1.4. Relief, sols et végétation

Le relief de la ville Kinshasa est constitué d'un grand plateau, d'une plaine, d'une chaîne de collines, et de marécages aux abords du fleuve Congo. Le massif du Plateau du Kwango, de 600 à 700 m d'altitude, domine complètement la partie Est de la capitale. Sa portion située dans la ville est appelée Plateau des Bateke. Elle totalise une superficie d'environ 7.500 Km², soit 75.3% de l'ensemble de l'étendue de la Ville.

La chaîne de collines, peu escarpées (350 à 675 m d'altitude) constitue la frontière commune avec la province du Bas-Congo. Elle forme la partie Sud de la ville, jusqu'au Sud Est, où se trouve le Plateau des Bateke. La plaine de Kinshasa suit le lit du fleuve Congo et est enfermée entre le fleuve Congo, le Plateau des Bateke et les collines. Elle n'a qu'une largeur moyenne de 5 à 7 Km. Cette plaine se situe entre 300 et 320 m d'altitude et a une superficie d'à peu près 100 Km² (ANONYME, 2005).

Les caractéristiques des sols de Kinshasa sont différentes selon qu'on se trouve sur le plateau, sur les collines, sur la plaine ou dans les marécages. De manière générale cependant, ces sols restent principalement sablonneux, présentent une faible capacité de rétention d'eau et par conséquent une faible utilité pour les activités agricoles (ANONYME, 2009).

Les types des sols de Kinshasa conditionnent les genres de végétation qui y poussent. Ces végétations sont constituées en règle générale de savanes parsemées d'arbustes, entrecoupées de steppes et de galeries forestières de faibles densité et dimensions. La végétation arbustive a été remplacée par la savane suite à l'action anthropique de l'homme. Ces savanes cèdent de plus en plus de place à l'avancée urbanistique et ne se situent plus que sur les collines et le Plateau des Bateke (MAPUNZU, 2002 ; ANONYME, 2005).

1.5. Situation administrative

En sa qualité de ville-province, capitale administrative, politique et économique du pays, Kinshasa est un carrefour national, par où passent, en importation, en exportation ou en transit, plusieurs produits et marchandises destinées aux transactions nationales (avec les dix provinces du pays) et/ou internationales (ANONYME, 2005).

Kinshasa est une ville cosmopolite, divisée administrativement en 4 districts, 24 communes (18 urbaines et 6 rurales) et plus de 300 quartiers (Figure 1) (ANONYME, 2005 ; ANONYME, 2009).

Selon l'évolution socio-économique et culturelle, les communes de Kinshasa se regroupent généralement en six grandes strates :

- Les zones résidentielles comprenant les communes de la Gombe, de N'galiema et Limete ;
- Les nouvelles citées incluant les communes de Kalamu, Kasa-vubu, et Ngiri- ngiri ;

- La zone d'extension sud constituée des communes de Bumbu, Selembao, Makala, et Ngaba ;
- La zone excentrique périphérique avec les communes de Kisenso, Kimbanseke et Masina ;
- Les anciennes cités incluant les communes de Kinshasa, Lingwala et Barumbu ;
- Les communes périurbaines de N'sele, Maluku et de Mont Ngafula.

1.6. Population et démographie

La ville Province de Kinshasa comptait en 2009 près de 10 millions d'habitants soit environ 34,2% de la population urbaine en R.D. Congo et 6,6 % de la population nationale estimée (en 2009) à près de 66 millions (ANONYME, 2009).

La densité dans la capitale est très élevée (577 hab/Km²) par rapport à la moyenne nationale (24 hab/Km²); la pauvreté y est importante (41,6% en 2005), le secteur informel non agricole est très développé (près de 1 millions d'emplois). La santé, l'éducation et l'assainissement posent d'énormes problèmes. La taille moyenne des ménages kinois est plus élevée (6,0) que dans les autres provinces (5,3) en R.D. Congo. La structure des dépenses des ménages révèle une prédominance des dépenses alimentaires (48,8%) (ANONYME, 2009).

Les conditions de vie sont précaires pour une grande partie de la population, mais elles restent cependant meilleures à Kinshasa que dans les autres provinces de la R.D. Congo comme l'attestent les différents indicateurs socio-économiques (pauvreté, éducation, santé, eau, électricité) publiées par le Programme des Nations Unies pour le Développement – PNUD (ANONYME, 2009).

2. GENERALITES SUR LES INSECTES

2.1. Introduction

Les insectes constituent le groupe d'animaux le plus abondant sur terre : environ un million d'espèces différentes réparties en 29 ordres ont été décrites à ce jour (Tableau 1) (DAJOZ, 2006), mais ce chiffre ne représente encore qu'une fraction de la diversité présente car de nombreuses autres espèces demeurent encore inconnues. Des études menées ces dernières années dans les forêts tropicales autorisent à croire qu'il en existerait vraisemblablement 10 millions (certaines estimations avancent même le nombre de 30 millions) (JOLIVET et KRISHNA, 2005).

Grâce à leurs tailles réduites, leurs remarquables aptitudes au vol ainsi que leurs particularités anatomiques, morphologiques et biologiques, les insectes ont su coloniser pratiquement tous les milieux terrestres allant des déserts arides d'Afrique (*Scarabaeus sp.* - Coleoptera) à des habitats aquatiques (Dytiscidae, Notonectidae, etc.), en passant comme pour certains Orthoptères, par des habitats endogés ou souterrains.

Même si tous les membres de l'embranchement possèdent un certain nombre de caractéristiques communes, notamment un corps formé de segments (ou métamères) articulés, recouverts d'une cuticule (tégument) rigide constituant leur squelette externe (composé essentiellement de chitine) ; un certain nombre de particularités propres aux insectes (corps à symétrie bilatérale segmenté en trois parties : Tête – Thorax – Abdomen par exemple) permettent cependant de les distinguer assez aisément des autres membres du phylum.

Chaque région du corps des insectes porte des appendices articulés qui se sont spécialisés, sur certains, pour remplir des fonctions diverses (antennes, ailes, pattes, pièces buccales, ovipositeur, etc.). Ces divers appendices constituent par ailleurs des éléments très utiles pour la taxonomie des insectes (Figure 2).

En effet, même si à ce jour, les outils moléculaires sont de plus en plus utilisés pour l'identification et/ou la classification des insectes, les techniques traditionnelles de systématique phylogénétique se basent encore sur des clés dichotomiques qui exploitent ces différences/similitudes entre taxons pour établir un système de classification efficace dont le mérite est de permettre de mieux appréhender l'organisation de cette classe étonnamment diversifiée.

2.2. Insectes : Aperçu général

A côté des similarités avec celle des vertébrés, la physiologie des insectes comporte également un certain nombre de mécanismes originaux qui ont certainement contribué au large succès de ces invertébrés et à leur adaptation aux habitats les plus variés.

Une des différences manifestes se trouve par exemple dans la façon dont l'oxygène est apporté aux cellules. En effet, chez les insectes, le système respiratoire est

formé de trachées qui s'ouvrent sur l'extérieur par des stigmates (KLOWDEN, 2007). En approvisionnant directement leurs cellules en oxygène, les insectes ont éliminé la dépendance à l'égard d'un vaste réseau de fluides qui ferait circuler l'oxygène comme chez les vertébrés. En plus, bien que le système trachéal fournisse une surface considérable perméable à l'eau et l'oxygène, la perte d'eau par cette voie est minimale du fait que le système n'est ouvert vers l'extérieur qu'au niveau des petites surfaces d'échange que les stigmates présentent à l'environnement.

Ces systèmes de stigmates peuvent même avoir des fonctions accessoires en plus de leur rôle dans les échanges de gaz. Par exemple, chez certains Orthoptères (*Romalea spp.*), le système trachéal est modifié pour la libération de sécrétions défensives (un composé phénolique produit par un épithélium glandulaire). De même, pour certains Dictyoptères (*Diploptera punctata*, *Blaberus discoidalis*, etc.), les sécrétions défensives sont expulsées sous la pression de l'air à travers les ouvertures stigmatiques.

Le système circulatoire pour sa part, est de type ouvert. Les tissus et organes internes baignent dans l'hémolymphe (le fluide extracellulaire le plus abondant : entre 15 à 75 % du volume total) propulsé activement sur toutes les surfaces internes par des pompes spécialisées et les mouvements du corps (KLOWDEN, 2007). Ses rôles les plus importants sont entre autres de servir comme milieu où baignent les cellules (assurant ainsi des échanges dynamiques des substances), servir comme réservoir pour l'eau ou certains métabolites et de procurer la pression hydrostatique nécessaire à la mue et au maintien de la forme du corps.

A côté des fonctions mentionnées précédemment, le système circulatoire des insectes offre un milieu dans lequel se livrent des batailles contre une multitude de microorganismes pathogènes (virus, bactéries, champignons) et autres insectes parasitoïdes. Les principaux participants à ces interactions au niveau des insectes (hôtes) sont les hémocytes. Ces cellules ont par ailleurs des rôles variés dans le métabolisme, incluant la phagocytose des particules étrangères et l'encapsulation des parasites (RESH et CARDE, 2009).

Les insectes disposent ainsi d'un certain nombre de mécanismes immunitaires à la base d'un système de défense biologique relativement élaboré, sans lequel les infections provoquées par des pathogènes auraient obligatoirement été fatales.

Généralement, la première ligne de défense face aux agressions extérieures est la cuticule. En effet, celle-ci recouvre entièrement la surface du corps des insectes, offrant par ailleurs un point d'attache pour les muscles. La cuticule est une partie intégrale du tégument qui inclut aussi les cellules épidermiques sécrétrices et un nombre varié de glandes et d'organes (Figure 3). Toute brèche sur la cuticule cause une coagulation immédiate de l'hémolymphe et une mélanisation au niveau du site de la blessure.

L'épaisseur de cette cuticule varie significativement en fonction des espèces, de la partie du corps considérée et du stade de développement de l'insecte. Les propriétés mécaniques des cuticules sont également très diversifiées, certaines ont même des

propriétés spéciales comme une extrême extensibilité ou une élasticité similaire au caoutchouc (RESH et CARDE, 2009).

Globalement, la cuticule des insectes est largement composée de protéines, de lipides et de chitine (CASA et SIMPSON, 2010). Souvent d'ailleurs, les protéines peuvent constituer plus de la moitié du poids sec de la cuticule de l'insecte. Les lipides contenus dans la cuticule jouent également un rôle dans la reconnaissance et la communication entre insectes. Les protéines et la chitine forment une matrice dans laquelle biomolécules et biopolymères interagissent pour conférer à la cuticule sa fonction mécanique et son rôle d'exosquelette (Figure 4).

Au regard du rôle de la chitine comme élément majeur de la structure de la cuticule, toute interférence par rapport à sa synthèse ou sa dégradation causerait des perturbations préjudiciables à l'insecte. C'est ainsi que la chitine est devenue une cible de choix pour une nouvelle génération d'insecticides « biorationnels », dont l'intérêt est de présenter une toxicité minimale pour les organismes non cibles (plantes et vertébrés) (GILBERT et GILL, 2010).

Ce type d'organisation reposant sur un exosquelette rigide impose par contre un certain nombre de contraintes à la croissance. En effet, à cause de la faible capacité de ce squelette externe à s'étendre, l'insecte devra muer un certain nombre de fois avant d'atteindre le stade parfait.

L'organisation du tégument n'est pas exactement la même sur toute la surface de l'insecte. Sur certaines régions (au regard des fonctions qui leur sont dévolues), des couches peuvent être absentes (ou au contraire beaucoup plus importantes). C'est le cas par exemple au niveau des « ecdysial lines », surfaces où l'exocuticule réduite sert de point d'émergence lors des mues.

En effet, lorsque l'endocuticule est digéré pendant la mue, seule reste une petite couche d'épicuticule qui pourra se rompre facilement par le nouveau tégument en croissance (Figure 5).

Une telle organisation de la cuticule peut d'un autre côté faciliter des stratégies de défense face à la prédation. La saignée réflexe *inter alia*, intervient lorsque l'insecte se sentant en danger, accroît sa pression interne au point que le tégument se déchire aux zones de moindre résistance, libérant ainsi quelques gouttes désagréables d'hémolymphe (RESH et CARDE, 2009). Certaines espèces d'insectes présentent également des particularités dans l'organisation de leurs cuticules. C'est le cas de nombreuses espèces de chenilles qui possèdent un tégument dont l'exocuticule plus ou moins réduite leur confère une plus grande flexibilité et un meilleur potentiel de croissance.

Généralement, après une mue (d'un stade larvaire à un autre par exemple), la composition des cuticules ne varie pratiquement pas : la nouvelle cuticule reste similaire à celle qui a été remplacée. Par contre, après une métamorphose, la nature de la cuticule varie significativement et des structures différentes apparaissent généralement sur l'exosquelette (ailes, pattes, ovipositeur, etc.).

Chez les insectes, mues et métamorphoses sont contrôlées et coordonnées par un système endocrinien qui régule la biosynthèse et le métabolisme d'une série d'hormones (ecdysones, hormones juvéniles et ecdystéroïdes notamment). Les principaux sites de biosynthèse de ces hormones sont les glandes prothoraciques et les gonades (GILBERT, 2012).

Le(s) changement(s) en titre de ces hormones dans l'hémolymphe et les différentes interactions avec les glandes endocrines et les cibles, conduisent aux transformations évoquées plus haut. Ces transformations se produisent à des périodes critiques et sous des conditions bien précises en rapport avec le stade du cycle de l'insecte, son alimentation et les conditions du milieu.

De grandes concentrations d'ecdystéroïdes ont également été découvertes dans les sécrétions défensives de certains coléoptères (*Chrysolina carnifex* - Chrysomelidae). Ceci porte à croire qu'à côté de leurs fonctions majeures dans la régulation des processus de développement et de reproduction, les ecdystéroïdes joueraient par ailleurs un rôle comme allélochimiques dans certains cas (LAURENT et al., 2003).

Même si des stratégies défensives de ce genre (reposant sur des hormones de mue) sont relativement peu nombreuses, il faudrait cependant relever que les mécanismes de défense que les insectes peuvent déployer sont assez variés ; convergeant parfois vers des types similaires. C'est le cas des stratégies mimétiques (chez *Papilio laglaizeii* vs *Alcides agathyrus*), des stratégies de camouflage comme l'homochromie (coloration cryptique des Geometridae) ou l'homotypie (cas des Phyllidae). La livrée aposématique, signal de danger (chez des espèces de chenilles ou adultes d'Arctidae par exemple), suffit également à dissuader la prédation.

Des stratégies de défense particulières peuvent également être mises en place par des insectes grégaires. A titre d'exemple, les larves de certains Coléoptères (Cassidinae, Curculionidae, etc.) peuvent coordonner leurs mouvements et adopter une conformation annulaire qualifiée de « Cycloalexie » (JOLIVET et KRHSNA, 2005).

Il peut aussi s'agir de mécanismes de communication chimique impliquant la libération de phéromones pour alerter des individus proches (conspecifics ou non). La perception du signal d'alarme par les congénères induit un certain nombre de réactions comportementales allant de l'agressivité à l'évitement (fuite).

De tels mécanismes de défense sont assez répandus dans le monde animal et se retrouvent, entre autres, chez des insectes présociaux comme les Aphididae (VERHEGGEN et HAUBRUGE, 2010). Les composés volatils émis par certaines de leurs espèces ont même pu être caractérisés. Il en ressort que le principal composant actif (sécrété en quantités importantes par les cornicules de ces insectes) est un sesquiterpène nommé (*E*)- β -farnésène (FRANCIS et al., 2005).

HOWSE (1998) précise que les réactions observées en réponse au signal chimique peuvent varier en fonction de la concentration de phéromone émise et éventuellement de l'expérience antérieure du récepteur.

Les modèles des espèces sociaux méritent également d'être relevés. En effet, ces espèces ont développé des mécanismes de défense (parfois très sophistiqués) qui leur permettent de proliférer sans être inquiété par les prédateurs potentiels. Les cas des insectes organisés en castes (Apidae, etc.) sont relativement bien connus. Ces exemples permettent cependant d'entrevoir à quel point les sociétés d'insectes peuvent être organisées et altruistes ; l'intérêt individuel passant après celui du groupe.

Des espèces eusociales (où chaque individu du groupe travaille pour la colonie et non pour son propre profit) peuvent édifier de véritables forteresses ou engendrer un véritable « super-organisme » (HOLLDÖBLER et WILSON, 2009). C'est le cas de nombreuses colonies de Termitidae (Isoptera) dont l'effectif gigantesque peut représenter une biomasse aux proportions formidables. Dans certaines régions tropicales, leur peuplement peut même être un constituant essentiel de la zoocénose des écosystèmes terrestres (MALAISSE, 1997).

Des mécanismes de communication spécifiques constituent les piliers des interactions sociales caractéristiques de ces communautés. Les insectes sociaux disposent en effet d'un certain nombre de stratégies de communication distinctes. Par exemple, la transmission des informations peut impliquer des messagers chimiques (phéromones sécrétées par un certain nombre de glandes exocrines - Figure 6) dont la perception par les congénères induira des comportements caractéristiques : soit des effets immédiats et réversibles sur le comportement (attraction sexuelle, recrutement, trophallaxie, etc.), soit alors des effets différés et non réversibles (maturation sexuelle, différenciation des castes, etc.).

De nombreux prédateurs et parasites ont par ailleurs développé l'aptitude à identifier les molécules odorantes de leurs proies : pour les émetteurs, la communication devient de ce fait trahison (FRANCIS et al., 2005; VERHEGGEN et HAUBRUGE, 2010). Des organismes aussi spécialisés représentent désormais des alliés de choix pour les stratégies de contrôle biologique par utilisation de sémioc chimiques.

Conjointement à ces flux d'odeurs, les insectes emploient également des mécanismes non chimiques pour la transmission des informations aux congénères. Ces mécanismes peuvent être des sons ou stridulations particulières (chez de nombreux Orthoptères), soit des vibrations ou des mouvements caractéristiques de certaines parties du corps (comme la danse chez les Apidea), soit encore un contact physique (ou des signaux tactiles) entre insectes.

Il faut cependant relever que pour la communication par le toucher (comme les contacts antennaires chez les Formicidae notamment) l'information exacte transmise n'est pas aussi bien établie que pour les sémioc chimiques. De plus, ces genres d'échanges servent principalement à recevoir une information (identifier les odeurs et autres phéromones produites par les glandes exocrines) plutôt qu'à en donner (HOLLDÖBLER et WILSON, 2009).

2.3. Insectes : Rôle écologique, nuisibilité, utilité

2.3.1. Les insectes : nuisibilité et dégâts

La perception de la nuisance des insectes est intimement liée aux ravages et maladies qu'ils peuvent causer. Pourtant, au vu de l'extraordinaire abondance et de la diversité spécifique que cette classe comporte, le nombre d'espèces nuisibles reste relativement faible.

Dans le domaine de la protection des cultures particulièrement, la nuisibilité des insectes se manifeste surtout à des densités élevées ; les dégâts (directs ou indirects) pouvant alors atteindre des seuils économiques justifiant le déploiement de mesures de lutte. C'est le cas des espèces d'Homoptères envahissantes (des Aphididae par exemple), ravageurs redoutables pour de nombreuses cultures ; ou encore le cas des espèces grégariaptées d'Acrididae (Orthoptères) dont les invasions spectaculaires connues depuis les temps de la Bible, font peser aujourd'hui encore, une sérieuse menace sur l'équilibre alimentaire de certains pays du Sahel (RACHIDI, 1991).

Il convient également d'insister sur le fait que plusieurs de ces bioagresseurs sont par ailleurs des vecteurs essentiels pour la transmission de nombreux agents phytopathogènes. En effet, compte tenu des multiples interactions que les insectes entretiennent avec de nombreuses entités biologiques parasites, ils en servent également comme moyen de dissémination privilégié dans l'espace ou dans le temps.

Les études sur des cas de vexion sont relativement nombreuses et une grande proportion de données disponibles à ce jour concerne surtout les phytovirus transmis par des insectes phytophages possédant des pièces buccales de type piqueur-suceur (Homoptères et Hétéroptères principalement).

Pour les pathogènes ne pouvant franchir seuls les barrières végétales, les blessures (piqûres d'essai, d'alimentation, etc.) occasionnées par ces insectes constituent dès lors une voie d'entrée particulièrement efficace (Figure 7). Généralement, il existe une relative spécificité pour ces types de transmission : une espèce d'insectes ne pouvant transmettre qu'un nombre restreint de maladies à un nombre restreint de plantes. Les cas des insectes généralistes sont plutôt rares.

Pour les pathogènes qui possèdent des mécanismes actifs de pénétration (les champignons par exemple), les insectes interviennent principalement comme supports de transmission horizontale de l'inoculum. En effet, la dynamique des populations de certaines espèces d'insectes fait d'elles des véhicules de premier plan dans la propagation de l'allo-inoculum, pouvant ainsi déboucher sur des situations épidémiques coïncidant avec les périodes de survenance des insectes dans les parcelles de culture.

2.3.2. Les insectes : utilité et services

La nuisibilité de certaines espèces d'insectes ne doit absolument pas masquer le fait que ces précieux invertébrés servent plus qu'ils ne desservent. En effet, à côté des rôles assez bien connus des insectes dans les fonctions écologiques essentielles au maintien de la

vie comme la fécondation naturelle des plantes entomophiles (cas de nombreux auxiliaires agricoles comme les Apidae, des Buprestidae, etc.), dans le recyclage de la matière organique (Coléoptères coprophages, saprophages), etc. ; certains autres aspects des interventions bénéfiques des insectes méritent ici d'être soulignés.

Dans certaines disciplines scientifiques, les insectes ont été les supports principaux des avancées majeures : l'étude des diptères par T. H. MORGAN a permis de nombreuses avancées en génétique; les travaux de L. PASTEUR sur le rôle pathogène de certains microorganismes et les conditions de leur transmission sur des Bombycidae (insectes ayant servi pendant des siècles à fournir de la soie pour la confection des tissus) ont également amélioré les connaissances en microbiologie. La médecine légale doit aussi beaucoup aux insectes car c'est l'étude méticuleuse de la succession des différentes escouades de nécrophages qui permet de poser les bases de l'entomologie forensique (DEKEIRSSCHIETER et al., 2012).

En protection des cultures, de nombreuses espèces entomophages servent également comme auxiliaires pour le contrôle des espèces (animales et végétales) nuisibles. Comme exemple parmi tant d'autres, certaines familles de Coléoptères coccidiphages (Coccinellidae, Anthribidae, etc.) comptent parmi les prédateurs spécialistes utilisés pour le contrôle biologique des espèces de Coccoidea (Homoptères).

Un autre modèle d'utilité en lutte biologique est donné par les prédateurs généralistes parmi lesquels se trouvent de nombreux Coléoptères, des Névroptères, etc. Ce dernier ordre par exemple, contient une famille d'insectes (Chrysopidae) connue pour sa voracité sur de nombreuses espèces nuisibles appartenant à différents taxons dont des Homoptères (Aphididae, les Coccoidea, etc.), des chenilles (Lépidoptères) et Aphididae, les Coccoidea, etc.), des chenilles (Lépidoptères) et même des Tetranychidae (Acariens).

Au même titre que tous ces prédateurs (généralistes et spécialistes), les espèces d'insectes parasites (et les parasitoïdes) constituent également des auxiliaires précieux en lutte biologique. Des cas relativement bien illustrés se retrouvent chez les Hyménoptères Apocrites.

En effet, certains de leurs taxons (les Chalcidoidea par exemple, surperfamille à laquelle les Encyrtidae appartiennent) sont connus pour le très grand nombre d'espèces parasites/parasitoïdes d'Homoptères qu'elles contiennent. La faune d'Encyrtidae parasitoïdes de Coccoidea comprend à elle seule plusieurs centaines d'espèces réparties au moins en 45 genres distincts (BEN-DOV et HODGSON, 1997).

Un exemple des plus probants de l'utilité des insectes a par ailleurs été donné par cette famille contre l'extension de *Phenacoccus manihoti* (Coccoidea), véritable fléau sur *Manihot esculenta* dans plusieurs pays d'Afrique.

Les services rendus par les insectes sont encore nombreux. D'ailleurs, ces dernières années, avec l'essor des Biotechnologies, les applications dans lesquelles les insectes (ou leurs dérivés) interviennent comme modèles ou comme supports principaux se multiplient rapidement (VILCINSKAS, 2011). Les possibilités des interventions de cette classe d'Arthropodes au bénéfice de l'homme restent encore larges et justifient à bien d'égards l'intérêt qui devra être accordé ; longtemps encore, à ces précieux invertébrés.

3. L'ENTOMOPHAGIE

3.1. Histoire

L'entomophagie, pratique consistant à consommer des insectes, remonte à des milliers d'années et a été assez bien documentée dans pratiquement toutes les parties du monde. L'étude du passé montre que déjà les premiers hommes dans le sud de l'Afrique utilisaient des outils particuliers pour collecter les termites dont ils se nourrissaient (BLACKWELL et D'ERRICO, 2001).

A ce jour ; même si l'entomophagie est en régression dans certaines régions du globe, elle prospère cependant dans bien d'autres, comme il en ressort des travaux menés à ce sujet par différents auteurs (MALAISSE, 2005 ; RAMOS-ELORDUY, 2009 ; DURST et al., 2010).

En effet, le contexte alimentaire actuel (et futur) engendre plusieurs préoccupations et accroît la nécessité de prendre des mesures décisives pour protéger les écosystèmes qui appuient la croissance économique et sustentent la vie sur terre. Ceci amène à reconsidérer les insectes à leur juste titre - comme sources valables de protéines, de lipides, de vitamines et de minéraux.

Par ailleurs, sur base des connaissances acquises à ce jour sur ce sujet, la question n'est plus tellement de savoir si les insectes sont comestibles (ce dont on peut se convenir aisément), mais plutôt de savoir pourquoi et comment les intégrer durablement dans la consommation humaine (au même titre au moins que les autres sources d'éléments nutritifs).

Selon RAMOS-ELORDUY (2005), géographiquement l'Afrique et l'Amérique (du sud) représentent les continents où la biodiversité en rapport avec l'entomophagie est la plus importante (certaines espèces étant par ailleurs consommées sur plusieurs continents à la fois). Les données disponibles à ce jour indiquent environ 679 espèces d'insectes consommées en Amérique contre 524 en Afrique (Tableau 2).

L'estimation exacte du nombre d'espèces consommées à travers le monde reste assez délicate à établir, mais des données récentes indiquent que près de 2000 espèces ont été enregistrées comme aliments pour l'homme (RAMOS-ELORDUY, 2009). En plus, dans l'ensemble comme le montre le tableau ci-contre (Tableau 3), 4 ordres principaux - Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera et Lepidoptera - contiennent l'essentiel des espèces d'insectes consommés dans le monde.

3.1.1. Entomophagie : Intérêts et Risques

3.1.1.1. Entomophagie : Intérêts

Au regard de la formidable biodiversité que représente la classe des insectes, le nombre d'espèces comestibles pour l'homme est certainement plus important que les estimations actuelles ne prévoient.

Ces dernières années notamment, de plus en plus de travaux scientifiques se penchent sur l'entomophagie et la valeur alimentaire des différentes espèces comestibles répertoriées à ce jour. En effet, les résultats de nombreuses études montrent que les insectes sont très riches en acides aminés et protéines, en acides gras et lipides, en éléments minéraux et en vitamines bénéfiques à la santé humaine (DURST et *al.*, 2010).

a. Protéines

A bien d'égards, les protéines constituent la base de l'activité de tout organisme et ; dans cet ordre de choses, la richesse protéique que comporte la majorité d'insectes comestibles justifie l'intérêt qui doit leur être accordé.

En effet, pour la plupart des insectes comestibles analysés (aussi bien les œufs, les larves, les pupes que les imagos), les résultats indiquent une teneur en protéines brutes autour de 20 -70 % (MALAISSE, 1997, MALAISSE, 2005).

Conformément à ces données, le contenu en protéines des insectes est supérieur à celui de la plupart de végétaux. Pour certaines espèces d'insectes la teneur en protéines est même supérieure aux différents produits carnés consommés habituellement (viande de bœuf, œufs ou volailles) (Tableau 4).

Au sujet des acides aminés, DURST et *al.* (2005) indique que l'analyse d'environ 100 types d'insectes comestibles montre que le contenu en acides aminés essentiels est de 10 - 30 %, couvrant à peu près 30 - 35 % de tous les types d'acides aminés.

Le contenu en protéines et acides aminés varie significativement d'un ordre d'insectes à l'autre. MALAISSE (1997) rapporte également que la teneur en acides aminés peut varier fortement pour une même espèce, d'une caste à une autre (cas notamment des espèces de Termitidae - Isoptera).

Ces résultats ; malgré leurs différences, permettent cependant d'apprécier la valeur alimentaire des insectes notamment en termes de protéines. Dans tous les cas, ils ne devraient pas continuer à être considérés comme une nourriture pour les « pauvres », mais bien pour ce qu'ils sont effectivement - une source valable de protéines et d'acides aminés essentiels qui vaut bien la peine d'être exploitée.

b. Acides gras

Un apport minimal et régulier par l'alimentation reste nécessaire pour tous les acides gras essentiels ne pouvant être synthétisés (ou être produits en quantité suffisante) par l'organisme. De ce point de vue, beaucoup d'insectes comestibles présentent un réel intérêt au regard de la richesse en acides gras qu'ils contiennent.

En effet, les résultats des analyses de lipides reprises dans le tableau ci-contre (Tableau 5) indiquent par exemple, que l'acide linoléique (C18:3) - acide gras essentiel dont l'organisme humain a besoin car il ne peut le synthétiser lui-même - représente habituellement plus d'un tiers des acides gras que contiennent les insectes (MALAISSE, 1997).

Différentes valeurs d'acides gras pour quelques espèces sont illustrées dans le tableau ci-contre (Tableau 6). Même s'il faut relever que le contenu en acides gras saturés et/ou insaturés varie selon les espèces, des résultats comme ceux indiqués dans ce tableau plaident en faveur de la consommation d'insectes.

c. Autres éléments nutritifs

En dehors des protéines et des lipides dont les teneurs sont particulièrement élevées, les insectes comportent également une proportion significative d'hydrates de carbone et de sels minéraux divers.

Les fonctions assurées par les sels minéraux et les hydrates de carbone sont tout aussi importantes que celles des protéines et des lipides, auxquels d'ailleurs les hydrates de carbone peuvent se combiner pour former des complexes jouant dans l'organisme humain, un rôle physiologique important. Des études récentes indiquent même que les insectes contiennent des quantités importantes de polysaccharides qui peuvent renforcer les fonctions immunitaires du corps humain (SUN et al., 2007).

La consommation d'insectes apporte ainsi à l'homme une proportion significative de glucides et de sels minéraux divers (Tableau 7). Quant aux vitamines - en proportion significative également (Tableau 8) - la consommation journalière de 50 g de chenilles fumées couvrirait aisément les besoins humains en riboflavine et en acide panthothénique et environ 30 % des besoins en niacine (MALAISSE, 1997).

A l'exemple des tableaux précédents, de plus en plus de travaux fournissent des données qui corroborent l'intérêt nutritionnel des insectes, conduisant à un changement d'attitude qui se traduit - particulièrement dans les régions où cette pratique a régressé - par une demande de plus en plus grandissante par rapport à l'entomophagie.

3.1.1.2. Entomophagie : Risques

Un simple regard sur le passé permet de comprendre la nécessité de s'assurer qu'un regain d'intérêt par rapport à l'entomophagie n'engendrerait pas de problèmes quant à la préservation de la biodiversité entomologique et floristique.

En effet, les besoins de plus en plus grandissants en espèces d'insectes pour satisfaire les besoins alimentaires de l'homme, conduiraient inévitablement à une plus forte pression sur les ressources entomologiques naturelles.

Cet état de choses menacerait fatalement la biodiversité entomologique, mais également la biodiversité floristique eu égard aux associations parfois très spécifiques entre certaines espèces d'insectes et certaines espèces végétales. C'est le cas notamment de nombreuses espèces de Lépidoptères monophages pour lesquelles les techniques de récolte traditionnelle nécessitent parfois l'abattage de leur habitat naturel, c.à.d. des espèces végétales sur lesquelles ces espèces d'insectes sont inféodées (VANTOMME *et al.*, 2004).

A côté de telles techniques de récolte destructives, les risques sur la biodiversité animale et végétale se trouvent également aggravés par le fait que beaucoup d'espèces comestibles (Lépidoptères surtout) sont univoltines (MALAISSE, 1997). Partant de cette contrainte, une période de récolte bien précise doit être rigoureusement respectée au risque que la forte pression anthropique (pour satisfaire une demande grandissante) ne nuise fatalement à la biomasse et à la dynamique des populations concernées.

Le regain d'intérêt envers l'entomophagie ne présente pas seulement des risques par rapport aux ressources naturelles, mais également de manière directe ou indirecte, par rapport à l'homme lui-même.

Les risques indirects sont ceux qui découleraient de la régression de la biomasse et/ou de la biodiversité entomologique (et floristique) suite à la forte pression anthropique, étant donné que certaines espèces d'insectes participent à des fonctions écosystémiques importantes ou qu'ils constituent un maillon important de la chaîne alimentaire. Les risques directs sont ceux en rapport avec la consommation directe d'insectes représentant un danger pour la santé humaine.

Même si ces risques d'intoxication ne sont pas foncièrement différents de ceux inhérents à la consommation de tout aliment toxique, il convient cependant de signaler que les insectes présentent quelques particularités dont les pratiques entomophages devraient tenir compte.

Par exemple, certaines espèces d'insectes peuvent ressembler à des insectes comestibles alors qu'en fait elles sont désagréables à manger voire toxiques. D'autres, normalement saines et comestibles, peuvent devenir toxiques et dangereuses pour la santé humaine quand elles se nourrissent sur des plantes toxiques ou proviennent d'habitats pollués par des traitements pesticides (HANS, 2010).

Malgré que de tels cas d'intoxication soient relativement peu documentés, il faut cependant insister sur l'attention à accorder au risque d'ingestion d'insectes non comestibles (comme certains Meloidae), ou sur le respect des techniques spéciales de préparation pour les détoxifier avant consommation.

Pour être plus complet au sujet des risques relatifs à l'entomophagie, il convient également de prendre en compte deux autres faits. Premièrement, les insectes (comme pratiquement tous les autres animaux) sont également porteurs de symbiotes et/ou

d'organismes entomopathogènes dont l'ingestion par l'homme peut conduire à des parasitoses (MITSUHASHI, 2010).

En second lieu ; avant d'arriver au consommateur, les insectes doivent être collectés, conservés et transportés dans les meilleures conditions possibles. Des contaminations et détériorations conduisant à des décès ont déjà été rapportées, notamment après consommation de termites conservés en conditions anaérobiques dans des sacs plastiques contaminés par *Clostridium botulinum* ou suite à la consommation de termites en mélange avec des Staphylinidae (coléoptères termitophiles toxiques) (HANS, 2010).

Toutes les considérations évoquées en rapport avec les risques relatifs à l'entomophagie ne doivent aucunement jeter le discrédit sur cette pratique au point de masquer le grand intérêt alimentaire des insectes.

En effet, à bien d'égards les insectes constituent un aliment de grande valeur nutritionnelle ; et si des risques liés à leur consommation existent, ils restent tous comptes faits, relativement similaires à ceux liés à la consommation d'autres animaux.

En plus, si les pratiques entomophages ont régressé dans certaines sociétés ; en Europe et en Amérique du Nord notamment où elles ont pourtant existé pendant une certaine période (MIGNON, 2002), elles restent cependant bien intégrées dans bien d'autres (en Amérique du Sud, Afrique, Asie) où la consommation d'insectes représente un apport protéinique extrêmement important ; quand il ne s'agit pas de simples mets appréciés par de fins gourmets.

3.1.2. Entomophagie : Quelques exemples dans le monde

3.1.2.1. Exemples de techniques de récolte

A travers le monde, les exemples de collecte et/ou conservation d'insectes à des fins alimentaires sont nombreux au point qu'il est difficile d'en dresser une liste exhaustive.

Quand les insectes à consommer doivent être collectés dans la nature, plusieurs stratégies peuvent intervenir pour repérer les colonies. Par exemple, certaines espèces de Lépidoptères trahissent leur présence lors de fortes pullulations par des fèces présentes en grand nombre aux pieds des arbres dont ils se nourrissent. Certaines autres (comme les chenilles processionnaires) se trahissent par la présence de bourses brunes accolées sur les troncs des arbres.

Des sons particuliers ou d'autres signes observables sur la frondaison des arbres et arbustes (une défoliation caractéristique par exemple) permettent également de déceler la présence des colonies d'insectes phytophages (MALAISSE, 1997).

Les insectes ainsi repérés peuvent être récoltés par différentes techniques. Il peut s'agir d'un simple ramassage d'espèces grégaires (comme certains Pentatomidae vivant ou non au niveau du sol), ou après avoir agité avec vigueur les arbustes sur lesquels se développent les espèces recherchées. Le ramassage peut également intervenir après avoir

allumé un petit feu au pied de l'arbre hôte attendant que la fumée fasse tomber des insectes engourdis.

Pour certaines espèces de Notodontidae manifestant un géotropisme positif à maturité ou après défoliation de l'hôte, la récolte de chenilles peut se faire aisément à hauteur de poitrine pendant les périodes de migration vers le sol (MALAISSE, 1997). Certaines techniques extrêmes sont également employées (abattage des branches ou des arbres) pour faciliter un ramassage au sol (LATHAM, 2003 ; MAPUNZU, 2002).

Pour les espèces d'insectes terricoles (comme des Gryllidae) et d'autres insectes devant se nymphoser dans le sol, le ramassage peut se faire après déterrement des individus enfouis dans les premiers centimètres du sol.

La collecte de certaines espèces d'insectes (comme les Termitidae) peut par contre impliquer des techniques comme l'enfumage de la termitière ou des pièges simples (pots en terre remplis d'eau) pour attirer les individus ailés.

Il est également possible de recourir à des pièges lumineux (torches en paille notamment) pour attirer certains insectes aux mœurs nocturnes ou à des pièges gluants (un bâtonnet couvert d'un peu de glu) pour immobiliser certaines espèces de Cicadidae (Homoptera) ou de Cetoniidae (Coleoptera) (ROULON-DOKO, 1998).

La connaissance de la biologie, de la dynamique des populations et des réponses par rapport aux facteurs environnementaux (comme la température) peut également faciliter la récolte de certaines espèces d'insectes. C'est le cas notamment des espèces invasives d'Acrididae (Orthoptera) qui sont de préférence récoltées tard le soir ou très tôt le matin alors qu'ils sont encore engourdis (NONAKA, 1996).

La plupart des espèces d'insectes comestibles présentent cependant une forte saisonnalité conduisant à des périodes de rétrogradation (MALAISSE, 1997). Ainsi, face aux besoins grandissants par rapport à l'entomophagie et grâce à de meilleures connaissances sur la biologie, les cycles et l'écologie des espèces d'intérêt alimentaire, une véritable zootchnie entomologique s'organise petit à petit un peu partout dans le monde (HARDOUIN, 2003).

3.1.2.2. Exemples de préparation, conservation et consommation

En général, les méthodes de préparation et de conservation varient en fonction des ordres d'insectes concernés et des habitudes alimentaires propres à chaque communauté.

Dans certains pays d'Afrique centrale notamment, une trentaine d'espèces de chenilles (Lepidoptera) appartenant à une douzaine de familles sont consommées crues ou sont alors séchées voire fumées (boucanées) de manière à en assurer également une bonne conservation.

Des valeurs avoisinant les 40 g de chenilles fumées consommées par personne par jour sont signalées, ce qui représente un commerce annuel important (plusieurs centaines de tonnes) (MALAISSE, 1997).

VAN (2003) rapporte que les chenilles de Lépidoptères sont purgées, comprimées ou maintenues à jeun pendant quelques jours pour être débarrassées de leurs excréments. Un tel procédé peut également permettre de vider le tractus digestif de l'insecte de substances toxiques dont il se serait nourrit.

Les espèces possédant des poils peuvent être soit chauffées ou fumées après avoir été bouillies dans de l'eau salée. Au Burkina Faso et au Mali, les chenilles de *Cirina forda* sont bouillies dans de l'eau puis frites dans du beurre de Karité. En Tanzanie, les chenilles d'*Anaphe panda* (Notodontidae) sont cuites fraîches ou séchées et réduites en farines pour le stockage.

Dans les régions du Sahel, les espèces d'Acrididae (Orthoptera) sont très consommées et appréciées. Les espèces larges, en particulier les femelles sont préférées car à la fin de la saison des pluies, elles contiennent beaucoup d'acides gras et portent beaucoup d'œufs (BARRETEAU, 1999). Après avoir été débarrassés de certains appendices (pattes, ailes, voire tête), ces insectes sont ensuite cuits, frits ou rôtis.

D'autres espèces de Tettigoniidae sont même considérées comme friandises en Afrique centrale, occidentale et australe, au point qu'en Ouganda par exemple, les périodes correspondant aux pullulations de ces espèces affectent significativement la vente de viande et de poissons (MULISSA, 1997).

De nombreuses espèces de Coléoptères sont également consommées un peu partout dans le monde. C'est le cas de larves de Tenebrionidae, de Cerambycidae, de Buprestidae grillées, rôties ou pilées et mélangées avec différents condiments ou fruits pour former une pâte.

VAN (2003) cite également le cas de larves de *Rhynchophorus spp.* (Curculionidae) fort appréciées en Asie, en Afrique et en Amérique où elles se consomment par ailleurs de différentes manières. Les exemples de préparation et de consommation d'espèces de *Rhynchophorus* sont particulièrement nombreux, ce qui en fait incontestablement l'une des principales espèces d'insectes consommées au monde.

En Indonésie par exemple, *R. bilineatus* est une des espèces d'insectes principalement consommées. Les larves sont récoltées un mois après l'abattage des palmiers (*Metroxylon sagu*) destinés à la production de Sagou. Ces larves sont consommées crues ou après avoir été rôties (RAMANDEY et HENK, 2010).

Des exemples similaires pour *R. ferrugineus* ont également été rapportés en Malaisie (CHUNG, 2010), en Thaïlande (HANBOONSONG, 2010), au Sri Lanka (NANDASENA et al., 2010), en Australie (YEN, 2010).

D'autres espèces notamment *R. palmarum* sont également consommées en Amérique latine (JOHNSON, 2010). Les larves de l'espèce africaine *R. phoenicis* sont pour leur part consommées frites ou grillées, mais peuvent également entrer dans diverses préparations culinaires dans des pays d'Afrique centrale (MAPUNZU, 2002).

Les espèces d'insectes consommées à travers le monde sont encore nombreuses et appartiennent pratiquement à tous les principaux ordres d'insectes. Des cas bien documentés de consommation d'Isoptères par exemple sont donnés en région zambézienne (MALAISSE, 1997).

Ces insectes peuvent même occuper une position prépondérante parmi les insectes consommés par certaines communautés au regard notamment de leur très large distribution, de leur effectif formidable et des périodes d'essaimage spectaculaire qui en facilite la récolte.

Parmi ces espèces d'Isoptères consommées, une place importante est occupée par les Termitidae (sous famille de Macrotermitinae principalement) : tant la reine - considérée comme un plat exquis réservée pour des grandes occasions - que les soldats et les ouvrières sont consommés en Afrique (MALAISSE, 2005) ou ailleurs dans le monde comme en Asie (MITSUHASHI, 2010) et en Amérique du sud avec pour exemples des cas relevés en Colombie (DEFOLIART, 2005) et au Venezuela (PAOLETTI et al., 2003).

Les méthodes de préparation sont ; comme pour toutes les autres espèces d'insectes, fort différentes. En Ouganda, par exemple, ces Isoptères peuvent être cuits à la vapeur ou fumés dans des feuilles de bananier. En Zambie, ils peuvent être bouillis, grillés pendant quelques minutes, séchés au soleil ou boucanés ; alors qu'au Kenya, ils sont parfois pilés et consommés avec du miel (VAN, 2003).

Il faut encore mentionner ici les exemples de consommation d'insectes Hyménoptères également répandus à travers le monde. Il peut s'agir soit des espèces de Formicidae consommées crues ou frits avec du sel dans l'Est ou le Sud de l'Afrique ou encore utilisées comme épices en Afrique centrale (en République centrafricaine notamment). Il peut également s'agir de la consommation des œufs de ces insectes que l'on fait frire comme au Cameroun (ROULON-DOKO, 1998 ; MALAISSE, 1997).

Depuis des centaines d'années, d'autres exemples de consommation de larves et pupes d'Hyménoptères (notamment des Apidae) sont également répertoriés dans plusieurs pays comme au Mexique, en Thaïlande, au Laos, au Japon ou en Chine - où il existe par ailleurs de nombreuses recettes et préparations très populaires (YING et al., 2010 ; BOULIDAM, 2010).

Les différents exemples à travers le monde développés ci-dessus (et d'autres encore qui peuvent l'être) illustrent l'intégration de l'entomophagie dans de nombreuses cultures et font comprendre qu'il ne s'agit en aucun cas, d'une simple pratique marginale dans les habitudes alimentaires de quelques groupes ethniques.

Les défis alimentaires auxquels les hommes devront faire face dans un futur proche ; partant des perspectives de croissance de la population mondiale face aux limites des ressources naturelles et des modèles production actuels, conduisent à réfléchir à des solutions alternatives et durables en matière de production alimentaire (PREMALATHA, 2011) ; et sous ce rapport, les insectes constitueront certainement un des premiers choix.

3.2. Entomophagie : Cas de Kinshasa en R.D. Congo.

Depuis très longtemps déjà, la consommation d'insectes fait partie intégrante des habitudes alimentaires des nombreuses communautés à travers le pays, mais les données à ce sujet ont longtemps fait défaut. C'est particulièrement au cours de ces dernières décennies que des travaux (comme ceux MALAISSE, 1997 ; LATHAM, 2003 ; MAPUNZU, 2002 ; MALAISSE, 2005) ont permis de mettre en évidence l'importante biodiversité dont ce pays dispose.

Quoique les données disponibles à ce jour permettent de constater une diversité en termes d'espèces d'insectes consommées, VANTOMME (2004) signale que les potentialités des pays du bassin du Congo (dont fait partie la R.D. Congo), restent encore importantes et méritent d'être plus sérieusement considérées dans les stratégies de sécurité alimentaire et de réduction de la pauvreté dans cette région.

En effet, l'analyse de la position géographique de ce pays sur le continent Africain permet de constater qu'il possède d'importantes ressources forestières pouvant contenir une faune entomologique considérable qui explique en partie la variabilité d'espèces consommées, signalées ou caractérisées à ce jour.

Par exemple, MALAISSE (2005), MAPUNZU (2002) et LATHAM (2003) citent de nombreuses espèces de Termitidae (Isoptera), des chenilles de diverses familles de Lépidoptères (Attacidae et Notodontidae principalement) et différentes autres familles appartenant aux principaux ordres d'insectes consommés à travers le pays (Tableau 9).

Plusieurs des espèces reprises dans le tableau précédent sont tout aussi bien consommées dans les zones rurales que dans les grandes villes du pays comme à Kinshasa. En effet, l'entomophagie est globalement bien intégrée dans les habitudes alimentaires de nombreuses ethnies et communautés traditionnelles à travers le pays (MAPUNZU, 2002 ; LATHAM, 2003).

Dans la capitale en particulier, la plupart des Kinois connaissent certaines espèces d'insectes (notamment des chenilles de Lépidoptères et les larves de quelques espèces de Coléoptères) vendues dans les différents marchés de la ville. Malheureusement l'identification taxonomique précise de ces espèces fait particulièrement défaut, au point que plusieurs espèces d'insectes sont souvent appelées par les mêmes noms vernaculaires ou alors une même espèce peut être identifiée sous plusieurs noms vernaculaires.

En même temps à Kinshasa, deux sentiments opposés par rapport aux pratiques entomophages sont présents : le premier résultant d'une consommation traditionnelle d'insectes bien intégrée dans les habitudes alimentaires de plusieurs communautés ; le second résultant d'un choc culturel et d'une occidentalisation progressive qui conduit à considérer les insectes comme une nourriture marginale par rapport à la viande ou à la volaille notamment. Cependant, le potentiel d'arriver à un compromis quant à l'entomophagie reste toujours important au regard du bagage culturel de nombreux Kinois et des traditions marquées par des interactions intimes avec les insectes (LATHAM, 2003).

En sa qualité de principale ville du pays, Kinshasa est alimentée en denrées alimentaires et autres produits forestiers (ligneux et non ligneux) par ses zones périurbaines et les différentes provinces du pays. C'est ainsi que la disponibilité en termes d'insectes comestibles est plus ou moins assurée tout au long de l'année (au moins 10 mois/an) ; même si dans les provinces respectives, la biomasse et la disponibilité en insectes peuvent significativement varier en raison des conditions climatiques différentes (Tableau 10a) (MAPUNZU, 2002).

Comme le montre le tableau précédent, pendant certains mois de l'année, l'approvisionnement en certaines espèces d'insectes dans les provinces et/ou dans la capitale du pays ne peut être assuré. A cet effet, MAPUNZU (2002) et LATHAM (2003) signalent différentes expériences de domestication (de quelques espèces de chenilles et de leurs plantes hôtes) dont les résultats ont été jugés encourageants.

MALAISSSE (1997) rapporte également quelques méthodes d'élevage des chenilles appartenant à trois espèces forestières, par certaines ethnies du Bandundu, (province voisine de Kinshasa). Il souligne par ailleurs que bien souvent, ces éleveurs connaissent parfaitement les essences qui hébergent les diverses espèces d'insectes dont ils se nourrissent grâce à des nombreuses observations *in situ*.

De telles expériences ont le mérite d'aider à mieux comprendre les contraintes relatives à la production *ex situ* d'insectes comestibles. Elles permettent également de réaliser les déficits qu'il faudrait encore combler avec pour objectif d'arriver à une véritable zootechnie entomologique (préalable à l'organisation d'une vraie filière autour des insectes comestibles) justifiée par les besoins en protéines, lipides et vitamines en R.D. Congo.

Par exemple, MALAISSSE (1997) établit la composition en acides gras pour quelques espèces d'isoptères consommées dans le pays (Tableau 10b). Les valeurs indiquées permettent d'apprécier l'apport de l'entomophagie et les potentialités de sa contribution à l'équilibre alimentaire de plusieurs ethnies à travers le pays.

Au regard de ces données, il est facile de comprendre qu'à bien d'égards, le développement de tels élevages pourrait contribuer à répondre aux besoins nutritifs (en termes d'acides gras et autres macronutriments) dans la capitale et/ou dans les provinces du pays vu que la population consomme volontiers diverses espèces d'insectes.

MAPUNZU (2002), par exemple, avance des chiffres de 6,12 g (insectes frais) par personne/jour, pour la période de juin à mars. Face au total des quantités fournies par les provinces, il estime que la consommation annuelle de chenilles à Kinshasa est de 9.600 tonnes. RAMOS-ELORDUY (2009) avance pour sa part les chiffres de 12.000 tonnes d'insectes consommés/an au Kasai-Occidental (province à l'Est de Kinshasa).

Quoique ces valeurs permettent d'approcher l'importance de l'entomophagie dans le pays, elles ne permettent cependant pas de prendre sa vraie mesure en R.D.Congo. Il est en effet difficile d'évaluer toutes ces consommations spontanées (par les enfants ou les femmes en particulier) d'espèces ramassées aux abords d'un champ ou de

quantifier tous ces insectes réduits en poudre et mélangés avec des céréales (maïs) et/ou des légumineuses (arachide) que les femmes apportent volontiers à leurs nourrissons.

A ce sujet, il existe d'ailleurs plusieurs méthodes de récolte et de préparation d'insectes dont certaines ont été décrites plus haut. Ces méthodes de préparation et de consommation varient grandement en fonction de l'espèce d'insecte concernée mais également en fonction des habitudes alimentaires propres à chaque communauté (LATHAM, 2003 ; MALAISSE, 2005).

Pour être complet, il faut signaler que comme dans toutes les cultures, il existe des aliments agréables à manger et recherchés pour leur saveur et d'autres refusés à la consommation - pouvant même constituer des tabous ; la consommation d'insectes (ou de certaines espèces) dans certaines communautés, peut faire l'objet d'interdits alors que ces mêmes espèces se consomment ailleurs dans le pays.

Les raisons de cet état de choses sont nombreuses, mais il peut s'agir soit d'interdictions touchant spécialement les femmes enceintes au risque d'attraper des maladies ou la folie (comme chez les Luba et les Rega par exemple), mais aussi d'interdictions plus générales, au regard des fonctions symboliques et mystiques dont jouissent les espèces comme les Mantidae chez les Basanga (MALAISSE, 1997).

Ces considérations restent bien ancrées dans les habitudes alimentaires de certains au point que même à Kinshasa ; ville pourtant cosmopolite où goûts et cultures se mélangent, il reste parfois difficile de faire accepter la consommation d'espèces d'insectes frappées d'interdit.

Quoi qu'il en soit, le regain d'intérêt à l'échelle internationale au sujet de l'entomophagie ces dernières années et les nombreux travaux qui mettent en évidence la grande valeur alimentaire de ces invertébrés, permettent de prédire que bientôt, les insectes se retrouveront même dans les assiettes des Congolais les plus sceptiques.

4. TECHNIQUES DE TYPAGE MOLECULAIRE ET D'ANALYSE CHIMIQUE

4.1. Techniques moléculaires

4.1.1. Introduction

Les techniques moléculaires sont variées et les applications dans lesquelles elles interviennent sont de plus en plus nombreuses. Elles répondent à des préoccupations dans des domaines très variés comme les analyses de diversité au sein d'un groupe d'organismes, la recherche d'une structure de génotypes ou la construction de cartes génétiques (BERVILLE et TERSAC, 1994). Les exemples développés dans la suite sont ceux utilisés dans le cadre de ce travail.

4.1.2. Réaction de Polymérisation en chaîne : PCR

La possibilité d'amplifier de nombreuses copies d'un gène ou une région du génome d'un organisme d'intérêt grâce à la réaction de polymérisation en chaîne a ouvert la voie à de nombreuses applications dans des domaines variés.

Son principe est relativement simple. En effet, la réaction de polymérisation en chaîne (PCR pour *Polymerase Chain Reaction*) repose sur trois étapes requises pour toute réaction de synthèse d'ADN : (1) Dénaturation, étape où les 2 brins de la molécule d'ADN bicaténaire sont séparées ; (2) Hybridation, les amorces s'apparient aux brins complémentaires d'ADN et encadrent les extrémités de la région à amplifier, (3) Elongation, étape aboutissant à la synthèse de nouveaux brins d'ADN (BARTLETT et STIRLING, 2003).

Les différentes réactions qui se déroulent lors de cette polymérisation en chaîne/amplification impliquent le travail d'une Taq polymérase, enzyme thermostable qui sert à allonger les amorces (primers) dans une série de cycles répétitifs.

Le choix des amorces de 20 à 30 nucléotides assure la spécificité de cette technique, étant donné que la probabilité de retrouver les mêmes régions d'ADN complémentaires aux amorces est presque nulle chez d'autres organismes. Le résultat de n répétitions des trois étapes (Dénaturation – Hybridation – Elongation), aboutit à la production de 2^n copies de la séquence d'ADN encadrée par les amorces (LEPOIVRE, 2003).

La visualisation des bandes se fait sous lumière ultra violette (UV) après électrophorèse sur gel d'agarose suivi d'une coloration par un marqueur non radioactif. La hauteur des bandes apparaissant sur le gel d'agarose coloré sera ensuite comparée avec l'échelle des poids moléculaires.

La PCR offre ainsi une méthode simple d'amplification et d'analyse de l'ADN des organismes d'intérêt. Cependant, pour de nombreuses applications recourant à la PCR, cet ADN devra être dans un état de pureté raisonnable et son extraction se faire avec précautions afin d'éviter toute contamination.

Une attention particulière devra être accordée au choix des enzymes (INNIS et *al.*, 1999), ainsi qu'au choix et au design des oligonucléotides notamment (YURVEY, 2007) ; car bien que la PCR soit largement utilisée, elle reste cependant sensible à de nombreux artefacts et facteurs environnementaux (BARTLETT et STIRLING, 2003).

4.1.3. Utilisation des marqueurs moléculaires : Technique RAPD

Le principe des RAPD (*Randomly Amplified Polymorphic DNA*) consiste à réaliser une réaction PCR sur de l'ADN génomique en utilisant une amorce courte (9 à 10 bases), de séquence arbitraire (WILLIAMS et *al.*, 1990).

Parmi les avantages qu'il faut attribuer à cette technique ; outre sa simplicité d'application, sont notamment qu'aucune connaissance préliminaire sur la séquence des nucléotides n'est requise. En effet, contrairement aux techniques recourant à des marqueurs de loci spécifiques (*Restriction Fragment Length Polymorphism* - RFLP, etc.) ; la RAPD ne cible pas une région particulière du génome mais révèle simultanément plusieurs locus. Les amorces utilisées s'hybrident de manière complètement aléatoire, permettant ainsi d'étudier des matrices d'ADN des systèmes biologiques pas ou peu connues.

Les produits d'amplification obtenus en RAPD, sont en général séparés en fonction de leur taille par électrophorèse sur gel d'agarose et visualisés sous UV. Les polymorphismes détectés par cette technique peuvent être utilisés par exemple comme marqueurs dans les études des liens de parenté génétique ou de la variabilité génétique d'un grand nombre d'organismes.

Les RAPD sont susceptibles de détecter le polymorphisme engendré par divers événements mutationnels comme: une délétion ou encore une insertion dans la séquence d'appariement de l'amorce, mais aussi une délétion ou une insertion génomique qui induit un changement de taille du segment d'ADN amplifié. Dans la plupart des cas, ces remaniements génomiques sont irréversibles de sorte qu'ils constituent d'excellents marqueurs génétiques (TARRIEU, 1994).

Les RAPD offrent une grande liberté de travail par rapport à des techniques comme la RFLP ou la SSR (*Simple Sequence Repeats*) notamment, mais elles comportent également un grand nombre de faiblesses qui en limitent actuellement l'utilisation.

Entre autres limites, la technique RAPD est peu reproductible (GREENSTONE, 2006). DAVIN-REGLI et *al.* (1995), précisent que le nombre, la reproductibilité et l'intensité des bandes sont fonction de multiples paramètres : Taq polymérase, nombre de cycles, méthodes d'extraction d'ADN, température d'hybridation, type de thermocycleur et concentration d'ADN. Ces paramètres doivent donc être standardisés et optimisés afin de garantir la reproductibilité des tests et la comparaison des résultats (JONES et *al.*, 1997).

4.2. Techniques d'analyse chimique

4.2.1. Introduction

Le nouvel essor que connaît l'entomophagie ces dernières années a engendré diverses études qui ont permis de caractériser le profil nutritionnel d'un certain nombre d'espèces d'insectes. En effet, l'analyse chimique de plusieurs espèces d'insectes consommées à travers le monde a permis d'établir des valeurs moyennes en macronutriments relativement importantes, qui encouragent l'intégration de cette classe d'Arthropodes dans l'alimentation humaine (MALASSE, 2005 ; DEFOLIART, 2005 ; DURST *et al.*, 2010).

Il existe plusieurs méthodes analytiques permettant l'analyse des protéines, lipides et autres constituants. Elles possèdent toutes des avantages, défauts et limites de détection. Les exemples suivants porteront sur les techniques utilisées dans ce travail.

4.2.2. Analyse d'azote et détermination de la teneur en protéines : Méthode DUMAS

A côté des méthodes directes utilisant les propriétés chimiques et physiques spécifiques aux protéines, il existe des méthodes indirectes passant par la détermination de la teneur en azote total pour déterminer la teneur en protéines d'une matrice organique. Les 2 principales méthodes de ce type sont les méthodes KJELDAHL (AOAC, 1999a) et DUMAS (AOAC, 1999b).

La méthode DUMAS par exemple, mesure l'azote total sous la forme d'azote gazeux, après une calcination complète de l'échantillon. Les gaz produits sont réduits par du cuivre puis desséchés ; le CO₂ est piégé. L'azote est ensuite quantifié à l'aide d'un détecteur universel. Selon THOMPSON *et al.* (2002), en moyenne la méthode DUMAS fournit des résultats relativement supérieurs (environ 1.4%) à ceux de la méthode KJELDAHL, mais cette différence entre les deux méthodes dépend du type d'aliment considéré.

La méthode DUMAS offre par ailleurs certains avantages par rapport à la méthode KJELDAHL, notamment le fait qu'elle n'expose pas à la manipulation de produits chimiques dangereux, avec en plus un très bon niveau d'automatisation et des temps d'analyse courts permettant le traitement d'une grande quantité d'échantillons avec une bonne fidélité. Bien que l'instrumentation soit relativement chère, la méthode DUMAS offre généralement une grande productivité.

Il faut toutefois signaler que toutes les deux méthodes précitées présentent néanmoins la même limitation dans ce sens que les résultats sont affectés par l'azote non protéique. Les teneurs en protéines totales sont par ailleurs calculées en multipliant l'azote total (N) par un facteur spécifique (THOMPSON *et al.*, 2002).

En effet, il existe différents facteurs spécifiques proposés pour différentes catégories d'aliments. Ces facteurs sont en général largement adoptés et utilisés par exemple dans des rapports FAO/OMS pour convertir l'azote mesuré en protéines (Tableau 11).

Il faut cependant relever que non seulement l'utilisation de certains de ces facteurs traditionnels pour des aliments individuels est critiquée, mais certains auteurs

affirment également qu'il serait plus adéquat de baser la mesure des protéines sur celles des acides aminés (KOIVISTOINEN et al., 1996).

Pourtant, la méthode traditionnelle de calcul reste généralement retenue, tout en admettant que les teneurs données en protéines sont fortement conventionnelles ; ces valeurs ne représentant pas la vraie teneur en protéines au sens biochimique.

4.2.3. Détermination de la teneur en lipides totaux : Technique de FOLCH

Dans le système dit des « constituants majeurs », les lipides sont assimilés à la fraction de l'aliment extractible par des solvants organiques. Mais, cet extrait contient différentes classes de substances.

Dans une optique nutritionnelle, la mesure des lipides totaux n'a qu'une valeur limitée, néanmoins elle est toujours largement effectuée et utilisée pour l'étiquetage des aliments et les réglementations sur la composition des aliments (GREENFIELD et SOUTHGATE, 2007).

La teneur en lipides totaux ou l'extrait total obtenu après extraction dans un solvant organique est très dépendant de la méthode. Différents solvants ou des combinaisons de solvants ont été suggérés pour l'extraction, mais le mélange chloroforme - méthanol (2:1 en volume) comme suggéré par FOLCH et al. (1957) est assez souvent utilisé. En effet la méthode peut donner des résultats fiables quand le protocole de travail est respecté (CHRISTIE, 1993).

La technique de FOLCH combine la capacité de pénétration de l'alcool dans les tissus avec le pouvoir dissolvant du chloroforme pour les lipides. Les extraits qui en résultent sont complets, mais peuvent contenir des matières non lipides et exiger une extraction supplémentaire pour les éliminer.

Deux grandes étapes constituent l'ossature de cette technique. A la première, l'échantillon est homogénéisé au mélange chloroforme – méthanol (2 :1, v/v), le résidu non solubilisé (protéines dénaturées) est éliminé par filtration ou centrifugation. Après des répétitions de cette première extraction séparées par des lavages, environ 95 % des lipides totaux contenus dans le tissus sont extraits (AKOH et MIN, 2002).

A la seconde étape, l'eau ou la solution saline ajoutée permet la séparation de deux phases : la phase supérieure de composition chloroforme/méthanol/eau (dans des rapports 3/48/47) comprenant les lipides les plus hydrophiles et la phase inférieure principalement chloroformique (composition chloroforme/méthanol/eau : 86/14/1) contenant les lipides les moins hydrophiles, les différents glycérides et les acides gras. Selon CHRISTIE (1993), la méthode est bien connue, couramment utilisée et efficace pour les aliments complexes.

2. OBJECTIFS ET INTERETS DE L'ETUDE

Ce travail cible particulièrement les espèces d'insectes consommés dans la ville de Kinshasa (en R.D. Congo), mais s'inscrit tout à la fois dans un cadre beaucoup plus global en rapport avec le regain d'intérêt pour l'entomophagie un peu partout dans le monde.

Pour le cas de Kinshasa précisément, l'intérêt de cette étude est multiple. En effet, alors que plusieurs espèces d'insectes sont habituellement consommées dans la ville, non seulement que les déterminations scientifiques à leur sujet font souvent défaut (les descriptions sommaires et les différentes langues vernaculaires ne permettant pas la plupart du temps d'identifier les espèces concernées), mais également les problèmes de malnutrition infantile et l'insécurité alimentaire prennent de plus en plus d'ampleur (KANKONDE et TOLLENS, 2001).

A cet effet, ce travail s'assigne comme objectifs :

(i) De contribuer à l'inventaire des espèces d'insectes consommés à ce jour dans la ville - grâce à des collectes d'échantillons, et à leur identification taxonomique (sur bases des clés dichotomiques et/ou des marqueurs moléculaires) ;

(ii) D'améliorer les connaissances disponibles actuellement quant à l'entomophagie à Kinshasa : sa nature, sa place et sa contribution dans les habitudes alimentaires, (entre autres), grâce à des enquêtes au sein de la population de la ville ;

(iii) D'apporter des éléments d'informations qui serviront à mieux caractériser la valeur alimentaire des insectes consommés en termes de macronutriments (protéines, acides aminés et lipides), grâce aux analyses chimiques qui seront effectuées sur les échantillons disponibles ;

(iv) De fournir également des éléments d'informations qui permettront d'améliorer les connaissances quant aux implications sociales et économiques de l'entomophagie (au regard des revenus générés par le commerce des insectes) ; sur base des données qui seront recueillies par les enquêtes auprès de vendeurs d'insectes dans la ville ;

(v) De proposer des pistes de réflexion quant aux besoins encore nécessaires pour une meilleure caractérisation de l'entomophagie et/ou des espèces consommées dans la capitale du pays, au regard des difficultés et des faiblesses qui se révéleront par rapport à la présente étude.

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Matériel biologique

Afin de dresser l'inventaire partiel de la diversité d'espèces vendues et/ou consommées à Kinshasa et en vue de leur caractérisation en termes de protéines et lipides totaux, des échantillons d'insectes frais, secs ou fumés ont été récoltés à travers les 24 communes de la capitale et ramenés en Belgique suite à deux missions scientifiques réalisées en R.D. Congo (en date du 26 avril et du 06 juin 2012).

Les espèces recensées appartiennent principalement aux 4 ordres ci-après :

3.1.1. Lépidoptères

Les échantillons de chenilles collectées sur les marchés locaux se répartissent dans deux familles principales : Attacidae (Saturniidae) et Notodontidae (Tableau 12).

Tableau 12: Echantillons de chenilles collectées.

N° éch.	Famille	Nom vernaculaire	Etat conservation	Provenance	Nom Vern. Plante hôte
1	Saturniidae	Bingubala Jaune	Sec	Katanga	-
2	Saturniidae	Bikubala	Fumé	-	-
3	Notodontidae	Tungubi	Sec	Katanga	-
4	Saturniidae	Mikwati-Campagne	Fumé	Bandundu	Mikwati
5	Saturniidae	Misati	Fumé	-	-
6	Notodontidae	Mingingi	Sec	Kinshasa	M'fuangi fwangi
7	Saturniidae	Makonzo	Sec	Equateur	-
8	Saturniidae	Mangaya	Sec	Kasaï oriental	-
9	Saturniidae	Mikwati-Bimpiatu	Frais	Bandundu	Nkwati
10	-	Mifwangi fwangi	Sec	Bandundu	Fwangi fwangi

Les échantillons secs (ou fumés) ont été placés dans des tubes Falcon de 50 ml conservés à température ambiante ; les échantillons frais dans des tubes Falcon remplis d'un volume de Norvanol (88,5% v/v éthanol, 2,7% v/v diéthyl éther, 8,6% w/v eau) puis conservés au frais à une température moyenne de $3 \pm 0,5$ °C.

3.1.2. Coléoptères

Les différents spécimens de coléoptères collectés à travers la ville appartiennent à deux familles principales : les Curculionidae et les Dynastidae.

Les échantillons de travail sont constitués de lots d'insectes frais et récoltés à des stades de développement différents (Tableau 13).

Tableau 13: Echantillons de Coléoptères

N° éch	Famille	Nom vernaculaire	Stade Dév.	Etat cons.	Provenance	Plante hôte
11	Dynastidae	Makokolo	Adulte ♂	Frais	Kinshasa	Palmier à huile
12	Dynastidae	Makokolo	Adulte ♀	Frais	Kinshasa	Palmier à huile
13	Dynastidae	Makokolo	Larve	Frais	Kinshasa	Palmier à huile
14	Curculionidae	Mpose	Larve	Frais	Kinshasa	Palmier

Les méthodes de conservation sont les mêmes que celles indiquées pour les échantillons frais de Lépidoptères.

3.1.3. Orthoptères

Les deux familles d'Orthoptères collectées sont reprises dans le tableau ci-dessous (Tableau 14). Les échantillons secs sont conservés à température ambiante alors que les échantillons frais sont conservés tel que décrit pour les autres échantillons.

Tableau 14: Echantillons d'Orthoptères

N° éch.	Famille	Nom vernaculaire	Stade Dév.	Etat conservation	Provenance
15	Gryllidae	Makelele	Adulte	Frais	Kinshasa
16	-	Makonki	Adulte	Sec	-

3.1.4. Isoptères

Les échantillons d'insectes collectés sur les marchés locaux comprennent les deux espèces d'Isoptères suivantes :

Tableau 15: Echantillons d'Isoptères

N° éch.	Famille	Nom vernaculaire	Stade Dév.	Etat conservation	Provenance
17	-	Ndongé	Adulte	Sec	Equateur
18	Termitidae	Makenene	Adulte	Sec	Kasaï oriental

L'échantillon (17) était constitué d'individus ailés, alors que l'échantillon (18) comprenait pour sa part des individus appartenant à la caste des soldats. Ces deux échantillons ont également été conservés comme indiqué pour les échantillons secs de Lépidoptères.

3.2. Identification morphologique des espèces

L'identification des échantillons collectés a été réalisée au binoculaire, en s'appuyant sur des clés dichotomiques (DELVARE et ABERLENC, 1989) et des comparaisons avec des spécimens de référence trouvés dans la documentation (GOMEZ, 1987 ; GOMEZ, 1988).

Ce travail a permis de rattacher certaines espèces à leurs taxons – tout au moins au niveau de la famille - et l'établissement de la correspondance entre les noms vernaculaires (sur les marchés locaux) et les noms scientifiques des espèces ci-après :

Tableau 16: Echantillons identifiés taxonomiquement.

N° éch.	Ordre	Famille	Nom vern. Lang. locale	Nom vern. Français	Nom scientifique
3	Lépidoptères	Notodontidae	Tungubi	Chenille	<i>Elaphrodes lactea</i>
4	Lépidoptères	Saturniidae	Mikwati	Chenille	<i>Cirina forda</i>
5	Lépidoptères	Saturniidae	Misati	Chenille	<i>Imbrasia sp.</i>
7	Lépidoptères	Saturniidae	Makonzo	Chenille	<i>Imbrasia sp.</i>
8	Lépidoptères	Saturniidae	Mangaya	Chenille	<i>Imbrasia sp.</i>
11	Coléoptères	Dynastidae	Makokolo	Dynaste du palmier ♂	<i>Augosoma centaurus</i>
12	Coléoptères	Dynastidae	Makokolo	Dynaste du palmier ♀	<i>Augosoma centaurus</i>
13	Coléoptères	Dynastidae	Makokolo	Dynaste du palmier *	<i>Augosoma centaurus</i>
14	Coléoptères	Curculionidae	Mpose	Charançon rouge*	<i>Rhynchophorus sp.</i>
15	Orthoptères	Gryllidae	Makelele	Grillons	<i>Gryllus sp.</i>
18	Isoptères	Termitidae	Makenene	Termites	<i>Macrotermes sp.</i>

(*) Larves

Il faut cependant signaler que certains échantillons collectés n'ont pas pu être identifiés taxonomiquement (notamment les échantillons 2, 6, 9, 10, 16 et 17). En effet, pour les insectes vendus secs, fumés ou bouillis, tout travail d'identification partant des clés dichotomiques et s'appuyant sur des caractéristiques morphologiques et/ou anatomiques devient irréalisable. Par conséquent ; dans la suite de ce travail, tout matériel biologique non identifié taxonomiquement est nommé par son nom vernaculaire tel que vendu sur les marchés locaux.

3.3. Technique de typage moléculaire : RAPD

3.3.1. Extraction d'ADN

a. Matériel

- Matériel biologique :

Six spécimens de larves de *Rhynchophorus sp.* (échantillon n° 14) collectés sur palmiers ont été utilisés. L'échantillon de référence, *Rhynchophorus phoenicis* (adulte) provenait de la collection de spécimens d'insectes appartenant à l'Unité d'Entomologie Fonctionnelle et Evolutive de Gembloux Agro-Bio Tech.

- Matériel de laboratoire et réactifs :

- 24 :1 Chloroform : isoamyl alcohol
- 25:24:1 phenol:chloroform:isoamyl alcohol
- Ammonium acetate 7.5 M
- CTAB
- 0.5 M EDTA pH 8.0
- 100 ethanol
- NaCl
- 2 – mercaptoethanol
- 10 mg/ml RNase A
- Isopropanol
- 1 M Tris HCl pH 8.0
- Proteinase K
- Tubes eppendorf 1.5 ml
- Micropipettes (VWR Ergonomic High performance)
- Nacelles de pesée
- Balance électronique (Mettler AJ50)
- Centrifugeuse (5415 D eppendorf)
- Centrifugeuse (Sigma 4K15)
- Thermomixer (Comfort eppendorf)
- Dessicateur rotatif (Concentrator 530 l eppendorf)
- Equipement de protection individuelle
- Hotte de laboratoire.

b. Protocole extraction d'ADN

- Peser 6 g d'échantillon à analyser dans un tube eppendorf de 1,5 ml
- Pour chaque échantillon, ajouter 25 ml d'une solution contenant 24.25 ml de CTAB, 0.5 ml de 2 – mercaptoethanol (2-ME), et 0.25 ml de proteinase K pour une concentration finale de 2 % (2-ME) et 100 µg/ml (proteinase K)
- Laisser incuber le tube pendant 60 minutes à 55 °C. Laisser refroidir (10 minutes)
- Ajouter 20 ml phenol:chloroform:isoamyl alcohol (PCI, 25:24:1). Fermer le tube et agiter vigoureusement (en retournant ou au vortex)
- Centrifuger pendant 10 minutes à 13.000 x g et 20 – 25 °C pour séparer les phases aqueuse et organique. Transférer la phase aqueuse supérieure dans un tube eppendorf propre de 1,5 ml
- Répéter l'extraction 2 fois pour un total de 3 extractions
- Transférer la phase aqueuse dans un nouveau tube et ajouter approximativement 2/3 de volume d'isopropanol et retourner le tube doucement, à plusieurs reprises pour favoriser le mélange
- Pour précipiter l'ADN, placer les tubes à -20 °C pendant au moins 30 minutes à 3 jours
- Pour former des « pelotes » d'ADN, centrifuger les tubes à approximativement 13.000 x g pendant 20 minutes à 4 °C
- Redissoudre l'ADN dans 4 ml de TE pH 8.0. Transférer dans un microtube et ajouter approximativement 40 µl de 10 mg/ml de RNase. Laisser incuber à 37 °C pendant

- 30 minutes
- Pour extraire l'ADN, ajouter 4 ml de chloroforme : isoamyl alcohol (CIA, 24 :1). Centrifuger pendant 10 minutes à approximativement 13 000 xg à température ambiante. Transférer la phase aqueuse supérieure dans un microtube propre
 - Répéter l'étape précédente puis ajouter moitié volume de 7.5M ammonium acetate, mélanger doucement en retournant. Ajouter 2 volumes d'éthanol 100%. Mélanger en retournant et placer à -20 °C pendant 30 minutes
 - Centrifuger à 13 000 xg pendant 20 minutes à 4 °C
 - Rincer l'ADN à deux reprises avec de l'éthanol à 70% et évaporer le résidu d'éthanol
 - Suspendre l'ADN dans 1 ml TE, pH 8.0 et incubé à 65 °C pendant 1 heure
 - Centrifuger la solution d'ADN à 16 000 xg pendant 10 minutes à 4 °C. Transférer la partie aqueuse dans un microtube propre sans perturber le culot. Conserver à 4 °C.

3.3.2. Amplification aléatoire - RAPD

a. Matériel et réactifs

- Oligonucléotides (dNTP)
- Taq polymérase (Dream Taq DNA, Fermentas)
- Amorces (Opéron)
- Tubes eppendorf
- Tampon TAE (1X)
- Dream Taq Buffer (Fermentas)
- Eau distillée
- Primers (Oligonucléotides, Eurogentec)
- SYBR Safe DNA Stain (Invitrogen)
- Puits à électrophorèse + Gel d'Agarose (1%)
- Bleu de Bromophénol
- Marqueurs de poids moléculaire (SmartLadder, Eurogentec)
- Equipement de protection individuelle
- Centrifugeuse (Centrifuge 5415 D eppendorf)
- Micropipettes (eppendorf)
- Microondes (AEG Micromat COMBI)
- Thermocycleur (Biorad, iCycler)
- Nanodrop (ND-1000 spectrophotometer)
- Molecular Imager (ChemiDoc XRS System Biorad)

b. Protocole

Le protocole employé a été adapté de celui proposé par SALAMA et SAKER (2002). L'amplification de l'ADN a été réalisée dans un mélange réactionnel de 25 µl contenant 2 µl d'ADN génomique, 0,5 unité Taq polymérase, 1 µl de dNTP, 1 µl des amorces arbitraires (OPK6, OPK7, OPK11) avec le tampon d'amplification approprié.

L'amplification a été réalisée pendant 45 cycles par un thermocycleur (Biorad, iCycler) programmé comme suit : un cycle à 92 °C pendant 3 min puis 45 cycles à 92 °C pendant 30 sec, 35 °C pendant 60 secondes et 72 °C pendant 2 min (dénaturation,

hybridation et élongation, respectivement). La réaction a finalement été mise à incuber à 72 °C pendant 10 minutes, puis 5 minutes à 4 °C.

Les produits RAPD ont été soumis à une électrophorèse sur gel d'agarose 1% dans du tampon TAE, coloré au SYBR Safe DNA (5 µl) et photographié sous UV. L'échantillon de référence (*Rynchophorus phoenicis*) comprenait deux répétitions et l'échantillon de travail (*Rhynchophorus sp.*) en comprenait 6 afin de s'assurer d'une bonne qualité des résultats.

3.4. Analyse de la composition chimique des échantillons

3.4.1. Analyse de la teneur en protéines totales : Méthode DUMAS

a. Matériel

- Plaques (pour pastilles)
- Papier pour l'enrobage (0% azote)
- Balance électronique (Mettler AJ50)
- Acide aspartique pour étalonnage
- Presse pour échantillon solide (formation de capsules)
- Analyseur automatisé (RapidN cube V4.0.6 Elementar)
- Echantillons d'insectes à analyser.

b. Méthode

b.1. Préparation des échantillons

Les échantillons des espèces d'insectes à analyser pour leur teneur en protéines (Tableau 17) ont préalablement été lyophilisés pendant 48 heures, puis finement broyés et conservés à – 18 °C.

Tableau 17 : Echantillons analysés pour la teneur en protéines

N° éch.	Ordre	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Stade dév.
1	Lépidoptères	-	Bingubala jaune	-	Chenille
2	Lépidoptères	Saturniidae	Bikubala	-	Chenille
3	Lépidoptères	Notodontidae	Tungubi	<i>Elaphrodes lactea</i>	Chenille
4	Lépidoptères	Saturniidae	Mikwati	<i>Cirina forda</i>	Chenille
5	Lépidoptères	Saturniidae	Misati	<i>Imbrasia sp.</i>	Chenille
6	Lépidoptères	Notodontidae	Mingingi	-	Chenille
7	Lépidoptères	Saturniidae	Makonzo	<i>Imbrasia sp.</i>	Chenille
8	Lépidoptères	Saturniidae	Mangaya	-	Chenille
10	Lépidoptères	-	Mifwangi fwangi	-	Chenille
16	Orthoptères	-	Makonki	-	Adulte
18	Isoptères	Termitidae	Makenene	<i>Macrotermes sp.</i>	Adulte

Des pastilles de 200 mg d'échantillon ont été préparées à l'aide de la presse et enrobées dans le papier sans azote prévu à cet effet. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque espèce d'insecte à analyser.

b.2. Principe de fonctionnement de l'appareil

L'échantillon préalablement conditionné et pesé est positionné sur le plateau. Le principe de l'analyse consiste en la combustion de l'échantillon dans un four à haute température (960 °C) et dans un milieu riche en O₂. Les gaz issus de la combustion sont alors séparés, piégés et purifiés. Les NO_x sont réduits en N₂ et le flux gazeux est dirigé vers le détecteur thermo-conductif (Figure 8).

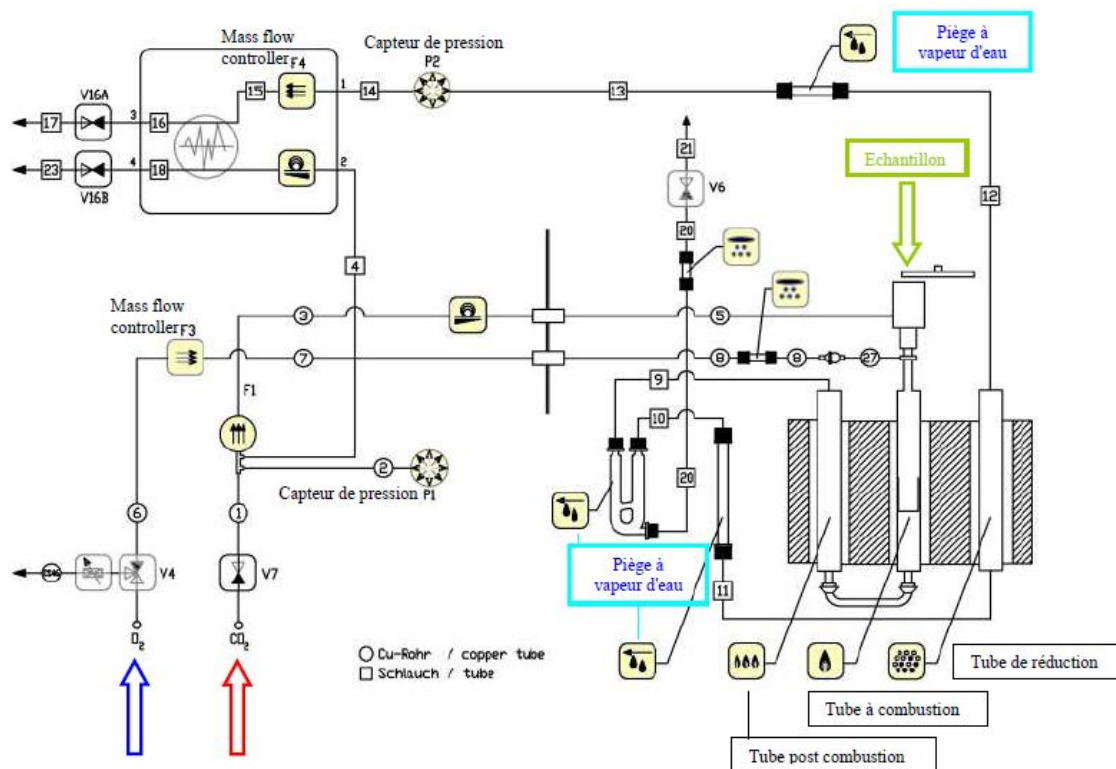


Figure 8: Schéma fonctionnement Analyseur automatisé – Méthodes DUMAS.

L'analyse automatisée prend en moyenne 4 à 6 minutes suivant le type et la masse de l'échantillon. Une fois terminée, les données affichées par l'ordinateur ont été enregistrées et imprimées pour servir aux analyses statistiques ultérieures.

3.4.2. Extraction des lipides totaux selon Folch

a. Matériel et réactifs

- Chloroforme (CH₃Cl)
- Méthanol (CH₃OH)
- NaCl 0,58 %
- Ampoules à décanter graduées de 250 ml
- Tubes à centrifuger en téflon
- Entonnoirs
- Filtres plissés de 5 µ
- Ballons rodés tarés de 500 ml + bouchons
- Pipettes pasteur

- Pieds gradués
- Balance électronique (Explorer OHAUS)
- Centrifugeuses (Jouan C312)
- Rotavapor (Büchi RE 121)
- Hotte de laboratoire
- Echantillons d'insectes à analyser

b. Méthode

b.1. Préparation des échantillons

Pour l'extraction des lipides, 7 échantillons appartenant à 4 familles d'insectes distinctes ont été sélectionnés (Tableau 18) :

Tableau 18 : Echantillons retenus pour extraction lipides totaux

N° éch.	Ordre	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Stade Dév.
2	Lépidoptères	Saturniidae	Bikubala	-	Chenille
4	Lépidoptères	Saturniidae	Mikwati	<i>Cirina forda</i>	Chenille
5	Lépidoptères	Saturniidae	Misati	<i>Imbrasia sp.</i>	Chenille
6	Lépidoptères	Notodontidae	Mingingi	-	Chenille
10	Lépidoptères	-	Mifwangi fwangi	-	Chenille
16	Orthoptères	-	Makonki	-	Adulte
18	Isoptères	Termitidae	Makenene	<i>Macrotermes sp.</i>	Adulte

b.2. Protocole

- Tarer les ballons rodés de 500 ml
- Broyer les échantillons d'insectes à analyser
- Peser 5 g d'échantillon broyé dans 2 tubes à centrifuger en téflon
- Ajouter dans chaque tube 25 ml du mélange CHCl₃/ CH₃OH 2/1
- Agiter à la main chaque tube pendant 10 minutes
- Centrifuger les tubes 10 minutes à 3000 RPM
- Transvaser le surnageant dans une ampoule à décanter en filtrant sur un filtre de 5 µ
- Répéter encore à 4 reprises l'opération de lavage et agiter les tubes à chaque lavage
- Laver chaque filtre à l'aide d'une pipette pasteur en verre par un mélange de CHCl₃/CH₃OH de manière à amener le volume final à 160 ml
- Ajouter dans chaque ampoule à décanter 40 ml de NaCl 0,58 % et agiter afin de mettre en contact les deux phases
- Laisser décanter la nuit
- Récupérer directement dans le ballon taré la phase inférieure organique
- Rajouter 40 ml de CH₃Cl pur dans chaque ampoule à décanter et mettre en contact les deux phases
- Laisser reposer environ 5 heures
- Récupérer à nouveau la phase organique inférieure directement dans le ballon rodé
- Evaporer le solvant au rotavapor à 40 °C sous vide
- Eliminer les dernières traces de solvant à l'azote
- Placer au dessiccateur 30 minutes et Peser.

3.5. Enquêtes sur l'entomophagie à Kinshasa

Deux enquêtes ont été menées auprès de la population de la ville de Kinshasa afin de mieux cerner la place de l'entomophagie au sein de la vie quotidienne congolaise, que ce soit du point de vue des consommateurs que des vendeurs présents sur les marchés locaux.

La première enquête s'est intéressée à la consommation d'insectes au sein de la capitale. Lors de celle-ci, 275 répondants ont été interrogés oralement et leurs réponses notées soigneusement sur une fiche. Le questionnaire destiné aux habitudes alimentaires et à la place de l'entomophagie parmi celles-ci se trouve à l'annexe (1).

La période d'enquête s'est étalée sur 6 jours (durant le mois d'avril 2012) dans les 24 communes de la ville de Kinshasa. Les répondants étaient sélectionnés aléatoirement et n'ont reçu aucune compensation financière pour la participation à l'enquête.

La deuxième enquête a, pour sa part, été menée auprès de 67 vendeurs d'insectes répartis dans les principaux points de vente à travers la capitale. Le questionnaire destiné aux vendeurs est repris à l'annexe (2). Toutes les fiches ont ensuite été nettoyées, dépouillées et encodées dans un logiciel tableur (Microsoft Excel), puis soumises à différentes analyses statistiques (cf. partie 4)

3.6. Traitement des données et analyse statistique

Les différentes séries de données recueillies lors des deux enquêtes, ainsi que celles résultant des analyses chimiques des échantillons d'insectes ont été encodées dans un tableur (Microsoft Excel), puis exportées et traitées par Minitab 16.

Dans le cas de données binomiales, des tests khi-carré ont été réalisés. Des analyses de variances à un ou plusieurs facteurs ont été réalisées sur les autres données. Pour l'analyse de variance à plusieurs facteurs, le *General Linear Model* (GLM) a été utilisé car dans bien de cas, quelques données étaient manquantes.

Lorsqu'une différence significative était mise en évidence pour un facteur, le test de Tukey ($\alpha = 0,05$) était appliqué dans le but de regrouper les moyennes analogues.

Les conditions d'application pour le test ANOVA ont préalablement été vérifiées avant de lancer les diverses analyses de la variance. Dans les cas où la condition d'égalité des variances n'était pas respectée, une transformation de variable (racine carrée ou logarithme en base 10) a été effectuée. Les résultats obtenus à l'issue de ces différents tests statistiques (reportés dans différents tableaux) feront l'objet d'interprétation et discussion dans les chapitres suivants.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Inventaire des espèces collectées

L'inventaire dressé après identification des échantillons révèle 15 espèces d'insectes (cf. Tableaux 12, 13, 14, 15 et 16) appartenant à au moins 6 familles différentes et à 4 ordres distincts répartis comme suit :

Tableau 19: Inventaire des espèces d'insectes collectées à Kinshasa

N°	Ordre	Nbre de familles	Nbre d'espèces	Ind.(*)	N° échantillons
1	Lépidoptères	2	9	1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
2	Coléoptères	2	2	-	11,12,13,14
3	Orthoptères	1	2	1	15,16
4	Isoptères	1	2	1	17,18

(*) Ind. = espèce indéterminée taxonomiquement.

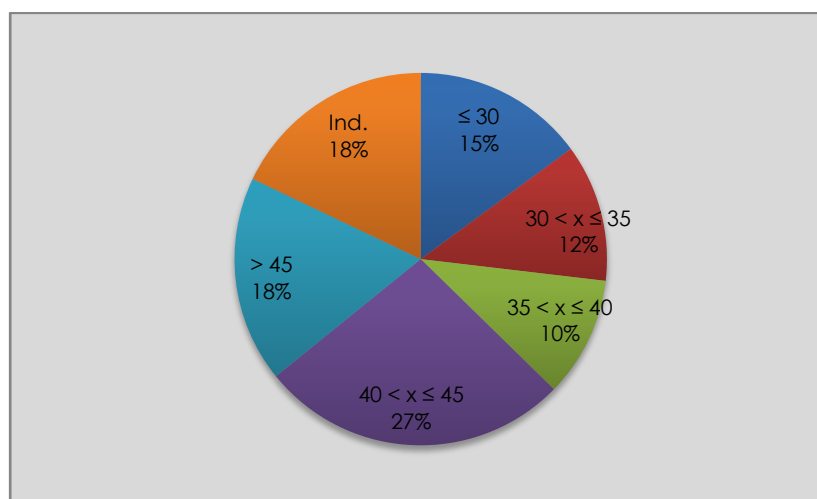
Le tableau ci-dessus permet de constater que la diversité – en termes d'espèces vendues sur les marchés - est plus importante pour les Lépidoptères que pour tous les autres ordres réunis. Le classement des espèces de Lépidoptères collectées en fonction de leurs familles, révèle que la famille des Attacidae (Saturniidae) est la plus représentée (7 espèces sur 10) ; la famille des Notodontidae ne comprenant que 2 espèces (cf. Tableaux 12 et 16).

4.2. Résultats des enquêtes

4.2.1. Enquête auprès des vendeurs d'insectes

a. Données démographiques

Les données recueillies auprès des 67 vendeurs interrogés (cf. Annexe 3) révèlent que l'activité est à prédominance féminine (97% de femmes contre 3% d'hommes). Quant à la répartition en tranches d'âge, la situation se présente comme suit :



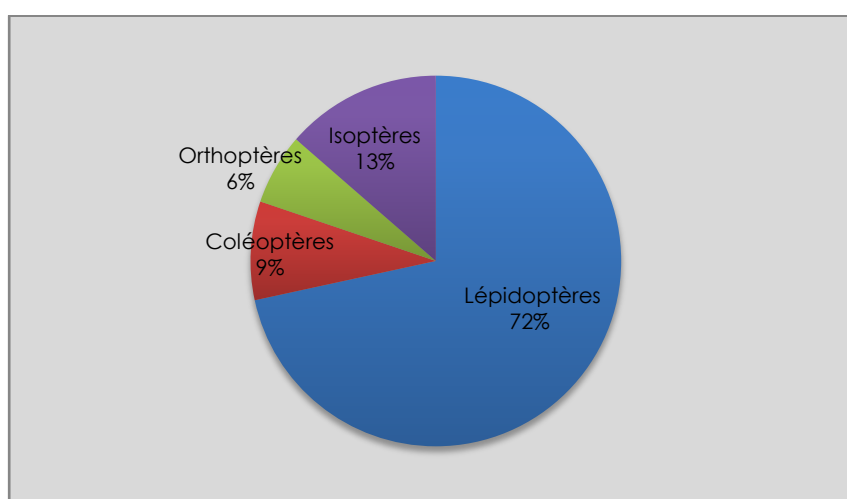
Graphique 1 : Répartition des vendeurs en tranches d'âge.

Au sujet du niveau d'études, les résultats obtenus indiquent que 20% des vendeurs interrogés n'ont pas été à l'école, près de la moitié (soit 49,3%) ont fait des études Primaires et le reste des répondants (soit 30%) disent avoir été aux Humanités.

b. Activité commerciale

Interrogés au sujet de leurs activités professionnelles, pour 78% des répondants, la vente d'insectes constitue une activité exclusive (26 jours/mois en moyenne), tandis que 22% combinent la vente d'insectes avec divers produits et/ou exercent d'autres activités professionnelles.

Au sujet des espèces d'insectes principalement vendues, les données obtenues se présentent comme suit :



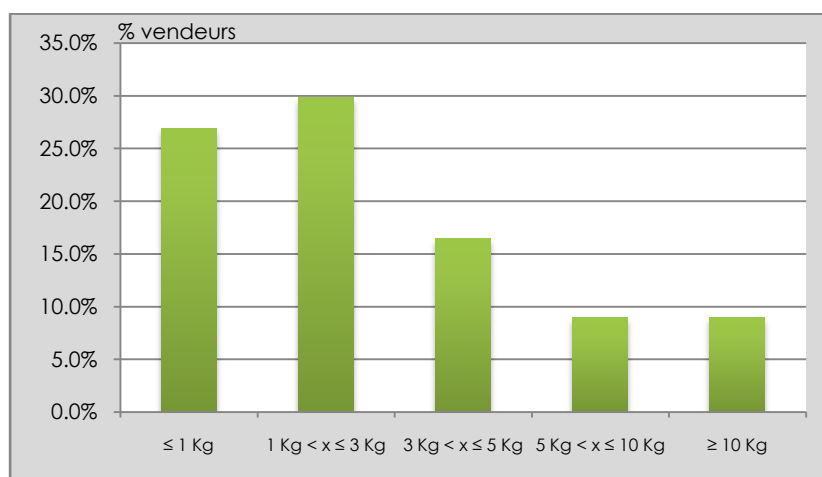
Graphique 2 : Proportions des ordres/espèces d'insectes vendus à Kinshasa.

Il ressort des données de ce graphique la place prépondérante occupée par l'ordre des Lépidoptères par rapport aux autres ordres d'insectes vendus sur les marchés de la ville.

Que ce soit pour les chenilles (Lépidoptères) ou pour les autres insectes vendus, très peu de vendeurs (soit 2%) disent récolter les insectes par eux-mêmes contre 98% des répondants qui s'approvisionnent auprès d'autres intervenants de la filière ; à des prix qui varient selon les espèces et les saisons principalement.

Par rapport aux techniques qu'ils appliquent pour assurer la conservation de leur marchandise, près de 64% des vendeurs interrogés affirment ne pas transformer/préparer les insectes, ceux-ci étant vendus tels qu'ils les ont achetés, contre 31,3% qui disent pour leur part bouillir puis sécher les insectes afin d'en prolonger la conservation, 1,5% qui les font fumer (boucaner) et une proportion identique encore (1,5%) qui les font sécher.

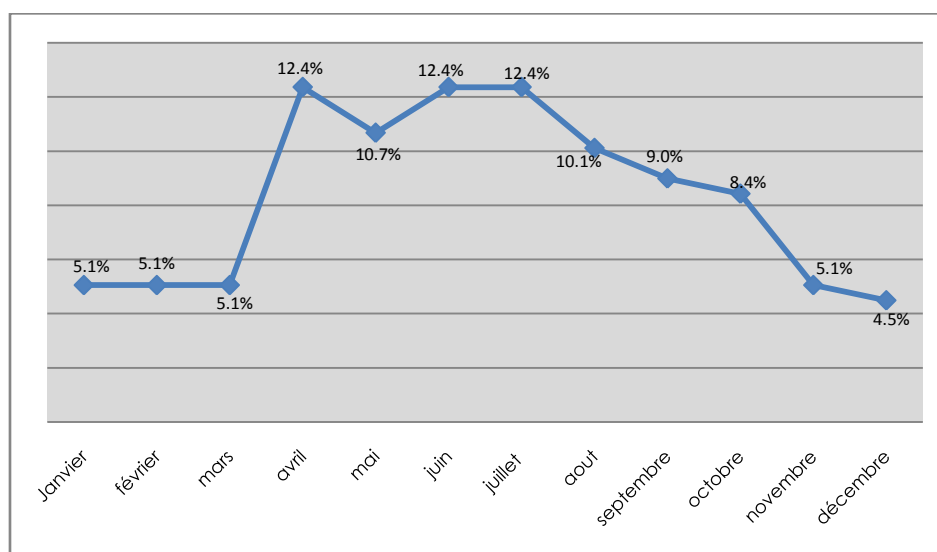
Les volumes des ventes journalières varient également. Les données recueillies à ce sujet sont illustrées ci-dessous (graphique 3).



Graphique 3 : Répartition en fonction des quantités journalières d'insectes vendus.

Malgré la grande hétérogénéité des données, le commerce des insectes apparaît relativement rentable selon les volumes des ventes. En effet, pour les différents répondants, le revenu mensuel varie en moyenne entre 91,75 € pour les petits vendeurs (moins de 3 Kg/jour) et 95,65 € pour les vendeurs moyens (plus de 3 Kg/jour). Cependant, les revenus générés par cette activité ne varient pas significativement en fonction des niveaux d'études ($F=2,54$; $P=0,091$).

Sur base des réponses fournies par les vendeurs interrogés, la demande globale en insectes est la plus forte entre les mois d'Avril et de Juillet, les demandes les plus faibles se situant aux mois de Novembre, Décembre et en début d'année (les 3 premiers mois). Le graphique 2 ci-dessous illustre l'évolution de cette demande au cours de l'année.



Graphique 4 : Evolution de la demande au cours de l'année (Les pourcentages correspondent à la proportion de répondants)

Le fait que les périodes de grandes fêtes dans la capitale (Noël, Nouvel an, ...) correspondent à la période où la demande est la plus faible (entre Novembre – Mars) n'est pas anodin. Les données actuelles ne permettent cependant pas d'apporter des éléments de réponse (toutes les données brutes recueillies sont en annexes).

4.2.2. Discussion des résultats de l'enquête auprès des vendeurs

La collecte des espèces d'insectes consommés dans la capitale du pays a permis de mettre en évidence une relative diversité, car au moins 15 espèces distinctes, réparties en 6 familles pour 4 ordres différents ont été répertoriées (Tableau 19).

Parmi ces ordres d'insectes, les Lépidoptères occupent une position particulièrement importante. En effet, les informations récoltées indiquent que près de 72% des insectes vendus sont des chenilles (graphique 2). Les données disponibles révèlent en plus que pour ces Lépidoptères, 7 espèces sur 10 appartiennent à la famille des Attacidae (Saturniidae) (cf. Tableaux 12 et 16). La prépondérance de cette famille d'insectes a déjà été signalée, au niveau national, par MALAISSE (1997).

Autour de ces différentes espèces d'insectes consommés à Kinshasa s'organise également un commerce dans lequel les femmes sont les principales actrices (plus de 95%). Ce commerce constitue pour une grande proportion de vendeurs (soit 78% de répondants), une activité exclusive qui les occupe en moyenne 26 jours/mois.

La plupart des insectes consommés dans la capitale proviennent des provinces (Bandundu, Equateur et Kasai oriental et Katanga) ou, dans une moindre mesure, des zones périurbaines. En effet, l'enquête révèle que plus de 95% de vendeurs d'insectes dans la capitale s'approvisionnent essentiellement auprès d'autres intervenants (grossistes en provenance des provinces précitées ou producteurs dans les zones périurbaines). Les résultats de cette enquête concordent ainsi avec les résultats de MAPUNZU (2002) qui précise par ailleurs le circuit commercial en rapport avec cette filière.

La demande en insectes fluctue au cours de l'année. En effet, les données récoltées indiquent une demande dont le pic se trouve entre les mois d'avril et de juillet ; et une période où elle chute et stagne (novembre - mars) (cf. graphique 4). Le fait que cette période corresponde aux périodes de festivités soulève une interrogation à laquelle les données actuelles ne peuvent apporter de réponse.

De tout ce qui précède, la filière insectes devrait être encouragée et mieux encadrée dans la capitale et cela pour trois raisons au moins : (i) le commerce des insectes rapporte des revenus aux femmes (entre 91,75 – 95,75 €), revenus relativement appréciables par rapport au salaire moyen (85,93 €)¹ dans les administrations publiques (ANONYME, 2009), (ii) ce commerce contribue à l'équilibre économique et à la réduction de la pauvreté en créant un flux monétaire avec les populations rurales (en province ou dans les zones périurbaines) principales productrices des insectes consommés dans la ville et, (iii) ce commerce facilite l'accès en protéines notamment, contribuant ainsi à la réduction de l'insécurité alimentaire à Kinshasa.

¹ Soit 106 \$ au taux de change (0,8107) du 17 Août 2012.

4.2.3. Enquête auprès des consommateurs d'insectes

a. Données démographiques

Comme repris plus haut (cf. point 3.5), cette enquête a porté sur un total de 275 personnes (56% ♀ vs 44% ♂) répartis dans les 24 communes de la capitale du pays. L'analyse des données révèle que les proportions des différentes classes d'âge se présentent comme suit :

Tableau 20 : Répartition des consommateurs en classes d'âge (n=275)

≤ à 30 ans	30 < x ≤ 35 ans	35 < x ≤ 40 ans	40 < x ≤ 45 ans	> à 45 ans	Ind.*
16,4%	20,0%	24,0%	13,8%	19,3%	6,5%

(*) Indéterminé.

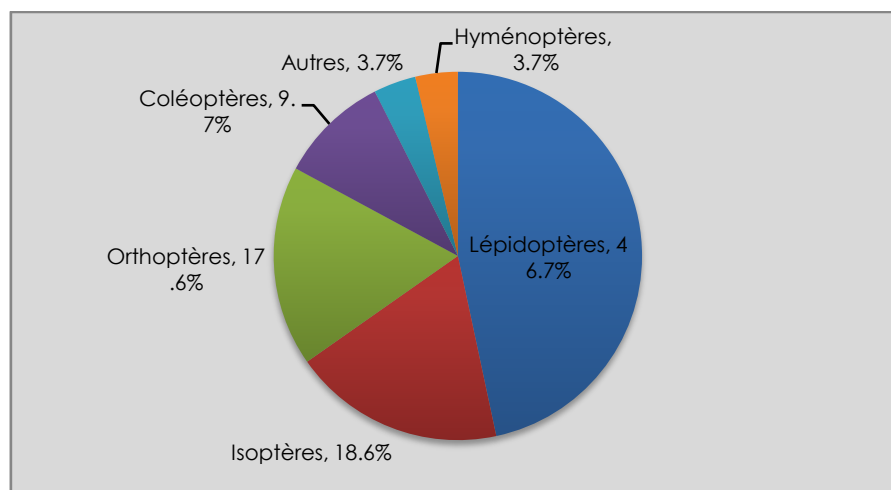
Par ailleurs, pour le niveau d'études, 27,6% des répondants disent avoir un diplôme Universitaire, contre 44,1% pour les Humanités, 21,8% pour les études Primaires et 2,5% qui n'ont pas été à l'école. La proportion restante (soit 4,0%) ne s'est pas prononcée par rapport à cette question.

b. Habitudes alimentaires

Le dépouillement des réponses récoltées auprès de la population d'enquête par rapport à la consommation (ou non) d'insectes révèle que 79,6% des personnes interrogées consomment une ou plusieurs espèces d'insectes, contre 20,4% qui n'en consomment pas (pour des raisons variées reprises au point b.11.).

b.1. Entomophagie : Principaux insectes consommés

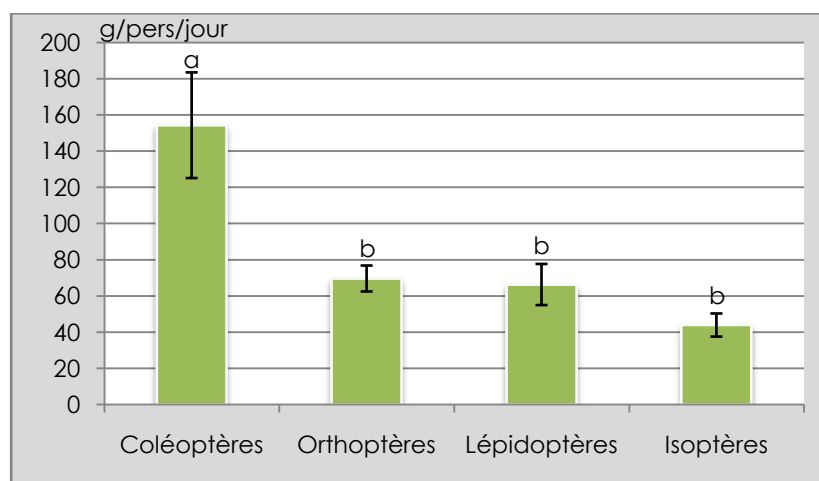
Les données récoltées auprès des consommateurs d'insectes révèlent que certaines espèces d'insectes, notamment les espèces de Lépidoptères, sont plus consommées que d'autres ordres/espèces, les moins consommés étant les Hyménoptères. Les différentes proportions d'insectes consommés se répartissent donc comme le montre le graphique suivant :



Graphique 5 : Proportions des principaux ordres consommés à Kinshasa (n=219)

b.2. Entomophagie : Quantités consommées

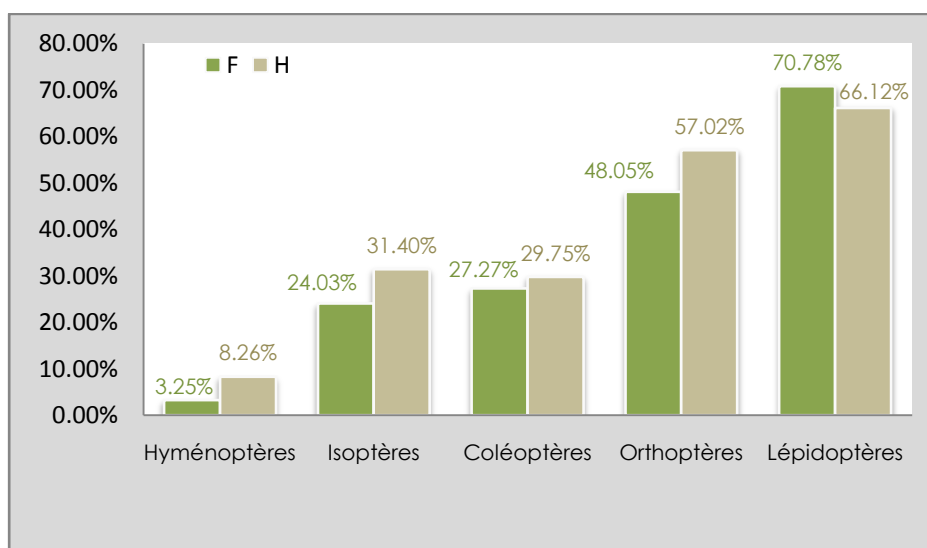
Lorsqu'on compare les consommations en fonction des différents ordres d'insectes, les quantités de Coléoptères consommées/personne/jour sont plus importantes (une moyenne de 154,37g/pers./jour) par rapport aux Lépidoptères (66,4g/pers./jour) et aux autres ordres ($F=12,27$; $P<0,001$). La situation globale est illustrée par le graphique ci-dessous :



Graphique 6 : Moyennes des quantités consommées pour chaque ordre. Les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes (Test de Tukey, $p < 0,05$)

b.3. Entomophagie : Influence du sexe

Les insectes sont consommés de manière égale chez les hommes (80,2%) et les femmes (79,2%) ($\chi^2=0,037$, $P=0,847$). En analysant les ordres individuellement, aucune différence n'est également mise en évidence : Lépidoptères ($\chi^2=0,686$; $P=0,40$); Coléoptères ($\chi^2=0,331$; $P=0,565$); Isoptères ($\chi^2=1,86$; $P=0,173$); Hyménoptères ($\chi^2=3,308$; $P=0,069$); Orthoptères ($\chi^2= 1,594$; $P=0,207$). Pour chacun de ces ordres/espèces d'insectes, les proportions de consommateurs (hommes vs femmes) sont reprises sur le graphique suivant :



Graphique 7 : Consommation d'insectes - Oui (Hommes vs Femmes).

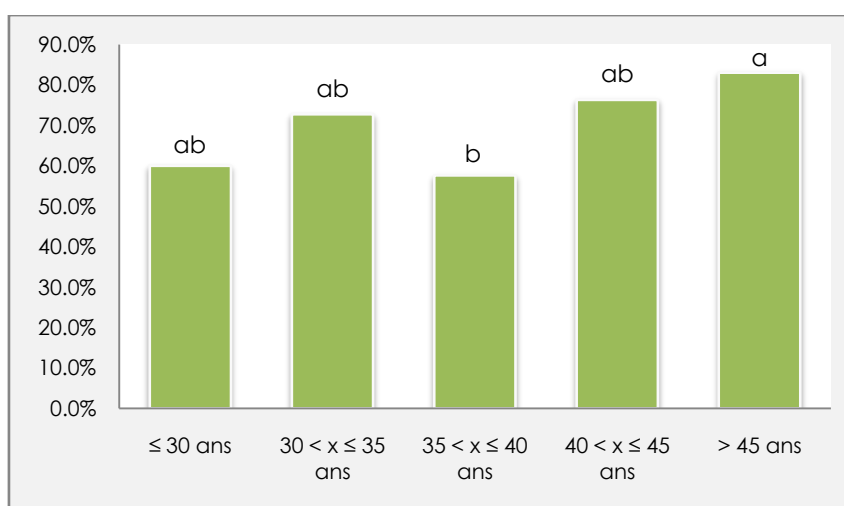
Pour la fréquence de consommation, les résultats révèlent que les femmes consomment en termes de jours/mois autant d'insectes (tous ordres confondus) que les hommes. Ces fréquences sont donc similaires pour les 2 sexes ($F = 0,01$; $P = 0,921$) ; la moyenne étant de 5,1 jours/mois.

Si l'on compare le nombre d'espèces d'insectes consommés par les hommes à celui des femmes, aucune différence ne se dégage également ($F=0,06$, $P=0,804$) ; la moyenne étant de 2 espèces d'insectes – tous ordres confondus.

b.4. Entomophagie : Influence de l'âge ou du niveau d'études

Tout comme pour le sexe ; globalement, l'âge et le niveau d'études n'ont également aucune influence sur le fait de consommer ou non des insectes (respectivement : $\chi^2=8,567$, $P=0,073$ et $\chi^2=3,0$, $P=0,392$).

Cependant, lorsqu'il s'agit des espèces de chenilles (Lépidoptères), la consommation varie en fonction de l'âge des répondants ($\chi^2=11,96$; $P=0,018$). Les résultats font ressortir que la consommation de chenilles est plus importante pour les personnes âgées de plus de 45 ans ; et qu'elle est la plus faible pour la 3^{ème} tranche d'âge (soit $35 < x \leq 40$ ans). Pour les autres tranches d'âge, la situation est illustrée ci-dessous :



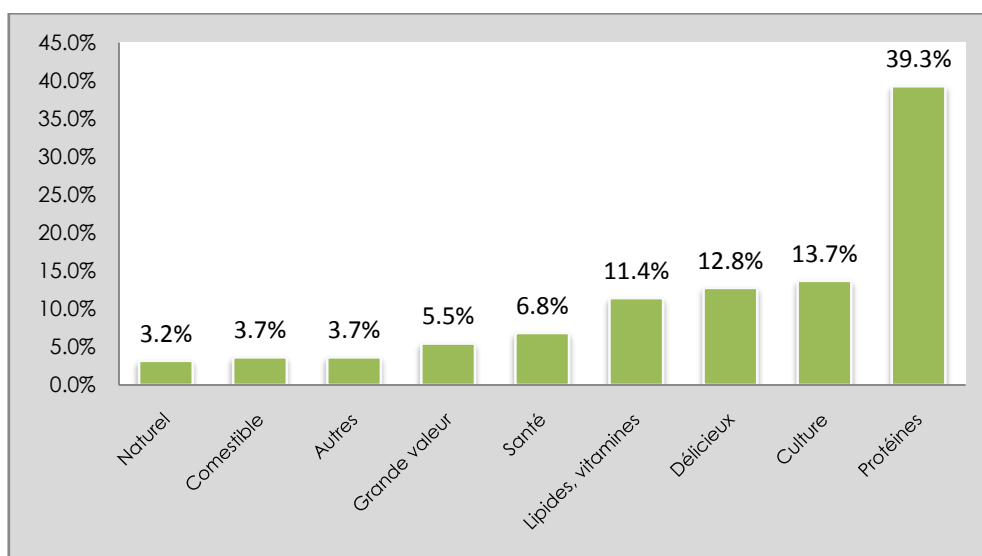
Graphique 8 : Proportions-consommation de Lépidoptères par âge (n=201).

Pour les autres ordres d'insectes consommés (Orthoptères, Coléoptères, Isoptères et Hyménoptères notamment) ; contrairement aux Lépidoptères, aucune différence significative ne ressort entre les différentes tranches d'âge et niveaux d'études.

b.5. Motivations pour l'entomophagie

Les personnes interrogées avancent plusieurs raisons pour expliquer leurs pratiques entomophages. Les réponses obtenues ont été traitées et regroupées en réponses-types.

Les résultats obtenus à cet effet sont illustrés par le graphique ci-dessous :



Graphique 9 : Principales raisons en faveur de l'entomophagie.

Comme le montre le graphique précédent, près de 40% des personnes interrogées affirment consommer les insectes principalement en raison de leur teneur en protéines. Ensuite viennent les raisons liées à la culture, à la tradition, à la coutume ou aux habitudes alimentaires acquises depuis l'enfance. Les saveurs et les qualités gustatives des insectes sont également avancées, de même que la richesse des insectes en lipides et/ou vitamines (et autres micronutriments).

b.6. Entomophagie : Modes de préparation et consommation

Le traitement des données récoltées révèle que les insectes sont préparés et/ou consommés de diverses manières. Ces différents modes de préparation/consommation varient entre autres, selon les espèces et les stades de développement des insectes comestibles, mais également selon les habitudes alimentaires, les préférences (les goûts) ou l'appartenance ethnique de chaque répondant.

Les résultats de l'enquête indiquent ainsi que 33,3% des personnes interrogées font bouillir les insectes avant de les consommer et que 32% préfèrent consommer les insectes frits. Pour les autres modalités de préparation, les proportions correspondantes sont reprises dans le tableau 21 ci-après :

Tableau 21 : Modalités de préparation/consommation d'insectes (n=219)

	Nature	Fumés	Frits	En farine	Bouillis	Grillés	Préparations spéciales
Proportion	7,8%	12,8%	32,0%	0,9%	33,3%	2,3%	11,0%

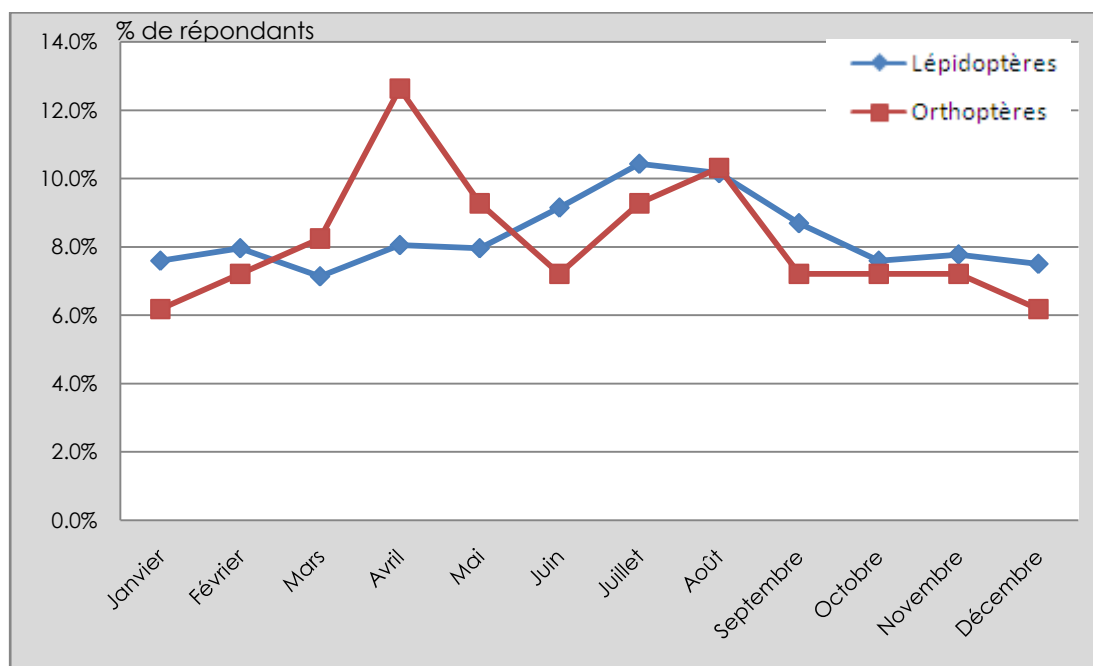
Quant aux modalités de consommation, les données révèlent que 33,3% de la population d'enquête mangent les insectes comme plat principal, contre 57,1% qui en mangent comme accompagnement pour différents légumes (26% des consommateurs) et plats locaux (champignons -13,2% ; poissons fumés ou salés - 6,4% ; feuilles de manioc - 6,4% ; pâte d'arachide - 4,0%).

b.7. Entomophagie : Approvisionnement et offre sur les marchés

Les insectes consommés dans la capitale sont principalement achetés dans les marchés de la ville et/ou des zones périurbaines (cf. point 1.5).

En effet, des réponses récoltées, il ressort que seuls 4,1% de la population d'enquête se procurent les insectes par ramassage, contre 95,0% qui s'approvisionnement soit auprès des différents vendeurs dans la capitale (cf. point 4.2.1.), ou alors directement auprès des producteurs dans les zones périurbaines entourant la ville.

L'offre sur les marchés locaux varie selon les espèces d'insectes et les saisons. Pour certaines espèces, cette offre est plus ou moins assurée tout au long de l'année, alors qu'elle ne l'est pas pour d'autres. Sur base des données de l'enquête, l'évolution de l'offre sur les marchés de la capitale pour deux ordres d'insectes, se présente comme l'illustre le graphique ci-après :



Graphique 10 : Evolution annuelle de l'offre en Lépidoptères/Orthoptères.

Ce graphique permet de constater une relative fluctuation pour ces deux espèces à certaines périodes de l'année. En effet, pour les Orthoptères notamment, l'offre semble relativement instable, elle atteint un pic vers les mois d'avril puis un autre vers août. Pour les Lépidoptères, le pic observé pour l'offre se situe entre les mois de juin et d'août, et apparaît relativement plus stable par rapport aux Orthoptères pour le reste des mois.

b.8. Importance culturelle des insectes

Interrogés sur la place des insectes dans les traditions, près de 18% de répondants admettent que les insectes ont une fonction symbolique dans leurs provinces d'origine. Ces fonctions n'ont cependant pas été mises en évidence par les données recueillies.

Par contre, 25,6% de répondants affirment que les insectes sont des plats de valeur, préparés dans de grandes occasions ou des circonstances particulières. Quant à ces occasions particulières, 23% des personnes interrogées précisent que les insectes sont préparés spécialement pour les mariages coutumiers, ou lors des fêtes et des anniversaires. D'autres circonstances comme les deuils sont également évoquées par près de 2% de la population d'enquête.

b.9. L'entomophagie et les habitudes alimentaires à Kinshasa

Afin d'évaluer les habitudes alimentaires à Kinshasa, les quantités consommées de Bœuf, Volaille, Porc, Poisson et Insectes ont été comparées en fonction de l'âge, du sexe et du niveau d'études des répondants. Les résultats obtenus sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 23 : Résultats analyse de variance pour les interactions
(Quantité consommée vs Sexe ; Age ; Etudes ; Nature)

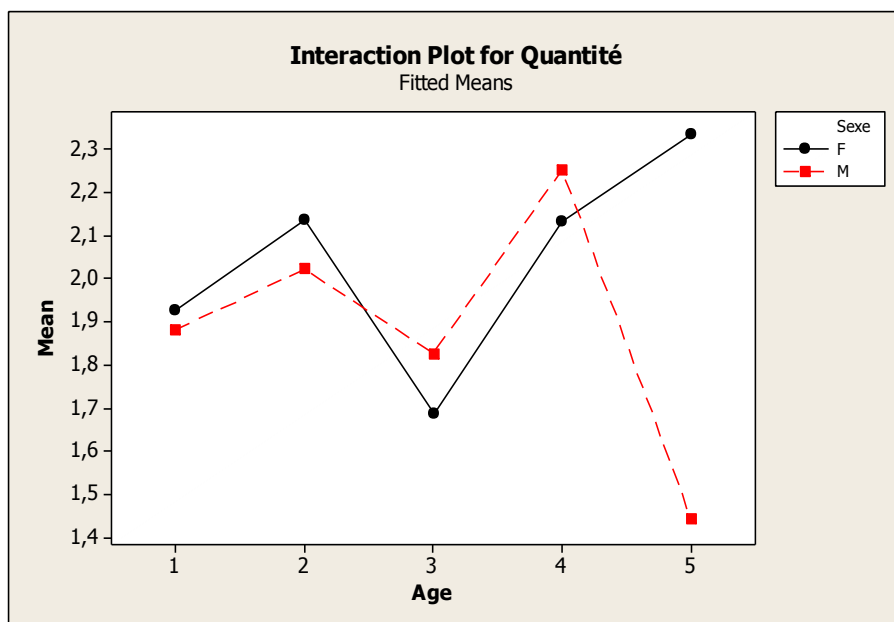
N°	Source	F	P
1	Sexe	3,31	0,069 ^{NS}
2	Age	2,77	0,027*
3	Etudes	3,84	0,010*
4	Nature	7,64	< 0,001***
5	Sexe * Age	2,75	0,028*
6	Sexe * Nature	0,55	0,702 ^{NS}
7	Age * Nature	0,73	0,763 ^{NS}
8	Etudes * Nature	1,19	0,288 ^{NS}
9	Sexe*Age*Nature	0,82	0,658 ^{NS}

Légende : (^{NS}) différence non significative ; (*) différence significative ; (***) différence hautement significative.

Les résultats présentés dans ce tableau permettent de constater un certain nombre de faits, notamment que globalement, les quantités consommées en ces différents produits alimentaires (Bœuf, Volailles, Poisson, Porc et Insectes) sont similaires pour les hommes et les femmes (ligne 1) ; mais diffèrent entre les âges des personnes interrogées (ligne 2), de leur niveau d'études (ligne 3) et de la nature du produit considéré (ligne 4).

Les résultats obtenus révèlent encore qu'entre sexe et âge, il existe une interaction qui influence les quantités consommées en ces différents produits (ligne 5), mais aucune pour les autres combinaisons reprises dans le tableau (lignes 6, 7, 8 et 9).

Le diagramme ci-dessous (figure 9) permet de mieux comprendre la nature de ce phénomène d'interaction :



Légende : (1) ≤ 30 ans (2) $30 < x \leq 35$ ans (3) $35 < x \leq 40$ ans (4) $40 < x \leq 45$ ans (5) > 45 ans

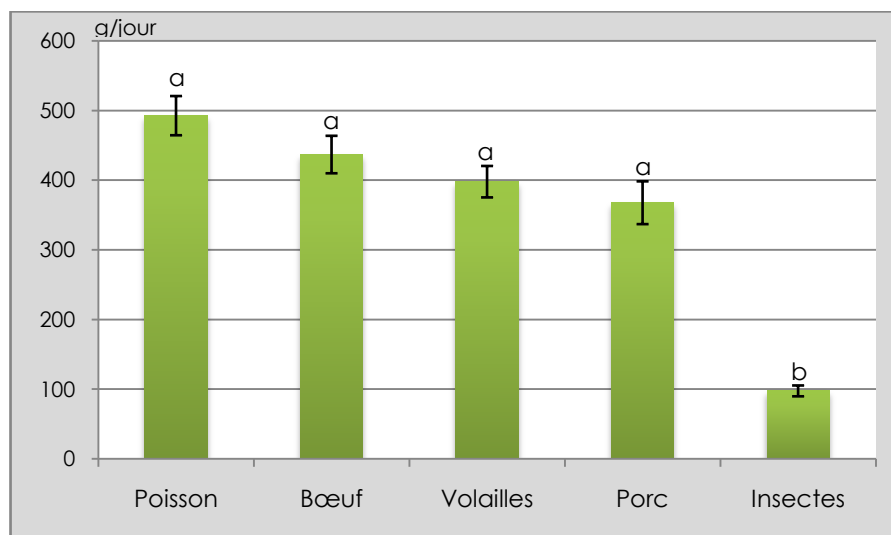
Figure 9 : Diagramme des interactions (Sexe*Age vs Quantité).

Cette figure indique que les tendances de consommation sont similaires chez les hommes et les femmes mais que pour la 5^{ème} classe d'âge, il existe une tendance inverse. Les femmes semblent consommer le plus durant cette période tandis que les hommes consomment beaucoup moins lorsqu'ils atteignent cette tranche d'âge.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette observation (notamment le fait que la question ait été mal interprétée) ; mais à ce niveau-ci de l'étude et partant des données disponibles au terme de l'enquête, rien ne peut encore être affirmé.

Par ailleurs, quant aux quantités consommées et la fréquence de consommation pour les principaux produits carnés (Volailles, Poissons, Porc et Bœuf) par rapport aux insectes, l'enquête révèle également un autre fait : en comparant ces données de consommation par rapport à celles obtenues pour les insectes, il ressort que les quantités d'insectes consommés (g/pers/jour) sont plus faibles par rapport aux autres produits ($F=6,47$; $P < 0,001$).

Le graphique suivant illustre les quantités moyennes consommées en fonction du type de produit :



Graphique 11 : Quantités moyennes consommées (insectes vs produits carnés)
Les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

En ce qui concerne les fréquences de consommation, des valeurs moyennes (en termes de jours/mois) ont été calculées à partir des données récoltées auprès des répondants entomophages. La situation se présente donc comme suit :

Tableau 22 : Fréquences de consommation (insectes vs produits carnés)

(n = 219)	Poissons	Insectes	Volailles	Bœuf	Porc
Fréquence (jours/mois)	14.03	> 5.1*	> 4.13	> 2.87	> 2.52

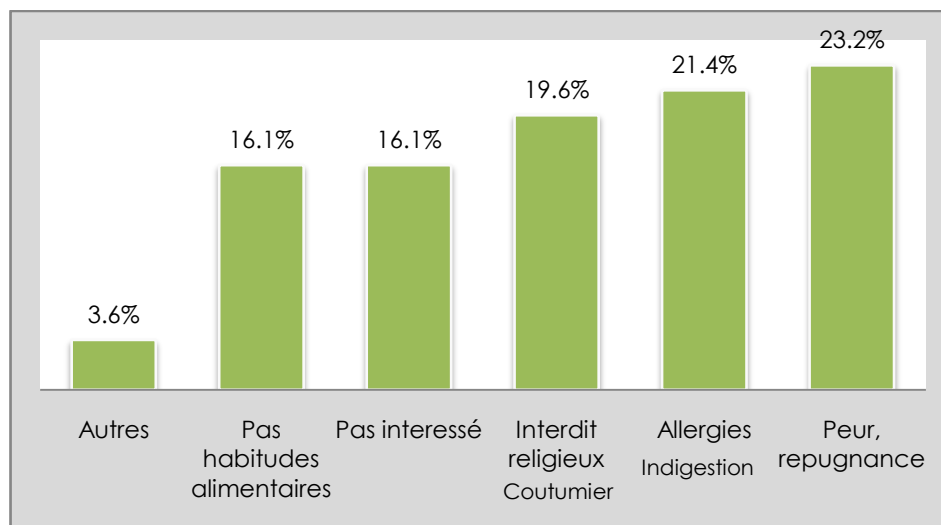
(*) cf. point b.3.

Les données à ce sujet sont cependant fort hétérogènes et beaucoup d'informations sont manquantes; c'est pourquoi; bien que le tableau ci-dessus puisse permettre de constater les différences entre les fréquences de consommation correspondant à ces différents aliments, aucune analyse statistique rigoureuse n'a pu être réalisée pour comparer/interpréter d'une manière ou d'une autre ces valeurs.

Mais au regard de la pertinence de cette information, des études ultérieures sont souhaitées afin d'approfondir cet aspect de choses, et fournir ainsi une meilleure compréhension de la place (ou la contribution) des pratiques entomophages dans les habitudes alimentaires.

b.10. A propos des répondants non entomophages

Comme indiqué plus haut (cf. point b.), 20,4% de répondants affirment ne pas consommer de l'insecte. Les raisons de ce choix ; classées en réponses-types pour en faciliter le traitement, sont reprises sur le graphique 10 qui suit :



Graphique 12 : Principales raisons de non consommation d'insectes (n=56)

Ces résultats mettent en évidence que pour 23,2% des personnes ne consommant pas d'insectes (soit 4,7% par rapport à la population d'enquête), l'aversion, la répugnance ou la peur par rapport aux formes des insectes constituent le principal obstacle.

Une proportion similaire également évoque des raisons liées à la santé (allergies, indigestion, nausée, vomissements) suite à une précédente expérience malheureuse.

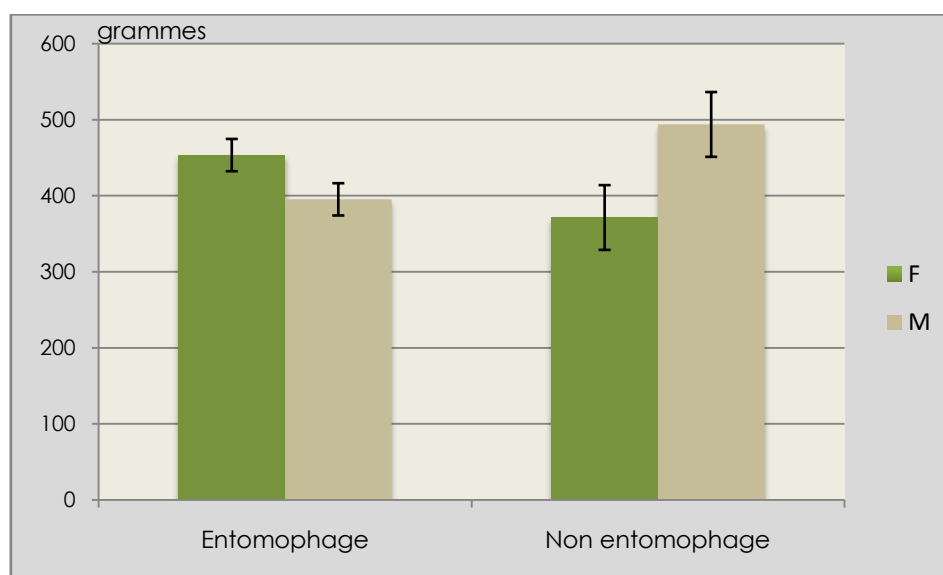
Il est également important de noter que plus de 19% (près de 4% de la population d'enquête) mettent en premier les interdits religieux, coutumiers ou d'autres types de prohibitions ethniques qui excluent la consommation d'insectes.

b.11. Influence de l'entomophagie sur la consommation de produits carnés

Afin de déterminer la contribution (ou l'influence) de l'entomophagie sur la consommation de produits carnés (Volailles, Poissons, Porc et Bœuf) pour l'ensemble de la population d'enquête, les données récoltées auprès des 2 groupes de personnes (entomophages et non entomophages) ont été analysées.

Les conditions d'application des tests paramétriques (ANOVA ou GLM) n'ayant pas été satisfaites, ces données n'ont pas pu être soumises à l'analyse de variance. De ce fait, malgré que les données observées semblent indiquer que la quantité consommée de produits carnés varie en fonction du sexe et du fait d'être entomophage ou non, aucune conclusion ne peut encore être tirée à ce niveau.

Le graphique suivant permet d'illustrer ce constat :



Graphique 13 : Moyennes de consommation de produits carnés (n=275)

L'observation de ce graphique permet de constater que les moyennes des quantités consommées (Volailles, Poissons, Porc, Bœuf) sont plus importantes pour les femmes entomophages que les hommes tandis que la tendance est inverse chez le deuxième groupe (non entomophage) : les hommes consommant plus de produits carnés.

4.2.4. Discussion des résultats d'enquête auprès des consommateurs

Les résultats obtenus à l'issue de cette enquête (plus de 79% d'entomophages) indiquent l'importance de l'entomophagie dans les habitudes alimentaires et les mœurs à Kinshasa (données brutes à l'annexe 4). Ces données rejoignent en partie MAPUNZU (2002) et MALAISSE (1997) qui signalent également une intégration des pratiques entomophages dans différentes régions/provinces à travers le pays.

Les informations récoltées auprès des consommateurs ont confirmé les résultats observés par MAPUNZU (2002) et sont corrélés aux réponses obtenues auprès des vendeurs (cf. point 4.2.2.) : sur les marchés locaux et par rapport à la consommation d'insectes, l'ordre des Lépidoptères occupe une place plus importante que celle occupée par les autres ordres d'insectes (Isoptères, aux Orthoptères et aux Coléoptères (cf. graphiques 2 et 5).

Cependant, lorsqu'il s'agit des quantités consommées (en g/jour), l'analyse de variance indique une moyenne significativement supérieure pour les Coléoptères (154,37g/pers./jour) que pour tous les autres ordres d'insectes (cf. point b.2.). Ce constat soulève une interrogation pour laquelle les hypothèses sont nombreuses, notamment le fait que les larves consommées soient généralement plus grosses que celles des autres ordres/espèces d'insectes.

A ce niveau et par rapport aux données disponibles, rien ne peut encore être affirmé. Cependant, au regard des nombreux travaux qui ont été réalisés pour les Lépidoptères consommés à Kinshasa et/ou en R.D. Congo cités par MALAISSE (1997) ; MAPUNZU (2002) ; LATHAM (2002) et MALAISSE (2005), ce constat amène à réfléchir également sur la valeur et l'apport nutritionnel des espèces de Coléoptères consommés.

Par ailleurs, les résultats obtenus ne dégagent pas une influence du genre (sexe) sur les pratiques entomophages et ce fait mérite d'être noté. En effet, les analyses statistiques des données de l'enquête n'ont mis en évidence aucune différence significative entre ces 2 sexes par rapport (i) à la consommation d'insectes –tous ordres confondus –, (ii) à la fréquence de consommation d'insectes et ; (iii) à la diversité des espèces consommées (cf. point b.3.).

En plus d'être largement pratiquée par les 2 sexes, un autre élément confirme encore la bonne intégration de l'entomophagie à Kinshasa : les insectes (tous ordres confondus) sont consommés à tous les âges et niveaux d'études. Les résultats qui étayent cet état de choses se trouvent au point b.4.

Cette bonne intégration de l'entomophagie à différentes classe d'âge et niveaux d'études, autant chez les hommes que chez les femmes, trouve des éléments de réponse dans les principales motivations exprimées par les consommateurs. A ce sujet, l'enquête révèle que 39,3% de répondants consomment les insectes en raison de leur teneur en protéines et près de 14% pour des raisons liées à la culture, à la coutume ou aux traditions (cf. point b.5.).

Pour ce dernier cas notamment, 18% de répondants admettent que les insectes ont une/des fonction(s) (symboliques) dans leurs us et coutumes (même si ces fonctions n'ont pas été précisées) ; 23% de personnes interrogées précisent que les insectes sont des plats spéciaux préparés dans des circonstances spéciales (des mariages coutumiers principalement) (cf. point b.8.).

Cet état de choses fait ressortir un certain nombre d'éléments notamment : (i) l'aspect culturel de l'entomophagie à Kinshasa ; (ii) la contribution des us et coutumes dans son acceptation ; (iii) les insectes sont des mets de valeur et aucunement un aliment marginal, du fait qu'ils soient aussi être préparés (et appréciés) lors d'occasions spéciales.

A ce sujet, l'enquête a mis en évidence différentes modalités de préparations et/ou de consommation qui varient en fonction des espèces, des goûts, et des habitudes alimentaires notamment. Il en ressort que les insectes sont de préférence consommés bouillis (33,3% de répondants), frits (32%), fumés (12,8%) ou alors consommés nature ou frais (7,8%) (cf. point b.6.).

Ces différents modes de préparation ont déjà été signalées par différents auteurs (MALAISSE, 1997 ; MAPUNZU, 2002), mais les effets de ces transformations sur la teneur en éléments nutritifs (protéines et lipides notamment) n'ont pas été suffisamment établies. Il conviendrait donc d'examiner cet aspect de choses (pour les principales espèces consommées dans la ville), afin de recommander selon les cas, des modalités de

préparation qui garantiraient à la fois la plus faible perte en nutriments et une durée de conservation satisfaisante.

Au sujet de la disponibilité des insectes sur les marchés de la capitale, l'enquête a révélé une relative fluctuation entre les espèces. Pour les Orthoptères et les Coléoptères notamment la disponibilité en insectes s'étend relativement sur toute l'année, avec des pics et des périodes de rétrogradation. Ces faits concordent donc avec MALIASSE (1997) pour les espèces d'insectes consommés en Afrique centrale.

En dehors du fait que ces résultats complètent également les valeurs indiquées par MAPUNZU (2002) par rapport à la disponibilité des insectes sur les marchés de la ville (soit 10 mois/an - tous ordres confondus) ; ils font également ressortir la grande dépendance des producteurs, vendeurs et consommateurs à la saisonnalité des espèces d'insectes consommés ; saisonnalité en rapport avec les cycles biologiques propres à chaque espèce.

Ce constat invite à réfléchir sur les solutions alternatives afin d'améliorer l'offre. A cet effet, MAPUNZU (2002) et LATHAM (2003) rapportent quelques essais de domestication qui ont été entrepris. Pour sa part, HARDOUIN (2003) propose des techniques d'élevage d'insectes qui peuvent également être envisagées.

L'intérêt de ces solutions est au moins quadruple. En effet, elles permettraient : (i) de stabiliser la disponibilité en insectes tout au long de l'année, mais également (ii) de produire plus, et donc d'offrir des insectes à des meilleurs prix que ceux qui sont proposés actuellement, entraînant ainsi (iii) une augmentation des quantités consommées au regard de l'intégration de l'entomophagie dans les habitudes alimentaires de la population kinoise ; tout en (iv) minimisant la pression anthropique sur les espèces consommées et la perte de biodiversité végétale et animale.

Le corollaire de tout ce qui précède serait une offre - en protéines, acides aminés, lipides et autres nutriments essentiels à l'équilibre alimentaire -, plus régulière, abondante et à un coût relativement plus abordable que les produits carnés consommés dans la ville (cf. point b.9.).

4.3. Analyse des teneurs en protéines et lipides

Les résultats suivants concernent les analyses des échantillons d'insectes comme décrit aux points 3.4.1. et 3.4.2.

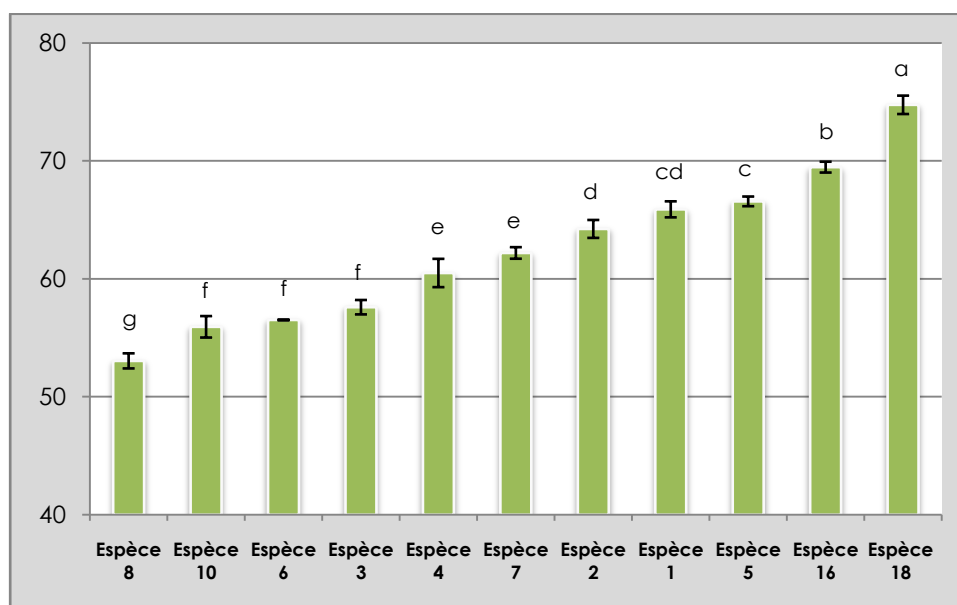
4.3.1. Teneur en protéines

Les résultats obtenus après analyse de 11 espèces d'insectes (cf. Tableau 17) se présentent comme suit :

Tableau 24 : Teneur moyenne en protéines (exprimée en % de poids sec)

N° éch.	Ordre	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protéines %
1	Lépidoptères	-	Bingubala jaune	-	65,90 ± 0,68
2	Lépidoptères	Saturniidae	Bikubala	-	64,24 ± 0,76
3	Lépidoptères	Notodontidae	Tungubi	<i>Elaphrodes lactea</i>	57,60 ± 0,61
4	Lépidoptères	Saturniidae	Mikwati	<i>Cirina forda</i>	60,50 ± 1,20
5	Lépidoptères	Saturniidae	Misati	<i>Imbrasia sp.</i>	66,58 ± 0,41
6	Lépidoptères	Notodontidae	Mingingi	-	56,61 ± 0,04
7	Lépidoptères	Saturniidae	Makonzo	<i>Imbrasia sp.</i>	62,20 ± 0,49
8	Lépidoptères	Saturniidae	Mangaya	-	53,05 ± 0,64
10	Lépidoptères	-	Mifwangi fwangi	-	55,94 ± 0,91
16	Orthoptères	-	Makonki	-	69,48 ± 0,46
18	Isoptères	Termitidae	Makenene	<i>Macrotermes sp.</i>	74,76 ± 0,78

Ces espèces d'insectes retrouvées sur les marchés de Kinshasa présentent ainsi des différences pour leur teneur en protéines ($F=268,35$; $P<0,001$) ; et ces différences dépendent de l'ordre, de la famille et de l'espèce d'insecte concerné. Le graphique suivant illustre ce constat :



Graphique 14 : Comparaison des moyennes des teneurs en protéines
Les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

4.3.2. Composition en acides aminés

L'analyse de la composition en acides aminés a été réalisée pour six espèces d'insectes (Tableau 17, échantillons 2, 4, 5, 6, 10 et 16).

Dans les tableaux (26 et 27) qui suivent, les résultats présentés ne porteront que sur (i) la composition en acides aminés essentiels pour les six échantillons analysés (tableau 25) ; et (ii) les espèces pour lesquelles les valeurs en acides aminés non essentiels sont les plus importantes (tableau 26). Les résultats complets obtenus à l'issue de cette analyse sont repris à l'annexe 5.

Tableau 25 : Composition en acides aminés essentiels* (en g d'aa/100 g de m.s.)

	Echant. 2	Echant. 4	Echant. 5	Echant. 6	Echant.10	Echant. 16
Tryptophane	0.766±0.02	0.707 ± 0.28	1.012±0.02	0.988 ± 0.15	0.529±0.01	0.733 ± 0.01
Lysine	4.913±0.13	4.387 ± 0.11	4.914±0.03	4.067 ± 0.09	3.621±0.00	4.341± 0.01
Méthionine	1.077±0.02	0.947 ± 0.01	1.147±0.01	1.048 ± 0.01	0.821±0.09	1.171± 0.03
Phénylalanine	2.925±0.07	2.754 ± 0.03	3.170±0.15	2.569 ± 0.01	2.351±0.07	2.255 ± 0.04
Thréonine	3.381±0.09	3.053 ± 0.00	3.423±0.01	2.590 ± 0.03	2.497±0.05	2.762 ± 0.01
Valine	3.853±0.10	3.610 ± 0.09	4.120±0.02	3.307 ± 0.16	3.203±0.06	4.283 ± 0.08
Leucine	4.100±0.11	3.853 ± 0.10	4.303±0.05	3.696 ± 0.09	3.626±0.08	5.403 ± 0.09
Isoleucine	2.821±0.07	2.692 ± 0.06	2.995±0.03	2.322 ± 0.06	2.288±0.08	2.982 ± 0.03
Histidine	2.579±0.06	2.237 ± 0.01	2.187±0.02	1.947 ± 0.04	1.291±0.04	2.077 ± 0.05
Arginine	3.540±0.09	3.302 ± 0.11	3.562±0.08	3.120 ± 0.05	2.877±0.10	4.278 ± 0.14

(*) Histidine et Arginine inclus.

Les résultats de ce tableau permettent de constater que sur les six échantillons analysés, *Imbrasia sp.* (Lépidoptères, échantillon 5) présente les proportions les plus importantes en Tryptophane, Lysine, Phénylalanine, Thréonine et Isoleucine. L'échantillon 2 (Lépidoptères, Saturniidae) présente pour sa part les plus fortes proportions en Histidine. Les proportions les plus importantes en Méthionine, Valine, Leucine et Arginine correspondent à des insectes Orthoptères (échantillon 16).

Pour la composition en acides aminés non essentiels, la situation se présente comme suit :

Tableau 26 : Composition en (8) acides aminés non essentiels (en g d'aa/100 g de m.s.)

	Acide aspartique	Sérine	Acide glutamique	Proline	Glycine	Alanine	Cystéine	Tyrosine
Echant. 2	5.866 ± 0.15		7.707 ± 0.20				1.137±0.03	4.228±0.11
Echant. 5	5.866 ± 0.01	3.72 ± 0.03						
Echant.16				3.97 ± 0.17	3.777±0.2	5.625±0.4		

L'échantillon 2 présente ainsi les plus fortes proportions en 4 acides aminés non essentiels, contre 2 pour l'échantillon 5 et 3 pour l'échantillon 16. Ces différentes proportions

en acides aminés (essentiels et non essentiels) revêtent un intérêt dans le cadre de l'entomophagie ; intérêt dont il sera discuté au point 4.3.4.

4.3.3. Teneur en lipides totaux

Les résultats de l'extraction des lipides effectuée pour les 7 échantillons d'insectes (présentés au tableau 18) sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 27 : Teneur en lipides totaux (exprimée en % de matière sèche)

N° éch.	Ordre	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	% lipides
2	Lépidoptères	Saturniidae	Bikubala	-	14,61
4	Lépidoptères	Saturniidae	Mikwati	<i>Cirina forda</i>	7.74
5	Lépidoptères	Saturniidae	Misati	<i>Imbrasia sp.</i>	10,22
6	Lépidoptères	Notodontidae	Mingingi	-	10.61
10	Lépidoptères	-	Mifwangi fwangi	-	10,62
16	Orthoptères	-	Makonki	-	10.64
18	Isoptères	Termitidae	Makenene	<i>Macrotermes sp.</i>	2.82

Ces données révèlent des teneurs significatives en lipides et relativement similaires pour trois espèces (les échantillons 6, 10 et 16) appartenant à deux ordres d'insectes différents. Cependant pour des contraintes relatives au temps, des répétitions de ces analyses n'ont pas pu être faites. Les données présentées dans ce tableau n'ont donc pas pu être soumises à des analyses statistiques rigoureuses.

Il peut simplement être noté à ce niveau que les insectes peuvent comporter des teneurs appréciables en lipides (cas entre autres de l'échantillon 2); teneurs qui, dans le cadre de l'entomophagie, représente un intérêt nutritionnel indéniable.

4.3.4. Discussion des résultats des analyses chimiques

Les informations sur la composition chimique des insectes consommés à Kinshasa sont limitées. Les analyses qui ont été réalisées offrent ainsi une série de données pertinentes qui permettront de mieux apprécier la valeur alimentaire des insectes analysés et leur contribution à l'équilibre nutritionnel.

Pour les 11 espèces d'insectes analysés (point 4.3.1.), les résultats ont montré une grande variabilité en teneur de protéines. Les résultats de cette analyse révèlent également une teneur anormalement élevée ($74.76 \pm 0.78\%$) chez les Isoptères. Ces teneurs en protéines pour cette espèce d'Isoptères sont sensiblement supérieures à celles publiées par MALAISSE et PARENT (1997), MALAISSE (2005) pour les espèces d'Isoptères appartenant à la même famille que celle analysée.

Les teneurs en protéines obtenues pour les autres ordres d'insectes sont globalement proches de celles publiées par d'autres études dont MALAISSE (1997) ; MALAISSE (2005) et RAMOS-ELORDUY (2005) : $69.48 \pm 0.46\%$ en moyenne pour les Orthoptères contre une moyenne de $60.29 \pm 4.7\%$ pour les 9 espèces de Lépidoptères (Notodontidae et Attacidae) consommées dans la ville de Kinshasa.

Les données au sujet des fortes teneurs en protéines des chenilles (Lépidoptères) consommées, sont relativement plus connues que pour les autres ordres d'insectes. Ainsi, les résultats obtenus dans ce travail invitent à considérer également les autres ordres d'insectes (notamment les Isoptères et les Orthoptères) au moins au même niveau (si pas plus) que les Lépidoptères au regard des teneurs en protéines qu'ils peuvent comporter, sensiblement plus importantes que celles des chenilles (Lépidoptères).

Les fortes teneurs en protéines qui ressortent de tous ces insectes analysés invitent à examiner la composition en acides aminés et leur importance relative. A cet effet, l'analyse de la composition en acides aminés pour 6 des 11 espèces précédentes a fourni un ensemble de données pertinentes dont il a été question au point 4.3.2. Il peut simplement être relevé ici le fait que cette composition en acides aminés varie d'un ordre à un autre ; et dans un même ordre, d'une famille (ou d'une espèce) à une autre.

Par rapport à ces teneurs élevées en acides aminés essentiels comme chez les espèces 2, 5 et 6 (cf. Tableau 25, caractères en gras), il faudra mentionner ici un fait qui mérite de l'être : certaines espèces d'insectes peuvent comporter des sérieuses déficiences en acides aminés essentiels. Ce constat déjà signalé par RAMOS-ELORDUY (2005), est le même que dans ce travail. C'est le cas notamment pour l'échantillon 10, une espèce de Lépidoptères non identifiée présentant les plus faibles teneurs en Isoleucine, Leucine, Arginine, Tryptophane, Histidine et Lysine (données à l'annexe 5). Par rapport aux insectes consommés, ces résultats soulignent l'importance de prendre également en compte l'aspect qualitatif des protéines (c.à.d. leur composition relative en acides aminés).

Enfin, il faudra également signaler que des teneurs raisonnables en lipides ont également été trouvées dans 5 échantillons analysés (cf. Tableau 27). Ces résultats quoique devant encore être répétés pour être validés, rejoignent en partie ceux publiés (MALAISSE, 1997 ; MALAISSE, 2005) pour des insectes de même famille, consommés en Afrique centrale.

Toutes les données précédentes fournissent un ensemble d'éléments qui permettent de mieux caractériser le profil nutritionnel, la composition chimique et l'intérêt des insectes consommés à Kinshasa –tout au moins pour les espèces d'insectes analysés.

Ces résultats (qui confirment globalement ceux des différents auteurs cités ici) mettent en lumière la contribution des insectes consommés à Kinshasa à l'équilibre alimentaire de la population et justifient les efforts qui devront encore être entrepris pour assurer la disponibilité en ces précieux invertébrés dans la capitale du pays.

4.4. Résultats de l'analyse moléculaire

4.4.1. Résultat de l'extraction d'ADN

Les extraits de l'ADN des échantillons à identifier et celui de l'espèce de référence ont été analysés par spectrophotométrie à 260 nm et 280 nm. Les résultats obtenus sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 28 : Dosage de l'ADN extrait des échantillons

N°	ng/µl	A260	A280	260/280
R1	29,47	0,589	0,267	2,48
R2	25,20	0,504	0,218	2,03
E1	477,50	9,550	4,227	2,21
E2	801,766	16,035	7,127	2,14
E3	892,50	17,850	7,871	2,20
E4	980,09	19,602	8,756	2,10
E5	568,44	11,369	5,144	2,29
E6	402,09	8,042	3,578	2,29

Légende : E1, E2, E3, E4, E5, E6 = larves de l'espèce à identifier.
R1, R2 = espèce de référence (adulte).

Les résultats de ce tableau et leurs implications seront discutés aux points suivants.

4.4.2. Résultats de l'amplification aléatoire

Après extraction de l'ADN, l'amplification aléatoire a été réalisée tel que décrit au point 3.3.2.

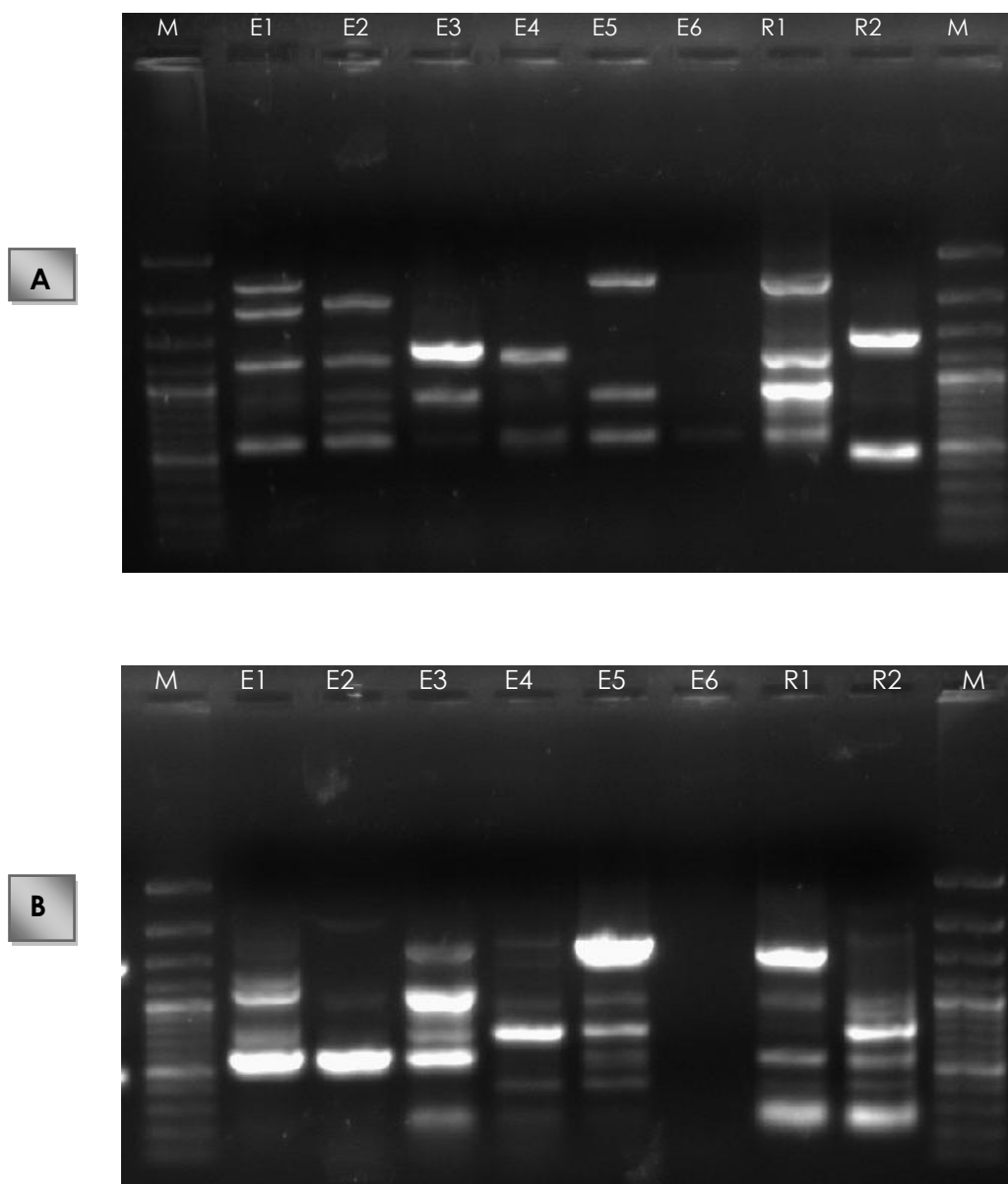
Sur les trois amorces aléatoires utilisées (OPK6, OPK7 et OPK11), seuls deux ont permis d'obtenir un niveau d'amplification suffisant et observable pour les 2 génomes étudiés. Les séquences ADN de ces deux amorces sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Tableau 29 : Séquences des amorces aléatoires ayant donné des bandes claires et comparables

N°	Amorce	Séquences 5' → 3'
1	OPK6	CACCTTCCC
2	OPK7	AGCGAGCAAG

Cependant, malgré les profils obtenus par ces deux amorces, il n'a pas été possible de poursuivre l'analyse. En effet, il s'est avéré un certain nombre d'artefacts et/ou biais qui nécessitaient que le protocole soit revu et optimisé ; mais en raison des contraintes de temps, ce travail n'a pas pu se refaire.

Parmi ces artefacts/biais, il faut principalement relever que les échantillons de référence ont posé problème. En effet, comme il peut être constaté sur les profils électrophorétiques ci-dessous (Figure 10) ; les deux échantillons de référence (R1 et R2) soit donnent un profil différent pour une même amorce, soit amplifient difficilement. Dans ces conditions, à défaut de garantir la reproductibilité des résultats, les comparaisons ultérieures n'ont donc pas été réalisées.



Légende : M = échelle de poids moléculaire ; R1, R2 = échantillon de référence ; E1 – E6 : échantillons de l'espèce à identifier.

Figure 10: Profils RAPD de l'ADN des échantillons amplifiés OPK6 (A) et OPK7 (B).

4.4.3. Discussion des résultats de l'analyse RAPD

L'observation de ces deux profils révèle un certain nombre de faits ou d'anomalies. En effet, à part celui constaté pour l'échantillon de référence, il faut encore faire remarquer que pour les deux amorces (OPK6 et OPK7), l'échantillon (E6) n'amplifie pas (ou peu) alors que le nombre moyen de produits d'amplification est de 3 pour OPK6 et plus de 4 pour OPK7. Cette situation est d'autant plus étrange que les insectes ainsi analysés proviennent tous de la même zone de récolte et morphologiquement ne présentent pas de différence.

Les raisons de ce fait sont nombreuses et peuvent impliquer toutes les étapes de l'extraction d'ADN à l'amplification. En effet, en considérant les résultats du tableau 28, il ya lieu de s'interroger sur les raisons de cet écart entre les concentrations, mais également sur la pureté des extraits d'ADN. Sous ce rapport, le constat établi ici rejoint DAVIN-REGLI *et al.* (1995) qui précisent que les variations dans la concentration en ADN peuvent affecter la reproductibilité des tests RAPD.

Devant cet état de choses et à ce niveau-ci du travail, rien ne saurait être affirmé (ou infirmé) quant à ces 2 espèces. Il peut simplement être constaté que les deux amorces amplifient relativement bien le génome de l'espèce sous étude – et mis à part les biais/artefacts que ces profils révèlent, ces amorces peuvent constituer un point de départ pour une caractérisation moléculaire de l'espèce sous étude.

5. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

De nombreuses populations à travers le monde consomment les insectes. Ces faits, rapportés par différents auteurs, se confirment également pour le cas de Kinshasa. Le présent travail apporte des compléments d'informations à ce sujet.

En effet, les résultats indiquent qu'à côté des différents produits carnés consommés, près de 80% de la population de la ville se nourrit également des insectes, pour des raisons qui ont été mises en évidence dans ce travail. Les résultats obtenus par cette étude contribuent ainsi à une amélioration de la compréhension des motivations, mais également des peurs qui animent les habitants de la capitale par rapport à la consommation de ces invertébrés.

L'étude contribue également à une caractérisation chimique - en termes de teneur en macronutriments (protéines, acides aminés et lipides notamment) d'au moins 10 espèces différentes consommées dans la ville. Elle apporte ainsi une information importante quant à leur valeur alimentaire et leur contribution à la sécurité alimentaire à Kinshasa.

Cependant, les résultats de cette étude mettent également en lumière la nature fluctuante de l'offre et soulève ainsi le problème de la production durable d'insectes à des fins alimentaires. A cet effet, les enjeux de demain seront notamment d'assurer une production permanente en insectes, à des coûts relativement abordables, tout en minimisant les effets négatifs sur la biodiversité animale et végétale.

Les perspectives seront notamment de mieux encadrer cette filière, d'envisager d'autres types de valorisation/transformations de cet aliment, de bien identifier encore la demande et d'innover. En effet, il reste tout à fait possible d'intégrer les insectes dans d'autres types de produits et/ou de les mettre en valeur sous d'autres formes.

Les résultats de cette enquête mettent ainsi en lumière à la fois le rôle nutritionnel des insectes à Kinshasa et leur contribution à la sécurité alimentaire, mais également les implications sociales et économiques qui découlent du commerce et des échanges dont ils sont le centre.

Pour près de 95% de femmes qui constituent les principales actrices dans le commerce des insectes, l'entomophagie ne constitue pas seulement une source de nutriments pour elles, leurs enfants ou leurs familles, mais également une source de revenus significatifs. A ce sujet, les insectes contribuent à l'autonomisation des femmes et à la réduction de la pauvreté et de la faim auprès des populations rurales, rejoignant ainsi au moins deux objectifs du millénaire pour le développement.

BIBLIOGRAPHIE

- AKOH, C. C., & MIN, D. B. (2002): Food Lipids: Chemistry, nutrition, and biochemistry. Second Edition. Extraction and Analysis of Lipids. Pg. 133-144.
- AOAC (1999a): Official Methods of Analysis Method 988.05. Ch. 4, p. 13 AOAC International, Gaithersburg, Md.
- AOAC (1999b): Official Method of Analysis Method 968.06. Ch. 4, p. 13 AOAC International, Gaithersburg, Md.
- ANDERSEN, S. O. (2000): Studies on proteins in post-ecdysial nymphal cuticle of locust, *Locusta migratoria*, and cockroach, *Blaberus craniifer*. Insect Biochem. Mol. Biol. 30: 569–577.
- ANONYME (1999) : Plans d'action provinciaux pour la biodiversité (appendice du plan d'action national). Secrétariat général à l'environnement, conservation de la nature, pêche et forêts. Ministère des Affaires Foncières, Environnement, Conservation de la nature, Pêche et Forêts. R.D. Congo.
- ANONYME (2005) : Monographie de la ville de Kinshasa, Comité Provincial de la Stratégie pour la Réduction de la Pauvreté. Unité de Pilotage du Processus d'Elaboration et de Mise en œuvre de la Stratégie pour la Réduction de la Pauvreté (UPPESRP). Ministère du Plan. R.D. Congo.
- ANONYME (2009) : Province de Kinshasa. Profil résumé, Pauvreté et conditions de vie des ménages. Programme des Nations Unies pour le Développement ; PNUD – R.D. Congo.
- BARTLETT, J. M. S. & STIRLING, D. (2003): PCR Protocols. 2nd edition. Methods in Molecular Biology. Volume 226. Humana Press. Totowa, New Jersey.
- BARRETEAU, D. (1999) : Les Mofu-Gudur et leurs criquets. In: BAROIN, C. (ed.), BOUTRAIS, J. (Ed.). *L'homme et l'animal dans le bassin du lac Tchad*. Paris: IRD, p. 133-169.
- BEN-DOV, Y. & HODGSON, C. J. (1997): Soft scale insects their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, Volume 7B. Elsevier science B.V. Sara Burgerhartstraat 25. P.O. Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands.
- BERVILLE, A. & TERSAC, M. (1994): Techniques et utilisations des marqueurs moléculaires. Les Colloques, n° 72. Institut National de la Recherche Agronomique. 147, Rue de l'Université. Paris.
- BOULIDAM, S. (2010): Edible insects in a Lao market economy. In: DURST et al., (Ed.) *Forest insects as food: humans bite back*. pp. 131-140. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand.
- BLACKWELL L, R. & D'ERRICO, F. (2001): Evidence of termite foraging by Swartkrans early hominids. *Proc. natn. Acad. Sci. USA* 98, 1358–1363.
- CASA, J. & SIMPSON, S. J. (2010): Advances in Insect Physiology, Insect integument et colour. Academic Press, Elsevier, 32 Jamestown Road, London NW1 7BY, UK.

- CEZILLY F. & BENHAMOU S. (1996): Les stratégies optimales d'approvisionnement: Optimal foraging strategies a review. *Revue d'écologie*, vol.51,n°1,pp.43-86.
- CHRISTIE, W.W. (1993): *Advances in Lipid Methodology — Two* (Ed. W.W. CHRISTIE). The Oily Press, Dundee, pp.195-213.
- CHUNG, A. Y. C. (2010): Edible insects and entomophagy in Borneo. *In: DURST et al., (Ed.) Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. pp. 141-150.
- DAJOZ, R. (2006) : *Précis d'Ecologie*. 8^e édition, Dunod. Paris.
- DAVIN-REGLI, Y. A., CHARREL, C. & MICCO, P. (1995): Variations in DNA concentrations affect the reproductibility of RAPD fingerprint patterns. Institut Pasteur. Elsevier; *Res. Microbiol.* 146, 561-568.
- DEFOLIART, R. G. (1999): Insects as food: why the western attitude is important. *Annual Review of Entomology*, 44: 21–50.
- DEFOLIART, R. G. (2005): Overview of role of edible insects in preserving biodiversity. *In: PAOLETTI, M. G. (Ed.) Ecological implications of minilivestock*, pp. 123-140. Enfield, NH, USA, Science Pub.
- DEKEIRSSCHIETER, J., VERHEGGEN, F., FREDERICKX, C., MARLET, C., LOGNAY, G. & HAUBRUGE, E. (2012): Comment les insectes communiquent-ils au sein de l'écosystème-cadavre"? L'écologie chimique des insectes nécrophages et nécrophiles. *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology*, 65, 3-13.
- DELVARE, G. & ABERLENC, H. P. (1989): *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale – Clés pour la reconnaissance des familles*. PRIFAS. Laboratoire de Faunistique, Département GERDAT, CIRAD. France.
- DURST, P. B., JOHNSON, D. V., LESLIE, R. N. & SHONO, K. (2010): *Forest insects as food: humans bite back*. Regional Office for Asia and the Pacific. FAO. Bangkok, Thailand.
- ESPADALER, X., REY, S. & BERNAL, V. (2003): Queen number in a supercolony of the invasive garden ant, *Lasius neglectus*. *Insect. Soc.* 51 (2004) 232–238.
- FOLCH, J., LEES, M. & STANLEY, G.H.S., (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Biochem.* 226, 497-509.
- FRANCIS, F., VANDERMOTEN, S., VERHEGGEN, F., LOGNAY, G. & HAUBRUGE, E. (2005): Is the (E)-b-Farnesene only volatile terpenoid in aphids? *Journal of Applied Entomology* 129, p. 6-11.
- GILBERT, L. I. (2012): *Insect Endocrinology*. Elsevier. Academic Press, 32 Jamestown Road, London NW1 7BY, UK.
- GILBERT, L. I. & GILL, S. S. (2010): *Insect control, biological and synthetic agents*. Elsevier. Academic Press, 32 Jamestown Road, London, NW1 7BY, UK.

- GOMEZ, C. A (1987): Entomologia descriptiva – Biología y morfología de las orugas. Lepidoptera. Tomo III ; Geometridae. Boletín de Sanidad Vegetal, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de la Producción Agraria. Madrid.
- GOMEZ, C. A (1988): Entomologia descriptiva – Biología y morfología de las orugas. Lepidoptera. Tomo VI ; Syssphingidae – Saturniidae – Endromidae – Lasiocampidae – Drepanidae – Thyatiridae – Notodontidae – Hyspidae. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de la Producción Agraria. Madrid.
- GREENFIELD, H. & SOUTHGATE, D.A.T. (2007): Données sur la composition des aliments. Production, Gestion et Utilisation. 2nd edition. FAO, Rome.
- GREENSTONE, M. H. (2006): Molecular methods for assessing insect parasitism. [review]. *Bull entomol res*, 96(1), 1-13.
- GULLAN P.J. & CRANSTON P.S. (2005): The Insects, An Outline of Entomology. Third edition, Blackwell Publishing Ltd. 350 Main Street, Malden, MA 02148-5020, USA.
- HANS, G. S. (2010): Forest insects as food: a global review. In: DURST et al., (Ed.) *Forest insects as food: humans bite back*, pp. 37-64. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand.
- HARDOUIN, J. (2003): Production d'insectes à des fins économiques ou alimentaires : Mini-élevage et BEDIM. Notes fauniques de Gembloux, n° 50: 15-25.
- HOLLOBLER B. & WILSON E. O. (2009): The Superorganism. The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies. W. W. Norton & Company, Inc. 500 Fifth Avenue, New York, N.Y. 10110.
- HANBOONSONG, Y. (2010): Edible insects and associated food habits in Thailand. In: DURST et al., (Ed.) *Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. pp. 173-182.
- HOWSE P.E. (1998): Pheromones and Behaviour. In HOWSE P.E., STEVENS, I., JONES, O. (Ed.) *Insect pheromones and their use in pest management*. Chapman and Hall. p. 1-130.
- INNIS, M. A., SNINSKY, J. J. & GELFAND, D. H. (1999): PCR Applications - Protocols for Functional Genomics. Academic Press. 525 B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101-4495, USA.
- JOHNSON, D. V. (2010): The contribution of edible forest insects to human nutrition and to forest management. In: DURST et al., (Ed.) *Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. pp. 5-22.
- JOLIVET, P. & KRISHNA, K. V. (2005): Fascinating Insects some aspects of insect life. Pensoft Publishers, Bulgaria.
- JONES, C. J., EDWARDS, K. J., CASTAGLIONE, S., WINFIELD, M. O., SALA, F., VAN DE WIEL, BREDEMEIJER, G., VOSMAN, B., MATTHES, M., DALY, A. & al. (1997): Reproducibility testing of RAPD, AFLP and SSR markers in plants by a network of European laboratories. *Molecular Breeding*, 3(5), 381-390. doi: 10.1023/a:1009612517139.

- KAKONDE, M. & TOLLENS, E. (2001) : Sécurité alimentaire au Congo-Kinshasa: production, consommation et survie. Ed. L'Harmattan, Paris Montréal.
- KOIVISTOINEN, P.E., ASP, N.-G., ENGLYST, H.N., HUDSON, G.J., HYVONEN, L., KALLOI, H. & SALO-VÄÄNÄNEN, P.P. (1996): Memorandum on terms, definitions and analytical procedures of protein, fat and carbohydrate in foods for basic composition data, issues and recommendations. *Food Chem.*, 57: 33–35.
- KLOWDEN M. J. (2007): *Physiological System in Insects*. Second edition. Academic Press, Elsevier, 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA.
- LATHAM, P. (2003): *Edible caterpillars and their food plant in Bas-Congo*. Canterbury, United Kingdom: Mystole Publications, 60 p. ISBN 0-9543012-7-7.
- LAURENT, P., BRAEKMAN, J.-C., DALOZE, D. & PASTEELS, J. M. (2003): An ecdysteroid (22-acetyl-20-hydroxyecdysone) from the defense gland secretions of an insect: *Chrysolina carnifex* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Chemoecology*, 13, 109-111.
- LEPOIVRE, P. (2003) : *Phytopathologie*. De Boeck, Bruxelles, 427 pp.
- MALAISSÉ, F. (1997a): *Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle*. Gembloux (Belgique) : Les Presses Agronomiques de Gembloux / Wageningen (The Netherlands): Centre technique de Coopération agricole et rurale (C.T.A.).
- MALAISSÉ, F. (1997b): *How to live and survive in Zambezian open forest (Miombo Ecoregion)*. Gembloux (Belgique) : Les Presses Agronomiques de Gembloux / Wageningen (The Netherlands): Centre technique de Coopération agricole et rurale (C.T.A.).
- MALAISSÉ, F. (2005): Human consumption of Lepidoptera, Termites, Orthoptera, and Ants in Africa. In: PAOLETTI, M. G. (Ed.) *Ecological implications of minilivestock. Potential of insects, rodents, frogs and snails*. Enfield, NH, USA: Science Publishers, 175-230.
- MAPUNZU, M. P. (2002): Contribution de l'exploitation des chenilles et autres larves comestibles dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté en République démocratique du Congo. In: N'GASSE. (Ed.) *Contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire. L'exemple des chenilles d'Afrique Centrale*. FAO, Rome.
- MARTINEZ, M. & GAUVRIT, B. (1997) : Combien y a-t-il d'espèces d'insectes en France ? *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 102, p. 333 – 344.
- MIGNON, J. (2002): L'entomophagie - une question de culture ? *Agri-Overseas, Tropicultura*, 20, 3. Bruxelles, pp. 151 – 155.
- MITSUHASHI, J. (2010): The future use of insects as human food. In: DURST et al., (Ed.) *Forest insects as food: humans bite back*, pp. 115-122. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand.
- MULISSA, M. (1997): Time for eating nsenene in Bukoba. *Daily News*. Dar es Salaam.

- NANDASENA, M.R.M.P., DISANAYAKE, D.M.S.K. & WEERATUNGA, L. (2010): Sri Lanka as a potential gene pool of edible insects. *In: DURST et al. (Ed.) Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. pp. 161-164.
- NONAKA, K. (1996): Ethnoentomology of the central Kalahari San. *African Study Monographs Suppl. 22*, 29–46.
- PAOLETTI, M.G., BUSCARDO, E., VANDERJAGT, D.J., PASTUSZYN, A., PIZZOFERRATO, L., HUANG, L., CHUANG, Y-S., GLEW, L.T., MILLSON, M. & CERDA, H. (2003): Nutrient content of termites (*Syntermes* soldiers) consumed by Makiritare Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. *Ecology of Food and Nutrition*, 42: 177–191.
- PREMALATHA, M., ABBASI, T., ABBASI, T., ABBASI, S. A. (2011): Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation - The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 : 4357– 4360.
- RACHIDI, T. (1991): Précis de lutte antiacridienne. Les pulvérisations d'insecticides. Ministère de la coopération et du développement. CIRAD /PRIFAS. Paris.
- RAMANDEY, E. & HENK, V. M. (2010): Edible insects in Papua, Indonesia: from delicious snack to basic need. *In: DURST et al. (Ed.) Forest insects as food: humans bite back*, FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. pp. 105-114.
- RAMOS-ELORDUY, J. (2005): Insects - a hopeful food source. *In: PAOLETTI, M.G. (Ed.) Ecological implications of minilivestock. Potential of insects, rodents, frogs and snails*. Enfield, NH, USA: Science Publishers, 263-291.
- RAMOS-ELORDUY, J. (2009): Anthro-entomophagy - Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*; 39: 271–288.
- RESH, V. H. & CARDE, R. T. (2009): *Encyclopedia of Insects*. Second edition. Academic Press, Elsevier, 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA.
- ROULON-DOKO, P. (1998) : Les activités de cueillette, pp. 247–342. *In: Chasse, cueillette et culture chez les Gbaya de Centrafrique*. Éditions l'Harmattan, Paris.
- SALAMA, H. S. & SAKER, M. M. (2002): DNA fingerprints of three different forms of the red palm weevil collected from Egyptian date palm orchards. *Archiv. Phytopath. Pflanz.*, Vol. 35, pp. 299–306.
- SUN, L., FENG, Y., HE, Z. & al. (2007): Studies on alkaline solution extraction of polysaccharide from silkworm pupa and its immunomodulating activities. *Forest Research*, 20 (6): 782-786.
- TARRIEU F. (1994) : Valeur des marqueurs RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) dans l'étude de la microvariabilité d'un clonot majeur de *Trypanosoma cruzi*, agent de la maladie de Chagas. Montpellier : ORSTOM, 1994, (8), 32 p. multigr. (Document ORSTOM Montpellier ; 8). Mém. DEA : Parasitologie, USTL : Montpellier. 1994/07/07.

- THOMPSON, M., OWEN, L., WILKINSON, K., WOOD, R., & DAMANT, A. (2002): A comparison of the Kjeldahl and Dumas methods for the determination of protein in foods, using data from a proficiency testing scheme. [Comparative Study]
- TRISTRAM, D. W. (2003): Pheromones and Animal Behaviour, Communication by Smell and Taste. The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU. UK.
- VAN, A. H. (2003): Insects as food in Sub-Saharan Africa. Science and its Application; 23(3):163–85.
- VANTOMME, P., GOEHLER, D. & N'DECKERE-ZIANGBA, F. (2004) : Contribution of forest insects to food security and forest conservation: the example of caterpillars in Central Africa. ODI *Wildlife Policy Briefing*, 3: 1-4.
- VERHEGGEN, F. J. & HAUBRUGE, E. (2010): Les phéromones d'alarme dans le règne animal. *Faunistic Entomology* 63 (4), 259-274.
- VILCINSKAS, A. (2011): Insects Biotechnology. Springer Science & Business Media B.V. Germany.
- WILLIAMS, J. G. K., KUBELIK, A. R., LIVAK, K. J., RAFALSKI, J. A. & TINGEY, S. V. (1990): DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.* 18, 6531-6535.
- YEN, A. L. (2010): Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects. In: DURST et al. (Ed.) *Forest insects as food: humans bite back*, FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. pp. 65-84.
- YING, F., XIAOMING, C., LONG, S. & ZHIYONG, C. (2010): Common edible wasps in Yunnan Province, China and their nutritional value. In: DURST et al. (Ed.) *Forest insects as food: humans bite back*, FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. pp. 93-98.
- YURVEY, A. (2007): PCR Primer Design. *Methods in Molecular Biology*. Volume 402. Humana Press. Totowa, New Jersey.

Annexes

Annexe 1.

Questionnaire auprès des consommateurs

Fiche n°

Nom de l'interviewer

Date

Lieu d'enquête

Partie démographique

1. Prénom répondant
2. Sexe : M F
3. Age du répondant :
4. Etudes faites : Université Humanités Primaire Aucun
5. Profession/Métier :
6. Commune de résidence :

Partie principale

1. Consommez-vous des insectes : Oui (aller à 2) Non (aller à 4 puis à 5)
2. Pour quelle raison :
3. Pouvez-vous donner :
 - a. Les insectes que vous consommez (nom français et/ou nom vernaculaire) :
.....
 - b. La quantité que vous consommez par jour :
 - c. Pendant combien de jours par mois :
 - d. Quels mois de l'année :
 - e. Vous en mangez comme plat principal ou comme accompagnement ?
 - f. Comment vous vous en procurez :
 Achats Ramassage Elevage Autre (à préciser)
 - g. De quel endroit (lieu de collecte, d'achat ou d'élevage) :
 - h. Vous consommez des Œufs Chenilles (Larves) Nymphes (Pupes) Adultes
 - i. Vous en consommez surtout sous quelle forme :
 Nature Frits Fumés En farine Bouillis
 - j. Ces insectes ont-ils une valeur (fonction) symbolique dans votre province d'origine ? Laquelle
.....
 - k. Ces insectes sont-ils préparés pour des circonstances précises dans votre province d'origine ?
Lesquelles
 - l. (Aller à 5)
4. Pour quelle(s) raison(s) ne consommez-vous pas d'insectes ?
.....
5. a. Vous en mangerez dans le futur ? Oui (aller à 5b) Non (aller à 6)
b. Pourquoi (ou à quelle condition) ?
6. Quelles (autres) viandes vous consommez habituellement :

<input type="checkbox"/> Volailles -	Quelle quantité par jour :	Combien de jours par mois
<input type="checkbox"/> Poisson -	Quelle quantité par jour :	Combien de jours par mois
<input type="checkbox"/> Viande de porc -	Quelle quantité par jour :	Combien de jours par mois
<input type="checkbox"/> Viande de bœuf -	Quelle quantité par jour :	Combien de jours par mois
<input type="checkbox"/> Insectes -	Quelle quantité par jour :	Combien de jours par mois

Observations

Signature de l'interviewer

Annexe 2.

Questionnaire auprès des vendeurs

Fiche n°

Nom de l'interviewer

Date

Lieu de vente

Partie démographique

1. Prénom vendeur(se)
2. Sexe : M F
3. Age du répondant:
4. Etudes faites : Université Humanités Primaire Aucun
5. Est-ce : Votre travail principal ? (aller à 7) ou Une activité secondaire ? (aller à 6)
6. Quel est votre travail (profession ou activité) principal ?
7. Commune de résidence :

Partie principale

1. Quels insectes vendez-vous (nom français et/ou nom vernaculaire)?
.....
2. Vous vendez des Œufs Chenilles (Larves) Nymphes (Pupes) Adultes
3. Comment vous en procurez-vous? :
 Achats Ramassage Elevage Autre (à préciser)
4. De quel endroit (lieu de collecte, d'achat ou d'élevage) :
5. Comment les attrape-t-on ?
.....
6. Sur quelle plante- hôte (nom français et/ou nom vernaculaire) vivent ces insectes ?
.....
7. Quelle période de l'année en trouvez-vous beaucoup ?
8. Comment les conservez-vous ?
.....
9. Vous en vendez surtout sous quelle forme :
 Nature Frits Fumés En farine Bouillis
10. Quelle quantité vendez-vous par jour ?
11. Combien gagnez-vous par kilo (par unité de vente) ?
12. Combien de jours vous vendez par mois ?
13. Quelle période de l'année la demande est-elle la plus forte ?
14. Croyez-vous que certaines espèces peuvent disparaître avec trop de récoltes ? Oui Non
15. Prenez-vous des précautions particulières à cet effet ?
.....

Observations

.....

.....

Signature de l'interviewer

Annexe 3. Données – Enquête auprès des vendeurs

1. Activité Princ. (n = 67)

	Oui	Non	Total	
H	1	1	2	3.0%
F	51	14	65	97.0%
	52	15		67
	77.6%	22.4%		

2. Classes d'âge (n=67)

	≤ 30 ans	≤ 35 ans	≤ 40 ans	≤ 45 ans	≤ 50 ans	Ind.
H+F	10	8	7	18	12	12
	14.9%	11.9%	10.4%	26.9%	17.9%	17.9%

3. Niveau Etudes (n=67)

	A	P	H	U	Autres	Total
N.E.	13	33	20	1		67
%tage	19.4%	49.3%	29.9%	1.5%		

4. Espèces Vendues (n=67)

	Chenilles	Mposhé (Rhynchophorus)	Makokolo (Augosoma)	Grillons	Sauterelles	Termites
Oui	58	4	3	3	2	11
%tage	71.6%	4.9%	3.7%	3.7%	2.5%	13.6%

5. Nbre d'espèces Chen. Vendues (n= 58)

	1	2	3	4	Au moins 5
Nbre Vendeurs	2	22	19	11	4
%tage	3.4%	37.9%	32.8%	19.0%	6.9%

6. Stade dév. Ins. Vendus (n=67)

	Œufs	Larves (Chenilles)	Pupes	Adultes
Oui	0	63	0	4
%tage	-	94%	-	6%

7. Approvisionnement (n=67)

	Achats	Ramassage
Oui	66	1
%tage	98.5%	1.5%

8. Mode de conservation (n=67)

	Nature	Seché	Boucané	Bouillis	Bouillis + séché	Autres
Mode conservation	42	1	1	1	21	1
%tage	62.7%	1.5%	1.5%	1.5%	31.3%	1.5%

9. Nbre jours vente

	26	28	29	30	Ind.
Oui	40	1	17	8	1
%tage	59.7%	1.5%	25.4%	11.9%	1.5%

10. Catégories Ventes (en Kg)

	1 (≤ 1 Kg)	2 (≤ 3 Kg)	3 (≤ 5 Kg)	4 (≤ 10 Kg)	5 (≥ 10 Kg)	Ind.
Nbre Vendeurs	18	20	11	6	6	6
	26.9%	29.9%	16.4%	9.0%	9.0%	9.0%

	≤ 1 Kg	1 Kg $< x \leq 3$ Kg	3 Kg $< x \leq 5$ Kg	5 Kg $< x \leq 10$ Kg	≥ 10 Kg
Proportions	26.9%	29.9%	16.4%	9.0%	9.0%

11. Mesures de protection (n=67)

	Oui	Non
Réponse	5	62
%tage	7.5%	92.5%

13. Niveau d'études et revenus

	A	P	H	U
	7.57	90.43	113.04	135.65
	22.61	264.78	6.78	*
	252.17	11.30	113.04	*
	25.22	113.04	67.83	*
	75.65	79.13	169.57	*
	13.04	63.04	45.22	*
	15.65	45.22	63.04	*
	151.30	180.87	25.22	*
	12.61	31.30	12.61	*
	*	352.17	50.43	*
	*	79.13	33.91	*
	*	79.13	50.75	*
	*	75.65	260.87	*
	*	113.04	25.22	*
	*	*	37.83	*
	*	*	78.26	*
	*	*	50.87	*
	*	*	339.13	*
	*	*	50.87	*
	*	*	282.61	*
	*	*	27.13	*
	*	*	135.65	*

Annexe 4. Données – Enquête auprès des consommateurs

Sexe	Oui	Non	Total	%age Oui
F	122	32	154	79.22%
M	97	24	121	80.17%
Total	219	56	275	275
	79.6%	20.4%	100.0%	

Classe Age	Oui	Non	Total	%age Oui
1	35	10	45	77.78%
2	44	11	55	80.00%
3	47	19	66	71.21%
4	31	7	38	81.58%
5	49	4	53	92.45%
Ind.	13	5	18	72.22%
Total	219	56	275	79.64%

Etudes	Oui	Non	Total	%age Oui
A	5	2	7	71.43%
H	102	19	121	84.30%
P	47	13	60	78.33%
U	57	19	76	75.00%
Ind.	8	3	11	66.67%
Total	219	56	275	79.64%

Nbre d'ordres différents cons. par pers. (n=275)

	1 esp.	3 esp.	5 esp.
H	31	20	3
F	46	30	3
Total	77	50	6
%tage	28.0%	18.2%	2.2%

Etude	Chen. OUI	Chen. NON	Total	%tage Chen. Oui
A	4	3	7	57.14%
P	45	15	60	75.00%
H	87	34	121	71.90%
U	45	31	76	59.21%
ind.	8	3	11	72.73%
Total	189	86	275	68.73%

Etude	Mposhé OUI	Mposhé NON	Total	%tage Mposhé Oui
A	1	6	7	14.29%
P	5	55	60	8.33%
H	29	92	121	23.97%
U	19	57	76	25.00%
ind.	3	8	11	27.27%
Total	57	218	275	20.73%

Etude	Makokolo OUI	Makokolo NON	Total	%tage Makokolo Oui
A	1	6	7	14.29%
P	5	55	60	8.33%
H	12	109	121	9.92%
U	3	73	76	3.95%
ind.	0	11	11	0.00%
Total	21	254	275	7.64%

Etude	Grillons OUI	Grillons NON	Total	%tage Grillons Oui
A	3	4	7	42.86%
P	19	41	60	31.67%
H	45	76	121	37.19%
U	27	49	76	35.53%
ind.	6	5	11	54.55%
Total	100	175	275	36.36%

Etude	Sauterelles		Total	%tage Sauterelles Oui
	Sauterelles OUI	NON		
A	1	6	7	14.29%
P	8	52	60	13.33%
H	15	106	121	12.40%
U	17	59	76	22.37%
ind.	2	9	11	18.18%
Total	43	232	275	15.64%

Etude	Termites		Total	%tage Termites Oui
	Termites OUI	NON		
A	2	5	7	28.57%
P	14	46	60	23.33%
H	31	90	121	25.62%
U	26	50	76	34.21%
ind.	2	9	11	18.18%
Total	75	200	275	27.27%

Etude	Fourmis		Total	%tage Fourmis Oui
	Fourmis OUI	NON		
A	1	6	7	14.29%
P	1	59	60	1.67%
H	3	118	121	2.48%
U	9	67	76	11.84%
ind.	1	10	11	9.09%
Total	15	260	275	5.45%

Classe age	Chen.		Total	%tage Chen. Oui
	OUI	NON		
1	27	18	45	60.00%
2	40	15	55	72.73%
3	38	28	66	57.58%
4	29	9	38	76.32%
5	44	9	53	83.02%
Ind.	11	7	18	61.11%
Total	189	86	275	68.73%

Classe age	Mposhé		Total	%tage Mposhé Oui
	OUI	NON		
1	9	36	45	20.00%
2	8	47	55	14.55%
3	15	51	66	22.73%
4	13	25	38	34.21%
5	10	43	53	18.87%
Ind.	2	16	18	11.11%
Total	57	218	275	20.73%

Classe age	Makokolo		Total	%tage Makokolo Oui
	OUI	NON		
1	3	42	45	6.67%
2	0	55	55	0.00%
3	7	59	66	10.61%
4	2	36	38	5.26%
5	7	46	53	13.21%
Ind.	2	16	18	11.11%
Total	21	254	275	7.64%

Classe age	Grillons		Total	%tage Grillons Oui
	OUI	NON		
1	15	30	45	33.33%
2	15	40	55	27.27%
3	24	42	66	36.36%
4	18	20	38	47.37%
5	23	30	53	43.40%
Ind.	5	13	18	27.78%
Total	100	175	275	36.36%

Classe age	Sauterelles		Total	%tage Sauterelles Oui
	OUI	NON		
1	8	37	45	17.78%
2	7	48	55	12.73%
3	10	56	66	15.15%
4	3	35	38	7.89%
5	15	38	53	28.30%
Ind.	0	18	18	0.00%
Total	43	232	275	15.64%

Classe age	Termites		Total	%tage Termites	
	OUI	NON		Oui	
1	13	32	45		28.89%
2	9	46	55		16.36%
3	17	49	66		25.76%
4	11	27	38		28.95%
5	22	31	53		41.51%
Ind.	3	15	18		16.67%
Total	75	200	275		27.27%

Classe age	Fourmis		Total	%tage Fourmis	
	OUI	NON		Oui	
1	1	44	45		2.22%
2	2	53	55		3.64%
3	2	64	66		3.03%
4	5	33	38		13.16%
5	5	48	53		9.43%
Ind.	0	18	18		0.00%
Total	15	260	275		5.45%

Tableau Cons. Globale

	Oui	Non	Total	%tage	
Chenilles	188	31	219		85.84%
Mposhé	57	162	219		26.03%
Makokolo	21	198	219		9.59%
Grillons	99	120	219		45.21%
Sauterelles	43	176	219		19.63%
Termites	75	144	219		34.25%
Fourmis	15	204	219		6.85%
Autres	15	204	219		6.85%

Sexe	Chen. OUI		Total	%tage Chen. Oui	
	OUI	NON		Oui	
F	109	45	154		70.78%
M	80	41	121		66.12%
Total Chen.	189	86	275		68.73%

Sexe	Mposhé OUI		Total	%tage Mposhé	
	OUI	NON		Oui	
F	30	124	154		19.48%
M	27	94	121		22.31%
Total Mposhé	57	218	275		20.73%

Sexe	Makokolo OUI		Total	%tage Makokolo	
	OUI	NON		Oui	
F	12	142	154		7.79%
M	9	112	121		7.44%
Total Makokolo	21	254	275		7.64%

Sexe	Grillons OUI		Total	%tage Grillons Oui	
	OUI	NON		Oui	
F	51	103	154		33.12%
M	49	72	121		40.50%
Total Grillons	100	175	275		36.36%

Sexe	Sauterelles OUI		Total	%tage Sauterelles	
	OUI	NON		Oui	
F	23	131	154		14.94%
M	20	101	121		16.53%
Total Sauterelles	43	232	275		15.64%

Sexe	Termites OUI		Total	%tage Termites	
	OUI	NON		Oui	
F	37	117	154		24.03%
M	38	83	121		31.40%
Total Termites	75	200	275		27.27%

Sexe	Fourmis OUI		Total	%tage Fourmis Oui	
	OUI	NON		Oui	
F	5	149	154		3.25%
M	10	111	121		8.26%
Total Fourmis	15	260	275		5.45%

Sexe	Autres OUI	Autres NON	Total	%tage Fourmis Oui
F	6	148	154	3.90%
M	9	112	121	7.44%
Total Autres	15	260	275	5.45%

Méthodes conservation et préparation

	Nature	Fumés	Frits	En farine	Bouillis	Grillés	Autres préparations (spéciales)
Effectif	17	28	70	2	73	5	24
%tage (H+F)	7.8%	12.8%	32.0%	0.9%	33.3%	2.3%	11.0%

Insectes - Fonction symbolique

	Oui	Non	Ind.	Total
F	26	77	19	122
H	12	67	18	97
Total	38	144	37	219
%tage	17.4%	65.8%	16.9%	

Insectes - Grandes occasions

	Oui	Non	Ind.	Total
F	39	66	17	122
H	17	64	16	97
Total	56	130	33	219
%tage	25.6%	59.4%	15.1%	

Insectes- Occasions spéciales

	Aliment coutumier (traditionnel)	Deuils et retrait de deuils	Mariage et fêtes	Traitements maladies et Régimes	Plat pour invités spéc.	Ind.	Total
Effectif (H+F)	1	4	48	3	1	162	219
%tage	0.5%	1.8%	21.9%	1.4%	0.5%	74.0%	

Qtés consom. Volailles

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Ind.	Total
F	62	22	4	2	16	16	122
H	51	22	1	5	4	14	97
Total	113	44	5	7	20	30	219
%tage	51.6%	20.1%	2.3%	3.2%	9.1%	13.7%	

Qtés consom. Poissons

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Ind.	Total
F	61	17	1	26	7	10	122
H	49	16	1	20	5	6	97
Total	110	33	2	46	12	16	219
%tage	50.2%	15.1%	0.9%	21.0%	5.5%	7.3%	

Qtés consom. Porc

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Ind.	Total
F	46	8	0	15	2	51	122
H	44	5	0	5	1	42	97
Total	90	13	0	20	3	93	219
%tage	41.1%	5.9%	0.0%	9.1%	1.4%	42.5%	

Qtés consom. Bœuf

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Ind.	Total
F	56	14	0	25	2	25	122
H	50	11	0	16	2	18	97
Total	106	25	0	41	4	43	219
%tage	48.4%	11.4%	0.0%	18.7%	1.8%	19.6%	

Fréq. Cons. Volailles

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Catég. 6	Ind.	Total
F	88	13	3	1	0	0	17	122
H	68	11	2	0	1	0	15	97
Total	156	24	5	1	1	0	32	219
%tage	71.2%	11.0%	2.3%	0.5%	0.5%	0.0%	14.6%	

Fréq. Cons. Poissons

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Catég. 6	Ind.	Total
F	22	24	14	27	14	9	12	122
H	12	19	14	19	16	8	9	97
Total	34	43	28	46	30	17	21	219
%tage	15.5%	19.6%	12.8%	21.0%	13.7%	7.8%	9.6%	

Fréq. Cons. Porc

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Catég. 6	Ind.	Total
F	61	1	1	0	0	0	59	122
H	47	4	0	0	0	0	46	97
Total	108	5	1	0	0	0	105	219
%tage	49.3%	2.3%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	47.9%	

Fréq. Cons. Bœuf

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Catég. 6	Ind.	Total
F	90	6	0	0	0	0	26	122
H	72	8	0	0	0	0	17	97
Total	162	14	0	0	0	0	43	219
%tage	74.0%	6.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.6%	

Tableau Global Qté Cons.
Insectes

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Ind	Total
Ins. Lépidoptères	30	62	14	66	11	36	219
Ins. Coléoptères	1	1	3	0	18	196	219
Ins. Orthoptères	11	20	7	7	17	157	219
Ins. Isoptères	9	5	0	6	1	198	219

Fréq. Glob. Cons. Viande &
Insectes

	Catég. 1	Catég. 2	Catég. 3	Catég. 4	Catég. 5	Catég. 6	Ind.	Total
Cons. Ins.	138	46	17	11	0	2	5	219
Cons. Poissons	34	43	28	46	30	17	21	219
Cons. Volailles	156	24	5	1	1	0	32	219
Cons. Porc	108	5	1	0	0	0	105	219
Cons. Bœuf	162	14	0	0	0	0	43	219

Annexe 5. Résultats - analyse composition en acides aminés

Tableau récapitulatif : Acides aminés chez qlques espèces comestibles au Congo (les résultats sont exprimés en g d'acides aminés par 100 g de matière sèche)

Nom vernaculaire	Mingini		Makonki		Msukwati		Misati		Bikubala		Mifwangi	
	Moy	Ecart type	Moy	Ecart type	Moy	Ecart type	Moy	Ecart type	Moy	Ecart type	Moy	Ecart type
Acides aminés												
Asp	4.915	0.089	5.192	0.008	5.368	0.045	5.866	0.011	5.866	0.157	4.759	0.081
Thr	2.590	0.030	2.762	0.004	3.053	0.000	3.423	0.014	3.381	0.091	2.497	0.050
Ser	2.623	0.010	3.024	0.036	3.207	0.036	3.720	0.034	3.365	0.090	2.602	0.077
Glu	6.626	0.117	7.527	0.064	7.134	0.081	7.650	0.025	7.707	0.207	5.875	0.161
Pro	2.394	0.085	3.972	0.170	2.865	0.161	3.160	0.137	2.857	0.077	2.255	0.072
Gly	2.384	0.026	3.777	0.192	2.823	0.037	3.105	0.021	3.038	0.081	2.216	0.004
Ala	2.897	0.038	5.625	0.401	2.937	0.063	3.236	0.048	3.309	0.089	2.899	0.003
Cys-Cys	0.606	0.014	0.692	0.006	1.007	0.008	1.072	0.028	1.137	0.030	0.825	0.022
Val	3.307	0.165	4.283	0.083	3.610	0.093	4.120	0.024	3.853	0.103	3.203	0.067
Met	1.048	0.006	1.171	0.036	0.947	0.008	1.147	0.011	1.077	0.029	0.821	0.093
Ile	2.322	0.069	2.982	0.036	2.692	0.065	2.995	0.034	2.821	0.076	2.288	0.081
Leu	3.696	0.092	5.403	0.093	3.853	0.105	4.303	0.055	4.100	0.110	3.626	0.084
Tyr	3.615	0.041	3.458	0.086	3.545	0.046	4.041	0.071	4.228	0.113	3.286	0.107
Phe	2.569	0.065	2.255	0.048	2.754	0.034	3.170	0.153	2.925	0.078	2.351	0.079
His	1.947	0.040	2.077	0.059	2.237	0.008	2.187	0.025	2.579	0.069	1.291	0.040
Lys	4.067	0.090	4.341	0.012	4.387	0.116	4.914	0.035	4.913	0.132	3.621	0.006
Arg	3.120	0.054	4.278	0.142	3.302	0.110	3.562	0.085	3.540	0.095	2.877	0.101
Tryp	0.988	0.150	0.733	0.012	0.707	0.288	1.012	0.027	0.766	0.021	0.529	0.010

Annexes 6.

Quelques échantillons d'insectes collectés et consommés à Kinshasa – Photos

Coléoptères



Lépidoptères



Orthoptères



Isoptères